Zeitschrift: Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 79 (1963)

Artikel: Erläuterungen zur Grundwasserkarte des Kantons St. Gallen

Autor: Saxer, Friedrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-832766

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.12.2025

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

ERLÄUTERUNGEN ZUR GRUNDWASSERKARTE DES KANTONS ST.GALLEN

1:100 000

Dr. FRIEDRICH SAXER

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 8

Einleitung 10

I. Klimatische und hydrologische Grundlagen 11
- Lage und Temperatur 11
- Niederschlag 12
- Abfluß 14
- Verdunstung 17
- Versickerung 18
- Quellen und Grundwasser 19

II. Geologische Grundlagen 20
- 1. Die großen Talböden 21
  - Das Rheintal (Entstehung, Morphologie, randliche Schuttkegel, zentrale Schüttung) 21
    - Das Grundwasser im Rheintal 30
  - Die Goldach und die Steinach 37
  - Das Seez-Walensee-Tal 38
  - Das Linthgebiet 40
- 2. Vorwiegend glazial geprägtes Gebiet 41
  - Das Thurgebiet (nördlicher Kantonsteil, Trockentäler) 41
- 3. Das Molassegebiet (Entstehung, Durchlässigkeit, Quellen) 51
- 4. Das Kalkgebirge 54
  - Die Donnerlöcher am Selun (Verkarstung, Färbungsversuch) 55
- 5. Die Sarganser Alpen (Verrucano, Trias, Fenster von Vättis) 59

III. Gang durch die Bezirke des Kantons 60
- Bezirk St.Gallen 62
- Gemeinden Wittenbach, Häggenschwil und Muolen 63
- Bezirk Rorschach 64
- Bezirk Unterrheintal 65
- Bezirk Oberrheintal 67
- Bezirk Werdenberg 68
- Bezirk Sargans 72
- Bezirk Gaster 74
- Seebezirk 75
- Bezirk Obertoggenburg 77
- Bezirk Neutoggenburg 78
- Bezirk Alttoggenburg 79
- Bezirk Untertoggenburg 80
- Bezirk Wil 81
- Bezirk Goßau 83

IV. Anhang 85
- Einige Rechnungen 85
  - Wasserbilanz 87
  - Blick in die Zukunft 88
  - Gewässerschutz 89

Literaturnachweis 93

VORWORT

Im Herbst 1962 erteilte das kantonale Baudepartement dem Verfasser den Auftrag, eine Grundwasserkarte des Kantons St.Gallen im Maßstab 1 : 100000 zu bearbeiten. Als Grundlage wurde ein vorläufiger Bericht von Dr. JAKOB HUG, der in den letzten Jahrzehnten für Staat und Gemeinden als sehr erfahrener Berater in Grundwasserfragen tätig gewesen war, mit einer Reihe von Beilagen des Amtes für Gewässernutzung überreicht.

In den folgenden Jahren wurden die für die Revision und Ergänzung des Berichtes Dr. HUG erforderlichen Erhebungen an Ort und Stelle vorgenommen. Auf eigene Untersuchungen mußte aus naheliegenden Gründen verzichtet werden. Dafür stand ein reiches Material an Studien der einzelnen Wasserversorgungen zur Verfügung, das stets bereitwillig überlassen wurde.

Mit dem gleichen Problemkreis beschäftigen sich mehrere Amtsstellen. Das kantonale Amt für Wassernutzung ist zuständig für die Verleihung von Konzessionen zur Ausbeutung von Grundwasservorkommen, das kantonale Laboratorium besorgt die chemische und bakteriologische Prüfung des Wassers und entscheidet über seine Eignung als Trinkwasser. Die kantonale Gebäudeversicherung ist besonders interessiert an der Beschaffung von Wasser für das Hydrantenwesen. An die Seite dieser ältern Institutionen trat vor wenigen Jahren das Amt für Gewässerschutz, in dessen Aufgabenbereich die Bearbeitung von Abwasserfragen, die Kehrichtbeseitigung, der Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch flüssige Treib- und Brennstoffe und durch Kiesausbeutung fallen. Alle diese Amtsstellen besitzen eine umfangreiche Dokumentation über die sie interessierenden Gebiete, die dem Verfasser auf Wunsch ebenfalls zur Verfügung stand.

Bei der Erstellung der Grundwasserkarte und der Abfassung der nachfolgenden Erläuterungen handelte es sich um die *hydrogeologische* Durchleuchtung des Fragenkomplexes. Gleichzeitig mit der Arbeit auf kantonalem Boden bot sich dem Verfasser Gelegenheit, an der Gestaltung der Grundwasserkarte der Schweiz mitzuwirken. Diese entstand durch die Zusammenarbeit eines Teams von Fachleuten unter der Leitung von PD Dr. HEINRICH JÄCKLI (Zürich) und wurde 1967 der Öffentlichkeit übergeben.

In der hydrogeologischen Fachsprache kommt dem Begriff

Grundwasser keine eindeutige Bestimmung zu. Viele Geologen verstehen darunter ganz allgemein alles unterirdische Wasser, während in der Verwaltungspraxis nur die in Lockerböden der Täler sich langsam bewegenden Wässer als Grundwasser gelten. Die Grundwasserkarte des Kantons St.Gallen versucht beiden Gesichtspunkten gerecht zu werden, indem sie neben den Grundwassergebieten im engern Sinn auch die Quellgebiete der wichtigeren Wasserwerke zur Darstellung bringt. So entstand ein einigermaßen vollständiges Bild der Wasserversorgung in st.gallischen Landen. – Wertvoll wäre die Ergänzung durch vermehrte chemische, technische und rechtliche Ausführungen gewesen, doch mußte aus naheliegenden Gründen der Rahmen enger gehalten werden.

Es sei ausdrücklich festgestellt, daß der Karte, obschon sie in amtlichem Auftrag erstellt wurde, keinerlei offizielle Bedeutung zukommt. Man darf aus ihr keine Rechte ableiten. Sie sollte aber den Amtsstellen und andern Interessenten zur Orientierung dienen und wird, so hoffen wir, gelegentlich Entscheide über Einzelfragen erleichtern.

Dem Verfasser ist es ein Bedürfnis, zahlreichen Helfern für ihre Unterstützung herzlich zu danken. Zunächst gilt dieser Dank den bereits genannten kantonalen Ämtern. Vor allem bedeutete die Zusammenarbeit mit dem Amt für Gewässerschutz eine stete Anregung. Seinem Leiter, Herrn Ingenieur Bernhard Dix, und besonders auch Herrn Louis Bommeli, der auf zahlreichen Erkundungsfahrten durch alle Teile des Kantons ein stets zuverlässiger Begleiter war, schulde ich besondern Dank.

EINLEITUNG

Das Grundwasser, zunächst verstanden als das im Schoße der Erde ruhende oder fließende Wasser, ist ein Glied im gewaltigen Wasserkreislauf der Erde.

Vom Himmel kommt es,
zum Himmel steigt es,
und wieder nieder
zur Erde muß es,
ewig wechselnd.

Angetrieben von der Strahlung der Sonne, auf der auch alles Leben auf der Erde beruht, läuft der gewaltige Umsatz des Wassers: Verdunstung vorwiegend auf den warmen Meeren, Wanderung des Wasserdampfes mit den Winden auf die Landgebiete, dort Verdichtung vor allem an Gebirgszügen, Rückfluß in Bächen, Flüssen und Strömen ins Meer... Man hat berechnet, daß im Jahr nicht weniger als 37000 km^3 Wasser umgesetzt werden. Beim Zurückfließen wird ein Teil des Wassers über kürzere oder längere Zeit von der Erde aufgenommen und erst nach und nach dem offenen Kreislauf zurückgegeben: das ist das Grundwasser im weitesten Sinne. Seine Entstehung beruht daher einerseits auf klimatischen Faktoren wie Temperatur, Windströmungen und Niederschlag, anderseits auf Eigenschaften des Erdbodens, dessen Aufnahme- und Leitfähigkeit für Wasser innert weiter Grenzen schwankt. Die Betrachtung der Grundwasserverhältnisse eines Gebietes verlangt deshalb zuerst eine Übersicht über die klimatischen Voraussetzungen, dann eine solche über die geologischen Grundlagen für die Bildung von Wasserreserven im Boden.

I. KLIMATISCHE UND HYDROLOGISCHE GRUNDLAGEN

Lage und Temperatur

Der Wasserhaushalt eines Gebietes beruht auf den klimatischen Faktoren Temperatur und Niederschlag. Diese wiederum sind abhängig von der geographischen Lage und der Morphologie des Landes. Der südlichste Punkt des Kantons St.Gallen am Felsberger Calanda liegt auf 46° 52′ n. Br., der nördlichste am Muolener Zipfel auf 47° 32′. Er umfaßt also eine geographische Breite von 40′ oder $^2/_3$°, was 74 km entspricht. Diese befinden sich um 2° näher dem Pol als dem Äquator. Bei 45° beträgt die Sonnenstrahlung auf horizontaler Fläche noch etwa 70 % derjenigen am Äquator. Im Blick auf den ganzen Erdball befinden wir uns in einer Mittellage – eben in der nördlich gemäßigten Zone. Die Schneegrenze liegt in den Hochgebirgen unter dem Äquator auf etwa 5000 m Höhe, und sie sinkt gegen die Pole auf die Meereshöhe ab. Am Säntis liegt sie gerade in der Mitte, auf 2500 m. Mittlere Jahrestemperaturen über 20° herrschen in den Tropen, solche von 0° in der Arktis. Wir stehen in der glücklichen Mitte: bezogen auf Meereshöhe betrüge die mittlere Jahrestemperatur am Bodensee ziemlich genau 10°. Die Tatsache, daß Mitteleuropa durch die Wirkung des warmen Golfstroms im Westen und des warmen Mittelmeers im Süden einen erheblichen Wärmegewinn verzeichnen darf, sei dankbar anerkannt!

Der Kanton St.Gallen bildet einen Teil der Nordabdachung des Alpengebirges. Vom Bodensee mit etwas unter 400 m Spiegelhöhe steigen die zunehmend zackiger werdenden Bergketten auf die Höhe der Ringelspitze mit 3251 m, aus der milden Region des Obst- und Weinbaues hinauf in das Schneegebirge. Durchschnittlich sinkt die mittlere Jahrestemperatur mit je 100 m Erhöhung des Standortes um ungefähr 0,5°, was durch folgende Angaben bestätigt wird:

Rorschach	400 m	8,6°	
St.Gallen	700 m	7,2°	
Trogen	900 m	6,5°	
Gäbris	1250 m	5,2°	
Säntis	2500 m	–2,6°	
Wildhaus	1000 m	6°	
Bad Ragaz	500 m	8,8°	(Föhneinfluß!)

Diese Zahlen sind Mittelwerte aus langjährigen Beobachtungen. Der wirkliche Temperaturverlauf entspricht einer vom Wetter abhängigen Kurve mit täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen. Auch hinsichtlich dieser Schwankungen hält sich unser Klima in einer Mittellage zwischen kontinentalen und ozeanischen Verhältnissen. Im Bereich des Atlantiks herrschen kühle Sommer und milde Winter. Der Unterschied zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat beträgt kaum 10°, während im kontinentalen Südrußland in gleicher geographischer Breite die Schwankung auf das Dreifache steigt: heiße Sommer – kalte Winter. Bei uns steht einer Julitemperatur von 18° eine Januartemperatur von –2° gegenüber, was einer Schwankung von 20° entspricht. Dabei wissen wir aus der täglichen Wettererfahrung, wie sehr bald der ozeanische, bald der kontinentale Einfluß überwiegt.

Niederschlag

Mitteleuropa erhält seine Niederschläge vor allem durch die Vermittlung der wandernden Wirbel in der Atmosphäre, die sich über dem Atlantik immer wieder bilden und dann mehr oder weniger rasch und auf verschiedenen «Straßen» sich uns nähern. Wie es die täglichen Wetterberichte sagen, «steuern sie kühle und feuchte Meeresluft gegen die Alpen». Der Wetterablauf bei vielen solchen Zyklonen führt über eine mehr oder weniger ausgeprägte Föhnphase zur Vorherrschaft westlicher Winde, die Regen bringen. Beim Weiterziehen der Depression schlägt der Wind nach Nordwest und Nord um, mit entsprechender Abkühlung. Das Kommen und Gehen dieser Wirbel sorgt für reiche Abwechslung im Ablauf des Wetters und erklärt auch die Schwierigkeit der Wettervorhersage, da sowohl Richtung als auch Stärke und Geschwindigkeit der Bewegungen manchmal kaum mit Sicherheit abzuschätzen sind.

Jedenfalls erhält der Bereich der Voralpen und Alpen ein reichliches Maß an Niederschlag. Es ist besonders die Emporhebung der Luftmassen am Gebirgsrand, die die Kondensation des Wasserdampfes befördert. Hebung bedeutet Verdünnung und Abkühlung. Die Tatsache, daß warme Luft viel Feuchtigkeit als Dampf enthalten kann, diese aber bei Abkühlung als Nebel und Regen ausscheidet, bildet die physikalische Begründung dieser wichtigen Wettererscheinung.

Die Regenmengen werden an zahlreichen, über das ganze Land

verstreuten Wetterstationen regelmäßig gemessen und ihre monatlichen und jährlichen Summen in cm Wasserhöhe ausgedrückt. Die vieljährigen Mittel dieser Beobachtungen und Berechnungen zeigen, wie nicht anders zu erwarten, eine Zunahme der Niederschläge vom Vorland gegen die Berge. Auf den Niederschlagskarten verbindet man die Orte gleicher Regenmenge durch Kurven (Isohyeten) und gewinnt dadurch ein anschauliches Bild der Niederschlagsverhältnisse einer Region. Den Kanton St.Gallen berührt die 100-cm-Isohyete nur an seinem Nordrand, von Wil über Bischofszell nach Rorschach. Praktisch das ganze Kantonsgebiet erhält mehr Niederschlag, wobei dieser mit der Höhe ansteigt, wie folgende kleine Tabelle es belegt: Es fallen

120 cm etwa auf der Linie	Kirchberg–Flawil–Waldkirch–Goldach
140 cm	Bütschwil–Trogen–Heiden
160 cm	Hörnli–Ebnat–Appenzell
180 cm	Regelstein–Neßlau–Hemberg
200 cm erhalten die Gebiete oberhalb etwa 1500 m Höhe	
300 cm wurden auf dem Säntis gemessen	

In den Tälern biegen die Kurven bergwärts ein, in den Berggebieten dringen sie konvex vor, ganz wie die Höhenlinien. Nach der Niederschlagskarte nach MAURER und LUGEON in J. FRÜH: Geographie der Schweiz, erhält auch das Rheintal noch durchschnittlich 120 cm, ebenso der Talkessel von Sargans und die Linthebene. Das Trockengebiet der Bündner Täler (Domleschg–Chur) macht vor unserer Kantonsgrenze halt.

Diese Darstellung ist gewiß etwas summarisch und läßt wohl feinere Unterschiede unberücksichtigt. So möchte man gerne annehmen, daß das obere Rheintal von Sargans bis Oberriet oder Altstätten im Regenschatten steiler Bergzüge etwas weniger Niederschlag erhält, als es in der Niederschlagskarte angegeben ist. Wichtiger als diese kleinen Unterschiede dürfte der Umstand zu bewerten sein, daß die Regenmenge in den einzelnen Jahren ganz erheblich variiert. Es gibt bekanntlich ausgesprochen trockene und nasse, warme und kühle Jahrgänge. Die Mittelwerte der meteorologischen Tabellen, so wichtig sie für die Beurteilung klimatischer Faktoren sind, können der Vielgestaltigkeit der wirklichen Witterungsverhältnisse nie voll gerecht werden.

Als sehr günstig ist der Umstand zu bewerten, daß die Niederschläge gut verteilt über das ganze Jahr fallen. Man kann in der Regel mindestens jeden Monat mit starkem Regen rechnen. Regelmäßig schwellen die Regenmengen in der Monsunzeit der Sommermonate Juni und Juli zu einem Maximum an, während sie im Herbst deutlich zurückgehen.

Rechnen wir mit einer mittlern Regenmenge von 150 cm, so fallen auf den m^2 1,5 m^3, auf den km^2 1 500 000 m^3 Wasser. Das ganze Kantonsgebiet mit 2000 km^2 erhält jährlich die gewaltige Menge von 3 000 000 000 m^3 = 3 km^3 Wasser. Setzen wir diese Zahl mit den eingangs genannten 37 000 km^3 als Gesamtabfluß aus allen Erdteilen in Beziehung, so ergibt sich für eine Fläche von 2000 km^2 ein durchschnittlicher Abfluß von 0,5 km^3, während aus unserm Gebiet annähernd das Vierfache dieses Betrages abfließt. Dieser Wert bietet im Hinblick auf die riesigen Flächen, die zum Abfluß wenig oder nichts beitragen, keine Überraschung.

Früher galt als Faustregel, daß ein Drittel des Niederschlags oberflächlich abfließe, ein Drittel als Dampf wieder in die Atmosphäre zurückkehre und ein Drittel im Boden versickere. Unter bestimmten klimatischen, geologischen und morphologischen Bedingungen mag sich die Regel als anwendbar erwiesen haben. Sicher gilt die Gleichung

Niederschlag = Abfluß + Verdunstung + Versickerung.

Da aber das versickerte Wasser über kurz oder lang auf irgendeinem Wege wieder zum größten Teil an die Oberfläche gelangt und dort der Verdunstung oder dem Abfluß anheimfällt, so reduziert sich letzten Endes die Gleichung auf die Form

Niederschlag = Abfluß + Verdunstung ($N = A + V$).

Nachfolgend sollen die Elemente dieser Gleichung einzeln und an praktischen Beispielen betrachtet werden.

Abfluß

Es liegt auf der Hand, daß der oberflächlich abfließende Anteil der Regenmenge je nach der Art des Niederschlags, der Temperatur, der Vegetation, der Bodengestalt und des geologischen Untergrundes recht verschieden sein wird.

Von einem kurz dauernden Starkregen fließt mehr ab als von lang andauernden Landregen von gleicher Leistung. Im warmen Sommer fällt die Verdunstung stärker ins Gewicht als im Winter.

An steilen Hängen fließt das Wasser rascher und reichlicher ab als in flachen Gebieten. Dichte Vegetation hält Wasser zurück, während es an kahlen Flächen abströmt. In sandigen Böden dringt das Wasser leichter ein als in lehmig-tonigen Untergrund.

Von besonderem Interesse ist in dieser Hinsicht die Rolle des Waldes. Was aufgrund der Erfahrung zu erwarten war, wurde durch die wichtigen Versuche und Messungen im Napfgebiet exakt bewiesen, nämlich, daß ein waldreiches Gebiet das Wasser festhält, somit den Abfluß verzögert, die Bildung von Quellen begünstigt, die Erosion und Schuttführung der Bäche mäßigt. Die Wirkung der Entwaldung in den Mittelmeerländern gilt seit je als warnendes Beispiel. In unsern Alpen wurde die Gefahr glücklicherweise rechtzeitig erkannt und durch das Forstgesetz die Erhaltung des Waldes gesichert – das ist die wichtigste Naturschutzmaßnahme in unserm Lande! Die 24 % Waldfläche bedeuten deshalb auch hydrologisch einen wertvollen Besitz.

Der Abfluß läßt sich in den Bächen und Flüssen durch geeignete Vorkehren ziemlich zuverlässig messen. Da man anderseits die Niederschlagsmenge ebenso systematisch in den Wetterstationen bestimmt, so ist der Anteil des Abflusses unschwer auszurechnen. Nehmen wir als Beispiel das Flußgebiet der *Goldach*, deren Einzugsgebiet zwischen den Anhöhen von Speicher, des Gäbris und des Kaien sich erstreckt und rund 50 km² mißt. Die mittlere Höhe wurde zu 833 m bestimmt, so daß mit einer Niederschlagsmenge von 150 cm gerechnet werden darf. Es fallen also auf das Gebiet

jährlich 50000000mal 1,5 m³ =	75000000 m³ Wasser
durchschnittlich im Tag	205000 m³
in der Sekunde	2,4 m³

1965 wurde als mittlere Jahresabflußmenge 1,84 m³/s bestimmt, das sind 76 % des Niederschlags (Verdunstung somit 24 %).

Das Jahr 1965 war ein niederschlagsreiches Jahr. Im vorangegangenen Jahr, 1964, betrug der Abfluß nur 1,15 m³/s, im Durchschnitt der Jahre 1962 bis 1965 1,38 m³/s. Diese wenigen Zahlen zeigen schon die beträchtliche Streuung der Werte in den einzelnen Jahren und gegenüber dem Mittel aus einer längern Zeit.

In den einzelnen Monaten war der Abfluß 1965 in m³/s:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1,17	0,77	2,6	3,3	2,7	3,2	1,2	0,8	1,6	0,3	1,3	2,8
4,54			9,2			3,6			4,6		

Wir erkennen ein Maximum im Frühsommer, ein Minimum im Spätsommer, niedere Werte in den Wintermonaten, aber doch starken Abfluß im Dezember und im März (Schneeschmelze!).

Im vierjährigen Mittel 1962 bis 1965 bietet sich ein vielfach verändertes Bild:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1,3	0,9	2,3	2,2	2,3	1,8	0,7	1,0	1,7	0,8	0,7	1,4
	4,4			6,3			3,4			2,9	

Tagesmaxima und -minima in den einzelnen Monaten 1965:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
3,5	3,9	9,6	9,3	8,1	13,2	2,6	2,0	9,6	0,7	6,5	9,9
0,7	0,4	0,4	0,9	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5	0,16	0,2	1,1

Der höchste Tagesabfluß im Juni mit 13,2 m^3 beträgt gegenüber dem niedrigsten im Oktober mit 0,16 m^3 das 82fache. Das Maximum der Wasserführung wurde im September mit 27 m^3/s gemessen.

Das Eidgenössische Wasserwirtschaftsamt berechnet auch die spezifische Abflußmenge je km^2 Einzugsgebiet in l/s:

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1965											
23,5	15,5	52,2	66,5	55,6	64,7	25,3	16,7	31,9	6,4	26,5	56,4
Mittel 1962–1965											
22,3	18,3	45,4	45,0	46,4	36,7	14,5	20,5	21,9	15,7	18,3	28,5

Wir ergänzen die notwendigerweise skizzenhaften Angaben über den Abfluß durch einige Zahlen über die *Tamina* und die *Thur bei Bütschwil*. Die obere Zahlenreihe gibt den spez. Abfluß $l/s/km^2$, die untere das Verhältnis der Werte in Prozenten langjähriger Mittel.

Tamina, Einzugsgebiet 147 km^2, mittlere Höhe 1800 m (1966)

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
9,2	23,1	19,2	46,9	100	124	107	80	42	18	13	10	50
101	231	101	111	134	130	142	146	108	75	65	86	125

Thur bei Bütschwil, Einzugsgebiet 303 km^2, mittlere Höhe 1110 m

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
28	84	35	87	99	82	109	76	27	13	23	57	59
104	257	73	127	141	125	190	141	73	42	62	210	129

Das Bild wäre ganz unvollständig ohne einige Angaben über die Wasserführung des *Rheins*. Auf der ersten Zeile der nachfolgenden Tabelle stehen die Abflüsse in m^3 im Jahr 1966, in der zweiten Linie die Mittelwerte 1962 bis 1965, auf der dritten Linie die Maximalabflüsse in den einzelnen Monaten, auf der vierten die kleinsten Werte. Zu bemerken ist, daß der Rhein Wasser an das Grundwasser des Tales und damit an die Binnenkanäle verliert.

Rhein, Einzugsgebiet 6119 km^2, mittlere Höhe 1800 m

Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
108	142	142	217	482	561	534	387	231	154	148	126	270
103	107	112	191	368	499	363	292	260	154	141	119	226
190	260	205	490	970	1100	1260	1050	1400	610	540	200	
61	58	69	97	140	217	145	136	111	83	79	64	

Daß der höchste Abfluß im September gemessen wurde, bedeutet keine seltene Ausnahme – es sei erinnert an den letzten Ausbruch des Rheins im September 1927. Zeigt sich hierin der Einfluß des herbstlichen Regenmaximums auf der Südseite der Alpen, das gelegentlich auf die Nordseite übergreift?

Verdunstung

Die Differenz zwischen dem Niederschlag und dem Abfluß geht durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurück:

$$V = N - A$$

Die Verdunstung ist abhängig von der Temperatur, von der Luftfeuchtigkeit, von der Luftbewegung, von der Beschaffenheit der obersten Bodenschicht und von der Vegetation. Im Sommer ist ihr Anteil weit höher als im Winter, ein warmer Föhnsturm kann eine Schneedecke nicht nur rasch schmelzen, sondern auch durch Verdunstung in die Luft entführen. Die wachsende Pflanzendecke des Frühsommers braucht viel Wasser, das sie dem Boden entzieht. Namentlich der sommerliche Laubwald ist ein großer Wasserkonsument. Sind die obersten Bodenschichten leicht durchlässig, so kann das Wasser rasch versickern und bei genügender Tiefe des Eindringens der Verdunstung entzogen werden. Umgekehrt läßt toniger, schwerer Boden das Wasser nicht leicht eindringen, und die sich bildenden Regenpfützen geben Gelegenheit für stärkere Verdunstung.

Genaue Werte der Verdunstung können durch sogenannte Lysi-

meterversuche gewonnen werden. Dabei muß auf bestimmten Versuchsflächen der Niederschlag und in ansehnlicher Tiefe der Abfluß gemessen oder gewogen werden. In einem allerdings primär mit anderer Zielsetzung angestellten Versuch (1968) der EAWAG in Zürich wurden Verdunstungsbeträge von 30 bis 40 % des Niederschlags ermittelt, was mit Erfahrungen und Ermittlungen an andern Orten gut übereinstimmt. In Deutschland sind für die Verdunstung folgende Werte berechnet worden, die mindestens für das schweizerische Mittelland auch ungefähr zutreffen dürften:

Verdunstung	im Winter 8 %	im Sommer 40 %
	im Frühjahr 32 %	im Herbst 21 %

Versickerung

Da im Rahmen dieser Arbeit besonders das in den Boden einsickernde, Quellen und Grundwasser erzeugende Wasser interessiert, müssen in Kürze die Faktoren besprochen werden, die den Grad der Versickerung bedingen. Die oberste Schicht der Erde, mit der das Wasser der Niederschläge in Berührung kommt, besteht zumeist aus Lockerböden. Nackter Fels tritt nur ausnahmsweise zutage, hauptsächlich im Gebirge. Seine Aufnahmefähigkeit für Wasser schwankt beträchtlich, wovon später noch ausgiebig zu reden sein wird. Die Lockerböden, wie Sand, Kies, Humus, Ackererde, dagegen nehmen Wasser bereitwillig auf und lassen es durch die Poren zwischen den festen Teilchen eindringen. Alle Böden bilden Systeme, in denen feste Körper verschiedenster Korngröße, Luft und Wasser in wechselnden Anteilen vertreten sind. Dabei kann man beim Wasser sogenanntes Haftwasser und/oder Kapillarwasser abtrennen, das durch molekulare Kräfte an die festen Teilchen gebunden ist, also an dem Vorgang der Versickerung nur geringen Anteil nimmt. Tonige Böden mit ihren äußerst kleinen Festteilchen (kleiner als 0,02 mm) halten viel, Sandböden wenig Kapillarwasser fest:

1 dm^3 Sandboden enthält 30 - 40 cm^3 Wasser, 0,3% des Trockengewichtes; 1 dm^3 Tonboden dagegen 250 cm^3 oder $^1/_6$ des Trockengewichtes-

Umgekehrt vermögen die Pflanzen aus sandigen Böden trotz dem Umgekehrt vermögen die Pflanzen aus sandigen Böden trotz dem an sich geringen Wassergehalt noch Wasser zu entziehen, während schwere, tonige Böden bei hohem Wassergehalt der Entname großen Widerstand entgegensetzen.

Begünstigt wird die Versickerung:

a) durch die Art des Niederschlags, indem andauernder Landregen mehr Wasser liefert als rasch vorübergehende Wolkenbrüche. Besonders wirksam ist langsam verlaufende Schneeschmelze auf ungefrorenem Boden.

b) Kupiertes Gelände mit Mulden, Terrassen, Gräben hält Wasser besser zurück als einfache Gehänge. Flaches Land schluckt am meisten Wasser, durchlässige Unterlage vorausgesetzt.

c) Vegetation begünstigt das Einsickern. Wald mit seinem Krümelboden hält Wasser in hohem Maße zurück, entzieht anderseits viel Feuchtigkeit durch die große Ausdehnung der Verdunstungsflächen, die freilich nur im Sommer wirksam sind; Nadelwald verhält sich in dieser Hinsicht etwas anders als Laubwald.

d) Wo Fels die Oberfläche bildet oder in geringer Tiefe ansteht, spielt seine Textur eine wesentliche Rolle. Kalkgesteine mit ihren vielen Klüften, Spalten und Rissen lassen das Wasser rasch in großen Mengen in der Tiefe verschwinden. Im Gegensatz dazu ist die Molasse, soweit sie nicht oberflächlich durch Verwitterung gelockert ist, eher undurchlässig.

e) Weitaus die günstigsten Voraussetzungen für flächenhaftes Einsickern von Wasser bieten die aus Sand und Kies aufgebauten Talböden und Terrassen. Auch Schwemmkegel und Bergsturzmassen können große Mengen von Grundwasser liefern.

Quellen und Grundwasser

Bisher war allgemein nur von im Boden versickertem, unterirdischem Wasser die Rede. Tritt solches Wasser an die Oberfläche, was im Berg- und Hügelland häufig eintritt, so spricht man von *Quellen*. Das unterirdische Wasser fließt, der Schwerkraft folgend, langsam in einer durchlässigen Schicht zu Tal, wobei sich einzelne Wasserfäden zu Wasseradern vereinigen und als mehr oder weniger starke Quelle zutage treten. Von *Grundwasser* im engern Sinne spricht man, wenn unterirdisches Wasser in den Alluvionen eines Talbodens sich vermöge seines Gefälles und unter Ausbildung eines Wasserspiegels durch die Poren eines Grundwasserleiters bewegt. Quellen kann man fassen und das Wasser vermöge seines Gefälles der Verwendung zuführen. Grundwasser muß in abgeteuften Schächten gesammelt und durch Pumpen in die Wasserspeicher gehoben werden.

Wenn ein Grundwasserleiter von undurchlässigen Schichten begrenzt ist, so kann sich im Wasserkörper ein Druckaufbau einstellen, wodurch *gespanntes* Grundwasser entsteht. Der Fall kommt auch bei uns in bescheidenem Umfange vor.

Eine Mittelstellung nehmen die hochgelegenen Schotterflächen ein, die als Relikte früherer Talböden anzusehen sind. Sie sammeln wie diese reichlich Wasser, geben es aber an der Intersektion der wasserführenden Schicht mit der jetzigen Oberfläche meist in Form eines Quellhorizontes ab.

Das Karstwasser der Kalkberge fällt nicht unter den engern Begriff des Grundwassers, soll aber trotzdem in einem besondern Kapitel behandelt werden.

Die für alles unterirdische Wasser maßgebende Eigenschaft des Bodens ist seine *Durchlässigkeit.* Es war deshalb ein richtiger Gedanke von Herrn Dr. H. Jäckli, die neue Grundwasserkarte der Schweiz auf dieses Merkmal auszurichten. Diese deckt sich freilich weitgehend mit der geologischen Landeskarte.

II. GEOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Im Kanton St.Gallen lässen sich folgende Zonen mit einigermaßen einheitlicher Durchlässigkeit unterscheiden:

1. Die Talböden der größern Flüsse: Rheintal, Seeztal, Linthtal. (Im Flußgebiet der Thur tritt dieses Element zurück; wir schlagen es deshalb zur Zone des vorwiegend glazial geprägten Landes.)

2. Zone mit Moränenbedeckung, Trockentäler glazialer Entstehung. Thurgebiet, nördlicher Kantonsteil.

3. Das Molasseland bis zur Linie Eichberg–Weißbad–Schwägalp–Risipaß–Stein im Toggenburg–Hinterhöhe–Weesen. Ähnlich können die Flyschgebiete der Wildhauser und Amdener Mulde und Teile des Oberlandes (Weißtannen- und Taminatal) beurteilt werden.

4. Das Kalkgebirge: Säntisgruppe, Churfirsten mit Alviergruppe und Mattstock. Im südlichen Kantonsteil der Calanda sowie höhere Teile der Flumser Alpen (Spitzmeilen–Guscha–Sexmoor).

5. Der arg zerfetzte Mantel von Verrucano, der von den Hochgipfeln der Ringelspitze und des Sardonastockes absinkt gegen das Seeztal bei Mels und Flums und zum Walensee bei Murg.

6. Ganz unbedeutend ist die Fläche, die von kristallinen Gesteinen des Aarmassivs bei Vättis eingenommen wird. Vielleicht ist sie aber für die Entstehung der Therme von Pfäfers von Bedeutung.

1. Die großen Talböden

Das Bild der Landkarte unseres Kantons wird geprägt durch einige mehr oder weniger breite Talfurchen, deren Sohle die Flüsse zu einem großen Teil mit Schutt aus den Bergen angefüllt haben, wobei fruchtbares Schwemmland entstand. In ihnen liegen auch als Reste einst größerer Wasserflächen die landschaftlichen Schmuckstücke der Seen, an denen der Kanton Anteil hat: der Bodensee im Rheintal, Zürichsee und Walensee im Flußgebiet der Linth. Auch im Thurgebiet gab es einmal Seen, die aber längst verlandet sind und von denen nur die Geologie zu künden weiß. Seen sind eben im Sinne dieser Wissenschaft vergängliche Gebilde. Doch vollzieht sich ihr Werden und Vergehen in Zeiträumen, die mit Jahrtausenden zu messen sind. So wird der Vorgang ihres mählichen Verschwindens von den rasch aufeinanderfolgenden Menschengeschlechtern jedenfalls nicht als unmittelbare Bedrohung empfunden.

Damit sind auch die Flußgebiete genannt, an denen wir Anteil haben: Rhein–Bodensee, Linth–Walensee–Zürichsee und Thurgebiet. Die großen Talschaften des Rheins und der Linth berühren den Kanton nur am Rande, ihr Schwergewicht liegt außerhalb. Der Walensee allerdings ist zu drei Vierteln st.gallisch, während das Thurgebiet von den Ursprüngen bis Bischofszell wenn nicht rein st.gallisch, so doch st.gallisch-appenzellisch zu nennen ist. Man kann den Kanton St.Gallen nicht beschreiben, ohne immer wieder die beiden Appenzell einzubeziehen. Solche Übermarchung ist unvermeidlich und hoffentlich ohne politische Folgen!

Das Rheintal

Der Rhein ist der stärkste der den Nordabhang der Alpen entwässernden Flüsse. Zweifellos begann er zu fließen, als sich das Gebirge in der mittlern Tertiärzeit zusammenhängend aus dem Meere erhob. Zeuge und Ergebnis der Tätigkeit des Urrheins bildet die im nördlichen Vorland gewaltig angehäufte Molasse. Aus der Lage und Verteilung der Nagelfluhkomplexe läßt sich der Verlauf der Mündungsarme des einstigen Flußdeltas noch heute rekonstruieren: Speer-/Stockberg-Schüttung im mittlern Oligozän, Kron-

berg-/Gäbris-Schüttung im obern Oligozän und Hörnli-Schüttung im Miozän. Gegen das Ende des Miozäns stieß der Urrhein mit seinem Nagelfluhdelta bis in den Hegau vor. Über den Zustand der damaligen Alpen gibt die Zusammensetzung der Molasse, vor allem der Nagelfluh, einige Auskunft. Jedoch sind Aussagen über die Gliederung des Gebirges im Hinblick auf die Intensität der tektonischen Durchbewegung und die Stärke des Abtrags in hohem Grade spekulativ. Gegen das Ende des Miozäns (vor ungefähr 10 Mio Jahren) erfahren die Alpen nochmals eine gewaltige Umwälzung, die mindestens an deren Nordrand alles Frühere auszulöschen scheint. Jetzt erst ergeben sich die heutigen Alpen mit den Zentralmassiven und den helvetischen Decken. Was vorher in der Tiefe verharrte, steigt jetzt gewaltig empor, um die Berge zu bilden, die wir heute kennen.

Da sich die gebirgsbildenden Vorgänge nur sehr langsam vollzogen – man darf in dieser Hinsicht mit Millionen von Jahren rechnen –, so vermochten die Flüsse mit der Tektonik Schritt zu halten. Sie folgten als die Schwächern den durch den Gebirgsbau vorgezeichneten Linien, waren aber durchaus imstande, mit Hindernissen fertig zu werden. Das Rheintal weicht in seinem Verlauf stark ab von seinen tertiären Vorgängern. Es ist ohne Zweifel nachmolassisch angelegt und beruht in wesentlichen Zügen auf dem Gebirgsbau:

Von Chur bis Bad Ragaz folgt es der Grenze zwischen dem nach E absinkenden Aarmassiv mit seinem intensiv gefalteten Sedimentmantel (Calanda) und den penninischen Bündner Schiefern. Von Maienfeld bis Buchs liegen auf der W-Seite die nach E untertauchenden Jura- und Kreideschichten der Alviergruppe, während sich auf der Gegenseite mit Falknis und Drei Schwestern die Vorposten der ostalpinen Decken erheben. Die tektonische Grenze verläuft dabei über die Luziensteig, der Fluß aber durchsägt die sich nach S ausdünnende helvetische Decke in der Klus zwischen Schollberg und Ellhorn. Das Talstück zwischen Buchs und Rankweil entspricht der Wildhauser Mulde und ist ein Stück Längstal, aus dem sich der Schellenberg als Insel heraushebt. Darauf folgt in einer ausgeprägten Klus bei Rüthi/Oberriet der Durchbruch der Säntiskreide, die hier auf eine einzige Falte reduziert ist und mit ihrem treppenartigen Einsinken dem Fluß den Weg gewiesen hat. Das weite Becken Altstätten–Dornbirn stellt wesentlich ein Längstalstück dar, indem

sowohl die Molasserippen der Gäbriszone der Molasse wie die Kreidefalten bei Götzis parallel zur Beckenachse streichen. Den Anlaß zur Talweitung gaben die weichen Flyschmassen der Fänern zusammen mit den leicht zerstörbaren Mergeln und Sandsteinen der alpennahen Molasseschuppen. Mit einer kühnen Drehung um 90° quert das Tal dann die Molasse des Appenzeller Sporns zwischen Heerbrugg und Rorschach und wendet sich mit dem Bodensee nach NW dem Hochrhein entgegen.

Bezeichnend für das Alpenrheintal ist also der wiederholte Wechsel von Längs- und Quertalstücken, die im gewinkelten Tallauf zu erkennen sind. Der heutige Rhein folgt allerdings einem gestreckten Lauf, in dem die einzelnen Abschnitte weniger zum Ausdruck gelangen. Da das allgemeine Streichen der alpinen Strukturen ungefähr in ENE-Richtung verläuft, besteht zwischen dem Tal mit seinem NS-Verlauf und der Richtung der Strukturen ein Winkel von etwa 30°. Daher kommt es, daß im st.gallischen Rheintal von W her eine Anzahl von Spornen schief in den Talraum vorstoßen, am entschiedensten die südlichen Kreidefalten bei Rüthi/Oberriet und der Appenzeller Sporn im Raum Heerbrugg–Rheineck im Bereich der untern Süßwassermolasse sowie im Bereich der marinen Molasse die Sporne des Buchberges und des Seelafferückens bei Staad-Fuchsloch.

Zeigt sich in diesen und andern Eigentümlichkeiten eine bemerkenswert wechselvolle Morphologie der Talschaft, so ist die Geschichte derselben nicht weniger vielgestaltig. Eine grundlegende Tatsache, die für das Tal bestimmend war, besteht darin, daß der Rhein talwärts von Chur mit Ausnahme der Tamina von der Westseite her keine bedeutenden Zuflüsse erhält, während ihm von Osten her neben der bündnerischen Landquart die vom Arlberg herkommende starke Ill, dann der Frutzbach, die Dornbirner Ach und die ansehnliche Bregenzer Ach zuströmen. Man gewinnt den Eindruck, daß, ähnlich wie das für die Kette der Glarner und Berner Alpen angenommen wird, deren spätalpine Hebung die von S kommenden Flüsse in die große Längsrinne Martigny–Chur zwang, eine nach Norden ausklingende Fortsetzung dieser Hebung des Aarmassivs die genannten östlichen Zuflüsse nach Norden abgelenkt habe. Eine Andeutung dieser Schwelle in der Querrichtung kann in der prachtvollen Aufwölbung der Mürtschendecke am Walensee erblickt werden. In der Molassezeit bestand sie nicht, da von E herstam-

mende Schüttungen über das heutige Rheintal hinweg unser Gebiet erreichten (Sommersberg u.a.). Die hier postulierte Ablenkung dürfte sich im Zusammenhang mit der letzten Phase der Alpenhebung im Pliozän ereignet haben. Jedenfalls folgten die Gletscher und Flüsse des ganzen Eiszeitalters der neuen vorgezeichneten Bahn. Die Talentwicklung durch den Ablauf der verschiedenen Eiszeiten und Zwischeneiszeiten zu verfolgen ist allerdings heute eine kaum lösbare Aufgabe.

Die *Vereisungen* brachten durch Gletscherschurf eine Vertiefung und Verbreiterung des Tales, während die Interglaziale durch die Erosion der Seitenbäche die Gliederung der Talflanken förderten und durch Ablagerung von Schuttkegeln zur Aufschotterung der Talsohle beitrugen. Mit jeder Eiszeit vertiefte sich das Tal, wobei auch tektonischer Einfluß im Spiele sein konnte. Im Bereich des Alpenrheintals ist von dieser langen Entwicklung leider nicht viel Bestimmtes zu melden, zu viel wurde im Verlauf der Talgeschichte durch die verschiedenen, oft gegensätzlich wirksamen Agenzien verwischt und zerstört. Als Hinweise auf das Wirken der Gletscher werden die Stufenmündungen der Seitengewässer, zum Beispiel der Tamina genannt, während die starken Zuflüsse mit der Eintiefung des Haupttales Schritt hielten, bei der Vereinigung mit diesem aber einen Felsriegel bestehen ließen (Ill, Landquart). Einen Hinweis auf einen ehemaligen Rheinlauf bietet der Kunkelspaß. Als sicher darf für das Altglazial ein Talniveau angenommen werden, das sich auf die Deckenschotter im Vorland ausrichtet: Tannenberg 850 bis 900 m, Heiligenberg 700 m, Hohenklingen am Schienerberg 600 m, anderseits verbunden werden kann mit Verebnungen und Taltorsi in den Alpen (Davos, Lenzerheide, Kunkels). – Mindestens seit der Rißeiszeit aber haben Bodensee und Rheintal in großen Zügen die heutige Gestalt.

Für die Zwecke dieser Arbeit ist die Entwicklung seit der letzten Vereisung besonders wichtig. – Im Maximum der Würmvereisung stand das Eis bei Chur bei 2000 m, bei Sargans 1700 m, am Alpenrand bei Oberriet 1300 m, über Rheineck noch 1100 m hoch. Von Oberriet an überflossen Eiszungen die Paßlücken ins Appenzellische: Eggerstanden 800 m, Stoß 900 m, Landmarch 1000 m, die sich mit dem Säntisgletscher vereinigten. Auf der Linie Rorschach–Lindau teilte sich der gewaltige, 15 km breite Eisstrom in einzelne Teillappen, die sternförmig nach allen Richtungen ausstrahlten.

Abzweigend vom Hauptstamm im Bodenseebecken, folgten sie früher angelegten Talfurchen, zum Beispiel der Schussen, dem Überlingersee, dem Thurtal. Die südlichen Rheingletscherzungen von St.Gallen bis Aadorf hat C. Falkner 1910 beschrieben. Der Rand der Eisflut ist gekennzeichnet durch einen markanten Kranz von Moränenwällen, die etwa durch die Ortschaften Isny, Schussenried, Engen, Rüdlingen, Winterthur, Kirchberg SG verläuft. Von diesem Maximum, das vor etwa 30000 Jahren bestand, wich der Gletscher im Lauf von 20 Jahrtausenden zurück bis auf den heutigen Stand. Dieser Rückzug vollzog sich nicht gleichmäßig. Es kam zu prägnanten Halten oder gar zu erneuten Vorstößen. In der Schweiz hat man sich daran gewöhnt, den Linthgletscher als maßgebendes Modell anzuerkennen, und bezeichnet das Maximum als Stand von Killwangen, dem dann in deutlichen Abständen die Stadien von Schlieren, Zürich und Hurden folgen. Das Ende des Rheingletschers ging entsprechend von Rüdlingen nach Dießenhofen, Stein am Rhein und Konstanz zurück. Im Konstanz-Stadium erfüllte das Eis noch das ganze Oberseebecken und reichte im Thurtal noch bis Kradolf (Chistenmüli). Bei St.Gallen stand der Eisrand in 600 m Höhe und hinterließ die Moränen von Mörschwil. Vom Maximum waren also damals schon etwa 500 m Eis abgeschmolzen. Die folgende Entwicklung muß eher stürmisch verlaufen sein. Allgemeine Erwärmung, verbunden mit mangelndem Nachschub, veranlaßte den raschen Zusammenbruch des Gletschers, was so rasch vor sich ging, daß nur undeutliche Spuren seiner Wirkung bis tief in die Alpen hinein bekannt sind. Wo das Eis schmolz, entstand ein vergrößerter Bodensee oder, besser, Rheinsee. Ob dieser jemals als tiefer Fjord bis Chur reichte und Verbindung mit dem Walensee besaß, scheint allerdings fraglich. Gewiß, denkt man sich das ganze Tal bis auf die Felswanne ausgeräumt, so ist dieser Zustand möglich, wenn in Chur die nachträgliche Zuschüttung 200 m beträgt bei einem Bodenseespiegel, der nie wesentlich über 400 m stand. Leider kennen wir die Form und Tiefe der vom Gletscher ausgeräumten Felswanne nur sehr unvollkommen, und von einer vollständigen Ausräumung kann kaum die Rede sein. Die Auslotung des Rheintals bleibt eine Aufgabe der Zukunft, die bestimmt eines Tages an die Hand genommen wird und von der wertvolle Erkenntnisse zu erwarten sein werden. Längs- und Querprofil der Wanne in den sich folgenden Talabschnitten werden von hohem Interesse sein.

Man kann zum Beispiel die Frage stellen, ob die Übertiefung des Tales gleichmäßig sei oder ob eine Reihe von Teilbecken vorliege, die durch Riegel getrennt sind. Solche würde man etwa vermuten beim Schollberg, dann wieder beim Durchbruch der Kreideketten und vielleicht in der Fortsetzung des Appenzeller Sporns. Was man aus Bohrungen heute weiß, beschränkt sich auf das Becken von Altstätten. Eine Bohrung bei Dornbirn nahe am Talrand ergab mehr als 300 m postglaziale Zuschüttung, während bei Eichberg eine solche ebenfalls am Rande in 130 m Tiefe auch in Alluvionen steckenblieb. Daraus ergibt sich der Schluß, daß sich der Querschnitt dem klassischen Trog mit steilen Rändern und flachem Boden nähert. Letzterer dürfte zu einer Rundbuckelfläche zugeschliffen sein, die lokal noch Grundmoräne trägt. Jedenfalls kann kein Zweifel an der glazialen Übertiefung bestehen, indem der Felsboden des Rheintals nur wenig über dem Meeresspiegel liegt.

Der Schwund des Gletschers entblößte die beidseitigen Talhänge, an denen der angehäufte Schutt um so leichter in Bewegung geriet, als die Vegetation zunächst noch lange Zeit dürftig und wenig geschlossen war. Der entstehende See füllte sich von beiden Seiten her, wobei man an ausgedehntes Schuttkriechen und häufige Murgänge denken darf. Im Bereich der Alpen krachten gewaltige Bergstürze ins Tal, so vor allem derjenige von Salez, wo vom Hang zwischen Hohem Kasten und Stauberen an die 100 Mio m^3 Kreidefels ins Tal fuhren und auf einer Fläche von 6 km^2 einen gewaltigen Trümmerhaufen bilden, in dessen Zentrum das Schloß Forsteck liegt, während die Kirche von Salez sich auf einer äußern Welle der Sturzmasse erhebt. In der Folge umhüllten Anschwemmungen des Rheins und der lokalen Bäche den Rand des Trümmerfeldes. Nach Mitteilung von Herrn Kantonsingenieur Pfiffner kamen beim Bau der neuen Brücke nach Ruggell am Rheindamm große Blöcke zum Vorschein, die nur aus dem Bergsturz stammen können, und kürzlich wurde ich von Herrn Bezirksförster Widrig in Buchs auf zwei mächtige Blöcke aufmerksam gemacht, die im Rheinbett im Zusammenhang mit der Senkung der Sohle teilweise freigespült waren. Diese Blöcke liegen mehr als 1 km südlich Salez und stellen wohl äußerste Vorposten des großen Bergsturzes dar (Koten 756575/232600). Eine andere Erklärung dieser Blöcke ist kaum möglich. Die beiden angeführten Beobachtungen beweisen, daß das Trümmerfeld des Bergsturzes weit größer ist, als man bisher annahm. –

Bei der Melioration des Saxerrietes zeigte sich, daß unter den Bergsturzblöcken stellenweise Torf zutage trat. Der Bergsturz erfolgte demnach zu einer Zeit, als das Rheintal wieder aufgefüllt und bewachsen war. Er ist sicher postglazial und prähistorisch. Der eben erwähnte Torf dürfte die Möglichkeit bieten, das Ereignis mit Hilfe der Pollenanalyse genauer zu datieren.

Der Bergsturz von Azmoos, der sich vom Erosionsrand des Kieselkalks der Gauschla löste und auf Palfriesschiefern abglitt, erreichte bei weitem nicht die Wucht des Salezer Sturzes. Seine äußersten Wellen erreichten gerade noch den Talboden bei Azmoos. Während bei Salez die ganze Masse ins Tal stürzte und sich dort ausbreitete, blieben in der Wartau die Trümmer an der Talflanke hängen. So kommt es, daß der Bergsturz von Salez für die Trinkwasserversorgung ohne Bedeutung ist, während derjenige von Wartau als ganz ausgezeichneter Wassersammler wirkt, aus dem sich eine Reihe von Dörfern versorgen. Beide Stürze sind sicher nacheiszeitlich – es fehlt jede Spur nachträglicher Gletscherwirkung. Die geschichtlichen Urkunden schweigen sich über beide aus. Sie gehören wohl zu dem Bild der Landschaft, die der einwandernde Mensch der Mittel- und Neusteinzeit angetroffen hat.

Der Bergsturz von Salez war nicht ohne Einfluß auf den Lauf des Rheins. Dieser wurde bei Bendern gegen den Schellenberg gedrängt, und es mag auch eine Anstauung des Flusses gegen Süden stattgefunden haben.

Parallel mit dem Rückgang des Talgletschers wichen Schnee und Eis auch aus den Hochgebieten. Die Schneegrenze hatte sich beim Maximum der Vereisung um etwa 1300 m gesenkt, so daß der Gäbris mit seinen 1250 m noch kleine Firnfelder tragen mochte und das ganze Innere des Gebirges einschließlich der Täler zum Nährgebiet des Gletschers wurde. Im weitern Ablauf der Klimageschichte rückte die Schneegrenze in größere Höhen. Jedenfalls lag sie im Stadium von Konstanz schon auf etwa 1800 m, wodurch nicht nur das ganze Molassegebiet, sondern auch die großen Täler bis weit ins Innere des Gebirges für das Gletscherwachstum ausfielen. Die ausapernden Gehänge lieferten große Mengen von Lockerschutt, die auf dem Wege des Schuttkriechens und unter Mitwirkung der Wildbäche sich talwärts bewegten. Die Seitengewässer werden teilweise auf den sich bildenden Schuttkegeln und Terrassen randlich abgeflossen sein, wobei sie lokal bedeutende

Hindernisse überwanden. Die Entstehung der Schlucht des Hirschensprungs kann man in diesem Zusammenhange sehen. Teilweise werden sie auch in den Spalten des zerfallenden Gletschers verschwunden und irgendwo zusammen mit dem Schmelzwasser des Gletschers am Gletschertor wieder zutage getreten sein. Beim endgültigen Zusammenbruch des Gletschers mag dieser auch lokal vom Wasser getragen und in Schollen zerfallen sein, die langsam talwärts trieben, ehe sie sich auflösten. Auf jeden Fall kann von einem Rheinlauf in diesem Stadium noch keine Rede sein. Erst nach dem Rückzug des Gletschers bis etwa Reichenau und nachdem im Tale die Bildung eines Schuttkegels in Gang gekommen war, begann die akkumulierende Tätigkeit des Talflusses. Dabei schob er den in Graubünden begonnenen Schuttkegel nach und nach, im Lauf von Jahrtausenden, vor bis zum Bodensee. Zusammen mit den Seitengewässern vermochte er den Rheinsee, der bald in einzelne Teilbecken zerlegt wurde, zu verdrängen.

Dabei ist es klar, daß die Gesetze der Alluvion zu jeder Zeit Gültigkeit besaßen. Zuerst setzt der Fluß das grobe Geröll ab, trägt das feinere je nach dem Gefälle ein Stück weiter und befördert das feinste, den als Flußtrübe mitgetragenen Schlamm, erst in einem beruhigten Becken ab. Bliebe die Wassermenge konstant, so könnte man einen ganz regelmäßigen Bau des ganzen Schuttkegels erwarten. Die Zonen mit den einzelnen Körnungen würden gesetzmäßig talwärts rücken. Zur Erhaltung des für den Transport notwendigen Gefälles muß der Fluß im Oberlauf sein Bett fortwährend erhöhen.

Nun ist aber die Wassermenge weit entfernt davon, konstant zu bleiben. Vielmehr wechseln im Lauf der Jahre Hochwasser und Niederwasser unregelmäßig ab. Hochwässer mit ihrer kurzfristig vielleicht hundertfachen Wassermenge zeitigen außerordentliche Wirkungen sowohl der Erosion wie der Alluvion. Die stürzenden Fluten reißen Ufer ein, bringen Gehänge zum Rutschen, überschwemmen sonst trockenliegende Flächen und breiten Kies und Geröll aus, wo früher nur Sand und Schlamm zur Ablagerung gelangten. Diese Hochwasser bringen einen Faktor der Unberechenbarkeit in den Aufbau des Schuttkegels. So konnte es zum Beispiel möglich werden, daß Kiesbänke bis in die hintersten Winkel gelangten, wo normalerweise sich nur feinster Ton anhäufte. In den Tongruben der Ziegeleien in Oberriet läßt sich dies schön beobachten. Daß solche Kieslinsen und -bänder bei der Beurteilung der

Durchlässigkeit eines Komplexes berücksichtigt werden müssen, bedarf keiner weitern Begründung.

Zwischen den Alluvionen des Rheins und denen der Seitengewässer besteht ein verwickeltes Zusammenspiel. Verzahnung der Schuttkegel ist wohl die Regel, aber sie können sich auch mischen oder gegenseitig scharf begrenzen.

Generell setzt sich aber trotz der wechselnden Wasserführung das Gesetz durch, daß grobes Material nur im Bereich der starken Strömung zur Ablagerung gelangt, während Sand und Ton die Zonen mit beruhigter Strömung in ausgebreiteter Überschwemmung besetzen. Durch die seitlichen Schuttkegel war das Maß der seitlichen Laufverlegung stark eingeschränkt, und das nicht erst, seit die Technik, zuerst schwach und unzusammenhängend, später kraft- und wirkungsvoll, begann, den Fluß zu beherrschen. Die Kiesführung bleibt zur Hauptsache auf den mittlern Strich des Tales beschränkt, während der größte Teil des Talbodens den jedem Rheintaler wohlbekannten Rheinletten, das ist eine Mischung von Feinsand und Ton, aufweist, auf dem der «Türken» und die Kartoffel ausgezeichnet gedeihen. Noch bis ins Mittelalter blieben im Tal Restseen übrig, die durch Torfbildung verlandeten (Rüthi, Isenriet).

Zusammenfassend können wir also im Boden des Rheintals folgende Elemente erwarten (von unten nach oben):

1. Die vom Gletscher ausgeschürfte *Felswanne*. Tiefenlage und Gestalt derselben sind praktisch unbekannt.
2. *Moräne*. Bei nachlassender Energie der Gletscherbewegung blieb ein Teil des Gletscherschuttes unterwegs liegen und wurde nicht mehr weitergeschleppt.
3. *Schuttkegel des Rheins*. Material meist gut gerundet und sortiert. Kies im Mittelstrich der Strömung, abseits meist Sand und Schlamm.
4. *Schuttkegel der Seitenbäche*. Material meist schlecht gerundet und sortiert. Vielfach eingedeckt mit Gehängelehm.
5. *Torf*, hauptsächlich im Bezirk Oberrheintal.
6. *Bergsturz* in der Gemeinde Sennwald.

Wir wissen also ganz wohl, was für Elemente im Boden des Tales möglich sind. Aber die Verteilung scheint oft zufällig und überraschend. Nur systematische Bohrungen können sichere Auskunft über den Untergrund an einer bestimmten Stelle erbringen.

Das Grundwasser im Rheintal

Vor einigen Jahren schlug ein städtischer Gemeinderat vor, den Bodensee im Hinblick auf die zunehmende Verschmutzung und Gefährdung als Bezugsort für das Trinkwasser St.Gallens aufzugeben und sich dafür am «unerschöpflichen Grundwasserstrom des Rheintals» schadlos zu halten. Leider kam in diesem gutgemeinten Vorschlag eine viel zu hochgeschraubte Erwartung zum Ausdruck, wie zu zeigen sein wird.

Unter Hinweis auf den obenstehenden Katalog der im Boden des Rheintals anzutreffenden Materialien kann einzig der Kies in der zentralen Rheinschüttung als für die Grundwasserführung hervorragend geeignet bezeichnet werden. Der Rheinletten besitzt eine zu geringe Durchlässigkeit, um für die Anlage von Pumpwerken (abgesehen von Sodbrunnen geringer Leistung und schlechter Wasserqualität) in Frage zu kommen. Zwar enthält dieser tonige Sand eine große Menge von zum Teil kapillar gebundenem Wasser, das sich bei Tiefbauarbeiten sehr unangenehm bemerkbar machen kann. Die Erbauer der Binnenkanäle und des Rheindurchstichs hatten reichlich Gelegenheit, die Tücken dieses Materials zu erfahren.

Die randlichen Schuttkegel führen teilweise Grundwasser in hinreichender Menge, um ziemlich leistungsfähige Brunnen zu speisen, aber nur wenige sind von einiger Bedeutung. – Die Bäche, die von den Höhen des Appenzeller Sporns in die Nische von Thal-Rheineck abfließen, bauten dort einen Schuttkegel auf, in dem mehrere Pumpwerke angelegt wurden, die aber hinsichtlich Menge und Güte des Wassers nicht befriedigten und jetzt, nach der Installation neuer Werke am Rhein und am Bodensee, keine Bedeutung mehr haben. Nicht unähnlich liegen die Verhältnisse bei Berneck, wo auch mehrere Bäche im Bereich der Molasse-Antiklinale in die Talmulde stürzen und die Verhältnisse für die Entstehung eines produktiven Grundwasserstromes nicht ungünstig zu liegen scheinen. Tatsächlich wurde schon 1933 im freien Gelände zwischen den Dörfern Berneck, Au und Heerbrugg ein PW in Betrieb genommen, das anfänglich gutes Wasser lieferte, mit der Zeit aber eine Enteisenungsanlage notwendig machte. Neuere systematische Untersuchung durch Herrn Dr. H. Kapp (mündliche Mitteilung) ergab, daß im Bereich des Dorfes Berneck wie vermutet etwas Grundwasser vorhanden ist, daß aber die Kiesschichten in der Umgebung des PW Wisen bereits dem Rheinschuttkegel angehören. Dafür spricht

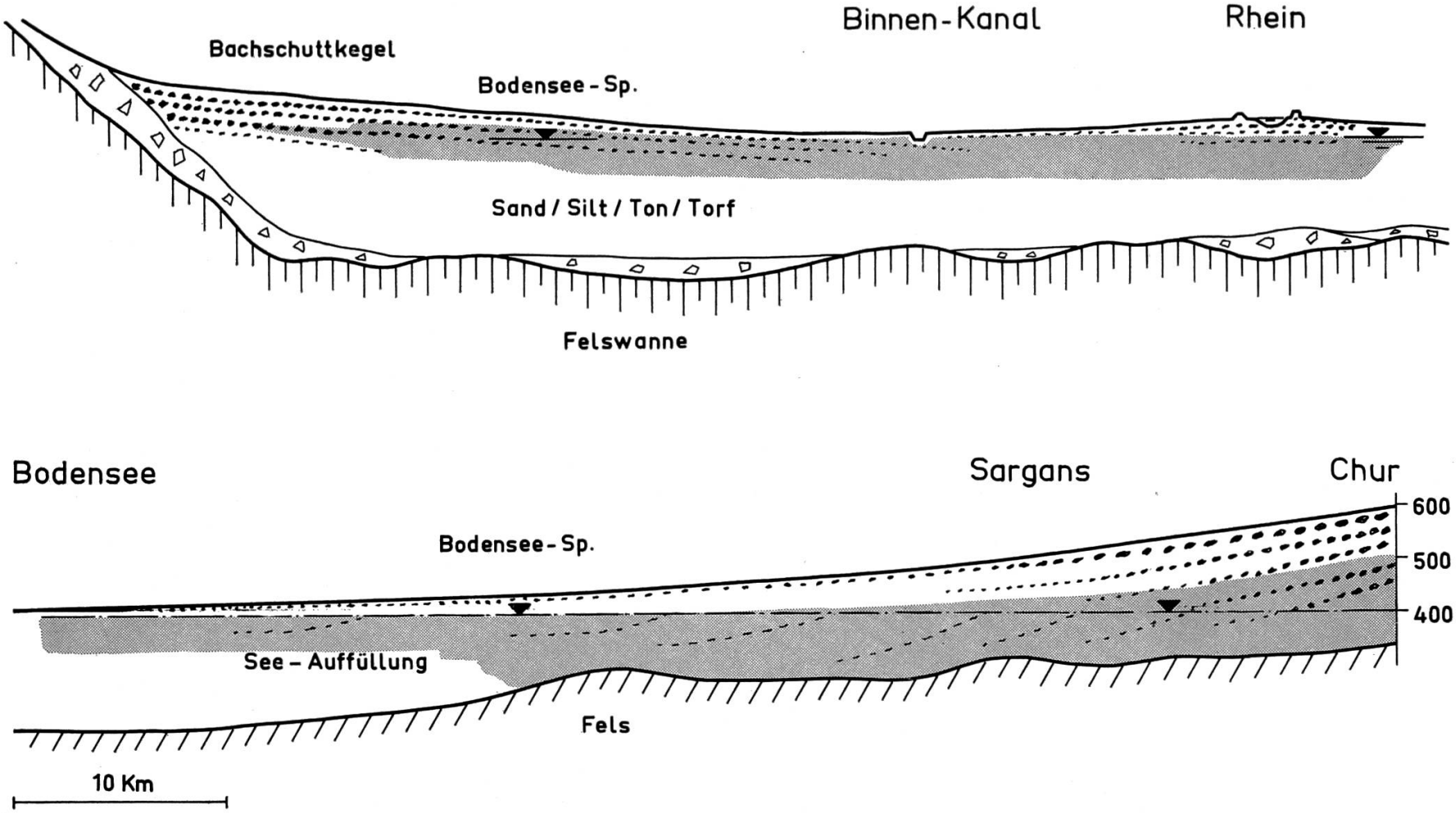


Abb. 1 Längs- und Querprofil Rheintal. Erklärung im Text. Grauton = stagnierendes Wasser.

sowohl die Wassermenge wie auch der Chemismus des Wassers.

Die Bäche, die sich in die Nische von Altstätten ergießen (Luterbach und Brendenbach, die zusammen den Stadtbach ergeben, Donnerbach und Tobelbach, die sich zum Chesselbach vereinigen), erzeugten einen großflächigen Schuttkegel, der die Umgebung des Städtchens vor den Überschwemmungen des Rheins sicher bewahrte, dafür aber andere Probleme schuf. Im Hinblick darauf, daß das Einzugsgebiet dieser Bäche vorzugsweise (mit Ausnahme des Brendenbaches, der aus der Mergelzone an der Basis des Sommersberges kommt) aus Nagelfluh besteht, darf mit ansehnlichem Gehalt an Kiesbänken gerechnet werden. Das Grundwasser-Pumpwerk, 750 m außerhalb der Bahnlinie angelegt, befindet sich noch ganz im Bereich des lokalen Schuttkegels. Dafür spricht schon der Umstand, daß das Grundwasser dort im Schacht ansteigt. Dieser Überdruck kann nicht vom Rheine herkommen, der in diesem Talabschnitt einige Meter tiefer liegt. Die grundwasserführenden Kiese sind weithin bedeckt mit einer starken Schicht von Gehängelehm, die das Grundwasser vor Verunreinigung bewahrt; auch Torfbildung reicht bis in die Nähe der Bahnlinie. Sauerstoffarmut und erhöhter Eisengehalt zwingen auch hier zu einer Enteisenungsanlage.

Anders verhalten sich die Schuttkegel südlich von Altstätten, wo etliche Wildbäche ihre trüben Wässer in die Ebene ergießen:

Widenbach und Schachenbach bei Hinterforst aus dem Hirschberg, der Aubach aus der Grenzzone Molasse/Flysch, bei Eichberg der Dürrenbach aus dem Flysch der Fänern, Gemeinde Oberriet, der Kobelwieserbach aus dem Grenzgebiet Flysch/Säntiskreide. Diese Bäche haben aus den vorwiegend leicht zerstörbaren Schichten eine große Menge Schutt zu Tal befördert, und ihre Schuttkegel reichen weit in die breite Niederung hinaus. Der Aubach steht zum Beispiel bei Oberau auf 490 m, während die 420-m-Kurve mehr als 4 km weiter östlich verläuft. Verzahnung der lokalen Schuttkegel mit dem zentralen Schuttkegel des Rheins ist hier in besonderem Maße zu erwarten. Wie sich anläßlich der Kanalbauten bei der großen Rheintalmelioration 1930/50 immer wieder zeigte, bestehen diese Schuttkegel aus vorwiegend tonigem Material, in das schlecht gerundete Steine eingelagert sind, was dem Einzugsgebiet entspricht. Solcher Untergrund eignet sich schlecht für die Bildung von ergiebigen Grundwasserhorizonten, wenn auch ländliche Sodbrunnen früher häufig in Gebrauch waren.

Ähnlich ist der bedeutende Schuttkegel der Simmi, die aus der Flyschzone von Wildhaus entspringt, zu beurteilen. Produktive Grundwasservorräte können in einem Untergrund aus toniger Grundmasse mit Steinen nicht erwartet werden. – Dagegen ist es gelungen, am Studnerbach in Grabs, dessen Einzugsgebiet schon ganz in Kreide liegt, eine Kiesbank mit Grundwasser anzuzapfen.

Alles in allem muß der Beitrag der randlichen Schuttkegel an die Wasserversorgung der rheintalischen Gemeinden als sehr bescheiden bezeichnet werden. Weit bedeutsamer ist der Beitrag des zentralen Rheinschuttkegels. Der Blick auf die Karte zeigt, daß beidseits des Flusses eine ganze Doppelkette von leistungsfähigen Grundwasserwerken in Betrieb sind. Mit wenigen Ausnahmen stehen sie in unmittelbarer Nähe des Flußlaufes. Schon diese Tatsache läßt darauf schließen, daß es sich um Wasser handelt, das aus dem Fluß absickert und links und rechts in die durchlässigen Alluvionen übertritt. Dieser Vorgang war schon vor der Installation von Grundwasser-Pumpwerken wohlbekannt. Einen Hinweis bildeten die sogenannten Gießen in der Rheinebene, die sich nur dadurch erklären lassen, daß das Flußbett höher steht als der Talboden. Es entsteht ein Gefälle vom Rhein, dessen Bett innerhalb der Hochwasserdämme erhöht ist, gegen die tiefste Talrinne, und da die vorherrschenden Kiese des Untergrundes für Wasser leicht passierbar sind, ist die Folge eine kräftige Infiltration des flußnahen Tales. Die schönsten dieser Gießen finden sich in der Ebene zwischen Bad Ragaz und Sargans und wieder von Trübbach abwärts bis Buchs. Daß diese Gewässer zum Teil auch gespiesen werden durch die Niederschläge und auch durch Sickerwasser von den Talflanken her, darf ohne weiteres angenommen werden. Anderseits sind einige der schönsten dieser Gießen bei Sargans abgegangen, vermutlich als Folge der Senkung des Rheinbettes im Zusammenhang mit der starken Kiesausbeutung und wegen der Saarkorrektion.

Wie konnte es aber überhaupt zur Ausbildung des Gefälles kommen, das Infiltration ermöglicht? Wenn ein Fluß sich selbst überlassen bleibt, so wird er auftretende Niveauunterschiede im Bereiche seiner Alluvionen auszugleichen trachten. Zwar sieht man nicht selten Buckel und Dellen auf einem alten Schuttkegel, die von den sich verteilenden Wasseradern erzeugt wurden. Aber solche Unebenheiten werden durch sich folgende Hochwässer beseitigt, indem der Fluß seinen Lauf den Niveauverhältnissen anpaßt und

dabei für eine gleichmäßige Erhöhung des Talbodens sorgt. Dabei wird er auch mit den wachsenden randlichen Schuttkegeln einen Gleichgewichtszustand anstreben. Entweder wird er einen rasch wachsenden Schuttkegel am Rande annagen und abtragen (einziges Beispiel im Kanton St.Gallen: der Schuttkegel des Trübbaches zwischen Azmoos und Trübbach[1]), oder er wird einen im Wachstum zurückbleibenden Kegel überfluten und zudecken. Wenn aber der Fluß dauernd ein höheres Niveau einhält als der Talboden, so kann der Grund nur in menschlicher Einwirkung liegen. Nun gehen beim Rhein solche Einwirkungen auf geraume Zeit zurück, indem seit Jahrhunderten versucht wird, den Fluß in bestimmten Grenzen zu halten. Diese Versuche waren wohl in den Anfängen unsystematisch und wenig wirksam, aber sie vermochten doch, mit Ausnahme von außerordentlichen Hochwässern, den Fluß auf einem schmalen Band zu halten und die «normale» Kiesablagerung dort zu konzentrieren. Nur bei Dammbrüchen überflutete der Fluß die ganze Talsohle, ließ aber auch bei diesen Gelegenheiten das grobe Geröll zur Hauptsache in der Nähe der zentralen Rinne liegen.

Ein Querschnitt durch den Untergrund des Tales zeigt also einen niedern Kiesrücken in der Mittellinie und seitlich breite tieferliegende Streifen mit vorwiegender Ablagerung von Sand und Schlamm, vielfach mit Torfbildung.

Die Erhöhung des Flußbettes brachte die große Schwierigkeit mit sich, daß der Abfluß der Seitenbäche behindert war. Mochte die Vereinigung bei Niederwasser noch gelingen, so waren bei Hochwasser Rückstau und Versumpfung unausbleiblich. Die Antwort auf diese Not war der Bau der Binnenkanäle. Indem man diese in der tiefsten Talrinne anlegte, wurde der Rhein von den Seitengewässern isoliert. Deshalb besteht jetzt ein deutliches Gefälle vom Rhein zum Binnenkanal. Dieses Gefälle bedingt zur Hauptsache die Grundwasserführung des Rheintals.

Bei der Infiltration des Flußwassers vermischt sich dieses bald mit dem Grundwasser des Tales. Dieses aber fließt außerordentlich träge durch die großenteils feinkörnigen Alluvionen und erhält dabei unerwünschte Eigenschaften. Rheinletten und Torf enthalten viel organisches Material, das bei seiner langsamen Oxydation dem

[1] Vielleicht handelt es sich um Murgänge aus dem Bergsturzgebiet in der ausgehenden Eiszeit. Das Rofabort in Trübbach würde dann dem Gletscherrand entsprechen.

Wasser den Sauerstoff entzieht und Kohlensäure entstehen läßt. Diese wiederum greift das überall vorhandene Schwefeleisen an, wobei Schwefelwasserstoff entsteht, während das Eisen in Form von Bikarbonat in Lösung geht. Bei Zutritt von Luft flockt dieses in Form von Eisenhydroxyd (Ocker) aus und macht das Wasser ungeeignet für die Verwendung in Haushalt und Industrie. Dazu kommt noch die große Kalkhärte.

Die Langsamkeit der Bewegung des allgemeinen Talgrundwassers beruht nicht nur auf der Natur der durchflossenen Schichten, sondern namentlich auch auf mangelndem Gefälle. Wenn der Grundwasserstand bei St.Margrethen etwa 2 m u. T. steht, also bei 398 m, so heißt das, daß es nur um 2 m höher steht als das Niveau des Bodensees bei 396 m. Es stehen also für eine Entfernung von 5 km bei relativ tiefem Stand des Sees noch 0,4‰ Gefälle zur Verfügung. Die Verhältnisse ändern sich naturgemäß mit dem Stande des Seespiegels. Aber an der Tatsache, daß der größte Teil des Grundwassers sich nicht bewegt, ist nicht zu rütteln. Dieses Wasser ist praktisch fossil, in hohem Grade mineralisiert und als Trinkwasser ungeeignet.

Die Stauwirkung des Sees macht sich vermutlich bis weit hinauf geltend. Ein Brunnen bei Widnau, etwa 10 km vom See entfernt, bei 405 m Terrainhöhe, wird in 8 bis 9 m Tiefe auf das Seeniveau gelangen. Da aber auch das Grundwasser eines Gefälles bedarf, um zu fließen, wird man schon früher auf praktisch unbewegtes Wasser stoßen – mit allen Nachteilen. Die Absicht, Wasser aus größerer Tiefe heraufzuholen, scheitert an der Wasserqualität, wenn die Wassermenge noch genügen sollte. Aber auch dies ist unwahrscheinlich, weil die Kiesmächtigkeit im untern Teil des Tales stark abnimmt. Die Geröllzufuhr kam eben in diesem Abschnitt erst spät in Gang, wohl erst im letzten Jahrtausend. Älter und mächtiger muß die Kiesschüttung weiter oben im Tal sein. Aber auch dort besteht mindestens unter dem Seeniveau kein Gefälle für das Grundwasser. Bei Buchs mit 445 m (Rheinbrücke 457 m!) befinden wir uns rund 50 m über dem Bodenseespiegel. Es darf aber kaum angenommen werden, daß dies der Mächtigkeit des bewegten Grundwassers entspricht. Die interessante Grenze, unter welcher jedes Fließen aufhört, dürfte je nach dem K-Wert der Alluvion verschieden hoch liegen, im Mittel wohl etwa in der Mitte zwischen der Horizontalen (= Bodenseeniveau) und der Terrainhöhe (= Rhein-

Tabelle betreffend Karbonathärte und Eisengehalt des Grundwassers der Uferzone des Rheines bei Widnau, in verschiedenen Entfernungen vom Rhein und verschiedenen Tiefen.

	Abdampf-rückstände	Vorüber-gehende Härte	Eisen	Mangan
Brunnen 2				
Kote 6,72 (Oberfläche)	246,0	13,20	0,02	0
Kote 4,62	244,0	13,50	0,04	0
Kote 2,62	245,6	12,25	0,08	0
Kote 0,12 (Grund)	248,8	12,50	0,06	0
Brunnen 5				
Kote 5,97 (Oberfläche)	288,8	16,40	0,16	positiv
Kote 4,27	297,7	16,90	0,22	schwach
Kote 2,57	332,0	17,70	0,28	stark
Kote 0,97 (Grund)	331,6	18,10	0,34	stark

Wasseranalyse der Entnahme vom 22. Dezember 1932 aus den Betriebsbrunnen 2 und 5 der Viscose Suisse, Heerbrugg-Widnau.

lauf). Bei Bad Ragaz schließlich mit 500 m Terrainhöhe sind mehr als 100 m Kies/Sand über dem Seespiegel aufgeschüttet. Hier kann demnach mit einer erheblichen Grundwassermächtigkeit gerechnet werden, wovon die lebhaft sprudelnden Gießen in der Baschärebene Zeugnis ablegen. In der Grundwasserkarte wurde die Grenze des Grundwasserfeldes so gezogen, daß die PW Vilters und Sargans darin eingeschlossen sind – beide deutlich in einer Randlage.

Zusammenfassend läßt sich über den «unerschöpflichen Grundwasserstrom» im Rheintal etwa sagen:

1. Soweit kräftige und saubere Kiesaufschüttung reicht, besteht die Möglichkeit der produktiven Grundwasserführung. Dies ist in untergeordnetem Maße der Fall in den seitlichen Schuttkegeln, stärker im zentralen Teil der Rheinschüttung.

2. Im untern Talabschnitt macht sich die Stauung durch den Bodensee hemmend bemerkbar.

3. Der größte Teil des Talbodens scheidet für die Grundwassergewinnung aus.

Wie schon früher angemerkt, verhält sich die östliche Talseite ganz ähnlich. Auch dort befinden sich die PW nahe beim Rhein. Als für die Zukunft trinkwasserhöffiges Gebiet bezeichnet L. Krasser den Schuttkegel der Ill gegenüber Rüthi. Die Ill ist der einzige größere Zufluß des Rheins unterhalb Sargans, der einen Schutt-

kegel bis an den Rhein vorgebaut hat. Überdies ist das fragliche Gebiet dünn besiedelt und teilweise mit Wald bedeckt.

Die Goldach und die Steinach

Zum Rheingebiet darf man auch die kleinen direkt in den Bodensee sich ergießenden Bäche rechnen, also die Goldach und die Steinach. – Die Goldach stammt aus der Nagelfluhzone des Gäbris und trägt deshalb mit ihrer erheblichen Stoßkraft reichlich grobes Material in den See. Ihr Delta eignet sich infolgedessen für die Entstehung von produktivem Grundwasser (PW Tübach, Goldach, Horn). Aus der Eiszeit stammt ein 15 bis 20 m höheres Delta, das jetzt abgebaut wird. Es deutet auf einen einst höhern Stand des Bodensees oder vielleicht nur auf ein randliches Becken neben dem Gletscher. Das Einzugsgebiet der weit schwächern Steinach enthält weniger Nagelfluh, dafür namentlich im untern Gebiet reichlich Mergel. Das Steinachdelta besteht aus Schlamm/Sand und kommt deswegen für Grundwasser weniger in Betracht (ehemals Ziegelei). Das Grundwasser der breiten aufgeschütteten Strandfläche reguliert sich auf den See: im Winter, bei tiefem Seestand, läuft es sichtbar längs eines Quellhorizontes aus, im Sommer, bei hohem Seestand, dringt es in die Keller der Häuser.

Aus Goldach ist noch eine hydrologische Merkwürdigkeit zu melden. Anfang November 1967 trat in etwa 5 m Entfernung von der 15 m hohen Wand des Kieswerkes Gerschwiler ein Erdfall von beachtlichem Ausmaß ein, indem etwa 100 m³ Erde und Kies auf einer runden Fläche mit 6 bis 8 m Durchmesser von einem Tag auf den andern um 3 bis 4 m senkrecht absanken. Ein großer Lastwagen hätte in dem Loch bequem Platz gefunden. Dieses Einsinken konnte nur erfolgen, weil im Untergrund aus irgendeiner Ursache ein entsprechend großer Hohlraum entstanden war. In der Tat war zwei Jahre vorher im benachbarten Baggersee durch eine aufsteigende Quelle ein großer Schlammkegel aufgebaut worden, dessen Material aus dem dahinterliegenden Kies-/Sand-Delta stammen mußte. Die Quelle läuft immer noch, hat aber aufgehört, Schlamm zu fördern. Die Kubaturen des Erdfalls und des Schlammkegels scheinen durchaus vergleichbar. Der Versuch, den Zusammenhang zwischen dem Erdfall und dem Schlammkegel durch eine Färbung zu beweisen, schlug leider fehl.

Nicht lange nachher ist in St.Gallen im Bereich Kantonsspital–Lindenstraße–Städtischer Werkhof eine ähnliche, ziemlich aufregende Sache passiert. Beim Aushub der Baugrube für den Werkhof an der Basis des zur Lindenstraße und zur Frauenklinik aufsteigenden Abhanges begann plötzlich eine Schlammquelle zu fließen, und bald darauf bemerkte man, daß sich auf der Höhe der Terrasse in etwa 50 m Entfernung die gepflästerte Straße senkte. Also auch hier Wegfließen von sandig-siltigem Material, hier Bänderton, und Einsinken im rückwärtigen Gebiet. Es gelang mit einiger Anstrengung, die Schlammquelle zu verstopfen, so daß es in diesem Fall nicht zu einem Einsturz, sondern nur zu einer flachen Delle in der Straße kam.

Das Seez-Walensee-Tal

Eine merkwürdige und schwerverständliche Eigentümlichkeit unserer Flußgeschichte bildet die Talgabelung von Sargans. Der Rhein wendet sich in scharfem Knie durch die Klus zwischen Schollberg und Ellhorn, während das Seeztal ohne Bruch zuerst gegen NW, nachher im Walensee nach W dem nach N und NE fallenden Mantel des Verrucano der Glarner Decke (s.l.) folgt. Zeigt das Rheintal als vorwiegendes Quertal eine gewisse Symmetrie beider Talseiten, so stehen sich im Isoklinaltal der Seez beide Talseiten ganz fremd gegenüber. Auf der S-Seite liegt der permische Verrucano mit verfalteten Bruchstücken von Trias und Lias, die Gegenseite bauen jüngere Elemente des Jura und der Kreide mehrerer tektonischer Einheiten (Mürtschen-D., Gonzen-D. und Säntis-D.) auf. Letztere steigen in imposanten Stufen steil zu einem Kranz von Gipfeln in 2200 bis 2300 m Höhe auf. – Der Verfasser erinnert sich lebhaft des Eindrucks, den diese Talung eines herrlichen Tages vom Piz Linard aus auf ihn machte. Da glitt der Blick über die grünen Schieferberge des Prättigaus ohne Bruch hinaus auf die Terrasse von Palfries und die Flumser Alpen. Man glaubte zu erkennen, daß in dieser Talrichtung etwas Ursprüngliches, eben die natürliche Abdachung gegen NW, liege, während das Rheintal als Querschläger in diese primäre Ordnung später einbrach. Das ist wohl nur eine Impression ohne wissenschaftliche Bedeutung. Aber es läßt sich denken, daß im Zuge der bereits erwähnten Queraufwölbung der Thuralpen ein Seitenbach der Ill den Walenseerhein bei Sargans abfing und damit den Anlaß zur heutigen Landkarte schuf. Die Gletscher und Flüsse der Eiszeit haben beide Wege vertieft und ausgeweitet. Der Rhein als Fluß ist seither nie mehr von seinem Laufe abgewichen, der Rheingletscher dagegen hat immer einen gewissen Bruchteil seines Bestandes in die Walenseefurche abgezweigt. Der Verfasser ist aus verschiedenen Gründen zu dem Schlusse gelangt, daß man bisher diesen Anteil stark überschätzt hat.

Die Frage ist berechtigt, ob der Rhein die nur etwa 5 m hohe Schwelle bei Mels jemals überschritten habe. Heute verschließt jedenfalls der Schuttkegel der Seez auch einem maximalen Hochwasser des Rheins den Eintritt in das Walenseetal. Überdies scheint der Schuttkegel einer Moräne aufzusitzen, die auch dem Grundwasser des Rheintals den Eintritt in das Seeztal verwehrt. Dazu

kommt, daß der Rhein wenigstens in der Nacheiszeit keine Neigung zu einem solchen Übertritt bekundete. Das ausgedehnte Riet bei Mels–Wangs–Vilters war offenbar einer jener Restseen, die erst spät durch Ablagerung von Sand und Torf verlandeten.

Der Schuttkegel der Seez, auf dem sich das Dorf Mels angesiedelt hat, ergibt kein nutzbares Grundwasser. Das ist im Hinblick auf die Zusammensetzung des abgelagerten Materials verständlich: bei Grabungen erscheint immer das Geröll eingebettet in dunklen Ton, den die Seez aus dem Flyschschiefer des Weißtannentals herbrachte. Talwärts von Mels erfolgt zunehmend eine Sortierung des Materials, ein Ausschlämmen der feinen Korngrößen und damit eine verbesserte Durchlässigkeit. Der Talboden unterhalb des Inselberges Tiergarten zeigt als Merkwürdigkeit gespanntes Grundwasser, das in einer Reihe von Fassungen festgestellt wurde. Vermutlich handelt es sich um Wasser, das entlang der starken Schutthalden der E-Talseite einsickert und unter einer schützenden Lehmdecke einen gewissen Überdruck zu entwickeln vermag. Auch das PW Bleichi der Gemeinde Mels verdankt seine Existenz ähnlichen Verhältnissen. Knapp über dem Talboden entspringen dort aus dem Schutthang einige starke Quellen, deren Einzugsgebiet man im gestuften und bewaldeten Hang gegen den Tschuggen hinauf suchen muß.

Der Schuttkegel des Schilsbaches bei Flums scheint sich ähnlich zu verhalten wie derjenige der Seez bei Mels; doch hat sich der Fluß am Rande des Kegels rechts der Bahnlinie ein Kiesbett geschaffen, das für die Grundwassergewinnung gute Aussichten zu bieten scheint. Näher bei Walenstadt vermindern sich wegen des Seerückstaus die Chancen (es sei auf die entsprechenden Ausführungen im vorigen Kapitel verwiesen). Walenstadt hat auf dem Schuttkegel des Widenbaches ein PW erstellt, dessen Schacht in die Tiefe der Talschotter reicht, womit der Eisengehalt des Wassers seine Erklärung findet.

Der Walensee, 419 m, wird an mehreren Stellen direkt zur Trinkwasserbeschaffung herangezogen, was im Hinblick auf seine zunehmende Verschmutzung nicht unbedenklich ist (Quinten, Au, Unterterzen). Dagegen beruhen die größern PW Unterterzen, Murg und Weesen offenbar ganz auf dem Zustrom von Wasser in den Schuttkegeln der Bäche, die ganz ansehnliche Deltas in den See vorbauen. Das Wasser bei der Zementfabrik Unterterzen zeichnet sich durch

eine in unserm Gebiet ungewohnte Gipshärte aus, ein Hinweis auf die Triasschichten im Einzugsgebiet.

Das Linthgebiet

Zweifellos war der Walensee vor, geologisch gesprochen, kurzer Zeit noch offen verbunden mit dem Zürichsee. Die Linth schüttete in der Folge bei Weesen einen wachsenden Schuttkegel auf, auf dem sie in gewundenem Lauf und in verschiedene Arme aufgelöst dahinfloß. Das Gefälle war auf dieser Strecke gering, die Transportkraft für grobes Material nicht ausreichend. Den Bau des Kanals, der die Linth zuerst in den Walensee und nachher in gestrecktem Lauf in den Zürichsee führt, verdanken wir der Tatkraft und dem Gemeinsinn J. K. Eschers von der Linth, der in schwerer Zeit ein großes Werk eidgenössischer Solidarität für eine schwer bedrängte Gegend verwirklichte. Was die Möglichkeit der Grundwassergewinnung betrifft, sind die Verhältnisse gleich wie im untern Rheintal. Der größte Teil der Talfüllung besteht aus Sand und Schlamm, nur im Hauptstromstrich vermochte der Fluß Kies heranzutragen und abzulagern. So ist das PW Benken in einer Kiesschicht angelegt, das Wasser aber steht in Verbindung mit dem stagnierenden und eisenhaltigen Grundwasser des Tales. Kaltbrunn legte ein PW an auf dem vereinigten Schuttkegel des Steinenbaches und des Dorfbaches, etwa 10 m über der Talsohle. Fassungen im Schäniser Riet und in der Gastermatt besitzen nur beschränkte Bedeutung; wichtig sind dagegen die PW Uznach und Schmerikon auf dem Schuttkegel des Aabaches, beide unmittelbar nördlich der Bahnlinie erstellt.

Die Gemeinden im Berggebiet des Seebezirks begnügen sich mit Quellen, vor allem im Molasse- und Moränengebiet des Rickens. Eine Ausnahme bildet Eschenbach, wo günstige Verhältnisse für die Gewinnung von Grundwasser vorhanden sind. Ein großer Teil der Gemeinde ist mit eiszeitlichen Schottern in verschiedenen Niveaus eingedeckt, so die Anhöhe von Bürg in 550 m Höhe, vor allem aber die «Niederterrasse» Länziken–Dorf Eschenbach–Mettlen–Gublen–Wagen, wo drei leistungsfähige PW angelegt sind: Balmen 465 m, Rüeggenschlee 450 m und Salet bei Wagen 434 m. Letzteres wurde erstellt von der Industriegemeinde Rüti ZH. Mit der Annäherung an den See verringern sich auch hier die Aussichten auf die Gewinnung von gutem Wasser. Die Schotterfluren von Eschenbach sind nur verständlich unter eiszeitlichen Bedingungen etwa im

Stadium von Hurden. Als das Seetal eisfrei wurde, brach der Aabach wieder gegen Süden durch, indem er die in einer Längsrinne angehäuften Schotter wegräumte.

2. Vorwiegend glazial geprägtes Gebiet

Das Thurgebiet

Am Rhein- und Linthsystem ist der Kanton St.Gallen nur am Rande beteiligt, indem deren Kerngebiete außer unsern Grenzen liegen. Dafür besitzen wir im Flußgebiet der Thur eine Talschaft, die von den Ursprüngen an uns zugehört. Fassen wir die Thur bis Bischofszell ins Auge, so müssen auch die beiden Appenzell mit einbezogen werden. Zum Thur-Gau im geographischen Sinne gehört natürlich auch unser nördlicher Nachbarkanton mit besonderer Berechtigung!

Quellgebiet der Thur sind die Kalkgebirge der Churfirsten und des Alpsteins, deren hydrologische Eigenart noch zu beleuchten sein wird. Den Großteil des gesamten Einzugsgebietes bildet jedoch die Molasse, die von der Thur in einem sehr vollständigen Profil durchschnitten wird: zuerst die alpennahen subalpinen Schuppen des Speers–Stockbergs, dann Tanzboden–Kronberg, hierauf nach der Querung der Antiklinale beim Ricken die aufgerichtete mittelländische Molasse, die nach etwa 10 km in den Raum der nicht dislozierten Molasse ausläuft.

Wesentlich ist auch hier, die Entwicklung von der Eiszeit an schärfer zu fassen. In dieser Zeit sind viele landschaftliche Züge geprägt worden, die für unser Thema wichtig sind. Das obere Toggenburg mit dem Nordhang der Churfirsten und den westlichen Tälern des Alpsteins ernährte einen selbständigen Gletscher, den Thurgletscher. Dieser war bei Wildhaus stark genug, ein Übergreifen des mächtigen Rheingletschers fast ganz zu verhindern. Ebensowenig vermochte der Linthgletscher beim Ricken in das Toggenburg einzudringen. Der Thurgletscher erfüllte das Tal bis in die Gegend von Kirchberg, wo er beim höchsten Stand der letzten Eiszeit noch bis 900 m hoch reichte (Endmoräne Chalchtaren bei Gähwil). Dort trat ihm der Rheingletscher mit seiner über Bischofszell vorrückenden Thurzunge entgegen. Der gleiche Rheingletscher drang damals auch über die Paßlücken von Eggerstanden und Stoß in das Sittergebiet ein und drängte den Säntisgletscher in das Tal von Gonten. Auch das Tal der Urnäsch erhielt noch vorwiegend

Rheineis, das dann noch über die Sättel von Schönengrund und Schönau in das Neckertal überfloß. Dieses liegt zu tief, um einen eigenen Gletscher zu ernähren, erhielt aber über Hornalp und Ellenbogenalp noch Zufluß vom westlichen Säntisgletscher. Im Neckertal trafen sich Rheingletscher und Thurgletscher abermals, indem der letztere über Hemberg und die Wasserfluh in das Tal einzudringen vermochte. Das ganze Thurgebiet steckte mit Ausnahme der Gipfelgräte in Eis, aus dem es sich im Lauf der Jahrtausende etappenweise wieder löste. Während dieses Eisrückganges entstanden Schotterfelder, die heute als Grundwasserträger von Bedeutung geworden sind. Die Entwicklung geht in den Flußauen weiter bis auf den heutigen Tag.

Das Thurtal zeigt in prächtiger Weise die Eigenschaft des gestuften Ablaufes. Abgesehen von kleinern Stufen der obern Säntisthur, erwähnen wir die Thurwies 1200 m, das Älpli 1100 m, dann den steilen Abfall in das Tal Unterwasser–Alt St.Johann 900 m, nach dem Riegel von Starkenbach die Weitung von Stein 840 m, hernach die Barre der Speernagelfluh, gefolgt vom Becken von Neßlau. Nach einem weitern schluchtartigen Abschnitt fließt die Thur von Ebnat bis Lichtensteig in einem etwa 500 m breiten Tal, 600 m. Bei Lichtensteig beginnt wieder der schluchtartige, hier in die Nagelfluh der Hörnlikette eingeschnittene Lauf, der bis Schwarzenbach anhält. In die Talbecken sind nach ihrer Ausräumung überall Flußschotter eingefüllt worden, die ohne Ausnahme Grundwasser führen, das in PW genutzt werden kann. Im Felde von Alt St.Johann ist man noch nicht zur Nutzung geschritten, dagegen besitzt Neu St.Johann ein ergiebiges PW, Krummenau nur eine kleine Anlage. Der Talboden von Ebnat-Kappel–Wattwil entspricht einem ehemaligen übertieften Seebecken, wie sich aus systematischer Sondierung ergibt. Bis 100 m tief sind dort Sande und Seebodenlehm in eine in relativ weiche Sandsteine und Mergel eingetiefte Felswanne eingelagert, und nur zuoberst hat die Thur eine Kiesdecke darübergelegt, die bei Ebnat mit einer Stärke von etwa 7 m beginnt und bis Lichtensteig auskeilt. Einzig diese Kiesschicht und allfällig noch seitliche Bachschuttkegel kommen für die Grundwassergewinnung in Frage. Sowohl Ebnat-Kappel wie Wattwil konnten je zwei PW anlegen, die aber im Hinblick auf den wenig mächtigen Grundwasserträger nur bescheidenen Ertrag liefern. Die Terrasse mit dem Kloster entspricht einem ältern Talboden, dessen

Fortsetzung man vielleicht in der Terrasse von Bütschwil suchen kann.

Wo Necker und Gonzenbach sich mit der Thur vereinigen, weitet sich das Tal zu dem Becken von Ganterschwil, das zur ausgehenden Eiszeit ebenfalls einen Stausee enthielt. Bei Dietfurt und Bütschwil beginnen erhöhte Schotterterrassen, deren Grundwasser am Schluchtrand der Thur ausfließt. Am nördlichen Dorfende liegt der Schotter in einem glazial ausgeschliffenen Becken, in welchem ein PW angelegt ist. Das ist ein Einzelfall in unserm Gebiet.

Nördlich des Gonzenbaches beginnt die weitläufige Gemeinde Kirchberg. Hier prallten beim Hochstand der Vereisung Rhein- und Thurgletscher aufeinander und stauten sich gegenseitig. H. Andresen hat unlängst diese Verhältnisse eingehend beschrieben. Die Schmelzwasser fanden ihren Weg über Schalkhusen–Oetwil, später über Dietschwil in das Tal der Murg bei Fischingen und Dußnang. Die in die Seitentäler des Gonzenbaches bei Mühlrüti und des Hörachbaches bei Gähwil eingedrungenen Seitenarme des Thurgletschers entwässerten ebenfalls gegen die Murg, wobei es zur Ablenkung von früher der Thur tributären Quellbächen gegen die Schlucht des Bruderwaldes kam. Da auch das untere Murgtal von einem Gletscherarm besetzt war, mußte der zeitweise recht ansehnliche Schmelzwasserfluß über Bichelsee den Weg in das Tößtal finden. In einem etwas spätern Zeitpunkt trennten sich Rhein- und Thurgletscher bei Bazenheid. Zwei Gletscherlappen riegelten in der Folge das Becken von Wil ab: im Westen die das Murgtal heraufkriechende Lauchezunge mit Zungenbecken Münchwilen und der Endmoräne Bronschhofen–Gloten, im Osten die Thurzunge mit ihrem heute weniger prägnanten Wall, der sich von Jonschwil über Oberstetten quer über das Thurtal an den Nieselberg hinüberzog. (Der Wall, auf dem sich das alte Städtchen Wil erhebt, kann als etwas ältere Mittelmoräne zwischen den zwei Gletscherlappen gedeutet werden.) Zu dieser Zeit war der Thurgletscher aus der Gegend von Bazenheid zurückgewichen. Das Gebiet zwischen den ausapernden Gletschern verfiel der Aufschotterung. Südlich von Bazenheid liegt die schöne Terrasse des Bräggfeldes, die etwas jünger ist, und auch im Bereich des Dorfes finden sich neben Moränen mächtige Kiesablagerungen. Alle diese Schotter sind hydrologisch von Bedeutung, indem sie Wasser speichern und es auf der Molasseunterlage am Steilhang gegen die Thur abgeben. Die stärkste Quelle

kommt aus der Schotterflur Aespis und dient der Versorgung der Stadt Wil (Cholbergquellen). Eine Quelle in der Nähe der Villa Hürlimann hat einen ansehnlichen Tuffkegel aufgebaut. Dem Bräggfeld entfließt die Ischlagquelle bei Lütisburg, die lange für eine Fischbrutanstalt Verwendung fand.

Das im Wilerfeld zusammenfließende Wasser erzeugte einen Stausee, dessen Abfluß nur in der Richtung Wilen–Littenheid möglich war. Wie die in den letzten Jahren unternommenen Sondierungen für die Nationalstraße zeigten, weist das Wilerfeld wenig Kies, dafür bis in Tiefen von 50 und mehr Metern viel Sand auf. Es ist daher für das Grundwasser von geringer Bedeutung. Auch die Schotterflächen rechts der Thur zwischen Jonschwil und Schwarzenbach sind wenig ertragreich.

In Kürze sei der Verhältnisse in den Seitentälern des Neckers und des Gonzenbaches gedacht. Es wurde bereits darauf hingewiesen, wie kompliziert die Eisfüllung des Neckertales zu denken ist, und es ist deshalb zu vermuten, daß es auch früher eisfrei wurde als das Haupttal. Viel früher, wohl noch in der Nähe des Würm-Maximums, drang das Eis über Degersheim in das Aabachtal ein. Damals kam es zur Schüttung des Nassenfeldes 700 m, wo die Nähe des Gletschers durch erratische Blöcke und die Existenz eines Stausees durch schöne Deltaschichtung bezeugt ist. Talwärts lassen sich weitere Schotterterrassen in entsprechender Höhe wahrnehmen, so vor allem diejenige des Ebenhofes 675 m nördlich Lütisburgs. Erst kürzlich wurde ich aufmerksam auf den Rest eines noch höhern Schotters in 800 m bei Banholz (730,300/246,600) zwischen Degersheim und Mogelsberg. Wichtiger als die Quellen aus diesen hochliegenden Schottern sind die Fassungen in den rezenten Kiesfeldern am Necker und am Aabach: Die Gemeinden Brunnadern, St.Peterzell, Lichtensteig, Mogelsberg, Oberhelfenschwil, Degersheim und Herisau beziehen Wasser aus drei PW. Der Grundwasserstrom aus dem Trockental von Flawil–Unterrindal wird bei letzterer Ortschaft gefaßt und für Lütisburg, Bazenheid und Kirchberg nutzbar gemacht.

Im Gebiet des Gonzenbaches sind einige Grundwasservorkommen zu verzeichnen. Am Fuße des Hulfteggpasses befindet sich beim Weiler Mühlrüti ein kleines Kiesfeld, das die Ortschaft mit Wasser versorgt. Durch die Zuleitung von Quellwasser ist die Anlage in den letzten Jahren leistungsfähiger geworden. Wir haben hier einen Fall

von künstlicher Anreicherung eines kleinen Grundwasserbeckens. Einige Kilometer talwärts hat der Weiler Dreien nahe beim Bach ein für die Bedürfnisse genügendes PW erstellt. Das Dorf Mosnang liegt im Zuge einer seitlichen Abflußrinne des Thurgletschers, als dieser bei Bazenheid endigte. Das Talstück Mosnang–Winklen wurde dabei eingeschottert und so die Voraussetzung für die Gewinnung von Grundwasser geschaffen. Bei Winklen staute in einem spätern Zeitpunkt, als die Seitentäler eisfrei geworden waren, der nur noch das Haupttal erfüllende Thurgletscher den Gonzenbach samt dem von Mosnang herfließenden Schmelzwasser zu einem großen See, der sich mit der Vertiefung des Bachlaufes nach dem Abschmelzen des Gletschers wieder entleerte. – In Schottern des obern Altbaches sind PW für Kirchberg und Wolfikon angelegt.

Wir wenden uns zurück zum Haupttal, das wir bereits bis Wil verfolgten. – Als der Thurgletscher aus der Gegend wich und erst bei Kradolf wieder zu einem längern Halt Fuß faßte, wurde das Tal zwischen Wil und Bischofszell sukzessive eisfrei. Da das Wasser und der Gletscher in diesem Abschnitt in entgegengesetzter Richtung flossen, konnte es nicht fehlen, daß sich wieder ein großer Stausee bildete, der das Tal in dem Maße erfüllte, wie das Eis abschmolz. Das Zungenbecken war ausgepflastert mit Moräne, auf der sich dann in bedeutender Mächtigkeit Seebodenlehm mit Warwen (Jahrringen) absetzte. Dieses weiche, tonige Material bietet namentlich unter der Felsschwelle der Felsenau bei Henau flußbauliche Probleme. – Diese Lehme wurden in der Folge von mächtigen Kieslagen überdeckt, ein Hinweis darauf, daß sich auch der Thurgletscher zurückgezogen und das ganze Nagelfluhgebiet Hörnli–Kreuzegg freigegeben hatte. Die Schotter von Bazenheid sind wohl noch unter Mitwirkung des Rheingletschers entstanden, diejenigen von Bütschwil und Bräggfeld entsprechen schon einer spätern Phase, der auch die Felder von Henau, Zuzwil, Oberbüren und Niederbüren zuzuordnen sind. Die letztern wurden, wie aus der nach Westen weisenden Deltschichtung hervorgeht, wieder vom abschmelzenden Rheingletscher geschüttet, dessen Front etwa an der Sitter stand und dessen Schmelzwasser später Anlaß gab zu der Rinne Hauptwil–Sorental. Als aber der Gletscher bei Kradolf der Thur den Weg freigab, begann eine Phase lebhafter Erosion und der Ausräumung der neu gebildeten Schotter, wobei sich ungefähr die heutigen Talböden mit ihren steilen Terrassenborden herausbildeten. Noch später, wohl erst in histori-

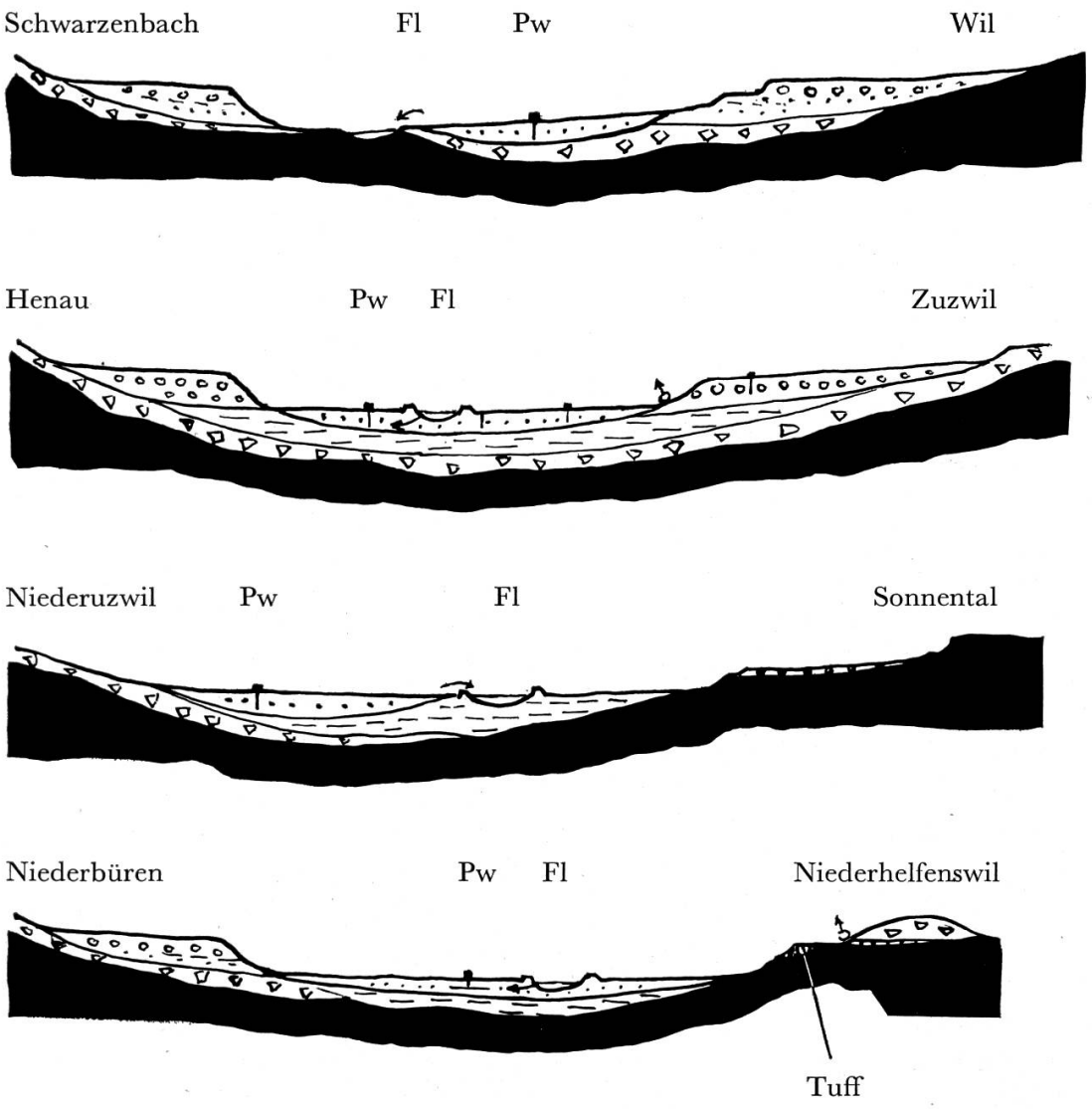
scher Zeit, setzte eine erneute Aufschotterung der Thurauen durch den verwilderten Fluß ein. Diese rezenten Aufschüttungen bilden die wichtigsten Grundwasserträger der Gegend. Ihnen entnimmt die Stadt Wil in der Thurau eine ansehnliche Wassermenge, Uzwil stützt seine Wasserversorgung auf die PW Rifenau und Niederfeld, Zuzwil besitzt eine Fassung in der Nähe der Thur, Oberbüren mehr in Dorfnähe. Das leistungsfähigste Werk aber ist dasjenige von Niederbüren, das gemeinsam von Flawil und Bischofszell erstellt wurde. Während in der Thurau bei Wil Wasser durch Quellen in die Thur überfließt, ist weiter talwärts das Umgekehrte der Fall: Flußwasser infiltriert die benachbarten Kiesböden. Die Korrektion der Thur, die das Flußbett absenkte, hat das PW Niederbüren ungünstig beeinflußt. Grundwassermächtigkeit und -ertrag gingen merklich zurück.

Die seitlichen Schottermassen produzieren selbst auch Grundwasser, das für die Alimentation der Auenschotter nicht ohne Bedeutung sein dürfte. Immerhin besitzt Zuzwil bei Grünegg auf der Höhe der Kiesterrasse ein kleines PW, und bei Weieren sieht man einen Quellhorizont aus den Schottern austreten. Es ist deshalb richtig, wenn die Kiesausbeutung in diesen Terrassen auf die Grundwassergewinnung Rücksicht nimmt.

Die Stadt Wil hat unlängst in den Kiesen von Dreibrunnen, die am Rande des Zungenbeckens von Münchwilen liegen, einige Punkte ausfindig gemacht, an denen sich das Abteufen von Brunnen rechtfertigen würde.

Die nördlich der Thur sich erhebende Terrasse von Niederhelfenschwil am Fuße des Nollens bietet hydrologisch ein buntes Bild. Die Ortschaften Lenggenwil und Zuckenriet erhalten außer Quellwasser von der Berglehne den Ertrag kleiner PW, der Hauptort aber stützt sich auf ergiebige Quellen, die am Steilrand der Thur aus ältern Schottern über Molasse austreten. Diese unterfahren die Drumlins der Gegend, sind also möglicherweise interglazial. Die Quellen liefern kalkreiches Wasser, wofür die ansehnlichen Kalktuffbildungen bei der Kobesenmühle ein deutlicher Hinweis sind. Ein PW hebt das Wasser in das Reservoir auf dem nächsten Drumlin. Im benachbarten Enkhäusern hat die Stadt Bischofszell ähnliche Quellen gefaßt.

Die Flußläufe der Glatt und der Sitter liegen in frischen Erosionsrinnen. Die Sitter beginnt bei der Fürstenlandbrücke in St.Gallen W zu mäandrieren und damit abschnittweise kleine Talböden mit Kies-



Talschotter, postglazial mit Gw und Pw

Terrassenschotter, spätglazial

Seebodenlehm, Bänderton. Ablagerung in glazialem Stausee

Moräne der letzten Eiszeit

Fels, obere Süßwassermolasse

Abb. 2 Querprofile durch das Thurtal zwischen Wil und Bischofszell.

anschwemmung zu bilden. Diese geben Anlaß zur Fassung von Grundwasser, vorwiegend zu technischen Zwecken.

Der nördliche Kantonsteil ist das Gebiet der vorwiegenden Moränenbedeckung und der Trockentäler. Auf den erhöhten Plateaus ist der Gletscherschutt zu einer Schar rundlicher Hügel geformt: Drumlins von Wittenbach, Mörschwil, Waldkirch und Niederhelfenschwil, während namentlich jüngere Gletscherstände sich durch Moränenwälle verraten (Mörschwil, Häggenschwil, Muolen, Goßau, Flawil). Hartgepreßte Grundmoräne, der man in Anschnitten oft begegnet, ist wasserundurchlässig und kommt als Grundwasserstauer in Betracht. Vielfach aber ist das glaziale Material durch das Schmelzwasser der Gletscher verwaschen und sortiert. Solche gletschernahe Ablagerungen können vorzügliche Grundwasserproduzenten werden. Die Drumlingebiete sind vom Standpunkte der Wasserversorgung eher benachteiligt, indem die Hügel nur oberflächliche Quellen bilden, während sich in den Mulden oft Moore ansiedelten, die für die Wassergewinnung ungünstig sind. Nur wo Kies zusammengeschwemmt wurde, stellen sich lokal bessere Verhältnisse ein, wie zum Beispiel im Fahrn bei Mörschwil, in Lachen bei Wittenbach, im Rohrenmoos bei Muolen, in Niederwil und Harschwil in Oberbüren, Mutwil und Cholbrunn in der Gemeinde Niederbüren.

Die heutigen Trockentäler, durch die unter eiszeitlichen Verhältnissen randliche, wohl auch subglaziale Schmelzwässer sich ergossen, gehören zu den besten Grundwasserspendern. Dazu gehört der auch für den heutigen Verkehr wichtige Talzug St.Gallen–Goßau–Flawil, der teilweise mit mächtigen Schottern angefüllt ist. Im Gebiet der Stadt St.Gallen westlich der Sitter schließt das Schotterfeld an einen schönen Moränenwall an, reicht aber zunächst nur bis zum Wall Schoretshub, der eine Wasserscheide bildet. Der östliche Teil des Feldes entwässert gegen den Bildweiher und wird genutzt durch ein im Umbau begriffenes PW des Städtischen Wasserwerks und durch die Industrie. Westlich des genannten Walles beginnt der bedeutende Grundwasserstrom des Goßauer Feldes, wo die Gemeinde Goßau in zwei PW sich mit Wasser versorgt, während ein Überschuß im Taleinschnitt der Glatt bei Chreßbrunn teils industriell verwertet wird, teils frei ausfließt. Die Fortsetzung des Feldes bei Burgau und Flawil ist zu stark zerschnitten und der Kiesausbeutung überlassen, als daß noch Wassergewinnung eine Rolle spielen könnte. Am westlichen Ende von Flawil beginnt die glaziale Abflußrinne Oberrindal–

Unterrindal, die auch vom Girenmoos her nördlich des Botsberges Zufluß erhielt. Bei der heutigen Topographie führt das Tal kein durchgehendes Gewässer; es besteht vielmehr bei Ramsau eine Wasserscheide, von der das Oberflächenwasser nach Ost und West abfließt. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß das Tal einem einheitlich gegen West gerichteten Gewässer seine Entstehung verdankt. Erst postglazial erhielt das Tal durch seitliche Schuttkegel und allgemeine Abwitterung der steilen Gehänge die heutige Form. Die merkwürdige Zickzackform des Tallaufes läßt sich so erklären, daß es einem primär dichotom verzweigten, normal nach Norden gerichteten System aufgeprägt wurde, wie das von H. ANDRESEN für die westliche Fortsetzung Littenheid–Bichelsee gezeigt wurde. Vor der Rißeiszeit bestand ein verzweigter Oberlauf der Uze, der südlich der heutigen Paßlücke Bisacht sich aus zwei Quellbächen aus der Gegend von Winzenberg/Schauenberg bzw. Riemensberg/Chapf ergab. Diesen zwei Quellbächen folgte ein erster Schmelzwasserstrom der folgenden Eiszeit, indem die gegensinnigen Gefälle zuerst durch Aufschüttung ausgeglichen wurden, später aber der einheitliche Lauf sich in der neuen Zickzackrichtung einschnitt. Es ist heute noch auffallend, daß dem Paß von Bisacht auf der Südseite des Tales ein kräftiger Sporn gegenübersteht. In analoger Weise ist auch die Kurve zwischen Buchental und Ritzenhus zu erklären.

Der zu vermutende Grundwasserstrom in der einheitlich nach Westen gerichteten Talsohle wird an beiden Enden des Tales ausgenutzt: bei Rudlen gewinnt Uzwil eine ansehnliche Wassermenge, während am westlichen Ende bei Unterrindal die Gemeinden Lütisburg und Kirchberg seit 1951 ein Pumpwerk betreiben. Die Beobachtung, daß trotzdem der dem Grundwasserträger entströmende Bach noch reichlich Wasser führte, hat zur Erstellung weiterer Fassungen bei Unterrindal Anlaß gegeben.

Wesentlich höher als die früher erwähnten Schotter im Neckertal und vermutlich auch viel älter sind die Deckenschotter auf dem Tannenberg nördlich der Stadt St.Gallen. Dort liegen auf der obern Süßwassermolasse zwei je etwa 1 km² große Schotterplatten, die einst wohl zusammenhingen, jetzt aber durch die Paßfurche Locherhof getrennt sind. Es handelt sich um Hohentannen und Etschberg, beide knapp über 900 m hoch. Die Schotter sind zum Teil zu einer Nagelfluh verkittet, die im Gelände mehrfach deutlich hervortritt. Nach F. HOFMANN gehen die am Abbruch gegen Bernhardzell auf-

geschlossenen Sande und Kiese noch ins Pliozän zurück, während man seit GUTZWILLER die Schotterkomplexe als Deckenschotter der ersten oder zweiten Eiszeit zuschrieb. Neuerdings wird, wie es scheint, an dieser Auffassung gerüttelt und versucht, diese Schotter der Rißeiszeit zuzuschreiben. Über den ältern Schottern liegt, namentlich am Etschberg, jüngere Moräne, in der Brocken von Deckenschotter als Geröll vorkommen. Möglicherweise hat sogar der Würmgletscher noch Blöcke über das Gipfelplateau gestreut.

Hydrologisch ist der Deckenschotter des Tannenbergs hervorragend wertvoll als Wassersammler. Alle Ortschaften im Umkreis beziehen Wasser aus Quellen, die an seiner Basis zutage treten: Engelburg, Abtwil, Goßau, Andwil, Waldkirch und Bernhardzell. Am stärksten sind die Quellen von Abtwil (vom Etschberg) und von Waldkirch (Grimm bei Hohentannen).

Thurtal und Tößtal

Ein Vergleich dieser zwei benachbarten, annähernd parallel verlaufenden und auch in der Länge ähnlichen Quertäler ist nicht ohne Interesse. Zwar entsprechen sie sich hinsichtlich ihrer Lage zu den Molassezonen nur unvollständig, indem ihnen einzig der Durchbruch des Hörnlifächers gemeinsam ist, während die südliche subalpine Molasse des Toggenburgs in das Linthgebiet ausstreicht. Dazu entwässert beim Tößtal noch die Jona die oberste Talstrecke. Das Thurtal ist ganz wesentlich geprägt durch den Thurgletscher, der harte Formen abgeschliffen und gerundet, Mulden ausgeschürft und das Gelände bis hoch hinauf mit Moräne bedeckt hat. Diese Bearbeitung durch den Gletscher ist besonders deutlich beim Blick von Süden, etwa von den Churfirsten aus, auf das Tal. Anders beim Tößtal! In dieses drang das Eis des Würmgletschers nicht ein; die Formen sind eckiger, die Flanken steiler, Moräne fehlt als ausgleichendes Element. Dafür nahm es Schmelzwasser des Linthgletschers auf und leitete es dem Hochrhein zu. Dieser Wasserführung verdankt es einen durchgehenden, einige hundert Meter breiten, tief mit Kies eingefüllten Talboden, der von Fischenthal bis Winterthur und weiter erhalten blieb. Eine fast ununterbrochene Kette von zum Teil sehr leistungsfähigen PW deutet auf das Vorhandensein eines einheitlichen Grundwasserstromes, gegenüber dem die Produktion des Thurtales, in dem die Schotter nur bruchstückweise und schwach entwickelt sind, sich sehr bescheiden ausnimmt. Dafür bietet das

Toggenburg mit seinen offenen Formen bessere Verhältnisse für die Besiedlung. Jede gute Landkarte zeigt den Unterschied der zwei Täler. – Dem Hydrologischen Jahrbuch der Schweiz für das Jahr 1966 entnehmen wir folgende sprechende Zahlen:

	Einzugs-gebiet	Mittlere Höhe	Mittlere Wassermenge
Thur bei Schwarzenbach	490 km²	1030 m	26,3 m³/s
Töß bei Neftenbach	342 km²	650 m	10,5 m³/s

Die spezifische Abflußmenge der Thur ist demnach je km² 54,4 l/s, bei der Töß ist der entsprechende Wert 30,7 l/s. Zu einem kleinen Teil rührt dieser große Unterschied zweifellos her von der größern Regenmenge des Thurgebietes, zum größern Teil jedoch von der unvergleichlich reicheren Grundwasserführung des Tößtales.

3. Das Molassegebiet

Das Hügelland, das vom Bodensee in eindrucksvoller Steigerung zum Säntis emporleitet, besteht aus Molasse, die auch den Felsgrund des ganzen Mittellandes zwischen Alpen und Jura bildet. Lagern die Schichten dort flach, so richten sie sich mit der Annäherung an die Alpen auf und zeigen in der subalpinen Molasse einen recht komplizierten Schuppenbau. Im Kanton St.Gallen gehören Nollen, Tannenberg und Hörnli zur mittelländischen Molasse, die sich gegen Süden zusehends aufrichtet. Der Rorschacherberg, die Hügel nördlich und südlich der Hauptstadt bis zur Wilkethöhe, zur Neutoggenburg bei Lichtensteig und zur Chrüzegg kennzeichnen den aufgestülpten Rand der mittelländischen Molasse. Die Antiklinalzone mit vorwiegend steiler Schichtlage läuft etwa durch die Ortschaften Berneck – Trogen – Schönengrund – Hemberg – Ricken – Kaltbrunn. Die Schuppen der subalpinen Molasse mit Gäbris–Kronberg–Stockberg–Speer zeigen generelles Einfallen nach Süden – sie werden von den Kalkalpen überschoben.

Die Gesteine der Molasse sind fast ohne Ausnahme aus Lockermaterial entstanden. Die Alpenflüsse der mittlern Tertiärzeit (Oligozän und Miozän) trugen aus den sich erhebenden Alpen im Lauf von Jahrmillionen gewaltige Mengen von Geröll, Sand und Schlamm in die Vortiefe. Während sich der Alpenkörper hob und immerfort abgetragen wurde, senkte sich das Vorland und wurde, so scheint

es, ebenso gleichmäßig mit den Trümmern angefüllt. Zeitweise senkte sich das Gebiet des heutigen Mittellandes unter den Meeresspiegel, so daß marine und brackische Tiere einwanderten und in der Meeresmolasse erhalten blieben. Meist aber bestand das Vorland aus weiten Schwemmebenen mit den Deltas der aus den Alpen strömenden Flüsse – Vorläufer der heutigen. Bedenkt man, daß das Molasseprofil am Alpenrand, etwa bei Appenzell, mehr als 5 km mißt, bei Konstanz immer noch etwa 2 km, so kann man ermessen, daß damals ein ganzes Gebirge den Platz getauscht hat, und zwar sind im Raum der Schweizer Alpen vor allem die ostalpinen Decken als oberes Stockwerk des Alpenbaues abgetragen und im Vorland wieder deponiert worden.

Lockerer Sand und Kies enthalten viel Hohlraum zwischen den einzelnen Körnern, im Mittel etwa 30 % des Volumens. Diese Stoffe sind daher für Wasser leicht durchlässig. Bei der Gesteinsbildung, die das Lockermaterial in klastisches Gestein umwandelte, wurden jedoch die Poren geschlossen, zunächst durch mechanische Pressung und vor allem durch die Einlagerung von Zement im Gefolge der Zirkulation von kalkhaltigem Wasser. Unsere Nagelfluhen und Sandsteine sind trotz des Umstandes, daß sie etwas Wasser enthalten (Bergfeuchte), für Wasser schwer durchlässig. In noch höherem Maße gilt dies für die tonhaltigen Mergelschichten, deren Poren durch die äußerst kleinen Tonpartikel verschlossen sind.

Tektonische Beanspruchung oder Rutschung kann zu lokaler Zerklüftung von Molasseschichten führen, die größere Durchlässigkeit mit sich brachte. Jedoch vermindert der hundertfache Wechsel spröder Schichten (Nagelfluh und Sandstein) mit eher plastischen Mergeln eine durchgehende Wasserführung. Es läßt sich deshalb zum Beispiel häufig beobachten, daß Wasser an der Basis von Nagelfluhbänken austritt, wo diese auf einer Mergelschicht ruhen. Dies wird besonders im Winter sichtbar, wenn an solchen Schichtfugen manchmal ansehnliche Eisbildungen auftreten, wie zum Beispiel am Steilhang der Thur zwischen Lichtensteig und Schwarzenbach. Versuche, in Stollen Wasser zu gewinnen, sind an verschiedenen Orten erfolglos geblieben (zum Beispiel Neuwald östlich St.Gallens). Daß sich gelegentlich in einer Schichtfuge oder Kluft ein «Wassersack» bildet, der beim Anschneiden plötzlich eine große Wassermenge entläßt, läßt die Hoffnung auf die Gewinnung von Wasser aus Molasse nicht untergehen.

Vor hundert Jahren setzte man große Hoffnungen auf die Möglichkeit artesischer Brunnen in der Molasse. Die erstaunlichen Erfolge mit solchen Anlagen, im Pariser Becken und anderswo, veranlaßten auch bei uns dazu, Versuchsbohrungen niederzubringen, obwohl die geologischen Voraussetzungen zu einem Erfolg nicht gegeben waren. So wurde im Hochtal von St.Gallen und bei Rorschach auf Anraten ausländischer Fachleute ohne Erfolg, aber mit großen Kosten sondiert, was im Hinblick auf die tatsächlichen Verhältnisse leicht verständlich ist. Die Sandsteine sind wohl häufig mit Wasser getränkt (bergfeucht) und in diesem Zustand leichter zu bearbeiten, aber ihre Durchlässigkeit hält sich trotzdem in engen Grenzen. Im großen gesehen könnte in der Muldenlage der Molasse im Mittelland eine günstige Voraussetzung für artesische Brunnen erblickt werden. Dazu müßte allerdings zwischen dem erhöhten, aufgestülpten Rand der Molasse und den tiefern und entfernten Teilen eine durchlässige Verbindung bestehen, was offenbar nicht der Fall ist. Der Experte Baurat Dr. Bruckmann vermutete in einem Gutachten 1859, daß aus der Molasse erhebliche Wassermengen in Form von aufsteigenden Quellen in den Bodensee gelangen. Dafür reicht jedoch die Durchlässigkeit der Molasse niemals aus.

Trotzdem gibt es in der Molasse zahlreiche kleine und einige bedeutende Quellen. Die größten sind die Quelle von Goldingen und die Ebenackerquelle bei Altstätten, die beide für die Wasserversorgung wichtig sind. Beide scheinen aus zerrütteter Nagelfluh zu stammen. Die erstere wurde von der Gemeinde Meilen am Zürichsee erworben (Leistung 2000 bis 6000 l/min) und leistet einen wesentlichen Beitrag zu ihrer Versorgung. Die andere wurde ursprünglich für den Betrieb eines kleinen Kraftwerkes für die Rheintalische Straßenbahn gefaßt und ist erst in jüngster Zeit zur Versorgung von Altstätten eingesetzt worden (Ertrag zirka 2000 l/min).

Problematisch sind einige hochgelegene Quellen, zum Beispiel auf der Hochalp und am Kronberg, die Veranlassung gaben zu einem weitverbreiteten Glauben an die Herkunft des Wassers aus dem Säntisgebiet. Daß solche Brunnen Verwunderung erregen, ist nicht erstaunlich. Aber die volkstümliche Erklärung ist geologisch völlig unhaltbar. Wie sollte Wasserführung aus dem hydrologischen Sieb der Kalkberge auf die Molassegipfel möglich sein, da doch keine verbindende durchlässige Schicht existiert? Hier ist das Prinzip der artesischen Brunnen entschieden überfordert. Die Erklärung dieser

Brunnen ist viel einfacher. Es bedarf in dieser Höhe mit der sehr erheblichen Niederschlagsmenge und der starken nächtlichen Kondensation nur eines kleinen Einzugsgebietes, um eine Quelle von einigen Minutenlitern zu speisen, namentlich wenn man bedenkt, daß das Gestein der Gipfel durch die Verwitterung gelockert ist. Übrigens wurden auch die Quellen am Tannenberg mit Wasserzufuhr aus den Alpen erklärt, wofür ebensowenig Grund besteht wie für diejenigen auf der Hochalp.

Der Kuriosität halber seien die Ratschläge einiger Wünschelrutengänger erwähnt, die ausgerechnet in der Gipfelregion einiger Molassehöhen Wasser versprachen (Freudenberg bei St.Gallen, Waldegg bei Teufen, Gupf bei Rehetobel). Die aufgrund der Prognosen angesetzten Bohrungen ergaben, wie nicht anders zu erwarten war, ein völlig negatives Resultat. Wieso die Wünschelrute an solchen hydrologisch unmöglichen Orten ausschlug, läßt sich möglicherweise damit erklären, daß auf Gräten und Gipfeln sich der Austausch elektrischer Ladungen zwischen Erde und Luftraum besonders lebhaft vollzieht und dadurch das empfindliche Sensorium der Rutengänger angeregt wurde. Mit Wasser haben jedenfalls diese Rutenausschläge nichts zu tun – eine Einsicht, die mit teurem Lehrgeld erkauft wurde.

4. Das Kalkgebirge

Ist die Molasse vorwiegend ein Produkt fluvioterrestrischer Anschwemmung am Fuß der sich erhebenden Alpen der Tertiärzeit, so handelt es sich im Kalkgebirge um Schichten, die in Meeren des Mesozoikums zur Ablagerung gelangten. Im Säntisgebirge und im Oberbau der Churfirsten und der Alviergruppe sind es Sedimente der Kreidezeit, im Unterbau der Churfirsten-/Alvierkette kommen jurassische Schichten hinzu, während solche der Trias erst in den Bergen des Sarganserlandes auftreten.

Im unruhigen Ablagerungsraum der einstigen Thetys änderten sich im Laufe der Jahrmillionen die Sedimentationsbedingungen vielfach. Hob sich der Meeresboden, so wurde in einem bestimmten Gebiet aus Tiefsee ein Flachmeer, aus diesem eine Uferzone. Als Beispiel sei der Wechsel vom hellen splittrigen Schrattenkalk zum dunklen Gault mit viel Quarzit und Glaukonit und von diesem zum Seewerkalk angeführt. Dabei gilt der Schrattenkalk als ein Produkt einer ufernahen Zone mit Korallenriffen, während der tonhaltige

Seewerkalk auf tiefmeerische Entstehung schließen läßt. Die einzelnen Schichten unterscheiden sich auch hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit für Wasser.

Wichtig erscheint aber vor allem die Tatsache, daß der ganze Schichtenstoß lange nach seiner Verfestigung (Diagenese) von der Alpenfaltung erfaßt und in stärkster Weise zerbrochen, gefaltet und überschoben wurde. Die Tektonisierung bewirkte die Bildung von Klüften jeder Art und Größe, vom feinen Haarriß bis zur klaffenden Spalte, wodurch die Schichten praktisch in jeder Richtung für Wasser passierbar wurden. Das kohlensäurehaltige Wasser erweiterte durch Lösung die Wege, verschloß sie aber auch sehr oft durch die Neubildung von Calcit. Das Ergebnis der Entwicklung besteht in der sogenannten Verkarstung des Gebirges, die sich in folgenden allbekannten Erscheinungen äußert: rasches Versickern der Niederschläge im Untergrund, fast kein oberirdischer Abfluß, Karrenfelder, Seen ohne sichtbaren Abfluß, große Quellen in den Tälern, im Innern ausgedehnte Höhlensysteme mit Neubildung von Mineralien. Die Wege des Wassers sind so gut wie unbekannt. Man darf wohl annehmen, daß es den tektonischen Strukturen folgt, im östlichen Säntis also gegen NE, im westlichen Teil gegen SW ausfließt. Jedoch kann es auch ohne weiteres ganze Faltenzüge durchqueren, wie das beim Abfluß des Sämtiser- und des Fälensees, deren Abfluß ins Rheintal geht, zu sehen ist.

Einen ausgezeichneten Begriff von der Verkarstung der Churfirsten und gleichzeitig einen lebendigen Bericht über einen großangelegten Versuch zur Erkundung der hydrologischen Zusammenhänge vermittelt ein von A. V.* gezeichneter Artikel im «St.Galler Tagblatt» vom 5. Dezember 1968, dessen Wiedergabe an dieser Stelle der Verfasser freundlicherweise gestattet.

Die Donnerlöcher am Selun

Im Nordwesten des Churfirstengipfels Selun breitet sich zwischen den langgezogenen Rücken des Seluns und des Glattchamms die gleichnamige Alp aus. Diese wird von Süden nach Norden von mehreren breiten Talfurchen durchzogen, die ausnahmslos in Becken mit unbekanntem Abfluß enden. Je weiter man gegen Südwesten vordringt, desto mehr sind ganze Ketten von teils nahe beieinander-

* Herr A. Vetterli, Winterthur, Obmann der Ostschweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung

liegenden Dolinen festzustellen. Die Größenordnung schwankt von der kleinen überwachsenen Mulde bis zum Einsturzkrater von gegen 20 m Durchmesser und 8 m Tiefe. Die meisten dieser Dolinen waren zu Sammelbecken von Steinen und Felsblöcken bei früheren Alpenreinigungen erkoren worden. Bei einem kleineren Teil wurden die noch offenen Schlote ins Erdinnere, zum Schutz von Mensch und Vieh, mittels Sprengungen geschlossen. Vereinzelten Schlünden war jedoch nicht beizukommen, Sprengungen vergrößerten höchstens ihren Rachen, und aller eingebrachte Schutt verschwand im Berg. Die Sennen mußten diese Löcher mit Steinmauern umschließen und mit Hägen umzäunen.

Entstehung der Donnerlöcher

Die Dolinen und Donnerlöcher haben sich alle entlang von Verwerfungen im Schrattenkalk gebildet, der hier eine Tiefe bis gegen 300 m aufweist. Diese Verwerfungen durchziehen kreuz und quer die Alp; im höhergelegenen Teil treten sie in Karrenfeldern offen zutage, sonst sind sie mit Humus bedeckt und nur teilweise kenntlich.

Der Kalk ist in den Donnerlöchern fast horizontal, in massiven Bänken von 3 bis 4 m Mächtigkeit, gelagert; talseitig der Verwerfung sind die Trennfugen dieser Schichtpakete oft bis zu mehreren Metern tiefer versetzt. Dies bedeutet, daß sich bei der Gebirgsbildung die bergseitigen Felsmassen angehoben oder die talseitigen sich abgesenkt hatten oder eine Verschiebung in beiden Richtungen erfuhren. Die Berührungsflächen sind entlang einer Verwerfung selten hermetisch geschlossen, es entstanden Vertikalspalten und Felsausbrüche. Dort, wo die Spalten an die Oberfläche gelangten, sind sie durch einrutschenden Schutt angefüllt worden, was zur Bildung der erwähnten Mulden und Trichter führte. Die Donnerlöcher haben sich vielfach dort gebildet, wo zwei Verwerfungen sich kreuzen, das heißt, die angrenzenden Schichten können bis zu vier verschiedene Höhenlagen aufweisen.

Oberflächenwässer sind auf der Alp fast keine zu sehen, der Kalk ist stark wasserlöslich, die Bächlein durchrinnen unterirdische, selbst ausgehöhlte Furchen oder fließen entlang den Verwerfungsspalten. Die korrosive Tätigkeit des Wassers (chemische Ablaugung) vergrößert dauernd die Durchflußwege, so daß Höhlen entstehen. Im Kreuzungspunkt einer Verwerfung stürzt das Wasser in die Tiefe und nagt auch hier in Vermischung mit der stark CO_2-haltigen Höhlen-

luft die Wände ab. Vielfach wird entlang einer zweiten Verwerfung ein weiteres Bächlein herangeführt; die beiden Wasser mit unterschiedlichem Kalkgehalt haben miteinander vermischt (Mischungskorrosion) wieder eine viel größere Aufnahmefähigkeit für Kalk. Die Donnerlöcher präsentieren sich daher als senkrechte Röhren von rundem, meist elliptischem Querschnitt mit Durchmessern bis zu 8 m und Tiefen bis gegen 200 m! Den Abschluß in der Tiefe bildet bei mehreren ein Pfropfen aus Eis und Schnee. Die Schneehöhe richtet sich nach den Eingangsverhältnissen, den Gesamtniederschlägen, den Wasserzuflußmengen, der Jahresdurchschnittstemperatur des Wassers und der eingeführten Luft und der Höhenlage der Objekte. Die Höhenlage wirkt sich auf die Gesteinstemperatur aus, diese verändert sich über längere Zeitepochen sehr wenig, jedoch pro 100 m Höhendifferenz um etwa 1 °C; so wurden zum Beispiel in Höhlen um 1600 m ü. M. rund 4 °, in 1700 m 3 °, in 1800 m 2 °C usw. gemessen.

In anderen Donnerlöchern bildet eine Bodengeröllschicht, worin das Bachwasser versickert, den Abschluß. Einzig die Köbelis-Höhle ist bis jetzt eine Ausnahme. Ihr 160 m tiefer Schacht formt sich erst am Ende einer 40 m langen Horizontalhöhle und bleibt daher schnee- und eisfrei, und es sieht beinahe so aus, als ob durch diese Schachthöhle das unterirdische Entwässerungssystem befahren werden könnte.

Den Namen «Donnerloch» erhielten diese Vertikalschlünde von den Sennen, «weil man eingeworfene Steine noch lange donnern hört im Innern des Berges».

Die Wasserverhältnisse in den Churfirsten

Im Churfirstengebirge sind die Wasserverhältnisse größtenteils unabgeklärt. Die obere Thur erhält ihre Zuflüsse fast ausschließlich von den rechtsseitigen Ausläufern des Säntisgebirges. Auf der linken Talseite bilden sich nur kleine Bächlein im untersten Teil der Berghänge. Auf der steilen Südseite der Churfirstengebirgskette haben hingegen zahlreiche Bäche tiefe Einschnitte in das Gelände gegraben, doch dürfte der Wasserfall oberflächlich und temporär sein. Amden liegt teilweise auf Flysch und entwässert sich normal Richtung Walensee. Beim Leistchamm beginnend, zieht sich eine Hochfläche, vielfach unterbrochen durch die langgezogenen Rücken hinter jedem Churfirstengipfel, bis zum Gamserrugg, das heißt ein Gebiet mit einer Länge von rund 10 km und einer Breite bis zu 4 km mit den

Alpen: Hinter- und Vorderselun, Breitenalp, Sellamatt, Chäseren und Schwendi, welches oberflächlich keine oder nur kurze Bachläufe aufweist.

Ein großangelegter Färbversuch, beginnend am Auffahrtstag im Jahr 1963, sollte zur Klärung der Wasserverhältnisse dieses Gebietes beitragen. 10 kg Fluorescein und 5 kg Eosin wurden dem ins 280 m tiefe Rauchloch auf der Alp Sellamatt einfließenden Bach beigemengt (eine Menge, die vermutlich den ganzen Pfäffikersee hellgrün färben könnte). Angestellte der Landeshydrographie aus Bern sowie Mitglieder der Ostschweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung überwachten während einer Woche alle Bäche und auch die Thur von Unterwasser bis Starkenbach, ebenso die große Rhinquelle bei Betlis (Weesen) und weitere Bäche auf der Walenseeseite. In Tag- und Nachtablösungen wurden an insgesamt 22 Beobachtungsstellen in Intervallen Wasserproben entnommen. Zusätzlich wurden an diesen Stellen Fluorescein-Kohleabsorber (Spione) ins Wasser gehängt, bei denen später im Labor noch feinste Farbniederschläge nachgewiesen werden können. Ein Boot mit Funkverbindung nach Murg machte täglich mehrere Kontrollfahrten auf dem Walensee, um eventuelle unterseeische Farbaustritte festzustellen. Aufrufe an Fischer, Förster, Jäger und in den regionalen Zeitungen sollten dazu beitragen, wenn möglich den ersten Farbaustritt zeitlich zu erfassen. Das Resultat war entmutigend: Eine eventuelle, jedoch sehr schwache Verfärbung glaubte man in der Thur bei Unterwasser gesehen zu haben, sonst nichts! Auch das Labor erbrachte nichts Neues![1]

Bisherige Resultate der Höhlenerforschung auf der Alp Selun

Einige Winterthurer, Mitglieder der OGH, haben während ihrer Freizeit bereits während sechs Jahren in diesem Gebiet gearbeitet. Die jährliche Erforschungsperiode beschränkt sich nur auf den Herbst, weil die meisten Objekte in der übrigen Saison stark wasserführend sind. Im Winter ist der weite, lawinengefährdete Ausmarsch mit Skiern in dieses Gebiet schon strapaziös, und die Objekte liegen entweder unter tiefem Schnee, oder es haben sich mächtige, gefährliche Wächten an den Schlundöffnungen gebildet. Bis jetzt sind 51 Höhlen ermittelt worden, davon sind 40 vermessen, aufgezeichnet

[1] Nachträglich wurde noch gefärbtes Wasser in einer Quelle bei Berschis gemeldet (5 ×).

und beschrieben. Die erforschten Höhlen können morphologisch wie folgt gruppiert werden:

«10 Schachthöhlen (Donnerlöcher), –20 m bis über –300 m tief. Die wichtigsten sind: Köbelis-Höhle, bis –290 m vermessen, bis etwa –340 m erkundet (Erforschung noch nicht beendet); Muelten-Donnerloch, –185,5 m; Wart-Donnerloch, –185 m; Stumpen-Donnerloch, –150 m (bis Schnee); Böschen-Donnerloch, –104,5 m, usw. Die Namen sind meistens von nahe gelegenen Alphütten übernommen.

5 unterirdische Bachläufe (teils inaktiv), 50 m bis 200 m lang.

5 unterirdische Verwerfungsspalten, 20 m bis 50 m lang.

13 Karrenlöcher, ab –5 m bis –20 m tief.

Ferner: 3 Grotten, 2 Naturbrüche und 3 Halbhöhlen.»

5. Die Sarganser Alpen

In den Bergen und Tälern südlich der Walensee-/Seeztal-Linie sind nicht nur die geologischen, sondern auch die hydrologischen Verhältnisse weniger einfach als in den reinen Kalkgebieten. Wir befinden uns im Bereich der großen Glarner Decke (s.l.), bei der der vorwiegend rot gefärbte permische Verrucano den zur Hauptsache frühtertiären Flysch überschoben hat. Die Talfurchen der Tamina, der Seez und des Schilsbaches greifen tief in den Flysch ein, während die höchsten Gipfel und Grate wie Ringelspitz und Pizol aus Verrucano modelliert sind. Das Murgtal ist ganz in Verrucano eingeschnitten. Beide keineswegs einheitlichen Gesteinsserien – Verrucano und Flysch – gehören zur Gruppe der wenig durchlässigen Gesteinsarten, was, verglichen mit dem Kalkgebiet, in der Dichte des Gewässernetzes zum Ausdruck kommt. Immerhin darf man die Bezeichnung «undurchlässig» nicht überfordern, da stets auch mit Störung des Gesteinszusammenhanges durch die Gebirgsbildung und nachträglicher Sackung zu rechnen ist. Die Maltina-Quellen südlich Flums entspringen aus Klüften des Verrucano, und der Tobelbach, der von der Alp Gamperdon auf Verrucano abfließt, versickert auf seinem Lauf zusehends und erscheint wieder in den Caltschina-Quellen in der Nähe des Talgrundes. Also ein ganz karstmäßiges Verhalten! Offenbar ist der Verrucano lokal stark zerklüftet und dann durchlässig, wenn er anderseits auch, namentlich in seinen schiefrigen Abarten, als dicht bezeichnet werden kann.

Auch der Flysch umfaßt Gesteinsarten mit lithologisch gegensätz-

lichen Eigenschaften. Man denke etwa an Nummulitenkalk, Dachschiefer, Sardonaquarzit, Globigerinenschiefer u. a., um zu ermessen, daß es sich auch hydrologisch nicht um einheitliches Material handelt.

Über dem Verrucano lagern noch große Komplexe von Trias und Lias, so in der Guschagruppe, in der Kette von Spitzmeilen zum Sexmoor. Von den Schichten der Trias gelten Rötidolomit und Rauhwacke als ausgesprochen durchlässig. Im Spitzmeilengebiet treten eine Reihe von Quellen aus diesen Schichten über Verrucano aus. Auch die Stegenälpli-Quellen am Rand der großen Alp Tamons, die seit einigen Jahren Mels versorgen, stammen aus diesem Bereich. Ebenso bildet der Lias über dem wenig durchlässigen Quartenschiefer einen lokal wichtigen Quellhorizont, zum Beispiel Mädems-Campergalt in der Guschagruppe.

Sehr oft vermischt sich das aus dem Fels austretende Wasser mit demjenigen des aufliegenden Lockermaterials, wie Schutthalden, Moräne, Bergsturz. Als Beispiel sei genannt die große Quelle Pardätsch am Weg zum Kunkelspaß.

Das kristalline Fenster von Vättis spielt möglicherweise eine Rolle bei der Entstehung der Therme von Pfäfers.

III. GANG DURCH DIE BEZIRKE DES KANTONS

Schon in der Urzeit war neben dem heimischen Herdfeuer unter schützendem Dach die nahe Wasserquelle eine unentbehrliche Lebensgrundlage. Von dieser Zeit der primitiven Befriedigung elementarer Bedürfnisse geht eine ununterbrochene Linie bis zur heutigen da und dort schon überspannten Zivilisation. Von der hohlen Hand, die Wasser aus der Quelle schöpfte, zum Becher und bis zum Wasserhahn, vom hölzernen Teuchel zum kunstvollen Äquadukt und zur modernen Fernwasserleitung, vom offenen Schachtbrunnen mit Schöpfeimern zum ausgebauten Grundwasserwerk, vom sprudelnden Dorfbrunnen zur elektronisch gesteuerten Stadtversorgung geht der verästelte Weg des technischen Fortschrittes, der, wie allgemein bekannt, auch seine Gefahren und Schattenseiten mit sich bringt. Erst im 20. Jahrhundert eröffnete die planmäßige Ausnutzung der Vorräte, die im Grundwasser und in den Seen liegen, die

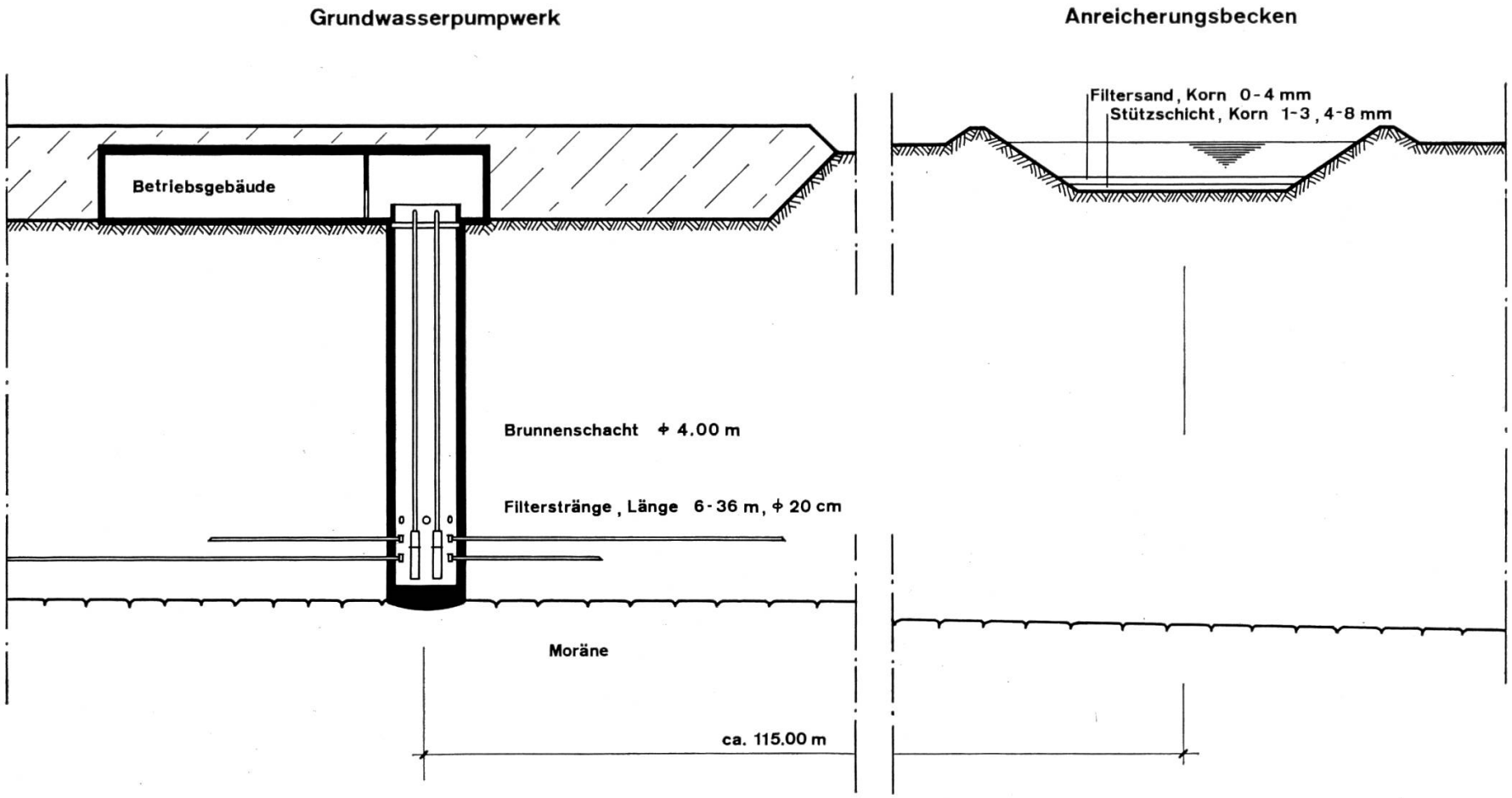


Abb. 3 PW St.Gallen/Breitfeld. Glaziale Schotter im Anschluß an den Moränenwall Bild–Gründenwald. 25 m tiefer Betonschacht mit 4 m Innendurchmesser. 5 m über der Schachtsohle acht horizontale Filterstränge von 30 m Länge. Grundwasseranreicherung aus dem Gübsenweiher, Langsamfilter etwa 100 m vom Schacht entfernt. Leistung 10000 m³ im Tag zur Deckung von Spitzenbelastungen und als Reserve im Notfall.

Einrichtung moderner Wasserversorgungen, die hinsichtlich Güte und Menge des verfügbaren Wassers hohen Ansprüchen genügen.

Beim Gang durch die einzelnen Landschaften des Kantons werden einzelne Wiederholungen nicht zu vermeiden sein. Während aber in den vorausgegangenen Kapiteln die natürliche Entstehung der Wasservorräte im Mittelpunkt stand, wird auf den folgenden Seiten deren zielbewußte Anwendung im Vordergrund stehen.

Bezirk St.Gallen

Das engere Gebiet der Stadt St.Gallen zeigt im Prinzip eine ganz ähnliche Entwicklung wie größere Täler: Über einer eiszeitlich ausgeschliffenen Felswanne folgt Grundmoräne, dann viel Sand und Bänderton als Zeuge eines glazialen Stausees, darüber Kies/Sand als Schuttkegel der Steinach und anderer Gewässer, in nassen Senken Torf (Bahnhofquartier, Marktplatz u. a.). Bei Tiefbauten trifft man überall auf Grundwasser, dessen Niveau sich auf den Lauf der Steinach einregelt.

Die Wasserversorgung der Stadt entwickelte sich in verschiedenen in den letzten hundert Jahren beschleunigt aufeinanderfolgenden Phasen:

1. Die ersten Bewohner begnügten sich mit dem noch klaren Wasser der im Hochtal fließenden Bäche. Nach und nach aber wurden in der Umgebung Quellen gefaßt und das Wasser in Holzteucheln in die Gassen geleitet. Andere entdeckten das Grundwasser und gruben Schächte, die sorgfältig ausgemauert wurden. Man wurde aufmerksam auf das an der Steinach austretende Grundwasser und faßte es in starken Brunnen (Lämmlisbrunn). In Notzeiten begnügte man sich mit dem Wasser der Fischweiher auf Dreilinden.

2. Vor etwas mehr als hundert Jahren begann die ungenügende Wasserversorgung der Bürgerschaft und den Behörden «auf den Fingernägeln zu brennen». Gutachten über die Qualität des Wassers lauteten zum Teil vernichtend, wobei das Grundwasser besonders schlecht abschnitt. Es fehlte nicht an Vorschlägen zur Verbesserung: Zunächst griff man auf Quellgebiete in größerer Entfernung (Gädmen, Hundwil), erwog Wasserbezug aus der Sitter beim Kubel, diskutierte sehr ernsthaft Herleitung vom Seealpsee, aus dem Toggenburg (Rietbad, Unterwasser), machte negative Erfahrungen beim Erbohren von artesischen Brunnen in der Molasse, bis schließlich als endgültige Lösung der

3. Wasserbezug aus dem Bodensee (1895) beschlossen und durchgeführt wurde. Saugkorb 500 m vom Ufer entfernt im Rietli zwischen Rorschach und Horn. Reinigung durch Langsamfilter. Hauptreservoir an der Speicherstraße, 730 m, Pumpenleistung 100 l/s. Später Hochdruckspeicher auf dem Freudenberg und auf der Solitüde, 860 m.

4. Schnellfiltration und Ozonisierung (1957). Das PW auf dem Breitfeld, von der Vorortsgemeinde Straubenzell 1916 erstellt, wird gegenwärtig (1969) mit Horizontalfilterrohren erneuert. Durch künstliche Anreicherung soll es befähigt werden, bei Spitzenbelastungen als Puffer zu dienen und auch im Katastrophenfall kurze Zeit eingesetzt zu werden. Obschon die alten Quellen nur noch etwa 10 % des Bedarfes decken, werden sie nicht vernachlässigt; auch sie könnten im Notfall lebenswichtig werden (S. 61).

Jetziger Tagesverbrauch max. 35000 m³, min. 16000 m³, Mittel 25000 m³, im Jahr 9000000 m³, pro Kopf und Tag etwa 340 l.

Eine Anzahl Außengemeinden sind dem städtischen Wasserwerk angeschlossen: Goldach, Mörschwil, Gaiserwald, Speicher, Teufen, Herisau, während sich Rorschach selbständig gemacht hat.

5. Mit dem Bau eines künftigen zweiten Seewasserwerkes in der Gegend von Frasnacht steht eine neue Phase bevor, die vermutlich den Aktionsradius des städtischen Werkes noch weiter ausdehnen wird.

Gemeinden Wittenbach, Häggenschwil und Muolen

Die Wasserversorgung dieser Landgemeinden beruhte bis vor wenigen Jahren auf einer großen Zahl schwacher Einzelquellen, die mit der Zunahme der Einwohnerzahl nicht mehr genügten. Wittenbach konnte bei Lachen, wo in einer Mulde zwischen Drumlins etwas Kies zusammengeschwemmt wurde, ein kleines PW in Betrieb nehmen, Häggenschwil ebenso mit dem PW Tobelwiesen. Muolen bezieht Wasser aus zwei Gebieten: 1. dem Rohrenmoos, wo ein Schmelzwasserbach des zerfallenden Rheingletschers ein Kiesfeld schüttete, und 2. aus Winkensteig am Oberlauf des Hegibaches. 1956 entstand ein Zweckverband «Gruppenversorgung Berg–Kronbühl–Wittenbach–Häggenschwil», der mit dem Anschluß an das Seewasserwerk Arbon die Versorgung auf eine neue, sichere Grundlage stellte. Neuerdings liefert der Verband auch Wasser nach Waldkirch. Wesentliche Organe der Gruppenversorgung sind ein PW

Berg, das bei fehlendem Zufluß aus eigenen Anlagen automatisch auf Seewasser umschaltet, und ein großes Reservoir auf dem Drumlin P. 615 bei Unterlöhren.

Bezirk Rorschach

Die Gemeinde Mörschwil ist in der gleichen Lage wie die vorgenannten. Leistungsfähige Quellgebiete fehlen, wenn auch aus glazialen Schottern, soweit sie nicht der Kiesausbeutung zum Opfer gefallen sind, noch einige gute Quellen fließen. Vom Unterwerk Weid der städtischen Bodenseeleitung erhält Mörschwil einen «Zustupf». Die kleine Gemeinde *Tübach* bezog Quellwasser aus der Gegend von Meggenhus, stellte aber auf ein PW im Deltagebiet der Goldach um. Ein erster Schacht versagte nach einiger Zeit, weshalb man einen neuen Brunnen näher beim kanalisierten Lauf der Goldach anlegte, der den Bedürfnissen zu genügen scheint. Die stark wachsende Gemeinde *Goldach* bezieht Quellwasser aus zahlreichen Quellen am Berg: Eggersrieter Höchi, Altburg, Scheier, Chellen mit Reservoir im Witenwald. Da das Seewasserwerk Rietli der Stadt St.Gallen auf dem Boden der Gemeinde liegt, war der Anschluß gegeben. Überdies hat Goldach im Schuttkegel des gleichnamigen Flusses als Reserve ein PW erstellt, unweit desjenigen von Tübach.

Ähnlich war die Entwicklung in der *Stadt Rorschach.* Im 19. Jahrhundert vermochte der Zufluß aus zahlreichen Quellen im Berggebiet den Bedarf zu decken: Feldmoos, Buechberg, Koblen, Witen, deren Ertrag im Reservoir Loch gesammelt wurde. Später schloß sich Rorschach dem Werk im Rietli an, begründete aber 1960 ein eigenes leistungsfähiges Seewasserwerk. Der Wasserkonsum von Rorschach mit 700 l pro Kopf und Tag ist außerordentlich hoch. *Rorschacherberg* ist eng verbunden mit dem benachbarten städtischen Gemeinwesen. Die Fassung Hohriet, eine Molassequelle in marinen Sandsteinen, ist die einzige von einiger Bedeutung in der Gemeinde. Die Gemeinde *Untereggen* hat sich in den letzten Jahren, da die Überbauung von St.Gallen und Goldach her in ihr Gebiet eindringt, große Mühe gegeben, ihre Hilfsquellen zusammenzufassen. Quellgebiet: Nazenweg u. a. *Eggersriet* liegt auf einer Stauterrasse eines Gletscherarms, der von Grub gegen das Goldachgebiet floß. Sie entspricht in der Höhe genau der Terrasse von Gädmen, wo St.Gallen eine Reihe von Quellen nutzt. Der offenbar recht durchlässigen Aufschüttung entspringen am Erosionsrand gegen den Landgraben einige kräftige

und ausdauernde Quellen, die durch Abwasser des Dorfes gefährdet scheinen. Der östliche Teil der Gemeinde mit Grub, Fürschwendi, Unterbilchen, Roßbüchel wird hauptsächlich aus Quellen am Haldenwald versorgt, wobei die bescheidene zur Verfügung stehende Wassermenge etwelche Zurückhaltung bei der Überbauung bewirken sollte.

Bezirk Unterrheintal

Die Gemeinde *Thal* hat in wenigen Jahrzehnten alle Stufen von einer primitiven Versorgung aus lokalen Quellen und Sodbrunnen zu einem hochmodernen Seewasserwerk erklommen. Das kleine PW Feldmoos, angelegt in der Nische von Thal, vermochte den steigenden Bedürfnissen nicht zu genügen, weshalb man sich 1939 entschloß, mit dem vergrößerten PW St.Margrethen zusammenzugehen. Als diese Verbindung hauptsächlich aus Gründen der Wasserqualität (Eisen!) nicht mehr befriedigte, erwog man den Gedanken an ein eigenes Seewasserwerk, der 1965 in die Tat umgesetzt wurde. Der Entschluß wurde erleichtert durch die Bestrebungen der appenzellischen Nachbargemeinden Heiden, Grub, Rehetobel, ihre prekären Wasserverhältnisse, die sich immer weniger mit den Ansprüchen einer Kurlandschaft vertrugen, gründlich zu verbessern. Das konnte nur durch Wasserzufuhr aus dem Bodensee geschehen. Die Anlage besteht zunächst aus einer Seeleitung von 750 m Länge, die das Wasser in 35 m Tiefe ansaugt. Hierauf gelangt es in eine Anlage mit Schnellfilterung und Ozonisierung und wird als Reinwasser in das Reservoir Haselriet gehoben. Von dort aus wird das Ortsnetz Thal–Buchen–Staad versorgt, anderseits das «Exportwasser» in das Reservoir Stapfen unterhalb Heiden gehoben. Sodann werden durch eigene PW die angeschlossenen Gemeinden versorgt. Leistung im Endausbau: 25000 m³ im Tag.

Rheineck und *St.Margrethen* können miteinander besprochen werden. Beiden drückte die Nachbarschaft des Rheins den Stempel auf. Dabei ist allerdings Rheineck ein altes Städtchen mit Tradition, während St.Margrethen als industrieller Parvenu früher ein armes Bauerndorf ohne eigenes Gesicht war. Die alten Heimwesen versorgten sich vornehmlich mit Sodbrunnen, deren Saugrohre in das wenig tief liegende Grundwasser tauchten. Das Wasser dürfte bei dem hohen Stand des Rheins und der daraus sich ergebenden starken Infiltration in den Kies/Sand der Ebene von annehmbarer Qualität

gewesen sein. Daß auch Quellen am Berghang gefaßt wurden, bedarf kaum der besondern Erwähnung. Aber erst die Anlage von PW erlaubte eine genügende Versorgung: für Rheineck im Freibach, für St.Margrethen im Bruggerhorn. Mit der Ableitung des Rheins in den Fußacher Durchstich verminderte sich die Infiltration, und die Folge war Vereisenung des Wassers. Der Verfasser erinnert sich lebhaft der lauten Klagen der Hausfrauen in der Zeit des ersten Weltkrieges über das «rote» Wasser mit allen damit verbundenen Ärgernissen. Er freute sich nach seinem Wegzug zu vernehmen, wieviel besser man fahre mit dem bald nachher erstellten neuen und viel leistungsfähigeren PW, das näher an den Rhein gerückt wurde. Die Brunnenschächte verlegte man sogar in das Vorland des Rheins innerhalb der Hochwasserdämme. Die Absenkung des Rheins im Gefolge des obern Durchstiches brachte zeitweise das alte Übel zurück, weshalb die Gemeinde Thal eigene Wege ging. Die gewinnbare Wassermenge kann bis 7000 m³ im Tag gehen. Mitversorgt wird auch Walzenhausen. Ein Probe-Pumpversuch mit 2400 l/min erzeugte im Grundwasser eine Absenkung von 1,40 m und beim Abstellen der Pumpe fast augenblickliche Erholung – ein Hinweis auf die große verfügbare Wassermenge (1939).

Über die im Stadium der Weiterentwicklung befindliche Versorgung des Dorfes *Berneck* wurde im allgemeinen Teil bereits kurz berichtet. *Au*, *Balgach*, *Widnau* und *Rebstein* taten sich zu einem Zweckverband Mittelrheintal zusammen. Wie anderwärts kommt den Quellen am Berge nur noch die Rolle einer Nothilfe zu, während für die Beschaffung der bedeutenden von der Gegenwart geforderten Wassermenge nur das Grundwasser in Rheinnähe in Frage kommt. Das Werk nahe beim Dorf Au arbeitet seit 1951, während ein zweites bei Krießern sich im Bau befindet. Die ältern PW im Bereich der Dörfer sind als obsolet zu betrachten (Au, Widnau, Balgach und Rebstein).

Das Rheindorf *Diepoldsau* mit Schmitter steht wie auf einer Insel im weiten Tal, die jetzt vom alten und neuen Lauf des Rheins begrenzt ist. Man darf sich füglich wundern, daß man es wagte, dort angesichts der Gefahren, die vom unberechenbaren Fluß her drohten, zu siedeln. Dieser hatte mit seinen Kiesalluvionen gegenüber den umgebenden Torfrietern eine freilich nur geringe Erhöhung des Terrains geschaffen, die eine bescheidene Sicherheit bot. Gleichzeitig besteht dank diesem Kiesuntergrund die Möglichkeit der Gewin-

nung von genießbarem Grundwasser. Die zahlreichen Sodbrunnen sind heute weitgehend ersetzt durch ein gemeinsames PW nahe bei der Brücke über den alten Rhein, von wo das Wasser mit Hilfe eines Kompressors in das Netz gefördert wird. Die Kiesausbeutung im alten Rheinlauf sollte auf die Gewinnung von Grundwasser vermehrt Rücksicht nehmen.

Einen Fall für sich stellt die große Kunstseidefabrik Viskose in Widnau dar. Sie deckt ihren bedeutenden Wasserbedarf durch ein eigenes PW am Rhein mit Entnahmen bis zu 8000 m³ im Tag (seit 1924).

Bezirk Oberrheintal

Die Gemeinde *Rebstein* wurde schon in Verbindung mit dem Zweckverband Mittelrheintal erwähnt. Während die alten PW der untern Gemeinden durch den Bezug von Grundwasser aus Rheinnähe überflüssig geworden sind, arbeitet das PW *Marbach* weiter. Es wird alimentiert durch die dort am Fuße des Berghanges reichlich vorkommende kiesige Moräne, so daß es dem Einfluß des stagnierenden Talgrundwassers entzogen ist. Die Versorgung mit frischem Wasser erstreckt sich heute bis weit ins Tal hinaus, wo im Zusammenhang mit der Melioration Siedlungen entstanden sind.

Die Versorgung des Städtchens *Altstätten*, früher ganz auf Quellen und einem Bacheinlauf beruhend, ist heute zur Hauptsache auf zwei Stützen abgestellt: ein PW, das rund 1 km außerhalb der Bahnlinie angelegt ist, und die schon erwähnte Ebenackerquelle. Das Wasser des PW führt 0,8 mg Eisen im Liter, was darauf hindeutet, daß das Grundwasser der Bachschuttkegel am Ort der Entnahme bereits unter dem Einfluß des allgemeinen Talgrundwassers steht. Die Kanalisierung der Bäche im Zusammenhang mit der großen Melioration hat den Grundwasserspiegel um 2 m gesenkt. Anderseits deutet eine leichte Spannung des Grundwassers auf den Zufluß von Wasser aus den Schuttkegeln. Jetziger Grundwasserspiegel 5 m u. T. Bei 2100 l/min Entnahme beträgt die Absenkung 4 m.

Die Wasserversorgung von *Eichberg* stützt sich hauptsächlich auf ein kleines PW bei Au im Schuttkegel des Aachbaches. Zur Sicherung einer dauernden Versorgung ist dieses Werk mit den Netzen von Altstätten und von Oberriet verbunden.

Wie fast alle rheintalischen Gemeinden bezog *Oberriet* (mit Montlingen und Krießern) sein Trinkwasser aus zum Teil weit entfernten Bergquellen (Neuenalp, Freienbach), konnte aber eine früher

knappe Versorgung durch ein PW in der Ebene aufbessern, das beim Feldhof zwischen Rhein und Binnenkanal angelegt wurde. Der Rheinlauf ist in diesem Abschnitt eingeengt. Südlich Oberriet drängt ihn der Schuttkegel der Ill nach links gegen die Nische von Rüthi, während der Sporn des Oberberges ihn wieder nach rechts weist. Nachher ist sein Lauf durch die Lücke zwischen dem Montlinger Berg und dem Kummenberg bestimmt. Es scheint unwahrscheinlich, daß er postglazial jemals westlich des Montlinger Berges floß. Es besteht eine starke Einschotterung im Raume Oberriet, die sich aber nicht weit nach Norden erstreckt. Zwischen Rhein und Binnenkanal ergaben Sondierungen bis 15 m Kies mit Grundwasser in geringer Tiefe, das zur Hauptsache von der Infiltration vom Rheine herrührt. Absinken des Rheinspiegels läßt bedeutend härteres, «echtes» Grundwasser zufließen. Weiter westlich, vor allem gegen den Bergfuß, herrschen Ton und Torf vor. Wo die Kreideschichten in diese schwer durchlässigen Alluvionen eintauchen, tritt Karstwasser in ergiebigen Quellen zutage, so bei Wichenstein und am Fuße des Oberberges. Ein klassischer Zeuge der Verkarstung ist die bekannte Kristallhöhle Kobelwald mit einem unterirdischen Bachlauf. Alt Wasserchef Lüchinger berichtete, daß über den Kamor wegziehende Gewitter stundenweit entfernte Quellen rasch ansteigen ließen. – Die Absenkung des Rheinspiegels im Gefolge der Korrektion des Flusses zeigt sich drastisch im Abschnitt Montlingen/Krießern darin, daß der Zapfenbach-Krummenseekanal, früher bekannt als ausgezeichnetes Fischgewässer, jetzt während Monaten trocken liegt.

Die Gemeinde *Rüthi* mußte sich früher mit eher dürftigen und im Ertrag stark schwankenden Karstquellen im Tobelwald begnügen, legte aber 1945 bei Büchel am Rhein ein Grundwasser-PW an. Dieses stand der neuen Rheinstraße im Weg und muß verlegt werden. Der Umstand, daß der Rhein, wie vorhin erwähnt, dort gegen die Nische von Rüthi gedrängt wurde, erlaubt es, etwa 400 m weiter nördlich in tiefen Rheinschottern Ersatz zu schaffen. Der innere Teil der Bucht von Rüthi blieb als Restsee erhalten, der der Auflandung durch Torf und Ton verfiel.

Bezirk Werdenberg

Die Gemeinde *Sennwald* umfaßt ein Halbdutzend Dörfer: Sennwald, Frümsen, Sax, Salez, Haag und, um die Zahl voll zu machen, die Kolonie Saxerriet. Das Talgebiet der Gemeinde wird vom großen

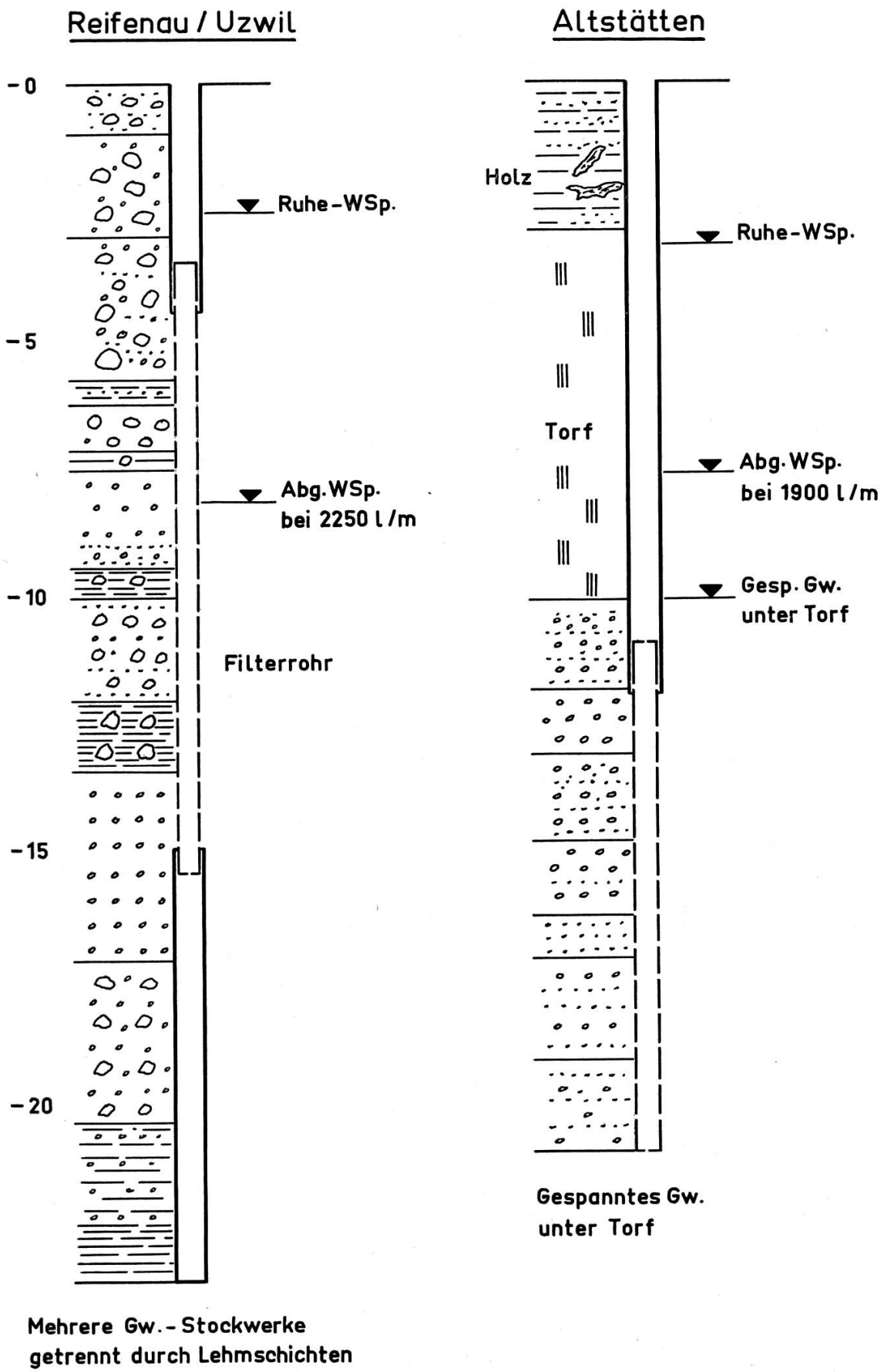


Abb. 4 PW Rifenau/Uzwil und Altstätten.

Bergsturz halbiert. In das nördliche Becken ergießen sich von der steilen Talflanke her mehrere Bäche, so namentlich der Mühlbach, mit dem sich Rohrbach und Schindlerenbach vereinigen. In etwas über 800 m Höhe mitten im Waldgürtel sprudelt dort, im Sommer mit imposanter Wassermenge, aus Felsspalten eine der schönsten Quellen des Landes. Durch Färbungen wurde nachgewiesen, daß es sich um den Abfluß nicht nur des Sämtisersees, sondern auch des weiter entfernten Fälensees handelt. Was für Wegen das Wasser im Berginnern folgt, werden uns vielleicht einmal die Höhlenforscher sagen können. Der Mühlbach wird knapp unter der Quelle gefaßt und zur Versorgung von Sennwald mit Wasser und elektrischer Energie eingesetzt. Die Herkunft läßt leider keine besondere Reinheit des Wassers vermuten. – Frümsen nutzt Quellen auf der Frümsner Alp unter dem Stauberengrat. Der markante Grundwasseraufstoß mitten im Dorf wird wohl genährt von den großen Geröllhalden am Berghang. – Die Versorgung von Sax aus Quellen am Hang unweit des Dorfes (Au, Rüti, Haldenhäuser) scheint den bescheidenen Anforderungen zu genügen. – Die Rheindörfer Salez und Haag waren von jeher auf das Grundwasser der Ebene angewiesen. Die alten Sodbrunnen erhielten 1949 einen leistungsfähigeren Nachfolger in einem PW, das unweit des Rheins angelegt wurde. Diesem ist jetzt auch die Kolonie Saxerriet angeschlossen, da die ortseigene Anlage stark eisenhaltiges Wasser förderte. Zwei 3 km lange Leitungen verbinden das PW mit Haag und Frümsen. Aus dem Bergsturzgebiet entspringt in der Galgenmad ein anscheinend sauberer Bach. Die Tuchfabrik Sennwald gewinnt aus eigenem Boden ein Grundwasser, das sie für ihre Zwecke enthärten muß.

Als rückständig muß die Wasserversorgung von *Gams* bezeichnet werden. Es gibt da ein Dutzend oder mehr kleine und kleinste Korporationen, die Quellen in der Nähe oder höher am Hang gefaßt haben und damit einige Häuser oder ein Quartier versorgen. Aus geologischen Gründen fehlt ein zentrales PW, da das Delta der Simmi sich hiefür nicht eignet und die Distanz bis zum Rhein abschreckend wirkt.

Grabs erfreut sich weit günstigerer Verhältnisse. Nicht nur fließt ihm aus verschiedenen Gebieten reichlich Quellwasser zu (Roggbalm, Berggebiet Studner Bach), sondern es ist auch gelungen, im Schuttkegel des Studner Baches ein leistungsfähiges PW zu installieren, womit den jetzigen Bedürfnissen der Ortschaft Genüge getan

ist. Die zerstreuten Güter am Grabserberg werden schlecht und recht aus Quellen in der Bergzone (Buechen, Werden) versorgt.

Den wachsenden Bedürfnissen von *Buchs* genügen zwei Anlagen: Einmal liefert die hochgelegene Alp Malschüel aus mehreren starken Quellen eine beträchtliche Wassermenge (30 bis 100 l/s). Dieses Wasser leistet bei seinem Fall vom Reservoir Buchserberg (1075 m) bis zum EW (520 m) überdies einen Beitrag an die Energieversorgung. Dazu wurde zwischen Rhein und Binnenkanal ein PW angelegt, dessen Leistung mit 5000 l/min beziffert wird, das aber nur ausnahmsweise in Betrieb gesetzt wird. Das vom Berg herabfließende Wasser ist billiger, und überdies traut man in Buchs der Nachbarschaft der Ölleitung immer noch nicht so recht. Mögen die Optimisten recht behalten!

Auf ähnlichen Grundlagen beruht die Versorgung von *Sevelen*. Quellen im Tobel des Sevelerbaches liefern Wasser in das Reservoir Chliberg. 1955 wurde im Tal nahe dem Dorf ein leistungsfähiges PW in Betrieb genommen. Die Ebene führt anscheinend in der ganzen Breite und in geringer Tiefe gutes Grundwasser (wegen des Mangels einer schützenden Deckschicht gefährdet), das auch von vielen Einzelhöfen direkt gehoben wird. Ein Anzeichen solcher Verhältnisse sind die Gießen, in denen dieses Wasser zutage tritt und in gewundenen Bachläufen gemächlich talwärts rinnt. – Die Bergzone, die bis 1000 m ständig bewohnte Heimwesen trägt, erhielt in den letzten Jahren eine systematisch aufgebaute Wasserversorgung, die auf Quellen im Waldgürtel unterhalb Alp Arin beruht.

Ganz anderer Art sind die Verhältnisse in der Gemeinde *Wartau* mit ihrem Kranz von sieben Dörfern. Fünf von diesen erhalten ihr Wasser aus dem Bergsturzgebiet, das sich an die Abbruchfront Gauschla–Flidachöpf anlehnt und zum größten Teil mit Hochwald bedeckt ist. Das größte Dorf, Azmoos, bezieht sein Wasser aus Quellen Leiroos mit einem Zustupf aus der Vermärschquelle, die unweit des Kurhauses Alvier den Bergsturztrümmern entströmt. Vom Reservoir Lavadarsch (880 m) führt eine Hochdruckleitung hinunter nach Wisen (580 m), wo das Wasser mit seinen 300 m Gefälle die Generatoren des EW antreibt, bevor es in das Netz geleitet wird. Trübbach hat eigene Quellen am Luterbach, die aber vermutlich auch aus den Ausläufern des Bergsturzes herzuleiten sind. Es ist überdies mit Azmoos verbunden. Oberschans zahlreiche laufende Brunnen werden gespiesen aus dorfnahen starken Quellen (Verdotteris, Tuf),

während Malans eine eigene Fassung am Malanserberg besitzt. Die Weiler Gretschins und Fontnas sind durch die Quelle Hasenrank versorgt. Eine Ausnahme bildet das Dorf Weite in der Talebene, das früher angewiesen war auf unbeständiges Karstwasser aus dem Gannatobel, jetzt aber mit einem PW in der Nähe der Haltestelle SBB besser versorgt ist. Die starken im Kieselkalk bei Reggellen entspringenden Quellen bilden den Mühlbach, der an der Gemeindegrenze in den Werdenberger Binnenkanal übergeht. Ähnlich wie in Sevelen durchziehen klare Gießen die Rheinau. Sie zeigen einen Grundwasserstrom geringer Tiefe an, der den Mühlbach auf kurzem Lauf stark anschwellen läßt.

Bezirk Sargans

Die Ansprüche des alten Städtchens *Sargans* an eine genügende Wasserversorgung sind wegen der Entwicklung der Siedlung in raschem Steigen begriffen. Die Quellen am Hang gegen Prod leisten einen Beitrag, während das Schwergewicht auf einem PW in der Ebene außer dem Bahnhof liegt. Dessen Erweiterung befindet sich im Studium. Wasser ist in der Baschärebene mit ihren vielen Gießen wohl ohne Schwierigkeit zu finden, wenn auch vielleicht nicht in bequemer Nähe.

Für den Kurort *Bad Ragaz* spielt Wasser eine besondere Rolle. Das Trinkwasser bezieht die Gemeinde zur Hauptsache von Pardätsch und Gisibel, etwa 3 km SW Vättis, wo mehrere starke Quellen zutage treten. Zwei davon versorgen auch das Dorf Vättis. Von der nach Bad Ragaz führenden Leitung entnimmt auch das Dorf *Pfäfers*, dessen Versorgung aus eigenen Quellen ungenügend ist, seinen Bedarf. Für den Fall ungenügender Quellwasserzufuhr besitzt Bad Ragaz noch ein PW im Winkel zwischen Rhein und Tamina. Valens mit seiner Rheumaklinik erhält Trinkwasser aus Quellen im Alpgebiet.

Der Ruf des Kurortes beruht auf der Therme, die in der wilden Taminaschlucht aus einer Felsspalte aufbricht. Sie versiegt im Winter, schwillt im Frühling gewaltig an auf 5000 bis 10000 l/min und hält sich bis in den Herbst auf einem Stand, der den Badebetrieb sichert. Die Temperatur des Thermalwassers beträgt während des ganzen Jahres unverändert 36 bis 37 °C. Über die Herkunft des Wassers und das eigenartige Verhalten der Quelle sind im Laufe der letzten Jahrzehnte verschiedene Erklärungen angeboten worden.

Prof. Albert Heim (1927) leitete die Quellen aus den Kalkbergen N Vättis her, deren Schichten bei Mapragg unter Flysch verschwinden, in einer vorgelagerten Falte in der Taminaschlucht aber wieder auftauchen. Es wurde besonderes Gewicht auf die Erfahrung gelegt, daß der Quellertrag nach schneereichen Wintern groß und umgekehrt nach schneearmen Wintern mangelhaft war. Das Wasser müßte demnach zur Hauptsache aus der Schneeschmelze im Gebirge stammen, dann im Untergrund längere Zeit verharren, bis es mit der gleichmäßig erhöhten Temperatur zum Ausfluß gelangt. Gegen diese Erklärung erhob Prof. R. Staub 1947 zwei Einwände: einmal erfolge das Anspringen der Quelle zeitlich vor dem Beginn der Schneeschmelze in Höhen von 2000 m, und dann passe der Chemismus der Quelle nicht zu einer Herkunft aus Kalkschichten, deute vielmehr auf Berührung mit Kristallin und Trias. Diese Umstände veranlaßten ihn, als Herkunftsgebiet das «Fenster» von Vättis anzunehmen. Seither sind durch Untersuchungen von E. Weber und A. Widrig neue Züge im Bilde der Therme hervorgetreten. In seiner Darstellung (1959) schließt sich E. Weber hinsichtlich der Herkunft des Wassers der Auffassung von R. Staub an, erweitert sie aber nicht unerheblich. Das in einer Längsmulde des nach Osten axial absinkenden Aarmassivs fließende Wasser erfährt eine Stauung und steigt längs der Thermalspalte empor, wobei sich ein Überschluckmechanismus auswirkt. Das Funktionieren der Quelle hängt von den einsickernden Wassermengen im Gestein der Umgebung der Therme ab. Steigender hydrostatischer Druck hebt den Thermalspiegel und umgekehrt. Mit Sicherheit wurde ein Weglauf nachgewiesen.

Die Gemeinde *Vilters* betreibt ein PW östlich des Dorfes in der Nähe der Saar, erhält aber auch Wasser aus dem Alpgebiet (Untersäß Vilterser Alp, 1300 m). Das Dorf Wangs faßt Quellen im Waldgürtel in etwa 1000 m. Probleme stellt die Versorgung der zahlreichen Gaststätten und Ferienhäuser in der Nähe der Pizolbahn. *Mels* hat seine Trinkwasserversorgung durch die Zuleitung der Stegenälpliquellen auf eine neue Grundlage gestellt. Dazu steht noch das PW Bleichi zur Verfügung. In der Gemeinde *Flums* sind sowohl das Tal- wie das Berggebiet ganz auf Quellwasser angewiesen. Die Erstellung eines PW in Seeztalschottern ist vorläufig Projekt, das früher oder später realisiert werden dürfte. Die das Dorf versorgenden Quellen entspringen dem Verrucano im Walde von Maltina. Die auffallende Durchlässigkeit dieses Gesteins fordert im Hinblick auf die touri-

stische Erschließung im Berggebiet vermehrte Vorsicht. Großzügig ist der Ausbau der Wasserversorgung Flums-Großberg, die auf den erwähnten Schichtquellen auf Alp Fursch (1880 m) beruht. In einer etwa 7 km langen Leitung über die Alpen Panüol und Prod gelangt das Wasser in die Hotelsiedlung Tannenboden und von dort in mehreren Zweigleitungen in die zerstreuten Heimwesen und Ferienhäuser des Flumser Großberges. Der Kleinberg mit dem Weiler Portels erstrebt ebenfalls eine Verbesserung der Versorgung.

Das Dorf *Walenstadt* bezieht Wasser aus Karstquellen der Terrasse von Lüsis (Büls, Brunnen, Vogelrüti). Der Quellhorizont entspricht der Basis der Säntisdecke mit dem Flysch der Mürtschendecke als Wasserstauer. Im Schuttkegel des Widenbaches ist ein PW angelegt. Beide Provenienzen sind bakteriologisch nicht einwandfrei, weshalb Chlorierung notwendig ist. – Das Dorf Berschis faßt einige Quellen hinter dem Bergsporn St.Georg (Furggels, Brügen). Auf Walenstadtberg mit dem Sanatorium steht eine Reihe von Fassungen von Schwaldis über Schrina zur Verfügung, die ebenfalls dem vorhin genannten Quellhorizont entsprechen und ihr Wasser der Einsickerung in die Churfirsten verdanken. Solange dort Schnee zum Schmelzen vorhanden ist, soll der Ertrag der Quellen zuverlässig sein. – Die Kasernen Walenstadt verfügen über eine eigene Wasserversorgung.

Bunt zusammengesetzt ist die Versorgung der Gemeinde *Quarten*. Jedes der einzelnen Dörfer löst das Problem auf seine Art. Mols, Ober- und Unterterzen und Quarten fassen Quellen im versackten Hang. Murg erstellte im Delta des gleichnamigen Baches ein PW, bezieht aber auch Wasser aus Quellen im Murgtal (Plätze). Auch die Nähe des Sees wird ausgenutzt: so besitzt die Zementfabrik dort ein PW. Andere Wasserentnahmen aus dem See sind mengenmäßig unbedeutend (Quinten und Au am Nordufer), aber symptomatisch für die Wasserarmut der Churfirstenfront.

Bezirk Gaster

Recht schwierig sind die Probleme der Wasserversorgung in der ausgesprochenen Streusiedlung *Amden*. Da keine Möglichkeit der Gewinnung von Grundwasser besteht, muß man sich an die Quellen halten. Diese aber sind ohne Ausnahme Karstquellen, die bei starken Niederschlägen gewaltig anschwellen, bei Trockenheit aber fast oder ganz versiegen und auch qualitativ nicht befriedigen (Chlorierung).

Am SW-Ende des Mattstockes entspringen die Quellen Brunnenegg, an seiner S-Flanke diejenigen von Beggihell. Auf der Alp Looch am Hang gegen den Leistchamm sind die wichtigsten Quellen gefaßt, deren Wasser über die ganze Amdener Mulde verteilt wird.

Weesen bezieht sein Wasser aus dem Gebiet der Alpen Fiderschen und Matt, hat aber zusätzlich ein PW im Schuttkegel des Flibaches. Merkwürdigerweise entstammt das gehobene Wasser einzig dem Bachschuttkegel, nicht dem nahen See, der durch eine Schlammbarriere abgeriegelt zu sein scheint. Die Linthebene S und W Weesen eignet sich für die Gewinnung von Grundwasser nicht.

Die Dörfer der Gemeinde *Schänis* versorgen sich mit Wasser aus Quellen im bewaldeten Felshang der Speernagelfluh. Für die Anlage von PW in der Talebene sind die Aussichten ungünstig. Immerhin bestehen einige unbedeutende Versuche in verschiedenen Teilen des Rietes. Im Zuge der alten Linth, die ihr gewundenes Kiesbett bis an den Zürichsee zu behaupten vermochte, besitzt *Benken* bei Gießen ein PW, das allerdings eisenhaltiges Grundwasser fördert. Daneben erhält das Dorf Wasser aus Quellen im Berggebiet (Schwendi im Wängibachtobel). Das Bergdorf *Rieden* fand Quellen in der Umgebung, während es *Kaltbrunn* gelungen ist, seine Versorgung auf der doppelten Grundlage von Quellwasser (aus dem mit Moränen bedeckten Hang unter dem Dorf Rieden) und Grundwasser aus dem Schuttkegel der zwei hier in die Ebene austretenden Bäche zu sichern. Etwas Wasser strömt auch aus dem Rickentunnel.

Seebezirk

Das alte Städtchen *Uznach* konnte ebenfalls den Schritt in die Neuzeit der Wasserversorgung tun, indem es neben dem aus der Gegend des Rickenpasses hergeholten Quellwasser das Grundwasser des Aabachschuttkegels heranzieht. Dort ist eine Kiesmächtigkeit von 30 m festgestellt, und es scheint das vom Berg herfließende Wasser das stagnierende Wasser der Ebene zu verdrängen. Im Gegensatz hiezu fördert das PW *Schmerikon*, das in peripherer Lage des Schuttkegels angelegt ist, eisenhaltiges Wasser. Zusätzlich erhält dieses Dorf, ähnlich wie die Nachbargemeinde, Wasser vom Ricken her (Quellen bei Walde), das über St.Gallenkappel hergeleitet wird. Von besonderem Interesse ist die Wasserversorgung von *Eschenbach*, die ganz überwiegend auf Grundwasser abgestützt ist, indem im Laufe eines glazialen Schmelzwasserflusses bei Balmen und bei Rüeg-

genschlee zwei PW eingerichtet wurden. Dazu bezieht Eschenbach aus der Meilener Leitung der Goldinger Quelle als Entschädigung für die Durchleitung eine Abgabe von 350 l/min.

Die beiden immer stärker verflochtenen Gemeinden *Rapperswil* und *Jona* können ihren Wasserbedarf ganz aus dem Schuttkegel des Flüßchens Jona decken, das als reißender Bergbach aus einem Nagelfluhgebiet große Mengen von Kies herbeigetragen hat. Besonders wichtig sind die beiden großen PW, Bußkirch für Rapperswil und Grüenfeld für Jona. Die alte Quellwasserversorgung ist nahezu bedeutungslos, dagegen besitzt Rapperswil im Schotterfeld Tägernau eine interessante Reserve. Die Frage, ob und in welchem Ausmaß das Grundwasser des Schuttkegels sich mit dem See verbinde, scheint nicht völlig geklärt zu sein.

Den bergwärts liegenden Gemeinden *Gommiswald*, *Ernetschwil*, *St.Gallenkappel* und *Goldingen* fehlt die Möglichkeit der Gewinnung von Grundwasser aus Talböden. Die beiden erstgenannten Orte stützen sich auf die weit entfernte Quelle Hochwald im Wängibachtobel. Das Kloster Berg Sion besitzt Quellen auf der Höhe des Rickenpasses, ebenso Gebertingen und St.Gallenkappel (Quellen Vorder Tönneren). Walde und Rüeterswil haben eigene Quellen. Bemerkenswert ist der große Quellenreichtum der Gegend der Rickenpaßhöhe. Er beruht auf der starken Bedeckung mit Glazialschutt, zum Teil in Form von Kieslagern unter Siltschichten.

Der Talkessel von *Goldingen* ist stark angefüllt mit Moräne des Linthgletschers, der das Tal zeitweise abgeriegelt und gestaut hat. Für die lokale Versorgung wurden Quellen bei Roßfallen, Studenweid, Tanntobel unter der Chrüzegg gefaßt. Dagegen wird der Ertrag der größten Quelle, Vordermüli in der Schlucht E Goldingen, in den Kanton Zürich exportiert, indem sich die Gemeinde Meilen in den Besitz derselben brachte – in einer Zeit, als Wasser noch weniger Mangelartikel war als heute. Die Quelle entspringt aus Nagelfluh, die hier mit etwa 10° nach NNW einfällt und vom Goldingerbach durchschnitten wird. Ob das Wasser tatsächlich dem Felsgrunde entstammt, der dann ähnlich einem Schotter wirken würde, oder ob es sich um Wasser aus der mächtigen Moränendecke handelt, das nur zuletzt in Klüften der Nagelfluh versinkt, läßt sich kaum entscheiden. Jedenfalls braucht man auch hier umgehenden Phantasien einer Herkunft des Wassers aus den Alpen keinen Glauben zu schenken!

Mit der Gemeinde *Wildhaus* kehren wir zurück in das Gebiet der Kalkalpen, über deren hydrologische Eigenart bereits ausführlich berichtet wurde. Wildhaus nutzt Quellgebiete sowohl auf der Churfirsten- wie auf der Säntisseite des Paßüberganges. Quellen bei Oberdorf werden ergänzt durch ein PW am Schwendisee. Die Fassung Flürentobel (Einzugsgebiet vermutlich die Teselalp) ist eine typische Karstquelle, indem ihr Ertrag zwischen 2000 und 180 l/min schwankt. Im Reservoir Brem, das auch Zufluß von Gamplüt her erhält, wird das Wasser ozonisiert. Die Quellen Hagalp liegen auf der S-Seite des Gulmen. Entkeimung ist überall notwendig.

Alt St. Johann und *Unterwasser* werden versorgt durch Quellen am Burstel, einem Riegel im obern Thurtal. Der relativ beständige Ertrag von 300 bis 500 l/min dürfte dem Beitrag aus Grundwasser der Thurwies zu verdanken sein. Weitere kleine Fassungen auf beiden Seiten des Tales ergänzen das Angebot (Scharten, Burenwald). Die Gemeinde ist in der glücklichen Lage, über unausgeschöpfte Reserven zu verfügen. Die imposante Reihe von starken Karstquellen auf der N-Seite des Tales, deren Herkunft nicht abgeklärt ist, wurde schon wiederholt für die Versorgung entfernter Gebiete in Betracht gezogen. Dazu kommt das Vorhandensein eines kräftigen Grundwasserstromes im Tal, für den unzweifelhafte Anzeichen bestehen.

Die kleine Gemeinde *Stein* hat ihre Versorgung durch Fassung einer Quelle am Fuß des Ruezenberges auf eine bessere Grundlage gestellt. Möglich wäre auch die Gewinnung von Grundwasser in der allerdings wenig umfangreichen Kiesalluvion der Thur.

Die Versorgung von *Neßlau* beruht ganz auf Quellen, die auf beiden Talseiten gefaßt sind; wichtig sind vor allem die Quellgebiete Wiße Thur und Ijental. *Krummenau* dagegen fügt zu den alten Quellfassungen zwei PW, ein größeres in Neu St. Johann in den Talschottern der Thur und ein kleineres beim Dorf Krummenau, das mit dem Quellgebiet Foser zusammenspannt. Im Tal der Lutern unweit Rietbad befindet sich ein bedeutender Grundwasseraufstoß, vermutlich zusammenhängend mit dem nördlich anschließenden Bergsturzhang. Das Rietbad selbst besitzt nicht nur für die Heilquelle (kalte Schwefelquelle), sondern auch für das Trinkwasser eigene Fassungen. Das kleine PW auf der Paßhöhe Schwägalp steht auf dem Boden der ausgedehnten Gemeinde Krummenau.

Die vereinigte Gemeinde *Ebnat-Kappel* stützt ihre Wasserversor-

gung sowohl auf Quell- wie auf Grundwasser. Ersteres wird vor allem aus zahlreichen Fassungen im Steintal zugeleitet, während der zweite Strang Oberbächen–Girlen–Ganten weniger leistet. Dazu gesellen sich zwei PW in den Talschottern der Thur, ein älteres (1932) bei Untersand mit einer Förderleistung von zweimal 400 l/min und ein neueres bei Au (1952) mit zweimal 600 l/min.

Bezirk Neutoggenburg

Drei Quellwasserstränge versorgen das Dorf *Wattwil:* 1. Oberricken–Ricken–Schönenberg (starke Quellen im Quartär der Rickenpaßgegend); 2. Rumpf–Feldbach (bewaldetes Seitental) und 3. Krinau–Gurtberg. Der wechselnde Quellertrag wird ausgeglichen durch zwei PW in den Alluvionen des Tales. Wattwil hat große Mühe und Kosten aufgewendet, die Möglichkeiten der Grundwassergewinnung abzuklären. Als Ergebnis konnten zwei PW, bei Rickenhof und im Bunt, installiert werden. Die Untersuchung ergab, wie früher ausgeführt, daß nur der nach N ausdünnende Kiesüberguß für die Entstehung von Grundwasser in Frage kommt.

Das Städtchen *Lichtensteig* erhält sein Trinkwasser aus verschiedenen Quellgebieten (Schwanden, Wasserfluh, Burg). Dazu konnte die Gemeinde eine im Wasserfluhtunnel angefahrene Quelle in ihren Dienst nehmen. Endlich bietet ihr ein Anteil am PW Necker einen Ausgleich zu den Schwankungen des Quellertrages. Dieses PW dient in erster Linie den Bedürfnissen der Gemeinde *Oberhelfenschwil.* Auch die Gemeinde *Brunnadern* hat in den Kiesen des Neckertales ein PW eingerichtet, das nicht nur für diese Gemeinde, sondern auch für Peterzell von Bedeutung ist. Ein Zweckverband «Oberes Neckertal» hat eine Versorgung geschaffen, die auf einem Beitrag von 250 m^3 im Tag aus dem PW Brunnadern basiert, dann in mehreren Stufen unter Beizug lokaler Quellen nicht nur Peterzell, sondern auch Wald bei Schönengrund mit Wasser versieht. Als Siedlung auf aussichtsreichem Grat hat *Hemberg* mit seiner Wasserversorgung um so mehr Mühe, als der Untergrund allgemein wenig durchlässig ist. Quellgebiete: Scherb und Lank unter der Barenegg. Nicht vergessen sei die kleine Gemeinde *Krinau* am Fuße der Chrüzegg. Der Bedarf des Dorfes wird gedeckt durch zwei Quellen, die durch ein kleines PW ergänzt werden.

Abgesehen von einigen alten Quellen in Dorfnähe, leistet das entfernte Quellgebiet Diezenwil auf der linken Seite des Dietfurterbaches in der einstigen Schmelzwasserrinne des eiszeitlichen Gletschers den größten Beitrag zur Versorgung des Dorfes *Bütschwil*. Die andern Quellgebiete haben nur lokale Bedeutung: Kengelbach mit kleinem PW, Richwald–Zwislen–Chromen–Rüti, Lütschwil–Grämigen. Ein PW schöpft Wasser aus einem Schacht neben dem Dietfurterbach. Die Schotterfläche Außerfeld–Innerfeld–Dorf Bütschwil in 610 m Höhe ist ohne Zweifel der Geröllführung des Dietfurterbaches zu verdanken, zu einer Zeit, als der 30 bis 40 m tiefere Thurgraben noch nicht bestand. Das Grundwasser dieser Kiesfelder tritt am Rande der Thurschlucht in Form von guten Quellen aus: Undermüli und Müliwis sind gefaßt und der Versorgung nutzbar gemacht. Nördlich des Dorfes kam es dank der auskolkenden Wirkung des Gletschers auf einer Nagelfluhplatte zur Bildung eines später von Kies/Sand erfüllten Beckens, in dem ein ergiebiges PW installiert werden konnte: 1400 l/min bei 70 cm Absenkung.

Die Berggemeinde *Mosnang*, die im Schnebelhorn kulminiert, weist eine Reihe kleiner Anlagen auf. Das Dorf Mosnang, erbaut an der Kreuzung der schon wiederholt erwähnten Schmelzwasserrinne mit dem Bütschwiler Dorfbach, versorgt sich mit Quellen SW der Siedlung, konnte aber auch die Gelegenheit wahrnehmen, das Grundwasser in der Rinne anzuzapfen. Das Kirchdorf Mühlrüti an der Hulfteggstraße besitzt ein kleines PW, das durch seine Wasseranreicherung bemerkenswert ist. Leistungsfähiger ist das PW von Dreien am Gonzenbach.

Die volkreiche Gemeinde *Kirchberg* umfaßt die nördliche Abdachung des Hörnliberglandes von Gonzenbach bis gegen Wil hinunter. Im Osten bildet die Thur die natürliche Grenze. Zusammen mit Lütisburg betreibt Kirchberg das PW Unterrindal, das neuerdings stark erweitert wurde. Ähnlich wie bei Bütschwil treten aus Schottern am Thurufer Quellen aus, die nur zum Teil gefaßt sind. Die bedeutendste ist die Cholbergquelle der Stadt Wil. Merkwürdig ist die Quelle Ischlag gegenüber Lütisburg, die aus dem Bräggfeld zu stammen scheint. Kleinere PW sind angelegt am obern Altbach, der ebenfalls tief eingeschottert ist: an der Straße nach Dietschwil für Kirchberg, etwas talwärts für Wolfikon. Der Hintergrund des Tales von Gähwil ist reich an Wasser. Aus dem Kiesfeld Bäbikon

stammt das Wasser, das neben diesem Weiler auch Müselbach versorgt.

Das kleine Dorf *Lütisburg* kommt aus mit dem Wasser, das aus dem hochgelegenen Schotter Ebenhof (675 m) ausläuft. *Ganterschwil*, in der Talweitung beim Zusammenfluß der Thur mit dem Necker gelegen, besitzt ein älteres PW nahe beim Dorf. Bei der Suche nach mehr Wasser erinnerte man sich der Grundwasserquellen, die westlich des Dorfes in die Thur überlaufen. Sondierungen bestätigten die entsprechende Hoffnung nicht. Dafür traf man in der letzten gegen Norden ausholenden Schlinge des Neckers einen günstigen Grundwasserträger. Die alte Quellwasserversorgung aus dem Hügelzug S der Ortschaft hat an Bedeutung eingebüßt.

Bezirk Untertoggenburg

Mogelsberg besitzt auf seinem Boden mit dem Böschenbach-PW ein seltenes Bijou. Gefaßt in Schottern des Aabachtales, liefert das von einem Zweckverband getragene Werk zusammen mit der sogenannten Schwendimannquelle, die vermutlich aus dem Nassenfeld stammt, einen Ertrag von gegen 3000 l/min, der nach einem bestimmten Schlüssel unter die Gemeinden Mogelsberg, Degersheim und Herisau verteilt wird. Auf der Karte sind außerdem die Anlagen Ebersol und Dicken eingetragen.

Wie eben erwähnt, erhält *Degersheim* eine ansehnliche Wassermenge aus der Böschenbachquelle. Daneben sind in Dorfnähe kleinere Fassungen und PW in Betrieb. Die kleine Gemeinde *Jonschwil* bezieht Quellwasser aus der Umgebung für das Dorf Jonschwil, während Schwarzenbach durch ein PW Wasser aus dem Kiesfeld hebt.

Oberuzwil versorgt sich mit mehreren kleinen PW, die Wasser aus den Schottern der Talung von Bettenau ziehen. Der künstliche Weiher dürfte zur Erhaltung und Erneuerung des Vorrates nützlich sein. Daneben erhält Oberuzwil aus den Hügeln südlich des Dorfes Quellwasser aus mehreren Gebieten: Weid, Berg, Langenau, Bichwil (wo ein kleines PW installiert ist).

Die Industriegemeinde *Uzwil* versorgt sich fast ganz aus Grundwasser verschiedener Herkunft. Der größte Teil wird aus Schottern des Thurtales gehoben. Das bedeutendste PW befindet sich in der Rifenau, unweit der Thur. Die Kiesfüllung ist uneinheitlich, indem zwei durch eine Lehmschicht getrennte Grundwasserhorizonte vorliegen. Das Filterrohr reicht bis −15,6 m, während der Schacht bis

–23,6 m abgesenkt wurde. Leistung 2200 l/min. Bei den PW Niderfeld ist das Profil weniger günstig. Eine Sondierung wurde durch verkittete Schotter (Nagelfluh) bis auf –20 m niedergebracht. Drei Schächte produzieren zusammen 1800 l/min. – Ein Pumpwerk wurde bei Bettenau an der Straße nach Jonschwil angelegt, und neuerdings beutet Uzwil bei Rudlen das Grundwasser am Eingang zur Rinne von Rindal aus. – Niederstetten besitzt ein eigenes kleines PW. Das PW Henau geriet unter die Nationalstraße. Auf Quellwasserversorgung ist Algetshausen angewiesen (Quellgebiet Lor).

Das Dorf *Flawil* steht zu einem großen Teil auf einem Kiesfeld, das als Fortsetzung des Goßauer und Burgauer Feldes betrachtet werden kann. Im Norden wird es von Seitenmoränen des Rheingletschers begrenzt. Die eiszeitliche Schmelzwasserrinne wendet westlich des Dorfes in das Tal von Rindal. Anderseits zeichnet sich weiter südlich vom Girenmoos her eine zweite Rinne ab, die südlich des Botsberges verlief und sich mit der vorgenannten Rinne vereinigte. Im Bereich des Dorfes wird an mehreren Stellen, teils durch das Dorf, teils durch die Industrie, Grundwasser gewonnen. In der Schützenwiese gelang die Installation eines PW von bescheidener Leistung (500 l/min); bei 17 m Schachttiefe wurden zwei wasserführende Kiesschichten durchfahren. Das Rückgrat der Wasserversorgung von Flawil bildet aber heute das Werk Niederbüren, das später besprochen wird. Dazu erhält Flawil noch den Ertrag der alten Quellwasserversorgung aus dem tief mit teilweise kiesig-sandiger Moräne bedeckten Berggebiet von Grobenetschwil–Alterswil–Egg.

Bezirk Wil

Der Werdegang der Wasserversorgung der Stadt *Wil* entspricht demjenigen der meisten größern Ortschaften. Der aus dem Tal von Roßrüti herfließende Bach, vor den Mauern des alten Städtchens zum Weiher gestaut, bildete die Stütze der ersten Versorgung. Dazu traten Quellen am Hofberg, später im Uerental, diese wohl genährt durch den Deckenschotter auf der Braunauer Höhe, und von Cholberg nördlich Bazenheid. Für die Grundwassergewinnung erwies sich das Wilerfeld als unergiebig. Die im Zusammenhang mit dem Bau der N 1 durchgeführten Sondierungen ergaben, daß es sich hier wesentlich um die Zuschüttung eines Stausees zwischen zwei Gletscherlappen handelte. Diagonalschichtung, massenhaftes Vorkommen von Sand und Silt bis in Tiefen von 50 m und mehr, bei nur

lokaler Kiesbedeckung, deuten in diese Richtung. Das versickernde Wasser der «Hochterrasse» (560–570 m) weicht auf die tiefern Böden der Thurau im E und von Dreibrunnen im W aus. In der Thurau gelang es, aus wenig einheitlichen Kies- und Sandablagerungen postglazialer Entstehung in einer Kette von Brunnen bis 9000 l/min zu gewinnen. Dabei kann es sich nicht um Infiltration von der Thur her handeln, die sich in neuer Zeit kräftig eingetieft hat. Im Gegenteil bemerkt man am Thurufer über Moräne Wasseraustritte in Richtung des Flusses. Nicht vergessen sei das PW Breitenloo im Talboden Wil–Roßrüti. Sondierungen im Gebiet Dreibrunnen ergaben einige Punkte in den dortigen Kiesen, wo die Anlage eines PW sich rechtfertigen würde.

Wenn die Versorgung von Wil auf absehbare Zeit gesichert erscheint, so sind die Verhältnisse der Nachbargemeinde *Bronschhofen* eher prekär und wegen der Teilung der Gemeinde in zwei Hälften ganz uneinheitlich. Das Dorf Bronschhofen versorgt sich aus Quellen bei Maugwil; Roßrüti beutet ein Quellgebiet bei Bocksloo aus, während der Weiler Truengen Quellen am Hang bei Eggwil besitzt. Die Ebene von Truengen ist ein altes Zungenbecken des Gletschers ohne jede Eignung für die Gewinnung von Grundwasser. Dagegen gelingt diese außerhalb der Kantonsgrenze am Anfang des Trockentals Wilen–Ägelsee.

Nördlich der Thur liegen die Gemeinden *Zuzwil* und *Niederhelfenschwil*, beide zur Hauptsache auf einem erhöhten Felssockel, der mit Moränen und Schottern überdeckt ist und sich an die Steilstufe des Nollen anlehnt. Die Schotterebene von Zuzwil entspricht dem Henauer Feld. Bei Weieren tritt an der Basis der Schotter reichlich Grundwasser in die Talebene über. Bei Grünegg, nahe der Durchgangsstraße Goßau–Wil, sind die Schotter weniger mächtig, und das Grundwasser ist näher an der Oberfläche. Es gelang dort die Installation eines kleinen PW. Ein Probeschacht am Thurufer wurde abgeteuft und verspricht eine Leistung von mindestens 1000 l/min. Dazu verfügt Zuzwil noch über Quellen am Nollenhang (Hagenbuech, Gruebholz). Das Dorf Züberwangen besitzt ein eigenes PW in der Thurau.

Der starken Quellen bei der Kobesenmühle, die Niederhelfenschwil versorgen, wurde schon gedacht. Lenggenwil und Zuckenriet besitzen neben Quellen am Nollen je ein eigenes kleines PW. Aus dem etwas versackten Waldgebiet des Nollen hervorbrechende

Quellen haben schon wiederholt verheerende Rutschungen im anschließenden Silthang der Berglehne verursacht.

Auch bei *Oberbüren* ist der Landstreifen nahe der Thur ohne Kiesbedeckung. Dafür konnte nahe beim Dorf ein PW erstellt werden. Das Quellgebiet Buechen ist gefährdet, doch sollte es aus naheliegenden Gründen nicht aufgegeben werden. Auf dem Plateau von Niederwil liegen zusammenhanglose Kiesmassen, die wohl aus der Zeit der Auflösung der letzten Gletscherreste stammen. Am E Dorfende gelang die Installation eines PW, das im Tag etwa 180 m^3 Wasser produziert. Harschwil und Niederglatt besitzen eigene Versorgungen.

Im Felde von *Niederbüren* scheinen sich die Grundwasser der Schuttkegel der Thur, des Dorfbaches und des Sorenbaches zu stauen. J. Hug schreibt in seinem Bericht, wie außerordentlich üppig dort in den Gräben die Brunnenkresse wuchs – ein Anzeichen für reichliches Grundwasser. Ein Zweckverband der Gemeinden Niederbüren, Flawil und Bischofszell schuf dort ein PW, aus dem man 10000 l/min erwartete. Die Eintiefung der Thur brachte aber eine Absenkung des Grundwasserspiegels und damit eine Verminderung der Leistung um etwa einen Drittel. Auch so bildet das PW die Hauptstütze der Versorgung von Flawil; auch Niederwil ergänzt seinen Bedarf aus der vorbeiführenden Druckleitung. Das Grundwasser steht schon in 1 bis 2 m u. T. an, während die wasserführende Kiesschicht 3 bis 5 m mächtig ist. Die Gewinnung geschieht durch horizontale Filterrohre. Schutzmaßnahmen zur Reinhaltung sind hier besonders wichtig (Düngung). Zu den Bestrebungen, dem PW wieder die volle Leistungsfähigkeit zurückzugeben, kann man auch die Korrektion des Thurlaufes rechnen.

Bezirk Goßau

Der Hauptort *Goßau* hat unlängst mit der Überschreitung der Einwohnerzahl von 10000 den Rang einer Stadt erklommen. Das bedeutet einen Wasserbedarf von über 4000 m^3 im Tag oder 1,5 Mio m^3 im Jahr. Diese Menge kann aus den eigenen Hilfsquellen an Grund- und Quellwasser noch bewältigt werden. – Die weitaus wichtigste Grundlage der Wasserversorgung bildet das Grundwasser des Feldes, das sich von der Sitter zur Glatt erstreckt und vom Schmelzwasser des Rheingletschers im Zürichstadium mit Kies/Sand zugeschüttet wurde. Wo das Schotterfeld durch das Tal der Glatt im W abge-

schnitten ist, trat früher der ganze Grundwasserstrom als Quelle aus – der Ortsname Kreßbrunnen kennzeichnet die hydrologische Lage auf das schönste. Trotz der starken Entnahme durch das Wasserwerk Goßau in zwei PW läuft bei Kreßbrunnen immer noch eine ansehnliche Wassermenge aus, die zum Teil für industrielle Zwecke gefaßt wird. Man kann mit einiger Sicherheit berechnen, daß das Goßauer Feld mit 2 km² Fläche, 120 cm Niederschlag und einem Versickerungsbeiwert von 0,5 im Jahr 1,2 Mio m³ spenden kann. Nimmt man dazu noch den Beitrag der seitlichen Gehänge mit 0,6 Mio, so ergeben sich annähernd 1,8 Mio m³. Davon fließen bei Kreßbrunnen mindestens 0,5 Mio m³ weg. Die Quellwasserversorgung aus verschiedenen Gebieten N und S der Ortschaft liefert das Fehlende. Im übrigen weiß man in Goßau wohl, daß die laufende Überbauung des Talbodens den Ertrag an Grundwasser schwächt. Man setzt sich auch zur Wehr gegen die Gründung von Kieswerken im östlichen Teil und betrachtet die Häufung von Öltanks bei Winkeln mit berechtigtem Mißtrauen. – Das aus dem Silthang bei Oberberg austretende Wasser hat dem Bau der N 1 große Schwierigkeiten bereitet und zur Verlegung des Trasses gezwungen.

Weit bescheidener sind die Ansprüche der kleinen Nachbargemeinde *Andwil*. Glücklicherweise ist es auch dort gelungen, in den Alluvionen des Dorfbaches ein PW mit einer Leistung von 600 l/min zu begründen. Dieses ergänzt den Ertrag verschiedener Fassungen am Westhang des Tannenberges.

Gaiserwald mit den drei Dörfern Abtwil, St. Josefen und Engelburg verläßt sich stark auf die Quellen aus dem Deckenschotter des Tannenberges. Abtwil beansprucht dabei den Südrand des Ätschberges mit den Quellen bei Burgstock und Tonisberg. Engelburg nutzt Quellen am Deckenschotter Hohentannen, besitzt aber daneben noch ein PW an der Sitter. Die Zunahme der Überbauung zwingt zu Wasserbezug vom Wasserwerk der Hauptstadt.

Waldkirch am Nordhang des Tannenberges war bis vor kurzem noch ganz auf den Deckenschotter angewiesen. Die sehr ergiebige Quelle Grimm genügt jedoch den heutigen Verhältnissen nicht mehr. Ein kleines PW in einer Kiesschüttung zwischen den Drumlins brachte einige Erleichterung. In jüngster Zeit schloß sich Waldkirch dem Zweckverband Berg-Häggenschwil-Wittenbach an und wird also mittelbar aus dem Seewasserwerk Arbon versorgt. Bei Bernhardzell verlief die Entwicklung ähnlich: Der Tugsteinquelle am Tannen-

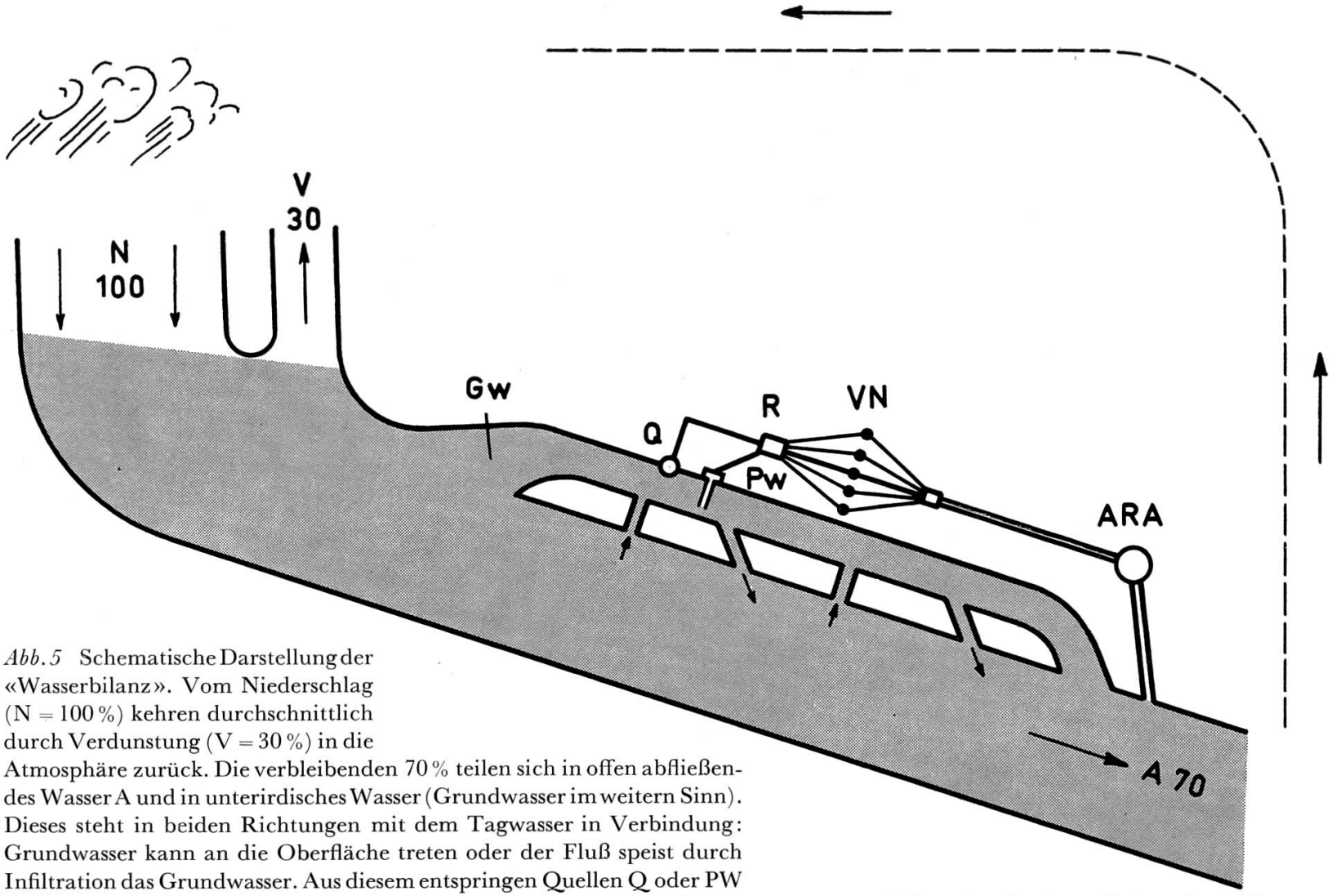


Abb. 5 Schematische Darstellung der «Wasserbilanz». Vom Niederschlag (N = 100 %) kehren durchschnittlich durch Verdunstung (V = 30 %) in die Atmosphäre zurück. Die verbleibenden 70 % teilen sich in offen abfließendes Wasser A und in unterirdisches Wasser (Grundwasser im weitern Sinn). Dieses steht in beiden Richtungen mit dem Tagwasser in Verbindung: Grundwasser kann an die Oberfläche treten oder der Fluß speist durch Infiltration das Grundwasser. Aus diesem entspringen Quellen Q oder PW heben das GW in das Reservoir R. Von dort gelangt das Wasser in das Versorgungsnetz VN und nach seinem Gebrauch als Abwasser in die ARA. Hernach fließt es weitgehend gereinigt zurück in den Fluß a. Das künstlich abgezweigte Wasser macht bei uns nur etwa 1 bis 2 % des Abflusses aus. Die gegenläufige Strömung erfolgt durch die Atmosphäre.

berg folgte die Installation eines kleinen PW in der Nähe des Dorfes, und jetzt geht die Fernwasserleitung vom Bodensee her durch den Ort.

IV. ANHANG

Einige Rechnungen

1. Ein *Bauernhof* besitzt einen Brunnen, der durchschnittlich 10 l/min Wasser liefert und dem Vernehmen nach auch bei lang andauernder Trockenheit nie ganz versiegt. 10 l/min bedeuten im Tag 14,4 m^3, im Jahr etwa 5000 m^3 Wasser. Diese Menge erfordert bei einem in der Voralpenzone normalen Niederschlag von 150 cm ein Einzugsgebiet von 1 Hektar = 10000 m^2. Da ungefähr ein Drittel des Niederschlags verdunstet, so bleiben für die Versickerung 100 cm, entsprechend 10000 m^3 für das Einzugsgebiet. Nehmen wir an, daß die Hälfte des Wassers in die Fassung gelangt, so ergibt das die verlangten 5000 m^3. Die wasserführende Lockerschicht, bei uns gewöhnlich oberflächlich verwitterter Fels plus Gehängeschutt, sollte imstande sein, nach einem ausgiebigen Regen einen Vorrat für 20 Tage = 300 m^3 Wasser zu halten, was je nach Porosität ein Volumen von einigen tausend m^3 voraussetzt. Wenn der Brunnen im Mittel 10 l/min liefert, so werden es unmittelbar nach einer starken Durchnässung wesentlich mehr sein, vielleicht das Doppelte. Was geschieht, wenn längere Zeit kein Regen fällt? Der Quellertrag geht zurück, bei guten Quellen langsam, bei andern schneller – in Abhängigkeit von dem Gefälle, der Porosität, der Jahreszeit, der Vegetation. Der Rückgang erfolgt ungefähr im Sinne einer Exponentialfunktion mit einem Halbwert von verschiedener Zeitdauer. Im untenstehenden Diagramm sind drei Kurven mit Halbwertzeiten von 2, 4 und 6 Tagen eingeragen. Im ersten Fall sinkt der Ertrag schon in 8 Tagen auf rund 1 l/,s, im zweiten Fall dauert es dazu 16 bzw. 24 Tage. Wenn der Brunnen noch 1 l/min liefert, so sind dies in 24 Stunden immerhin 1,44 m^3, die für die dringendsten Bedürfnisse der Familie und des Betriebs noch knapp genügen. Dauert dann die Trockenheit noch länger an, so beginnt der Notstand, der in unserm Klima nur selten eintritt. Normalerweise füllen Regenstöße den Vorrat immer wieder auf, so daß der Ertrag annähernd gleichbleibt.

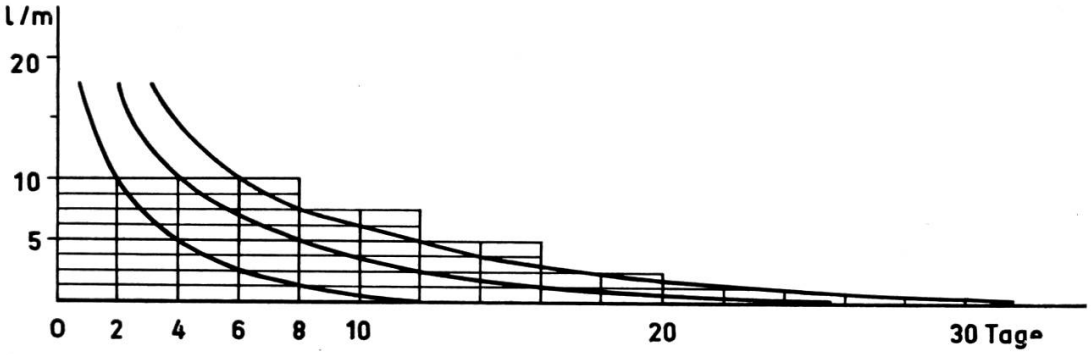


Abb. 6 Trockenwetterkurve einer Quelle mit verschiedenen Halbwertszeiten.

2. Der *Kanton St.Gallen* besitzt bei einer Fläche von 2016 km² eine Einwohnerzahl von 340000. Auf den km² trifft es also 170 Seelen. Wieviel Wasser steht uns zur Verfügung?

170 Einwohner brauchen bei einem Bedarf von 0,4 m³ täglich 68 m³ Wasser, im Jahr somit 24800 m³, in der Minute rund 50 l. Wenn die Niederschlagsmenge zu 150 cm (abzüglich 50 cm für Verdunstung) gerechnet wird, so fallen auf den km² 1000000 m³ Wasser. Die von den Einwohnern beanspruchte Menge ist also 2,5 % der «verfügbaren» Wassermenge. Wieviel Prozent es auf das im Boden versickerte Wasser trifft, hängt von den geologischen Bedingungen ab. – Für das ganze Kantonsgebiet sind solche Berechnungen illusorisch, da die Einzugsgebiete von Rhein und Linth zum großen Teil außerhalb der Kantonsgrenze liegen, uns deshalb viel mehr Wasser zur Verfügung steht als der Niederschlag auf eigenem Gebiet.

3. *Wasserverbrauch im Toggenburg.* Dem Hydrographischen Jahrbuch der Schweiz für das Jahr 1966, das überdurchschnittlich wasserreich war, kann man entnehmen, daß die Thur bei Schwarzenbach einen mittlern Abfluß von 26,3 m³/s oder 53,3 l/s/km² aufwies. Rechnet man als Einwohnerzahl des Einzugsgebietes 60000 einschließlich der Gäste des Kurgebietes, so ergibt sich ein Wasserverbrauch bei 400 l je Person und Tag von 24000 m³, entsprechend 270 l/s.

Die Thur führte 26,3 m³/s = 26300 l/s. Demnach benötigt die Wasserversorgung etwas mehr als 1 % des bei Schwarzenbach wegfließenden Wassers.

4. Für die Trinkwasserversorgung von 1 Mio Menschen aus dem Bodensee sind annähernd 450000 m³/Tag erforderlich. Der See erhält mit seinen 500 km² Fläche rund 500 Mio m³ Niederschlag, im Tag durchschnittlich also 1,37 Mio m³. Demnach verbraucht die Wasserversorgung etwa einen Drittel des Niederschlags auf das See-

gebiet. Bezogen auf das ganze Einzugsgebiet des Sees, 11 000 km², trifft es knapp 1,5 % des Zuflusses. Dieser Betrag wird sich in Zukunft wohl noch wesentlich erhöhen.

Blick in die Zukunft

Es wäre nicht uninteressant, eine Karte des Kantons zu entwerfen, in der die Anteile von Quellwasser, Grundwasser und Seewasser im Verbrauch der einzelnen Gemeinden durch Farben eingetragen würden. Sie würde so buntscheckig wie eine Karte der politischen Parteien! Die großen Ortschaften stützen sich heute überwiegend auf Grundwasser und Seewasser, einige Berggemeinden kommen mit Quellwasser aus, bei den meisten Gemeinden besteht ein Miteinander der verschiedensten Provenienzen. Bei vielen kommt dem Quellwasser nur noch untergeordnete Bedeutung zu, bei andern ist es noch Hauptstütze, mit Grundwasser als Ergänzung. Eindrucksvoll würde sich auf einer solchen Karte der Vormarsch des Bodenseewassers ausnehmen.

Versucht man, im Lichte der eben berechneten Zahlen einen *Blick in die Zukunft* zu tun, so möchte man wohl den beruhigenden Schluß ziehen, daß wir im Kanton St.Gallen – da die Wasserversorgung doch nur 1 bis 2 % des uns vom Himmel gespendeten Wassers beansprucht – eine Knappheit nicht zu befürchten brauchen, auch wenn die Ansprüche noch steigen sollten. Doch sind die Verhältnisse von Ort zu Ort verschieden. Es gibt Gemeinden, wo die Möglichkeiten der Wassergewinnung praktisch erschöpft sind und die für weitern Bedarf auf Zufuhr von außen angewiesen sind. Andere besitzen noch mehr oder weniger ausbaufähige Reserven. Zweifellos wird sich die Inanspruchnahme der Seen in Zukunft verstärken. Beim klassischen Grundwasser wäre da und dort durch Anreicherung bestehender Grundwasserfelder durch Bach-Fluß-Wasser einiges zu erreichen. Zu erwägen wäre auch die Anlage von Wasserspeichern in bewaldeten Bergtälern (etwa im Toggenburg), die die ungenügende Leistung der bestehenden Werke ausgleichen könnten. Als sicher darf gelten, daß der heutige Verbrauch von 400 bis 500 l pro Kopf und Tag in der Zukunft kaum überschritten werden kann. Unsere Nachfahren werden wieder eher die Tugend der Sparsamkeit lernen und üben müssen!

Wenn man sich demnach hinsichtlich der Wassermenge noch nicht allzu große Sorgen zu machen braucht, so bedeutet die Sorge

um die Reinhaltung der Quellen aller Art eine Verpflichtung, der man sich je länger desto weniger entziehen kann und der im nächsten Abschnitt noch einige Überlegungen gewidmet sein sollen.

Gewässerschutz

Daß dem Trinkwasser von verschiedenen Seiten her Gefahr droht, bedarf heute keiner besondern Begründung. Gewässerschutz ist als öffentliche Aufgabe anerkannt, und ein besonderes Amt ist zu seiner Betreuung eingesetzt.

Fast täglich liest man in der Zeitung Nachrichten über das Auslaufen von Mineralöl in Flüsse und Bäche oder vom Versickern von Heizöl in den Untergrund. Für die Fische ist Öl giftig, weshalb das Durchlaufen einer Ölwelle in einem Gewässer für den Fischbestand vernichtende Folgen haben kann. Für Trinkwasser gilt als Regel, daß 1 l Öl 1 Mio l Wasser ungenießbar macht. Es ist daher begreiflich, daß man versucht, die zwei unverträglichen Flüssigkeiten möglichst getrennt zu halten. Auf eidgenössischer Ebene sind 1968 Vorschriften in Kraft getreten, die den Schutz des Grundwassers vor Verseuchung mit Öl zum Ziele haben. Die neuen «Tankrichtlinien» sehen vor, das ganze Landesgebiet in drei Zonen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Sicherung gegen Ölunfälle einzuteilen. Zone A betrifft besonders wertvolle Grundwassergebiete, wo die schärfsten Maßnahmen (Leckschutz durch Auffangwannen) vorgeschrieben sind. Wo weniger ergiebiges Grundwasser in Frage steht (Zone B), will man sich mit Leckwarnung begnügen, das heißt, es werden Einrichtungen verlangt, die das Ausfließen von Öl anzeigen. In der Zone C schließlich gelten die allgemeinen Vorschriften, zum Beispiel die, daß alle neuen Ölbehälter in Keller oder dergleichen eingebaut werden müssen. Die Abgrenzung der Zonen ist keineswegs einfach. So muß auch Rücksicht genommen werden auf unsere ergiebigsten Trinkwasserspeicher: die Seen. Es ist klar, daß ein massiver Ölunfall im Rheintal oder in St.Gallen binnen weniger Stunden das ausgeflossene Öl in den Bodensee führen könnte. Auf der andern Seite hat es sich gezeigt, daß in den Boden eingesickertes Öl unter Umständen als zusammenhängende Linse festgehalten wird und sich nur schwach bewegt. Gegen Ölunfälle ist in neuster Zeit eine regelrechte Ölwehr aufgebaut worden.

Eine weitere, kaum weniger große Gefahr droht dem Wasser von der Seite des *Abwassers* und der Abfalldeponien. Man braucht nur an

die Verhältnisse der «guten alten Zeit» in der Stadt St.Gallen zu denken, wo sich die Sodbrunnen und die Gruben für alle Arten von Abgängen in idyllischer Nachbarschaft befanden. Gelegentliche Typhusepidemien wurden als Fügung des Himmels mit Ergebung erduldet, aber keinesfalls wurde dem Wasser schuld gegeben. – In der heutigen Zeit erwächst manchen Quellgebieten eine Gefahr durch die üppig ins Kraut schießenden Ferienhäuser, leider vielfach ohne Rücksicht auf das in ihrem Umkreis sich sammelnde Quellwasser. Daß Schweinemästereien großen Stils sich nicht mit der Nachbarschaft von Grundwasser-PW vertragen, dürfte auch Liebhabern von Schinken und Blutwürsten einleuchten. – Die Verschmutzung des Rheins, der schon von Graubünden her eine nicht unbeträchtliche Abwasserlast trägt, stellt eine potentielle Gefahr für die wichtigen rheintalischen PW dar.

Eine Gefahr droht vielen Grundwasservorkommen durch die *Kieswerke*. Grundwasser sammelt sich in Kies-/Sandschichten der Täler und Terrassen, nach denen auch die Bauwirtschaft mit ihrem enormen Bedarf an den gleichen Stoffen ihre Hand ausstreckt. Namentlich der Straßenbau verschlingt gewaltige Kubaturen an Kies. Im Kanton St.Gallen ist der Rhein ein willkommener Kiesbringer, wobei mit der laufenden Ausbaggerung auch die Hochwassergefahr gebannt werden kann. Wie früher ausgeführt, hat aber die Absenkung des Rheinspiegels wenig erfreuliche Folgen für die Gewinnung von Grundwasser in Rheinnähe. Im Thurgebiet mußte die Kiesgewinnung wegen der Verwilderung des Flusses abgestoppt werden. Dafür stehen dort erhöhte Terrassen (Schwarzenbach, Henau, Oberbüren, Niederbüren) zur Verfügung, die für die Grundwassergewinnung weniger wichtig sind. Im Toggenburg sind die Verhältnisse in dieser Hinsicht ausgesprochen prekär. Wo Kiesabbau und Grundwasser in Konkurrenz stehen – und das ist sehr oft der Fall –, kann ein Kompromiß in der Art gefunden werden, daß man der Kiesausbeutung mindestens 2 m über dem Grundwasserspiegel Halt gebietet. Es bedarf keiner besondern Begründung, daß das Wiederauffüllen von Baggerseen mit Kehricht, Bauschutt und industriellen Abfällen verboten wird. Fraglich ist, ob die Schlacken der Kehrichtverbrennung über Grundwassergebiet gelagert werden dürfen oder nicht.

Für die Grundwasser-PW werden *Schutzzonen* vorgeschlagen oder verlangt. Dabei umfaßt eine engere Zone von 10 bis 20 m Radius die unmittelbare Umgebung der Anlage, die durch Einzäunung mei-

stens jeder Nutzung entzogen wird. In einer weitern Schutzzone mit einem Bereich von 100 m sollten Gülledüngung, ferner Bauten und Kiesentnahme vermieden werden. Daß das Versickern von Abwasser in diesem Bereich nicht statthaft ist, versteht sich von selbst. Auch auf die weitere Umgebung der PW, namentlich in die Richtung der Herkunft des Wassers, sollte sich die Aufmerksamkeit erstrecken. Die beste Lösung bestünde in der teilweisen oder totalen Aufforstung des Einzugsgebietes, was freilich meistens nicht zu erreichen ist.

Besondere Bedeutung kommt im Gewässerschutz der *Klärung der Abwässer* zu. In dieser Hinsicht darf sich unser Kanton sehen lassen, indem schon ein großer Teil der Ortschaften einer ARA angeschlossen ist. In einigen Fällen haben sich regionale Verbände zu diesem Zwecke gebildet, so im Bereich Rorschach–Unterrheintal–Appenzeller Vorderland. Daß mit diesen vielen und teuren Werken die Abwasserlast der Flüsse und Seen vermindert wird, entspricht einer unabweisbaren Notwendigkeit. So besteht die Hoffnung, daß der bejammernswerte Zustand der Gewässer sich nicht nur nicht weiter verschlimmert, sondern sich zum Bessern wendet.

Fast ebenso wichtig ist die systematische Beseitigung der festen Abfälle unserer Zivilisation durch Anlagen zur Kehrichtkompostierung und -verbrennung. Eine besondere Aufgabe bildet die gefahrlose Lagerung ausgesprochen giftiger Abfälle, wie sie etwa in galvanischen Anstalten anfallen.

Chronologisches Verzeichnis der Grundwasser-PW

Einer Zusammenstellung des Amtes für Gewässernutzung entnehmen wir folgende Daten:

bis 1910	Brauerei Stocken, Thal (Feldmoos), Goßau (Mooswies), St.Margrethen (Bruggerhorn)
1911–1920	Breitfeld (Straubenzell), Marbach, Oberriet, Plons, Unterterzen (Zementfabrik), Kaltbrunn, Uzwil (Bettenau), Flawil (Schützenwiese), Goßau (Hirschenstraße)
1921–1930	Wittenbach, Muolen (2), St.Margrethen–Rheineck–Thal, Rebstein, Rapperswil (Hanfländer), Ebnat, Uzwil (Thurau), Wil (Breitenloo), Viskose Widnau
1931–1940	Berneck, Diepoldsau (2), Widnau, Altstätten, Bad Ragaz, Mels (Bleiche), Walenstadt, Weesen, Benken, Schmerikon, Wagen (Rüti ZH), Ebnat-Kappel, Kirch-

	berg (Fetzhof), Zuzwil (Weieren), Andwil, Böschenbach (Mogelsberg, Degersheim, Herisau), Mosnang
1941–1950	Breitfeld (Konservenfabrik), Tübach, Au (Zweckverband Mittelrheintal), Salez, Grabs, Buchs, Sargans, Murg, Eschenbach (Balmen), Wattwil (Rickenhof), Brunnadern, Dietfurt, Mühlrüti, Oberuzwil, Uzwil (Thurau und Rifenau), Wil (Thurau), Züberwangen, Oberbüren, Niederwil, Niederbüren (Flawil/Bischofszell), Goßau
1951–1960	St.Gallen (Färberei Sittertal, Hausmann AG, Filtrox), Au (Lagerhaus), Rüthi/Büchel, Buchs (SBB, Schwimmbad, Acima), Sevelen, Weite, Sargans (SBB, Malerva), Vilters, Au/Quinten, Uznach, Schmerikon (Herbag), Jona (2), Rapperswil (Bußkirch), Eschenbach (Rüeggenschlee), Neu St.Johann, Ebnat-Kappel, Wattwil (Bunt), Necker (Oberhelfenschwil, Lichtensteig), Unterrindal (Kirchberg, Lütisburg), Uzwil (Niederstetten)
1961–1970	St.Gallen/Breitfeld (Erw.), Au (Rosenbergsau), Rüthi (Batteriefabrik), Unterrindal (Erw.), Ganterschwil (Letzi), Flawil (Hubatka), Goßau (Oberdorf), Dreien, Rüthi (Verlegung), Uzwil (Rudlen) Krießern (Verb. Mittelrheintal)

Die Nutzung des Grundwassers beginnt mit der Wende zum 20.Jahrhundert und verstärkt sich in den folgenden Jahrzehnten. Nachdem die vorhandenen Möglichkeiten weitgehend ausgeschöpft sind, beschränkt sich die Entwicklung mehr auf den Ausbau bestehender Anlagen.

LITERATUR

WUNDT, W.: Gewässerkunde. Springer 1953.
THURNER, A.: Hydrogeologie. Springer 1967.
TODD, D. K.: Groundwater Hydrogeology. New York 1960.
HEIM, ALBERT: Geologie der Schweiz. 1920.
FRÜH, JAKOB: Geographie der Schweiz. 1928.
PENCK, A., und BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. 1909.
Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: Hydrogeogr. Jb. der Schweiz.
JÄCKLI, H.: Die hydrogeologische Karte der Schweiz. Ecl. geol. Helv. Vol. 60, 2, 1967. Erhaltung, Anreicherung und Schutz des Grundwassers. ORL-Institut ETH 1968.
HUG, JAKOB: Grundwasser im Kanton St.Gallen. Manuskript 1960.
HUG, J., und BEILICK, A.: Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich. Beitr. geol. Karte der Schweiz, geotechn. Serie 1934.
WEBER, A.: Die Grundwasserverhältnisse im Kanton Thurgau. Mitt. Nat. Ges. Thurgau 1953.
KRAPF, PH.: Die Geschichte des Rheins zwischen Bodensee und Ragaz. Schr. des Vereins f. Gesch. des Bodensees, Heft 30, 1901.
KRASSER, L.: Grundwasservorkommen des Vorarlberger Rheintals. Mitt. der Geol. Ges. Wien, Bd. 48, 1955.
WEBER, EUGEN: Neuere Untersuchungen der Therme von Pfäfers. Ecl. geol. helv. Vol. 52, 2, 1959.
NÄNNY, P.: Schutz der Grundwasserfassungen. Bull. schweiz. Gas- und Wasserfachm. Nr. 3, 1966.
MÄRKI, E.: Generelle Wassergütekarte der Schweiz. Inst. f. Landesplanung ETH 1966.
ANDRESEN, H.: Beitrag zur Morphologie des östlichen Hörnliberglandes. Ber. St.Gall. Nat. Ges., Bd. 78, 1964.

Geologische Karten des Kantonsgebietes

Molassegebiet:
GUTZWILLER: Bl. IX der Generalkarte.
FALKNER, C.: Rheingletscherzungen zwischen St.Gallen und Aadorf, 1910.
FALKNER, C., und LUDWIG, A.: Umgebung von St.Gallen, 1901.
LUDWIG, A.: Bl. Degersheim des Geol. Atlas.
SAXER, F.: Bl. Gais und Rorschach des Geol. Atlas, 1960.
HABICHT, K.: Subalpine Molasse, Beitr. geol. Karte 1945.

Säntisgebiet:
HEIM, ALBERT, 1905.
HEIM, ARNOLD: Westlicher Teil.
BLUMER, E.: Ostende des Säntisgebietes.
SCHLATTER, L. E.: Zentrales Säntisgeb. 1:10000 (Ms.).

Churfirsten:
HEIM, ARNOLD, 1906.

Alviergruppe:
HEIM, ARNOLD, 1915.

Sarganserland:
OBERHOLZER, JAKOB: Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein, 1920.
– Kanton Glarus, 1942.

Geologische Generalkarte 1:200000: Bl. 3 (Zürich–Glarus); Bl. 4 (St.Gallen–Chur).