

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Der Wasserverbrauch im Stromgebiet des Niederrheins

Keller, Reiner

1948

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-204693](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-204693)

Der Wasserverbrauch im Stromgebiet des Niederrheins

Von Reiner Keller

Das Klima formt auf dem Wege über den Wasserhaushalt das Leben dieser Erde. Wo das Klima keinen Wasserverbrauch erlaubt, sei es, daß kein Wasser vorhanden ist, sei es, daß die Lufttemperatur keine Verdunstung zuläßt, überall dort kann auch kein Leben existieren. — Im Wüstenklima verdunstet das nicht abfließende Wasser nahezu 100-prozentig ohne zu produzieren, weil die wasserhaltende Kraft des Bodens gegen die Verdunstungskraft und gegen das große Sättigungsdefizit der Luft nichts ausrichten kann. Nur ein Bruchteil des Wassers kann den langsameren aber produktiven Weg durch die Pflanze nehmen. Im kalten Klima reicht umgekehrt die Verdunstungskraft nicht aus, dem Boden das Wasser zu entziehen, weshalb hier der Verbrauch und damit die Produktion gleich Null ist.

Wo Wasser verbraucht wird, wird Substanz erzeugt; wo Wasser abfließt, wird die Kraft geliefert, die in der Natur ordnet und transportiert. Je höher der Wasserverbrauch, umso größer die Produktion. Das gilt sowohl für die Pflanzenwelt, für den natürlichen Wasserverbrauch, als auch für den Menschen und seine Industrie.

Der natürliche Wasserverbrauch ist im Gegensatz zum industriellen Verbrauch auf die Wachstumsperiode, d. s. etwa die Monate März bis August, beschränkt. In dieser Zeit fallen im niederrheinischen Flußgebiet im Tiefland ca. 350 mm, im Gebirge bis zu 500 mm Niederschlag. Diese sommerlichen Regen müssen aber außer der Pflanzenwelt auch noch die Flüsse speisen. Zu dieser doppelten Verwendung reichen die Niederschläge im Sommer bei weitem nicht aus, denn der natürliche Wasserbedarf beläuft sich allein schon auf 400 bis 450 mm, wie im folgenden ausgeführt wird. Dagegen herrscht im Winter, in der Zeit der Vegetationsruhe, ein großer Wasserüberschuß. Die Luft ist zu 80 bis 90 Prozent mit Wasserdampf gesättigt — gegenüber einer relativen Feuchte von nur 65 bis 75 Prozent im Sommer — und kann infolgedessen nur noch unbedeutende Wassermengen von den Pflanzen (Transpiration) annehmen bzw. es reicht der Druck der Pflanzenzellen nicht aus, gegen den Dampfdruck der Atmosphäre Wasser zu transpirieren. Die im Winter erübrigten Wassermengen kommen aber

nicht vollständig dem Abfluß zugute, vielmehr sichert sich der Boden in der kalten Jahreszeit einen großen Teil dieses Wassers, um es in Zeiten maximalen Verbrauchs im Frühjahr wieder abzugeben.

Ob die Sicherung des natürlichen Wasserbedarfs gelingt, hängt ab 1. von klimatischen Verhältnissen und 2. von der wasserhaltenden Kraft des Bodens. Bei der winterlichen Wasserspeicherung sind Schnee und Frostverhältnisse in Luft und Boden von Bedeutung. Der sommerliche Verbrauch wird ermöglicht durch die Lufttemperatur, das Sättigungsdefizit der Luft, durch Windverhältnisse, Niederschlagsverteilung und -höhe. Das Klima des Rheinlandes gibt dem Boden jährlich 400 bis 450 mm Niederschlag, die nicht abfließen. Zuerst wird diese für den natürlichen Verbrauch, für die Vegetation bestimmte Wassermenge reserviert, dann erst sorgen Klima und Boden für den Abfluß. Im Erftgebiet z. B. hält der Boden erst 450 mm des Jahresniederschlags fest, die restlichen 200 mm können abfließen. An der Möhne hält der Boden erst 432 mm Niederschlag fest, die restlichen 564 mm fließen ab. Im Flußgebiet der Lenne werden 400 mm Niederschlag festgehalten, und fast die doppelte Menge, 728 mm, kann abfließen (Werte nach Schaffernak²⁾). Lufttemperatur und Sättigungsdefizit nehmen zwar mit der Höhe ab, dafür wächst aber die Wirkung des Windes beim Verdunstungsvorgang. Es variiert also immer der Abfluß, die zum Verbrauch bestimmte Wassermenge bleibt in einem Klimagebiet nahezu gleich.

Der Niederschlag dringt nicht eher in tiefere Schichten ein, „ehe nicht die nächsthöhere Schicht auf ihre Wasserkapazität aufgefüllt ist“ (nach W. Freckmann und H. Baumann, aus Handb. d. Bodenlehre, Erg. Bd. S. 212)¹⁾, und es kommt erst dann zum oberirdischen oder unterirdischen Abfluß, wenn die nächstliegenden Schichten genügend Wasser aufgenommen haben. Allerdings spielt hierbei die Zeit, in der eine gewisse Regenmenge auffällt, auch eine Rolle. Wird im Sommer der Boden täglich mit 3 mm Niederschlag angefeuchtet, dann fließt von diesen 3 mm keine nennenswerte Menge ab, denn durch die tägliche Austrocknung ist der Boden immer wieder für 3 mm Niederschlag aufnahmebereit. Würden also die 160 mm Niederschlag in den Monaten Mai-Juni täglich als Regen von etwa 2—3 mm zur Erde gelangen, dann wäre die Wasserversorgung der Vegetation in dieser Zeit wahrscheinlich gesichert. Die durchschnittliche Ergiebigkeit eines Regentages im nördlichen Rheinischen Schiefergebirge und im vorgelagerten Tiefland liegt aber bei 5—6 mm (Leipold 1937, S. 48 ff.)³⁾, d. h., der Regen kommt als Schauer nieder. Diese kann der Boden nicht ganz aufnehmen, weshalb ein großer Teil dieser Niederschläge dem Abfluß

¹⁾ Handbuch d. Bodenlehre. Hrsg. v. E. Blanck, Bd. VI. Die physikalische Beschaffenheit des Bodens. Berlin 1930. 1. Ergänzungsband. Berlin 1939.

²⁾ Schaffernak, Fr.: Hydrographie, Wien 1935.

³⁾ Leipold, H.: Die Niederschlagsverhältnisse des Sauerlandes. Beitr. z. westf. Landeskunde, hrsg. v. Prof. Dr. L. Mecking, Emsdetten 1937.

gegeben wird. Nur der Wald kann Regenschauern gut verwerten. Leichtere Niederschläge gelangen u. U. nicht einmal durch die Baumkronen bis zum Waldboden. 'Kräftige Schauern' hingegen durchstoßen auch ein dichtes Kronendach und dringen tief in den lockeren Waldboden ein, der dann wieder verzögernd und ausgleichend wirken kann. Die NW-Wetterlagen, auch Schauerwetter genannt, bringen also dem nieder-rheinischen Flußgebiet in der Monatssumme ausreichende Niederschläge (70—80 mm), aber die Verteilung des Regens ist so, daß der Sommer zu viel trockene Zeiten hat. Der Regen müßte in kleineren Mengen, dafür aber häufiger fallen, wie beispielsweise im ozeanischen Klima der Britischen Inseln, wo sommerliche Trockenperioden viel seltener sind, als im Rheinland. Die sommerlichen Niederschläge sind bei uns einfach zu niedrig, um die Ansprüche der Vegetation befriedigen zu können. Das erhellt, wie wichtig die vorsorgliche Wasserspeicherung im Boden während des Winters ist.

Es ist vor allem dieser winterlichen Wasserspeicherung im Boden zu verdanken, daß unsere Felder, Wiesen und Wälder hohe Erträge abwerfen können. Die häufig auftretende sommerliche Trockenheit auf Sandboden muß zurückgeführt werden auf das geringe Wasserspeichungsvermögen. Die von den sommerlichen Niederschlägen dem Sand zur Verfügung gestellten Wassermengen können bei günstiger Niederschlagsverteilung die gleichen Verdunstungsmengen wie bei Lehmboden abgeben, da Sand rascher als Lehmboden Wasser aufnimmt und auch schneller wieder an die Luft abgibt. Nach Esser⁴⁾ hat Quarzsand bereits 98,1 Prozent verdunstet, während Kaolin erst 82,8 Prozent der aufgenommenen Wassermengen an die Luft abgegeben hat. Die geringe Wasserspeicherung im Winter macht es aber zweifelhaft, ob dem Sand auch 400—450 mm Niederschlag in unserem Klima zur Verdunstung zur Verfügung stehen.

Wie die dem Abfluß entzogenen 450 mm Niederschlag aufgebraucht werden, ist Sache der wasserhaltenden Kraft des Bodens. Zum Verbrauch kommt in Frage 1. die produktive Verdunstung (Transpiration)¹⁾, bei der das Wasser den Weg durch die Pflanzen nehmen muß, ehe es an den Luft-raum abgegeben wird und 2. die unproduktive freie Verdunstung an Oberflächen. Die unproduktive Verdunstung ist der eigentliche Wasserverlust. Sie auf ein Minimum zu reduzieren, ist das Ziel einer intensiven Land- und Wasserwirtschaft. Durch Bearbeitung (Hacken, Pflügen, Eggen u. a.) wird die Bodenoberfläche vergrößert und damit die Verdunstung gesteigert. Dabei wird aber die gelockerte Schicht aus dem Verbande mit dem Unterboden gelöst, was die kapillaren Leitungsbahnen unterbricht und die (freie)

⁴⁾ Eser, C.: Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens. Wollnys Forschgn. geb. Agrikult.-Phys. 7, 4 (1884). Aus Handb. d. Bodenl. Bd. VI. Berlin 1930.

Gesamtverdunstung hemmt. (M. Helbig in Handb. d. Bodenlehre, Bd. 6. S. 232)⁵⁾. Sandboden hat nicht so viel Wasserhaltungsvermögen, daß die langsam erfolgende produktive Transpiration der Pflanzen ins Gewicht fallen kann gegenüber der rasch erfolgenden thermisch bedingten unproduktiven freien Verdunstung.

1. Der natürliche Wasserverbrauch.

Weitaus der größte Wasserverbraucher ist in unserem Klima die Pflanzenwelt: Das Wasser schafft die Stoffe für den Pflanzenbau heran, es ermöglicht chemische Umsetzungen und wird dann von der Pflanze dem Luftraum zurückgegeben. Zur Erzeugung von 1 g Trockensubstanz müssen 250—1000 g Wasser von der Pflanze dem Boden entzogen und an den Luftraum weitergegeben werden (Mais 368, Weizen 435, Kartoffel 636 g und Flachs 1 Ltr.)⁶⁾.

Nicht nur die transpirierte Wassermenge, auch der Verlauf der Transpiration ist bei den einzelnen Pflanzen sehr unterschiedlich. Manche Pflanzen, z. B. die Birke, schließen bei hohen Temperaturen ihre Spaltöffnungen und schränken dadurch die Wasserabgabe auf ein Minimum ein, andere z. B. die Kiefer, transpirieren umso mehr, je höher die Lufttemperatur, je höher die Verdunstung (Evaporation) ist. Dieser von der Witterung abhängige Transpirationsgang, dem besondere Beachtung geschenkt werden muß, weil er wahrscheinlich einen entscheidenden Einfluß auf die Verbreitung der Pflanzen hat, dieser Transpirationsgang interessiert hier nicht, es soll nur die Höhe des jährlichen Wasserverbrauchs erfaßt werden.

Ein Buchenblatt welkt infolge Wasserverlustes, infolge eines Wasserdefizits seiner Zellen; denn die Transpiration wird auch nach dem Abpflücken noch eine Zeitlang fortgesetzt. Den Wasserverlust mehrerer Buchenblätter in etwa 2 Minuten kann man durch Präzisionsinstrumente bestimmen mehrmals zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, bei Schön- und Schlechtwetterlagen. Dann kann man eine Aussage über den Wasserverbrauch in einem Jahre wagen.

Ein Gramm frisches Buchenlaub würde pro Tag etwa 2,5—2,8 g Wasser abgeben, ein g Birkenlaub sogar 8 g Wasser pro Tag transpirieren. Die Nadelhölzer sind etwas sparsamer, die Kiefer verbraucht nur etwa 2 g und die Fichte gibt täglich sogar nur 1,5 g Wasser pro Gramm Frischgewicht ab. Jedenfalls hat die Fichte es verstanden, mit dieser einmaligen Leistung sich ein weites Verbreitungsgebiet zu sichern.

Man macht nun die Feststellung, daß der Wasserverbrauch von Laub- und Nadelwäldern bei weitem nicht so unterschiedlich ist wie der Verbrauch der einzelnen Blattgewichte. Ein Gramm Fichtennadeln verbraucht sehr

⁵⁾ Helbig, M.: Die Verdunstung des Wassers aus dem Boden. In: Handb. d. Bodenl. Bd. VI, Berlin 1930.

⁶⁾ Zahlen entnommen aus *Tabulae biologicae* Bd. V.

wenig Wasser, viel weniger als die gleiche Gewichtsmenge Birken- und Buchenblätter verbraucht. Aber auf die Waldfläche umgerechnet, erzeugt die Fichte soviel Substanz mehr als Buche und Birke, daß das Produkt Substanz pro qm mal Verbrauch pro Gramm Frischgewicht bei allen Bäumen einem einheitlichen Wert zustrebt (Fichte erzeugt pro qm 1,5 kg. Buche 0,67 und Birke 0,48 kg Frischgewicht). Die Birke muß den nährstoffarmen Böden sehr viel Wasser entziehen, um auch nur ein Gramm aufzubauen, erzeugt daher wenig Substanz, obwohl sie den höchsten Wasserverbrauch hat. Die Fichte, der die gleiche Wassermenge zur Verfügung steht, kann mit dieser viel mehr Substanz erzeugen. Wo die Transpiration pro Gramm Frischgewicht groß ist, da ist die erzeugte Masse pro qm klein und umgekehrt. Dadurch wird der Wasserverbrauch auf der Flächeneinheit bei allen Bäumen nahezu gleich groß.

Es werden in jedem Baumbestand, wenn man von diesen Verbrauchszahlen ausgeht (und nicht vom Abfluß), 3—400 mm Niederschlag ausgenutzt und verbraucht (von ca. 800 mm), wobei der Laubwald mit Unterwuchs⁷⁾ näher bei 400, der Nadelwald näher bei 300 mm liegt. Aber selbst dieser geringe Unterschied in der produktiven Verdunstung wird noch ausgeglichen durch die unproduktive Wasserabgabe, durch die freie Verdunstung an Oberflächen. Diese Oberflächenverdunstung ist beim Fichtenwald etwas größer als beim Laubwald, da die Oberfläche des Nadelwaldes mehr Wasser auffängt (Kirwald, E. 1944)⁸⁾, und die Birke, der Baum mit der höchsten Blattranspiration, hat die kleinste Oberflächenverdunstung, da sie auch die kleinste Blattfläche hat. Damit wird dann auch der letzte Unterschied im Verbrauch von Laub- und Nadelwald ausgeglichen. Ein Unterschied besteht also nur in der Art des Verbrauchs, in der Verteilung auf produktive und unproduktive Verdunstung. Die Fichte kann demnach mit wenig Wasser die meiste Substanz erzeugen, auf der anderen Seite gibt sie aber eingespartes Wasser nutzlos als Oberflächenverdunstung wieder ab.

Im niederrheinischen Flußgebiet (von Bonn bis Emmerich sowie Roer und Niers) verbraucht allein der Wald jährlich 1,75 Milliarden cbm Wasser, d. i. bereits 0,15 Milliarden cbm mehr als sämtliche Wasserwerke im gleichen Gebiet fördern. Die freie Verdunstung ist in diesen Verbrauchszahlen des Waldes noch nicht eingeschlossen. Hierbei ist allerdings eine gute Wasserversorgung der Wälder angenommen, wie sie ja auch in unserem Klima zu erwarten ist. Fehlt an bestimmten Standorten das Wasser, dann entwickeln sich die Wälder nicht so gut, es wird weniger transpiriert, es wird weniger Substanz erzeugt.

⁷⁾ Der Verbrauch des Unterwuchses bewegt sich in der Größenordnung 50 bis 60 mm. Über den sehr geringen Verbrauch der Schattenpflanzen vgl. die Arbeiten von Stocker, O. und Pisek-Cartellieri.

⁸⁾ Kirwald, E.: Forstliche Wasserhaushaltstechnik. Neudamm 1944.

Zur Feststellung des Wasserverbrauchs unserer Wiesen und Weiden ist eine Kartierung der Pflanzengesellschaften nicht erforderlich, da sich gezeigt hat, daß zwar die Transpirationszahlen verschiedener Pflanzen große Schwankungen aufweisen, die transpirierte Wassermenge pro Flächeneinheit in allen Beständen aber nahezu gleich ist, sobald die erzeugte Pflanzensubstanz übereinstimmt. Es müßte also die an verschiedenen Standorten erzeugte Pflanzensubstanz ermittelt werden, wenn man zu genaueren Verbrauchszahlen kommen will. Vorläufige rohe Zahlen lassen sich unter Zuhilfenahme der Erntestatistik aus der Bodennutzungserhebung errechnen. Jedoch können diese Zahlen nur als ein Vorstoß zur richtigen Größenordnung gewertet werden.

Der dichte Bestand einer Fettwiese läßt keine große freie Verdunstung zu. Das Wasser wird gezwungen, den Weg durch die Pflanze zu nehmen. Da die freie Verdunstung gering ist, ist die Transpiration groß und erreicht mit 332 mm⁹⁾ Verbrauchswerte, die dem Verbrauch des Waldes nicht nachstehen. Bei Trockenrasen ist umgekehrt die freie Verdunstung größer und die von dem dürrtigen Bestand transpirierte Menge von 200 mm gering. Besondere Bodenverhältnisse und das besondere feuchte Lokalklima mit mäßigen Temperaturen, die die Transpiration kaum einmal einschränken, ermöglichen in den nassen Wiesen Verbrauchswerte von über 1000 mm. Pisek und Cartellieri fanden in nassen Wiesen im Inntal Transpirationswerte von 1165 mm¹⁰⁾. Anscheinend braucht die Pflanze hier kaum Arbeit zu leisten gegen die wasserhaltende Kraft des Bodens.

Die Transpirationszahlen erreichen somit die gleiche Höhe wie die Verbrauchszahlen des Waldes, im Mittel 310—330 mm (Mittel anteilmäßig aus Fettwiesen, Trockenrasen, feuchten Wiesen), d. s. im Stromgebiet des Niederrheins ca. 1,1 Milliarden cbm. Diese Werte sind also nicht auf dem Wege über den Abfluß gewonnen, sondern aus dem Gewicht und Wasserverlust der einzelnen Pflanzen. Auch hierzu müssen noch die von den Oberflächen der Pflanzen und des Bodens verdunsteten Wassermengen gerechnet werden, welche nicht den Weg durch die Pflanze nehmen, sondern ungenutzt verloren gehen.

⁹⁾ Die Verbrauchszahlen der von Pisek u. Cartellieri angegebenen ha-Erträge wurden umgerechnet auf die höheren Erträge im Rheinland, wodurch sich die Transpirationszahlen unwesentlich (um ca. 10 mm) erhöhten. Ob diese Umrechnung berechtigt ist, müßten Versuche noch erweisen.

Pisek, A. u. Cartellieri, E.: Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. Jb. f. wiss. Botanik, Bd. 75 (1931/32), 79 (1933), 88 (1939), 90 (1941).

¹⁰⁾ Man darf nicht annehmen, daß diese Transpirationszahlen den Verhältnissen in den Tropen entsprechen. Im Gegensatz zu unserem Klima ist die Luft der Tropen häufig mit Wasserdampf gesättigt, wodurch die Transpiration eingeschränkt ist. In den Mittagsstunden ist andererseits das Sättigungsdefizit der Luft wieder so groß, daß die Pflanzen durch Spaltenschluß die Transpiration einschränken. Eine stärkere Transpiration ist nur in den Übergangsstunden möglich.

Die Summe freie Verdunstung plus Transpiration strebt also im allgemeinen einem konstanten klimabedingten Wert zu, der zwischen 400 und 450 mm liegt, wobei kleinere Schwankungen durch Bodeneigenschaften verursacht werden können.

Welche besondere Rolle spielt nun der Wald im Wasserhaushalt. Die angegebenen Verbrauchszahlen zeigen, daß durch Entwaldung kein Wasser eingespart werden kann, es braucht auch kein Wassermehrverbrauch einzutreten, es kann wohl die produktive Verdunstung zu Gunsten der nutzlosen Oberflächenverdunstung vermindert werden. Das Verhältnis freie Verdunstung zu Transpiration ist maßgebend für den Bewuchs und dieses Verhältnis ist im wesentlichen abhängig von der wasserhaltenden Kraft des Bodens. Hat der Boden keine wasserhaltende Kraft, dann werden die vom Klima zur Verfügung gestellten 400 mm Niederschlag, wenn sie überhaupt gespeichert werden können, durch die freie unproduktive Verdunstung sehr rasch verzehrt und die langsame Transpiration kann nur eine dürftige Vegetation befriedigen, die zudem gegen ein Wasserdefizit gesichert sein muß. Ein humusreicher Boden setzt der freien Verdunstung stärkeren Widerstand entgegen als ein sandiger Boden. Beim Wald kommt noch der Einfluß der Streudecke hinzu, welcher die freie Verdunstung auf ein Minimum herabdrückt. Nach Eser (Aus: Handb. d. Bodenkunde Bd. 6¹¹⁾ ergab in einem Sommermonat ein Boden mit 5 cm Fichtennadelstreu nur 10,8% und mit 5 cm Buchenlaubbedeckung 11% der Verdunstung eines unbedeckten brachliegenden Bodens. Ebermayer¹²⁾ beobachtete während 5 Jahren (1869—73) die Verdunstung im freien Feld (= 100%), im Wald ohne Streudecke (= 47%) und im Wald mit Streudecke (= 22%). So spart der Wald selbst die nicht unbedeutende freie Verdunstung an den Oberflächen der Nadeln und Blätter zu einem Teil wieder ein. Humusreicher Boden und Verdunstungsschutz der Streudecke machen den Wald zum besten Wasserspeicher im Gebirge. Der Waldboden ist noch feucht, wenn Aecker und Wiesen schon längst ausgetrocknet sind; er spendet langsam aber dauernd Quellwasser. Eine Entwaldung ist unvermeidlich verbunden — außer mit der Gefahr der Bodenabtragung — mit einer Vergrößerung der Abflußschwankungen. Hochwasser verstärken sich, Niedrigwasser- und Trockenzeiten werden gefährlicher, wodurch nicht nur die Wasserversorgung der Industrie im Gebirgsvorland erschwert wird, sondern auch die Versorgung der Vegetation, Landwirtschaft und Bevölkerung im Gebirge gefährdet wird. Wie gesagt, hat die Wasserspeicherung des Bodens in einem ozeanischen Klima, mit häufigeren Landregen, mit hoher Luftfeuchte und geringeren Lufttemperaturen nicht die große Bedeutung wie in einem Klima

¹¹⁾ S. Anm. 4.

¹²⁾ Ebermayer, E.: Die gesamte Lehre von der Waldstreu usw. Berlin 1876. Oberrn. aus: Handb. d. B. VI.

mit kontinentaleren Zügen. Das Klima Westdeutschlands ist zwar auch noch als ozeanisch anzusprechen, doch treten hier die sommerlichen Niederschläge schon vorwiegend als Schauern auf, die rel. Luftfeuchte ist bereits geringer (in den Sommermonaten beispielsweise im Rheinland 6 bis 12% geringer als in England), die Lufttemperatur entsprechend höher (in Aachen ca. 2° höher als im Cambridge) und Trockenzeiten sind häufiger.

Nach sommerlichen Niederschlägen im Gebirge sieht man auf Wiesen und Weiden zahllose Quellen, die umso wertvoller sind, je länger sie das Grünland mit Wasser versorgen. Wenn nun diese Quellen im Sommer versiegen, weil der Wald fehlt, weil die wasserhaltende Kraft des Bodens nicht mehr ausreicht zu einer gleichmäßigen Wasserschüttung über das Jahr hin, dann bedeutet das nicht nur eine schwere Schädigung des Grünlandes, dessen hoher Wasserbedarf eben genannt wurde, sondern auch der bäuerlichen Wirtschaft. Wiesen und Weiden, die von diesen Quellen leben, lassen nach, sobald das Haftwasser der obersten Bodenschichten aufgebraucht ist, und dieses Wasser ist kaum zu ersetzen, denn eine episodische Hochwasserwelle wird nicht soviel Wasser infiltrieren wie ein gleichmäßiger Abfluß.

Der Wald ist auch — von der Ausnutzung des Wasserschatzes her gesehen — die wirtschaftlichste Nutzung im Gebirge, weil er allein das Wasser an vielen Standorten so im Boden halten kann, daß die Transpiration maximale Werte annimmt, daß also Klima und Boden am besten zur Produktion ausgenutzt werden. In Niederungen, wo immer genügend Wasser zur Verfügung steht und wo auch eine ganzjährige Wasserführung der Flüsse gesichert ist, und dort wo durch Humuswirtschaft die wasserhaltende Kraft des Bodens verbessert und genügend gespeichert werden kann, nur dort sind geeignete Lagen für Wiesen. Viele dieser jetzt noch geeigneten Flächen werden aber ungeeignet, sobald die vom Waldboden gespeisten Quellen versiegen. Was das Wasser für das Grünland bedeutet, zeigen die Erträge der Bewässerungswiesen, die um 50—100% höher sind als die Erträge der Fettwiesen. Bei Bewässerung wird der Wasserverbrauch durch die Pflanzen maximale Werte annehmen, gleichzeitig wächst aber auch die unproduktive Verdunstung ganz erheblich.

Im Gebirge hat also der Wald einen unmittelbaren Einfluß auf die Wasserversorgung, auch auf die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung wie noch ausgeführt wird. Im Rheinischen Tiefland kommt es noch mehr auf die Fähigkeit des Bodens an, das Wasser aufzunehmen und vor allem das Wasser gegen die freie Verdunstung festzuhalten. Es versickert natürlich bei fehlender Hangneigung ein größerer Teil als im Gebirge, aber diese versickerten Niederschläge treten besonders am Niederrhein oft wieder an die Oberfläche. Der Abfluß vollzieht sich im Flachland mehr unterirdisch. Auf diesen unterirdischen Abfluß im Tiefland übt der Wald seine

willkommene verzögernde Wirkung genau so aus wie beim oberirdischen Abfluß im Gebirge, entweder durch Regulierung der Wasserführung der aus dem Gebirge kommenden Flüsse oder durch Verzögerung des unterirdischen Abflusses (der Versickerung) an Ort und Stelle. Auch in der Ebene werden die klimabedingten 400—450 mm Niederschlag festgehalten und von der Vegetation verbraucht. Auf gutem Boden kann hier wieder die Transpiration, auf schlechtem die unproduktive freie Verdunstung wirken.

2. Der Wasserverbrauch von Industrie und Bevölkerung.

Wieviel Wasser bleibt noch übrig für den Bedarf des Menschen und seiner Industrie? Der gesamte Abfluß im niederrheinisch-westfälischen Gebiet (Stromgebiet des Rheins zwischen Honnef und der Reichsgrenze, sowie die zum Flußgebiet der Maas gehörenden Flüsse Roer und Niers) beträgt ca. 8,2 Milliarden cbm jährlich, was einer Niederschlagshöhe von 375 mm entspricht. Wenn wir mit einer durchschnittlichen Regenhöhe von 900 mm pro Jahr im niederrheinischen Stromgebiet (d. i. einschließlich Sieg, Wupper usf. bis Lippe; Erft) rechnen, bleiben nur noch 525 mm, die fast restlos von der Transpiration der Pflanzen und der Oberflächenverdunstung aufgezehrt werden. Ist der Bedarf des Menschen so gering, daß er im Wasserhaushalt der Natur keine Rolle spielt? Wie kann dann von einer Gefährdung der Wasserversorgung gesprochen werden?

Die Wasserversorgung der Bevölkerung in der Eifel und im Bergischen Land wird durch viele Hundert Quellen und kleine Wasserwerke gesichert. Kleine Dörfer können sich keine kostspieligen Anlagen erlauben und sie haben daher in der Nähe liegende Quellen gefaßt, die ihre gleichmäßige Spende nicht selten nur dem Rückhalt der oberen Bodenschichten verdanken.

An Trinkwasser, also Wasser, welches durch Wasserwerke abgegeben wird, benötigen die Gebirgsbewohner oft nicht einmal 40 Liter pro Kopf und Tag gegenüber einem Bedarf des Stadtbewohners von 100—200 Litern täglich. Auf dem Lande und besonders im Gebirge werden überall die Bäche und Quellen zur Versorgung der Landwirtschaft und der Bevölkerung herangezogen. Allein in der Umgebung von Bonn können mehr als 370 gefaßte Brunnen und Quellen angegeben werden, die der Versorgung der ländlichen Bevölkerung neben den Wasserwerken dienen. Viele dieser Quellen und Bäche werden durch den Wald vor dem zeitweisen oder dauernden Versiegen in der Zeit des größten Wasserbedarfs geschützt.

Im Gebirge können Industrierwerke mit großem Wasserbedarf oder große Städte ihre Wasserversorgung auf die Dauer kaum sicherstellen. Wo sich im Gebirge Industrie niederließ, mußten bald Talsperren für die Wasserversorgung folgen (Abb. 1), denn einen natürlichen Grundwasser-

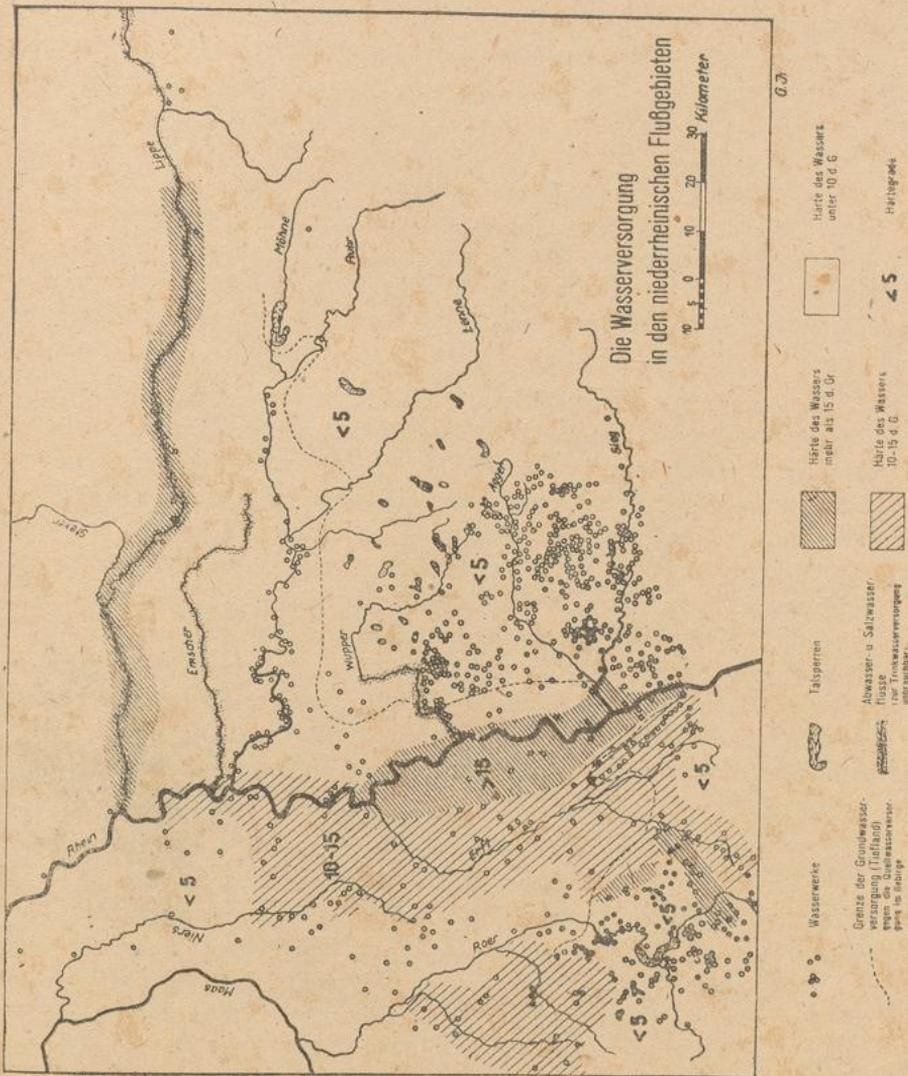


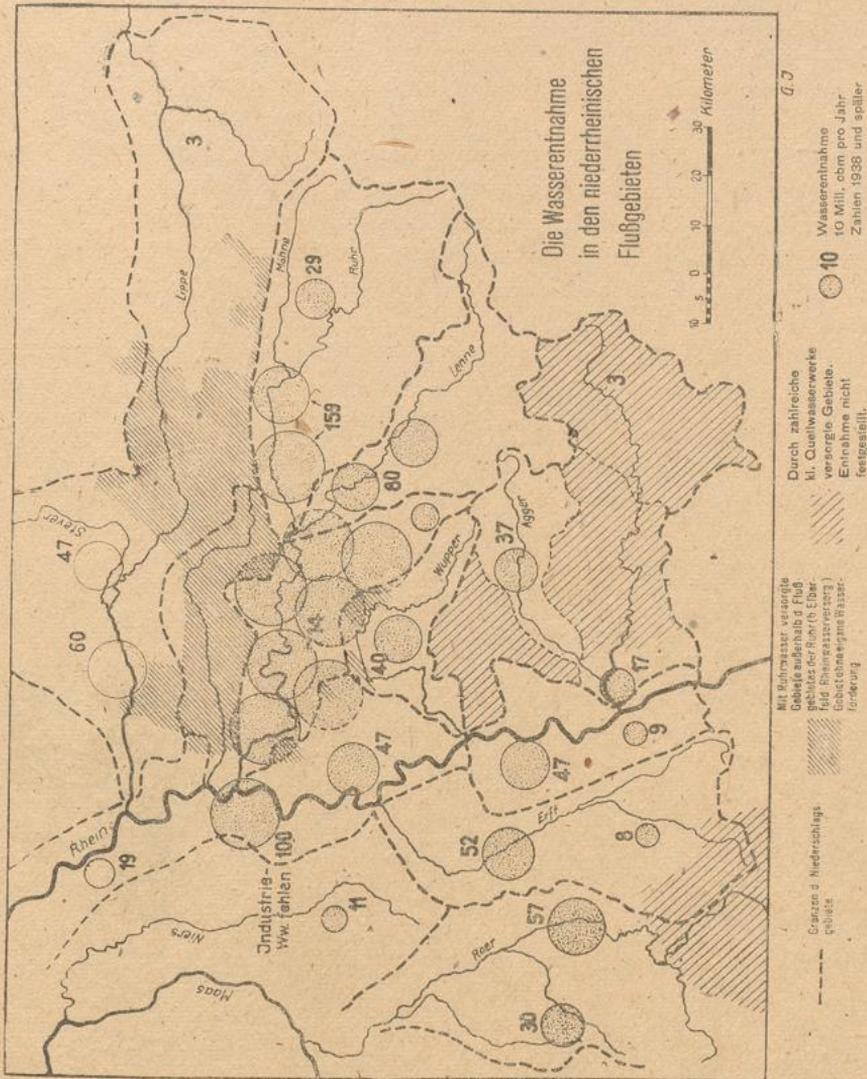
Abb. 1 ist in Bezug auf die Wasserwerke im Ostteil des Rheinischen Schiefergebirges noch unvollständig. Die große Dichte der Wasserwerke im Bergischen Land kann auch im Oberlauf von Lenne, Ruhr und Möhne festgestellt werden. Im Flußgebiet der Ruhr bis zur Lenne einschließlich müssen in Abb. 1 noch mehr als 200 Wasserwerke nachgetragen werden. Die Zahl der Wasserentnehmer im gesamten Flußgebiet der Ruhr beläuft sich nach Angaben des Ruhrtalsperrenvereins auf mehr als 335 (mit einer Entnahme von jeweils mehr als 20 000 cbm/Jahr).

speicher mit großen Vorräten findet man im Gebirge nur selten, da ober- und unterirdische Wasserscheiden das gebirgige Land in kleinste Fluß- und Grundwassergebiete aufteilen und größere Wassermengen nicht zusammenkommen können. Wuppertal z. B. liegt als Großstadt im Gebirge und kann nicht einmal mit Hilfe von Talsperren genügend Wasser für mehr als 400 000 Menschen und die dazugehörige Industrie aus dem natürlichen Einzugsgebiet der Wupper erhalten. Von Benrath b. Düsseldorf werden jährlich 10 Millionen cbm Rheinwasser und durch das Pumpwerk Volmarstein 4 Millionen cbm Ruhrwasser über die Wasserscheiden nach Wuppertal geleitet, um den Gesamtwasserbedarf von 41 Millionen cbm (1945/46) zu sichern.

Als Brauchwasser bezieht man im Gebirge vorwiegend Quellwasser. Wo die Industrie einen erhöhten Wasserbedarf mit sich bringt, entnimmt man das Brauchwasser als Oberflächenwasser den Talsperren oder man regelt durch die Talsperren die Wasserführung der Flüsse so, daß diese durch eine gleichmäßige Infiltration in ihre Schottergebiete die Förderung der Wasserwerke sicherstellen. Die Quellwasserversorgung dringt vom Gebirge noch etwa 20 km in das Tiefland vor (Zülpich, Euskirchen u. a.), um dann endgültig die Versorgung des Tieflandes den wenigen Grundwasserwerken zu überlassen. In Abb. 1 ist diese Grenze durch eine unterbrochene Linie gekennzeichnet. Die geringe Zahl der Grundwasserwerke im Tiefland, die meist im Besitze privater oder kommunaler Wasserwerksgesellschaften sind, fördert aber erhebliche Wassermengen zutage.

Während sich der natürliche Wasserverbrauch gleichmäßig auf die gesamte Fläche verteilt, konzentriert sich die industrielle Entnahme auf einzelne Punkte, wodurch dann an diesen Stellen der Wasserschatz leicht erschöpft werden kann, wenn nicht für seine Ergänzung gesorgt wird. Fast alle größeren Wasserwerke sind von einer gleichmäßigen Wasserführung, von einer gleichmäßigen Infiltration der Flüsse, in deren Terrassengebiet und Grundwasserstrom sie liegen, abhängig, oder auch von einem gleichmäßigen unterirdischen Abfluß vom Gebirgsabfall. Wird nicht durch eine geregelte Wasserführung der Flüsse für Ersatz des entzogenen Wassers durch Infiltration gesorgt, dann sind meist nicht immer gefahrlose Grundwasserabsenkungen die Folge, denn die normalen Niederschläge — wenn sie überhaupt die in Frage kommenden Tiefen von 30, 50 bisweilen über 150 m erreichen — können das Grundwasser nicht ersetzen.

Die Wasserentnahme in den verschiedenen Flußgebieten zeigt Abb. 2 in einer statistischen Darstellung, die später einmal durch eine Punktkarte ersetzt werden soll. In dieser Karte sind die größeren Flußgebiete weiter unterteilt; es beziehen sich die eingeschriebenen Zahlen auf die Entnahme in dem gesamten durch die Grenzlinie eingeschlossenen Gebiet.



Da die Industrie der größte Verbraucher ist, schließt sich eine Karte der Wasserentnahme weniger an ein Bild der Bevölkerungsverteilung als an eine Karte der Industriestandorte an. Im wasserreichen Bergischen Land baut eine große Zahl kleinindustrieller Unternehmen auf die Wasserkraft auf. Ihr Bedarf wurde bisher nur in einzelnen Flußgebieten ermittelt. Im Äggertal z. B. erreicht der Wasserbedarf mit 37 Millionen cbm die Höhe des Bedarfs im Aachener Kohlengebiet. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß diese Bedarfswassermenge nicht restlos verbraucht, d. h. verdunstet wird, sondern daß nahezu 90 Prozent des entnommenen Wassers

wieder als Abwasser in die Flüsse zurückgeführt werden. Die Dürener Papierindustrie, die ihren Ruf dem sehr weichen, eisen- und manganfreien Roerwasser verdankt, hat mit dort ansässigen anderen Industrien einen Jahresbedarf von 57 Millionen cbm. Dieses Wasser muß fast ausschließlich die Roer liefern, da man auf die reichen Grundwasservorräte nicht zurückgreifen kann. Das Grundwasser wird nämlich durch eine braunkohlenführende Schicht in geringer Tiefe für die Papierfabrikation unbrauchbar. Die Spezialindustrien und die Bevölkerung im Dürener-Gebiet benötigen mehr Wasser als die Städte Köln und Wuppertal, und auch mehr als das Wurmrevier (Abb. 2).

Die Verbrauchszahlen, d. i. die Wassermenge, welche vom natürlichen Kreislauf abgezweigt und verdunstet wird, steigen und fallen nicht mit den Bedarfszahlen. Ein Kraftwerk auf Kohlegrundlage verbraucht (= verdampft) mehr Wasser als eine Papierfabrik, obwohl beide den gleichen Bedarf haben und gleichviel Wasser für ihren Betrieb benötigen. Im gesamten mittleren Erftgebiet werden jährlich etwa 52 Millionen cbm Wasser gefördert. Hiervon verdampft allein das Goldenbergwerk jährlich 11—12 Millionen cbm, während alle anderen Industrierwerke und die Bevölkerung im gleichen Gebiet schätzungsweise nur 3 Millionen cbm Wasser verbrauchen.

Nahezu 50 Prozent des gesamten Wasserbedarfs in Nordrhein-Westfalen, soweit es zum Flußgebiet von Rhein und Maas gehört, werden der Ruhr unterhalb Hagen entnommen. Nehmen wir noch die großen Ruhrwasserwerke von Dortmund, Soest und Hamm (a. d. Lippe!) hinzu, dann kommt man sogar auf ca. 850 Millionen cbm Wasser, die jährlich aus diesem Abschnitt der Ruhr gefördert werden. Die Wasserentnahme im ganzen Untersuchungsgebiet beträgt 1,58 Milliarden cbm (= 75 mm Niederschlagshöhe), davon werden aber nur etwa 160 Millionen cbm (= 7,5 mm) verbraucht, der Rest wird als Abwasser dem Abfluß zurückgegeben.

Im Vergleich zu den Verbrauchszahlen der Vegetation ist der Verbrauch des Menschen mit 7,5 mm ja minimal, der Bedarf mit 75 mm recht beachtlich, zumal sich die Wasserentnahme auf kleine Gebiete konzentriert und der Mensch bezgl. der Beschaffenheit sehr anspruchsvoll ist. Die Wasserversorgung wird nicht durch den Verbrauch so schwierig, sondern weit mehr durch den Wasserbedarf, der den Verbrauch um das Zehnfache übertrifft. Die hohen Ansprüche, die der Mensch an das Wasser stellt und vor allem die 68 mm Abwasser, welche dem Abfluß zurückgegeben werden, erschweren die Wasserversorgung derart, daß eine planmäßige Wasserwirtschaft notwendig wurde.

Wo sich dem Rhein bei Honnef das Tor zum Tiefland öffnet, beginnt er von neuem seine Schotter abzusetzen; zunächst die groben, dann die ausgewaschenen feinen Schotter. Es ist verständlich, daß die jüngsten Ab-

lagerungen (Niederterrasse) weniger ausgewaschen sind, daß sie noch mehr lösliche Stoffe, besonders Kalk enthalten als die älteren Hauptterrassenschotter. Das Wasser, welches vom Rhein her langsam in die Schotter einsickert, hat genügend Zeit, Kalk aufzunehmen. Infolgedessen begleitet ein Streifen mit hartem Grundwasser den Rhein von Bonn bis gegen Neuß, durchweg mit 20 und mehr deutschen Härtegraden. Diese große Härte ist für die Industrie sehr hinderlich. Das Wasser muß erst enthärtet werden, wenn es für industrielle Zwecke Verwendung finden soll (zur Vermeidung von Kesselsteinbildung und Zusetzen der Leitungen). Südlich von Bonn, wo die Terrassen durch das Gebirge eingengt werden, ist die Härte gemildert.

Weicher ist das Grundwasser der älteren Hauptterrassenschotter. Es besitzt im Süden noch eine Härte von 10—15 Grad, und bei M.-Gladbach liefert die Hauptterrasse bereits weiches Wasser mit weniger als 5 Härtegraden. Die Zone mit 10—15 Härtegraden zieht sich über die aus den Devonkalken der Eifel kommende Erft herüber bis zur Wasserscheide gegen die Roer.

In stark vereinfachter Darstellung zeigt Abb. 1 die Zonierung der Härte des Wassers. Die in der Karte genannten Härtegrade können nur als Mittelwerte aufgefaßt werden, denn in Wirklichkeit zeigt die Härte des Wassers wie auch die gesamte chemische Konzentration einen den Niederschlags- und Temperaturverhältnissen entsprechenden Jahresgang. In Trockenzeiten, bei niederen Rheinwasserständen, werden bedeutend höhere Härtegrade beobachtet als in niederschlagsreichen Jahreszeiten; die chemischen Analysen weisen in Trockenzeiten Eisen und Mangan nach, wo es bei hohem Grundwasserstand nicht gefunden wird.

Der Tuchindustrie, d. h. den Wollwäschereien sind kalkhaltige Wasser willkommen. Für manche Arbeitsgänge (Färbereien) benötigt die Textilindustrie auch weiches Wasser, welches bei Aachen aus Talsperren gewonnen wird. Das Nebeneinander von hartem und weichem Wasser ist für die Zentren der rheinischen Textilindustrie bezeichnend. Die Aachener Bäche sind durch die kalkige Fazies des Unterkarbons kalkhaltig (das von den Gruben geförderte Wasser hat bis zu 50 Härtegrade). Da in der Mitte des 19. Jahrhunderts in Aachen nicht genügend geeignetes Wasser zu einem weiteren Ausbau der Textilindustrie zur Verfügung stand, übernahm Verviers einen Teil dieser Industrie. In Euskirchen liefern die Quellen, welche durch die Kalkzüge von Iversheim im Ostteil der Sötenicher Kalkmulde gespeist werden, hartes Wasser. Auch hier wird weiches Wasser für die Tuchindustrie einer Talsperre entnommen. Wuppertal liegt selbst wieder in einer Kalkmulde und auch bei M.-Gladbach, dem 4. Zentrum der rheinischen Tuchindustrie wird aus verschiedenen diluvialen Ablagerungen Wasser von 3—17 Härtegraden gefördert.

Mehr als Härte und Eisengehalt des Wassers — letzterer ist u. a. der Papierfabrikation sehr hinderlich — beeinträchtigen die Abwasser (ca. 68 mm) die Wasserversorgung. Die Ruhr hat die ganze Last der Wasserversorgung im rhein.-westfälischen Industriegebiet zu tragen, weil ihre nördlichen Nachbarn und die untere Wupper zur Trinkwasserversorgung ausfallen. Die Emscher ist, wie auch die untere Wupper ein Abwasserfluß, und das Wasser der Lippe ist wegen der zu großen Härte (z. T. 20 Grad und mehr) vor allem aber wegen des hohen Salzgehaltes zur Wasserversorgung ungeeignet. Der Salzgehalt des Lippewassers stammt aus dem Zechstein der Quellgebiete und von dem aus der Tiefe geförderten salzigen Grubenwasser, welches die Zechen der Lippe zuführen. Daher konnte die Lippe nur als Wasserlieferant für die Kanäle wasserwirtschaftlich genutzt werden.

Die Entnahmemöglichkeit ist also durch die chemische Beschaffenheit und die Abwasserflüsse sehr eingeschränkt, weshalb einzelne Flüsse besonders geschützt werden müssen, um sie wasserwirtschaftlich ganz ausnützen zu können.

Die Entwicklung der Landwirtschaft wird einen erhöhten Wasserbedarf mit sich bringen, obwohl eine verstärkte Düngung wassersparend ist. Es gibt im Rheinland noch viele Gebiete, deren Ertrag sich durch Zuführung von Wasser steigern ließe. Auch für Bevölkerung und Industrie ist mit einer Steigerung des Wasserbedarfs zu rechnen. Der augenblickliche Abbau vieler Industrien wird keinen entsprechenden Rückgang des Wasserbedarfs zur Folge haben. Die Förderungszahlen der großen Wasserwerke im rhein.-westfälischen Industriegebiet für das Jahr 1946 liegen z. T. über den Zahlen von 1938.

Wasser gibt es im Rheinischen Schiefergebirge sicher genug, auch brauchbares Wasser. Aber die natürliche Verteilung des Wassers über das ganze Jahr ist ungleichmäßig, weshalb der Bedarf aus der natürlichen Abflußkurve schon lange nicht mehr gedeckt werden konnte. Es muß auch immer eine gewisse Wasserreserve vorhanden sein, um Klimaschwankungen überbrücken zu können. Die reichen winterlichen Niederschläge müssen aufgespeichert werden, damit sie im Frühjahr und Sommer, der Zeit der geringeren Niederschläge, aber des größten Bedarfs zur Verfügung stehen. Talsperren alleine können die Speicherung nicht bewältigen. Den größten Teil des Niederschlags muß der Boden zurückhalten, er muß den oberirdischen und unterirdischen Abfluß verzögern und ausgleichen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1948

Band/Volume: [103](#)

Autor(en)/Author(s): Keller Reiner

Artikel/Article: [Der Wasserverbrauch im Stromgebiet des Niederrheins 48-62](#)