©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at.

Vergleichende physikalische uud biochemische Untersuchungen von Grund- und Quellwässern in Kärnten

Von Ingo Findenegg, Klagenfurt

(Mit vier Abbildungen im Text.)

I. Problem, Umfang und Methodik.

Das sich im Grundwasserstrom bewegende Wasser und in der Folge auch die Quellbäche und kleineren oberirdischen Wasserläufe erhalten ihr physikalisches und chemisches Gepräge bekanntlich durch Auflösung und Mitführung von Stoffen aus dem Boden, durch den sie als Niederschläge sickern. Der dieser Arbeit zugrunde liegende Gedanke war, durch Untersuchung einer möglichst großen Anzahl von Brunnen, Quellen und kleineren oberirdischen Wasserläufen eine Beziehung herzustellen zwischen der Bodenbeschaffenheit, insbesondere dem Nährstoffgehalt für die Pflanzen, und den physikalisch-chemischen Eigenschaften des Grundwassers in diesen Gebieten. Es sollte sozusagen das Wasser einer Gegend zum Indikator ihrer Bodenbeschaffenheit gestempelt werden. An die Ergebnisse einer solchen Untersuchung dürfen, das ist von vorneherein klar, nicht zu große Erwartungen geknüpft werden, denn der Gehalt des Grundwassers an gelösten Stoffen kann wegen der verschieden starken Löslichkeit der Bodenbestandteile niemals ein getreues Abbild einer quantitativen Bodenanalyse sein, worüber wir ja auch durch ältere Untersuchungen, so von K. Dittrich („Über die chemischen Beziehungen zwischen den Quellwässern und ihren Ursprungsgesteinen", Mitt. Großh. Bad. Geol. Land.-Anstalt IV., 1901) unterrichtet sind. Dazu kommt, daß auch in ein und demselben Wasserträger die Menge der gelösten Substanzen an verschiedenen Punkten des Grundwasserstromes doch verschieden sein kann, weil diese auch von der Dauer und Innigkeit der Berührung des Wassers mit dem Wasserträger, also von der Wasserwegigkeit des Trägers und der Länge und Geschwindigkeit des Grundwasserstromes abhängt. Auch die Temperatur spielt eine Rolle,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

doch fällt dieser Faktor bei meinen Untersuchungen mit einer einzigen Ausnahme (Therme von Warmbad Villach) nicht ins Gewicht.

Wenn es also auch nicht möglich ist, auf Grund einer Untersuchung an einem Grundwasseraufschluß (Brunnen oder Quelle) die Wasserbeschaffenheit an einem anderen Punkt des gleichen Wasserträgers genau vorherzusagen, so schaffen doch in großen Zügen ähnliche Böden ähnliches Grundwasser, so daß dieses doch in den meisten Fällen als Indikator der Bodenbeschaffenheit angesprochen werden kann. Dazu ist allerdings notwendig, eine größere Anzahl von Grundwasseraufschlüssen zu untersuchen und die Ergebnisse vergleichend auszuwerten. Dies konnte im Rahmen meiner Untersuchungen nur dann ausgeführt werden, wenn auf die umständlichen, nur im Laboratorium ausführbaren maßanalytischen Methoden verzichtet wurde. Ich bediente mich fast ausschließlich feldmäßiger, kolorimetrischer und nephelometrischer Schnellmethoden, wie sie heute in der biologischen Süßwasserkunde allgemein angewendet werden, unter Verzicht auf große Genauigkeit. (Vergl. H. Müller: „Limnologische Feldmethoden, Int. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr. 1933, ferner Ohlmüller-Spitta: „Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers", Berlin 1931). Die pH Bestimmung erfolgte nach Czensny („Ein vereinfachtes Stufenkolorimeter für Wasseruntersuchung", Vom Wasser 1932). Die Bestimmung der Leitfähigkeit (k 18) wurde nach Pfleissner (Wasser und Abwasser 1910) durchgeführt.

Um möglichst ausgedehnte Erfahrungen zu sammeln, wurde die Untersuchung, die in Zukunft noch fortgesetzt werden soll, zunächst in zwei verschiedenen Richtungen vorwärtsgetrieben. Einerseits wurden Brunnen, Quellen und kleine Bäche der weiteren Umgebung von Klagenfurt immer wieder untersucht, um den Einfluß lokaler Verhältnisse und der Niederschlagsverteilung im Laufe des Jahreszyklus festzustellen, anderseits wurden an mehreren, weit voneinander abliegenden Gegenden Kärntens stichprobenartig Untersuchungen zwei- bis fünfmal im Jahre ausgeführt, um der eigentlichen Problemstellung näherzukommen. Es waren dies die Gegenden von Lienz, Spittal-Millstätter See, Villach, Oberes Gailtal, Weißensee, Gmünd, St. Veit, Friesach-Althofen, Klagenfurt-Wörther See, Rosenbach, Feistritz und Ferlach im Rosentale (Mittleres Drautal), Völkermarkt-Klopeiner See, Mießtal, Wolfsberg und Lavamünd im Lavanttale. Insgesamt wurden gegen vierhundert Wasserproben in der Zeit vom 1. April 1942 bis 31. März 1943 untersucht, davon rund 200 aus Bächen und Flüssen, 80 aus Quellen und 120 aus Ziehbrunnen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Eine Veröffentlichung des gesamten Zahlenmateriales würde zu viel Raum beanspruchen und hätte auch wenig Sinn. Eine Auswahl der gefundenen Werte kann aus den Tabellen und graphischen Darstellungen entnommen werden.

Während ich mich anfangs fast ausschließlich an Brunnen und Quellen als eigentliche Grundwasseraufschlüsse hielt, bezog ich bald auch Bäche und selbst kleinere Flüsse in die Untersuchung ein, da es sich immer mehr zeigte, wie sehr Brunnen durch die Lokaleinflüsse der nächsten Umgebung beeinflußt werden. Nur die wenigen Brunnen, die verhältnismäßig weit von Bauernhöfen oder gedüngten Gärten abseits liegen, eignen sich für regionale Untersuchungen. Weit bessere Resultate ergaben die Quellen, doch fehlen diese oft auf weiten Strecken in den Talböden. Aber auch die kleine Zahl der aus den Schottern austretenden Quellen des Klagenfurter Beckens läßt sich nicht so ohne weiteres mit jenen aus dem Gestein der Berghänge entspringenden in den Oberkärntner Tälern vergleichen, deren Wasser sich in Gesteinsklüften und Schichtfugen bewegt und daher nicht in so innigen Kontakt mit dem Wasserträger kommt, wie in den Schotter- und Sandböden der Ebene. Um also die verschiedenen Areale des Gaues untereinander vergleichen zu können, muß man sich notgedrungen auch an die oberirdischen Wasserläufe halten, die den Charakter der Böden wider Erwarten gut spiegeln, aus denen sie ihren Grundwasserzustrom erhalten. Dazu eignen sich natürlich kleine Bäche weit besser als große, weil bei jenen der Wassercharakter durch das vom Ufer zusickernde Grundwasser meist noch entscheidend beeinflußt wird, während bei großen Wasserläufen das aus dem Oberlauf stammende Wasser, das die dort herrschenden Bodenverhältnisse anzeigt, so sehr überwiegt, daß sich der lokale Grundwassereinfluß gar nicht durchsetzen kann. Am besten sind die Ergebnisse, wenn man die Zahlen, die sich bei der Untersuchung der Quellen, Brunnen und kleineren oberirdischen Wasserläufe ergeben, auf einander abstimmt und gemeinsam zur Beurteilung der Bodenverhältnisse heranzieht. So bin ich auch bei dem Entwerfen der Karte über den Stickstoffgehalt der Kärntner Böden, die am Ende dieser Arbeit besprochen wird, vorgegangen.

II. Wasserstoffionenkonzentration und Alkalinität

Die Brauchbarkeit von Untersuchungen über die Wasserstoffionenkonzentration (pH) der Grundwässer zur Beurteilung der boden- und gesteinskundlichen Verhältnisse hat bereits Stini dargetan. („Geologie und Bauweisen.“ 1935) Allerdings

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

spielt nach meiner Erfahrung dabei die Art des Wasseraustrittes aus dem Boden eine gewisse Rolle. Bei den Fließquellen („Rheokrenen" der biologischen Süßwasserkunde) und den Tümpelquellen (Limnokrenen) ist der Wasserstoffexponent in der Quelle gegenüber dem unterirdischen Wasser eine fast unveränderte Größe. Bei Sickerquellen (Helokrenen) hingegen, wie sie gerade in Tälern nicht selten sind, wird die Reaktion des Wassers zuweilen durch die Pflanzenbestände am Quellboden beeinflußt, so daß sie etwa durch Sphagnum saurer, bei starker Veralgung basischer sind, als es den Bodenverhältnissen des Einzugsgebietes der Quelle entspricht. Dies gilt auch für Bäche, wenn sie stark verkrautet oder auch nur veralgt sind, weil es dann während des Tages durch die CO_2-Assimilation zu einer Zerlegung des Bikarbonates kommt, was den pH des Wassers bedeutend erhöht. Bei wenig benutzten Brunnen sammelt sich im Brunnenschacht oft verwesungsfähiges Material an, so daß sich das stagnierende Wasser mit CO_2 anreichert, also saurer wird. Es ist daher verständlich, daß gegenüber den Untersuchungen von Quellen Brunnenwasser aus dem gleichen Wasserträger fast immer etwas tiefere pH-Werte liefert. Bei Berücksichtigung derartiger Fehlerquellen kann man aus dem pH gleichwohl manche Schlüsse ziehen, die sich allerdings meist mit jenen decken, die sich aus der Wasserhärte der Proben ergeben. Gegenüber diesen ist der pH wohl ein weniger verläßlicher Indikator der Bodenbeschaffenheit, er kann nach den üblichen Feldmethoden aber auch viel rascher und leicht an Ort und Stelle ausgeführt werden. Wasserstoffexponent und Härtebestimmung des Wassers zusammen ergeben jedenfalls die Möglichkeit, Inhomogenitäten des Bodens, die sich bei morphologisch einheitlichen Arealen vorfinden, mit großer Präzision festzustellen. Hiefür sei ein Beispiel aus dem Klagenfurter Becken angeführt.

Die zwischen dem östlichen Wörtherseeufer und der Stadt Klagenfurt gelegene Ebene (Abb. 1) wird im Norden (Falkenberg-Kreuzberg-Zug) und im Süden (Schrott- und Goritschnig-Kogel) von phyllitartigem Gestein umrahmt. Dieser Teil der Klagenfurter Ebene entspricht einer alten Talfurche, welche nach dem Zurückweichen des Draugletschers von Norden her durch die postglaziale Glan teilweise zugeschüttet und eingeebnet wurde, wobei westlich davon sich der Wörther See anstaute, der zunächst noch ein gutes Stück über den heutigen Ostrand gegen die niedrigen Phyllitkuppen der „Sieben Hügel" reichte. Durch Verlandung entstand in dieser Gegend ein Seggentorf, der vor längerer Zeit durch Entwässerung völlig trockengelegt wurde. Die Bodenmelioration und der Anbau haben zur Folge, daß man in diesem

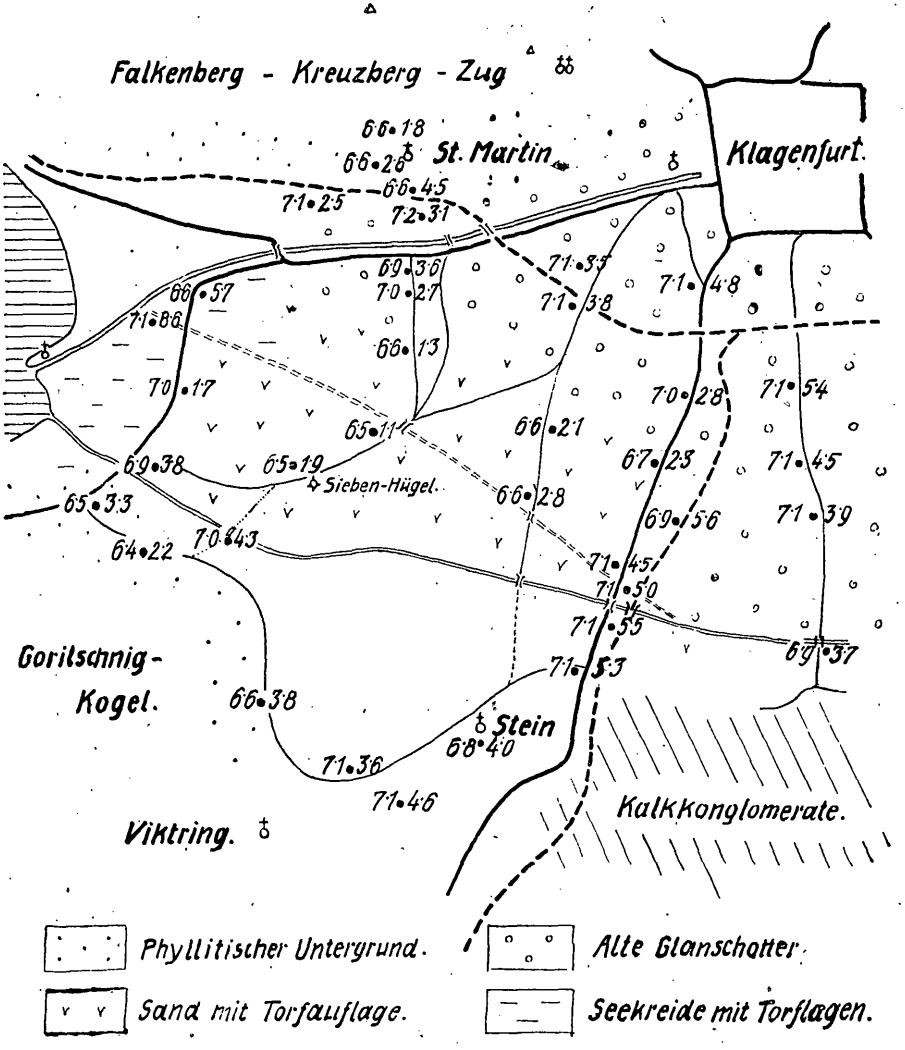
©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Gebiet heute nicht mehr die Grenzen zwischen den verschiedenen Bodenarten wie phyllitischer Gehängeschutt, Glanschotter, Glansand, Torfboden, Seekreide usw., ja kaum mehr die Existenz derartig verschiedener Bodenunterlagen feststellen kann. In den pH- und Alkalinitätswerten der einzelnen Brunnen können sie jedoch mit Leichtigkeit erkannt und gegeneinander abgegrenzt werden. In der Abb. 1 sind die Brunnen als schwarze Kreise eingetragen, die Zahl links davon entspricht dem pH, rechts davon der Alkalinität (Zahl der beim Titrieren von 100 ccm Wasser verbrauchten $^1/_{10}$ normalen HCl.). Die Arten des Bodenuntergrundes (Grundwasserträgers) sind in Sandgruben und ähnlichen Aufschlüssen festgestellt, die Abgrenzung gegeneinander erfolgte auf der Karte (Abb. 1) nach den Ergebnissen der Brunnenuntersuchung, wobei nachträglich stichprobenartige Kontrollen gemacht wurden, die die Ergebnisse der Wasseruntersuchungen bestätigten. Am Nord- und Südrand der Ebene zeigt zunächst ein pH von 6.4 bis 6.8 das Vorhandensein verwitterten, von den anschließenden Höhenzügen herabgeschwemmten phyllitischen Materiales an, dessen geringer Kalkgehalt nicht imstande ist, eine gewisse Versauerung des Bodens zu verhindern. Da aber das Wasser beim Durchsickern durch den Boden doch verhältnismäßig viel CO_2 aufnimmt, ist seine lösende Kraft für die an sich geringen Kalkmengen nicht unbeträchtlich, so daß die Alkalinität weit über 2, ja sogar 3 liegt. Verfolgen wir nun im Profil St. Martin—Viktring die Verhältnisse von Norden nach Süden, so zeigt sich zunächst ein Ansteigen der pH-Werte und der Alkalinität auf 7.1 bis 7.2 beziehungsweise 3 bis 5 in einer Zone, die von W nach O immer breiter wird und in der Höhe der inneren Stadt Klagenfurt fast die ganze Talbreite bis zu den Konglomeraten des Sattnitzzuges im S einnimmt. Es ist dies die Zone der Schotterböden, denen der aus dem Glantal nördlich Klagenfurt eingebrachte Schotterkegel der Glan zugrunde liegt. Die groben Geschiebe dieser Schotter enthalten zwar wenig Kalk, das Feinmaterial ist hingegen wesentlich kalkreicher, zumindestens kalkreicher als die erste Art von Böden, deren mineralische Grundlage die verwitterten Phyllite abgegeben haben.

Verfolgen wir nun unser Profil in der Abb. 1 von St. Martin nach Viktring weiter nach Süden, so beginnt südlich des Lendkanales, der den See mit Klagenfurt verbindet, ein neuerliches Sinken des pH, verbunden mit einem Rückgang auch in der Karbonathärte des Wassers. Das Minimum liegt nördlich und westlich der „Sieben Hügel", also im Zentrum des früheren „Weidmannsdorfer Moores", dessen Sandboden von Seggentorf überlagert ist. Es handelt sich hier um die nährstoffärmsten Gebiete des Kla-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 1. pH und Alkalinität der Brunnen im SW von Klagenfurt. Abhängigkeit vom Bodenuntergrund.



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

genfurter Beckens. Gegen W, also in Richtung auf das Wörthersee-Ufer, zeigt sich ein neuerliches Ansteigen der Alkalinität bei örtlich schwankendem pH. Es häufen sich nämlich hier im Bodenuntergrund organogene Sedimente, Seekreiden und dergl., wie sie sich noch heute am ufernahen Seeboden finden. Auf ihr Vorhandensein wurde ich erst durch die Wasseruntersuchung aufmerksam. So zeigt die in Abb. 1 dargestellte Gegend in geradezu mustergültiger Weise, wie in einer an Aufschlüssen armen, morphologisch recht einheitlichen Landschaft auf Grund einer Anzahl von pH- und Alkalinitätsbestimmungen am Grundwasser ein recht guter Einblick in die Bodengrundlagen gewonnen werden kann, der sonst nur durch ein Netz von viel umständlicheren und kostspieligeren Bohrungen oder Grabungen ermittelt werden könnte. Es ist nicht uninteressant, damit die Ergebnisse von Brunnen aus der bodenkundlich recht einheitlichen östlichen Hälfte des Klagenfurter Beckens zu vergleichen. Es seien einige Zahlen aus dem über 5 km langen N-S-Profil Drasendorf—Ebental genannt, das zur selben Zeit (Juni 1942) untersucht wurde, aus der auch die Werte für die Abb. 1 stammen.

	pH	Alkalinität
Brunnen in Drasendorf	7.1	4.52
„ „ Witternitz (ober der Terrasse)	7.0	5.40
„ „ Witternitz (unter der Terrasse)	7.1	4.30
„ „ Oberhaidach (Gasthof Linde)	6.9	4.25
„ „ St. Jakob (Westende)	7.0	4.32
„ „ Gradnitz (Bahnwärterhaus)	7.1	4.45
„ „ Ebental (Nordrand)	7.0	4.95

Den Bodenuntergrund bildet hier ganz einheitlich der Schotter der nacheiszeitlichen Glan, der wie schon erwähnt, wenigstens in seinen gröberen Teilen recht arm an Kalkgeschieben zu sein scheint. Es ist bemerkenswert daß das Grundwasser der Kalkschotterböden im Karawankenvorland des Rosentales südlich von Klagenfurt in der Hauptsache ganz ähnliche Werte liefert, oft sogar noch geringere Karbonathärte zeigen kann, wofür ich auch einige Belege mitteilen möchte:

	pH	Alkalinität
Brunnen in Strau (an der Draubrücke)	7.0	5.65
„ „ Unterbergen	7.1	3.28
„ „ Dollich (östlich Ferlach)	7.0	5.10
Quelle bei Resnig (obere Terrasse)	7.4	3.50
Quelle bei Resnig (untere Terrasse)	7.4	3.20

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die geringsten pH- und Alkalinitätswerte haben die Quellen, die aus gewissen Phylliten und Glimmerschiefern stammen, so jene der Görlitzen, des Ossiacher Tauernzuges, im Gurktale und anderwärts. Der pH geht hier aft auf 6.5, im Brunnen 6.4, die Alkalinität auf 0.60 herab.

Es erweist sich an dieser Stelle als notwendig, mit einigen Worten auf eine ältere Arbeit über die Grundwasserverhältnisse der Klagenfurter Umgebung einzugehen. (A. Brunlechner, „Das Grundwasser im Becken von Klagenfurt." Zeitschr. f. prakt. Geologie, Berlin 1893). Sie stützt sich, ebenso wie unsere Arbeit, auf Untersuchungen von gewöhnlichen Brunnen, es besteht also nicht die Gefahr einer Verwechslung mit allenfalls noch vorhandenen, tieferen Grundwasserstockwerken. (Die Frage nach dem Vorhandensein und den Eigenschaften von Grundwasserbewegungen in tieferen Horizonten des Bodenuntergrundes, die durch wasserundurchlässige Schichten von dem oberen Grundwasserhorizont getrennt sind und nur durch Bohrungen oder Tiefbrunnen aufgeschlossen werden, bleibt somit hier außer Betracht. Sie hat mit unserer Problemstellung nichts zu tun.) Brunlechners Untersuchungen über die Grundwasserspiegelschwankungen an neun Brunnen, dem Wörther See und dem Lendkanalpegel unter Heranziehung älterer Beobachtungen Seelands führen ihn zu der Ansicht, daß im Klagenfurter Becken vier Grundwasserströme bestünden: 1. das Weststrombecken, dessen Grundwasserstrom in der Hauptsache aus dem Wörther See durch Infiltration der Seeufer sich bildet und durch Zuflüsse von den nördlichen und südlichen Beckenrändern, aus dem Viktringtale, zum Teil auch durch Infiltration vom Lendkanal her vergrößert wird. 2. Die „Separatmulde" nordöstlich Weidmannsdorf, die durch stationären Wasserstand innerhalb langer Zeiträume aus dem Rahmen des Weststrombeckens herausfällt, was durch Annahme einer unterirdischen Barre nordöstlich von Weidmansdorf erklärt wird. 3. Das Nordstrombecken, dessen Wasserstände durch den Glantal-Grundwasserstrom beherrscht werden, der mit einem Niederschlagsgebiete von 600 km² den „weitaus wichtigsten" Grundwasserzufluß des Klagenfurter Beckens bedeuten soll, und 4. die „Wasseretage" südlich der Stadt Klagenfurt, mit einem schwachen Grundwasserspiegelgefälle gegen Südost, das unter dem Einfluß des Nord- und auch des Weststromes steht.

Vergleichen wir diese Ansichten Brunlechners mit unseren Ergebnissen, besonders hinsichtlich der in unserer Abb. 1 dargestellten Verhältnisse im „Weststrombecken", so ergibt sich sofort, daß jene in keiner Weise bestätigt werden. Brunlechners Zentrum des Weststrombeckens zeigt die niedrigsten Alkalinitäts-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

und pH-Werte, dies ist unverständlich, wenn man annimmt, daß sich hier der mächtige Grundwasserstrom aus dem Wörther See mit jenen der Talhänge vereinigt, denn alle diese „Ströme" besitzen in den peripheren Teilen des Beckens einen viel höheren Karbonatgehalt, müßten also auf ihrem Wege gegen die „Sieben Hügel" zu entweder entkalkt oder durch eine doppelt bis dreifach so große Menge von sehr karbonat armem Wasser verdünnt werden. Die Herkunft derartiger Mengen von karbonatarmem Wasser bliebe rätselhaft, da hierfür höchstens die Sickerwässer einer nur wenige Quadratkilometer großen Bodenfläche in der Umgebung der „Sieben Hügel" in Betracht kämen. Die Kartenabbildung 1 legt vielmehr eine ganz entgegengesetzte vornehmliche Strömungsrichtung nahe, nämlich ein langsames Abgleiten von Grundwasser aus dem Gebiete der „Sieben Hügel", also aus dem Zentrum des „Weststrombeckens" heraus nach Norden gegen den Lendkanal, nach Süden und Südosten gegen die Glanfurt und sogar etwas nach Westen gegen das Wörthersee-Glanfurt-Gebiet zu. In diesen Richtungen besteht nämlich eine Zunahme der Wasserhärte und des pH, welches durch langsame Fortbewegung in einem immer kalkreicher werdenden Boden verständlich erscheint. Diese Annahme ist wohl auch mit den Geländeverhältnissen besser vereinbar, abgesehen davon, daß der Einfluß eines Grundwasserzustromes an den Wörthersee-Ufern und am Lendkanal unverkennbar ist. Wörther See und Lendkanal sind also, von Zeitpunkten ungewöhnlicher Witterungsverhältnisse abgesehen, nicht Infiltrations-, sondern Entwässerungszentren für das angrenzende Land, wie die Glanfurt. Zur Arbeit Brunlechners muß außerdem bemerkt werden, daß die Annahme von Grundwasserströmen, die sich auf große Entfernungen hin parallel zu den oberirdischen Wasserläufen bewegen, abwegig ist. (Man vergleiche Brunlechners Tafel III, in der die angenommenen Strömungsrichtungen durch Pfeile angedeutet werden.) Nach meinen Erfahrungen bewegt sich das Grundwasser fast immer mehr oder weniger in Richtung auf die Flußufer zu, höchstens etwas schräg zu ihnen. Es soll nicht in Abrede gestellt werden, daß unter besonderen Verhältnissen, wie wasserundurchlässiger Beschaffenheit der Ufer, etwa durch Dichtschlämmung des Flußbettes, der Eintritt des Grundwassers in den Fluß streckenweise verhindert und dieses zu einem langsamen Abfließen parallel zum Flußlauf gezwungen wird. Dies ist jedoch bei den Verhältnissen im Klagenfurter Becken recht unwahrscheinlich und könnte auch niemals jene Ausmaße annehmen, wie sie Brunlechner seinem „nördlichen Grundwasserstrom" zuschreibt, der die „Bodenwässer eines Niederschlagsgebietes von 600 km²" in das Nordstrombecken Klagenfurts parallel zum Glanfluß und unmittelbar neben

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

diesem einbringen soll. Brunlechner hat seine Beobachtungsbrunnen im wesentlichen in zwei Längsprofilen (Loretto—Lindenhain entsprechend dem „Weststrom" und Waisenhauskaserne—St. Ruprecht entsprechend dem „Nordstrom") ausgewählt und zieht überhaupt nur Strömungen im Sinne dieser Profile in Betracht. Er übersieht dabei, daß der Grundwasserspiegel nicht nur ein Gefälle im Sinne dieser Längsprofile, sondern zumeist ein noch viel ausgesprocheneres im Querprofil der Talfurche besitzt. Die Strömungsrichtung des Grundwassers in den einzelnen Punkten ergibt sich aus dem Zusammenwirken dieser beiden Komponenten.

Aber auch auf dem verhältnismäßig kurzen Wege, den das Grundwasser vom Talrand bis zum Flußbett, in das es dann schließlich einmündet, zurücklegt, wird seine physikalisch-chemische Beschaffenheit in allen Punkten durch jene des von oben hinzutretenden Sickerwassers beeinflußt, das ihm bis zu einem gewissen Grade seinen Stempel aufdrückt. Diese beiden Feststellungen waren notwendig, um nicht etwa die Vorstellung aufkommen zu lassen, wonach wir aus der physikalisch-chemischen Beschaffenheit einer Grundwasserprobe von Annabichl oder der Waisenhauskaserne mehr von der Bodenbeschaffenheit im Zollfeld oder der Gegend von St. Veit erfahren würden, als von der in der nächsten Umgebung des Brunnens, wie man nach dem Lesen der Abhandlung von Brunlechner meinen könnte. Ich habe in allen Fällen die Beobachtung gemacht, daß Brunnenwasser weit mehr von der Eigenschaft des Bodens in der nächsten Umgebung des Brunnens, vor allem jenes Teiles, der bergwärts von ihm liegt, beeinflußt wird als von der Beschaffenheit jener ferneren Gebiete, aus denen der „Grundwasserstrom" kommt.

III. Die Leitfähigkeit.

Nicht weniger interessant als die Beziehungen zwischen pH und Alkalinität im Grundwasser ist das Verhältnis dieser zur Leitfähigkeit. Da sich aus der Alkalinität der Gehalt des Wassers an Karbonat errechnen läßt und für diesen die Leitfähigkeit bekannt ist, kann man aus der Differenz auf die Menge der übrigen gelösten Stoffe schließen. In der Abb. 2 ist dies für eine Anzahl von Quellen in graphischer Darstellung gezeigt. Als Abszisse ist die Leitfähigkeit bei Zimmertemperatur (k_{18}), als Ordinate die Alkalinität umgerechnet auf Karbonat ($CaCO_3$ mg/l) eingetragen. Die vom Nullpunkt schräg nach rechts oben ansteigende, nur sehr schwach gekrümmte Kurve entspricht jenen Werten, bei denen die elektrische Leitfähigkeit ausschließlich durch den Karbonatgehalt des Wassers bedingt wäre. Je größer also der waagrechte Abstand eines eingezeichneten Punktes (Quelle) von der Kurve,

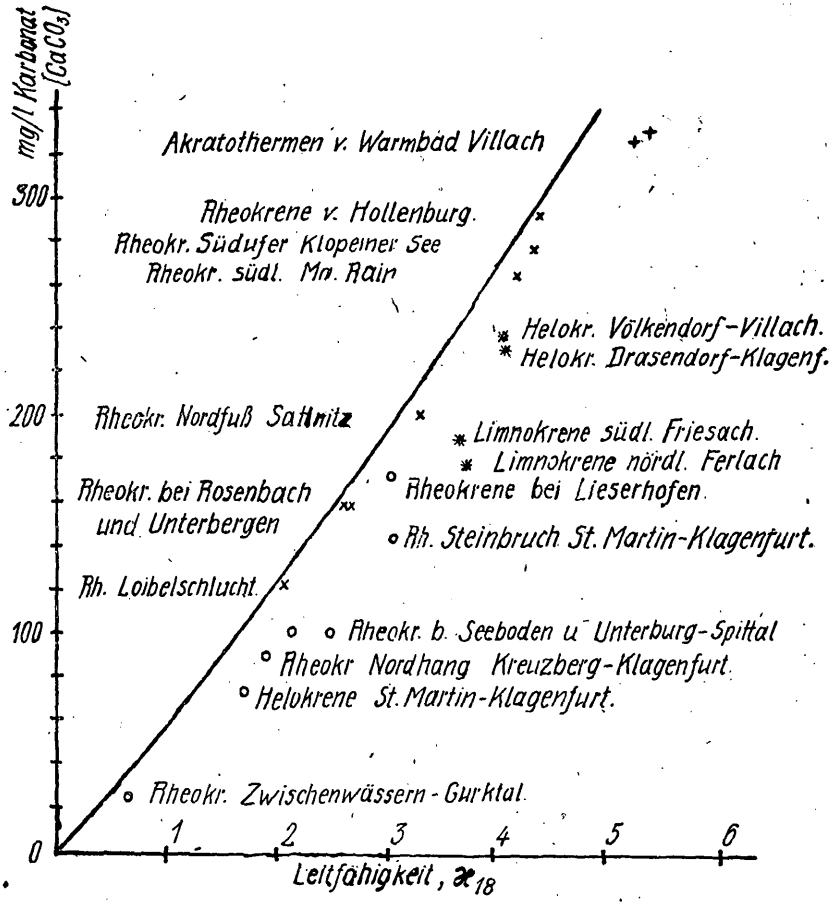
©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

desto größer ist der Gehalt des Wassers an Nicht-Karbonaten. Die in der Abb. 2 eingetragenen Punkte entsprechen Vertretern typischer Quellen der Kärntner Tal- und Hügelstufe, die nach den hauptsächlich in Betracht kommenden Bodenarten in drei Gruppen geteilt sind: 1. Quellen, deren Einzugsgebiet kalkigen Untergrund aufweist, wie Sattnitzkonglomerat, analoge Bildungen aus dem Jauntale, Gehängeschutt aus den Karawanken und den Gailtaler Alpen. Diese sind mit x bezeichnet. Sie haben zwar im allgemeinen einen beträchtlichen Karbonatgehalt (von 150 mg pro Liter aufwärts), enthalten aber außerdem nur mehr ganz geringfügige Mengen anderer Elektrolyte. Daher fallen manche Punkte in der Abb. 2, die dieser Quellgruppe entsprechen, fast in die Kurve. Bei Quellen, die direkt aus Felsboden entspringen, deren Einzugsgebiet daher auch so gut wie keinen Obergrund trägt, ist die Menge der Nicht-Karbonate im Durchschnitt noch geringer. In dieser Gruppe gibt es nur eine Ausnahme, nämlich die Therme von Warmbad Villach (+), die als Akratotherme zwar keineswegs den Rahmen der Abb. 2 sprengt, unter den Kalkquellen aber doch wegen der höheren Temperatur (28° C) ungewöhnlich viel Nicht-Karbonate und natürlich auch Karbonat führt. Interessant ist auch, daß die Quellen aus den Karawanken (Rosenbach, Unterbergen) oft einen niedereren Karbonatgehalt aufweisen als jene, die aus tertiären Konglomeraten austreten. Auch dies hängt sicherlich mit der geringen Mächtigkeit des Oberbodens in den Kalkgebirgen zusammen, der noch dazu einen geringen Humusgehalt aufweist. Dies hat zur Folge, daß die Sickerwässer nur wenig CO_2 aufnehmen können und sich daher die Bildung des Hydrokarbonates, die ja der Lösung des $CaCO_3$ zugrundeliegt, in sehr bescheidenen Grenzen hält.

Einen wesentlich höheren Nichtkarbonatgehalt zeigen die Quellen der zweiten Gruppe an. Der Untergrund ihres Einzugsgebietes sind phyllitartige Diaphthorite, Glimmerschiefer und Gneise Sie sind in der Abb. 2 mit einem Kreis eingezeichnet. Ihr Karbonatgehalt ist wegen der Kalkarmut ihres Bodens wesentlich geringer, stets unter 200 mg/1. Aber eben darum tritt der Gehalt an Nichtkarbonaten, der absolut genommen jene der Gruppe 1 nicht sehr übertrifft, prozentuell viel stärker hervor. Über die Art der gelösten Stoffe gibt die Leitfähigkeitsbestimmung bekanntlich leider keinen Aufschluß. Feldmäßige Untersuchungen auf SiO_2, Chlorid und Sulfation, Eisen und Stickstoff lassen vermuten, daß es in erster Linie Aluminiumverbindungen sein werden, die den relativ hohen Elektrolytgehalt bewirken, in einzelnen Fällen spielt wohl auch das Nitrat eine entscheidende Rolle. Natürlich ist auch der Kieselsäuregehalt wesentlich verschieden. Während

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Karbonatgehalt [berechnet als $CaCO_3$] und elektrische Leitfähigkeit von Quellen aus verschiedenen Böden Kärntens.



× Quellen aus Kalkböden, ○ aus kristallinen Schiefern,
✱ aus fluvioglazialen und alluvialen Böden. Sommer 1942.

Fig. 2.

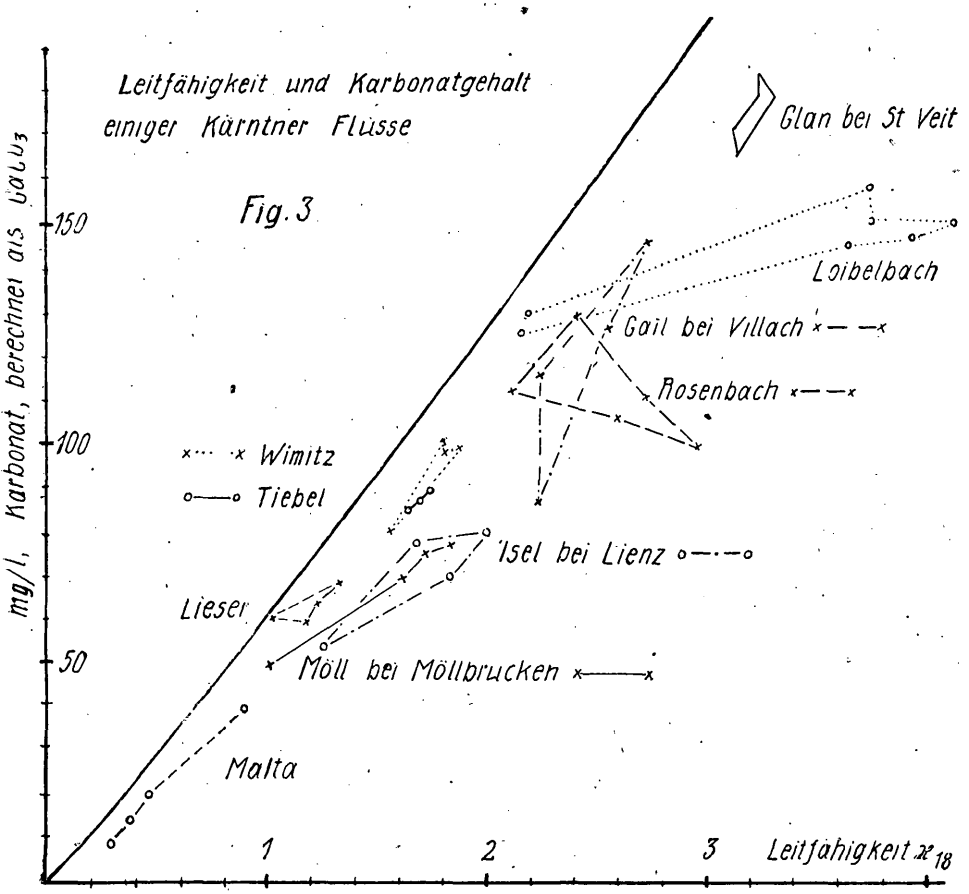
©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

der SiO_2-Gehalt der Quellwässer aus der Gruppe 1 in den meisten Fällen nur 2—3 mg/l beträgt, liegt er bei der Gruppe 2 um 10 mg/l. Der Chlorid- und Sulfatgehalt ist bei beiden Quellarten so gering, daß er vernachlässigt werden kann. Eisen kommt in dem Wasser der zweiten Quellgruppe zwar in größerer Menge, aber selten über 0.01 mg/l vor. Wesentlich höher ist bei dieser Gruppe zumeist auch der Nitratgehalt, doch hängt er nicht vom Bodenuntergrund ab, er kann vielmehr auch in den Silikatböden sehr gering sein, worauf ich noch ausführlich zurückkomme.

Die dritte Gruppe umfaßt Sicker- und Tümpelquellen, die meist am Füße von Terrassen, aus alten Grundmoränen und ähnlichen Ablagerungen entspringen, also Quellen, deren Wasser in lockerem Material lange Wege zurückgelegt hat. Sie stehen hinsichtlich ihres Karbonatgehaltes in der Mitte zwischen der ersten und zweiten Gruppe (etwa 200—250 mg/l Karbonate). Hinsichtlich der Nichtkarbonate gleichen sie aber jenen der zweiten Gruppe oder übertreffen diese sogar noch etwas. Sie sind in der Abb. 2 mit einem Sternchen bezeichnet. Ihr Wasser zeigt Anklänge an das Verhalten der Brunnen, deren gesamte Leitfähigkeit wie auch Gehalt an Karbonation nicht selten über jene der Quellen weit hinausgeht, was wohl damit zusammenhängt, daß auch hier ein sehr langsam fließender und mit dem Wasserträger in innigem Kontakt stehender Grundwasserstrom aufgeschlossen wird. Hinsichtlich der Nichtkarbonate kommt natürlich noch hinzu, daß der Boden in der Nähe von Hausbrunnen oft mit Natur- oder Kunstdünger intensiv behandelt wurde, so daß der Elektrolytgehalt in einzelnen Fällen bis zu 50% auf Kochsalz beruht. Auch der Stickstoffgehalt kann gegenüber abseitsliegenden natürlichen Grundwasseraustritten des gleichen Wasserträgers auf den mehrfachen Wert erhöht sein.

Mit Rücksicht auf die oben angeführte Überlegung, daß auch noch Bäche und selbst kleinere Flüßchen bis zu einem gewissen Grade auf die Bodenbeschaffenheit ihres Oberlaufes Schlüsse erlauben, habe ich auch Leitfähigkeits- und Alkalinitätsbestimmungen an oberirdischen Wasserläufen in den untersuchten Teilen Kärntens durchgeführt. Natürlich liefern die erhaltenen Zahlen sozusagen nur einen Mittelwert der Beschaffenheit aller im Einzugsgebiete des Flüßchens vorhandenen Grundwasserströme, bzw. der Gebirgsfeuchtigkeit der Talhänge. Da aber viele Täler ein verhältnismäßig einheitliches petrographisch-bodenkundliches Gepräge tragen, sind solche Untersuchungen keineswegs unnütz. In der Abb. 3 habe ich daher auch eine Zusammenstellung einiger bezeichnender Nebenflüsse der Drau in dem Verhältnis: Karbonat — zu Gesamtelektrolythgehalt

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



gegeben. Für jeden Wasserlauf sind drei bis sieben Punkte, entsprechend den zu verschiedenen Jahreszeiten ermittelten Werten, eingetragen und ihre Zusammengehörigkeit durch gestrichelte, punktierte oder ausgezogene Linien angedeutet. Die Punkte mit höheren Werten entsprechen im allgemeinen dem Winter mit seiner geringeren Wasserführung und daher höheren Konzentration der gelösten Stoffe, die tieferen dem Frühjahr mit seinen Hochwasserständen. Schon auf den ersten Blick kann man in der Abb. 3 zwei Gruppen unterscheiden: die aus den Gebieten kristallinischer Schiefer stammenden Flüßchen zeigen Leitfähigkeiten, die zwar entsprechend dem verschieden hohen Karbonat-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

gehalt der Gesteine höher oder tiefer liegen, bei denen jedoch der Prozentsatz der gelösten Nichtkarbonate das ganze Jahr hindurch praktisch der gleiche bleibt, so daß ihre Punkte zu allen Jahreszeiten von der schräg nach rechts ansteigenden Kurve der Karbonatleitfähigkeit fast den gleichen Horizontalabstand haben. Als Musterbeispiel können hiefür im Jahre 1942/43 die Malta, Möll und Tiebel gelten, während die Lieser (vor ihrer Vereinigung mit der Malta) und insbesondere die Isel schon eine gewisse Streuung im Gehalt an Nichtkarbonaten aufweisen. Diesen Kristallin-Flüßchen stehen nun die aus dem Kalkgebiete stammenden Zuflüsse der Drau gegenüber, wie etwa die Gail und die Karawankenbäche. Während sich diese im Frühling während der Schneeschmelze und wohl auch zu anderen niederschlagsreicheren Zeiten ähnlich verhalten wie die kleinen Flüsse aus den kristallinischen Schiefern, also einen verhältnismäßig niedrigen Gehalt an Nichtkarbonaten zeigen, schwillt dieser in den trockeneren Jahreszeiten, vor allem im Winter, bis zu 30% der Leitfähigkeit an, während der Karbonatgehalt nicht in diesem Maße zunimmt. Am krassesten liegen die Verhältnisse beim Loiblbach. Die Erscheinung ist schwierig zu erklären. Wenn auch der unverhältnismäßig niedrige Nichtkarbonatgehalt im Frühjahr auf die Tatsache zurückgeführt werden könnte, daß im Kalkgebirge die Schmelzwässer wegen der Steilheit der Hänge, der spärlichen Vegetation und der geringen Entwicklung des Obergrundes zum großen Teil oberflächlich abfließen, daher auch keine Gelegenheit zum Auflösen von Elektrolyten haben, so ist nicht einzusehen, warum dann der Kalkgehalt im Frühjahre nicht im gleichen Maße absinkt, wie jener der Nichtkarbonate. Nur sehr eingehende Untersuchungen der wichtigsten Zuflüsse des Baches in den verschiedenen Jahreszeiten könnten die Erklärung bringen.

IV. Die Pflanzennährstoffe.

Im Betracht kommen hier vor allem Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Leider zeigte es sich sehr bald, daß die Methode zur Bestimmung des Phosphors in den meisten Fällen nicht ausreichte, die sehr geringen Mengen von Phosphat einwandfrei feststellen zu können. Es wäre dazu eine Steigerung der Empfindlichkeit auf etwa das Zehnfache der Ammoniummolybdatmethode notwendig. In der überwiegenden Zahl der Fälle lag der Phosphatgehalt an oder unter der Erfassungsgrenze. Unter den Stickstoffverbindungen steht weitaus an erster Stelle das Nitrat, dessen kolorimetrischer Nachweis durch die Diphenylamin-Schwefelsäure sehr befriedigend gelingt. In organisch verunreinigten Brunnen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

(Einwirkung von Naturdünger oder benachbarten Stallungen), welche auch sofort durch ihren hohen Kochsalzgehalt auffallen, ließ sich auch Ammoniakstickstoff nachweisen, sonst hat dieser keinerlei Bedeutung, was auch für den organisch gebundenen Stickstoff gilt.

Der Nitratstickstoff des Grundwassers hat sich als guter Indikator der natürlichen Fruchtbarkeit der verschiedenen Bodentypen gezeigt. Es konnte sogar der Versuch unternommen werden, eine Art von Fruchtbarkeitskarte der Kärntner Böden zu entwerfen, zu deren genauerer Durcharbeitung allerdings eine viel größere Anzahl von Untersuchungen an einem wesentlich dichteren Netz von Grundwasseraufschlüssen notwendig gewesen wäre. Dabei trat gerade bei den Stickstoffbestimmungen immer wieder die Beeinflussung der Brunnen durch lokale Verhältnisse, wie die Nähe von Ställen, Senkgruben oder auch nur stark gedüngter Gärten sehr stark hervor, so daß nur etwas abgelegene Brunnen zur Beurteilung herangezogen werden konnten. Es sei zunächst ein Überblick über eine Anzahl von Quellen aus verschiedenen Gegenden Kärntens geboten. Von den 25 Quellen entspringen 10 aus Kalkböden, sie sind mit * bezeichnet. In der ersten Spalte ist der Nitrat-N in mg/l, in der zweiten Spalte die Alkalinität (Mittelwerte der Messungen) angegeben.

	Nitrat-N	Alkalinität
Rheokrene Steinbruch St. Martin, Klagenf.	0,00	2,90
Limnokrene auf der Friedelhöhe	0,00	0,90
Rheokrene auf der Maierniggalpe	0,00	0,65
Rheokrene in der Lieserschlucht	0,04	1,85
Rheokrene im Moor von Loretto	0,05	3,30
* Rheokrene südlich Maria Rain	0,10	5,30
Helokrene St. Martin, Klagenfurt	0,10	1,20
* Rheokrene bei Neusach (Weißensee)	0,10	3,80
* Rheokrene bei Schlatten (Rosental)	0,10	3,20
Rheokrene am Goldeckfuß (Spittal)	0,10	2,05
Rheokrene nördlich Kreuzberg (Klagenfurt)	0,12	1,90
* Rheokrene bei Unterbergen (Rosental)	0,18	3,15
* Rheokrene in der Loiblschlucht	0,12	2,00
* Rheokrene Südufer Klopeiner See	0,23	5,50
* Akratotherme von Warmbad Villach	0,25	6,45
Rheokrene bei Wolfsberg (Koralpe)	0,32	1,10
* Rheokrene am Nordfuß der Sattnitz	0,38	3,35
Rheokrene westlich Althofen	0,40	0,45
Rheokrene westlich Zwischenwässern	0,50	0,53
Rheokrene nw. Althofen (Straßenwirt)	0,60	2,50

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

	Nitrat-N	Alkalinität
Rheokrene bei Lieseregg (Liesertal)	0,70	3,45
* Rheokrene bei Mieß (Bergschaffer)	0,70	4,10
Rheokrene bei Millstatt	2,80	1,80
Helokrene bei Völkendorf-Villach	3,00	4,70
Helokrene nördlich St. Veit	3,10	5,20

Die Tabelle zeigt deutlich, daß kein erkennbarer Zusammenhang zwischen der Gesteinsart im allgemeinen und dem Nitratgehalt der Quellen besteht, was ja zunächst selbstverständlich erscheinen mag, weil das Nitrat aus dem Obergrund, der Kalk aber vornehmlich aus dem Untergrund stammt. Wohl aber besteht zwischen dem Nitrat- und dem Karbonatgehalt des Wassers insofern eine gewisse Koppelung, als höherer Karbonatgehalt (Alkalinität) ziemlich oft auch mit höherem Nitratgehalt gepaart ist, eine Regel, die freilich genügend Ausnahmen aufweist. Ein derartiger Zusammenhang läßt sich so deuten: der Karbonatgehalt im Grundwasser ist, wie wir sahen, an das Vorhandensein größerer CO_2-Mengen im Sickerwasser geknüpft, da nur so die Bildung des wasserlöslichen Hydrokarbonates vor sich gehen kann. Genügend Kalk im Boden vorausgesetzt, wird also die Alkalinität des Grundwassers um so größer sein, je intensiver die Verwesungsprozesse im Obergrund verlaufen, denn diese sind es, die das CO_2 erzeugen. Da aber stärkere Verwesung auch letzten Endes größeren Nitratgehalt des Bodens und damit auch der Sickerwässer zur Folge hat, ist der Zusammenhang hergestellt. Da aber anderseits viel CO_2 in Sickerwasser noch nicht gleichbedeutend mit großer Karbonathärte ist, zu der ja auch noch entsprechende Mengen $CaCO_3$ oder $MgCO_3$ im Boden gehören, erklärt dies die Ausnahmen. So haben offenbar die Quellen in der Gegend Althofen-Zwischenwässern nicht darum eine so geringe Alkalinität, weil der reichlich nitrathältige Obergrund zu wenig CO_2 liefert, sondern weil die dort anstehenden paläozoischen Gurktalschiefer einen so geringen Kalkgehalt aufweisen.

Wie schon am Beginne dieses Abschnittes erwähnt wurde, hat sich die Untersuchung auf Nitrat im Brunnenwasser als ein verläßlicher Indikator der regionalen Bodengüte (Potentielle Fruchtbarkeit) erwiesen. Es lag daher nahe, zum Vergleich quellarmer Gebiete wiederum den Nitratgehalt von Bächen und kleineren Flüssen heranzuziehen. Freilich hängt der Nitratgehalt der oberirdischen Wasserläufe viel stärker von der Witterung der letzten Tage vor der Probeentnahme ab, als dies bei Grundwasseraufschlüssen der Fall ist. Um diese Fehlerquelle möglichst auszuschalten, habe ich zu verschiedenen Jahreszeiten und daher

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

auch Witterungsperioden Wasserproben untersucht und daraus Mittelwerte gebildet. Die folgende Tabelle führt eine Auswahl von 12 Bächen und Flüßchen aus den verschiedensten Gegenden Kärntens an, von denen in den Spalten von links nach rechts der geringste und der höchste vorgefundene Nitratwert, der Mittelwert aus allen Messungen und schließlich der Mittelwert der Alkalinität angeführt sind. Die eingeklammerte Zahl nach dem Namen des Flusses bedeutet die Anzahl der im Laufe des Jahres 1942-43 untersuchten Wasserproben, die der Mittelwertbildung zugrunde liegen.

		Nitrat-N, mg/l			mittl.
		Min.	Max.	Mittel	Alkalinität
Feistritzer Bach (Rosental)	(5)	0,10	0,26	0,21	2,89
Loiblbach (Rosental)	(5)	0,20	0,37	0,29	2,90
Isel bei Lienz	(4)	0,25	0,50	0,35	1,41
Lieser ober Gmünd	(3)	0,20	0,60	0,36	1,25
Malta bei Malta	(4)	0,20	0,80	0,40	0,43
Gail bei Villach	(5)	0,25	0,65	0,43	2,76
Tiebel bei Bodensdorf	(5)	0,24	0,80	0,45	2,36
Möll bei Möllbrücken	(4)	0,40	0,55	0,48	1,40
Lavant bei Wolfsberg	(4)	0,35	0,90	0,56	1,47
Wimitz bei St. Veit	(4)	0,40	0,80	0,58	1,93
Gurk ostw. Klagenfurt	(5)	0,60	1,20	0,87	2,60
Glan bei St. Veit	(6)	0,90	1,20	1,02	3,44

Daraus ergibt sich zunächst, daß wir die niedrigsten Nitratwerte bei den aus den Kalkbergen der Karawanken entspringenden Bächen des Rosentales antreffen. Die Gail, deren Einzugsgebiet ebenfalls fast ausschließlich aus Kalkböden besteht, hat schon wesentlich höhere Werte, offenbar weil es sich hier um einen größeren Fluß handelt, der längere Zeit sich in einem breiten und fruchtbaren Talboden bewegt, der landwirtschaftlich intensiv genutzt wird. Nach den Karawankenbächen folgen die Flüßchen der Hohen Tauern: Isel, Lieser und Malta. Die Möll, deren Wasser erst weit von dem eigentlichen Möllital, nämlich vor der Mündung in die Drau bei Möllbrücken untersucht wurde, fällt aus dem gleichen Grunde wie die Gail aus dem Rahmen ihrer gruppenzugehörigen Nachbarflüßchen heraus. Die letzte Gruppe, in der die höchsten Nitrat-N-Werte vorkommen, umfaßt jene Flüßchen, die vornehmlich durch den Grundwasserstrom der Unterkärntner Talniederungen gespeist werden, wie Tiebel, Lavant, Wimitz, Glan und auch die Gurk in ihrem Unterlauf bei Klagenfurt. (Die Nitratwerte der Gurk im Oberlauf sind wesentlich niedriger.)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Vergleicht man die Minimal- und Maximalwerte in der obenstehenden Tabelle, so fällt auf, daß sie eine sehr ungleiche Spannung zeigen. Dies mag wohl zum Teil auf Zufälligkeiten der Wetterlage vor den Tagen der Probenentnahme liegen, sicherlich aber nicht ausschließlich, dazu sind die Unterschiede zu groß. Die geringste Spannung zeigt die Glan, bei der das Maximum nur 130% des Minimums ausmacht, dann folgen Möll und Loiblbach mit 137% und 185%, dann Wimitz und Gurk mit etwa 200%. Die höchste Spannung zeigen Lieser und Malta, die 300% und 400% des Minimums betragen. Dieser Befund kann so gedeutet werden, daß Flüßchen wie die Glan im allgemeinen ziemlich gleichmäßig vom Grundwasser gespeist werden, weil die Niederschläge von einem wenig geneigten, mit Vegetation reich bestandenen und verhältnismäßig tiefgründigen Boden aufgesaugt und festgehalten und nur ganz allmählich an die oberirdischen Wasserläufe abgegeben werden, was auch für die Schmelzwässer bis zu einem gewissen Grade gilt. Bei den aus dem Gebirge kommenden Flüßchen und Bächen trifft vielfach das Gegenteil zu. Bei Malta und Lieser ist noch zu bedenken, daß der frühsommerliche Hochwasserstand, der das Nitratminimum verursacht, aus Schmelzwässern der alpinen und subnivalen Stufe mit meist nitratarmen Böden stammt.

Eine Gegenüberstellung des mittleren Nitrat-N und Karbonatgehaltes, wie er in der obigen Tabelle geboten wird, zeigt kein einheitliches Bild. Ähnlich schon wie beim Vergleich der Quellwässer in der vorletzten Tabelle finden wir zuweilen niedrigen Nitrat- bei höherem Karbonatgehalt (Rosentalbäche), dann wieder mittleren Nitratgehalt bei geringer Alkalinität (Malta) und hohen Nitrat- und Karbonatgehalt vereinigt, wie bei der Glan. Die Begründung für dieses unterschiedliche Verhalten ist, wie schon für die Quellwässer angeführt wurde, in dem Zusammenspiel des CO_2-Gehaltes der Sickerwässer und dem $CaCO_3$-Gehalt der Böden zu suchen.

Schließlich habe ich noch die Beziehung zwischen Nitrat-N und der Leitfähigkeit der fließenden Gewässer festzustellen unternommen, indem ich die Maßzahl der Leitfähigkeit (k_{18}) durch den Nitrat-N in mg/l dividierte. Je höher der Wert des Quotienten, desto geringer ist der Anteil des Nitrates an der Summe der Elektrolyte. Die folgende Tabelle bringt die Zusammenstellung von 18 Bächen und Flüßchen, wobei in der ersten Spalte der Mittelwert von H_{18}, in der zweiten Spalte der Mittelwert des Nitrat-N-Gehaltes und in der dritten Spalte der Quotient aufgeführt ist. Es wurden in diese Tabelle auch solche Wasserläufe aufgenommen, von denen nur zweimal im Untersuchungsjahre Proben genommen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

werden konnten. Wenn sich im Mittelwert des Nitratgehaltes einiger Gewässer kleine Abweichungen gegenüber der vorigen Tabelle ergeben, so ist dies darauf zurückzuführen, daß in der folgenden Zusammenstellung nur Mittelwerte aus jenen Wasserproben berücksichtigt werden konnten, bei denen auch gleichzeitig feldmäßig Leitfähigkeitsbestimmungen vorgenommen worden waren, was nicht bei allen Exkursionen zutraf.

	Leitf. k_{18}	Nitrat-N	Quotient
Malta bei Malta	0,51	0,40	1,3
Lavant bei Wolfsberg	1,57	0,55	2,9
Wimitz bei St. Veit	1,65	0,63	2,9
Glan bei St. Veit	3,22	1,03	3,1
Möll bei Möllbrücken	1,65	0,48	3,2
Lieser ober Gmünd	1,13	0,36	3,3
Tiebel bei Bodensdorf	1,65	0,50	3,3
Gurk bei Althofen	1,79	0,50	3,6
Görtschitz bei Brückl	1,78	0,50	3,6
Metnitz bei Friesach	1,80	0,50	3,6
Mießbach bei Mieß	1,69	0,40	4,7
Isel bei Lienz	1,70	0,35	4,9
Vellach bei Eisenkappel	2,20	0,40	5,5
Waidischer Bach b. Unterferlach	2,59	0,40	6,5
Gail bei Villach	2,51	0,38	6,6
Loiblbach bei Ferlach	3,31	0,30	11,0
Rosenbach	2,42	0,20	12,1
Feistritzer Bach (Rosental)	3,11	0,22	14,1

Diese Zusammenstellung spricht wenigstens in einer Hinsicht eine klare Sprache: im letzten Drittel stehen geschlossen die aus den Kalkalpen kommenden Wasserläufe, mit Ausnahme des Mießbaches, der nur durch die Isel von den Übrigen getrennt ist. Es steht somit eindeutig fest, daß der Grundwasserstrom einer Gegend im Verhältnis zum Gesamtelektrolytgehalt um so weniger Nitrat führt, je kalkreicher das Gestein ist, das der Bodenbildung zugrunde liegt.

Stimmt man die Nitratwerte der Quellen, Bäche und Flüßchen aufeinander ab — was im vorliegenden Falle wegen der verhältnismäßig geringen Zahl der untersuchten Wasserproben mehr gefühlsmäßig als auf Grund exakt ermittelter Durchschnittswerte geschehen ist, — so kann man eine Art Fruchtbarkeitskarte (natürlich nur auf den Stickstoffgehalt des Bodens sich beziehend) der untersuchten Gebiete zeichnen, die sich natürlich keineswegs mit der Verteilung der landwirtschaftlichen Erträge zu decken

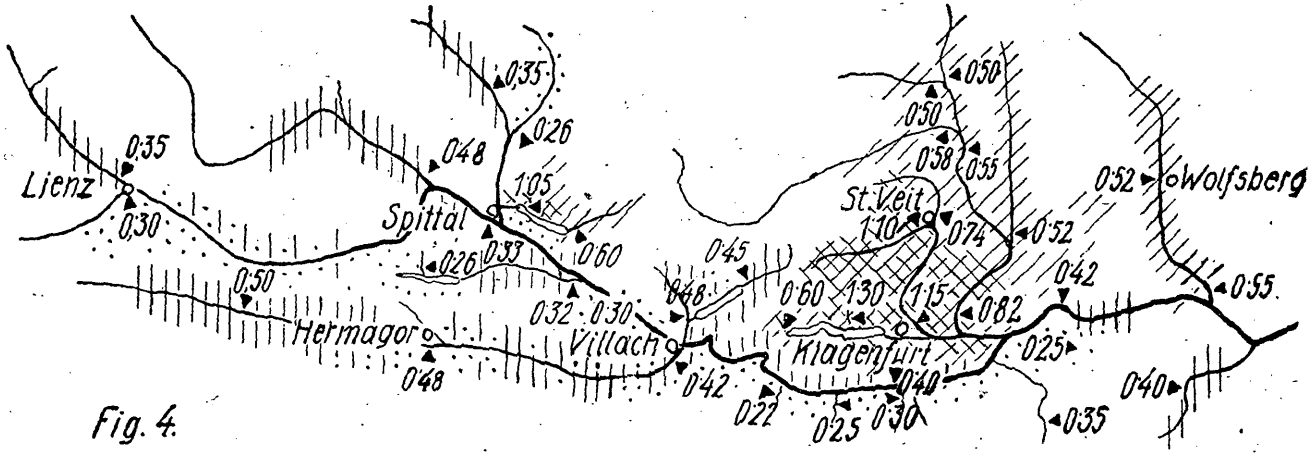


Fig. 4.

Nitrat-Stickstoff-Gehalt der fließenden Gewässer Kärntens als Anzeiger des Stickstoffgehaltes der Böden.

bis 0·30 mg/l

0·30 - 0·50 mg/l

0·50 - 0·80 mg/l

über 0·80 mg/l

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

braucht, da diese ja nicht nur vom Nährstoffgehalt des Bodens abhängen. Es ist daher vielleicht richtiger, wie es in der Bezeichnung der Abb. 4 auch geschehen ist, sie als eine Karte des durchschnittlichen relativen Nitratgehaltes der Böden aufzufassen. Zugrundegelegt wurden der Karte die Jahresmittel des Nitrat-N-Gehaltes der Hauptwasseradern der entsprechenden Talabschnitte, ergänzt und korrigiert durch wiederholte oder auch nur einmal im Jahre bestimmte Werte von kleineren Bächen und auch Quellen. Die Karte macht daher keinen Anspruch auf große Exaktheit, sie soll vielmehr nur eine Vorstellung geben, wie Grundwasseruntersuchungen direkt oder indirekt (durch Untersuchung der oberirdischen Wasserläufe) zur Charakteristik bodenkundlicher Ertragsmöglichkeiten herangezogen werden könnten. Die Gegenden, in denen sowohl Proben der Hauptwasseradern wie auch benachbarter Bächlein und Quellen untersucht wurden, sind mit ▲ eingetragen, der durchschnittliche Nitrat-N-Gehalt der Hauptwasserader an der Stelle ist als Zahl angeschrieben. Durch Flächenbezeichnungen (punktiert, schraffiert) wurden unter Heranziehung der Nitratwerte der Bäche und Quellen vier Stufen von Böden ausgeschieden, wobei die zwischen den einzelnen Untersuchungspunkten gelegenen Gebiete interpoliert wurden. Diese Stufen umfassen Gebiete mit einem durchschnittlichen Nitrat-N von unter 0,30 mg/l, von 0,30—0,50 mg/l, von 0,50—0,80 mg/l und endlich von über 0,80 mg/l im ausgetretenen Grundwasserstrom. Wie die Abb. 4 erkennen läßt, gehören der ersten Stufe (unter 0,30 mg/l) vor allem das oberste Drautal, das Lieser- und das Rosental an. Dazu kommen nach vereinzelten Beobachtungen im Gailtal sicher auch Strecken dieses Gebietes, die in der Karte mangels genauerer Abgrenzungsmöglichkeiten nicht berücksichtigt wurden. Auch im Gebiete südlich Völkermarkt kommen solche Böden vor, besonders um den Klopeiner See, aber auch westlich von Villach. Die Gewässer mit 0,30—0,50 mg/l Nitrat-N entsprechen den typischen Oberkärntner Böden. Sie umfassen das untere Möll- und das Maltatal, Teile des Nockberggebietes, größere Teile des Gailtales und kommen auch in den Karnischen und Gailtaler Alpen vor. In Unterkärnten gehören hieher vor allem die Schottergebiete und alten Moränen des nördlichen Karawankenvorlandes, einschließlich des Vellach- und Mießtales. Die Stufe mit 0,50—0,80 mg/l ist im Millstättergebiet, im Metnitz-, Görtschitz- und mittlerem Gurktale, im Ossiacher- und Wörtherseegebiet und im Lavanttale auf weite Strecken vorhanden. Den höchsten Nitrat-N-Gehalt der Fließwässer finden wir im Glan- und unteren Gurktale, sonst nirgends in derartiger Ausdehnung, obwohl man kleine Flächen solcher besonders fruchtbarer Böden auch da und dort

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

noch, wie z. B. in der Millstätter Gegend, am Nordufer des Wörther Sees usw. antrifft, deren Zahl bei genauerer Durchforschung des Landes sich sicher noch bedeutend erhöhen würde. Es ist bei der geringen Zahl von untersuchten Landstrecken und der nicht ausreichenden Menge von Wasserproben, nicht zuletzt auch wegen des Maßstabes der Karte nicht möglich, den Verhältnissen im Einzelnen Rechnung zu tragen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, am Schlusse meiner Ausführungen der Reichsarbeitsgemeinschaft für Raumforschung in Berlin meinen herzlichen Dank für die finanzielle Unterstützung auszusprechen, durch die es mir möglich war, die Kosten der Exkursionen und der Aufenthalte in den verschiedenen Gegenden Kärntens zu bestreiten. Sie hat die Durchführung der Arbeiten, über deren Ergebnis hier berichtet wurde, ermöglicht.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Ingo Findenegg
Klagenfurt, Tarviser Straße 46.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1944

Band/Volume: 134_54

Autor(en)/Author(s): Findenegg Ingo

Artikel/Article: Vergleichende physikalische und biochemische Untersuchungen von Grund- und Quellwässern in Kärnten (Mit 4 Abbildungen imText) 14-36