

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
2. Frage

EINFLUSS

DER

Zerstörung der Wälder und der Trockenlegung der Sümpfe

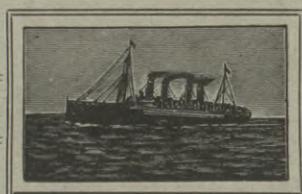
AUF DEN LAUF UND DIE WASSERVERHÄLTNISSE DER FLÜSSE

BERICHT

VON

Josef WOLFSCHÜTZ

Landes-Baurat in Brünn



NAVIGARE

NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



~~II-349889~~

II-349889

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299485

CPK- B- 352 / 2017

EINFLUSS

DER

Zerstörung der Wälder und der Trockenlegung der Sümpfe AUF DEN LAUF UND DIE WASSERVERHÄLTNISSE DER FLÜSSE

BERICHT

VON

Josef WOLFSCHÜTZ

Landes-Baurath in Brünn.

Ein Regime der Flüsse, welches ihnen jederzeit und das ganze Jahr hindurch einen reichlichen Mittelwasserstand sichern könnte, müsste die Schifffahrt, und die ganze Wasserwirthschaft überhaupt, am besten befriedigen. Eine stets genügende Wassermenge und nicht zu weit schwankende Wasserstände würden den idealen Zustand der fließenden Gewässer darstellen.

Doch die Niederschläge, die der Erde das Wasser liefern, fallen in wechselnder Stärke und in höchst unregelmässigen Zwischenräumen, so, dass in Wirklichkeit sich dieser Zustand nur zeitweilig einstellt und zumeist die minder günstigen Wasserverhältnisse in den Flüssen vorzuherrschen pflegen. So vereitelt die Natur selbst jene Wasserbewegung, welche der Wasserwirthschaft am zuträglichsten sein würde; aber auch der Mensch trägt — unbewusst und unbeabsichtigt — bisweilen noch zur weiteren Verschlechterung der Wasserverhältnisse der Flüsse bei.

Bei der Unregelmässigkeit und Unsicherheit des Wasserersatzes auf der Erdoberfläche wird sofort die entscheidende Bedeutung klar, die dem Boden als Sammler und Vertheiler des meteorischen Wassers zukommt. Je nach seiner ober- und unterirdischen Beschaffenheit kann der Boden den Ablauf des Niederschlagswassers begünstigen oder hemmen und so die Folgen der meteorologischen Unregelmässigkeiten in den Flussrinnen noch verschärfen oder aber wohlthätig mildern und mässigen.

Die allgemeine Terraingestaltung und die unterirdischen

efke 3681/51

Verhältnisse des Bodens vermag der Mensch ebensowenig zu ändern wie die meteorologischen Elemente. Wohl aber ist die Erdoberfläche seinem Schalten und Walten überlassen. Die Bebauungsart, die Bestockung, die Abwässerung, kurz die gesammte Cultivirung der Erdoberfläche — soweit sie dem Menschen innerhalb seiner Culturbestrebungen zugänglich ist, also exclusive der Hochgebirge — ist seinem Belieben anheimgestellt. Und dass der Mensch dabei das Anlitz der Erdoberfläche mehr oder weniger gründlich geändert hat und noch immer, je nach den Bedürfnissen seiner Cultur ändert, steht ausser Frage; und dass damit auch ein gewisser Eingriff in die Wasserbewegung verbunden sein mag, kann nicht kurzweg geläugnet werden. Durch die im Laufe der Zeiten, mit fortschreitender Bodencultur vorgenommenen Entwaldungen, Entsumpfungen, Wasserableitungen, Gewässerregulirungen und sonstigen Meliorationen kann stelenweise sehr leicht eine Aenderung in der Vertheilung des Wassers *auf* und *in dem Boden* stattgefunden haben, die mancherorts zu einem, allerdings unbeabsichtigten, Nachtheil der Wasserwirthschaft ausgefallen und für den Wasserreichtum mancher Gegend nicht ohne Folgen geblieben sein mag.

Besonders den Entwaldungen wird von manchen Seiten eine hervorragende Einflussnahme auf die Wasserführung der Quellen, Bäche und Flüsse beigemessen. Landläufig und beinahe traditionell ist die Meinung, dass der Wald die Wasserhältnisse eines Landes ganz besonders günstig zu regeln vermag, dass durch grosse Waldbestände die Hochwässer gemässigt, aber auch die Ergiebigkeit der Quellen gehoben und so ein wohlthätiger Ausgleich in der Wasserabfuhr bewirkt werde; dass andererseits, nach der Beseitigung der Wälder, die Hochwässer zahlreicher und heftiger, die Niederwässer häufiger und intensiver aufzutreten pflegen, als ehemals und der Wasserablauf sich dann überhaupt mehr in Extremen abspiele. Die steigende Wasserarmuth und die zunehmende Hochwassergefahr der fliessenden Gewässer, wie sie mancherorts angeblich wahrgenommen werden, werden vorzugsweise als die Folgen der fortschreitenden Waldabstockung dargestellt.

Zu dieser Meinung haben nicht wenig die in den letzten 25 Jahren in Mitteleuropa mit grosser Heftigkeit und in rascher Aufeinanderfolge aufgetretenen Hochwassercatastrophen und Trockenperioden viel beigetragen. Nach einem jeden derartigen Ereignisse und meist noch unter dem unmittelbaren Eindruck des dabei angerichteten Unglücks, werden allerlei Urtheile

über die Ursachen der Catastrophen, und allerlei Vorschläge zur Verhütung ihrer Wiederholung laut. Im wesentlichen werden da immer wieder die sog. präventiven Massregeln, darunter an erster Stelle die *Zurückhaltung des Wassers im Quellgebiete mittelst Aufforstungen* zur Sprache gebracht.

Es wäre ja gewiss sehr schätzenswerth, wenn der Wald diesen regulirenden Einfluss auf die ober- und unterirdische Wasserbewegung *wirklich* und *jederzeit* in einer *practisch wahrnehmbarer Weise* üben würde. Er wäre hierfür ein ebenso einfaches als billiges Mittel, zumal ohnehin die höher gelegenen Gebiete, aus welchen die grössten Hochfluthen hervorbrechen und ein erheblicher Theil des ständigen Quellenzufusses kommt, eine ertragsfähigere Cultur als die des Waldes kaum gestatten. Doch sind leider Anzeichen vorhanden, dass dem Walde diese Eigenschaften zumindest nicht in jenem Masse innewohnen, wie sie ihm so häufig nachgerühmt werden. Der Wald scheint in dieser Hinsicht manchmal überschätzt zu werden.

In vielen Gegenden, mit ausserordentlich günstigen Bewaldungsverhältnissen, ist die Wassernoth — gefährliche Hochfluthen und abnormaler Wassermangel — ebenso oft anzutreffen, wie in Gegenden mit abgewirthschafteten Waldgebieten. Ja es lässt sich nachweisen, dass in manchen der von Hochfluthen heimgesuchten Ländern, in den letzten Dezenien keine irgend erhebliche Verminderung, ja in manchen sogar eine Vergrösserung des Waldbestandes stattgefunden hat. Und überraschen muss es, wenn vom Wald jederzeit eine Vermehrung des unterirdischen Wasserschatzes erwartet wird, wiewohl man weiss, dass Aufforstungen auch manchmal zur Entsumpfung und Austrocknung des Bodens, verwendet werden. Die wahrgenommene ungünstige Veränderung des Regimes der fliessenden Gewässer — vorausgesetzt, dass sie wirklich besteht — kann also immerhin auch auf andere Ursachen, als auf die Waldverwüstung zurückzuführen sein.

Wie wirkt der Wald auf den Hochwasserablauf? Im allgemeinen klingt es recht glaubwürdig, wenn dem Walde zu seinen sonstigen vielen guten Eigenschaften noch die eine zugeschrieben wird, das Wasser in grossen Mengen derart zurückhalten zu können, dass eine merkliche Abschwächung der Hochfluten selbst in den grossen Flüssen noch fühlbar wird. Aber sowie ein specieller Fall herausgegriffen und auf Grund von *wirklich bestehenden Verhältnissen* diese vermeintliche Eigenschaft des Waldes näher untersucht und bewehrt wird, zeigt sich alsbald

in welchen *bescheidenen Grenzen* dieses Rückhaltungsvermögen liegt und wie gering der Effect einer etwaigen Wiederaufforstung ist.

Gelegentlich der Aufstellung des Projectes für die Regulirung des *Marchflusses* in Mähren — der daselbst ein Einzugsgebiet von rund 10.000 km² besitzt — wurde natürlich auch die Idee angeregt, die Arbeiten im Gebirge, wozu in erster Linie die Aufforstungen gerechnet werden, nicht zu vergessen. Die Aufforstungsfrage wurde auch gründlich studirt (1), aber das Ergebnis der angestellten Erhebungen und Berechnungen blieb hinter den ohnehin nicht hochgespannten Erwartungen weit zurück.

Das Marchgebiet setzt sich aus 71 % Freiland und aus 29 % Waldland zusammen (2); für den Waldbestand also ein genug günstiges Verhältniss, aus dem zu entnehmen ist, dass auf eine weitgehende Aufforstung nicht gerechnet werden könne, wenn nicht ein empfindlicher Eingriff in die bestehende Bodenbewirtschaftung geschehen sollte. Zunächst muss von einer Wiederbewaldung in dem flachen Gelände gänzlich abgesehen werden, weil bei der dortigen intensiven Bodenwirtschaft die bereits unter dem Pflug stehenden Flächen unmöglich wieder in Waldgrund umgewandelt werden können. Es bleiben also nur das Oedland, dann die Hutweiden und die minderwerthigen Acker- und Wiesengründe in den Gebirgsgegenden für eine etwa geplante Aufforstung übrig. Hier wurden auch ca. 88,000 Ha oder 880 km² — durchwegs Hügelland in einer Seehöhe zwischen 300 und 1200 m gelegen — ausfindig gemacht, wo allenfalls noch Wiederbewaldungen möglich wären. Damit würde alsdann der Waldbestand des gesammten Marchgebietes allerdings nur auf 38 % erhöht, aber für die eine Hälfte desselben auf mehr als 50 % gesteigert werden, eine Massregel, welche die Grenzen des Zulässigen schon überschreiten und eine recht fühlbare Verschiebung in die bestehenden Verhältnisse der dortigen Bodenwirtschaft herbeiführen müsste.

Welchen Einfluss hätte nun diese colossale Vermehrung des Waldbestandes im Marchgebiete auf den Hochwasserabfluss bei der — für den Wald überaus günstigen — Annahme, dass vom

(1) WOLFSCHÜTZ, *Die Marchfluss-Regulirung in Mähren*, Vorschläge zur Feststellung der technischen und wirtschaftlichen Grundlagen des Unternehmens. Brünn 1904.

(2) Die allgemeine Culturvertheilung ist : 51 % Ackerland, 9 % Wiesen, 8 % Hutweiden, 3 % improduktives Land und 29 % Waldgrund.

Waldboden nur ein Viertel jener Regenmenge oberirdisch abfließt wie vom Freilande?

Die bezügliche Berechnung gibt das Resultat, dass durch die Neuaufforstung einer so ungeheuer grossen Fläche, welche ca. den 12ten Teil des ganzen Einzugsgebietes ausmacht, erst ca. 9 % der Höchfluth zurückgehalten werden könnten.

Man ersieht daraus, dass die Wirkung der so warm empfohlenen Aufforstungen, hinsichtlich der Herabminderung der Hochwassermengen, eine *recht bescheidene* wäre und durch diese, erst in vielen Decenien in der oben angedeuteten Ausdehnung durchzuführende Aufforstungsaction, eine *nennenswerthe und practisch fühlbare Milderung* der Hochfluth nicht zu erwarten sein würde. Dabei muss ausdrücklich hervorgehoben werden, dass jener Unterschied zwischen der Wasserabgabe des Freilandes und des Waldlandes, eigentlich nur für die gewöhnlichen Regenverhältnisse besteht; bei zunehmender Regenheftigkeit aber immer geringer wird und bei jenen excessiven Niederschlägen, welche die grossen Hochwassercatastrophen herbeiführen, nahezu gänzlich verschwindet.

Auch anderwärts gemachte Wahrnehmungen und Erfahrungen führen zum selben Resultat. Es hat zu allen Zeiten, und noch ehe über Waldverwüstung geklagt wurde, grosse Hochwässer gegeben und es gibt solche auch jetzt noch in sehr gut bewaldeten Ländern. Die starke Bewaldung des *Riesengebirges* hatte auch keinen messbaren Einfluss auf die Hochwässer der schlesischen Gebirgsbäche ausgeübt, die dort in Folge der heftigen Niederschläge im August 1888, im Juli 1897 und im Juli 1903 aufgetreten sind (1).

Bei den *Rheinüberschwemmungen* im Jahre 1882 haben gerade die bestbewaldeten Gebiete — der Schwarzwald, der Odenwald, das Hardtgebirge, der Spessart und das Fichtelgebirge — die Hauptfluthwelle dem Rhein zugeführt (2). Im Jahre 1897 war das ausserordentlich gut bewaldete Quellgebiet der *Elbe* und in den Jahren 1897 und 1899 die ebenso mit Waldbestand gesegneten Gebiete der *Enns*, *Traun* und *Ybbs* gerade am schlimmsten von Hochwässern heimgesucht (3). Man darf also auf die Wälder nicht zu weit gehende Hoffnungen in Bezug auf die Mässigung der Hochwässer setzen, und von dem viel erörterten und noch mehr überschätzten Mittel der Wiederbewal-

(1) Bericht des schlesischen Oberpräsidiums an die königl. preussische Regierung, 1903.

(2) HONSELL. *Die Hochwassercatastrophe am Rhein*, 1882.

(3) *Jahrbuch des K. K. hydrographischen Centralbureau's*, Wien, 1902.

ding keineswegs eine grosse Wirkung erwarten. In der Abnahme der Waldbestände, wie sie in der Neuzeit in Folge des Vordringens der Bodencultur gegen die höher gelegenen Gelände wirklich stattgefunden hat, kann die Ursache der angeblichen Vermehrung und Steigerung der Hochwässer nicht gefunden und muss, wenn sie überhaupt existirt, anderwärts gesucht werden.

Bei der Beurtheilung der Wirkungsweise der Wälder auf die Hochwasserbildung besticht vor allem die Wahrnehmung, dass von den dichtschliessenden Baumkronen und von der Moos- und Streudecke des Waldes eine erhebliche Menge des gefallenen Niederschlages aufgenommen und zurückgehalten wird, und überhaupt gar nicht zum Abfluss gelangt. Die Wassermenge, die allein vom Ast- und Buschwerk der Baumkronen aufgefangen werden kann und gar nicht zu Boden fällt, wird im Jahresmittel zwischen 20 % und 50 % der im freien Felde fallenden Regenmenge beobachtet, wobei natürlich Baumart, Standdichte, Kronenschluss, Entwicklungsgrad der Pflanzen, u. s. w., eine wichtige Rolle spielen.

Aehnlich den anderwärts ausgeführten ombrometrischen Untersuchungen wurden auch in der meteorologischen Station *Gr.-Karlowitz* (1), im Quellgebiet der Bezwa, des Hauptzuflusses der March gelegen — vergleichende Beobachtungen über Regen und Verdunstung im Freien und im Walde angestellt.

In der folgenden Zusammenstellung — Tabelle A — sind die Resultate dieser Beobachtungen für den Monat August dargestellt, also für jene Jahreszeit, in welcher das Retentionsvermögen des Waldes am grössten ist. Aus dieser Zusammenstellung ist zu ersehen, dass jener Antheil des Regens, der bis auf den Waldboden gelangt, nach der Bestandesart und Altersklasse des Waldes wechselt. Je dichter die Verschlingung von Ast und Krone, also je dichter der Kronenschluss, desto geringer die Benetzung des Waldbodens. Die Jungbestände halten mehr Regen auf als der Hochwald und in dem Masse, als der Wald durchgeforstet, gereinigt und gelichtet wird, nimmt der Niederschlag auf den Waldboden zu. Das Rückhaltungsvermögen der Baumkronen stellt sich gemäss dieser Beobachtungen, je nach Cultur und Bestandesart auf 31 % bis 63 % der in der Frei-

(1) *Gr. Karlowitz*, 575 m hoch gelegen, ist eine der ältesten von den 246 meteorolog. Stationen der Markgrafschaft Mähren. Hier entfällt eine solche Station auf ca 90 km² Fläche; das Beobachtungsnetz ist also verhältnismässig recht dicht. Die Beobachtungsergebnisse veröffentlicht der naturforschende Verein in Brünn.

lage gemessenen Regenmenge, im Mittel also auf ca. 52 % für den Monat August. Für andere Jahreszeiten, wo der Wald weniger üppig entwickelt ist, nehmen die Baumkronen natürlich weniger Regen auf. Aber diese Ziffern sind es, die zu meist dazu verleiten, im Wald ein besonders wirksames Mittel zur Zurückhaltung und Abschwächung der Hochwässer zu erblicken. Dabei wird aber vergessen, dass sie nur Durchschnittswerthe für längere Zeitperioden darstellen und sich für einzelne meteorologische Ereignisse sehr rasch bis auf ein äusserst geringes Mass reduzieren können.

Die Hochwässer der grossen schiffbaren Flüsse werden nicht durch die gewöhnlichen, sondern durch die ausserordentlich heftigen oder lang andauernden Niederschläge verursacht, für welche das, natürlich auch begrenzte Retentionsvermögen des Waldes, sich bald erschöpft. Wenn der, in der vorliegenden Zusammenstellung ermittelte Niederschlag von 111 m/m im Verlaufe eines ganzen Monates immer in kleinen Antheilen herabfällt, so gelangt hievon allerdings kaum die Hälfte auf den Waldgrund, weil die Retentionsfähigkeit der Baumkronen öfter ausgenützt wird. Wenn aber diese 111 m/m Regen an 2 Tagen, oder gar nur an einem einzigen Tage fallen, dann wird nicht mehr die Hälfte der Wassermenge im Buschwerk der Bäume festgehalten, sondern nur soviel, als auf einmal darin haften bleiben kann.

Deser festgehaltene Regentheil ist aber so geringfügig, gegen die grossen Wassermengen, die ein starker oder länger dauernder Regen bringt, das er jede practische Bedeutung verliert. Dann hat das Waldland hinsichtlich der Hochwasserzurückhaltung wenig mehr voraus vor dem baumlosen Freiland.

Dieser Unterschied geht aber ganz verloren, wenn man jene Ereignisse ins Auge fasst, welche die grossen Catastrophen-Hochwässer zur Folge haben. Solche Hochfluthen werden in den grossen und schiffbaren Flüssen durch ausserordentlich reichliche oder lang dauernde Landregen — die nicht selten über 200 m/m Regenhöhe an einem Tage aufweisen — herbeigeführt. (1) In den ersten Stunden eines solchen Regens, oft auch

(1) Im obern Rheingebiet im November 1882 in 3 Tagen 209 m/m; im Riesengebirge am 2. August 1888 in 18 Stunden 215 m/m, und im Juli 1897 an einem Tage 187 m/m. Im Traungebiet, im Jahre 1897 an 2 Tagen 184 m/m und im Jahre 1899 auch an 2 Tagen 208 m/m.

In Reichenhall und Alt. Ausse am 12 September 1899, also in 24 Stunden, 242 m/m.

schon durch die vorhergehenden Regenfälle, die einem Wettersturz voranzugehen pflegen, wird der Wald so durchnässt und mit Wasser gesättigt, dass er die weiteren Wassermengen in gleicher Weise wie das Freiland einfach wieder abgeben muss. Bei solchen meteorologischen Ereignissen versagt die Retentionskraft des Waldes gänzlich.

Dem Walde wird auch noch nachgerühmt, dass seine Streu- und Moosdecke grosse Wassermengen zurückhalten und dem oberflächlichen Abfluss zu entziehen vermag. Nach angestellten Beobachtungen und Messungen (1) vermag 1 ha Waldboden ca. 20 m³ Wasser, also eine Regenhöhe von ca. 2 m/m in seiner Moos- oder Streuschichte zurückzuhalten. Gegen die früher erwähnten grossen Niederschlagshöhen muss auch diese Eigenschaft des Waldes gänzlich zurücktreten und vollständig effectlos bleiben.

Dem Walde kann also ein erheblicher Einfluss auf die Hochwasserbildung der grossen Flüsse nicht eingeräumt werden. Kleine Sommerregen können vom Walde noch verschluckt werden; bei gewöhnlichen Niederschlägen kann der Wald noch eine merkliche Wirkung auf den Wasserabfluss haben, aber bei excessiven Regen kann von einer nennenswerthen Abschwächung der Hochfluth durch die Wälder nicht mehr gesprochen werden. In diesen Fällen wird die retensive Wirkung der Wälder vollständig lahmgelegt, weil sie durch die Regendauer oder die Regenheftigkeit überdauert wird. Die Hochwässer hängen hauptsächlich von der Menge und von der Dauer der Niederschläge ab, welche oft so gross sind, dass sie aller menschlichen Voraussicht spotten. Wenn tagelang die Schleusen des Himmels offen stehen, wenn Boden, Vegetation und Atmosphäre mit Wasser gesättigt und jede Furche und jeder Graben mit Wasser gefüllt sind, dann muss der nachfolgende Regen doch in die Thäler abfliessen und sich dort zu gefährlichen Massen ansammeln. Da vermag der Wald ebenso wenig wie Ackerboden oder kahle Flächen die Bildung der gefährlichen Hochfluten zu hindern. Den Hauptursachen der Hochwässer, den abnormalen Niederschlägen, steht der Mensch machtlos gegenüber und die beste Pflege des Waldes vermag im besten Falle nur eine beschränkte, locale und ganz bescheidene Wirkung zu erzielen. Einige Quadratkilometer Wald mehr oder weniger können allenfalls auf die Wasserstände in jenen Gebieten, welche unmittelbar an die Aufforstungen oder Entwaldungen angren-

(1) BÜHLER, *Centralblatt für das gesammte Forstwesen*, 1895.

zen, einen merklichen Einfluss üben, aber darüber hinaus und auf die schiffbaren Strecken der Flussläufe nicht mehr. Für die grossen Flussgebiete der schiffbaren Gewässer bleibt der Zuwachs von selbst einigen hundert Quadratkilometern Waldbeständen, ohne jeden practischen Effect auf die Hochwasserabschwächung.

Wiederbewaldungen werden sehr wirthschaftlicherweise auf die steileren Bergabhänge beschränken müssen, welche für eine andere Cultur ohnehin wenig taugen. Hier wird der Wald wohlthätig wirken, indem er den Gebirgsboden festigt und zusammenhält und vor Verwundung und Abschwemmung schützt und so eine übermässige Geschiebsbildung hindert und die Wasserläufe vor Verschotterung und Versandung wahrt; ferner den Abgang der Schneemassen im Frühjahr verzögert und einen langsameren und ruhigeren Verlauf der Frühjahrshochwässer fördert. Für die Schifffahrt sind damit nicht zu verachtende Vorteile geschaffen, welche die Schonung und Pflege der Waldcultur wünschenswert erscheinen lassen. Ein einfacheres, billigeres und wirksameres Mittel zur Festigung der Berglehnen und zur Mässigung der Schotterbildung ist kaum zu finden. In dieser Hinsicht hat der Wald, sofern sein Verhalten auf die Hochwässer der grossen Flüsse im Frage kommt, eine unbetrittene Bedeutung. Darüber hinaus kann ihm aber ein weiterer messbarer Einfluss auf den Hochwasserverlauf der schiffbaren Flüsse *nicht zuerkannt werden*.

Es bleibt noch der andere Teil der Wald- und Wasserfrage zu untersuchen übrig, nämlich: welchen Einfluss der Wald auf die Wasserverhältnisse des Bodens und auf die Ergiebigkeit der Quellen nimmt. Die Frage, welche Rolle der Wald im Haushalt der Natur spielt, ist schon seit Dezenien auf der Tagesordnung und speziell die Frage, welche Beziehungen zwischen dem Walde und der Bodenfeuchtigkeit und dem Grundwasser bestehen, wird schon längere Zeit studiert, ohne aber bisher endgiltig entschieden worden zu sein. Bildet doch die Beobachtung der Wasserbewegung in den offenen Gerinnen ein schwieriges hydrotechnische Problem, wie viel mehr ist dies der Fall bei dem *unsichtbar* abfliessenden Wasser, wo noch tausend Nebenumstände in den verschiedensten Combinationen mitspielen können.

Die Hauptfrage ist hier die: hat der Wald *immer* und *überwiegend*, einen günstigeren Einfluss auf die Quellenspeisung als

das Freiland, also als die Acker- und Grascultur und der culturlose Boden?

Hierüber existiren verschiedene Hypothesen. Auf der einen Seite wird behauptet, dass die Entwaldungen das Klima trocken gemacht und die Wassermenge der Quellen, Bäche und Flüsse vermindert hätten. Auf der andern Seite wird dies bestritten und gesagt, dass von einer Zunahme der Trockenheit und von einer Abnahme der Quellenergiebigkeit keine Spur zu finden sei. Zwei Ansichten, die sich widersprechen und ausschliessen und beide vertreten durch Namen ersten Ranges. Nur soviel geht daraus hervor, dass man in dieser Richtung bisher sehr verschiedene Erfahrungen gemacht zu haben scheint.

Wie verhält sich das Innere eines Forstes gegen die atmosphärischen Niederschläge und wie gestaltet sich der unterirdische Wasserablauf im Waldboden?

Durch die Wälder soll die Quantität des Regens vermehrt, die gefallene Regemasse in der raschen Verdunstung und im raschen oberirdischen Ablauf gehindert und deren Versickerung in den Boden gefördert, und so die Speisung des Grundwassers und der Quellen viel reichlicher als durch jede andere Culturart besorgt werden. In diesen Eigenschaften soll der so geschätzte *regulirende Einfluss* der Wälder auf die Quellen liegen.

Eine mässige Vermehrung des Regens *über* dem Walde wird in der Tat beobachtet. Die Erklärung dieser Erscheinung, dass die Regenmenge *über* dem Walde grösser ist, als die Regenmenge in einer correspondirenden Freilage, beruht wohl darauf, dass die Luft über dem Walde relativ reicher an Wasserdunst ist, also durch die Transpiration der Bäume dunstgesättigter ist als bei gleicher Höhe in waldlosen Terrain.

Wenn eine Abkühlung der Luft, also eine Verminderung ihrer Sättigungs-Capacität eintritt, so muss über dem Walde mehr Wasser condensirt werden als in der Freilage, und daraus lässt sich die Regenvermehrung über dem Walde erklären.

Nach angestellten Beobachtungen (1) ergibt sich über dem Walde eine Regenvermehrung von 3 % bis 9 % gegen die Regenmenge ausser dem Walde.

Auch in der bereits genannten Station Gr.-Karlowitz wurden derartige Messungen ausgeführt, deren Ergebnisse in der folgenden Zusammenstellung — Tabelle B — enthalten sind. Aus diesen Messungen ist zu entnehmen, dass im Allgemeinen über den Baumwipfeln der Regen etwas dichter war als in der Freilage. Im Monatsdurchschnitt war die Regenmenge über dem Buchenwald um 5.4 % und über dem Fichtenwald um 2.0 %— also in Mittel gegen 4 %— grösser als im Freien.

(1) Von Fautrat, Sartiaux, Mathieu, Fankhausen, Ebermayer u. a.

TABELLE B.

Vergleichende Beobachtungen über Regenmengen im Freien, im Walde und über dem Walde, ausgeführt in Gr. Karlowitz in Mähren.

Monat September 1897	REGENHÖHE IN MILLIMETERN						Vermehrung od. Verminderung des Regens über den Baumkronen bezogen auf den Regen in der Freilage				Durch die Baumkronen zurückgehaltener Regen in Procenten					
	In der Freilage	Im Buchenwald (Seehöhe 762 m.)		Im Fichtenwald (Seehöhe 802 m.)		Seehöhe 792 m.	Im Buchenwald		Im Fichtenwald		Im Buchenwald	Im Fichtenwald		Im Buchenwald	Im Fichtenwald	
		über	unter	über	unter		über	unter	+	-		+	-		+	-
			den Baumkronen													
1	8,65	9,05	7,05	8,70	1,25	+ 4,6	+ 0,6	22,2	85,6	18,5	85,5					
3	7,50	7,55	5,75	6,60	3,15	+ 0,7	- 12,0	23,8	52,3	23,3	58,0					
5	1,65	1,65	0,45	1,50	0,05	+ 0,0	- 9,1	72,7	96,7	72,7	96,9					
9	5,80	6,00	4,45	5,60	1,20	+ 3,4	- 3,4	25,8	78,6	23,2	79,3					
14	1,95	1,45	0,55	1,20	0,05	- 25,6	- 38,5	62,1	95,8	71,7	97,4					
15	0,75	0,57	0,25	0,50	0,00	- 24,0	- 33,4	56,1	100,0	66,6	100,0					
17	6,30	7,55	5,00	8,05	1,06	+ 20,0	+ 27,8	33,8	86,8	20,6	83,1					
19	2,20	2,30	0,25	3,55	0,10	+ 4,5	+ 61,4	89,1	71,8	88,6	95,4					
21	3,85	4,25	2,50	4,00	0,25	+ 10,4	+ 3,9	41,2	93,7	35,0	93,4					
23	5,90	7,00	4,70	6,70	0,90	+ 18,6	+ 13,6	32,9	86,6	20,3	84,7					
27	2,85	2,60	1,00	2,00	0,20	- 8,8	- 29,8	61,5	90,0	64,9	93,0					
29	0,75	0,79	0,20	0,71	0,05	+ 5,3	- 5,3	7,47	93,0	72,0	93,3					
Summe	48,15	50,76	32,15	49,11	8,26	+ 5,4	+ 2,0	36,6	83,1	33,2	82,8					
Mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					Mittel 58

Diese Wasservermehrung der Niederschläge tritt nur während der Vegetationsperiode in diesem Umfange auf, weil in dieser Zeit eine kräftige Transpiration des Waldes stattfindet, und nimmt während der Schlummerzeit der Vegetation ganz bedeutend ab.

Aber diese geringe Regenvermehrung wird ziemlich gegenstandslos, wenn man berücksichtigt, dass der Wald in seinen Baumkuppen einen beträchtlichen Theil des Regens abfängt und gar nicht auf den Erdboden gelangen lässt. Wie bereits erwähnt, wird dieser Theil im Jahresmittel mit 20 % bis 50 % der in der Freilage fallenden Regenmenge gemessen. In Gr.-Karlowitz wurde dieser Wasserverlust des Waldbodens für den Monat August — laut Tabelle A — mit 52 % und für den Monat September — laut Tabelle B — mit 58 % des im Freien gefallenen Niederschlages bestimmt. Bedenkt man jedoch, dass hier August- und Septemberregen beobachtet wurden, wo die Belaubung der Bäume um üppigsten und das Kronendach des Waldes am dichtesten sind, und dass in andern Jahreszeiten das Retentionsvermögen der Bäume geringer wird, so werden sich für das Jahresmittel diese Ziffern noch entsprechend reduzieren.

Wenn man die in der Freilage gefallenen Niederschläge zur Basis der weiteren Untersuchung nimmt, so kann die Regenvermehrung über dem Walde überhaupt *ausser Betracht* bleiben, und man rechnet mit der Thatsache, dass auf den Waldgrund im Jahresmittel ungefähr nur zwei Drittel jener Wassermenge niederfallen wie auf das baumlose Freiland.

In Gr.-Karlowitz wurde — laut Tabelle A — der dem Waldboden im Monat *August* zu Gute kommende Regenanteil, je nach Cultur- und Bestandesart mit 34 % bis 69 %, also im Mittel mit ca. 48 % des in der Freilage gefallenen Regens gemessen.

Ein Theil der Regenmenge verdunstet, ein anderer Teil läuft oberirdisch ab und der Rest versickert in den Boden. Je nach Dauer und Heftigkeit des Niederschlages, nach der Jahreszeit, Neigung des Terrains, Bodenbedeckung, Bodendurchlässigkeit u. s. w., stellen sich diese Theile verschieden, sowohl für den Wald als auch für das Freiland. Bei der Verdunstung und beim ober- und unterirdischen Wasserabfluss kommen soviel fremde, zum Teil uncontrolirbare, oder ganz unbekannte Factoren zur Wirkung, dass ein genauer Einblick in diese Vergänge mitunter ganz vereitelt wird, und dies umso mehr, als hiebei noch die Folgen der Witterungserscheinungen der vorangehenden Zeit mit hineinspielen. Das ewig Unsichere und Wechselnde dieser Erscheinungen und Vorgänge lässt im besten Falle nur die Aufstellung von beiläufigen Schätzungsergebnissen zu.

Schon die Bestimmung der Verdunstung im Walde stösst auf Schwierigkeiten. Nach Tabelle A wurde in der Freilage eine mittlere monatliche Verdunstungshöhe von 60 mm im Walde von 27 mm, oder auf die Regenhöhe der Freilage bezogen, mit 54 %, bzw. mit 24 % dieser Regenhöhe gemessen. Eine Beziehung aber zwischen den Verdunstungshöhe und der Regenhöhe *im Walde* ist schwer zu construiren. Denn offenbar verdunstete im Walde vorzugsweise jene Regenmenge, die gar nicht bis auf den Waldboden durchgetropft, sondern in den Baumkronen zurückgeblieben ist. Diese Wassermenge, die als eine äusserst dünne Schichte das Ast- und Buschwerk der Baumkronen überzieht, eine unendlich grosse Flächenausdehnung hat und dem Durchstreichen der Luft ausgesetzt ist, verdunstet doch gänzlich. Die im Walde gemessene Verdunstung auf das Conto der auf den Waldboden gefallenen Regenmenge zu setzen, wäre also unrichtig. Wenn die in den Baumkronen zurückgebliebene und aus ihnen spurlos verschwundene Wassermenge mit 52 % der Regenmenge der Freilage sich darstellt, dann ist es unverständlich, wenn die Verdunstung im Walde nur mit 24 % dieser Regenmenge angezeigt wird. Daraus ist zu ersehen, wie unsicher die Bestimmung der Verdunstung ist, und wie verschleiert die Beziehungen zwischen Regenmenge und Verdunstungsmenge sind und welche Schwierigkeiten sich ergeben, wenn man die Resultate der Verdunstungsmessungen practisch verwerthen will. Kommt es doch vor, dass viel grössere Verdunstungshöhen gemessen als Regenhöhen beobachtet werden ; im Sommer 1904 war dies monatelang der Fall.

Die Frage nach der Verdunstungsgrösse an einem bestimmten Ort lässt sich überhaupt nicht beantworten, sie ist unbestimmt. An dieser Klippe schon scheidert die weitere Untersuchung der « Wald- und Wasserfrage », wenn man ein absolut richtiges und einwandfreies Resultat verlangt. Wenn man sich aber mit empirischen Mittelwerthen begnügt, um überhaupt eine allgemeine Idee über die beiläufige Vertheilung des Wassers *auf und in dem* Erdboden zu gewinnen, dann kann in der weiteren Behandlung dieser Frage der folgende Weg eingeschlagen werden.

Die auf das freie Feld fallende Wassermenge mit 100 % angenommen und hievon den im Freien gemessenen Verdunstungsbetrag — siehe Tabelle A — von 54 % abgerechnet, verbleiben für das Freiland 46 % der Regenmenge für den oberirdischen Ablauf und für die Versickerung. In dem Verdunstungsbetrag sei auch die Menge des auf der Vegetationdecke des

Freilandes haften gebliebene Meteorwassers inbegriffen. Im Walde, wo für den in Frage stehenden Fall überhaupt nur 48 % des in der Freilage gemessenen Regens bis auf den Boden gelangt sind, kann ein Abzug für die Verdunstung entfallen, unter der Annahme, dass die Verdunstung schon durch jenen Regentheil gedeckt ist, der von den Baumkronen zurückgehalten wurde. Das wäre eine Annahme, die eher zu Gunsten des Waldes spricht, weil von der Regenmasse am Waldboden schliesslich doch noch immer ein gewisses Quantum verdunstet und verloren geht. Nach dieser Darstellung würden — für den ins Auge gefassten Fall und für den Monat August — im Walde 48 % und im Freilande 46 % des gefallenen Regens für den ober- und unterirdischen Abfluss zur Verfügung stehen; im Herbst, Winter, und Frühjahr aber *mehr*, entsprechend den geringeren Wasserverlusten durch Verdunstung und Absorption der Baumkronen. Daraus wäre schon zu schliessen, dass im Sommer die Quellen im allgemeinen einen geringeren Wasserzufluss erhalten als in den andern Jahreszeiten.

Im Herbst, Winter und Frühjahr, wo im Freilande die Verdunstung geringer ist, ist auch die Regenabhaltung der weniger dicht geschlossenen Waldungen — insbesondere der Laubwälder — eine geringere, und das Verhältniss der obigen Regenantheile dürfte keine wesentliche Veränderung erfahren; so dass immerhin der Schluss gezogen werden kann, dass im Freiland und im Laubwald zu allen Jahreszeiten *nahezu gleiche* Regenschichten gesammelt und dann, allerdings in verschiedenen Verhältnissen, theils oberirdisch, theils unterirdisch zur Abfuhr gebracht werden. Die immergrünen Nadelwälder werden im allgemeinen eine kleinere Wassermenge für diese Abfuhr liefern als das Freiland.

Nach der bisher geführten Untersuchung sind — wenigstens während des Sommers — im Freien und im Walde ungefähr gleich grosse Regenschichten vorhanden, die nun ihren Weg entweder als Tagwässer zu den offenen Rinnsalen, oder aber als Untergrundwässer in die Tiefe nehmen. Bis zu diesem Stadium der Untersuchung hat der Wald, als Wassersammler, noch keinen nennenswerthen Vorsprung vor dem Freilande.

Für den oberirdischen Ablauf und für die Versickerung sind massgebend: die Bodenneigung, die Bodendecke mit ihrer Wassercapacität und die Durchlässigkeit des eigentlichen Mineralbodens.

Unter der Voraussetzung, dass im Walde und in der Freilage die gleichen Neigungsverhältnisse bestehen, wird die Bewegung

des oberirdisch ablaufenden Wassers von der Bodenbedeckung beeinflusst.

Die Moos- und Streudecke des Waldes, die vielfach dort zu Tage tretenden Wurzeln u. dgl., behindern die Fortbewegung des Wassers ungleich mehr, als die schütterere, oder zeitweilig gar nicht vorhandene Pflanzendecke des Ackerbodens, oder als die Grasnarbe des Wiesenbodens, oder als der nackte vegetationslose Boden. Dort, wo das Wasser langsamer abzufließen gezwungen ist, wird dessen Versickerung in den Boden auch mehr gefördert. Also im Waldboden, der ohnehin durch seine schwammige Decke und seine Durchlässigkeit hiefür besonders geeignet ist, am meisten, dann in absteigender Reihe im Ackerboden und Grasboden, und am geringsten auf den kahlen Flächen. Doch darf nicht unbemerkt bleiben, dass der Ackerboden, in Folge seiner periodischen und oftmaligen Auflockerung, eine so leichte Lagerung aufweisen und deshalb so grosse Wassermengen aufnehmen kann, dass er hinsichtlich seiner Wassercapazität sehr häufig dem mürben, porösen und mit einer Filzdecke versehenen Waldboden gleichkommen kann. Der nicht bearbeitete und festgelagerte Grasboden und der verdichtete, vegetationslose nackte Boden nehmen natürlich weit weniger Wasser auf.

Also unter sonst gleichen Verhältnissen werden in dem Waldboden *grössere* Wassermengen eindringen, als in den mit anderen Vegetationsformen bedeckten oder kahlen Boden. Damit hat der Waldboden gegenüber den anderen Culturen einen Vorsprung hinsichtlich seiner Wasseraufnahmefähigkeit gewonnen. Nur der Ackerboden kann hierin dem Waldboden gleich oder sehr nahe kommen.

Doch der Wasserantheil, der endlich im Waldgrund zurückbleibt, ist noch nicht jene Wassermenge, welche den unterirdischen und zur Speisung der Quellen bestimmten Wasserschatz vermehrt. Den abgesehen davon, dass in der Moos- und Streudecke und in der porösen Humusschichte des Waldbodens eine gewisse, und gar nicht so geringe Wassermenge zurückgelassen wird, bleibt das Wasser bei seiner weiteren Absickerung im Boden keineswegs von der Vegetation unbeeinflusst. Es hat noch die gefährliche Wurzelregion der Waldbäume zu passiren.

Im Bereich der Wurzeln kann der unterirdische Wasserabfluss abermals geschwächt werden. Namentlich während der Vegetationsperiode, die bei der Waldcultur ein halbes Jahr und darüber währt, kann der Boden in hohem Masse ausgetrocknet werden, so dass das infiltrirende Wasser auf sehr durstige

Schichten treffen und dort entweder ganz gebunden oder einen erheblichen Theil seiner Menge einbüßen kann. Je dichter stehend, je länger vegetirend und je üppiger die Pflanzen entwickelt sind, umso grösser sind die Wassermengen, die dem Boden entzogen werden.

Zur Production ihrer Trockensubstanz verbrauchen die Pflanzen überraschend grosse Mengen von Wasser durch Transpiration. Für die Ackergewächse wurde dieser Wasserbedarf während ihrer nur ca. 3 monatlichen Vegetationsdauer gleich einer Regenschichte von ca. 200 mm bestimmt (1). Das ist beinahe ein Drittel der Jahresregenmenge in Norddeutschland. Die Waldbäume, mit ihrer grossen Pflanzenoberfläche und ihrer fast doppelt so langen Productionsthätigkeit haben unzweifelhaft ein noch grösseres Wasserbedürfniss.

Von allen Culturarten dürfte also der Wald am meisten wieder zur Entwässerung der tieferen Bodenschichten beitragen. Diese drainirende Eigenschaft des Waldes steht also im Widerspruch mit der Anschauung, dass der Wald jederzeit das Wasser in seinem Untergrund sammelt. Diese Eigenschaft ist auch zur Trockenlegung versumpfter Böden benützt worden. Ja, es sind Fälle bekannt (2), dass Aufforstungen, die in der Absicht angelegt wurden, um die Bodenfeuchtigkeit einer Gegend zu heben, gerade das Gegentheil herbeigeführt haben und die Gegend durch die absorbirende Wirkung des Baumbestandes so trocken gelegt haben, dass altbestehende Teiche während der Vegetationszeit austrockneten.

Beobachtungen und Messungen (3) der Bodenfeuchtigkeit zeigen thatsächlich, dass mancher Waldboden in den tieferen Schichten bis zu 4 % wasserärmer sein kann als der Boden in der Freilage. Ueberhaupt zeigt unter sonst gleichen Verhältnissen, jeder mit lebenden Pflanzen bedeckte Boden einen geringeren Wassergehalt, als der nackte und vegetationslose Boden. Angesichts dieser Thatsachen ist wohl die Frage berechtigt, ob der Wald auch unbedingt und jederzeit das Grundwasser vermehre und zur Speisung der Quellen in einem höheren Masse beitrage als die andern Culturen? Bei dem Walde spielt ein Umstand mit, der ihm seine Aufgabe als angeblichen Regulator

(1) HELLRIEGEL, *Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues.*

(2) OTOTZKY, *Einfluss der Wälder auf das Grundwasser.* Zeitschrift f. Gewässerkunde, 1900.

(3) EBERMAYER, *Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit.*

der Quellen recht schwer macht. Das ist die Thatsache, dass der Wald selbst ein *grosser, ja vielleicht der grösste Wasserconsument* in der Natur ist. Sein grosses Wasserbedürfniss kann sehr leicht die Ursache sein, dass sein Effect für die Erhaltung der Quellen stark abgeschwächt werden, ja vielleicht hinter den Effect des Freilandes zurücktreten kann. Dem grossen Wasserverbrauch entsprechend kann unter Umständen im Walde weniger Grundwasser vorhanden sein als im offenen Terrain. Diese Wahrnehmung wurde auch schon gemacht. So fand Ototzky (1) einigemale den Grundwasserstand im Walde beträchtlich tiefer als in der umgebenden Steppe und es konnte deutlich eine fortschreitende Senkung des Grundwasserspiegels von der Steppe zum Walde constatirt werden. Wirklich ausgeführte Versuche von Ebermayer und Wollny haben dargethan, dass unter sonst gleichen Verhältnissen im nackten Boden zu allen Jahreszeiten *mehr* Wasser in die Tiefe absickert als in einem mit Vegetation bedeckten Boden. Daraus wäre weiter zu schliessen, dass ein gut geschlossener und gut entwickelter Wald gegenüber anderen Culturen, zumal während der Vegetationsperiode, sehr leicht ein Deficit an Versickerungswasser aufweisen kann.

Wie schon erwähnt, ist der Wald als *oberirdischer* Wassersammler dem Freiland gar nicht oder wenig überlegen, und erst der geringere Wasserverlust des Waldbodens durch Verdunstung und Tagwasserabgabe und die meist grössere Wasseraufnahmefähigkeit des Waldgrundes, sichert dem Walde einen gewissen Vorsprung bei der unterirdischen Wassersammlung. Aber es ist gar nicht unmöglich, dass jene Momente, die den Wald bei der unterirdischen Wassersammlung begünstigen, durch das grosse Wasserbedürfniss seiner Vegetation wieder derart paralyisirt werden, dass ihm während einer längeren Zeit des Jahres — etwa im späten Frühjahr, im Sommer und im Frühherbst, also immerhin während einer fast halbjährigen Periode — *ein ausgesprochen günstigerer Einfluss* auf die Quellenbildung, als sie die landwirtschaftlichen Culturflächen oder der kahle Boden haben, *nicht zukommt*. Im Sommer stehen die Verhältnisse in dieser Hinsicht für den Wald am ungünstigsten. Im Winter und zeitlich im Frühjahr hingegen, wo der Schneeabgang im Walde in der Regel langsamer stattfindet als auf nicht bewaldeten Flächen, wird die Infiltration des Wassers in den Waldboden eine reichlichere sein können, als in jeder

(1) *Zeitschrift für Gewässerkunde*, 1898.

anderen Bodengattung. Die Idee, dass die Waldquellen zumeist von Winterniederschlägen gespeist werden, ist durchaus nicht zu verwerfen, und die Meinung, dass das Freiland mit seiner zwar mässigen, aber ganzjährigen Wassersammlung zur Ergänzung des unterirdischen Wasservorrathes *ebensoviel* beitragen kann, als die nur periodisch wasserabgebenden Waldculturen, ist auch nicht kurzweg von der Hand zu weisen.

Wenn man den Umstand berücksichtigt, dass die Wälder überwiegend das steilere Terrain occupiren, während die Ackergründe zumeist das flache Gelände einnehmen, also die letzteren durch die Neigungsverhältnisse in ihrer wassersammelnden Tätigkeit unterstützt werden, so wird man den Ackergebieten im allgemeinen eine *fast ebenso grosse Wasseraufnahmsmöglichkeit und Wasseraufnahmsfähigkeit* wie den Waldgebieten zuerkennen. Tatsächlich liefern landwirthschaftliche Culturgründe oft eine überraschend grosse Wassermenge bei ihrer Drainagirung, ein Zeichen, dass das baumlose Freiland auch bedeutende Wassermenge festzuhalten vermag. Nur pflegt hier das Grundwasser seltener in Form von Quellen zu Tage zu treten, als in dem hügeligen oder bergigen Waldland, wo die geologische Schichtung des Bodens hierfür besser vorgesorgt hat. Der Abfluss des Grundwassers im Flachlande entzieht sich dem Auge leichter, als im bewaldeten Gebirge, woselbst auch die Niederschläge reichlicher und daher die Speisung der Quellen ausgiebiger zu sein pflegen. Der Mangel von sichtbaren Quellen im baumlosen Flachland trägt gewiss auch dazu bei, hier von vornherein einen geringeren unterirdischen Wasservorrath als im bewaldeten Gebirgsland zu vermuthen.

Die Annahme, dass die Wälder *jederzeit und unter allen Umständen* das Grundwasser reichlicher sammeln und die Speisung der Quellen besser besorgen als die waldlosen Gebiete, ist nicht begründet. Am allerwenigsten ist im Flachlande ein wesentlicher Unterschied zwischen der Wasserhaltung der Waldculturen und des freien Terrains zulässig. Ja, hier wirkt unter sonst gleichen Verhältnissen, das Freiland intensiver zur Vermehrung des Grundwassers. Im Gebirge aber wird die Wirkung des Waldes höher einzuschätzen sein, weil dort mit steigender Seehöhe die Niederschläge reichlicher, der dichte Schluss der Baumkronen weniger vollkommen und der Vegetationsprocess schwächer und kürzer ist, also die Wasserzufuhr grösser und der Wasserverbrauch geringer zu sein pflegt, als in der tiefen Lage. Andererseits mehren sich für die Freilage im Gebirge die Bedingungen, welche den raschen Oberflächenablauf begünstigen.

Das oft gehörte Schlagwort, dass vorzugsweise die Wälder den Wasserreichthum eines Landes bestimmen, ist also mit Vorsicht aufzunehmen. Dazu gehört wohl mehr als das einfache Vorhandensein grosser Waldbestände. In Mähren und Böhmen, wo ca. 30 % des Bodens mit Wald bedeckt sind, liefern die Flüsse bei Niederwasser einen secundlichen Abfluss von 0,8-1.0 Liter vom Quadrakilometer, wohingegen in Deutschland manche Flüsse, im gleich stark bewaldeten Hügelland einen fast doppelt so grossen Abfluss aufweisen. Klimatische, meteorologische, aber vernehmlich geologische Verhältnisse wirken hier ganz entschieden mit.

Der Trockenlegung der Sümpfe wird auch ein Einfluss auf das Regime der fliessenden Gewässer beigemessen. Im allgemeinen ist wohl nicht zu verkennen, dass in einem von Entwässerungsanlagen durchzogenen Land, das Wasser vollständiger und rascher abgeführt wird, als von Flächen, wo solche Anlagen fehlen; und dass hierdurch einerseits der oberirdische Abfluss und damit die Bildung der Hochwässer begünstigt und andererseits, das Eindringen des Wassers in den Boden, und damit die Vermehrung des Grundwassers, beeinträchtigt werden kann.

Die Frage, die sich hier zunächst aufdrängt, ist die, ob Sümpfe und stagnirende Wassermassen wirklich einen practisch wahrnehmbaren Einfluss auf die Wasserführung der Flüsse zu nehmen im Stande sind. Man sagt, ein Sumpf oder ein stehendes Gewässer ist gewissermassen ein natürliches Reservoir, in welches sich die Tagwässer entlasten, oder in welchem sich die Untergrundwässer sammeln können, und von wo aus auch eine gleichmässige und nachhaltige Speisung der Quellen stattfinden kann. Bei Auffassung des Sumpfes entfällt das Reservoir, welches die Hochfluten mässigte und die Wasserversorgung der Quellen regelte. Inwieweit hat diese Annahme eine practische Bedeutung?

Sümpfe entstehen entweder in der Weise, dass das Grundwasser zu Tage tritt und stagnirt, oder dass das Tagwasser aus einer Terrainvertiefung keinen natürlichen Ablauf findet und hier wegen des undurchlässigen oder wenig durchlässigen Bodens gar nicht, oder nicht genügend rasch versickern kann. Ist der Sumpf ein zu Tage getretenes Grundwasser, so wird dessen directe Ableitung wohl kaum eine merkliche Schwächung des Grundwasserzufflusses zur Folge haben. Denn solche Sümpfe

binden die Quellen, tragen also zur Hebung der Bodenfeuchtigkeit und zur Speisung der Bäche und Flüsse nichts oder sehr wenig bei. Ja, bei der Auffassung derartiger Sümpfe wird eher noch das Kleinwasser der fließenden Gewässer einigermaßen vermehrt, weil dann die Ansammlung und Verdunstung des Wassers im Sumpfgebiete entfällt.

Ist der Sumpf ein stagnirendes Tagwasser, dann steht er mit dem Grundwasser entweder in gar keiner Verbindung und kann dann einen Einfluss auf die Wasserführung der benachbarten Quellen überhaupt nicht nehmen, oder aber steht dieser Sumpf mit einer Quelle in irgend einem Zusammenhang, dann wird diese Quelle, bei Austrocknung des wassergebenden Reservoirs, natürlich versiegen. Liegt ein solcher Sumpf auf einem Hochplateau, wie dies zuweilen im Gebirge vorkommt, und hat er eine so grosse Ausdehnung, dass er eine reichliche Wassermenge aufspeichern und die Quellen ständig mit Wasser versorgen kann, dann dürfte durch das Ausbleiben dieser Quellen schon eine messbare Schwächung des ständigen Wasserzuflusses und eine Verminderung des Niederwassers im zugehörigen Rezipienten eintreten.

Die Trockenlegung eines durch periodischen Tagwasserzufluss entstehenden Sumpfes, wird auch die Folge haben, dass die bisherige Hochwasserzurückhaltung des Sumpfgebietes aufhört oder geringer wird. War der Retentionsraum ausgiebig genug, um eine fühlbare Abschwächung der Hochfluthwelle herbeizuführen, dann kann allerdings die Auffassung eines solchen Hochwasserreservoirs die Hochwasserstände der unterhalb liegenden Gewässer künftighin verschlimmern. Fasst man einen bereits schiffbaren Fluss ins Auge, so werden dessen Hochwasserhältnisse durch die Trockenlegung eines solchen Sumpfes wohl erst dann berührt, wenn das Sumpfgebiet einen sehr grossen Fassungsraum hatte und das Hochwasser sich darin in fühlbarer Weise entlasten konnte. Bei der Regulirung der Flüsse in ihrem Mittel- und Unterlauf werden gar nicht selten solche Sumpfgebiete, die Exundationswasser in grösser Menge aufnehmen und zurückhalten können, meliorirt und für die weitere Entlastung des Hochwassers gesperrt. Dann pflegt sich in den unteren Gegenden eine Steigerung der Hochwasserstände einzustellen.

Die Austrocknung der Sümpfe kann also verschiedenartig die Wasserführung der Flüsse beeinflussen. Sollte sich hierdurch aber in dem einen oder andern Falle thatsächlich eine ungünstige Wirkung auf den Wasserstand der fließenden Gewässer

äussern, so wird doch niemand verlangen können, dass solche im Interesse der Bodenwirthschaft und nicht selten auch im Interesse der menschlichen Gesundheit nothwendigen Meliorationen verhindert oder beseitigt werden, um vielleicht fernliegenden Gegenden einen Vortheil zu verschaffen.

Alles bisher Gesagte zusammenfassend, gelangt man zu dem Schlusse, dass der Bestand der Wälder und Sümpfe im allgemeinen wohl einen günstigen Einfluss auf die Wasserverhältnisse der Flüsse nimmt. Doch ist diese Einflussnahme practisch bewerthet, nicht so gross, dass die Beseitigung der Wälder und Sümpfe dort, wo sie das wirthschaftliche Interesse fordert, begründeterweise unterbleiben müsste.

Auf das Auftreten der Hochfluthen in den grossen Flüssen ist der Wald überhaupt ohne einen nennenswerten Einfluss; auf die Grundwasservermehrung und Quellenspeisung hat der Wald des Flachlandes keine messbar günstigere Wirkung als das Freiland und nur im Berglande kann diese Wirkung höher eingeschätzt werden. Hier aber wird seine Hauptaufgabe darin liegen, den Boden vor Abschwemmung zu schützen, die Bildung von Geschiebe einzuschränken, und so die Flussrinnen vor übermässiger Verschotterung und Versandung zu wahren.

Die Trockenlegung der grossen Sumpfbiete, die der Auflasung eines Reservoirs gleich kommt, kann hingegen die Wasserführung der Flüsse merklich ändern; aber gerade hier dürfte eine etwaige Forderung nach Unterlassung solcher Meliorationen am wenigsten begründet sein.

Doch vielleicht in einem höheren Grade, als die Entwaldungen und die Trockenlegung der Sümpfe, scheinen andere menschliche Eingriffe die mancherorts constatirte Verschlechterung des Regimes der Flüsse — die Zunahme der Wasserarmuth und das Anwachsen der Hochwässer verschuldet zu haben. Und das sind — selbstverständlich nebst den jeweiligen meteorologischen Ursachen — jene Culturarbeiten, welche die rasche Ableitung des Wassers bezwecken, wie sie in Folge der neuen Pflege der Bodencultur notwendig geworden ist. Das Wasser ist einer der wichtigsten Factoren, von welchem das Gedeihen der Nutzpflanzen abhängt und deswegen trachtet die Landwirthschaft die Herrschaft über das Wasser zu erlangen. Man ist seit Dezenien bestrebt durch eine ungezählte Menge von grossen und kleinen Anlagen das Wasser offen und verdeckt aus den landwirtschaftlichen Culturgründen abzuleiten. Diese Anlagen, welche auf die möglichst rasche Ableitung der Tag- und Untergrundwässer abzielen und gemeinhin mit dem Namen *Meliorationen* bezeichnet werden, nehmen ent-

schieden einen Einfluss auf die Wasserverhältnisse der Bäche und Flüsse. Durch die Entwässerung und Trockenlegung von immer neuen Grundflächen zum Zweck ihrer intensiveren Cultivirung und Ausnützung; durch die Regulirung von Wassergräben, Bächen und Flüssen, durch die Anlage von neuen und die Erhöhung von alten Eindämmungen, u. s. w., werden die Abflussverhältnisse der oft noch im alten Zustand verbleibenden Hauptgerinne, gewiss nur ungünstig beeinflusst. Auf diese Weise werden Wassermengen, die ehemals aus dem Gelände entweder gar nicht oder nur auf Umwegen und allmählig abgeflossen sind, nunmehr rasch und concentrirt abgeleitet. Die schnelle Abfuhr des Wassers aus dem Culturgelände, nicht nur der Hauptthäler, sondern auch der Seitenthäler und zum Teil auch aus dem Hügellande, muss zur schliesslichen *Ueberlastung* der Hauptgerinne führen.

Es ist begreiflich, dass dann nach jedem abnormalen Regen, nach Gewittergüssen oder nach rapid eintretender Schneeschmelze, mittelst der zwar kleinen und an sich unscheinbaren, aber in *unendlicher* Anzahl künstlich hergestellten Ableitungsrinnen, sich grosse Wassermengen in der kürzesten Zeit in den Flüssen ansammeln und darin die so beklagten Hochwassererscheinungen verursachen müssen. Dabei darf nicht übersehen werden, dass durch die Ablagerung der vom Wasser mitgeführten Sinkstoffe eine allmähliche aber unaufhaltsam fortschreitende Hebung der Thalsohlen und Flussbette und damit natürlich auch der Hochwasserspiegel stattfindet, was endlich dazu führt, dass die Hochwassergefahr auch bis zu den höhergelegenen, bisher hochwasserfreien Liegenschaften vordringt.

Andererseits waren bei dem früheren Zustand der Dinge die Niederschläge gezwungen, längere Zeit auf dem Boden zu verharren, wodurch die Bildung der Hochwässer verzögert, aber auch das Eindringen des Wassers in den Boden gefördert und so die Speisung des Grundwassers und der Quellen reichlicher besorgt wurde.

Die immer ausgedehntere und mannigfaltigere Benützung des Wassers für Bewässerungs-, Industrial- und Schiffahrtzwecke trägt auch bei zur Verminderung der Niederwässer.

So wird durch die steigenden Culturbedürfnisse des Menschen das Regime der Flüsse immer mehr verschlechtert und die Abwehr und Benützung des Wassers für die kommenden Geschlechter immer schwieriger werden.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349889

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299485