Exakte Messung der Grundwassererneuerung

von **Martin Schwind**

Die Frage nach der Menge des Niederschlags, die nicht oberflächlich abfließt, auch nicht von der Vegetation zurückgehalten oder verdunstet wird, sondern in das Grundwasser gelangt, ist sehr alt. Die Infiltrationstheorie behauptete¹⁾ „Alles Wasser, welches in der Erde ist, rührt her vom Regenwasser“. Die Kondensationstheorie setzte dem entgegen: „Kein Wasser des Erdbodens rührt her vom Regenwasser.“ In diesen Extremen hat man diese Frage noch vor 80 Jahren zu beantworten versucht (O. Volger, 1877). Schon K. Keilhack spricht 1902 davon, daß „beide Theorien unzweifelhaft ihre Berechtigung haben.“

Es ist heute keine Frage mehr, daß die Grundwasserbildung (Grundwassererneuerung) ganz wesentlich abhängt von der Durchlässigkeit der verschiedenen Bodenarten. Ein Sandboden läßt mehr Wasser in das Grundwasser durch als ein Lehm Boden. Reinhold Tüxen hat nun mit Hilfe des *Lysimeters* ein Verfahren²⁾ entwickelt, mit dem die Wassermengen, die große Bodentiefen erreichen, exakt ermittelt werden können.

Tüxen ist Pflanzensoziologie; sein Interesse gilt also der Frage, in welchem Grade die Grundwassererneuerung von den Pflanzengesellschaften beeinflußt wird. Er geht von der Tatsache aus, daß ein offener Boden, der monatelang schwach oder gar nicht bewachsen ist, viel weniger Wasser verbraucht als ein Boden, der von Wiese oder Wald bestanden ist, und er hat seit 1957 jenen Anteil der Niederschläge, der durch Vegetation und Boden hindurch bis in das Grundwasser gelangt, mit Hilfe des Lysimeters empirisch gemessen. Voraussetzung für zuverlässige Ergebnisse ist aber, daß die Lysimeter in gewachsenen Boden eingebaut werden. Ein Lysimeter, das nachträglich mit einer beliebigen Bodenart ohne oder auch mit Pflanzenbestand gefüllt wird, ergibt keine Werte, die verwendbar sind; denn in solchem Falle ist das natürliche Bodengefüge gestört und die Vegetation entspricht nicht der Wirklichkeit. Die an 10 Lysimetern im Abflußjahr 1958 vorgenommenen Messungen ergaben die in der Tabelle aufgeführten Werte.

Grundwasserspense der Lysimeterstationen in % des Niederschlags, 1958

Station	Natürliche potentielle Vegetation	Bewuchs	Grundwasserspense in %
1	Fageto-Quercetum typicum	Heide	85
2	do.	Winter-Roggen	66
3	do.	Kartoffeln	66
4	do.	Winter-Roggen	63
5	do.	Kartoffeln	61
6	do.	Sommer-Getreide	54
7	Querceto-Carpinetum asperuletosum	Winter-Roggen	29
8	do.	Sommer-Getreide	26
9	Fraxineto-Ulmetum	Winter-Weizen	25
10	do.	Weide	05

Diese Ergebnisse, die natürlich noch nicht verallgemeinert werden können, zeigen deutlich, wie stark

1) Schwind, M.: Die Oberflächenformen des Mittelsächsischen Berglandes. Leipzig 1933. S. 20 ff.

2) Tüxen, Reinhold: Lysimeter in Pflanzengesellschaften. In: Mitteilungen der floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft, N. F. Heft 6/7. Stolzenau/Weser 1957. S. 335.

die Grundwassererneuerung von dem Bewuchs des Bodens abhängt. Umgekehrt zeigen sie auch, wie der oberflächliche Abfluß je nach dem Bewuchs des Erdbodens wechselt. Für die Beurteilung des oberflächlichen Abflusses und für die Bewertung der Bodenerosionsgefahr lassen sich mit Hilfe der Lysimeter exakte Grundwerte finden, vorausgesetzt daß diese Meßapparate in genügender Anzahl eingebaut werden.

Die von Tüxen durchgeführten Beobachtungen haben unbeabsichtigt noch zu einem weiteren Ergebnis geführt. Die chemische Untersuchung des durch die Lysimeter aufgefangenen Wassers ergab, daß überall dort, wo der Bauer mit starker Stickstoffdüngung arbeitet, dem Grundwasser ein viel zu hoher Anteil an Nitraten (NO_3) zuzickert. Im allgemeinen werden Brunnen mit einem Gehalt von 50 mg NO_3 pro Liter Wasser polizeilich geschlossen. Die im Grundwasser der gedüngten Äcker vorgefundenen Nitrate sind z. T. ein Mehrfaches von 50 mg/l. Mit anderen Worten: die Lysimetermessungen sind zugleich eine Kontrolle für die Volksgesundheit. Je stärker die Landwirtschaft ihre Erträge durch Anwendung von Düngemitteln steigert, desto höher wird die Gefahr der Versuchung des Grundwassers. Hier erwächst für die kulturgeographische und hydrologische Forschung eine verantwortungsvolle Aufgabe.

— Fumio Tada zum 60 Geburtstag —

地下水形成量の精密測定^{*)}: マルチン シュヴント

降水量のうち、表面流出量・植生消費量・蒸発量を引いた地下水に供給される量の問題は、非常に古い問題である¹⁾。滲透説によれば、地中の水分はすべて雨水に帰因するものであり、凝結説によれば、雨水による地下水は存在しない。この二つの極端な説によつて、約80年前までは、この問題に解答を与えようと努力していた (O. Volger, 1877)。1902年にいたり K. Keilhack によつてこの二つの説の正当性は疑わしいとせられた。

今日では、地下水の形成に土壤の透水性が関係していることに疑問の余地はない。砂質の土壤は、粘土質土壤よりも多量の地下水を存在させる。Reinhold Tüxen は地下深部に達した水量を正確に測定することのできるリジメーター²⁾を使用して研究を深めた。Tüxen は植物社会学者である。したがつて彼の関心は地下水形成量が植物社会によつて影響される度合に向けられている。彼は、長期間ほとんど植生のなかつた裸地が、森林・草地の土壤よりも水消費量がずっと少ないという事実より出発し、

1957年以降の降水量のうち植生・土壤を通過して地下水に達する割合をリジメーターを使用して実測した。しかしながら、信頼すべき結果を得るためにはリジメーターが自然のままの土壤にすえつけられることが前提になる。リジメーターの中にあとから任意の土壤と植物を入れたのでは利用価値のある値は得られない。土壤の構成は破壊され、植物も現実の姿とことなる。10箇のリジメーターを使用して1958年に行われた測定の結果は下表の通りである。

この結果を一般化することはもちろんできないが、地下水形成に作物の種類がいかに大きく関係しているかが判る。同時にそれは表面流出量が植物の種類によつていかに異なるかを示している。したがつて、もしこの測定器が大量に作られるならば、表面流出量の測定によつて、土壤侵蝕の危険度について正確な資料を得ることができであろう。Tüxen によつて行われたこの観測は、もう一つ予期しない結果を生んだ。すなわち、リジメーターにとらえられた水の化学分析の結果、農民が窒素肥料を多量に使用

^{*)} 本編を多田文男教授還暦記念に捧げる。

降水が地下水になる割合 (1958)

地 点	自 然 植 生	作 物	地下水の割合 (%)
1	ブナーカシ型	荒 地	85
2	〃	冬ライ麦	66
3	〃	ジャガイモ	66
4	〃	冬ライ麦	63
5	〃	ジャガイモ	61
6	〃	夏 麦	54
7	カシーシデ型	冬ライ麦	29
8	〃	夏 麦	26
9	トネリコーニレ型	冬 小 麦	25
10	〃	牧 草	05

するところではどこでも、高い硝酸根の含有がみられた。1 リットル 50mg 当りの含有量をもつ井戸は警察の命令によつて閉鎖される。施肥の行われる耕地のうちには、50 mg/l の何倍もの値を示すものもある。すなわちリジメーターは公衆衛生管理にも使用することができる。農業の集約化が進んで肥料の使用量が増すほど地下水の汚染はひどくなるのであるから、ここに文化地理学と水文学にとつて大切な課題が生ずる。 (鈴木秀夫訳)