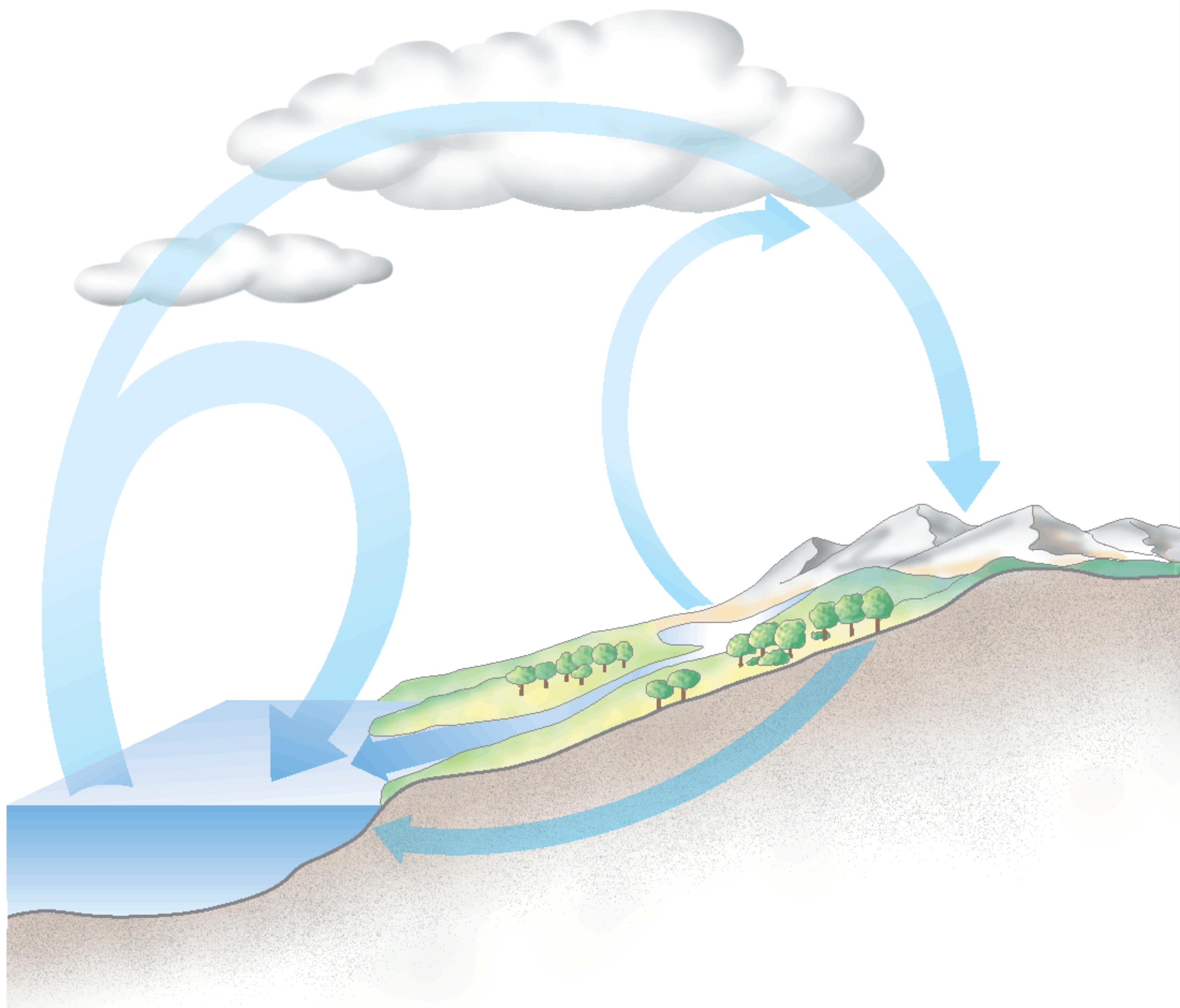


6 Wasserhaushalt





Ausland)

Oder

Ostsee

Nordsee

Ijssel

Maas

erkunde, Koblenz



HYDROLOGISCHER ATLAS VON DEUTSCHLAND

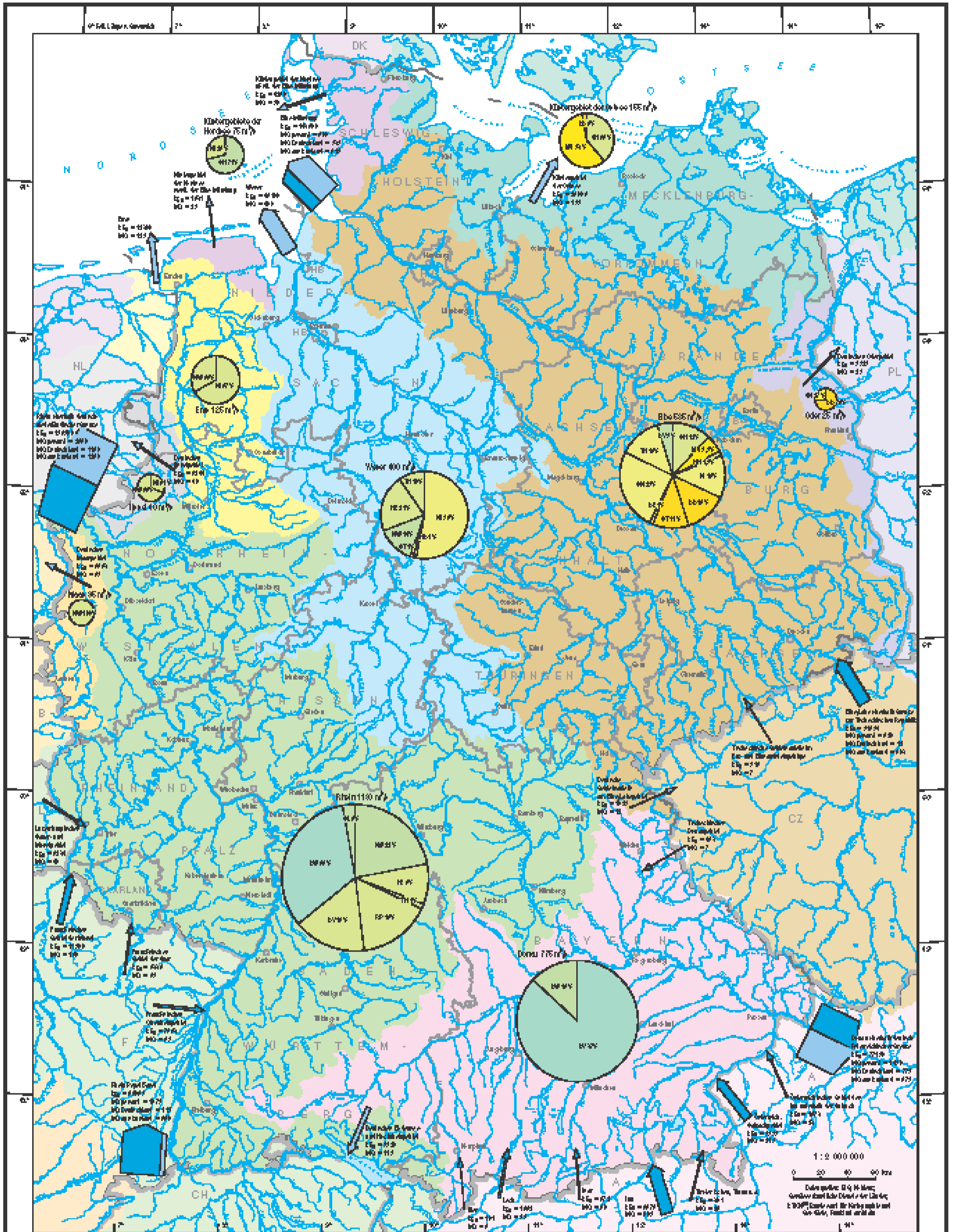
Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

6.7 Abflussbilanz von Deutschland

Autoren: P. Krahe, P. Jankiewicz
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz / Berlin

Wissenschaftliche Beratung: Ch. Leibundgut, F.-J. Kern (IHF), T. Günther (DWD)
K. Wilke, R. Busskamp (BfG), W. Struckmeier (BGR)

Kartographie: Institut für Hydrologie, Universität Freiburg i. Br. (J. Stüb)



Zu- und Abflüsse der deutschen Strom- und Küstengebiete
 Pfeilrichtung Zu- bzw. Abflüsse
 Pfeilgröße: 1,5 mm \approx 100 m³/s
 Pfeilbreite: Abflussanteil Deutschland
 Pfeilfarbe: Abflussanteil Ausland
 A_{EG}: Einzugsgebiet in km²
 MQ: mittlerer jährlicher Abfluss in m³/s
 (A_{EG} und MQ sind gerundete Werte)

Ordnungszugener Abflüsse der deutschen Strom- und Küstengebiete
 Abfluss auf die Bundesgebiete
 Anteil der Bundesländer
 Mittlerer Abflusshöhe der Bundesländeranteile
 Kreisfläche: 200 mm² \approx 16 mm \approx 100 m³/s
 Mittlerer Abflusshöhe der Bundesländeranteile in mm/s:
 100 150 200 300 400 500

Strom- und Küstengebiete (Deutschland / Ausland)

| | |
|--------|--------------|
| Danube | Oder |
| Rhein | Oberrhein |
| Elbe | Nordsee |
| Weener | Westerwälder |
| Elbe | Mosel |
| Rhône | |

Quelle: www.llh.uni-leipzig.de, KÖNIG

HYDROLOGISCHER ATLAS VON DEUTSCHLAND
 Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

6.7 Abflussbilanz von Deutschland

Autoren: F. Köhler, P. Jandevic
 Gutachter: B. G. Löwenberg, H. Hies / Berlin

Mitwirkende: Ch. Leibundgut, F.-J. Kern (M), T. Günther (M), K. Müller, E. Buschong (M), M. Wiedemann (M)

Kartographie: Institut für Hydrologie, Universität Potsdam, Leipzig (S. 199)

6.7 Abflussbilanz von Deutschland

Die Abflussbilanz ist die mengenmäßige Erfassung der Wasservolumina, die einem Gebiet ober- und unterirdisch zu- und abfließen. Die vieljährig gemittelten Abflussbilanzen werden auf Jahresbasis erstellt. Sie dienen insbesondere dazu, das potenzielle Wasserdargebot von meist politisch oder administrativ abgegrenzten Gebieten zu ermitteln und in regionalen Übersichten darzustellen. Zusammen mit der Wasserbilanz eines Gebietes stellt dies ein Maß für die erneuerbaren Wassermessourcen eines Gebietes dar. Im Rahmen langfristiger wasserwirtschaftlicher Planungen kommt dieser Bezugsgröße eine hohe Bedeutung zu.

Die Abflussbilanz lässt sich in der Maßeinheit des Abflusses in m^3/s , als Abflussvolumen in km^3 bzw. km^3 je Zeiteinheit oder – bei Bezug auf die Fläche des Bilanzgebietes – als Abflussbilanzhöhe in mm/a angeben.

Die für ein Gebiet ausgewiesene mittlere Abflussbilanz ist nicht nur das Ergebnis des natürlichen Wasserkreislauf mit seinem stetigen Wechsel von Niederschlag, Verdunstung, Kondensation und Landflächenabfluss zum Meer. Mit der Wassergewinnung und Wassernutzung greift der Mensch in den natürlichen Wasserkreislauf ein: Wasser wird dem Grundwasser und den Oberflächengewässern entnommen, nach der Nutzung gelangt es abzüglich entstandener Verdunstungsverluste (z. B. Kühltürme und Transpirationsverluste bewässerter landwirtschaftlich genutzter Flächen) wieder direkt in den Wasserkreislauf oder fließt Kläranlagen zu, von wo es in gereinigter Form wieder den Flüssen und damit dem natürlichen Wasserkreislauf zugeleitet wird. Diese Verluste können für die Periode 1961–1990 mit 11 mm/a angesetzt werden.

Zwischen den Flusseinzugsgebieten erfolgen auch Wasserüberleitungen in Form von Fernwasserleitungen und Schiffahrtskanälen (Atlasafeln 7.2 und 7.5). Sie verändern die jeweilige Abflussbilanz. Je kleiner ein Bilanzierungsgebiet gewählt wird, desto detaillierter sind die anthropogen bedingten Nutzungseinflüsse zu berücksichtigen.

Unterirdische Zu- und Abströme eines Bilanzierungsgebietes sind Teil der Abflussbilanz und deshalb zu bestimmen und auszuweisen. Mit zunehmender Größe des Bilanzierungsgebietes nimmt der Anteil dieser Bilanzgrößen an der Gesamtbilanz jedoch ab. Für das Bundesgebiet gibt es unkontrollierte Grundwasserzu- und -abströme. Es bestehen jedoch Schwierigkeiten diese abzuschätzen. So wird ein großer Grundwasserabstrom vom Rheingebiet in das benachbarte Maasgebiet angenommen (LIEBSCHER 1979). Geringe Anteile fließen unterirdisch über die Küstengebiete direkt ins Meer.

Zur Methodik

Die Abflussbilanz des Bundesgebietes wird aus den für die Strom- und Küstengebiete Deutschlands erstellten Abflussbilanzen der Fließgewässer abgeleitet. Grundlage dieser Bilanzrechnungen bilden die für die Periode 1961–1990 vieljährig gemittelten Jahresmittel des Durchflusses mündungs- und grenznah gelegener Pegel. Je nach Lage der Pegel erfolgen gewichtete Zu- oder Abschläge zu den gemessenen Werten. Die Daten der Pegel, deren Messreihen nicht den gesamten Zeitraum abdecken, werden entsprechend angepasst. Dort, wo keine Pegeldaten in ausreichendem Umfang vorliegen oder diese tidebeeinflusst sind, werden die Abflüsse über Wasserhaushaltsberechnungen ermittelt. Die ausländischen Zuflüsse in das Bundesgebiet und die Abflüsse aus Deutschland werden nach dieser Vorgehensweise bestimmt.

Aus der Differenz von Abfluss und Zufluss ergibt sich dann der gebietsbürtige Abfluss Deutschlands, ab- bzw. zuzüglich möglicher Wasserverluste bzw. Wassergewinne durch die Wassernutzungen sowie der Verdunstung durch die Fließgewässer selbst. Zur Ermittlung des gebietsbürtigen Abflusses stehen zusätzlich die nach dem Wasserhaushaltsverfahren auf Rasterbasis berechneten flächendetaillierten Abflusshöhen (Atlasafel 3.5) zur Verfügung. Über eine Verschneidung der Flächen der Bundesländer mit den Stromgebieten- und Küstengebieten können die gebietsbürtigen Abflussvolumina der Strom- und Küstengebiete separat für jedes Bundesland ermittelt werden.

Zur Kartendarstellung

Karte 6.7 enthält mehrere räumliche Informationsebenen über die Abflussbilanz Deutschlands. Flächenhaft sind die Anteile Deutschlands und des Auslands an den jeweiligen Strom- und Küstengebieten ausgewiesen. Die Pfeile geben in zwei unterschiedlichen Blautönen an, ob die Abflussanteile aus dem gebietsbürtigen Abfluss Deutschlands oder aus Zuflüssen aus dem Ausland stammen. Die Breite der Pfeile verhält sich proportional zur Höhe der Zu- und Abflüsse. Die grundlegenden Zahlenwerte zu Einzugsgebietsgröße und mittlerem jährlichem Abfluss sind jeweils zugeordnet. Lage und Richtung der Pfeile geben ungefähr an, wo die Wassermengen über die Oberflächengewässer in das Bundesgebiet eintreten und wo sie es wieder verlassen.

In Form von Kreisdiagrammen sind die auf dem Bundesgebiet selbst gebildeten Abflüsse je Strom- bzw. Küstengebiet dargestellt. Die Kreisflächen geben dabei die Höhe des Gesamtabflusses an, während die Größe der Kreis-sektoren die Abflussanteile der Bundesländer widerspiegelt. Die Abflussanteile werden weiterhin unter Berücksichtigung der entsprechenden Flächenanteile der Bundesländer in eine Abflusshöhe umgerechnet und die Kreis-sektoren entsprechend diesem Wert eingefärbt. Die Betrachtung der Abflusshöhe erlaubt eine hydrologische Bewertung des Beitrages eines Bundeslandes an der Abflussbilanz des jeweiligen Strom- oder Küstengebietes.

Tab. 1 Abflussbilanz der Strom- und Küstengebiete Deutschlands in m^3/s (Werte gerundet)

| Gebiet | Jahresreihe | Zufluss | Abfluss | Gesamt-abfluss |
|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| Donau | 1931–1960 | 670 | 770 | 1440 |
| | 1961–1990 | 675 | 775 | 1450 |
| Rhein | 1931–1960 | 1180 | 985 | 2165 |
| | 1961–1990 | 1260 | 1130 | 2390 |
| Maas | 1931–1960 | | 32 | 32 |
| | 1961–1990 | | 35 | 35 |
| Ijssel | 1931–1960 | | 34 | 34 |
| | 1961–1990 | | 40 | 40 |
| Erms | 1931–1960 | | 110 | 110 |
| | 1961–1990 | | 125 | 125 |
| Weser | 1931–1960 | | 365 | 365 |
| | 1961–1990 | | 400 | 400 |
| Elbe | 1931–1960 | 300 | 660 | 960 |
| | 1961–1990 | 315 | 585 | 900 |
| Oder | 1931–1960 | | 23 | 23 |
| | 1961–1990 | | 25 | 25 |
| Küste | 1931–1960 | | 215 | 215 |
| | 1961–1990 | | 230 | 230 |
| Deutschland | 1931–1960 | 2150 | 3085 | 5235 |
| | 1961–1990 | 2250 | 3345 | 5595 |

In Tabelle 1 sind die Abflussbilanzen der Fließgewässer für das Bundesgebiet und die Strom- und Küstengebiete Deutschlands für die Jahresreihen 1961–1990 sowie 1931–1960 aufgeführt. Tabelle 2 bezieht die entsprechenden Abflusshöhen. Im Zeitraum 1961–1990 beträgt die Summe der bundesweiten Zu- und Abflüsse (Gesamt-abfluss von Deutschland) rund $5600 \text{ m}^3/s$. Das sind umgerechnet als Abflusshöhe 495 mm/a . Die Zuflüsse aus den ausländischen Flussgebietsanteilen haben daran einen Anteil von 40% ($2250 \text{ m}^3/s$ bzw. 199 mm/a), während 60% ($3345 \text{ m}^3/s$ bzw. 296 mm/a) vom Bundesgebiet selbst abfließen.

Im Vergleich mit den Werten der Zeiteihe 1931–1960 ist in der Periode 1961–1990

Tab. 2 Einzugsgebietsflächen und Abflussbilanzhöhen der Strom- und Küstengebiete Deutschlands für die Zeitreihe 1961–1990

| Strom- oder Küstengebiet | Ausland in km^2 | Flächengröße Bundesgebiet in km^2 | Gesamt in km^2 | Zufluss in mm/a | Abfluss in mm/a | Gesamt in mm/a |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Donau | 20880 | 56270 | 77150 | 1019 | 434 | 583 |
| Rhein | 57154 | 102346 | 159500 | 695 | 348 | 473 |
| Maas | | 3968 | 3968 | | 286 | 286 |
| Ijssel | | 3164 | 3164 | | 379 | 379 |
| Erms | | 12800 | 12800 | | 308 | 308 |
| Weser | | 46100 | 46100 | | 274 | 274 |
| Elbe | 51145 | 97465 | 148600 | 194 | 189 | 191 |
| Oder | | 5525 | 5525 | | 143 | 143 |
| Nordseeküste | | 6386 | 6306 | | 370 | 370 |
| Ostseeküste | | 23006 | 23006 | | 212 | 212 |
| Deutschland | | 357020 | | 199 | 296 | 495 |

Tab. 3 Abflusshöhen und Wasserverfügbarkeit der Bundesländer für die Zeitreihe 1961–1990

| Bundesland | Fläche in km^2 | Einwohner in 1000 E | Abfluss in m^3/s | Abflusshöhe in mm/a | Wasserverfügbarkeit in $m^3/(Ea)$ |
|-------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Baden-Württemberg | 35751 | 10524 | 535 | 472 | 1603 |
| Bayern | 70548 | 12230 | 855 | 382 | 2205 |
| Berlin | 891 | 3382 | 5 | 182 | 48 |
| Brandenburg | 29477 | 2602 | 82 | 88 | 994 |
| Bremen | 404 | 660 | 4 | 289 | 177 |
| Hamburg | 755 | 1715 | 8 | 315 | 139 |
| Hessen | 21114 | 6068 | 205 | 306 | 1065 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 23171 | 1776 | 97 | 132 | 1717 |
| Niedersachsen | 47614 | 7926 | 404 | 268 | 1609 |
| Nordrhein-Westfalen | 34080 | 18010 | 438 | 405 | 767 |
| Rheinland-Pfalz | 19847 | 4035 | 202 | 321 | 1579 |
| Saarland | 2570 | 1069 | 33 | 410 | 974 |
| Sachsen | 18413 | 4426 | 134 | 229 | 954 |
| Sachsen-Anhalt | 20447 | 2615 | 60 | 93 | 728 |
| Schleswig-Holstein | 15764 | 2790 | 165 | 330 | 1863 |
| Thüringen | 16172 | 2431 | 118 | 230 | 1532 |
| Deutschland | 357020 | 82260 | 3345 | 296 | 1282 |
| Deutschland mit ausl. Zustrom | 357020 | 82260 | 5955 | 526 | 2283 |

sowohl bei den Zuflüssen als auch bei den Abflüssen eine Zunahme festzustellen. Insgesamt beträgt diese ca. 7% .

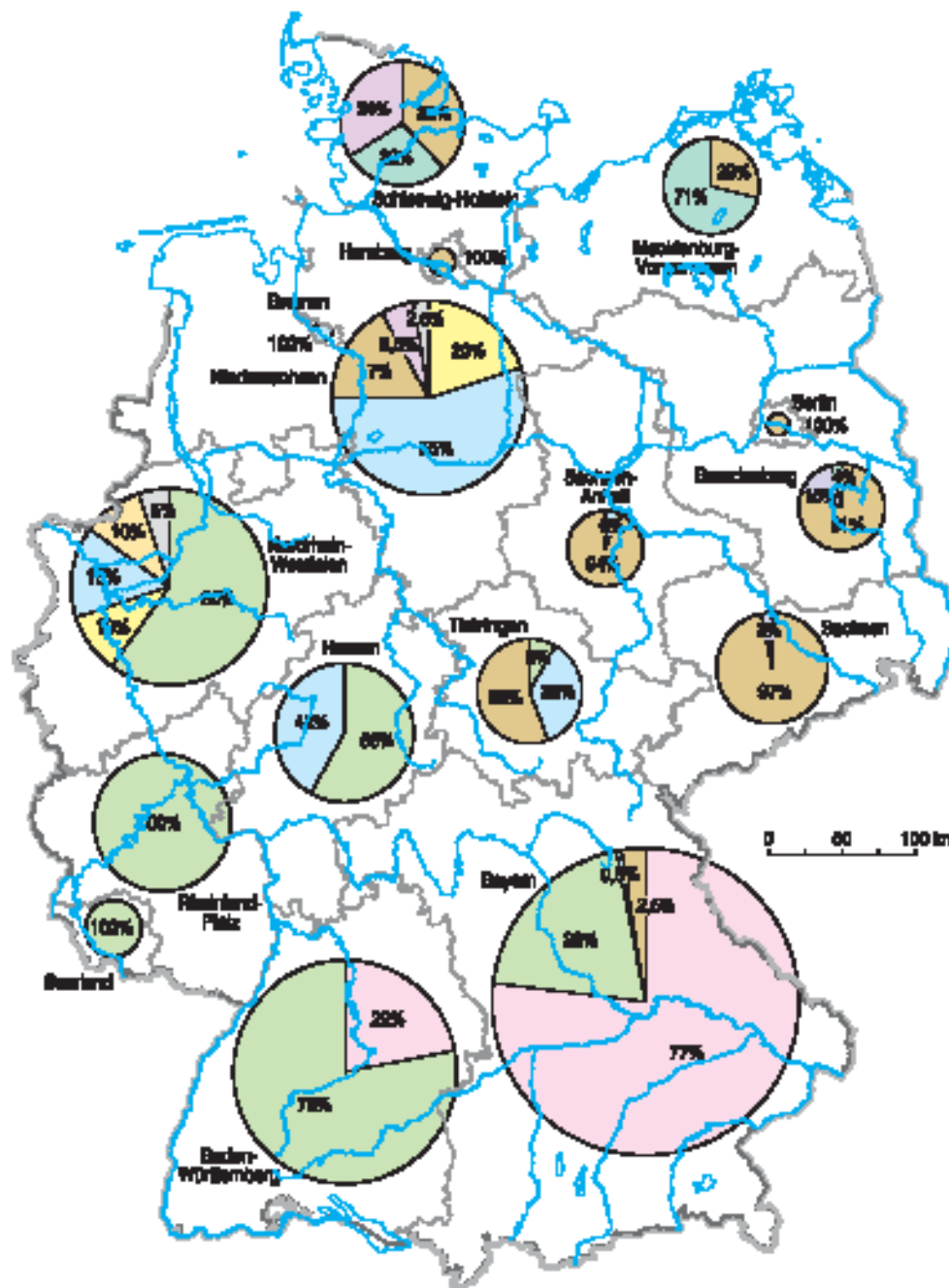


Abb. 1 Anteil der Abflüsse aus den Bundesländern an den Strom- und Küstengebieten (Farben wie Tab. 1)

Die größten ausländischen Zuflüsse in das Bundesgebiet erfolgen über den Rhein. Allein bei Basel beträgt der Abfluss aus der Schweiz 43% des Gesamtzuflusses. Über das Donaugebiet erhält Deutschland ausländische Zuflüsse in Höhe von 30% des Gesamtzuflusses. Die ausländischen Zuflüsse aus dem Elbegebiet erreichen 14% . Von den gebietsbürtigen Abflüssen weist das Rheingebiet ebenfalls das größte Abflussvolumen auf. Dies ist einerseits auf die große Gebietsfläche von 102000 km^2 zurückzuführen. Mit einer Abflusshöhe von 348 mm/a fällt die aus dem natürlichen Wasserhaushalt resultierende Abflussbildung jedoch auch deutlich höher aus als im Elbegebiet. Hier erreicht die Abflusshöhe einen Wert von nur 189 mm/a bei einer dem Rheingebiet vergleichbaren Flächegröße von 97000 km^2 . Das geringste Wasseraufkommen unter den Stromgebieten zeigt sich im deutschen Gebietsanteil der Oder. Der Abfluss beträgt hier $25 \text{ m}^3/s$ bei einer Abflusshöhe von 143 mm/a . Die ausländischen Zuflüsse in das Odegebiet werden in der Abflussbilanz Deutschlands nicht ausgewiesen, da die Oder an keinem Ort ausschließlich Bundesgebiet durchströmt.

Rechnet man der bilanzierten Abflusshöhe von 296 mm/a die Verdunstungsverluste durch den Wasserverbrauch und von den Oberflächengewässern von jeweils 11 mm/a hinzu, so ergibt sich für das Bundesgebiet eine mittlere Abflusshöhe von 318 mm/a . Darin sind 1 mm/a enthalten, die aus der Entnahme von Wasser aus tiefen Grundwasserleitern stammen. Nach dem Wasserhaushaltsverfahren (Atlasafel 3.5) wurde die aus der Abflussbildung resultierende Abflusshöhe von Deutschland mit 327 mm/a bestimmt. Aus der Differenz zwischen diesem Wert und dem nach der Abflussbilanzmethode ermittelten Wert ergibt sich für den unterirdischen Abstrom vom Bundesgebiet ein Wert von 10 mm/a .

Das wasserreichste Bundesland ist Bayern mit einem Abfluss von $855 \text{ m}^3/s$ (Abb. 1, Tab. 3). Die große Fläche des Bundeslandes und der hohe Wert für die Abflussbildung in Höhe von 382 mm/a sind entscheidende Faktoren für den Wassereichtum des Landes. Aufgrund seiner geringen Fläche weist das Saarland mit $33 \text{ m}^3/s$ den geringsten Abflusswert der Flächenländer auf. Bezogen auf die Abflussbildung steht das Land mit 410 mm/a jedoch an zweiter Stelle hinter Baden-Württemberg, das mit 472 mm/a den höchsten Wert aller Bundesländer erreicht. Die generelle Zunahme der Trockenheit von Westen nach Osten spiegelt sich in der Abflussbilanz der Strom- und Küstengebiete und den Bilanzwerten der Bundesländer wider. Ein vergleichbares Bild zeigt sich auch in weiteren Atlaskarten zu Niederschlag, Verdunstung und Abfluss. Mit Werten für die Abflussbildung in Höhe von 88 mm/a und 93 mm/a liegen die beiden Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt deutlich unter dem für das Bundesgebiet ausgewiesenen Wert von 296 mm/a .

Praktische Hinweise

Mit dem aus dem Wasserhaushaltsverfahren abgeleiteten Wert für die Abflussbildung von 327 mm/a und dem aus der bundesweiten Abflussbilanz ermittelten Wert für den ausländischen oberirdischen Zustrom von 199 mm/a ergibt sich für das Bundesgebiet ein potenzielles Wasserdargebot für die Jahresreihe 1961–1990 von 526 mm/a bzw. 188 km^3 . Die ausländischen Abflussanteile der Oder sind hierin nicht enthalten. Bei der Interpretation dieser Zahl ist darauf hinzuweisen, dass das mittlere potenzielle Dargebot nicht flächendeckend nutzbar ist. Es ist vorrangig als Oberflächenwasser entlang großer Flüsse verfügbar; als Grundwasser ist es an mächtige und ergiebige Grundwasserleiter gebunden. Das potenzielle Dargebot zeigt darüber hinaus erhebliche saisonal geprägte Abweichungen vom mittleren Verhalten. Bei Hochwasser fließen beträchtliche Wasservolumina ungenutzt ab. Andererseits treten im Spätsommer und Herbst Niedrigwasserabflüsse auf. In niederschlagsarmen Regionen führt dies häufig zu Mangelsituationen, was eine Mehrfachnutzung des verfügbaren Wasservolumens erfordert.

6.7 Runoff Balance in Germany

The runoff balance is an estimate for the volumes of water which flow into and out of an area above or under ground. The components of the runoff balance are determined as long-term yearly means. This kind of statistics in particular helps to estimate the potential water availability in usually politically or administratively demarcated areas and then present these estimates in regional summaries. Combined with the water balance of an area, the runoff balance also constitutes a measurement of the renewable water resources in an area. This factor is assigned a high degree of importance within the framework of long-term water management planning.

The measurement unit of the runoff balance can be expressed in terms of discharge in m^3/s , as volume of water in km^3 or km^2 or – in relation to the size of the balance area – as runoff depth in mm/a .

The discharge of a region is not only the result of the natural water cycle with constant interchange of precipitation, evaporation, condensation and runoff from land to the sea. By removing water and using it, humans intervene in the natural water cycle: water is removed from the groundwater and the surface bodies of water, and after it is used it is directly fed into the water cycle again minus the evaporation losses which have occurred (for example in cooling towers or through transpiration of irrigated agricultural land) or flows into sewage facilities where it is cleaned and then once again fed into rivers and thus the natural water cycle. These losses can be estimated at 11 mm/a for the period 1961–1990.

Between river catchments, water is also transported in the form of long-distance pipelines and shipping canals (Maps 7.2 and 7.5). This changes the respective runoff balance. The smaller the area whose runoff balance is to be determined, the more detailed the anthropogenic effects of usage.

Underground inflows and outflows of water into a particular runoff balance area thus have to be identified and recorded. The greater the size of this area, the smaller the percentage of these net flow factors in the overall net flow. In Germany there are unmapped inflows and outflows of groundwater. According to LIEBSCHER (1979), most of these is being accounted for by the outflow from the Rhine area to the neighbouring Meuse region, while a smaller amount flows underground to the sea via the coastal area. Efforts at estimating these factors are saddled with a host of difficulties, however. In general, these factors only play a minor role in estimating the total net water flow for Germany as a whole. They are, moreover, almost completely eliminated upon closer examination.

Methodology

The runoff balance for German territory is partly derived from the streamflow balance for the river basins and coastal areas of Germany. The long-term yearly means of discharge recorded at gauges near the mouths of the rivers or the national border form the basis for net outflow estimates for the period 1961–1990. Additions or subtractions are made to the values measured depending upon the location of the gauges. The discharge data of those gauges, whose series measurements do not extend across the entire period, are adjusted accordingly. Wherever discharge data are not available in sufficient detail or these data are influenced by tides, outflows are determined using water balance estimates. Inflows from foreign countries into Germany and outflows out of Germany are determined using this same procedure. The difference between outflow and inflow then yields the discharge which stems from Germany itself, plus or minus possible water losses or water gains as a result of water usage as well as evaporation from the rivers itself. In addition, grid cell based runoff depth (Map 3.5) calculated on the basis of the "water balance procedure" is also available to determine the runoff of water from Germany as a whole. The amount of runoff from river and coastal areas can be separately determined for each of the German Federal States by superimposing the area of the Federal States on top of the river and coastal areas.

Map Structures

Map 6.7 contains several levels of spatial information on the runoff balance for Germany. The portions of the respective river basins and coastal areas accounted for by Germany and foreign countries are shown in terms of their total areas. The arrows in two different shades of blue indicate whether the discharges originate in Germany or through inflowing water entering Germany from other countries. The width of the arrows stands in proportion to the size of inflows and outflows. There is also basic data showing the size of the catchment areas and the mean annual discharge. The location and direction of the arrows show approximately where the water flows into German territory via surface watercourses and where it once again leaves Germany.

The discharges for each river basin and coastal area which emanate from Germany itself are presented in the form of pie charts. The size of the pie corresponds to the discharge generated in the river basin, while the size of the individual pie slices reflects the percentages of runoff accounted for by the Federal States. The discharge quota are furthermore converted into runoff depths according to the areal share of the Federal States and assigned colours corresponding to this runoff depth. This runoff depth allows one to hydrologically assess the amount the respective Federal States contribute to the runoff balance in the respective river basin or coastal area.

Table 1 Streamflow balance of the major river basins of Germany in m^3/s (rounded values)

| basin | period | inflow | outflow | total |
|---------------|-----------|--------|---------|-------|
| Danube | 1931–1960 | 670 | 770 | 1440 |
| | 1961–1990 | 675 | 775 | 1450 |
| Rhine | 1931–1960 | 1180 | 985 | 2165 |
| | 1961–1990 | 1260 | 1130 | 2390 |
| Meuse | 1931–1960 | 32 | 32 | 32 |
| | 1961–1990 | 35 | 35 | 35 |
| Ijssel | 1931–1960 | 34 | 34 | 34 |
| | 1961–1990 | 40 | 40 | 40 |
| Ems | 1931–1960 | 110 | 110 | 110 |
| | 1961–1990 | 125 | 125 | 125 |
| Weser | 1931–1960 | 365 | 365 | 365 |
| | 1961–1990 | 400 | 400 | 400 |
| Elbe | 1931–1960 | 300 | 550 | 850 |
| | 1961–1990 | 315 | 585 | 900 |
| Odra | 1931–1960 | 23 | 23 | 23 |
| | 1961–1990 | 25 | 25 | 25 |
| Coastal Areas | 1931–1960 | 215 | 215 | 215 |
| | 1961–1990 | 230 | 230 | 230 |
| Germany | 1931–1960 | 2150 | 3085 | 5235 |
| | 1961–1990 | 2250 | 3345 | 5595 |

Table 1 displays the streamflow balance for German territory and Germany's river basins and coastal areas for the time series 1961–1990 and 1931–1960. Table 2 provides the data forming the basis for the respective runoff depths. The sum total inflow and outflow for Germany as a whole over the period 1961–1990 (total outflow from Germany) was about $5600 \text{ m}^3/s$. Converted into a runoff depth, this means 495 mm/a . The inflows from foreign parts of river basins account for 40% of this amount ($2250 \text{ m}^3/s$ or 199 mm/a), while 60% ($3345 \text{ m}^3/s$ or 296 mm/a) flow from Germany itself. An increase in both inflows as well as outflows can be seen on this basis in the long-term means for 1961–1990 compared to 1931–1960. This rise was approximately 7%.

Table 2 Catchment area and streamflow balance expressed in terms of runoff depth of the major river basins of Germany for the time series 1961–1990

| river basin | abroad in km^2 | river basin inland in km^2 | total in km^2 | inflow in mm/a | outflow in mm/a | total in mm/a |
|------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Danube | 20880 | 56270 | 77150 | 1019 | 434 | 583 |
| Rhine | 57154 | 102346 | 159500 | 695 | 348 | 473 |
| Meuse | | 3968 | 3968 | | 286 | 286 |
| Ijssel | | 3164 | 3164 | | 379 | 379 |
| Ems | | 12800 | 12800 | | 308 | 308 |
| Weser | | 46100 | 46100 | | 274 | 274 |
| Elbe | 51146 | 97465 | 148600 | 194 | 189 | 191 |
| Odra | | 5525 | 5525 | | 143 | 143 |
| North Sea Coast | | 6386 | 6306 | | 370 | 370 |
| Baltic Sea Coast | | 23006 | 23006 | | 212 | 212 |
| Germany | | 357020 | | 199 | 296 | 495 |

Table 3 Runoff depths and water availability of the Federal States for the period 1961–1990

| Federal State | area in km^2 | inhabitants ·1000 E | runoff balance in m^3/s | runoff balance in mm/a | water availability in $m^3/(Ea)$ |
|-------------------------------|----------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Baden-Württemberg | 35751 | 10524 | 535 | 472 | 1603 |
| Bavaria | 70548 | 12230 | 855 | 382 | 2205 |
| Berlin | 891 | 3382 | 5 | 182 | 48 |
| Brandenburg | 29477 | 2602 | 82 | 88 | 994 |
| Bremen | 404 | 660 | 4 | 289 | 177 |
| Hamburg | 755 | 1715 | 8 | 315 | 139 |
| Hesse | 21114 | 6068 | 205 | 306 | 1065 |
| Mecklenburg-Western Pomerania | 23171 | 1776 | 97 | 132 | 1717 |
| Lower Saxony | 47614 | 7926 | 404 | 268 | 1609 |
| North Rhine-Westphalia | 34080 | 18010 | 438 | 405 | 767 |
| Rhineland-Palatinate | 19847 | 4035 | 202 | 321 | 1579 |
| Saarland | 2570 | 1069 | 33 | 410 | 974 |
| Saxony | 18413 | 4426 | 134 | 229 | 954 |
| Saxony-Anhalt | 20447 | 2615 | 60 | 93 | 728 |
| Schleswig-Holstein | 15764 | 2790 | 165 | 330 | 1863 |
| Thuringia | 16172 | 2431 | 118 | 230 | 1532 |
| Germany | 357020 | 82260 | 3345 | 296 | 1282 |
| Germany with foreign inflows | 357020 | 82260 | 5955 | 526 | 2283 |

The greatest inflows into Germany from abroad come in via the Rhine. At Basel alone the inflow from Switzerland accounts for 43% of the total inflow. Germany receives additional inflows from abroad (30% of the total inflow) from the Danube area. Foreign inflows from the area of the Elbe account for 14%. The Rhine area is also responsible for the largest outflow volume from German territory. This is first of all due to the large area of 102000 km^2 . With a runoff depth of 348 mm/a , the outflow emanating from the natural water supply is significantly greater, however, than that coming from the area of the Elbe. Here the runoff depth only attains 189 mm/a for an area of 97000 km^2 , which is comparable to the Rhine area. The lowest water volume for the river basins is the German area of the Odra. Here the outflow is $25 \text{ m}^3/s$ corresponding to a runoff depth of 143 mm/a . The foreign inflows into the Odra area are not listed in the net outflow for Germany, as the Odra does not flow through exclusively German territory at any single site.

Adding the evaporation losses resulting from water use (11 mm/a) and from the rivers (11 mm/a) to the runoff depth of Germany estimated by the streamflow balance (296 mm/a) yields a mean runoff depth of 318 mm/a for Germany. This includes the removal of 1 mm/a of water through deep groundwater pipes. The amount of runoff for Germany was determined to be 327 mm/a using the "water balance procedure" (*Wasserhaushaltsverfahren*) (Map 3.5). Out of the difference of this value and the value determined by the streamflow balance the underground outflow from the territory of Germany is estimated to 10 mm/a .

Of all the German Federal States, Bavaria has the most water with an outflow of $855 \text{ m}^3/s$ (Fig. 1, Table 3). The large area of this Federal State and the high runoff depth of 382 mm/a are crucial factors explaining the abundance of water there. With a discharge of $33 \text{ m}^3/s$, the Saarland has the lowest outflow level of all the non-city States due to its small territory. In terms of runoff depth, at 410 mm/a this State ranks second behind Baden-Württemberg, which achieves the top value among all the Federal States with 472 mm/a . The general increase in dryness as one proceeds from west to east is reflected in the runoff balance for river and coastal areas and the net outflow values for the German Federal States. A comparable picture can also be seen in additional maps showing precipitation, evapotranspiration and discharge. With runoff depths of 88 mm/a and 93 mm/a , the two States Brandenburg and Saxony-Anhalt lie considerably below the value for Germany as a whole (296 mm/a).

Practical Information

Adding the inflow from foreign countries into Germany determined by the streamflow balance (199 mm/a) to the total runoff for Germany applying the "water balance procedure" (327 mm/a) indicates that the potential water supply for German territory over the period 1961–1990 was 526 mm/a or 188 km^3 . The outflow portions for the Odra accounted for by foreign countries are not reflected in the data. In interpreting the data it should be noted that the mean potential supply cannot be used everywhere in Germany. It is primarily available as surface water along the major rivers, while as groundwater it is primarily dependent upon the large aquifer. The potential supply is furthermore subject to considerable seasonal deviations from average rates for various factors. Significant volumes of water flow off when there is flooding. On the other hand, low river water levels are often witnessed in late summer and fall. This frequently leads to shortages in regions with low precipitation depths, forcing the available water volume to be reused.

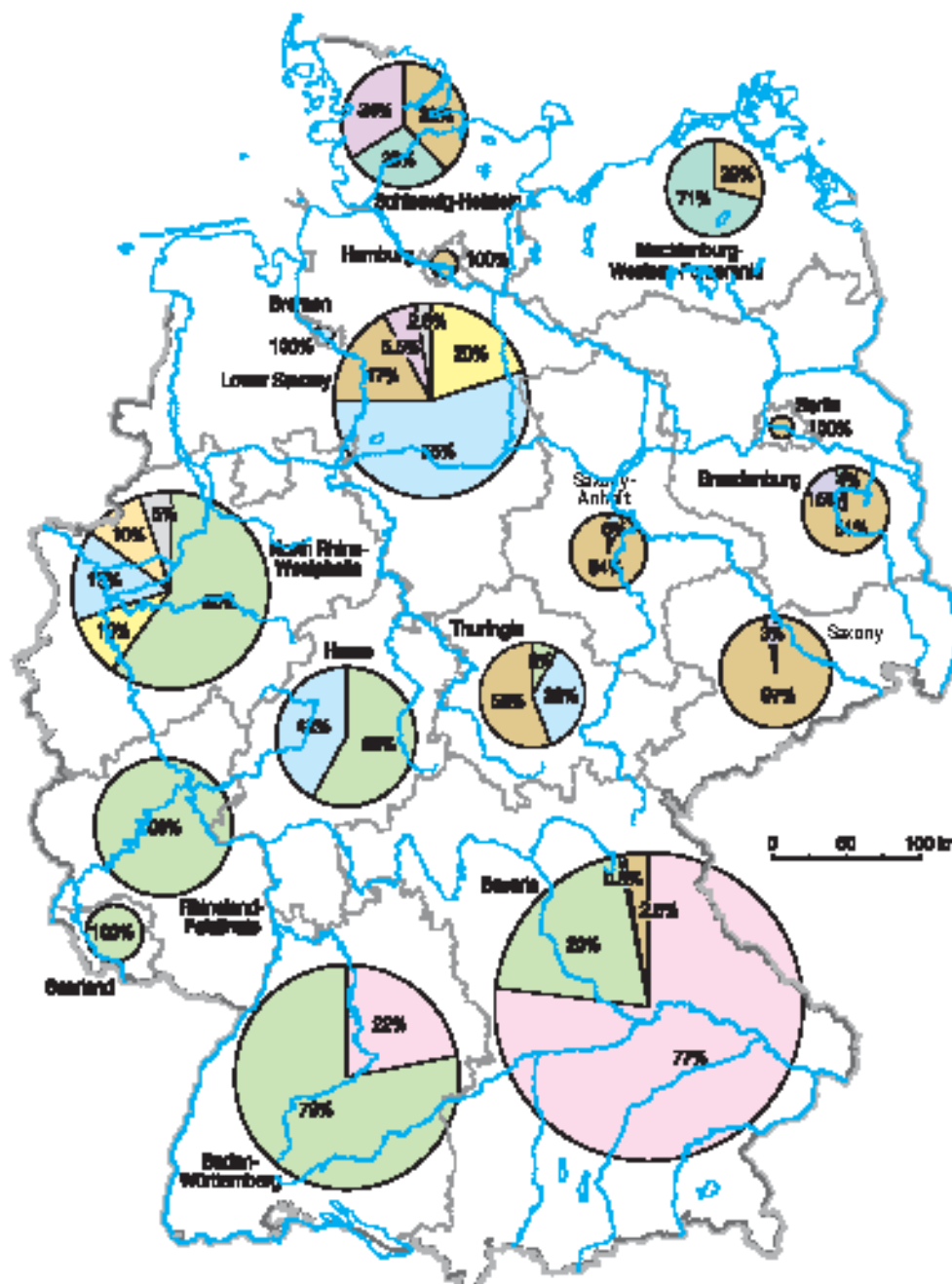


Fig. 1 Runoff percentage of the Federal States at the major river basins (for colours see Table 1)