Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 12 (1919-1920)

Heft: 21-22

Artikel: Der Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer

Autor: Bavier, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920678

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 12.07.2025

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

der Works-Engineer J. B. Goodwin, sein General-Superintendent George Anzell mit einem grossen Stab von Sektions- und Loos-Bauingenieuren, Maschineningenieuren, Elektroingenieuren etc. A. C. D. Blanchard ist Chief-Field-Engineer. Er ist für das Vermessungswesen verantwortlich.

(Fortsetzung folgt.)

Der Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer.

Von B. Bavier, Oberförster.

Unter diesem Titel erschien kürzlich als Band XII der Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen eine grosse wissenschaftliche Abhandlung aus der Feder ihres Vorstandes Professor Dr. A. Engler, welche verdient, auch in dieser Zeitschrift gewürdigt zu werden.

Es ist bekannt, welche gewaltigen Summen im Laufe der letzten Jahrzehnte vom Bunde, den Kantonen und andern Interessenten für die Bezähmung unserer Wildwasser ausgegeben wurden. Beläuft sich ihre Höhe doch für die Jahre 1872 bis 1912 auf annähernd 250 Millionen Franken. Während der gleichen Zeit wurden zur Regelung des Wasserregimes etwa 13,000 ha. neuen Schutzwaldes mit einem Kostenaufwand von zirka 12 Millionen Franken angelegt.

Die Rolle des Waldes, früher oft genug verkannt, wird allmählich besser gewürdigt, und es besteht darüber kaum mehr ein Zweifel, dass ein grosser Teil der genannten Summe sich hätte ersparen lassen, wenn man von Anfang an das Übel an der Wurzel gefasst und mit den Mitteln der Natur geheilt hätte, wozu sich die Werke der Technik nur allzuoft als zu schwach erwiesen.

Ingenieur und Forstmann standen sich leider oft gegenüber wie feindliche Brüder, gerade weil des letztern Arbeit in ihrer Wirkung unterschätzt und die Rolle des Waldes nicht genügend bekannt war. Zudem standen der Aufforstung in der Regel erhebliche Schwierigkeiten im Wege, welche nicht nur auf dem bequemen „Budgetweg" durch Gewährung grosser Kredite beseitigt werden konnten, sondern oft genug einen harten und langen Kampf mit dem zähen Widerstand einer gegen die Hingabe ihres Bodens sich sträubenden Bevölkerung nötig machten. Heute ist es gewiss besser geworden und zahlreiche ausgedehnte Werke — ich nenne darunter nur die Arbeiten am Lammbach und in der Nolla — sind in grosszügiger Weise durch Zusammenarbeit des Ingenieurs und des Forstmannes entstanden und noch im Erstehen und legen Zeugnis dafür ab, dass sich in den herrschenden Ansichten ein erfreulicher Umschwung vollzogen hat.

Immer aber war man doch noch mehr oder weniger auf reine Erfahrungstatsachen und theoretische Erwägungen angewiesen, die durch besonders ungünstig verlaufende Katastrophen, wie diejenige von 1910 wieder ins Wanken zu geraten schienen, und den vollgültigen Beweis über die zwar jedem Förster in Fleisch und Blut sitzende Tatsache der Wirkung des Waldes war die Forstwirtschaft immer noch schuldig geblieben.

Der verdiente bernische Oberförster G. Zürcher wies anlässlich einer von ihm verlangten Projektietierung von Aufforstungen im Einzugsgebiet der Ilfis auf den Übelstand des Fehlens jeglicher wissenschaftlicher Grundlagen hin und schlug die Anhandnahme solcher Versuche vor. Sein Ruf verhallte nicht ungehört. Die forstliche Versuchsanstalt nahm diese Versuche bald darauf in ihr Arbeitsprogramm auf und hat dieselben nun während eines 20jährigen Beobachtungszeitraumes durchgeführt.

Als Untersuchungsojekte dienten die im Einzugsgebiet der Grünen, eines Seitenbaches der Emme liegenden beiden Gräben, der Sperbel- und der Rappengraben. Der erstere mit 55,79 ha. ist vollständig, das heist zu 97 %, der letztere mit 69,71 ha. nur sehr schwach, das heisst zu 35 % bewaldet. Beide weisen im übrigen genau gleiche geologische und orographische Verhältnisse auf und eignen sich deshalb zum beabsichtigten Zweck in vorzüglicher Weise.

Geologisch gehören diese Einzugsgebiete der bunten oder polygenen Nagelfluh an, deren Gesteine vorwiegend Quarzit, Hornstein und Granitgerölle bilden, welche in 3 bis 35 m mächtigen, sanft, d. h. etwa $5^1/_2{}^0$ geneigten Bänken mit dazwischen gelagerten Mergelschichten einen sehr wenig wasserdurchlässigen Untergrund bilden. In methodischer Hinsicht war die geringe Durchlässigkeit des Untergrundes die Voraussetzung einwandfreier und schlüssiger Ergebnisse.

Die ganze den Versuchen zugrunde liegende Fragestellung lautete zusammengefasst:

Wie gestalten sich die Abflussverhältnisse bewaldeter und unbewaldeter Einzugsgebiete unter sonst möglichst gleichen Bedingungen, bei heftigen Gewitterregen und Wolkenbrüchen, bei starken und anhaltenden Landregen, bei rascher Schneeschmelze und in Trockenperioden?

Dabei kam neben der Feststellung der tatsächlichen Ergebnisse vor allem der Erforschung der Ursachen eine nicht nur wissenschaftliche, sondern auch eminent praktische Bedeutung zu.

Die Durchführung der Versuche und deren wissenschaftliche Bearbeitung lag ganz in den Händen der forstlichen Versuchsanstalt, während die Projektierung und der Bau der Wassermeßstationen durch das eidgenössische hydrometrische Bureau vorgenommen wurden.

Zur Erforschung des Wasserhaushaltes in den beiden Versuchsgebieten waren vor allem festzustellen:

Die täglichen beziehungsweise jährlichen Niederschlagsmengen, der Verlauf und die Intensität der

Niederschläge, die Schneehöhen und die Lufttemperaturen, sowie die Grösse und der Verlauf des Wasserabflusses. Zur Ermittlung der Niederschlagsmengen wurde jedes der Versuchsgebiete, die Höhenunterschiede von etwa 300 m aufweisen, in drei Höhenzonen geteilt und jede mit einem Hellmannschen Regenmesser von 200 cm^2 Auffangfläche versehen. Auf der unteren Station wurde neben dem gewöhnlichen Ombrometer noch ein selbstregistrierender Regenmesser, System Hellmann, aufgestellt.

Alle Regenmesser waren im Freien, das heisst nicht im Bestandesschirm plaziert.

Mit Rücksicht darauf, dass beide Gewässer den Charakter von Wildbächen mit verhältnismässig hohen, aber auch sehr niedrigen Wasserständen haben, entschloss man sich bei der Messung der Abflussmengen gleich anfangs zu zwei Methoden, nämlich mittelst Eichens bei niedrigem Wasserstande und mittels Messung der Üeberfallhöhen bei grösseren Abflussmengen. Im Jahre 1903 wurden diese Messungsmethoden verbessert durch die Aufstellung von selbstregistrierenden Pegeln. Zur Messung des Geschiebes dienten Sammelkasten.

Es ist einleuchtend, dass solche Versuche auf manigfache Schwierigkeiten stossen mussten. Sie liegen hauptsächlich darin begründet, dass die Versuchsgebiete sehr abgelegen sind, dass man in der Auswahl des beobachtenden Personals nicht frei war und sich auch mit der Aufstellung der Regenmesser und anderer Instrumente an die bestehenden Gebäude halten musste. Störungen bei den Instrumenten konnten oft nicht sofort gehoben werden usw. So ergaben zum Beispiel die Niederschlagsmessungen offenbar nicht ganz einwandfreie Ergebnisse. Die Resultate wurden aber in peinlichster Weise gesichtet und auf ihre Zuverlässigkeit geprüft und dementsprechend für die Schlussfolgerungen verwendet.

Um über die Wasserbilanz der beiden Gebiete ein richtiges Bild zu gewinnen und die unerlässlichen Korrekturen anzubringen, war in erster Linie festzustellen, wieviel Niederschlagswasser den Versuchsgebieten infolge der geologischen Lagerung auf natürlichem Wege entzogen oder zugeführt wird. Leichter war dagegen die künstlich durch Brunnenleitungen usw. zu- und abgeführte Wassermenge zu bestimmen.

Es erwies sich dabei, dass sich die dem Rappengraben aus fremden Gebieten zufliessende Wassermenge auf $2^1/_2$—3 % beläuft, während umgekehrt dem Sperbelgraben 1 % durch eine Quellenfassung entzogen wird. Wasserverlust durch Versickerung konnte nicht nachgewiesen werden.

Bevor wir auf die eigentlichen Versuchsergebnisse zu sprechen kommen, haben wir uns kurz mit den parallel dazu gehenden Untersuchungen über das Verhalten des Wassers zu den Wald- und Freilandböden zu befassen.

Gegenstand der vergleichenden Untersuchungen bildeten Volumengewicht, Porenvolumen, Wasserkapazität, Wassergehalt und Durchlässigkeit der verschiedenen Böden und daran anschliessend die Verdunstung des Waldes und des landwirtschaftlich benutzten Bodens. Sie ergaben zunächst folgende sichere Feststellungen: Bis zu einer Tiefe von 40 bis 50 cm ist der Waldboden wesentlich lockerer als der Freilandboden. Durch besonders grosse Porosität zeichnet sich im Vergleich zu Weidboden die humose krümmlige Dammerde geschonter Waldböden aus.

Die belebten Körper (Baumwurzeln und Tiere), welche der Waldboden in ungeheurer Zahl in sich birgt, erhalten durch ihr Wachstum, durch ihre Bewegung auch die Bodenteilchen in fortwährender Bewegung und lockerer Lagerung. Zugleich werden durch faulende alte Baumwurzeln und durch Gänge grösserer Tiere weite grosse Kanäle und Wasserreservoire im Boden geschaffen. Je nach der Beschaffenheit der Waldbestände wechselt der Lockerheitsgrad ziemlich erheblich. Zufolge dieser lockeren Struktur ist der geschonte Waldboden für Wasser viel durchlässiger als der Weidboden. Im Walde dringen selbst an den steilsten Hängen die intensivsten Niederschläge sofort in den Boden ein. Auf der Weide hingegen erschwert der dichte Wurzelfilz des Rasens das Eindringen des Wassers in hohem Masse. Bei heftigen Niederschlägen fliesst deshalb ein grosser Teil desselben oberflächlich ab. Obwohl die Versuche für Wald und Freilandböden ungefähr die gleiche Wasserkapazität ergeben, vermag der letztere viel mehr Haftwasser in sich festzuhalten als der Waldboden. Dieser wird durch seine verschiedenen ihn durchziehenden Kanäle ständig entwässert. Es bedingt dies vor allem seinen gleichmässigen Wassergehalt.

Die grosse Menge des vom Freiland festgehaltenen Wassers ist die Ursache der dort viel häufiger als im Walde auftretenden Erdschlipfe. Was die Verdunstung anbelangt, so mag noch erwähnt werden, dass die unmittelbare Verdunstung des Bodens auf Grund von Versuchen pro Jahr und Hektare geschätzt werden konnte auf:

im Wald	zu 1230 m^3
im Freien	„ 3690 „

Umgekehrt verdunstet die Vegetation ungefähr folgende Mengen:

Waldbäume	3000 m^3
Wies- und Ackerpflanzen	1300 „
Weidevegetation	650 „

In den Versuchsgebieten wurde demnach die Verdunstungsmenge der Waldbäume im Sperbelgraben durch die Verdunstungsmenge der Freilandböden im Rappengraben wieder aufgehoben, so dass sie sich in beiden Gebieten fast gleichstellte.

Betrachten wir im folgenden nun die direkten Versuchsergebnisse beider Gebiete und zwar in erster Linie bei der Schneeschmelze: Bei rascher Schnee-

schmelze im Frühjahr, sei es mit oder ohne Regen, bleiben in Gewässern mit bewaldetem Einzugsgebiet die höchsten Wasserstände und die gesamten Abflussmengen unter denjenigen von Gewässern unbewaldeter Gebiete. Auch die charakteristischen täglichen Schwankungen des Abflusses sind in waldlosen Gebieten viel grösser. Wir haben uns hierbei zu erinnern, dass der Rappengraben nicht einfach waldlos, sondern immerhin zu 35 % bewaldet ist, ausserdem sind weitere 28 % seiner Fläche mit Alpenerlen, Adlerfarn und Fichtenanflug bewachsen, unter denen sich die Eigenschaften des Bodens jenen des Waldes stark nähern. Auf Grund einer Umrechnung, die sich auf den Flächenanteil stützt, gelangt Professor Engler zu folgender, hier für drei charakteristische Schmelztage durchgeführter Rechnung:

Maximale Wasserstände für 100 ha. Fläche:

	Sperbelgraben		Rappengraben	
	sek./l	%	sek./l	% des Sperbelgrab.
23. Mai 1906	252	100	532	211
21. März 1916	116	100	240	207
2. Mai 1917	260	100	487	187

Tägliche Abflussmengen für 100 ha. Fläche:

	Sperbelgraben		Rappengraben	
	m³	%	m³	% des Sperbelgrabens
23. Mai 1906	16,879	100	25,327	150
21. März 1916	7,173	100	12,437	176
2. Mai 1917	19,344	100	25,866	134

Wäre demnach der Rappengraben ganz waldlos, so hätten seine maximalen Wasserstände ungefähr die doppelte Höhe derjenigen des Sperbelgrabens erreichen müssen, und die täglichen Abflussmengen des erstern hätten die des letztern um 34 bis 76 % übertroffen. Verschiedene Umstände, insbesondere die örtliche Lage der Waldungen des Rappengrabens lassen es übrigens als sicher erscheinen, dass man auch mit diesen Zahlen hinter der Wirklichkeit noch zurückbleibt. Es ist klar genug, dass sich diese Verhältnisse auch im Wasserstande der Flüsse zeigen müssen. Die Schneeschmelze hat auf diesen einen so grossen Einfluss, weil sie sich, durch die allgemeine Wetterlage bedingt, gleichzeitig über weite Gebiete erstreckt, namentlich wenn das Sammelgebiet kleine Höhenunterschiede aufweist. Da kann es für die Wasserführung und die daraus resultierende Gefahr von Überschwemmungen durchaus nicht gleichgültig sein, wenn die täglichen Abflussmengen um 30 bis 80 %, während einiger Stunden sogar um 50—100 % höher sind.

Selbst eine durch teilweise Bewaldung um nur 10—20 % verringerte Abflussmenge müsste schon von erheblicher wohltätiger Wirkung sein. Im Vergleich zu Gewittern oder selbst zu Landregen sind in den Versuchsgebieten die zur Zeit der Schnesschmelze eintretenden Hochwasserstände nicht so bedeutend und gehen selten über 400 sek./l pro Hektare hinaus.

Nicht minder wichtig ist das Verhalten bewaldeter und unbewaldeter Gebiete bei Gewitterregen und Wolkenbrüchen. Solche heftige Niederschläge rufen in den Hauptrinnen der Einzugsgebiete rasch wachsende Hochwasserwellen hervor, die umso schneller eintreten, je intensiver und gleichmässiger der Regen fällt

In allen untersuchten Fällen betrug der maximale sekundliche Abfluss des bewaldeten Sperbelgrabens nur 1/3 bis 1/2 von dem des waldarmen Rappengrabens. Im Sperbelgraben stieg der höchste beobachtete sekundliche Abfluss auf 817 l, im Rappengraben dagegen auf 3100 l. Mit der Hochwasserwelle gelangen nicht mehr als 10 bis 30 %, ja bei sehr heftigen Niederschlägen oft nur wenige Prozent zum Abfluss. Die abfliesende Gesamtmenge ist im ersteren bis zur Hälfte kleiner. Daneben zeigt sich aber, dass der Abfluss in hohem Masse bedingt ist von der Witterung, die vor dem Eintreten der Niederschläge herrschte. Anhaltende Nässe, Mangel an Winterfrost vermindern die Durchlässigkeit und das Retentionsvermögen des Bodens bedeutend.

Trotz der langen Reihe von Jahren, während welcher die Versuche dauerten, ist es natürlich verhältnismässig selten, dass sich die Verhältnisse in beiden Versuchsgebieten so gestalten, dass sie direkt vergleichbar werden. So ergaben denn nur 4 Jahre gute vergleichbare Resultate. Greifen wir das Gewitter vom 2. Juni 1915 heraus, um einen Überblick über die Versuchsanordnung zu geben:

Es fielen

im Sperbelgraben

von	8.10	bis	8.15	nachm.	1,24	mm	pro Minute
„	8.15	„	8.20	„	1,68	„	„ „
„	8.20	„	8.25	„	0,78	„	„ „
„	8.25	„	8.35	„	0,42	„	„ „
„	8.35	„	8.40	„	0,60	„	„ „
„	8.40	„	8.50	„	0,05	„	„ „

im Rappengraben

von	7.55	bis	8.00	nachm.	0,22	mm	pro Minute
„	8.00	„	8 05	„	0,50	„	„ „
„	8.05	„	8.10	„	0,94	„	„ „
„	8.10	„	8.15	„	1,58	„	„ „
„	8.15	„	8.30	„	0,45	„	„ „
„	8.30	„	8.40	„	0,39	„	„ „
„	8.40	„	8.50	„	0,03	„	„ „

Diese kurzen aber sehr heftigen Niederschläge bewirkten im Sperbelgraben um 8.50 einen maximalen Abfluss von 817,4 sek./l, im Rappengraben dagegen schon um 8.30 einen solchen von 1350,6 sek./l. Sobald im Gebiet des letzteren die Heftigkeit des Regens auf 0,39 mm in der Minute sinkt, nimmt der sekundliche Abfluss ab. Die grosse Flutwelle stellt sich im Rappengraben wie stets früher ein.

Zum Vergleich der höchsten Wasserstände und der gesamten Abflussmenge dienen folgende Zahlen:

Maximale Wasserstände:

Rappengraben 1351 sek./l = 100 %
Sperbelgraben 817 „ = 60,5 %.

Nach erfolgter Korrektur, das heisst den Rappengraben als ganz waldlos angenommen, würden sich für den Sperbelgraben nur 50,5 % ergeben. Gesamtabfluss in Prozent der Regenmengen:

	Sperbelgraben (gemessen)	Rappengraben (korrigiert)
Am 2. Juni, 9 Uhr n.	4,7 %	12,3 %
Am 3. Juni, 12 Uhr v.	9,7 %	27,5 %
Am 3. Juni, 6 Uhr n.	13,9 %	46,7 %
Am 3. Juni, 12 Uhr n.	16,7 %	62,1 %

Der Waldboden hatte in diesem Fall ein durch den vorangegangenen warmen und trockenen Mai verursachtes, sehr grosses Fassungsvermögen. Weniger einfach als bei Gewittern sind die Abflussverhältnisse beider Gebiete bei langdauernden Landregen und Regenperioden. Im Gegensatz zu den intensiven Regen von verhältnismässig kurzer Dauer fliesst bei weniger heftigen aber lange anhaltenden Regen ein viel grösserer Teil der gefallenen Niederschläge ab. Der Abfluss kann im Walde und Freiland auf 80 bis 90 % steigen. Das Verhältnis in den beiden Gebieten ist dabei kein gleichbleibendes, sondern wechselt von Fall zu Fall. So zeigte zum Beispiel in der Zeit vom 4. bis 7. Juli 1910 der Wald ein viel grösseres Retentionsvermögen als das Freiland, während am 14. und 15. Juni desselben Jahres die Abflussmengen fast gleich waren und am 22. bis 29. Juli 1914 der Abfluss des bewaldeten Sperbelgrabens den des Rappengrabens sogar ausnahmsweise überstieg.

Während einiger Wochen mit nassem kühlem Wetter kann sich nämlich der Wassergehalt des Waldbodens derart erhöhen, dass sein Retentionsvermögen bei eintretenden Landregen völlig versagt. Die Wasserspeicherung kann aber auch ganz allmählich im Laufe etlicher Monate erfolgen. Ein Übermass von Niederschlägen im Winter und Frühjahr ist der Entstehung von Hochwasser bei Frühsommerregen sehr förderlich. Es mag interessieren, die Verhältnisse in den Versuchsgebieten bei dem Landregen vom 14. und 15. Juni 1910, welcher bekanntlich das grosse Hochwasser auslöste, etwas näher zu verfolgen.

Dem sintflutartigen Regen ging eine sehr lange Nässeperiode voraus. Der Winter 1909/10 war viel zu niederschlagsreich und zu warm. In den drei Wintermonaten fielen im Sperbelgraben 508,6 mm, während das 13jährige Mittel nur 300,6 mm beträgt. Der März war dann allerdings zu trocken, aber dieser Fehlbetrag wurde bei den viel zu grossen Regenmengen des April, Mai und Juni wieder mehr als aufgewogen. Da der Waldboden des Sperbelgrabens alle Niederschläge in sich aufnahm, so war Mitte Juni die Feinerde gesättigt und auch der grösste Teil der Hohlräume mit Wasser gefüllt.

Unmittelbar vor dem Einsetzen des Landregens flossen im Sperbelgraben 27,8, im Rappengraben dagegen nur 18,9 sek./l ab, während der letztere in den Vormonaten mehr Wasser abgegeben hatte. Vom 14. Juni 12 Uhr n. bis zum 15. Juni 12 Uhr n. fielen im Sperbelgraben 80,7, im Rappengraben 71,3 mm.

Im Sperbelgraben war dabei der Niederschlag nicht nur grösser, sondern auch intensiver.

Die maximalen Wasserstände stiegen in beiden Gräben auf ungefähr die gleiche Höhe. Der Sperbelgraben erreichte am 15. Juni einen seiner höchsten Wasserstände. Die Abflussmenge stieg in beiden Gebieten auf 93 % der Niederschlagsmenge an. Das Retentionsvermögen des Waldes hat also in diesem Falle aus den genannten Gründen versagt.

Hochinteressant ist aber die nachgewiesene Tatsache, dass dieses Retentionsvermögen in sehr kurzer Zeit wieder hergestellt sein kann, denn schon in dem bald darauf einsetzenden Landregen vom 4. bis 7. Juli 1910 trat eine eigentliche Hochwasserwelle nur im Rappengraben ein, wo der höchste sekundliche Abfluss auf 914 l stieg, währhrend er im Sperbelgraben blos 371 l betrug. Von den gefallenen Niederschlägen flossen dabei im Rappengraben 84,7 %, im Sperbelgraben nur 63,3 % ab. Es musste also im Juni eine gründliche Entleerung des Waldbodens stattgefunden haben, indem die rasch eindringenden Niederschläge das gespeicherte Senkwasser mit zum Abfluss brachten.

Es würde hier zu weit führen, auf die nähere Erklärung dieses Phänomens, die Professor Engler gibt, einzutreten.

Über das Verhalten der Versuchsgebiete in Trockenperioden nur wenige Worte. Im Sperbelgraben flossen selbst nach bis zu drei Monaten anhaltenden Trockenperioden noch mindestens 1,6 bis 4 sek./l pro 100 ha. Sammelgebiet ab, während im Freiland wochen- ja monatelang kein Abfluss erfolgte. Der Wasserlauf des Sperbelgrabens versiegt überhaupt nie wie derjenige des Rappengrabens, trotzdem der letztere durch Quellen und Brunnen mehr Wasser empfängt.

Wo durch den geologischen Bau bedingte gute konstante Quellen, oder wo natürliche Wasserreservoire wie Seen und Gletscher fehlen, ist in langen Trockenperioden des Sommers und Herbstes der Wald der Wasserspender.

Die ausgleichende Wirkung des Waldes zeigt sich in ausgesprochener Weise auch im Winter bei einsetzendem Tauwetter.

Bei rascher Schneeschmelze mit heftigem Regen kann der maximale sekundliche Abfluss aus einem unbewaldeten Gebiete bis 5 mal so gross sein, als der eines vollständig bewaldeten, und die gesamte Abflussmenge ist nach den Beobachtungen beim ersteren 2 bis $2^1/_2$ mal so gross als die des letzteren. So stieg zum Beispiel beim Hochwasser von Ende Dezember 1918 die Abflussmenge im Rappengraben

bis auf 216 % (Sperbelgraben = 100 % gesetzt), bei Umrechnung auf ein vollständig unbewaldetes Gebiet auf sogar 275 % im Maximum. Wenn die damals in unserem Lande eintretenden Überschwemmungen nicht grösserere Dimensionen angenommen haben, so ist dies grösstenteils dem Walde zu verdanken.

In Kälteperioden verhält sich der Wald ähnlich wie bei Trockenperioden. Selbst bei lang anhaltender Kälte fiel der Wasserabfluss im Walde nie unter 4 sek./l pro 100 ha. Fläche, während er im Freiland wochenlang ganz aussetzte.

Schliesslich sei noch der Geschiebeführung ein Wort gewidmet: Wie schon bemerkt, sind Erdschlipfe im bewaldeten Gebiet nur ganz ausnahmweise entstanden, waren dagegen im unbewaldeten durchaus nicht selten. Wo sich kleinere Erdbewegungen bildeten, waren diese die Folge der Entwurzelung von Bäumen durch Windfälle und Schneedruck. Die Böschungen der Rinnsale im Sperbelgraben sind begrünt, im Rappengraben dagegen zeigen sich viele Ufereinbrüche. Wenn sich im Sperbelgraben überhaupt Schutt ansammelt, ist es in der Regel die Folge des Holzreistens durch die steilen Hänge und die Bachrinne, sowie der noch nicht befestigten Böschungen neuer Wege.

Infolge der letztgenannten Verhältnisse führte der Sperbelgraben in den Jahren 1905 bis 1914 etwas mehr Geschiebe als der Rappengraben, nämlich:

Sperbelgraben = 441,8 m^3
Rappengraben = 386,7 m^3

Der gewitterreiche Sommer brachte eine vollständige Veränderung dieses Verhältnisses Durch grössere und kleinere Muhren brachte der Rappengraben in diesem Jahr nämlich 1314 m^3 Schutt zur Ablagerung, während die Geschiebemenge des Sperbelgrabens nur 80 m^3 betrug. Im Mittel der Jahre 1905 bis 1915 gelangten pro 100 ha. im Rappengraben 2,22 m^3, im Sperbelgraben nur 0,85 m^3 zum Abtransport.

Die Schlussfolgerungen sind einfach und lehren, dass es namentlich die Bewirtschaftung des Waldes ist, welche auf die Geschiebemengen eines bewaldeten Gebietes von Einfluss ist. Man wird der Geschiebebildung durch den Ausbau guter Wegnetze entgegenarbeiten können, hat aber bei der Anlage der Wege an steilen Hängen gleichzeitig der Befestigung des Aushubmaterials besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Dass auch der Wasserableitung aus dem Wegkörper nicht zu unterschätzende Bedeutung zukommt, lehren alle Versuchsergebnisse, indem die zahlreichen Wege im Sperbelgraben den oberflächlichen Wasserabfluss und das rasche Eintreten grösserer Wasserstände sichtlich begünstigen.

Fassen wir zum Schlusse die Resultate aller Untersuchungen zusammen, so darf gesagt werden, dass die dem Walde zugesprochene grosse ausgleichende Wirkung auf die Wasserbilanz eines Einzugsgebietes zweifelfrei nachgewiesen ist. Er verdankt diese wohltätige Wirkung in allererster Linie dem lockeren Zustande seines Bodens, welcher das meteorische Wasser unterirdisch abfliessen lässt.

Entgegen bisher geltenden Anschauungen ist die Rolle des Bestandesschirmes durch Verzögerung, Verteilung und Verminderung des Wasserabflusses eine mehr untergeordnete.

Wenn auch die Wirkung der Bewaldung eine nach den verschiedenen Verhältnissen etwas wechselnde ist und der Abflussverlauf durchwegs stark von dem den Niederschlägen und Abflussphänomenen vorausgegangenen Wetter abhängig ist, wenn dadurch der Wald auch keinen absoluten Schutz gegen Überschwemmungen bieten kann, so ist er doch auch in den ungünstigsten Fällen im Stande, durch Verhinderung der heftigen Hochwasserwellen die Erosion auf ein geringeres Mass zurückzuführen und dadurch katastrophale Folgen zu verhüten.

Die Verwertung der gewonnenen Resultate wird nicht nur im Wasserbau eine überaus wichtige Rolle spielen können, sondern sie gibt uns auch in rein waldwirtschaftlicher Hinsicht wertvolle Fingerzeige über die zu führende Wirtschaft. Es ist besonders wichtig und erfreulich, dass der durch pflegliche Behandlung des Waldes im Hinblick auf seinen Wasserhaushalt anzustrebende Bodenzustand auch derjenige ist, welcher uns schon in rein produktiver Hinsicht als Idealzustand erscheint. Die aus den Untersuchungen Professor Engler's sich als notwendig ergebenden Wirtschaftsprinzipien laufen durchaus parallel zu den in der heutigen Forstwirtschaft geltenden Anschauungen und widersprechen ihnen in keinem Punkt.

Das ganze Werk ist durchaus geeignet, unsere Erkenntnis vom Wirken des Waldes auf das Regime unserer Gewässer zu vertiefen und zu befruchten und dadurch die Grundlage für eine harmonische Entwicklung unserer Verbauungs- und Aufforstungstechnik und einer gedeihlichen Zusammenarbeit der mit diesen Aufgaben betrauten Fachleute zu bieten.

Die künftige Elektrizitätsversorgung in Frankreich.[1])

Die Elektrizitätsversorgung Frankreichs liegt beinahe ausschliesslich in den Händen von Privatunternehmungen. Der Staat beschränkte sich bisher in der Hauptsache auf den Erlass von Vorschriften über den Bau von elektrischen Zentralen und Starkstromnetzen; nach diesen Vorschriften bedürfen Unternehmungen ohne Benutzung von öffentlichen Wegen keiner Konzession; die andern erhalten entweder eine jederzeit widerrufliche oder eine für eine bestimmte Zeit laufende Konzession. Wie in andern Ländern herrscht namentlich auch in Frankreich das Bestreben, eine wirtschaftlichere Stromversorgung durch Einschränkung des Baues kleiner Zentralen zu erzielen. Im Jahre 1913 waren über 2000 Elektrizitätswerke vorhanden mit einer Gesamtleistung von ungefähr 0,736 Mill. KW. (0,478 Mill. KW. Dampf und 0,258 Mill. KW. Wasserkraft). Darunter befinden sich ein Werk mit über 73,600 KW., 3 Werke mit über 29,400 KW., 8 Werke mit über 14,700 KW., 25 Werke mit über 7360 KW., 80 Werke mit über

[1]) Nach Mitteilungen von J. van Dam in „de Ingenieur" 1920, No. 5.