

## Zu den Wechselbeziehungen von Wald und Wasser\*

Von HELGA MAI, Kiel

Vor rund hundert Jahren begann eine, heute besonders aktuelle Forschung, die sich mit den Wechselbeziehungen zwischen Wald und Wasser befaßte.

So erschien 1883 in Tübingen eine Arbeit von NEX zu dem Thema: „Der Wald und die Quellen“. Eine große Anzahl von Veröffentlichungen zu diesem Problemkreis ist seither erschienen. Versuche erstreckten sich über Jahrzehnte. Als klassisches Gebiet gelten der Sperbel und der Rappengraben in der Schweiz, wo zum ersten Mal in Europa 1912 ein Versuchsgebiet angelegt wurde. Der Sperbelgraben ist bewaldet, der Rappengraben ist nur zu 30% bewaldet, 70% der Fläche unterliegen der Weidenutzung. Folgende Faktoren des Wasserhaushalts wurden berücksichtigt:

Niederschlag, Gesamtverdunstung, Interzeption, Transpiration, Bodenverdunstung und Abfluß.

Nach dem Prinzip des Gebietsvergleichs wurden auch mehrere deutsche Versuchsareale angelegt, wie zum Beispiel seit 1948 das Gebiet der Dicken und der Steilen Bramke im Oberharz. Nicht immer findet man zwei Bereiche, die in ihrer Größe, im geologischen Aufbau und in der Niederschlagsmenge gut miteinander vergleichbar sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Freilandforschung anders zu bewerten ist, als Laborforschung, bei der man Störfaktoren leichter ausschließen kann.

Mit fortschreitender Entwicklung statistischer Methoden war es möglich, auf den Gebietsvergleich zu verzichten und Areale anhand einer großen Anzahl von Faktoren zu eichen. Danach kann die Auswirkung von Kahlschlag, Aufforstung, Durchforstung oder Änderung der Bestandszusammensetzung, überprüft werden. Neben den großräumig angelegten Messungen der Wassermengen steht die Erforschung der Wasserqualität aus Waldgebieten; denn auch in Waldgebieten werden verstärkt Insektizide, Herbizide und Düngemittel eingesetzt. H. KUNKLE (1974) kommt in seiner Arbeit „Der Einfluß des Waldes und der Forstwirtschaft auf die Wasserqualität“ zu dem Ergebnis, daß die Qualität des ober- und unterirdischen Abflusses von bewaldeten Einzugsgebieten, im hohen Maß von der Aktivität des Menschen abhängt. Die Waldgebiete stellen die wichtigsten Reserven für Trink- und Brauchwasser dar.

\*) Die Arbeit baut auf einer im Inst. für Wasserwirtschaft und Meliorationswesen der Univers. Kiel bei Prof. Schendel angefertigten Diplomarbeit auf.

Obgleich Verschmutzungen in Waldgebieten nicht so häufig auftreten wie in Siedlungsgebieten, sind sie trotzdem ernst zu nehmen.

Konkrete Versuche zum Problem der Walddüngung (W. BÜCKING, 1974) sind als Flugzeugdüngung im Buntsandsteinschwarzwald durchgeführt worden. Die Stickstoffdüngung bewirkte eine deutliche Änderung der chemischen Eigenschaften der Gewässer. Im Grundwasser und im Vorfluter konnte ein sprunghafter Anstieg der Calciumhärte um mehr als 1° dH festgestellt werden. Einwirkungen auf die Gewässer waren besonders beim Nitrations festzustellen. Die Ammoniumbelastung ist wesentlich geringer. Aus den Beobachtungen resultiert eine Warnung vor Stickstoffdüngung, besonders in Wassereinzugsgebieten.

In Einzugsgebieten von Wasserspeichern (Talsperren) mit erosionsgefährdeten Hanglagen sollte jedoch auf Phosphatausbringung verzichtet werden (W. BÜCKING, 1974). Es ist zu berücksichtigen, daß derartige Meßergebnisse standortgebunden sind, und man sie nicht auf andere Gebiete übertragen kann.

Auch in Schleswig-Holstein wird über Grundwasserqualität gearbeitet. In drei Sandergebieten: zwischen Bad Segeberg, Bad Bramstedt und Neumünster, wurden drei Jahre lang Wasserhaushalt und Grundwasserbeschaffenheit überprüft. Eines der Untersuchungsgebiete ist der Segeberger Forst. Die Bestimmungen der Grundwasserqualität zeigten zwischen Laubwald (Buchen/Eichen-Mischbeständen) und Nadelwald (Kiefer, Lärche, Fichte) keine nennenswerten Unterschiede. Deutlich erhöht sich jedoch die Konzentration von Anionen und Kationen unter landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Gesamtkonzentration übersteigt die der Waldflächen um mehr als 100% (H. SCHULZ, 1974).

Im Forschungsgebiet Reinhardswald (Hessen), wurde mit Hilfe von Kleinsystemen die Beschaffenheit von Sicker- und Hangwasser in Nadel- und Laubwaldbeständen überprüft. Dabei ergab sich, daß die Stickstoffgehalte relativ gering waren, ausgenommen bei Kiefernbeständen (K. HÖLL, 1974).

Die Frage nach der Qualität des Wassers im Wald ist relativ jung, denn bislang galten der Oberflächenabfluß und vor allem das Grundwasser aus bewaldeten Einzugsgebieten als sauber.

Die Frage nach der Wassermenge ist sehr viel früher überprüft worden. Eine ausführliche Arbeit zu diesem Thema erschien 1900 von E. EBERMAYER unter dem Titel „Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchte, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Quellen“. Unter der Überschrift „Wieviel Wasser liefert der Wald“ lassen sich auch viele neuere Arbeiten zusammenfassen.

Der Wasserverbrauch eines Baumes ist, wie Versuche von BRAUN in Freiburg zeigen, in großen Gefäßen recht gut meßbar, wobei jeweils ein einzelner, im Versuch stehender Baum, überprüft wird. Der Wasserverbrauch der Vegetationsform ist im Vergleich zur landwirtschaftlich genutzten Fläche höher. Unberücksichtigt bleibt bei einer solchen Gegenüberstellung die Produktivität der Flächen, die Wirkung des Waldes auf die Landschaft und den Menschen, zusammengefaßt unter dem Begriff „Wohlfahrtswirkung“.

Angestrebt wird eine planmäßige Erwirtschaftung von Wasser. z. B. durch Erhöhung der Grundwasserneubildung. In drei jungen Beständen, Eiche, Kiefer und Roteiche, wurden die Bodenfeuchte ermittelt und die Bodenwasser-Defizite während der Vegetationszeit festgestellt. Ferner wurden die Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Verdunstung und Bodenwasserdefizit errechnet, wobei herauskam, daß die junge Roteiche etwa 50 l/m<sup>2</sup> mehr Grundwasser lieferte als Kiefer oder Eiche. Interessant ist außerdem, daß die Grundwasserbildung in diesem Falle unter Kiefer und Eiche keine Unterschiede zeigte (BRECHTEL, 1973).

Von großer Wichtigkeit für die Wechselbeziehungen zwischen Wald und Wasser sind klimatische Faktoren wie Luftfeuchtigkeit, Intensität und Häufigkeit von Regen, Temperaturänderung und Luftbewegung, Schneefall und Tauererscheinungen. Ob es zur Grundwasseranreicherung oder zum Oberflächenabfluß kommt, hängt in erheblichem Maße vom Aufbau des geologischen Untergrundes ab. Die sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren werden in der Wasserbilanzgleichung kleiner Einzugsgebiete summiert. Niederschlag und Abfluß werden direkt im Gelände ermittelt. Folgende Gleichung kommt dabei zur Anwendung:

$$N = V + A \pm B$$

hierbei bedeutet: N = Freilandniederschlag, V = Gesamtverdunstung (Interzeptions-, Boden- und Transpirationsverdunstung), A = Abfluß und B = Wasservorratsänderung im Einzugsgebiet (BRECHTEL, 1974).

An verschiedenen Stellen in den Mittelgebirgen wurden in den letzten Jahren zur genaueren Erfassung des Niederschlags neue Meßstellen eingerichtet. Abflußmessungen werden zur Zeit in größerem Umfang im Sauerland, im Oberharz, im Kaufunger Wald und in Schleswig-Holstein durchgeführt. Mit wenigen Ausnahmen wurden diese Einzugsgebiete jedoch nicht mit mathematisch-statistischen Methoden geeicht, so daß diese Untersuchungen nur zum kleineren Teil exakte Daten über die Auswirkungen verschiedener Vegetationsverhältnisse auf den oberflächlichen Abfluß und die Verdunstung liefern (BRECHTEL, 1974). Die Messungen ergeben für die bewaldeten Gebiete des Oberharzes, daß im Jahresdurchschnitt von 1949 bis 1953 und 1953 bis 1965 61 bis 65% des Niederschlags abfließen. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt hier 1250 l/m<sup>2</sup>, so daß die errechnete Verdunstung der Fichtenwälder zwischen 427 bis 513 l/m<sup>2</sup> liegt, bei einer Jahresmitteltemperatur von 5,8° C.

Im Ruhrgebiet wurden von 1951 bis 1965 Abfluß- und Niederschlagsmessungen durchgeführt. Die Gesamtverdunstung des Laubwaldes schwankt zwischen 411 und 450 l/m<sup>2</sup> bei einem Jahresniederschlag von 1000 l/m<sup>2</sup> und einer Jahresmitteltemperatur von 6,5° C. Der Mittelwert der Gesamtjahresverdunstung beträgt für die fünf Einzugsgebiete im Ruhrgebiet 431 l/m<sup>2</sup>, im Harz jedoch — trotz der geringeren Durchschnittstemperatur — 477 l/m<sup>2</sup>. Auch im Versuchsgebiet Ziegenhagen in Hessen ließ sich eine Gesamtverdunstung des Waldes mit 486 l/m<sup>2</sup> errechnen (BRECHTEL, 1974). Diese Zahlen geben Anhaltswerte, wieviel Wasser der Wald verbraucht.

Ein wesentliches Ziel der Forschung ist, so viel über die Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt der Landschaft zu erfahren, daß planmäßige Eingriffe in die Vegetationsformen möglich werden, damit der Wasserhaushalt günstig

beeinflusst werden kann. Der Wald verdunstet rund 50% der Gesamtniederschläge, eine ackerbaulich genutzte Fläche rund 40%. Die Abholzung und Umwandlung der Waldflächen in andere Vegetationsformen hätte auch unter den klimatischen Verhältnissen der Mittelgebirge katastrophale wasserwirtschaftliche Auswirkungen. Der Wald muß differenziert gesehen werden und es sollte für jeden Standort herausgefunden werden, welche Erscheinungsformen wasserwirtschaftlich am günstigsten sind, zugleich gute forstwirtschaftliche Erträge bringen, Schutz vor Erosionen bieten und den Erholungssuchenden erfreuen. Bei einer derartig komplexen Zielsetzung sind Konflikte unvermeidbar.

In einigen bewaldeten Einzugsgebieten sind Talsperren für die Trinkwasserversorgung angelegt worden. Im Rahmen einer Untersuchung über Anlage und Bewirtschaftung von Waldbeständen im Einzugsgebiet der Trinkwasser-Talsperre des Steinbachgebietes bei Idar-Oberstein wurden folgende Faktoren untersucht (HOFFMANN, 1974).

1. Das Wasserangebot aus dem Niederschlag an den Wald;
2. der Wasserverbrauch durch den Wald;
3. der Wasserabfluß.

Neben diesen Faktoren wurde die Interzeption berücksichtigt. Als Interzeption wird die Wassermenge bezeichnet, die in der Bodendecke (Baumbestand, Bodenflora, Bestandsabfall), zurückgehalten wird und in den ersten Stunden nach dem Niederschlag für Wald und Talsperre unproduktiv verdunstet. Die Interzeption ist abhängig von der Größe und Beschaffenheit der Oberflächen der lebenden und toten Bodendecke, z. B. von der Dichte des Kronendaches, ob die Blätter glatt oder behaart sind, ob eine Krautschicht vorhanden ist oder trockene Nadelstreu, usw.

Waldbestände zeigen unterschiedliche Interzeptionswerte, die jedoch typisch sind für die Baumarten und Altersklassen. Die Interzeption in einem geschlossenen 28-jährigen Fichtenbestand ist knapp dreimal so groß wie in einem gleichaltrigen Buchenbestand. Die Interzeption liegt bei 44% des Freilandniederschlags, wird jedoch bei Verringerung der Stammzahl auf die Hälfte, bzw. ein Viertel, auf 32 bzw. 14% vom Freilandniederschlag reduziert (HOFFMANN, 1974).

Neben der Interzeption ist der Eigenverbrauch des Bestandes, die Transpiration, eine im Hinblick auf die Wasserlieferung des Waldes stark diskutierte Größe.

Die Transpiration drückt sich durch Änderung der Bodenfeuchte aus und wird mit Neutronensonden gemessen. Messungen verschiedener Autoren (STAHL, WITTICH, SCHLENKER: in HOFFMANN, 1974), ergaben, daß bei einander entsprechenden Standorten die Bodenfeuchte in Buchenbeständen im allgemeinen geringer ist als in Fichtenbeständen.

Eine Reduzierung des Wasserverbrauchs der Bäume ist nur möglich durch geringere Stammzahlen. Eine Unterbrechung des Kronenschlusses allerdings führt zu Wasserverlusten durch die Bodenflora, so daß der Wasserverbrauch der Fläche annähernd gleich bleibt. Geringfügige Wassereinsparungen werden mit dem Verzicht auf eine größere Holzproduktion erkaufte.

Die Untersuchungen der Wasserzufuhr in die Steinbachtalsperre ergaben, daß nur außerhalb der Vegetationszeit mit 300 bis 350 mm Abfluß gerechnet werden kann. Möglichkeiten zur Wasserdargebotserhöhung während der Vegetationszeit sind nicht gegeben, da die Böden eine ausreichende Tiefenversickerung nicht zulassen.

Daraus geht hervor, daß der standortgerecht aufgebaute Wald, es ist zumeist ein Mischwald, am ehesten in der Lage ist, den Anforderungen an sein Wasserdargebot quantitativ auch ohne teilweisen Verzicht auf Holzproduktion voll zu entsprechen (HOFFMANN, 1974). Der standortgerechte Wald ist eine Pflanzengesellschaft, die den herrschenden Klima- und Bodenverhältnissen voll angepaßt ist. Ein ausgewogener Mischwald hat weniger unter Schädlingen, Windwurf und Schneebruch zu leiden, auch ist die Humusdecke in besonderer Weise für die Wasseraufnahme geeignet, was zur Verzögerung des Abflusses und somit zur Minderung einer eventuellen Hochwassergefahr führt.

#### Schriften

- BRAUN, H. J.: Zur Produktivität des Wasserverbrauchs bei Bäumen. — Ztschr. Pflanzenphysiologie 70. H. 3, 1973.
- BRECHTEL, H. M.: Wald und Abfluß. Methoden zur Erforschung der Bedeutung des Waldes für das Wasserdargebot. — Sonderh. deutsche Gewässerkundl. Mittlg. 1969.
- BRECHTEL, H. M.: Mehr Grundwasser durch Roteiche? — Umschau aus Wissenschaft und Technik, H. 19, 1973.
- BRECHTEL, H. M. & BALAZS, A.: Wieviel Wasser kommt aus dem Wald? — Allgem. Forst. Ztschr. 29. Jahrg., München, 7. 12. 1974.
- BÜCKING, W.: Die Beeinflussung von chemischen Wassereigenschaften durch forstliche Düngungsmaßnahmen. — Allgem. Forst. Ztschr., 29. Jahrg. München 7. 12. 1974.
- EBERMAYER, E.: Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchte, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Ergiebigkeit der Quellen. — Stuttgart 1900.
- HÖLL, K.: Beschaffenheit von Sickerwasser und Hangwasser aus Nadel- und Laubwaldbeständen. — Allgem. Forst. Ztschr., 29. Jahrg., München, 7. 12. 1974.
- HOFFMANN, D.: Anlage und Bewirtschaftung von Waldbeständen im Einzugsgebiet von Trinkwasser-Talsperren. Forderungen an den Wald zur Verbesserung der Lebensqualität. — Ref. Schutzgemeinschaft deutscher Wald. Tagung vom 22.—24. 10. 1973 in Bad Bergzabern.
- KUNKLE, H.: Der Einfluß des Waldes und der Forstwirtschaft auf die Wasserqualität. — Allgem. Forst. Ztschr. 29. Jahrg., München, 1974.
- NEY: Der Wald und die Quellen. — Tübingen 1893.
- SCHULZ, H. & EINSELE, G.: Grundwasserhaushalt bewaldeter und landwirtschaftlich genutzter Sanderflächen in Schleswig-Holstein. — Ztschr. deutsch. geol. Ges., 124, Hannover 1973.