

Die Donau und ihr Einzugsgebiet

Eine hydrologische Monographie

Teil 1 Texte



Regionale Zusammenarbeit der Donauländer

1986

Die Donau und ihr Einzugsgebiet, Teil 1 Texte

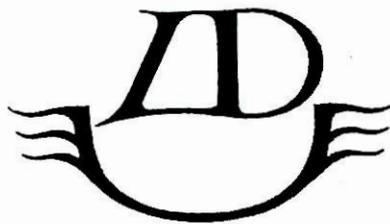
Druckfehlerberichtigung

| | | |
|--------|--------------------------|---|
| S. 9 | Abb. 2.30 | Monatsmit <u>te</u> ln |
| S. 28 | 6. Absatz, 3. Zeile | zwischen <u>ih</u> nen gelegenen |
| S. 36 | 5. Absatz, 2. Zeile | alt <u>ter</u> tiärem |
| S. 41 | 2. Absatz, 2. Zeile | aber auch <u>aus</u> Granit |
| S. 43 | 4. Absatz, 11. Zeile | bei anhalt <u>en</u> der Senkung |
| S. 49 | 3. Absatz, 9. Zeile | kö <u>nn</u> en sich im Stau |
| S. 57 | 6. Absatz, 2. Zeile | <u>neh</u> men mit der Höhe |
| S. 63 | 4. Absatz, 7. Zeile | Aue <u>b</u> öden |
| S. 65 | 1. Absatz, 5. Zeile | Aue <u>b</u> öden |
| | 2. Absatz, 1. Zeile | Aue <u>b</u> öden |
| | 4. Absatz, 1. Zeile | aus <u>F</u> lysch und <u>alt</u> tertiärem |
| S. 66 | 4. Absatz, 2. Zeile | und <u>r</u> ötliche Braunerde |
| S. 71 | 3. Absatz, 1. Zeile | des Donau <u>e</u> inzugsgebiets |
| S. 80 | 5. Absatz, 2. Zeile | er <u>ke</u> nnbar |
| S. 84 | 1. Absatz, 1. Zeile | und <u>ih</u> rem Artenreichtum |
| S. 93 | 2. Absatz, 1./2. Zeile | und <u>i</u> n Rumänien |
| S. 95 | 1. Zeile | Kar <u>pa</u> ten |
| S. 103 | 3. Absatz, 2. Zeile | oberfläch <u>l</u> iche Karstformen |
| S. 121 | drittletzte Zeile | Sprengar <u>be</u> iten in der |
| S. 135 | 5. Absatz, 3. Zeile | noch <u>e</u> ine Anzahl |
| S. 137 | 2. Absatz, 6. Zeile | Bewässerungss <u>ys</u> temen |
| S. 143 | 2. Absatz, letzte Zeile | katastr <u>o</u> phal |
| | 3. Absatz, 2. Zeile | funktio <u>n</u> ierender |
| S. 144 | letzter Absatz, 4. Zeile | "Danubius fluvius Euro <u>p</u> ae" |
| S. 145 | 2. Absatz, 7./8. Zeile | die <u>l</u> age- und höhenmäßige |
| S. 166 | 4. Absatz, 7. Zeile | Abflu <u>ß</u> regime |
| | 5. Absatz, letzte Zeile | Mittelgeb <u>ir</u> ges |
| S. 167 | 2. Absatz, 8./9. Zeile | das Abflu <u>ß</u> minimum |
| S. 168 | letzter Absatz, 2. Zeile | Es handelt <u>s</u> ich |
| S. 177 | 2. Absatz, 7. Zeile | statist <u>is</u> chen Untersuchung |
| S. 186 | 3. Absatz, 3. Zeile | Gesam <u>t</u> fläche des Donaugebietes |
| S. 191 | 1. Absatz, 1. Zeile | und Verdunstung <u>i</u> st |
| S. 221 | Nr. 33 | Neubrücke/ <u>D</u> rau |

Die Donau und ihr Einzugsgebiet

Eine hydrologische Monographie

Teil 1 Texte



Regionale Zusammenarbeit der Donauländer

1986

Folgende Länder und Institutionen haben zu dieser Monographie beigetragen:

| | | |
|---|---|--|
| Bundesrepublik Deutschland | - | Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München |
| Republik Österreich | - | Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Technische Universität, Wien |
| Tschechoslowakische Sozialistische Republik | - | Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft (VUVH), Bratislava |
| Ungarische Volksrepublik | - | Forschungszentrum für Wasserwirtschaft (VITUKI), Budapest |
| Sozialistische Föderative Republik Jugoslawien | - | Institut für Wasserwirtschaft "Jaroslav Cerni", Belgrad |
| | - | Bundesanstalt für Hydrometeorologie, Belgrad |
| Sozialistische Republik Rumänien | - | Institut für Meteorologie und Hydrologie, Bukarest |
| Volksrepublik Bulgarien | - | Institut für Meteorologie und Hydrologie, Sofia |
| Union der Sowjetischen Sozialistischen Republiken | - | Ukrainisches Forschungsinstitut für Hydrometeorologie, Kiew |

Die internationale Zusammenarbeit erfolgte:

- in der UdSSR, der VR Bulgarien, der Ungarischen VR und der CSSR:
im Rahmen der Arbeitsgruppe für Wissenschaftliche Hydrologie des Donaueinzugsgebietes bei der Donaukommission unter Mitwirkung der Nationalkomitees für das Internationale Hydrologische Programm IHP der UNESCO
- in der SR Rumänien, der SFR Jugoslawien, Österreich und der Bundesrepublik Deutschland unter Leitung der Nationalkomitees für das IHP.

Originalfassung der Monographie in deutscher Sprache

V O R W O R T

Diese Veröffentlichung ist eine gemeinsame Arbeit der acht Anliegerstaaten der Donau. Die Zusammenarbeit zwischen den Donauländern hat im Bereich der Schifffahrt auf diesem "internationalen" Strom bereits eine lange Tradition. Zwangsläufig sind hierbei auch hydrologische Fragen behandelt worden. Von den weiteren Kontakten auf dem Gebiet der quantitativen Hydrologie seien noch die Konferenzen der Donauländer für Hydrologische Vorhersagen erwähnt. Sie werden seit dem Jahre 1961 in regelmäßigen Abständen reihum in den einzelnen Ländern abgehalten.

Es war eine der Zielsetzungen der Internationalen Hydrologischen Dekade (IHD) der UNESCO (1965 - 1975), die regionale internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Hydrologie zu fördern. Die ersten Initiativen zur Ausarbeitung einer umfassenden hydrologischen Monographie des Donaubebietes sind in den Jahren 1970/71 vom jugoslawischen Nationalkomitee für die IHD ausgegangen. Bis zur jetzigen Fertigstellung waren zahlreiche Beratungen erforderlich, bei denen sich die Experten in Vollversammlungen, innerhalb der beiden Arbeitsgruppen und unmittelbar zwischen den einzelnen Ländern abstimmen.

Ziel dieser Monographie ist es, eine umfassende Gesamtschau von grundlegenden Informationen zu geben, die auch für Schifffahrt, Hochwasserschutz, Wasserversorgung, Wasserkraftnutzung, Bekämpfung der Wasserverschmutzung und andere wasserwirtschaftliche Aktivitäten von Nutzen sind.

Das gestiegene Interesse an der Wasserwirtschaft hat in den letzten Jahren zu weiteren internationalen Aktivitäten der Donauländer auf dem Gebiet des Wassers geführt. Außerdem ist auch das Bewußtsein darüber gewachsen, daß Wasser - ebenso wie andere lebenswichtige Elemente - keine Grenzen kennt. Im Hinblick auf diese Perspektiven versteht sich die Monographie auch als ein weiterer Schritt zu einer immer mehr zunehmenden gutnachbarlichen Zusammenarbeit und gegenseitigen Information zwischen den Donauländern - sowohl bei hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Grundlagendaten als auch bei aktuellen Situationen.



INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Vorwort | 3 |
| Inhaltsverzeichnis zu Teil 1 Texte | 5 |
| Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen | 8 |
| Inhaltsübersicht zu Teil 2 Tabellen und Teil 3 Karten | 10 |
| Verzeichnis der Autoren | 11 |

Teil 1 Texte

| | |
|------------|----|
| Einleitung | 15 |
|------------|----|

| | |
|-----------|----|
| Kapitel I | 17 |
|-----------|----|

P h y s i s c h - g e o g r a p h i s c h e u n d w a s s e r - w i r t s c h a f t l i c h e C h a r a k t e r i s t i k d e s E i n z u g s g e b i e t e s d e r D o n a u

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Die naturräumliche Gliederung | 19 |
| 1.1 | Lage | 19 |
| 1.2 | Großräumige Einheiten des Donaueinzugsgebietes | 22 |
| 1.3 | Geologischer Aufbau und geomorphologische Gliederung des Donaueinzugsgebietes | 23 |
| 1.3.1 | Das obere Donaugebiet | 24 |
| 1.3.1.1 | Die Alpen | 24 |
| | Die Flyschzone und die Kalkalpen | 25 |
| | Die Schieferhüllen der Zentralalpen | 26 |
| | Die Zentralalpen | 26 |
| 1.3.1.2 | Donaueinzugsgebiet nördlich der Ostalpen | 27 |
| | Das nördliche Alpenvorland | 27 |
| | Das Schichtstufenland | 28 |
| | Die Mittelgebirge | 29 |
| 1.3.2 | Das mittlere und untere Donaugebiet | 30 |
| 1.3.2.1 | Das Pannonische Becken und das Ungarische Vorgebirge | 31 |
| 1.3.2.2 | Das Dinarische Gebirge | 33 |
| 1.3.2.3 | Die Karpaten und das Karpatenvorland | 35 |
| | Die Westkarpaten | 36 |
| | Die Ostkarpaten | 37 |
| | Die Südkarpaten, das Westrumänische Gebirge | 38 |
| | und das Transsylvanische Becken | 39 |
| | Das Karpatenvorland | 39 |
| | Die Moesische Platte, das Balkengebirge | 40 |
| | (Stara Planina), die Dobrudscha | 40 |
| | (Dobrogea) und das Moldauer Plateau | 40 |
| 1.4 | Flußgeschichte der Donau | 42 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2 | Die klimatischen Verhältnisse | 47 |
| 2.1 | Die großräumige Luftzirkulation | 47 |
| 2.2 | Regionale klimatische Gliederung | 50 |
| 2.3 | Betrachtungen über einige Klimaelemente | 51 |
| 2.3.1 | Strahlungsregime | 51 |
| 2.3.2 | Lufttemperatur | 52 |
| 2.3.3 | Niederschlag | 53 |
| 2.3.4 | Schneedecke | 57 |
| 2.3.5 | Verdunstung | 59 |
| 2.3.6 | Wind | 60 |
| 3 | Bodenverhältnisse und Pflanzendecke | 63 |
| 3.1 | Die Böden | 63 |
| 3.1.1 | Allgemeiner Überblick | 63 |
| 3.1.2 | Die Böden des oberen Donaugebietes | 64 |
| 3.1.3 | Die Böden des mittleren Donaugebietes | 65 |
| 3.1.4 | Die Böden des unteren Donaugebietes | 66 |
| 3.2 | Vegetation und Bodennutzung | 67 |
| 3.2.1 | Die potentielle natürliche Vegetation | 67 |
| 3.2.1.1 | Die Wälder | 67 |
| 3.2.1.2 | Vegetation ohne Gehölze | 70 |
| 3.2.2 | Die aktuelle Vegetation | 71 |
| 4 | Das Gewässernetz | 73 |
| 4.1 | Allgemeine Charakteristik | 73 |
| 4.2 | Die Donau | 75 |
| 4.2.1 | Vom Ursprung der Donau bis Regensburg | 76 |
| 4.2.2 | Von Regensburg bis Bratislava | 78 |
| 4.2.3 | Von Bratislava bis Budapest | 79 |
| 4.2.4 | Von Budapest bis zum Eisernen Tor | 81 |
| 4.2.5 | Vom Eisernen Tor bis Silistra | 82 |
| 4.2.6 | Von Silistra bis zur Mündung ins Schwarze Meer | 83 |
| 4.3 | Die größten Nebenflüsse der Donau | 85 |
| 4.3.1 | Die südlichen Nebenflüsse vom Ursprung der Donau bis Budapest | 85 |
| 4.3.2 | Die nördlichen Nebenflüsse vom Ursprung der Donau bis Bratislava | 89 |
| 4.3.3 | Die nördlichen Nebenflüsse von Bratislava bis Budapest | 90 |
| 4.3.4 | Die Nebenflüsse von Budapest bis zum Eisernen Tor | 91 |
| 4.3.5 | Die Nebenflüsse des unteren Donauabschnittes | 95 |
| 4.3.5.1 | Die rechtsseitigen Donauzuflüsse | 95 |
| 4.3.5.2 | Die linksseitigen Donauzuflüsse | 96 |
| 4.4 | Die Seen | 98 |
| 4.4.1 | Die natürlichen Seen | 98 |
| 4.4.1.1 | Das obere Donaugebiet | 98 |
| 4.4.1.2 | Das mittlere Donaugebiet | 101 |
| 4.4.1.3 | Das untere Donaugebiet | 103 |
| 4.4.2 | Die künstlichen Seen | 105 |
| 5 | Historische Entwicklung der wasserbaulichen Arbeiten | 107 |
| 5.1 | Maßnahmen für die Schifffahrt | 108 |
| 5.2 | Die Regulierung des Flußbettes der Donau, der Bau von Hochwasserdämmen und von Staustufen | 111 |
| 5.3 | Die Wasserbauten an den bedeutendsten Nebenflüssen, Wasserspeicher, Entwässerung und Bewässerung | 125 |

Kapitel II 139

Das hydrologische Regime der Donau
und ihrer wichtigsten Nebenflüsse

| | | |
|-------|--|-----|
| 1 | Die Geschichte der hydrologischen Beobachtungen im Donaauraum | 141 |
| 1.1 | Die frühen hydrologischen Beobachtungen | 141 |
| 1.2 | Die Einrichtung staatlicher Dienststellen für hydrologische Beobachtungen | 145 |
| 1.3 | Die Entwicklung der hydrologischen Beobachtungen | 148 |
| 2 | Auswahl der Daten | 153 |
| 3 | Die Wasserstandsverhältnisse | 155 |
| 3.1 | Die Wasserstände der Donauegel | 155 |
| 3.2 | Die Wasserstände an den Pegeln der Nebenflüsse | 156 |
| 4 | Die Abflußverhältnisse | 159 |
| 4.1 | Das mittlere Abflußverhalten | 160 |
| 4.1.1 | Abflüsse und Abflußpenden entlang der Donau | 160 |
| 4.1.2 | Dauerlinien | 162 |
| 4.1.3 | Jahresgang und Wahrscheinlichkeit der Monatsmittel | 166 |
| 4.1.4 | Ausgewählte Verhältniszahlen | 168 |
| 4.2 | Die Hochwasserverhältnisse | 169 |
| 4.2.1 | Allgemeine Charakteristik | 169 |
| 4.2.2 | Hochwasserwahrscheinlichkeit | 173 |
| 4.3 | Die Niedrigwasserabflüsse | 175 |
| 4.3.1 | Allgemeine Charakteristik | 175 |
| 4.3.2 | Niedrigwasserwahrscheinlichkeit | 176 |
| 4.4 | Übersicht und Vergleich mit anderen Stromgebieten | 177 |
| 4.2 | Die Hochwasserverhältnisse | |

Kapitel III 179

Wasserbilanz des Donauebietes

| | | |
|-----|--|-----|
| 1 | Allgemeines | 181 |
| 2 | Grundlagen | 183 |
| 2.1 | Die Isolinienkarten für die Wasserbilanzelemente | 183 |
| 2.2 | Die Gleichung der Wasserbilanz | 183 |
| 3 | Die Aufstellung der Wasserbilanzen für Teileinzugs- gebiete und die Kontrolle der Abflüsse | 185 |
| 3.1 | Die Arbeitsschritte der Ermittlung | 185 |
| 3.2 | Auswahl der Teileinzugsgebiete | 185 |
| 3.3 | Ermittlung der Bilanzelemente für die Teileinzugsgebiete | 186 |
| 3.4 | Berechnung des Bilanzfehlers und der Abflußbeiwerte | 187 |
| 3.5 | Bestimmung der Abflüsse an den Donauegeln aus der Isolinienkarte der mittleren jährlichen Abflußhöhen | 188 |
| 3.6 | Vergleich der beobachteten mit den aus den Isolinien- karten abgeleiteten Abflüssen | 189 |
| 4 | Die räumliche Verteilung von Niederschlag, Verdunstung und Abfluß | 191 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5 | Wasserbilanz nach Staatsgebieten | 193 |
| 5.1 | Abgrenzung der Bilanzgebiete | 193 |
| 5.2 | Bestimmung der Flächen der Bilanzgebiete | 194 |
| 5.3 | Ermittlung der Bilanzelemente | 194 |
| 5.4 | Abflußbilanz für die einzelnen Staatsgebiete | 195 |
| 6 | Schlußbetrachtung und Ausblick | 199 |

| | |
|--|-----|
| Literatur | 201 |
| Tabellen zu Kapitel II | 209 |
| Tabellen zu Kapitel III | 227 |
| Abbildungen zu Kapitel I und II | 239 |
| Satellitenbilder | 359 |
| Photographien | 369 |
| Übersichtskarte Abb. 1.1 als Faltblatt | |

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Kapitel I

| | | |
|------|-----|---|
| Tab. | 1.1 | Die größten Flüsse in Europa |
| | 1.2 | Die größten Ströme der Welt |
| | 1.3 | Anteil der Donaustaaten am Donaeinzugsgebiet |
| | 1.4 | Die bedeutendsten Nebenflüsse der Donau |
| | 1.5 | Verzeichnis von Flußnamen und geographischen Eigennamen in den Sprachen des Donaugebietes |
| | 1.6 | Die größten Seen im Donaugebiet |
| | 1.7 | Die größten Wasserspeicher im Donaugebiet |
| Abb. | 1.1 | Übersichtskarte |
| | 1.2 | Übersichtskarte des Gewässernetzes |
| | 1.3 | Übersichtslängsschnitt der Donau und ihrer Hauptnebenflüsse |

Kapitel II

| | | |
|------|-----|--|
| Tab. | 2.1 | Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen (nach DIN 4049) |
| | 2.2 | Verzeichnis der Pegelstellen |
| | 2.3 | Verzeichnis der Pegelstellen in alphabetischer Reihenfolge |
| | 2.4 | Charakteristische Werte aus der Beobachtungsperiode |
| | 2.5 | Größe und kleinste Abflüsse aus der Beobachtungsperiode in m ³ /s |
| | 2.6 | Größe und kleinste Abflußspenden in der Beobachtungsperiode in l/s.km ² |
| | 2.7 | Größe und kleinste langjährige Monatsmittel des Abflusses in der Beobachtungsperiode |
| | 2.8 | Größe und kleinste Jahresmittel des Abflusses in der Beobachtungsperiode |

- 2.9 Scheitelabflüsse großer Hochwasser entlang der Donau in m^3/s
- 2.10 Charakteristische Hochwasserabflüsse
- 2.11 Niedrigwasserabflüsse entlang der Donau in m^3/s
- 2.12 Charakteristische Niedrigwasserabflüsse

Abb.

- 2.1 Übersichtslageplan mit Pegelstellen
- 2.2 Übersicht über den Aufbau des Einzugsgebietes der Donau
- 2.3 Hydrologischer Längsschnitt der Donau
- 2.4 (1-50) Maximale, mittlere und minimale jährliche Wasserstände
- 2.5 Dauerlinien ausgewählter Donaupegel
- 2.6 Dauerlinien ausgewählter Pegel an den Nebenflüssen
- 2.7 Dauerlinien der Pegel an der Theiß
- 2.8 Normierte Dauerlinien ausgewählter Pegel an der Donau
- 2.9 Normierte Dauerlinien ausgewählter Pegel an den Nebenflüssen
- 2.10 Normierte Dauerlinien für Einzugsgebiete gleicher Größe (2.10-1 bis 2.10-4)
- 2.11 (1-51) Jahresgang und Wahrscheinlichkeit der Monatsmittel
- 2.12 Jahresgang der Monatsmittel entlang der Donau
- 2.13 Wahrscheinlichkeit der mittleren jährlichen Abflüsse entlang der Donau
- 2.14 Hochwasserwellenpläne
- 2.15 Hochwasserabflüsse entlang der Donau für die größten beobachteten Hochwasser
- 2.16 (1-50) Hochwasserwahrscheinlichkeit (empirische Verteilung und bestangepaßte Verteilungsfunktion)
- 2.17 Normierte Verteilungsfunktionen ausgewählter Pegel (Hochwasser)
- 2.18 Übersichtslageplan mit Verhältniswerten $MHQ : MQ$
- 2.19 Übersichtslageplan mit Verhältniswerten $HQ_{100} : MHQ$
- 2.20 Beziehung zwischen HQ_{100} (HQ_{10} und HQ_5), MHQ und C_v für die Donaupegel
- 2.21 Niedrigwasserabflüsse entlang der Donau für die kleinsten beobachteten Niedrigwasserperioden
- 2.22 (1-50) Niedrigwasserwahrscheinlichkeit (empirische Verteilung und Weibullverteilung)
- 2.23 Normierte Verteilungsfunktionen ausgewählter Pegel (Niedrigwasser)
- 2.24 Übersichtslageplan mit Verhältniswerten $MNQ : MQ$
- 2.25 Übersichtslageplan mit Verhältniswerten $NQ_{100} : MNQ$
- 2.26 Beziehung zwischen NQ_{100} (NQ_{10} und NQ_5), MNQ und C_v für die Donaupegel
- 2.27 Übersicht der Pegel mit hydrologischen Parametern
- 2.28 Übersicht der Pegel mit statistischen Parametern
- 2.29 Übersicht über die größten Hochwasserspenden
- 2.30 Beziehung zwischen den normierten Monatsmitteln unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit $MNQ(\%) : (MQ-1)$ und C_v

Kapitel III

| | | |
|------|-----|---|
| Tab. | 3.1 | Wasserbilanzen für die hydrologischen Teileinzugsgebiete |
| | 3.2 | Aus der Isolinienkarte der Abflußhöhen ermittelte Abflüsse in den Bilanzquerschnitten der Donau |
| | 3.3 | Vergleich der gemessenen Abflüsse an den Donaupegeln mit den aus der Isolinienkarte ermittelten Abflüssen |
| | 3.4 | Wasserbilanzen für ausgewählte Landschaftsräume |
| | 3.5 | Abflußbilanzen für die nach Staatsgrenzen gebildeten Bilanzgebiete |
| | 3.6 | Wasserbilanz nach Staatsgebieten |

Inhaltsübersicht zu Teil 2 T a b e l l e n

| | |
|------|--|
| II/0 | Alphabetisches Verzeichnis der Pegel |
| II/1 | Charakteristische Angaben über Wasserstände und Abflüsse an den Pegeln |
| II/2 | Maximale und minimale jahreszeitliche Wasserstände |
| II/3 | Mittlere monatliche und jährliche Abflüsse |
| II/4 | Monatliche und jährliche Abflüsse unterschiedlicher Wahrscheinlichkeiten |
| II/5 | Maximale Abflüsse (Höchstwerte) |
| II/6 | Minimale Abflüsse (Tagesmittel) |
| II/7 | Maximale Abflüsse (Tagesmittel) |

Inhaltsübersicht zu Teil 3 K a r t e n

| | | |
|-------|--|-----------------|
| I/1 | Topographische Karte | M 1 : 2.000.000 |
| I/2 | Geologische Karte | M 1 : 2.000.000 |
| I/3 | Vegetationskarte | M 1 : 2.000.000 |
| I/4 | Karte der mittleren Temperaturen | M 1 : 2.000.000 |
| III/1 | Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im Donau-Einzugsgebiet | M 1 : 2.000.000 |
| III/2 | Mittlere jährliche Verdunstungshöhen im Donau-Einzugsgebiet | M 1 : 2.000.000 |
| III/3 | Mittlere jährliche Abflußhöhen im Donau-Einzugsgebiet | M 1 : 2.000.000 |
| III/4 | Bilanzierungs-Gebietseinheiten des Donau-Einzugsgebietes | M 1 : 2.000.000 |

VERZEICHNIS DER AUTOREN

I. Nationalbeiträge der Donauländer

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München

Koordination: Dipl.-Ing. H. Schiller

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. H. Schiller, Dipl.-Ing. J. Vedral, R. Fromm

REPUBLIK ÖSTERREICH

Technische Universität Wien

Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft

Koordination: Dipl.-Ing. Dr.techn. O. Behr,
(Dipl.-Ing. Dr. techn. J. Reitinger)

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Dr. techn. O. Behr, Dr. F. Neuwirth,
Dipl.-Ing. W. Pruzsinszky

TSCHECHOSLOWAKISCHE SOZIALISTISCHE REPUBLIK

Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft (VUVH), Bratislava

Koordination: Ing. A. Sikora CSc., Ing. A. Stancik CSc.

Sachbearbeiter: Ing. A. Stancik CSc., RNDr. P. Petrovic CSc.,
Ing. A. Hullova, L. Urge, O. Banacka, S. Krizikova

UNGARISCHE VOLKSREPUBLIK

Forschungszentrum für Wasserwirtschaft VITUKI, Budapest

Koordination: Dr.-Ing. Dipl.-Math. M. Domokos

Sachbearbeiter: Dr.-Ing. B. Csermak CSc., Dr.-Ing. Dipl.-Math. M. Domokos,
Dr.-Ing. M. Kardos, Dipl.-Geogr. D. Karpati-Rado,
Dr. Geogr. Gy. Kovacs, Dipl.-Ing. J. Sass

SOZIALISTISCHE FÖDERATIVE REPUBLIK JUGOSLAWIEN

Institut für Wasserwirtschaft "Jaroslav Cerni", Belgrad

Bundesanstalt für Hydrometeorologie, Belgrad

Koordination: Prof. Dr. S. Jovanovic, Dipl.-Ing. G. Bozic

Sachbearbeiter: Prof. Dr.-Ing. S. Prohaska, Dipl.-Ing. M. Andjelic MSc,
Dipl.-Ing. V. Miloradov, Dipl.-Ing. B. Vukicevic

SOZIALISTISCHE REPUBLIK RUMÄNIEN

Institut für Meteorologie und Hydrologie, Bukarest

Koordination: Dr.-Ing. C. Bondar, Dr.-Ing. M. Podani

Sachbearbeiter: Dr.-Ing. C. Bondar, Dr.-Ing. D. Lazarescu, Ion State,
Ing. E. Harabagiu, V. Popovici

VOLKSREPUBLIK BULGARIEN

Institut für Hydrologie und Meteorologie, Sofia
Koordination: Dr. T. Panajotov, Dr. D. Petschinov
Sachbearbeiter: Dr. T. Panajotov, Dr. D. Petschinov
M. Kütschukova, W. Boshinova

SOWJETUNION

Ukrainisches Forschungsinstitut für Hydrometeorologie, Kiew
Koordination: A. V. Scerbak
Sachbearbeiter: L. G. Onufrijenko, A. V. Scerbak, I. I. Volosin,
N. G. Galuscenko, N. I. Kononenko, N. E. Litvin

II. Internationale Koordination

Koordinator für die Länder BULGARIEN, CSSR, UNGARN und UDSSR

Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft VUVH, Bratislava
Koordination: Ing. A. Sikora CSc., Ing. A. Stancik CSc.,
Sachbearbeiter: Ing. A. Hullova, L. Urge

Koordinator für die Länder BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, ÖSTERREICH, RUMÄNIEN
und JUGOSLAWIEN

Universität Belgrad, Fakultät für Bauwesen
Institut Jaroslav Cerni
Bundesanstalt für Hydrometeorologie, Belgrad
Koordination: Prof. Dr. S. Jovanovic, Dipl.-Ing. M. Andjelic MSc.,
Prof. Dr. S. Prohaska, Dipl.-Ing. V. Miloradov

III. Bearbeitung von Einzelbeiträgen

Entwürfe zu Kapitel I und Kapitel III

Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft VUVH Bratislava
Koordination: Ing. A. Stancik CSc.
Sachbearbeiter: RNDr. J. Hanusin, Ing. A. Hullova, L. Urge

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Kapitel I)
Koordination: Dipl.-Ing. H. Schiller
Sachbearbeiter: Dipl.-Geogr. K. Toduta

Entwürfe zu Kapitel II

Universität Belgrad, Fakultät für Bauwesen
Institut Jaroslav Cerni
Koordination: Prof. Dr. S. Jovanovic
Sachbearbeiter: Prof. Dr. S. Prohaska, Dipl.-Ing. M. Andjelic
Dipl.-Ing. Z. Radic

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Koordination: Dipl.-Ing. H. Schiller
Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. H. Schiller, Dipl.-Geogr. K. Toduta

Abschnitt II.1 Hydrologische Forschung:

Technische Universität Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft
Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. Dr. techn. O. Behr

Kapitel III

Bearbeitung der Isolinienkarten der Wasserbilanzelemente:

Forschungsanstalt für Wasserwirtschaft (VUVH), Bratislava
Koordination: Ing. A. Stancik, CSc.
Sachbearbeiter: RNDr. P. Petrovic, CSc., Ing. A. Hullova, L. Urge

Wasserbilanz auf der Basis der Isolinienkarten:

Forschungszentrum für Wasserwirtschaft VITUKI, Budapest
Koordination: Dr.-Ing. Dipl.-Math. M. Domokos
Sachbearbeiter: Dr.-Ing. Dipl.-Math. M. Domokos, Dipl.-Ing. J. Sass

IV. Zusammenfassende und redaktionelle Bearbeitung

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München
Koordination: Dipl.-Ing. H. Schiller
Sachbearbeiter: Dipl.-Geogr. K. Toduta, Dipl.-Ing. H. Schiller,
Dipl.-Ing. J. Vedral, Dipl.-Met. H. Deisenhofer,
Dipl.-Geol. Dr. J. Mangelsdorf

V. Kartographie

Topographie, Geologie, Klima, Vegetation:
Österreichisches Ost- und Südosteuropa-Institut, Wien

Isolinienkarten der Wasserbilanz-Elemente:
VITUKI Budapest; Unternehmen für Kartographie, Budapest

Graphische Darstellungen und Abbildungen:
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München,
Institut "Jaroslav Cerni", Belgrad

VI. Besondere Verdienste

Außer den genannten Autoren und Koordinatoren haben noch folgende Herren maßgeblich zum Zustandekommen der Monographie beigetragen:

Prof. M. Ivanovic - Vorsitzender des Nationalkomitees der S.F.R. Jugoslawien für die IHD (1965 - 1974)

- Prof. Dr. R. Keller - Vorsitzender des Nationalkomitees der Bundesrepublik Deutschland für das IHP
- Dr. V. I. Korzun - Vorsitzender des Nationalkomitees der Sowjetunion für das IHP
- Dr.-Ing. K. Stelczer CSc - Vorsitzender der Arbeitsgruppe für wissenschaftliche Hydrologie des Donaeinzugsgebietes bei der Donaukommission, Vize-Generaldirektor des Forschungszentrums für Wasserwirtschaft (VITUKI) (bis 1984)

EINLEITUNG

Die Donau ist der einzige unter den Strömen Europas der über eine sehr große Entfernung von Westen nach Osten fließt. Diesem Umstand verdankt sie ihre außerordentliche geschichtliche, internationale und wasserwirtschaftliche Bedeutung und die besondere Vielfalt an Landschaften und Kulturen entlang ihrer Ufer.

Die Donau überquert von den Höhen des Schwarzwaldes bis zu ihrer Deltamündung am Schwarzen Meer fast 22 Längengrade und verbindet 8 Länder: die Bundesrepublik Deutschland, die Republik Österreich, die Tschechoslowakische Sozialistische Republik, die Ungarische Volksrepublik, die S.F.R. Jugoslawien, die Sozialistische Republik Rumänien, die Volksrepublik Bulgarien und die U.d.S.S.R.

Das Einzugsgebiet der Donau umfaßt vergletschertes Hochgebirge, walddreiche Mittelgebirgsrücken, kahle Karsthochflächen, flachwellige Hügelländer, niedrige Tafelländer mit tiefeingeschnittenen Flußtälern und weiten Ebenen.

Die reichen Donauländer fesselten schon seit jeher das Interesse handeltreibender, erobernder und nomadisierender Völker. Im 8. - 7. vorchristlichen Jahrhundert kamen die Phönizier, Ägypter und Griechen bis zur Donaumündung und knüpften Handelsbeziehungen zur dortigen Bevölkerung.

Der persische Machthaber Darius I. versuchte im 6. Jahrhundert v. Chr. die Länder an der unteren Donau zu erobern, so auch im Jahre 334 v. Chr. Alexander der Große. Im 1. Jahrhundert n. Chr. drangen die Römer zum oberen Donauebiet vor. In den Jahren 101 - 106 unterwarf der römische Kaiser Trajan die dakischen Stämme, die im unteren Donauebiet angesiedelt waren. Er ließ bei Turnu-Severin die Trajansbrücke sowie am rechten Ufer der Donau die Trajanstraße bauen, von der die "Tabula-Traiana" Zeugnis gibt, die in die Felsen eingelassen ist.

Wenn man die Herkunft des Namens "Donau" ergründen will, muß man auf die Kelten zurückgehen, die im oberen Donauebiet lebten. "Danu" bedeutet im Keltischen "hastig, ungestüm, schnell". In seinem Buch "De Bello Gallico" nennt Cäsar den Strom Danubius - das bedeutet etwa "schneller Fluß". Die Phönizier und die Griechen entdeckten den Fluß vom Meer her, kannten aber nur seinen Unterlauf, den sie Istros oder Ister nannten.

Der Name Danubius kommt auch in den Werken von Aristoteles, Ovid, Strabo und Plinius Secundus vor. Der Unterlauf der Donau wird bei Herodot und Vergil als "Istros" bezeichnet. Cicero spricht über den Histerus. Spätere Völkerschaften, die an den Ufern des Stroms wohnten oder entlang seines Laufes zogen, nannten ihn Donau, Duna, Dunav, Dunarea und Dunaj.

Der Name Donau, abgewandelt je nach Landessprache, hat sich bis heute durchgesetzt.

Als erste Erforscher der Donau können die Griechen bezeichnet werden. Sie erkundeten die Donau von der Schwarzmeerküste her und lieferten auch die ersten Angaben über den Fluß.

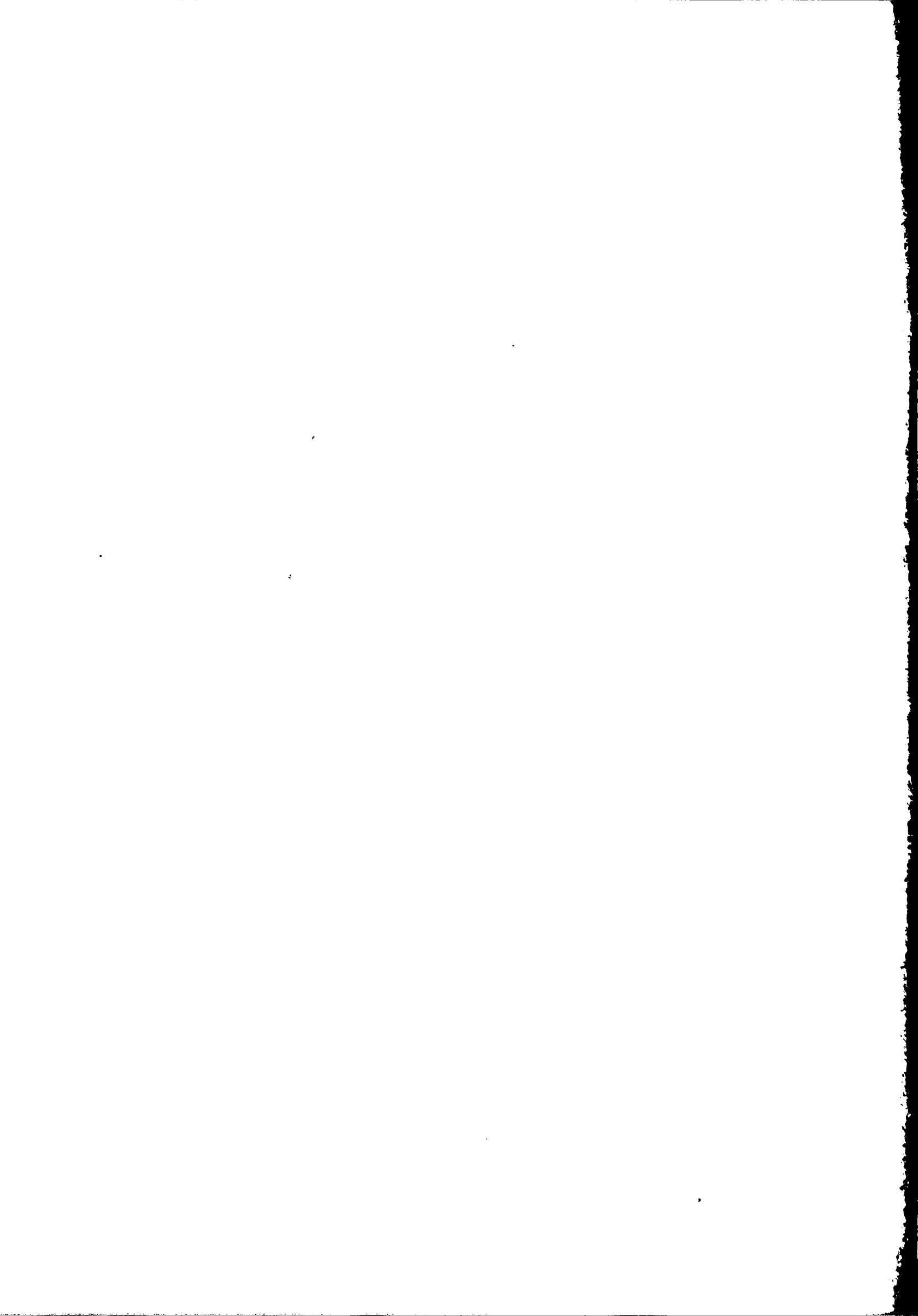
Die älteste Darstellung der Donau findet sich in den Werken von Herodot im 5. vorchristlichen Jahrhundert. Aus dem 2. Jahrhundert v. Chr. datiert die Karte von Ptolemäus mit Angaben über Dacia und Skytha minor (Dobrudscha).

Spätere Darstellungen der Donau finden wir an den Klostermauern von San Michele (Sankt Michael) in Murano bei Venedig.

Bereits in der Römerzeit erlangte die Donau eine politische Bedeutung, die sie auch später beibehielt. Entlang der Donau zogen die Ströme der Völkerwanderung und die Kreuzzüge. Später wurde die Donau zu einer Schlagader der europäischen Geschichte und gleichzeitig wuchs ihre wirtschaftliche Bedeutung immer mehr.

Kapitel I

Physisch-geographische und wasserwirtschaftliche Charakteristik des Einzugsgebietes der Donau



1 DIE NATURRÄUMLICHE GLIEDERUNG

(Siehe auch Übersichtskarte Abb. 1.1 und topographische Karte in Teil 3)

1.1 L a g e

Die Donau ist mit einer Gesamtlänge von 2857 km und einer langjährigen mittleren Wasserführung von ca. 6500 m³/s nach der Wolga (Länge 3 740 km, Wasserführung 8 500 m³/s) der zweitgrößte Strom Europas und der größte aller in das Schwarze Meer mündenden Flüsse (siehe Tab. 1.1).

Unter den Strömen der Erde steht sie der Gesamtlänge nach an 21. Stelle. Sie entwässert ein Einzugsgebiet von 817 000 km². Der Fläche nach nimmt das Donaueinzugsgebiet den 24. Platz auf der Erde ein (siehe Tab. 1.2).

Das Einzugsgebiet der Donau liegt westlich des Schwarzen Meeres, d.h. in Mittel- und Südosteuropa. Es erstreckt sich von 8° 09' beim Ursprung der Quellflüsse Breg und Brigach im Schwarzwald bis 29° 45' östlicher Länge im Donaudelta am Schwarzen Meer. Die längste Achse des Einzugsgebietes mißt 1630 km.

Der südlichste Punkt des Donaueinzugsgebietes liegt bei 42 ° 05' nördlicher Breite im Quellgebiet des Iskar im Rila Gebirge und der nördlichste Punkt liegt im Quellgebiet der March in den Ostsudeten bei 50° 15' nördlicher Breite.

Zwölf Staaten haben Anteil am Donaueinzugsgebiet. Allein über 70 % liegen auf dem Gebiet von nur vier Staaten. Die Schweiz, die Volksrepublik Albanien, Italien und die Volksrepublik Polen haben sehr geringe Anteile. Die Aufteilung des Donaueinzugsgebietes auf die einzelnen Staaten und der Anteil an der jeweiligen Staatsfläche ist aus Tab. 1.3 ersichtlich.

Tab. 1.1

Die größten Flüsse in Europa

| Lfd. Nr. | Fluß | Einzugsgebiet 10 ³ km ² | Länge km | lang. mittl. Wasserführung a.d. Mdg. m ³ /s |
|----------|----------------------------------|--|-------------|--|
| 1 | Wolga | 1380 | 3688 | 8000 |
| 2 | Donau | 817 | 2857 | 6500 |
| 3 | Dnjepr | 503,3 | 2285 | 1660 |
| 4 | Don | 442,5 | 1970 | 930 |
| 5 | Nördliche Drina | 360,3 | 744 | 3560 |
| 6 | Petschora | 326,9 | 1809 | 4066 |
| 7 | Newa (Abfluß des Ladoga-Sees) | 282,3 | 74 | 2600 |
| 8 | Ural | 220 | 2534 | 347 |
| 9 | Weichsel | 194,1 | 1095 | 1100 |
| 10 | Rhein *) | 185 | 1320 | 2300 |
| 11 | Elbe | 144,1 | 1165 | 750 |

(nach Marcinek, J.: Das Wasser des Festlandes, Leipzig 1975)

*) Rheinmonographie

Tab. 1.2

Die größten Ströme der Welt

| Lfd. Nr. | Name | Einzugsgebiet 10 ³ km ² | Länge km | Langjährige mittlere Wasser- führung an der Mündung m ³ /s |
|----------|----------------|--|-------------|--|
| 1 | Amazonas | 5770 | 6440 | 212 000 |
| 2 | Kongo | 4000 | 4700 | 39 600 |
| 3 | Mississippi | 3220 | 6020 | 17 300 |
| 4 | Nil | 2980 | 6650 | 2 800 |
| 5 | Jenissei | 2590 | 5540 | 17 400 |
| 6 | Ob | 2484 | 5410 | 12 500 |
| 7 | Lena | 2424 | 4400 | 15 500 |
| 8 | Parana | 2305 | 4000 | 14 900 |
| 9 | Jangtsekiang | 1942 | 5980 | 21 800 |
| 10 | Amur | 2040 | 4670 | 12 600 |
| 11 | Mackenzie | 1766 | 4062 | 12 740 |
| 12 | Wolga * | 1380 | 3688 | 9 900 |
| 13 | Sambesi | 1295 | 3500 | 7 080 |
| 14 | St. Lorenz | 1290 | 4000 | 14 100 |
| 15 | Niger | 1114 | 4200 | 6 090 |
| 16 | Nelson | 528 | 2700 | 1 440 |
| 17 | Murray-Darling | 1072 | 2739 | 391 |
| 18 | Ganges | 1059 | 2506 | 18 700 |
| 19 | Hoangho | 1036 * | 4845 | 3 290 |
| 20 | Brahmaputra | 935 | 2900 | 19 800 |
| 21 | Yukon | 932 | 3185 | 5 100 |
| 22 | Indus | 927 | 2900 | 8 500 |
| 23 | Orinoco | 881 | 2150 | 17 000 |
| 24 | Donau | 817 | 2857 | 6 500 |
| 25 | Mekong | 803 | 4000 | 11 000 |

(nach v.d. Leeden, F.: Water Resources of the World, New York 1975 und
* Marcinek, J.: Das Wasser des Festlandes, Leipzig 1975)

Tab. 1.3 Anteil der Donaustaaten am Donaueinzugsgebiet

| DONAUSTAATEN | Anteil der Staatsfläche am Donaueinzugsgebiet | | Anteil des Donauein- zugsgebietes an der Staatsfläche | |
|---------------------------------|--|------|---|-------|
| | 10 ³ km ² | % | % | % |
| 1 Bundesrepublik Deutschland | 59,6 | 7,3 | | 24,0 |
| 2 Österreich | 80,7 | 9,9 | | 96,3 |
| 3 C.S.S.R. | 73,0 | 8,9 | | 57,1 |
| 4 Ungarische Volksrep. | 93,0 | 11,4 | | 100,0 |
| 5 S.F.R. Jugoslawien | 183,2 | 22,4 | | 71,6 |
| 6 S.R. Rumänien | 232,2 | 28,4 | | 97,8 |
| 7 Volksrep. Bulgarien | 48,2 | 5,9 | | 43,4 |
| 8 U.d.S.S.R. | 44,3 | 5,4 | | 0,2 |

Das Stromgebiet der Donau grenzt im Westen und Nordwesten an das Stromgebiet des Rheins, im Norden an das Einzugsgebiet der Weser, Elbe, Oder und Weichsel, im Nordosten an das Einzugsgebiet des Dnjestr und im Süden an die Einzugsgebiete des Adriatischen und Ägäischen Meeres.

1.2 Großräumige Einheiten des Donaueinzugsgebietes

Das Einzugsgebiet der Donau kann entsprechend seiner geologischen und geographischen Struktur in drei Bereiche gegliedert werden, nämlich das obere, das mittlere und das untere Donaugebiet.

a) Das obere Donaugebiet erstreckt sich von den Quellflüssen im Schwarzwald bis zur Pforte von Devin (Porta Hungarica) östlich von Wien.

Es umfaßt im Norden die Gebiete der Schwäbischen- und Fränkischen Alb, Teile des Oberpfälzer Waldes, des Bayerischen Waldes und Böhmerwaldes bis zum österreichischen Mühl- und Waldviertel sowie das Böhmisches-Mährische Hügelland.

Südlich der Donau folgt das Schwäbisch-Bayerisch-österreichische Alpenvorland mit großen Teilen der Alpen bis zur Wasserscheide in den kristallinen Zentralalpen.

b) Das mittlere Donaugebiet bildet eine großartige und in Europa einzig

dastehende geographische Einheit. Es reicht von der Deviner Pforte (Porta Hungarica), die den letzten Ausläufer der Alpen (das Leithagebirge) mit den Kleinen Karpaten unterhalb der Marchmündung verbindet, bis zur gewaltigen Durchbruchstrecke zwischen den Südkarpaten und dem Balkengebirge am Eisernen Tor. Flächenmäßig hat es den größten Anteil am Einzugsgebiet der Donau. Im Norden und Osten wird das mittlere Donaueinzugsgebiet von den Karpaten, im Westen und Süden von den Karnischen Alpen, den Karawanken, den Julischen Alpen sowie den Dinariden abgegrenzt. Innerhalb dieses geschlossenen Gebirgsringes liegen das Pannonische Becken und das Transsylvanische (Siebenbürgische) Hochland.

c) Das untere Donaueinzugsgebiet wird von der Rumänischen und Bulgarischen Ebene, den Flußgebieten des Siret und Prut sowie den sie umgebenden Hochflächen und Gebirgslandschaften gebildet. Umgrenzt wird es im Norden von den Karpaten, im Osten von der Bessarabischen (Basarabischen) Hochfläche, im Süden von der Dobrudscha (Dobrogea) und vom Balkengebirge. Bei der Prutmündung gehen die Ausläufer der Dobrudscha in die Bessarabische Hochfläche über.

In der Donau vereinigen sich Gewässer aus Hochgebirgen und deren Vorländern, aus Mittelgebirgen, Hochebenen, Beckenlandschaften und aus Tiefebenen. Der Strom hat deshalb einen stark wechselnden Charakter, der vom Gebirgsfluß bis zum Flachlandstrom reicht.

1.3 Geologischer Aufbau und geomorphologische Gliederung des Donaueinzugsgebietes

(Siehe auch geologische Karte in Teil 3)

Die meisten europäischen Flüsse (Rhone, Rhein, Weichsel) kommen direkt aus jungen Gebirgsketten und nehmen den kürzesten Weg zum Meer. Die Donau hingegen entspringt in einem alten Gebirge und durchquert Europa von Westen nach Osten in einem wechselvollen Lauf durch Gebirge, Hochland und Tiefebene. Von den Quellen bis zum Visegrader Tor, einem Durchbruch durch das Ungarische Mittelgebirge oberhalb von Budapest, fließt die Donau überwiegend in südöstlicher Richtung. Weiter schlägt der Strom bis zum Zusammenfluß mit der Drau eine nord-südliche Richtung ein, um sich dann bis Svistov nach Süd-Osten zu orientieren. Von Svistov bis Silistra fließt die Donau in nord-östlicher Richtung. Zwischen Silistra und Galati folgt die Donau einem

nördlichen Kurs, um dann nach Osten abzubiegen. Sie mündet in einem Delta mit einer Oberfläche von 5640 km² (Wolga-Delta 18 000 km²) ins Schwarze Meer.

Der eigentümliche Lauf mit häufig ändernder Richtung ist ein Beweis für eine lange geologische Geschichte des Stromes, die vom Pliozän bis ins Alluvium reicht.

Die Entwicklung des Stromes ist auch heute noch nicht abgeschlossen. Von der Gesamtfläche des Einzugsgebietes der Donau entfallen etwa 1/3 auf Hochgebirge und 2/3 auf Mittelgebirge und Ebenen. Das drückt sich auch in den absoluten Höhenangaben aus: Obwohl die Höhendifferenz zwischen den Alpengipfeln (Piz Bernina - 4052 m) und den weiten Tiefebene der Donau 4000 m übersteigt, beträgt die mittlere Höhe des gesamten Einzugsgebietes nur 475 m. Aufgrund der geologischen Entwicklung unterscheidet man im Donaueinzugsgebiet folgende tektonische Einheiten:

1. Die alpidischen Gebirgssysteme als die jüngste tektonische Formation Europas

Diese Gebiete nehmen den größten Teil des Donaueinzugsgebietes ein. Es sind die Alpen, die Karpaten, das Balkengebirge (Stara Planina) und die Dinarden. Dazu gehören auch die Vorländer und die Ebenen zwischen den Gebirgsmassiven. Die beiden größten dieser Ebenen sind die Ebenen an der mittleren Donau (Pannonische Ebene) und die Ebene im Bereich der unteren Donau (Rumänische und Bulgarische Ebene).

2. Die varistischen und älteren Einheiten, die im Erdaltertum entstanden sind.

Die wichtigsten davon sind im oberen Donaueinzugsgebiet: der Schwarzwald, der Oberpfälzer Wald, der Bayerische Wald, der Böhmerwald und das Böhmischo-mährische Hügelland. Kleine Einheiten dieser Art gibt es in Form von Hügelländern im Gebiet der unteren Donau in Rumänien und Bulgarien (Dobrudscha, Ludogorie).

3. Die vorpaläozoische russische Tafel nimmt einen Teil des Nordostens des Donaueinzugsgebietes ein. Sie heißt Moldauische oder Podolische Ebene.

1.3.1 Das obere Donaueinzugsgebiet

1.3.1.1 Die Alpen

Die Alpen sind in Europa das mächtigste Gebirgsmassiv der alpidischen Ein-

heit. Im Süden des oberen Donaeinzugsgebietes liegen die Ostalpen, die im Vergleich zu den Westalpen stärker gegliedert sind.

Weite Becken und Längstäler trennen sie in mehrere in etwa parallel verlaufende Formationen. Von Norden nach Süden sind dies: die nördlichen Kalkalpen, die nördliche Schieferhülle, die kristallinen Zentralalpen, die südliche Schieferhülle und die südlichen Kalkalpen. Den nördlichen Kalkalpen ist das Flysch-Alpenvorland und die tertiäre Molasse vorgelagert, die teilweise in den Faltungsprozeß einbezogen wurde.

Die Flyschzone und die Kalkalpen

Die Flyschsedimente am Nordrand der Alpen entstanden aus maritimen Ablagerungen im Verlauf der wiederholten Gebirgshebungen und Überflutungen.

Flysch besteht meist aus 1000 bis mehrere tausend Meter mächtigen Wechselagerungen von Sandstein, Grauwacke, Kalken und Tonen.

Alle Einheiten am Ostalpen-Nordrand (von Nord nach Süd - Molasse, Flysch, Helvitikum und Nördliche Kalkalpen) sind durch den Gebirgsdruck von Süd nach Nord zusammengeschoben und räumlich eingeengt worden. Man spricht in diesem Zusammenhang von Überschiebungseinheiten oder Decken. In den Vorarlberger und Allgäuer Alpen, die zwischen Alpenrhein und Wertach liegen, ist die Flyschzone hochgebirgsartig ausgebildet.

Östlich der Wertach, in den Oberbayerischen Alpen hingegen, tritt der Flyschgürtel mehr in Mittelgebirgsformen auf und wird durch Quertäler und Alpenrandbecken in einzelne Bergstöcke zerlegt.

Die nördlichen Kalkalpen, die sich vom Bodensee bis weit nach Niederösterreich hin erstrecken, werden in die niedrigen Kalkvoralpen und in die bis zu 3000 m hohen Kalkhochalpen gegliedert. Zu den letzteren gehören: die Allgäuer Alpen mit einer besonderen Mächtigkeit, die Lechtaler Alpen, die Bayerischen Alpen, die Salzburger Alpen, das Salzkammergut mit mehreren von Seen ausgefüllten tektonischen Depressionen und die Niederösterreichischen Alpen.

In den nördlichen Kalkalpen herrschen verkarstete Hochflächen vor. Wo die mesozoischen Kalke durch Faltung steilgestellt sind, treten an die Stelle der verkarsteten Hochplateaus steilaufragende Grate (Allgäuer und Lechtaler Alpen, Wetterstein, Karwendel und Kaisergebirge).

Die südlichen Kalkalpen gliedern sich in die geologisch älteren Karnischen Alpen, deren Verlängerung in östlicher Richtung die Karawanken bilden und die den nördlichen Kalkalpen vergleichbaren Julischen Alpen. Sie bestehen zum großen Teil aus Dolomit. Typisch für dieses Gestein ist die Ausformung in Zinnen und Türme.

Die Schieferhüllen der Zentralalpen

Die nördlichen und südlichen Schieferberge, die Phyllit- und Grauwackenzone, haben allgemein sanftere Oberflächenformen. Dieser Bereich ist durch die fluviatale und glaziale Erosion stark abgetragen und ausgeräumt worden. Hier entwickelten sich die großen Längstäler von Inn, Salzach und Enns in der nördlichen Alpenlängsfurche. In den südlichen Schieferalpen liegt im Donaeinzugsgebiet als markantestes Längstal das Drautal. Die Längstäler der Oberen Etsch und der Rienz liegen bereits jenseits der Donauwasserscheide im Einzugsgebiet des Po. Im weicheren Gestein der Schieferalpen liegen die höchsten Gebirgsketten bei 2200 bis 2700 m.

Die Zentralalpen

Die Zentralalpen, die einen typischen Hochgebirgscharakter haben, bestehen aus kristallinem Schiefer und aus Granit.

Die bedeutendsten Gebirgszüge sind die Bernina, die Stubai-, die Ötztaler- und die Zillertaler Alpen, die Hohen- und Niederen Tauern und andere Gebirgsrücken. Höhen von 3500 m werden in den Zentralalpen mehrfach übertroffen.

Die Bernina ist der höchste, fast isolierte, kristalline Gebirgsstock der Zentralalpen. Die höchste Spitze und zugleich der höchste Punkt des Donaeinzugsgebietes ist der Piz Bernina mit 4052 m.

Die Ötztaler Alpen liegen zwischen dem Inn- und dem Addatal. Sie sind aus Granit, Gneis und Schiefer aufgebaut. Gletscher- und Firnfelder nehmen etwa 15 % des Territoriums ein.

Nord-östlich der Ötztaler Alpen liegen die Stubai- und die Zillertaler Alpen mit einem ähnlichen Aufbau.

Der höchste und mächtigste Teil der österreichischen Alpen sind die Hohen

Tauern. Sie bestehen aus einigen Gebirgszügen mit Höhen über 3000 m. Die höchste Spitze ist der Großglockner (3798 m). Hier überwiegen alpine Relief-Formen mit zahlreichen Talgletschern. Der Kern der Hohen Tauern ist aus Granit und Gneis aufgebaut.

Die Niederen Tauern liegen im Nord-Osten der Hohen Tauern zwischen den Tälern der Enns und der Mur. Dem Relief nach sind sie den Hohen Tauern ähnlich, jedoch treten hier auch Karstformen auf.

Der Gebirgscharakter der Alpen wurde durch die diluviale Vergletscherung geprägt. In der letzten Kaltzeit, der Würm-Eiszeit, lag die Schneegrenze etwa 1200 m tiefer als heute.

Besonders formgebend wirkten sich die großen Gletscher aus:

Iller-Lechgletscher, der Isar-, Inn-, Chiemsee- und Salzachgletscher.

Die Eisströme formten charakteristische U-förmige Trogtäler, welche beim Eisrückzug teilweise wieder mit Moränenmaterial und Ablagerungen der Schmelzwasserflüsse aufgefüllt wurden. Diese Talverfüllungen wurden später von Flüssen wieder teilweise ausgeräumt.

Andere Zeugnisse dieser Zeit sind Gefällestufen, Talweitungen und Talengen, außerdem Kare, scharfe Grate und steile Wände.

Im Norden drangen die Gletscher in das flache Gebiet des deutschen und österreichischen Alpenvorlandes vor und schütteten dort ihre glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen auf.

Heute sind die höher als 2500 m - 2700 m gelegenen Gebirgszüge das ganze Jahr über von Schnee bedeckt. Über 3200 m treten Gletscher auf. Die Gletscherfläche im gesamten Einzugsgebiet der Donau beträgt 780 km².

1.3.1.2 Donaueinzugsgebiet nördlich der Ostalpen

Das nördliche Alpenvorland

Im Tertiär, etwa gleichzeitig mit der beginnenden Gebirgsbildung und Heraushebung der Alpen, sank im deutschen und österreichischen Alpenvorland das Molassebecken ein.

Es wurde von Ablagerungen, der sogenannten Molasse, aufgefüllt und später wieder gehoben. Die mehrere tausend Meter mächtigen Auffüllungen im Alpenvorland bestehen aus fluviatilen Geröllschichten, Deltasedimenten mit Sand-

steinen und sandigen Schiefertonen. Daneben finden sich Ablagerungen der marinen Transgressionen und der Binnenseen.

Im deutschen Alpenvorland enthält der Molassetrog viele festländische Sedimente, während im österreichischen Anteil überwiegend marine bis brackische Ablagerungen vorliegen.

Die jüngsten Ablagerungen und viele Formelemente stammen aus den Eiszeiten, wobei die letzten Eiszeiten - Riß und Würm - ausschlaggebend waren. So liegen die Moränenablagerungen und Schmelzwasserschotter der verschiedenen eiszeitlichen Vorlandvergletscherungen über der Molasse. Stellenweise bilden eiszeitliche Lößablagerungen im Vorland der Moränen ein hügeliges Relief. Die Mächtigkeit der diluvialen Ablagerungen beträgt nur selten mehr als 100 m.

Während der Eiszeit hatte die obere Donau die Funktion eines "Urstromtales" d.h. sie war die Sammelader für die Schmelzwasser der Alpen- und Vorlandgletscher.

Die tertiären und diluvialen Ablagerungen von Lockergesteinen sind infolge ihres großen Porenvolumens von größter hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Bedeutung.

Das Schichtstufenland

Die linksseitigen Zuflüsse der deutschen Donaustrecke kommen aus den varistischen Gebirgen: Schwarzwald, Oberpfälzer Wald, Bayerischer Wald und Böhmerwald sowie aus den zwischen ihnen gelegenen Schichtstufenlandschaften.

Durch die tertiäre Heraushebung des im Devon/Karbon gefalteten Schwarzwaldes, in dessen Kern heute Granite und Gneise an der Oberfläche liegen, wurden die ursprünglich flach darüberlagernden mesozoischen Schichten mitgehoben und leicht schrägestellt. Dadurch entstanden in der Folgezeit die weiten Schichtstufenlandschaften Süddeutschlands in den Formationen von Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Jura.

Dazu gehört die Schwäbische Alb, die sich in die nordwestliche "kuppige Alb" und die im Südosten gelegene Flächenalb gliedert. Die Grenze bildet die Alb-Kliff-Linie, die das nördliche Steilufer des Miozänmeeres war, das einst das Alpenvorland bedeckte.

Im Nordosten schließt sich, getrennt durch den Meteorokrater des Nördlinger Ries, die Fränkische Alb an. Die Schichten der Fränkischen Alb und dementsprechend auch die Stufenhöhe sind geringer als die der Schwäbischen Alb.

Die größten Höhen der gewässerarmen Alb (mehr als 1000 m über dem Meeresspiegel) liegen meist in der Nähe des Stufenrandes, der auch sehr niederschlagsreich ist. Sie bilden weithin auch die Wasserscheide zwischen dem Rhein- und Donaugebiet. Die tieferliegenden Rheinzuflüsse sind erosionsstärker als die nach Südosten gerichtete Entwässerung im Donaugebiet. Die rückschreitende Erosion der Rheinzuflüsse hat bereits viele Anfänge von zur Donau gerichteten Tälern abgeschnitten. Auf diese Weise hat das Donaugebiet schon große Flächen an den Rhein abgeben müssen.

Die Donau verliert auch beim Durchfluß durch den verkarsteten Weiß-Jura in der Schwäbischen Alb Wasser an den Rhein.

In der südlichen Fränkischen Alb greift das Einzugsgebiet der Donau in einer tektonischen Senke mit Wörnitz und Altmühl in das Stufenland nach Nordwesten aus.

Es gelang diesen alt angelegten Flüssen die Weiß-Jura-Schichtstufe bei deren Heraushebung zu durchbrechen und ihren Lauf aufrechtzuerhalten.

Die Mittelgebirge

Der Bayerische Wald, der Oberpfälzer Wald und der Böhmerwald gehören wie der Schwarzwald und das Böhmisches-Mährische Hügelland zu den varistisch umgeformten Gebirgen Mitteleuropas. Die spätere Heraushebung dieser in der herzynischen und teilweise in der kaledonischen Zeit entstandenen Mittelgebirge aus dem Meeresniveau erfolgte bei der Alpenfaltung. Die Schwarzwaldgranite wirkten ebenso wie die Granite der Böhmisches Masse als Widerlager für den nach Norden gerichteten Gebirgsdruck der Alpen. Diese Widerlager wurden stärker herausgehoben als die nördlichen Mittelgebirge. Daher liegen hier alte, zum Teil präkambrische Intrusivgesteine (Granite) und Metamorphite (Gneise) an der Oberfläche. Die genannten Gebirge erreichen dementsprechend im Süden Höhen über 1400 m (Feldberg 1493 m). Teilweise stark gegliederte wellige tertiäre Rumpfflächen und darüber sich erhebende Härtlinge, meist aus kristallinem Gestein, kennzeichnen die varistischen Gebirge im oberen Einzugsgebiet der Donau.

Das Böhmisches-Mährisches Hügelland, ein altes System herzynischer Bergmassive aus überwiegend kristallinen Gesteinen, hat sich durch das Absinken der angrenzenden Strukturen relativ isoliert. Infolge langfristiger Abtragungen entstand eine Quasi-Ebene, die mehrmals von Meeren überflutet wurde. Die Faltung der Alpen bewirkte hier tektonische Störungen. Es entstand ein Bruchschollenland mit der sog. Germanotypen Tektonik, dessen höhere Teile bis zu 836 m herausragen. In der nördlich davon gelegenen Boskovicce Furche treten Kreideablagerungen mit Karsterscheinungen auf.

1.3.2 Das mittlere und untere Donaugebiet

Durch die Porta Hungarica (Pforte von Devin) zwischen den Hainburger Bergen und den Kleinen Karpaten verläßt die Donau das Wiener Becken und tritt in ihren Mittellauf ein.

Das mittlere und das untere Donaugebiet sind gekennzeichnet durch das Auseinanderstreben der alpidisch gefalteten Bergketten und die Zwischenlagerung von Senkungszone. Diese Tendenz deutet sich schon im varistischen mährisch-böhmischen Raum an und ist in kleineren Dimensionen für die Ostalpen charakteristisch.

Kennzeichnend ist für das Relief im wesentlichen die Verzahnung von alpidischen Faltengebirgen und Einbruchsbecken, von Hoch- und Mittelgebirge mit Hügelland und weiten Ebenen.

Alte varistische Massive und präkambrische und paläozoische Sockel alter Tafeln schieben sich zwischen das Dinarische Gebirge im Süd-Westen und den weit nach Norden und Osten ausladenden Gebirgsformen der Karpaten.

Der Karpatenbogen umschließt den Bereich des Pannonischen Beckens und Reste des abgesunkenen Tisia-Massives.

Das bogenförmige Zurückweichen der alpidischen Gebirge im Bereich der unteren Donau wurde durch die aus dem Paläozoikum stammende Moesische Tafel bewirkt, die den Raum der heutigen Rumänischen Donautiefenebene und der Nordbulgarischen Kreidetafel einnahm.

Gleichzeitig mit der Hebung der alpidischen Faltungszone ging die Zerstückelung der varistischen Rumpfgebirge im Bereich der heutigen europäischen Mittelgebirge und das Absinken des Tisia-Massivs bis auf seine Reste im Ungarischen Mittelgebirge, im südlichen Transdanubien und in dem Kroatisch-Slawonischen Gebirge einher. Zur selben Zeit erfolgte das teilweise

Absinken der Moesischen Tafel. Letztere ist nur südlich der Donau mit ihren aufgelagerten Kreideschichten oberflächlich erhalten geblieben.

Nach dem Einbruch des Wiener Beckens und dem Absinken des Tisiamassivs und der Moesischen Tafel füllte das Meer im Jungtertiär das Alpenvorland, das Karpatische Becken, das Transsylvanische Becken, das äußere Karpatenvorland und die Walachei. In diesem Bereich finden sich heute jungtertiäre Hügelländer aus tonigen und sandigen Sedimenten.

Nach Rückzug des Meeres Ende des Tertiärs wurde aus den benachbarten Gebirgszügen Schwemmaterial herbeigeführt. Im Neogen hat es entlang der aktiven Bruchlinien im Norden des Beckens eine intensive vulkanische Tätigkeit gegeben. Im Quartär erfolgten unter periglazialen Einwirkungen weitere Verformungen.

Die kristallinen Zentralalpen setzen sich über das Leithagebirge und die Kleinen Karpaten im zentralen Teil der Karpaten fort. Letzterer erreicht im Kristallin der Hohen Tatra seine größten Höhen mit 2655 m. Die Zentralzone fehlt den Waldkarpaten; sie taucht erst südlich der Theiß wieder auf und bildet den Hauptteil der Südkarpaten. An die Zentralzone schließen sich das aus metamorphen Gesteinen aufgebaute Slowakische Erzgebirge und eine innere Vulkanzone an, die den Innenrand des Gebirgsbogens bis in die Ostkarpaten nördlich von Brasov begleitet.

In Fortsetzung des aus Flysch bestehenden Wiener Waldes wird der Karpatenbogen am Außenrand von einer 30 km bis 130 km breiten Flyschzone mit kreidezeitlichen Kalken und Mergeln und alttertiären Sandsteinen bis nördlich von Ploiesti in Höhe der Einbruchsenke zwischen Ost- und Südkarpaten, begleitet.

1.3.2.1 Das Pannonische Becken und das Ungarische Mittelgebirge

Das Pannonische Becken ist eine ausgedehnte Depression, die zu mehr als 3/4 aus quartären Sedimenten besteht. Es wird von den Ostalpen, den Karpaten, dem Ostserbischen und dem Dinarischen Gebirge umschlossen und durch den Nord-Süd-Lauf der Donau in zwei Teile geteilt.

Westlich der Donau erreicht das stark gegliederte Transdanubische Hügelland

(Dunantul) Höhen von 100 m bis maximal 350 m über dem Meeresspiegel. Es besteht vorwiegend aus Sand- und Tongestein, über dem verbreitet Löß liegt.

Das Transdanubische Hügelland gliedert sich in das Balatonbecken, in das südöstlich vorgelagerte Somogy-Hügelland und in das Mecsek-Gebirge mit dem Hügelland von Tolna-Baranya. Zwischen Donau und Drau liegt das Balaton-Becken mit dem größten See Ungarns - dem Plattensee (Balaton) - mit einer Fläche von 589 km² und der größten Tiefe von nur 12,2 m.

Das Somogy-Hügelland besteht aus Tertiärsedimenten und hat Höhen von 350 m über dem Meeresspiegel. Die größte Höhe des Mecsek-Gebirges beträgt 882 m. Im Hügelland von Tolna-Baranya haben quartäre Sand- und Staubsedimente das Relief geglättet.

Nordwestlich des Transdanubischen Hügellandes, im Norden der Sopron- und Köszeg-Hügel erstreckt sich die Kleine Ungarische Tiefebene (Kisalföld). Sie findet in der CSSR, jenseits der Donau ihre Fortsetzung. Ihr Zentrum liegt etwa 110 m - 120 m über dem Meeresspiegel, während die Randgebiete auf 150 m - 200 m ansteigen. Die Kleine Ungarische Tiefebene ist ein Aufschüttungsgebiet der Urdonau und des Vah.

Nördlich des Transdanubischen Hügellandes erhebt sich das Ungarische Mittelgebirge mit Höhen von 400 - 750 m. Es besteht aus plateauförmigen, isolierten Gebirgsmassiven wie Bakony-Wald, Vertes und Budaer-Gebirge. Die höchste Erhebung ist im Pilis-Gebirge (757 m), das sich nach dem Donaudurchbruch (Visegrader Tor) im Börzsöny-Gebirge fortsetzt. Über einer Basis aus Granit sind diese Gebirge größtenteils aus mesozoischen Kalken und Dolomiten sowie vulkanischen Andesiten und Tuffen aufgebaut.

Östlich der Donau liegt die Große Ungarische Tiefebene (Alföld). Hier ist das Becken des Pannonischen Meeres mit seinen Sedimenten in große Tiefen (ca. 1 000 m) abgesunken. Die größtenteils mit Sand, Kies, Schlamm und Löß aufgefüllten Flächen bilden eine weite Ebene. Die Große Ungarische Tiefebene wird im Norden von dem nördlichen Ungarischen Mittelgebirge und im Südosten von dem Westrumänischen Gebirge begrenzt.

Die Höhen der Ebene schwanken zwischen 80 m - 180 m. Das Gebiet zwischen Donau und Theiß weist größere Höhen auf. Es stellt den ursprünglichen Schwemmkegel der alten Donau dar. Im Einzugsgebiet des Harnas-Körös und in der

Puszta Hortobagy sind weite Flächen von einer 30 m - 40 m dicken Lössschicht bedeckt. Die tieferen Lagen waren meist sumpfig, sind aber jetzt zum größten Teil trockengelegt.

Das Große Ungarische Tiefland greift im Mündungsgebiet der Save und Drau auf das westliche Donauufer über, und zieht sich flußaufwärts bis zum Becken von Zagreb an der mittleren Save hin.

Die Transdanubische Ebene zwischen Donau und Drau hat eine hügelige Oberfläche, die weithin aus fruchtbarem Löß besteht.

Das höchste und umfangreichste Gebirge Ungarns erstreckt sich entlang der Grenze zur Slowakei, nordöstlich des Donaudurchbruches bei Visegrad bis zum Bodrog-Fluß. Es ist das nördliche Mittelgebirge, bestehend von Westen nach Osten aus: dem tertiären Komplex Börzsöny (939 m), dem Matra-Gebirge mit der größten Höhe von 1015 m und dem aus mesozoischen Kalkstein aufgebauten Bükk-Gebirge (959 m). Vorgelagert ist das Zempleni-Gebirge (896 m).

Eine Fortsetzung des ausgedehnten Karstgebietes der CSSR ist das an der ungarisch-tschechoslowakischen Grenze gelegene Aggtelek-Karstgebirge.

1.3.2.2 Das Dinarische Gebirge

Das Dinarische Gebirge, das sich von den Julischen Alpen bis zu den Nordalbanischen Gebirgen auf einer Länge von 700 km erstreckt, begrenzt das mittlere Donaueinzugsgebiet im Südwesten. Es hat Breiten, die von 50 km im Nordwesten auf 250 km im Südosten ansteigen.

Der äußere, steil abfallende Teil des Dinarischen Gebirges entwässert zum Adriatischen Meer. Der mittlere Teil bildet in seinen höchsten Zonen die Wasserscheide zum Donaueinzugsgebiet. Der innere Teil fällt sanft ins Landesinnere ab.

Die meisten Täler verlaufen parallel zur Adria-Küste, was die Verkehrsverbindungen erschwert.

Im Hinterland der Adria wechseln schroffe Kalkketten und Flyschmulden einander ab. Der Flysch ist teilweise ausgeräumt, so daß tektonische und geomorphologische Mulden übereinstimmen. Über die verkarsteten Küstengebirge erheben sich im Osten im mesozoischen Kalk ausgedehnte Hochkarstfelder mit Karren, Dolinen und Trockentälern. Nur wenige Flüsse, deren Ursprung außerhalb der ausgedehnten Kalkgebiete liegt, können die Karstgebirge durchqueren. Zwischen den orographischen und hydrographischen Wasserschei-

den bestehen die für Karstgebiete typischen großen Differenzen.

Schluchtartige Quertäler brechen zur Adria (Neretva) und Save (Vrba und Drina) durch und unterteilen die Gebirgsrücken in eine Reihe von Hochebenen. Die höchsten Gebirgsrücken und -stöcke sind:

Sneznik (1796 m), Dinara Planina (Troglav 1913 m), Cvrsnica (2228 m), Bjelasnica (2067 m), Maglic (2387 m), Durmitor (2522 m). In Höhen über 2000 m überwiegen die Gletscherformen der diluvialen Vereisung.

Im Innerdinarischen Schiefergebirge wird die jüngere Sedimentdecke aus Kalk und Flysch von paläozoischen kristallinen Schiefen durchstoßen, was das Auftreten schroffer Hangformen erklärt.

Die Landschaftsgestaltung wird auch hier durch glaziale Überformung sowie jungen Vulkanismus bereichert.

Östlich der Linie Sanski Most-Bugojno-Foca-Ivangrad bis zum Ibar-Fluß liegt das Serbische Erzgebirge. Es ist aus Schiefen, paläozoischem Sandstein sowie vulkanischem und metamorphem Gestein aufgebaut. Mit Ausnahme des Mittelteils treten hier besonders gut ausgeprägte Karstformen auf. Der Rücken des Javor-Gebirges erreicht eine Höhe von 1537 m. Das Bosnische und Serbische Erzgebirge wird von den breiten Tälern der Bosna, Drina und Westlichen Morava gegliedert.

Östlich des Ibar-Flusses und südlich der Donau und Sava liegen Gebirgszüge des Thrako-Makedonischen Systems, die sich bis nach Bulgarien fortsetzen. Es sind herzynische Gebirgsstöcke, die von kesselartigen Senken - von denen Kosovo-Polje am bedeutendsten ist - unterbrochen sind.

Das Serbische Erzgebirge reicht im Norden bis zur Donau und berührt im Osten, zwischen der Velika Morava und dem Timok, einen Ausläufer der Südkarpaten. An diesen schließt sich weiterhin in süd-östlicher Richtung das Balkengebirge an.

Zwischen Save, Drau und Donau treten Reste von Gebirgsmassiven auf, die die Alpen mit dem Thrako-Makedonischen System verbanden. Dazu gehören das Massiv Medvednica (1035 m), Psunj (989 m), Papuk (953 m) und Fruska Gora (539 m).

1.3.2.3 Die Karpaten und das Karpatenvorland

Die Karpaten bilden vom Donaudurchbruch bei Bratislava (Porta Hungarica, Pforte von Devin, Hundsheimer Pforte) bis zum Donaudurchbruch am Eisernen Tor einen riesigen Bogen kulissenartig stehender Gebirgsmassive und -rücken. Die mittleren Höhen des 1500 km langen Kettengebirges liegen zwischen 700 m bis 1200 m. Die Breite beträgt im Nordwesten etwa 150 km, im zentralen und engsten Teil nur 120 km und im Südosten 430 km.

Der Karpatenbogen umschließt den nordöstlichen Teil des Pannonischen Beckens und das Transsylvanische Becken. Er selbst wird durch eine Vielzahl längs- und querlaufender Täler und Beckeneinbrüche gegliedert.

In geologischem Sinne stimmt die Begrenzung der Karpaten in ihrem westlichen Teil nicht, da die Hainburger Berge schon zu den Karpaten gehören. Geographisch gesehen ist die Trennungslinie jedoch durch die Donau definiert.

Das Wiener Becken, in der Grenzzone zwischen Alpen und Karpaten gelegen, kann in seinem südwestlichen Teil als alpin und in seinem nordöstlichen Teil schon als karpatisch bezeichnet werden.

Morphographisch wird der Karpatenbogen in die West-, Ost- und Südkarpaten gegliedert. Beim Donaudurchbruch am Eisernen Tor bilden die Nordostserbischen Gebirge die Verbindung zum Balkengebirge. Zu den Karpaten wird auch das Westrumänische Gebirge (in Rumänien als Westkarpaten bezeichnet) gezählt.

Eine unterbrochene Schollengebirgskette bildet die zentrale Karpatenzone. Sie ist aus kristallinem Gestein, Granit, Gneis und Kalksteinen aufgebaut. Die höchsten Gebirgszüge mit über 2000 m Höhe sind die Hohe Tatra und die Niedere Tatra in den Westkarpaten, das Rodna-Gebirge in den Ostkarpaten und das Fagaras-, Paring- und Retezat-Gebirge in den Südkarpaten. Die Gebirgsrücken weisen oft Spuren der pleistozänen Vereisung auf. Sehr ausgeprägt sind die alpinen Formen in der Tatra und im Fagaras-Gebirge vertreten. Im Zusammenhang mit der relativ großen Verbreitung von Kalkstein und Dolomit sind in vielen Teilen der Karpaten Karstformen aufzufinden.

Vom Außenrand zum Innenrand können die West-, Mittel- und Ostkarpaten in das Molasse-Vortiefland, die Flyschzone, die Zentralzone und in die jungtertiären Innenbecken mit ihren jungtertiären Vulkaniten gegliedert werden.

Den Wald- und Ostkarpaten vorgelagert befindet sich das Moldauische Plateau (Podolische Schwelle), während sich südlich der Südkarpaten bis zum Balkangebirge die Moesische Platte erstreckt. Im Karpatenvorland überwiegen, anders als im Alpenvorland, wo limnisch-fluviale Sedimente vorherrschen, mehr und mehr marine Sedimente.

Die Westkarpaten

Die Westkarpaten erstrecken sich vom Donaudurchbruch bei Bratislava in nordöstlicher und weiter in den Waldkarpaten in südöstlicher Richtung bis zum Quellgebiet der Theiß.

Die beim Donaudurchbruch beginnenden äußeren Randgebirge der Karpaten erweitern sich etwa ab der Höhe der Thaya, um sich dann in den Westbeskiden fortzusetzen.

Diese bestehen vorwiegend aus paläogenem Flysch. Die selektive Erosion in weicheren Tonschichten und härteren Sandsteinen und Schiefen ließ ein buntes Relief entstehen. Die höchsten Erhebungen sind im Lissa Hora mit 1325 m und Babia Hora mit 1725 m anzutreffen.

Der zentrale Teil der Westkarpaten besteht aus Kristallin und Mesozoikum und ist faltungsmäßig älter als die aus kretazischem und altertertiärem Flyschgestein bestehenden Karpaten. Es treten nordöstlich gerichtete Senken auf, die das Gebirge inselartig gliedern. Erst weiter nordöstlich des Hron sind die Innenkarpaten ein geschlossener Bau. Die Zentralkarpaten sind im Raume der Slowakei durch die Hohe und Niedere Tatra vertreten. Die höchste Spitze ist der Gerlachovsky mit 2655 m, gefolgt vom Dumbier mit 2043 m.

Am Innenrand schließt sich der vulkanische Zug Kremnica-Stiavnicke an, der eine Folge des neogenen Vulkanismus ist. Er überschreitet 1000 m kaum und endet auf slowakischem Gebiet mit dem Vihorlat-Gebirge (1074 m).

Den östlichen Teil der Westkarpaten bilden die Mittel- oder Waldkarpaten. Sie erstrecken sich hauptsächlich auf dem Gebiet der Sowjetunion. Die tektonische Grenze liegt im Hornadtal mit dem Slowakischen Erzgebirge, an der Nord-Süd Störung von Kosice. Hier ist die Zentralzone unter das Jungtertiär von Tokaj-Presov und seine Vulkanite abgesunken.

Die Niederen Beskiden setzen sich auf dem Gebiet der Sowjetunion im Polonya-Gebirge (1479 m) fort. Es besteht aus Kreide und paläogenem Flysch und wird von vielen Tälern zerfurcht. Im Südosten dieses Gebietes treten kristalline Gesteinsarten auf, und hier befindet sich auch die größte Erhebung der Waldkarpaten - der Hoverla mit 2061 m.

Die Westkarpaten grenzen im Süden an die Ausläufer der Pannonischen Ebene, die entlang der Flußebenen der slowakischen Donauzuflüsse vordringt. Der Bodrog-Fluß entwässert im östlichsten Teil der Tschechoslowakei die "Ostslowakische Pfanne".

Am Innenrand der Waldkarpaten tritt neogener Vulkanismus auf, der die Verbindung zwischen dem Vihorlat-Gebirge und dem Gutii-Gebirge der Ostkarpaten herstellt.

Die Ostkarpaten

Die Ostkarpaten erstrecken sich mit süd-südöstlicher Richtung von der Theiß bis zum Prahovatal. Sie bilden die größte Gebirgszone in Rumänien.

Im zentralen, kristallinen Rodna-Massiv, in welchem auch zahlreiche glaziale Formen wie Kare, Seen usw. auftreten, werden die größten Höhen erreicht (Pietrosul 2305 m).

In den Ostkarpaten erscheinen häufig Sedimentgesteine (Sandstein, Konglomerat, Kalkstein), die die relativ geringen Höhen (unter 2000 m) und die gegliederte, mit zahlreichen Senken versehene Morphologie erklären. Widerstandsfähige Kalksteine und Konglomerate bilden jedoch auch imposante Massive, wie jene des Ceahlau (1904 m), des Hãsmas (1753 m), des Ciucas (1956 m), die durch hohe Abstürze einen interessanten Gegensatz zu den erstaunlich ebenen Hochflächen bilden.

Die östliche, äußere Seite der Ostkarpaten wird von Flysch-Systemen in den sogenannten Moldauer Bergen gebildet, deren Höhe von Norden nach Süden fällt. Flüsse gliedern diesen Teil in verhältnismäßig isolierte, abgerundete Massive - (Magura Stinisoarei 1531 m, Muntii Tarcaului 1662 m, Magura Ciucului 1490 m).

Hier tritt auch die längste in Kalkstein geschnittene Klamm Rumäniens - die Bicaz-Klamm - auf.

Am Innenrand der Ostkarpaten befindet sich Europas längste und massivste Eruptivkette. Sie setzt sich aus dem Gutii-Tibles Gebirge (1840 m)- und etwas weiter südlich, von anderen Gesteinsarten unterbrochen - dem Caliman (2102 m) -, Gurghiu- und Harghita (1801 m) - Gebirge zusammen. Es gibt hier über 2000 Mineralquellen mit therapeutischer Wirkung.

Im Karpatenbogen selbst sind die Bergzüge niedriger (1700 m). Hier liegt die größte Einbruchsenke der rumänischen Karpaten: die Brasov-Senke.

Die Südkarpaten, das Westrumänische Gebirge und das Transsylvanische Hochland

Die Südkarpaten erstrecken sich in ost-westlicher Richtung zwischen dem Prahovatal und dem Timis - Cernatal. Der kompakte Gebirgszug mit wenigen gut ausgebildeten Senken hat einen hauptsächlich kristallinen Aufbau und stellt den höchsten Teil der rumänischen Karpaten dar. Höhen von 2 500 m werden mehrfach überschritten. Die im Quartär weitgehende Vereisung hat in den gesamten Südkarpaten zahlreiche Spuren hinterlassen: Gletscherkare, Trogtäler bis zu 10 km Länge, 150 Karseen, Moränen usw.

Vier große Gebirgsgruppen bilden die Südkarpaten:

- das Bucegi-Gebirge (Virful Omul 2507 m) mit dem Leaota-Massiv im Osten ist aus Konglomeraten aufgebaut, die sich auf einer kristallinen Grundlage befinden.
- Das Fagaras-Gebirge, ein kristalliner Gebirgsrücken, tritt in Form einer gewaltigen Wand mit zackigem Kamm auf und weist besonders viele Spuren periglazialer Vereisung auf (Moldoveanu 2543 m und Negiou 2535 m). Es wird durch das Tal des Olt, dem nach der Donau zweitgrößten Durchbruch durch die Karpaten, von
- dem kristallinen Paringgebirge (Paringul Mare 2518 m) getrennt, das sich bis zum Jiu erstreckt.
- In der vierten Gruppe - dem ebenfalls kristallinen Retezat-Godeanu Massiv (Peleaga 2509 m) - tritt häufig Kalkstein auf, der den großen Formenreichtum erklärt.

Im Westen der Südkarpaten schließt sich der nord-südlich streichende Strang des Westrumänischen Gebirges an. Durch ungleiches Absinken entstanden verschiedene Gebirgsstöcke.

Im Süden erhebt sich das Banater Gebirge mit den beiden Hauptzügen: Semenik und Almaj. Die höchste Spitze ist die Piatra Goznei (1445 m). Weiter nördlich, von den übrigen Bergzügen isoliert, schließt sich das Poiana-Ruscail-Gebirge (1378 m) an, das bis zum Murestal reicht.

Nördlich des Murestales liegen die Muntii Apuseni (Westrumänisches Gebirge), deren zentrales Massiv das Bihorgebirge ist (Vf. Curcubata 1848 m). Von hier gehen radial angeordnete Gebirgszüge aus, die einen orographisch-hydrographischen Knotenpunkt bilden. Sie sind durch tektonische Einbrüche und durch weite Erosionstäler in einzelne Massive gegliedert, deren Kuppen öfter das Aussehen von Hochflächen haben.

In Höhen von 1200 m - 1300 m trifft man zahlreiche Siedlungen und Äcker an. Es treten periglaziale Formen und weite Erosionsflächen auf. Im zentralen Massiv gibt es vielfältige Karstformen: Klamme, Dolinen großen Ausmaßes, unterirdische Labyrinth, Speicherlöcher und Kalksteinhöhlen die den dalmatinischen ebenbürtig sind.

Im Süden des Bihorgebirges erstreckt sich der eruptive Gebirgszug der Muntii Metaliferi (Erzgebirge), der reich an Buntmetallen ist.

Das Westrumänische Gebirge (Rumänische Westkarpaten) trennt das Transsylvanische (Siebenbürgische Hochland) vom Pannonischen Becken.

Das Transsylvanische Hochland und die ebenfalls vom Karpatenbogen eingeschlossene Somes-Tafel entstanden beim Auffalten der umliegenden Gebirgszüge und haben eine mittlere Höhe zwischen 600 m bis 700 m. Sie sind mit jungtertiären Ablagerungen ausgefüllt und stellenweise mit fruchtbarem Löß bedeckt. Die Schichten in Transsylvanien sind zu flachen Kuppen gewellt, die als Dome bezeichnet werden und reich an Methangasvorkommen sind. Am Rand des Hochlandes ist die Faltung stärker und es gibt an vielen Orten Salzdiapire und Senken.

Das Karpatenvorland

Fast überall in den West-, Mittel- und Ostkarpaten ist der Außenrand der Flyschzone als Überschiebung auf die Molasse ausgebildet. Die aus kreidezeitlichen und alttertiären Ablagerungen bestehende Flyschzone hat einen Deckenbau. Die Überschiebungen erfolgen in den Westkarpaten nach Norden und

in den Wald- und Ostkarpaten nach Nordosten und Osten.

In den Westkarpaten nimmt die Flyschzone beträchtlich an Ausdehnung zu. Im Gegensatz zu dem Übereinander in den Ostalpen besteht in den Westkarpaten ein Nebeneinander.

In den Ostkarpaten wird die Flyschzone durch isolierte Massive - Maguri genannt - vertreten. Am Außenrand der Südkarpaten vereinfacht sich der Aufbau der in den Rumänischen Karpaten als Subkarpaten bezeichneten Flyschzone. Sie wird schließlich westlich des Motru-Tales durch die Kalksteinplatte von Mehedinti ersetzt.

Die der Flyschzone vorgelagerte Molasse-Vorsenke unterscheidet sich vom deutschen Alpenvorland durch die überwiegend marinen Einflüsse.

Während die Westkarpaten an ein vorwiegend varistisches Vorland grenzen, ist den Wald- und Ostkarpaten das alte Fennosarmatian der Polodischen Schwelle vorgelagert.

Zwischen den Ausläufern der Südkarpaten und der Donau liegt die Rumänische Tiefebene. Die jungtertiäre Molasse hat hier ihre größte Breitenausdehnung und befindet sich auf der abgesunkenen Moesischen Platte. Die Rumänische Tiefebene wird durch den Olt in einen westlichen, etwas erhobenen hügeligen Teil und einen niedriggelegenen flachen Ostteil gegliedert.

Die Moesische Platte, das Balkengebirge (Stara Planina), die Dobrudscha (Dobrogea) und das Moldauer Plateau

Die Moesische Platte, die sich zwischen Südkarpaten und dem Nordsaum der Stara Planina erstreckt, wird von mächtigen Sedimenten überlagert. In geotektonischem Sinne kann die Moesische Platte als Ausläufer der Depression des Schwarzen Meeres angesehen werden. Über dem präkambrischen Kristallin liegen paläozoische Schichten, die mehr als 4000 m mächtig sind. Es wird angenommen, daß diese Schichten varistisch gefaltet und verfestigt wurden. Danach setzte sich die Senkungstendenz fort und infolgedessen wurden weitere 5000 m Sedimente von der Trias bis zur Oberkreide abgelagert. Die Oberfläche wird von quartärem Löß und Alluvium bedeckt.

Ähnlich wie am Nordrand der Alpen finden sich die größten Mächtigkeiten von Oberjura und Kreide am Nordrand des Balkengebirges.

Die Flanken dieser Synklinale, die im Bereich der Moesischen Platte entstand, tauchen im Norden in der Dobrudscha und im Süden im Balkangebirge auf. Die Gebirgskette des Balkan ist in mehrere Rücken gegliedert. Das Gebirge dehnt sich vom Unterlauf des Timok, der südlich des Eisernen Tores in die Donau mündet, bis zum Schwarzen Meer hin aus. Die Breite des Gebirges schwankt zwischen 20 km und 50 km, die Länge beträgt etwa 600 km.

Das Balkangebirge ist vorwiegend aus mesozoischen Gesteinen mit Schiefern und Sandsteinen, aber auch Granit, Syenit, Diorit u.a. aufgebaut und alpidisch gefaltet. Die höchste Erhebung, der Botev (2376 m) liegt im kristallinen Kern.

Die Gebirgsrücken haben meist abgerundete Formen. Im Norden werden die Gebirge allmählich niedriger und gehen ins wellige Nordbulgarische Plateau über, das dann steil zur Donau abfällt.

Als Folge der geologischen Struktur und der Morphologie wird das Balkangebirge in drei Teile geteilt: westlicher, mittlerer und östlicher Teil. Nur der Westliche Balkan liegt vollständig im Donau-Einzugsbiet, während die anderen beiden Teile bereits die Funktion der Wasserscheide zur Marica haben.

Der Westliche Balkan ist aus paläozoischen Schiefern sowie aus mesozoischem Kalkstein und Flysch aufgebaut. Er erstreckt sich von Nordwesten nach Südosten und in derselben Richtung nimmt er an Höhe zu. Der höchste Gipfel ist der Midzor mit 2168 m.

Südlich davon liegt zunächst das Becken von Sofia und anschließend das Rila Gebirge. Dieses besteht hauptsächlich aus kristallinem und metamorphem Gestein und hat seinen höchsten Gipfel im Musala mit 2925 m. Hier trifft man typische Formen der letzten Eiszeit an. Im Rila-Gebirge entspringt der Iskar, der längste bulgarische Nebenfluß der Donau.

Nord-östlich vom Balkan und südlich des Donaudeltas liegt die Pseudoebene der Dobrudscha (Dobrogea). Im Osten wird sie vom Schwarzen Meer und im Westen und Norden von der Donau begrenzt. Der nördliche Teil der Dobrudscha ist aus einem sehr zerklüfteten kristallinen Kern gebildet, dem Rest eines herzynischen Gebirges, dessen Höhen 250 m - 480 m betragen. Der mittlere Teil ist eine Niederung, aufgebaut aus Sarmatikumkalkstein, überdeckt von

quartärem Löß. Im Süden der Dobrudscha herrschen Kreideablagerungen vor. Es sind auch Karstformen vertreten, was das Fehlen von Flüssen und Seen erklärt. Nur der westliche Teil wird von der Donau entwässert. Die Dobrudscha findet im Süden auf bulgarischem Gebiet ihre Verlängerung in der Ludogorie.

Nördlich der Dobrudscha befindet sich der jüngste Teil des Donaugebietes - das sich stets weiterentwickelnde Donaudelta.

Die Subkarpaten der Ostkarpaten verlaufen sich in der breiten Moldautafel, die am erhobenen Rand der uralten Russischen Tafel liegt. Sie wird von Sedimenten des neogenen Meeres, bestehend aus verfestigtem Sandstein, Tonen und Gipsen, überlagert. Flüsse zergliedern sie in ein Hügelland mit Höhen zwischen 400 m und 600 m.

Im Bessarabischen Hügelland liegt im Nordosten die Wasserscheide zwischen dem Prut, dem letzten großen Nebenfluß der Donau, und dem Dnjestr. Dieses ist von Flußtälern und ausstreichenden härteren Schichten stark gegliedert. Im zentralen Teil erheben sich die Kodri-Höhen und nördlich davon liegt die zergliederte Pokutt-Bukovyn'sche Hochebene.

Im unteren Flußgebiet des Prut und der direkten Donauzuflüsse in den Chilia (Kilija)-Arm erstrecken sich gewaltige Terrassen mit mächtigen äolischen Ablagerungen.

1.4 F l u ß g e s c h i c h t e d e r D o n a u

Der erdgeschichtliche Werdegang des Donausystems beginnt im Tertiärzeitalter. Die alpidische Großfaltung, die bereits im Unteren Jura begonnen hatte, entwickelte sich während dieser langen Zeit in mehreren Phasen weiter bis zu den heutigen Hochgebirgen der Alpen, des Karpatenbogens und der Dinariden.

In den Vorländern entstanden Senken, die in unterschiedlicher Weise von Meeressedimenten und mächtigen fluvialen Ablagerungen aus den aufsteigenden Gebirgen gefüllt wurden.

Nördlich der Alpen wechselte das Abflußsystem mehrfach die Richtung. Es entwässerte einmal nach Südwesten, zur sogenannten Burgundischen Pforte und dann wieder nach Südosten, zur Pannonischen Senke hin. Unterstützt durch die Verlagerung des Hebungsmaximums aus den Ostalpen wieder zurück in die Westalpen, behielt das ungewöhnlich starke Senkungsgebiet des Schwarzmeer-

raumes schließlich im jüngsten Tertiär die Oberhand. Es zog über die Pannonische Senke ein Entwässerungssystem an sich, das bis in die Zentralschweiz, die Südschweiz und an die Grenze des Oberrheintalgrabens reichte. Ein Stromnetz, das man als Donausystem bezeichnen kann, besteht also seit mehr als 5 Millionen Jahren.

Daß die gesamten Flüsse der nördlichen Alpen, einschließlich der Donau-Quellflüsse nach Osten entwässern, ist außerdem dem Nordschub des Alpenkörpers gegen die Süddeutsche Scholle zuzuschreiben. Der tiefe Einbruch des Oberrheintalgrabens ist die Ursache dafür, daß ein Teil davon wieder verloren ging und heute zum Atlantik zieht.

Zwischen den aufsteigenden Alpen und der flexurartig unter dem Druck des Gebirgskörpers flach nach Süden abkippenden Scholle mit der auflagernden Albtafel, die unter den tertiären Molassesedimenten verschwindet, mußte sich ein querliegendes Entwässerungssystem bilden. Die Entwässerungsbahn liegt gewissermaßen am Knickpunkt zwischen der längeren nach Norden gerichteten Rampe des nördlichen Alpenvorlandes und der kürzeren, nach Süden gerichteten Rampe des Schwäbisch-Fränkischen Jura.

Weiter östlich bildet der Block der Böhmisches Masse das nördliche Widerlager, wobei der Fluß über weite Strecken epigenetisch in den harten Untergrund eingetieft ist. Damit liegt etwa ab Vilshofen oberhalb Passau der Lauf fest und bildet so einen Zwangspunkt für den ganzen Oberlauf.

Während der Zeit der Oberen Süßwassermolasse (OSM) - Mittleres Miozän bis Pliozän - erfolgte die Entwässerung der Nordalpen, mindestens von der Salzach-Enns-Region ab, nach Westen zur damals noch offenen Burgundischen Pforte hin. Gegen Ende dieser Zeit, im Pliozän, kehrte sich die Gesamtentwässerung dieses Raumes um. Der im Westen stärkere Schub der Alpen nach Norden schloß die Burgundische Pforte. Dieser mit Hebungen verbundene Vorgang schuf - bei anhaltender Senkung des Raumes östlich der Alpen - die Voraussetzung für ein neues, nach Osten gerichtetes Abflußsystem: die Ur-Donau. Im Pliozän waren die Aare, der Alpenrhein, die Schwarzwalddonau mit Neckaroberlauf, ein Ur-Main und eine Ur-Naab neben den Alpenzuflüssen starke Quellflüsse des Ur-Donau-Systems. Die Aare könnte man mit einigem Recht als Donau-Quellfluß schlechthin bezeichnen.

Damit war diese Entwicklung aber der Ausgang für den bis heute andauernden Kampf mit dem etwa gleichzeitig entstandenen Ur-Rhein. Der tief eingesunkene

Oberrheintalgraben zog seinerzeit die Flüsse aus Alpen, Vogesen und Schwarzwald aufgrund seiner größeren Reliefenergie an sich, so daß auch kleinere Flüsse und Bäche infolge rückschreitender Erosion größere Gebiete anzapfen und umlenken konnten. Hierfür gibt es zahlreiche Beispiele.

Der Eindruck, daß das Donaugebiet keilartig gegen das Rheingebiet vorstößt, täuscht; das seinerseits erobernde Rheingebiet hat nur noch diesen schmalen Keil vom ehemals wesentlich breiteren Quellgebiet übrig gelassen und wird wohl im weiteren Lauf der Erdgeschichte diesen Prozeß der Anzapfung und Umlenkung fortsetzen. Bereits im Pliozän ging die Aare an das Oberrheinsystem verloren, dazu der Neckar und schließlich der Alpenrhein. Als Quellgebiet blieb die Schwarzwald-(Feldberg-)Donau übrig; auch dieses Gebiet ist inzwischen reduziert worden auf Brigach und Breg als den heute definierten Quellflüßchen. Im Ältest-Pleistozän wurde der obere Ur-Main an das Rheingebiet angeschlossen. Während der Vorlandvereisungen des Quartärs entwässerte der Alpenrhein jeweils überwiegend zur Donau, weil das übertiefte Stammbecken, welches schon zum Rhein hin zielte, mit Eis gefüllt war. In Interglazialzeiten - so auch heute - strömt der Alpenrhein zum Oberrheintalgraben hin.

Im gesamten Quartärzeitalter bleibt die Donau aber sonst der Hauptvorfluter für alle eiszeitlichen Schmelzwasserströme, einschließlich des zeitweilig noch gewonnenen Alpenrheingletschers und der interglazialen Alpenflüsse. Sie bleibt trotz aller Verluste ein bedeutender Strom, der große Teile der Nord- und die überwiegenden Teile der Ostalpen zum Schwarzen Meer hin entwässert.

Mit der Aare-Donau im mittleren Pliozän, also vor etwa 5 Millionen Jahren, war die obere und mittlere Donau gewissermaßen auf dem Höhepunkt ihrer Entwicklung und hat seitdem viel von ihrem Einzugsgebiet verloren.

Im Pannonischen Raum verlief die Entwicklung wesentlich anders. Nur zögernd zog sich das tertiäre Meer im Pannonischen Becken nach Osten zurück. Im Gebiet des heutigen Eisernen Tores bestand schon damals eine Verbindung zwischen der großen Pannonischen Senke und dem eigentlichen Schwarzmeerraum.

Absenkbewegungen der Pannonischen Senke gingen einher mit Gebirgsbildungsprozessen im Karpatenbogen und im Balkangebirge. Das Eiserne Tor, das eine Meerenge gewesen sein mag, blieb die Abzugsbahn für die sich weiter nach

Osten vorschiebende Ur-Donau, als die Donau, Save und Theiß das Pannonische Becken soweit gefüllt hatten.

Dem großen Strom und seinen Nebenflüssen gelang es, durch seine Eintiefung mit der Gebirgshebung Schritt zu halten: das Eiserne Tor ist ein großartiges Beispiel für einen epigenetischen Taldurchbruch. Auch hier dürfte im jüngsten Tertiär diese Entwicklung im wesentlichen abgeschlossen gewesen sein. Unterhalb des Taldurchbruchs haben die im Quartärzeitalter noch wasserreicheren Flüsse aus den Karpaten immer versucht, die Donau nach Süden abzu drängen und sie so gezwungen, die Bulgarische Kreidetafel seitlich zu erodieren. So besteht streckenweise rechts ein Steilufer und links ein Flach ufer mit zahlreichen Uferseen, die infolge der starken Sedimentführung der Donau seit alters her wie Limane abgedämmt wurden. Wo die Kreidetafel morphologisch zurückweicht, entstanden auch hier Flußlimane.

In der Dobrudscha gelangte der Fluß über ein schmales Mündungstal, durch welches heute der neue Donau-Schwarzmeer-Kanal verläuft, zum Schwarzen Meer. Dieser Verlauf blieb während des Quartärzeitalters erhalten, wurde aber in jüngerer geologischer Zeit durch Lössanwehungen "plombiert". Dazu kam, daß die noch heute aktive Senkungszone im Bereich Brăila-Buzau eine Ablenkung der Donau nach Norden bewirkte. Erst am Nordrand der Dobrudscha schlägt die Donau ihren Weg in östlicher Richtung zum Schwarzen Meer ein und bildet dort ein großartiges Delta.

2 DIE KLIMATISCHEN VERHÄLTNISSE

Das Einzugsgebiet der Donau ist infolge der großen West-Ost-Ausdehnung und der vielfältigen Gliederung des Reliefs auch im Klima sehr unterschiedlich. Klimatisch reicht das Einzugsgebiet der Donau von den stark atlantisch beeinflussten Regionen des oberen Donaulaufes im Westen bis zu kontinental-winterkalten Klimagebieten im Osten. Im oberen und mittleren Donauebiet, besonders im Bereich von Drau und Save wirken sich verschiedentlich noch mediterrane Klimaeinflüsse aus.

Dieser von der großräumigen Lage bestimmte Grundcharakter des Klimas wird durch die von den mächtigen Gebirgszügen hervorgerufene Gliederung in Naturräume differenziert.

Die Höhenabhängigkeit der Klimaelemente trägt zu einer weiteren Klimavielfalt bei, die sich vom vergletscherten Hochgebirge über rauhe Mittelgebirge und Hochflächen, bis hin zu den sommerheißen Tiefländern erstreckt.

2.1 Die großräumige Luftzirkulation

Großräumig betrachtet, bewirken wandernde Aktionszentren (Hoch- und Tiefdruckgebiete) im Bereich der gemäßigten Klimazone mittlerer Breiten den Wärmeaustausch von Polar- und Subtropikluft und damit einen beständigen Wechsel von Luftmassen unterschiedlicher Herkunft. Die steuernden Zentren in diesem Wechselspiel sind das Island-Tief und das Hoch bei den Azoren. Der jahreszeitlich unterschiedliche Einfluß dieser Druckzentren sowie das über Zentralasien vorhandene winterliche Druckmaximum bzw. sommerliche Druckminimum, bewirken im Jahresverlauf verschiedene Zirkulationstypen.

Winter (Dezember - Februar)

Im Winter stehen die Luftdruck- und Luftmassenverhältnisse für den größten Teil des Donauebietes unter dem Einfluß des sibirischen Hochdruckgebietes im Osten und des isländischen Tiefdruckgebietes im Nordwesten. Sie bewirken die Zufuhr kalter kontinentaler Luftmassen aus Nordosten, bzw. einen mächtigen Strom der warmen atlantischen Luft aus Südwesten.

Die vom Ostatlantik und die vom westlichen und südlichen Mittelmeer kommenden Zyklonen verursachen in fast allen Teilen des Donauebietes intensive

Regen- und Schneefälle, nicht selten begleitet von Stürmen und einer Erhöhung der Lufttemperatur. In den Alpen kann die Nullgradgrenze um 1000 m und mehr ansteigen.

In der Regel strömt nach raschem Durchzug der Zyklone auf der Rückseite polare Kaltluft in das Donaugebiet, die meist das ganze Einzugsgebiet erfaßt und einen deutlichen Temperaturrückgang hervorruft. Bisweilen aber hält bei west-südwestlicher Höhenströmung der Zustrom milder und feuchter Luftmassen über mehrere Tage an. Er führt vor allem im Stau der westexponierten Mittelgebirge zu länger anhaltenden Regenfällen. Stellt sich eine solche Wetterlage im Anschluß an eine Frostperiode mit Schneedecke im Flachland und in den Mittelgebirgen ein, so sind die besten Voraussetzungen für die Entstehung eines großen Hochwassers gegeben.

Die tiefsten Wintertemperaturen werden im Donaugebiet dann erreicht, wenn das zentralasiatische Kältehoch sich nach Westen hin ausweitert und Mittel- und Osteuropa unter einer nordöstlichen Strömung trockenkalter Festlandluft liegt.

Die vor allem bei Schneebedeckung stark negative Strahlungsbilanz, läßt besonders in den Tal- und Beckenlandschaften, in denen die Kaltluft zusammenfließt, die Temperaturen auf Werte unter -10°C , bisweilen auf unter -20°C absinken. Je nach Luftfeuchtigkeit liegen dabei große Teile des Einzugsgebietes unter einer Hochnebeldecke mit ausgeprägter Temperaturinversion an der Nebelobergrenze oder es herrscht verbreitet sonnig-kaltes Winterwetter. Dauert eine derartige Wetterlage lange Zeit an, so kommt es in der Donau zur Eisbildung, die nicht nur die Schifffahrt behindert, sondern auch die Voraussetzung für die Entstehung von Eishochwasser schafft.

Frühjahr (März - Mai)

Der Übergang von der kalten winterlichen zur wärmeren sommerlichen Jahreszeit wird durch die Abschwächung der kontinentalen Antizyklone über Sibirien und die Nordwärtsverlagerung der polaren Tiefdruckzone verursacht. Zwar herrschen jetzt im oberen Donaugebiet nordwestliche Luftströmungen gegenüber südwestlichen im Winter vor; aber deren Wirkung nimmt mit zunehmender Entfernung von der Küste rascher ab, zumal sich zum Sommer hin der Einfluß des Azoren-Hochs ebenfalls verstärkt. Im Frühjahr bis in den Juni hinein erreichen die Nordwetterlagen ihr Maximum. Der im Polarwinter angesammelte Kaltluftvorrat ergießt sich periodisch in Kaltluftausbrüchen bis zum Mittelmeer. Verbunden damit sind das für den April typische Schauerwetter und die bekannten Spätfröste im Mai.

Wegen des häufigen Wechsels der Luftmassen aus dem nördlichen und mittleren Atlantik und vereinzelter mittelmeerischer Wetterlagen sowie der im Frühling besonders großen Temperaturgegensätze der Luftmassen ist die Witterung meist sehr unbeständig.

Erfolgt der Kaltlufteinbruch über Westeuropa bis ans Mittelmeer, so führt das häufig zur Entwicklung eines Zyklons im Golf von Genua. Schlägt dieses Tiefdruckgebiet eine nordöstliche Zugrichtung ein, so wird subtropische Feuchtluft in den Donaauraum verfrachtet (Vb-Wetterlage), deren großräumige und intensive Niederschlagsfelder häufig die Ursache für die im Frühling und Sommer im Donaauraum auftretenden Hochwasser sind. Diese Mittelmeer-Wetterlage hat ihre größte Häufigkeit im Spätfrühling und Frühsommer, kann aber auch zu allen anderen Jahreszeiten auftreten.

Sommer (Juni - August)

Im Sommer erreichen Kerne und Ausläufer des Azoren-Hochs ihre stärkste Entwicklung und damit nimmt die Zahl der trockenen und strahlungsreichen Tage zu, die in den tiefliegenden Beckenlandschaften zu sommerlich heißem Wetter führt. Gleichzeitig haben zu dieser Jahreszeit die Nordwest- und Westwetterlagen ihr Maximum. Während die Warmfronten der Tiefdruckgebiete über dem sommerwarmen Festland meist nur geringe Wetterwirksamkeit zeigen, entwickeln sich die Kaltfronten infolge der hohen Temperaturgegensätze im Frontbereich häufig zu heftigen Gewitterlinien mit intensiven Starkregen. Diese können sich im Stau von Gebirgen noch verstärken und zu katastrophalen Hochwassern und Murgängen führen. Derartige Ereignisse sind vor allem aus den Karpaten bekannt, werden aber auch in den Wildbacheinzugsgebieten der Alpen beobachtet.

Für die kontinentalen und sommerheißen, niedrig gelegenen Landschaften des gesamten Donaubegebietes sind die sommerlichen Konvektionsniederschläge mit Wärmegewittern charakteristisch. Diese meist kleinräumig auftretenden Niederschläge entstehen durch die intensive Einstrahlung und die damit verbundene Überhitzung der unteren Luftschichten. Die labil geschichteten Luftmassen steigen rasch auf, bilden mächtige Wolkentürme und bringen örtlich kräftige Niederschläge, nicht selten auch in Form von Hagel.

Herbst (September - November)

Im Herbst wird der Einfluß des Azoren-Hochs schwächer, seine Ausläufer zer-

fallen und es beginnt sich das kontinentale östliche Kältehoch über Eurasien zu entwickeln. Infolge der ausgeglichenen Lufttemperatur über Festland und Atlantik werden keine großen Luftdruckgegensätze aufgebaut, so daß der Luftmassentransport und die Witterung im Herbst im allgemeinen ruhiger verlaufen. Fast jährlich kehrt Ende September/Anfang Oktober das warme Wetter für die Dauer von 2 - 10 Tagen im gesamten Donauegebiet zurück.

Ab Mitte Oktober bildet sich über dem Mittelmeer und besonders häufig in Oberitalien ein Gebiet niederen Luftdrucks heraus, das zu Beginn und Ende der kalten Jahreszeit die charakteristischen mediterranen Winterniederschläge verursacht. Sie greifen nicht selten auf weite Teile des Donaueinzugsgebietes über. Mit dieser Südwärtsverschiebung des Subtropenhochs und der subpolaren Tiefdruckrinne aktiviert sich im Spätherbst die Westdrift über Mittel- und Südeuropa. Dadurch werden die häufig mit Hochnebel und Temperaturinversion verbundenen Hochdrucklagen von Starkwindwetterlagen, den Herbststürmen, unterbrochen.

2.2 Regionale klimatische Gliederung

Generell sind in dem Wechselspiel von atlantischen und kontinentalen Klimaeinflüssen, die im gesamten Donauegebiet beobachtet werden können, die atlantischen Einflüsse im Donauoberlauf intensiver und häufiger als im kontinentaleren östlichen Bereich.

Als Maß für die nach Osten hin zunehmende Kontinentalität kann die Schwankungsbreite der mittleren monatlichen Lufttemperatur zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat angesehen werden. Dieser Wert steigt vom oberen Donauegebiet mit 20 - 21° C (Ulm 20° C, Wien 21 ° C), über das von Gebirgszügen eingerahmte mittlere Donauegebiet mit 22 - 24° C (Budapest 23° C, Belgrad 23° C) bis zur unteren Donautiefebene mit rund 26° C (Bukarest 26° C) stetig an. Dabei weist das mittlere Donautiefland ein kontinentales Klima mit heißem Sommer und mäßig kaltem Winter auf. Die untere Donautiefebene zeichnet sich durch heiße Sommer und kalte Winter mit verhältnismäßig geringen Niederschlägen aus.

Innerhalb der drei Klimabereiche: oberes, mittleres und unteres Donauegebiet tritt eine weitere Abstufung des Klimas als Effekt großräumiger gebirgsbedingter Stau- und Leeffekte auf. So zeigt die Niederschlagsverteilung im oberen Donauegebiet sehr deutlich, daß bereits im Vorland der west- bis nordexponierten Gebirgszüge die Niederschlagshöhen anwachsen. Auf den Ostseiten

hingegen, im Lee der regenbringenden Westwinde sind Niederschlag und Bewölkung vermindert. Auch der das mittlere Donaugebiet umschließende Gebirgsring ist deutlich niederschlagsreicher als das in seiner Mitte liegende kontinental geprägte Ungarische Tiefland. Die Karpaten sind mit ihrer nördlicheren Lage gegenüber den im Süden verlaufenden Dinariden merklich kühler.

Ein anderer Faktor, der eine Regionalisierung des Klimas bedingt, ist die Höhenlage über dem Meeresspiegel.

Generell sind die hochgelegenen Bereiche des Einzugsgebietes nicht nur kühler, wolken- und niederschlagsreicher als die Tal- und Beckenlandschaften, sondern sie tragen auch deutlich maritimere Züge, d.h. der Jahresgang der Klimaelemente ist relativ ausgeglichen. So beträgt die mittlere Jahreschwankung der Monatsmittel der Lufttemperatur auf dem Sonnblick-Observatorium in den Österreichischen Alpen (3107 m Meereshöhe), nur 15° C. Dem stehen 20° C und mehr in den Tiefländern gegenüber. In den Gebirgsräumen selbst gewinnt das durch Höhenlage, Talrichtung, groß- und kleinräumige Exposition bedingte Lokalklima erhebliche Bedeutung. Strahlungsbilanz, Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlagssummen und Windregime zeigen häufig auf kleinem Raum große Unterschiede und liefern damit einen erheblichen Beitrag zur Klimavielfalt im Donaauraum.

2.3 B e t r a c h t u n g e n ü b e r e i n i g e K l i m a e l e m e n t e

2.3.1 Strahlungsregime

Das Strahlungsregime wird hauptsächlich von den astronomischen Faktoren wie Sonnenhöhe und Tagesdauer bestimmt. Durch das Albedo der jeweiligen Erdoberfläche und die Bewölkung wird es regional und lokal abgewandelt. Die höchsten Werte der Strahlungsbilanz und der Globalstrahlung (Strahlungssummen) werden in den Ebenen des Einzugsgebietes erreicht. In den niedrig gelegenen Landschaften Südmährens und in den Slowakischen Ebenen beträgt die mittlere jährliche Strahlungsbilanz 190 kJ/cm² pro Jahr und im Mündungsgebiet der Donau über 210 kJ/cm² pro Jahr. Mit der Höhenzunahme sinken allmählich die Werte der Strahlungsbilanz ab, wobei die niedrigsten Werte infolge der im Sommer wolkenreichen Gebirge an den Gipfeln erreicht werden. Daher wird für die Bilanz im Bereich der Wasserscheide der Hohen Tatra und auf den Kämmen der Niederen Tatra nur ein Wert von 145 kJ/cm² pro

Jahr ausgewiesen, während die Werte in den Ostbeskiden 165 - 175 kJ/cm² pro Jahr betragen.

Ebenso ändern sich die mittleren Jahressummen der *s o l a r e n* Strahlung von Nord nach Süd und zwar von 400 kJ/cm² pro Jahr in den nördlichen Randgebirgen des Einzugsgebietes bis 480 - 490 kJ/cm² pro Jahr im Süden des Flußgebietes der Rimava und an der Donaumündung.

2.3.2 Lufttemperatur

(Siehe auch Karte der mittleren Temperaturen in Teil 3)

Die große Ausdehnung des Einzugsgebietes von West nach Ost bestimmt auch die bemerkenswerten Unterschiede in der Verteilung der Lufttemperatur. Die durchschnittliche jährliche Lufttemperatur im Einzugsgebiet schwankt von -6,2° C bis +12,0° C. Der niedrigste Wert stammt vom Sonnblick, die höchste mittlere Jahrestemperatur wird im südlichen Teil der Ungarischen Tiefebene und an der Schwarzmeerküste beobachtet. Im gesamten Donaueinzugsgebiet ist der Juli der wärmste und der Januar der kälteste Monat. Die absolute jährliche Schwankung der Lufttemperatur beträgt beim Sonnblick-Observatorium in den Alpen 51° C und in der Donautiefenebene 74,3° C.

Im Einzugsgebiet der oberen Donau dauert der Winter gewöhnlich von Dezember bis Februar. Die durchschnittliche Januartemperatur im Tiefland beträgt - 0,8° C bis -3° C, im Gebirge -6° C bis -13° C. Fröste von -20° C kommen gelegentlich vor. Die Extremwerte während besonders kalter winterlicher Hochdrucklagen liegen in den Beckenlandschaften bei Temperaturen von -30°C.

Die Sommer sind heiß und dauern etwa von Juni bis August. Die mittlere Juli-Temperatur liegt bei 17° C bis 20° C. Im Hochgebirge wird die mittlere Juli-Isotherme von 0° C in einer Höhe von etwa 3500 m angegeben. Die Temperaturabnahme mit der Höhe (vertikaler Temperaturgradient) beträgt 0,5° C bis 0,7° C pro 100 m Höhe im Sommer und im Winter 0,2° C bis 0,4° C. Die vertikalen Temperaturunterschiede sind durch häufigere Inversionen in der kalten und kühlen Jahreszeit geringer als im Sommer.

Im mittleren Donaueinzugsgebiet dauert der Winter nur 1,5 bis 2 Monate. Die mittlere Januartemperatur im Tiefland beträgt -0,3° C bis -2,0° C, auf den höchsten Erhebungen um -10°C, lokal ist es sogar noch etwas kälter. Auch hier können in den Gebirgsregionen, wie z.B. in den Karpaten, zwischen den

Gipfeln und in intermontanen Becken und Tallandschaften Temperaturinversionen auftreten. Die niedrigste Lufttemperatur im Tiefland unterschreitet -30°C ; z. B. erreichte sie an der Station Viglas-Pstrusa am 11.II.1929 -41°C . Im Juli steigt die mittlere Lufttemperatur in den Tälern auf 20°C bis 23°C an, im Gebirgsvorland auf 17°C bis 19°C , im höheren Gebirgsland nur auf 4°C bis 5°C . Die maximale Lufttemperatur wird im Tiefland mit 40°C beobachtet. Die vertikale Temperaturabnahme pro 100 m beträgt im Sommer für die Dinariden $0,5^{\circ}\text{C}$ bis $0,6^{\circ}\text{C}$ und für die Karpaten $0,7^{\circ}\text{C}$. Im Winter erreicht dieser Wert nur $0,3^{\circ}\text{C}$ bis $0,4^{\circ}\text{C}$.

Im Einzugsgebiet der unteren Donau dauert der Winter von Mitte Dezember bis Ende Februar. Die durchschnittliche Januartemperatur schwankt zwischen $+1,2^{\circ}\text{C}$ und -3°C , in den Gebirgsregionen liegt sie zwischen -8°C und -9°C . Als Minima der Lufttemperatur wurden -30°C bis -35°C beobachtet. Der Sommer beginnt etwa im Mai und endet im September. Im Juli herrscht die höchste monatliche Lufttemperatur mit 22°C bis 24°C ; die an Einzeltagen beobachteten Temperaturmaxima liegen mit 40°C bis 42°C wesentlich darüber. Im Sommer 1946 erreichte die Lufttemperatur stellenweise 45°C . Sogar in den höher gelegenen Becken steigt die Lufttemperatur im Juli noch auf 20°C an, während sie in den Hochlagen des Balkangebirges wesentlich darunter bleibt. Hohe Lufttemperaturen, ungenügende Niederschlagsmenge und geringe Luftfeuchtigkeit sind die Ursache der häufigen Trockenperioden in Bulgarien und Rumänien. Besonders starke Trockenzeiten wurden 1946 und 1947 verzeichnet.

2.3.3 Niederschlag

Allgemeines

Das hydrologische Regime, insbesondere das Abflußverhalten der Donau, ist ganz wesentlich durch das Niederschlagsgeschehen geprägt. Den Hauptbeitrag zur Niederschlagsbildung liefern die vom Atlantik und vom Mittelmeer herangeführten feuchten Luftmassen, also advektive Vorgänge in der Frontalzone des Westwindgürtels. Die für die Abkühlung und Kondensation der feuchten Luft notwendigen Hebungsvorgänge werden durch das allgemeine Aufsteigen der Luft in Tiefdruckgebieten, die Aufgleitvorgänge an Fronten und - als wirkungsvollsten Hebungsmechanismus - durch erzwungene Hebung an Gebirgen ausgelöst. Für die räumliche Verteilung des Niederschlags spielt also vor allem die Höhe über dem Meeresspiegel und die Orographie eine große Rolle. Die Gestaltung des Reliefs macht sich in einer Verstärkung der Niederschlä-

ge an den Luvseiten der Berg- und Hügelläge und in einer Abnahme in den Lee-Bereichen bemerkbar.

Neben den advektiven Niederschlägen tragen vor allem im Sommer konvektive Niederschläge in Form von Regen- und Gewitterschauern, seltener auch Hagel-schauern zur Niederschlagssumme bei. Die konvektiven Niederschläge entstehen infolge der großen Einstrahlung aus der sommerlichen intensiven Erwärmung der Luftmassen vom Boden her. Konvektive sommerliche Niederschläge sind daher charakteristisch für die kontinentaleren Beckenlagen, während advektive Niederschläge den stärkeren maritim-atlantischen Einfluß im Westen des Donau-Einzugsgebietes und in den höheren Gebirgslagen aufzeigen.

Mittlere jährliche Niederschlagsverteilung

(Siehe dazu die Isolinienkarte III/1 der Bilanzelemente)

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe schwankt in breiten Grenzen von über 3000 mm im Hochgebirge bis unter 400 mm im Mündungsreich.

Bereits das obere Donauegebiet zeigt eine erstaunliche Vielfalt. In den Hochlagen der Alpen werden gebietsweise 2000 mm deutlich überschritten, wobei die Gebirgsrandlagen besonderen Niederschlagsreichtum aufweisen. Die Zunahme der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen beträgt im nördlichen Alpenvorland und in den Alpen etwa 50 mm je 100 m Höhenzunahme. Dazu kommt eine Fernwirkung der Gebirge, die in luvseitigen Staulagen eine Erhöhung des Niederschlags mit Annäherung an das Gebirge bewirkt. Dadurch verlaufen die Linien gleicher Niederschläge nahezu parallel zum Gebirge. Im nördlichen Alpenvorland nehmen auf diese Weise die Niederschlagshöhen von rund 1500 mm/Jahr am Gebirgsrand auf 700 mm/Jahr im Donautal ab. Rund 1500 mm/Jahr Niederschlag fallen auch im Quellgebiet der Donau, im Schwarzwald und in den höheren Bereichen des Bayerischen Waldes und des Böhmerwaldes. Die übrigen Gebiete weisen eine Niederschlagshöhe von durchschnittlich 600 mm -1000 mm auf, wobei die Tal- und Beckenlagen (z.B. Naabtal, Wiener Becken) mit etwa 700 mm relativ trocken sind. Relativ trocken sind auch die inneralpinen Täler. Das obere, west-ost verlaufende Inntal (Unterengadin) gilt z.B. mit nur 600 mm bis 700 mm als klassisches inneralpines Trockental. Insgesamt beläuft sich der mittlere jährliche Gebietsniederschlag (Jahresreihe 1931/60) im deutschen Teil des Donaeinzugsgebietes auf rund 950 mm/Jahr.

Im mittleren Donauebiet befinden sich naturgemäß die höchsten Werte der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen auf den Randgebirgen, die das Tiefland umschließen. Die nach Süden exponierten Gebirgszüge der Julischen Alpen und der Dinariden zeigen unter dem Einfluß feucht-warmer Luftmassen aus dem Mittelmeer mit 2000 mm bis 3000 mm die größten Niederschlagshöhen. In den Karpaten liegen die mittleren Niederschlagshöhen bei 1000 mm bis 2000 mm. Im Regenschatten dieser Gebirge, in den östlichen Böhmischem-Mährischen Höhen sowie im Karpatenvorland beträgt die durchschnittliche Niederschlagshöhe 600 mm bis 1000 mm. An einigen Stationen der Südslowakischen Ebene unterschreiten die Niederschläge sogar 530 mm im Jahr (Ziharec 529 mm). Im südlichen Teil der mittleren Donautiefenebene sinken die jährlichen Niederschläge auf 600 mm bis 800 mm, in der Großen Ungarischen Tiefebene auf 565 mm und im Gebiet der mittleren Theiß auf 500 mm.

Die Trockenheit in der mittleren Donautiefenebene nimmt also nach Norden und Osten hin zu.

Im Tiefland der unteren Donau beträgt der Niederschlag ebenfalls nur 500 - 600 mm. Das niederschlagsärmste Gebiet ist jedoch der Mündungsbereich der Donau mit weniger als 400 mm. Hier gibt es Jahre, in denen im Laufe des Sommers überhaupt kein oder nur geringfügiger Niederschlag auftritt. Infolge dieser Niederschlagsverhältnisse und der hohen Sommertemperaturen kann das Mündungsgebiet der Donau bereits zum Steppenlima gerechnet werden.

Naß- und Trockenjahre

Im Einzelnen können die Niederschlagsmengen beträchtlich vom langjährigen Durchschnittswert abweichen. Sehr niederschlagsreich waren im Zeitraum 1930 bis 1970 die Jahre 1941, 1955, 1965 und 1970, in denen die durchschnittlichen langjährigen Werte in den Alpen um 140 bis 150 % und in den Karpaten um 120 % bis 150 % übertroffen wurden. Die Niederschläge führten in den Karpaten 1965 und 1970 zu verbreiteten Überflutungen, die in Ungarn und Rumänien erhebliche Schäden verursachten. Die größte jährliche Niederschlagshöhe wurde in den Westkarpaten am Lomnický štít (Lomnitzer Spitze) mit 2053 mm und in den Südkarpaten am Virful Omul mit 2402 mm registriert. Im trockenen Jahr 1947 sanken die Niederschlagssummen in Bereichen der deutschen, österreichischen und slowakischen Donauniederung bis unter 400 mm. In der ostslowakischen Tiefebene bei Trebisov betrugen die Niederschlagssummen im Jahre 1956 nur 335 mm. Sie können aber auch unter 300 mm sinken, wie im Jahre 1917 (283 mm). Ähnlich geringe Werte wurden in den

Tälern im Gebirgsinneren beobachtet. Als geringster Jahresniederschlag wird an der Station Tirgoviste in den Südkarpaten für 1944 eine Niederschlags-
höhe von nur 233 mm angegeben.

Jahresgang des Niederschlags

Verfolgt man den Jahresgang des Niederschlages so stellt man fest, daß das Niederschlagsmaximum in der Regel in den Sommermonaten liegt. Das gilt besonders für die tief gelegenen Teile des Donaeinzugsgebietes, in denen der konvektive Niederschlag einen nicht unerheblichen Beitrag am Gesamtniederschlag leistet.

In diesen Gebieten ist das Maximum mit zunehmender Kontinentalität vom Juli in den Frühsommer - Juni, teilweise auch Mai - hinein verschoben, da im Hochsommer die geringe Luftfeuchtigkeit nicht mehr so häufig zur Ausbildung von Schauern ausreicht. Die niederschlagsärmste Zeit ist hier meist der Monat Februar, gebietsweise auch der Monat Januar, also der Hochwinter, wenn das asiatische Hochdruckgebiet das Vordringen atlantischer Luftmassen nach Osten blockiert.

Etwas anders liegen die Verhältnisse in den Mittel- und Hochgebirgen, die ein maritimeres Verhalten aufweisen. Diese haben zwar ebenfalls ihr Maximum meist im Sommer, zeigen aber infolge der orographisch bedingten Aufgleitniederschläge in den Wintermonaten Dezember und Januar häufig ein sekundäres Maximum, örtlich sogar das absolute Maximum der Niederschlagstätigkeit z.B. gebietsweise im Bayerischen Wald und im Böhmerwald. Das auf dem Sonnblick verzeichnete Januarminimum dürfte mit den großen meßtechnischen Schwierigkeiten bei der Erfassung des Schneeniederschlages in Gipfellagen zusammenhängen.

Ein von diesem Grundmuster abweichendes Verhalten findet sich in den stark mittelmeerisch beeinflussten Gebieten der Dinariden und Karawanken, wo die Monate Oktober bis Dezember die niederschlagsreichste Jahreszeit sind, der Sommer aber relativ trocken bleibt.

Hohe Tagesniederschläge - Starkregen

Im Extremfall können an einzelnen Tagen Niederschlagshöhen verzeichnet werden, die die mittleren monatlichen Niederschlagshöhen übertreffen. Im deutschen Teil des oberen Donaueinzugsgebietes wurden die bisher höchsten täglichen Niederschlagssummen in Südostbayern gemessen. Im Zusammenhang mit mittelmeerischen Wetterlagen wurden südlich des Chiemsees in Grattenbach 260 mm am 09.07.1954, in Bad Reichenhall 242 mm am 13.09.1899 und in Sachrang 215 mm

am 31.05.1940 registriert. Auch einige weitere Meßstellen in diesem Gebiet, sowie im Gebiet der oberen Isar weisen höchste Tagessummen von mehr als 200 mm aus. Werte von 150 mm/Tag und mehr wurden besonders im östlichen Alpenvorland bereits verbreitet erreicht. Ähnliche Werte wurden im Bayerischen Wald nur vereinzelt gemessen.

Im tschechoslowakischen Donaeinzugsgebiet liegt die höchste Tagessumme bei 232 mm. Sie wurde am 12.07.1957 in Salka registriert; der Höchstwert in Ungarn von 187 mm in der Stadt Sopron stammt vom 31.08.1910. In Rumänien wurde eine maximale Niederschlagstagesumme von 204 mm am 30.08.1924 im Godeanumassiv erfaßt.

Auch im unteren Donaueinzugsgebiet wurde der Schwellenwert von 200 mm schon mehrfach überschritten; so in Bulgarien im Einzugsgebiet der Rosica mit 294 mm am 30.08.1924 und mit 250 mm am 28.07.1939, sowie mit 204 mm an der Station Jaretschma in der Sowjetunion.

Die für kleine Einzugsgebiete oft verheerenden kurzzeitigen Starkregen sind im ganzen Donaueinzugsgebiet als sommerliche Exzesse der Natur bekannt.

Bei zwei als besonders extrem einzustufenden Starkregenereignissen stürzten am 25.05.1920 bei Füssen (Bayern) in 8 Minuten 126 mm zu Boden, im Juli 1899 im Einzugsgebiet der Ardschescha (UdSSR) in 22 Minuten 205 mm.

Zahl der Tage mit Niederschlag

Die mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag von 0,1 mm und mehr schwankt von 70 Tagen in Sulina bis 222 beim Sonnblickobservatorium in den Alpen. In den Tallagen der oberen Donau, die dem Atlantik näher liegen, beobachtet man durchschnittlich zwischen 170 und 185 Niederschlagstage mit mindestens 0,1 mm Niederschlagshöhe. Mit zunehmender Seehöhe steigt die Zahl dieser Niederschlagstage an.

2.3.4 Schneedecke

Die Zahl der Tage mit Schneefall, die Andauer und die Mächtigkeit der Schneedecke nimmt mit der Höhe des Geländes zu. In den Alpentälern werden beispielsweise nur 58 Schneefalltage jährlich (im Mittel 1931 - 1970) gemessen, auf der fast 3000 m hohen Zugspitze hingegen 191.

Die geringste Andauer einer Schneedecke hat mit 9 - 12 Tagen die Schwarz-

meerküste. Im Tiefland des mittleren Donauebietes liegt der Schnee nur an 20 - 30 Tagen, im Bereich der oberen Donau verbreitet an 40 - 60 Tagen. Der mittlere Anteil am jährlichen Gesamtniederschlag beträgt dabei 10 % - 15 %. Am Alpenrand und in den Hochlagen der Mittelgebirge wird eine geschlossene Schneedecke an über 100 Tagen angetroffen. In diesen Bereichen fallen rund 20 % - 30 % des Jahresniederschlages als Schnee. In den Alpen liegt der Schnee in 1500 m Höhe über 4 Monate (Zentralalpen) bis 6 Monate (Randgebirge), in 2000 m über 6 - 8 Monate und in 2500 m über 8 - 10 Monate. Die Schneegrenze verläuft in einer Höhe von 2900 m in den Randgebirgen und in 3200 m in den Zentralalpen. Über diesen Höhen liegen die Nährgebiete der Gletscher.

Im Vergleich zu den Alpen ist die Schneedecke in den Karpaten etwas langlebiger. In Höhen über 2000 m bleibt der Schnee im Tatra-, Bucegi-, Fagaras- und Retezatgebirge bis zu 300 Tage liegen und an der Lomnitzer Spitze sogar bis 324 Tage.

In den höchsten Gebirgsregionen erreicht dabei der Anteil der festen Niederschläge am Gesamtniederschlag bereits 80 % - 90 %.

Die Mächtigkeit der Schneedecke bleibt im Flach- und Tiefland im allgemeinen gering. Der häufig schon im Oktober fallende erste Schnee bleibt meist nur 1 - 3 Tage liegen. Eine geschlossene Schneedecke bildet sich meist erst im Dezember oder Januar aus. Sie erreicht im durchschnittlich schneereichsten Monat Februar meist ihr Maximum von 15 cm - 20 cm und verschwindet im März. In ungewöhnlich schneereichen Wintern, z.B. 1941/42 im oberen Donaugebiet oder 1953/54 an der unteren Donau, wurden in den Tieflagen aber auch schon Schneehöhen von 40 cm - 60 cm erreicht. Während solche Schneeansammlungen die Ausnahme bilden, ist ein vorübergehendes durch Warmlufteinbrüche bedingtes teilweises oder vollkommenes Abschmelzen durchaus häufig.

In mittleren Gebirgslagen von 1500 m bis 2000 m beginnt der Schneedeckenaufbau meist im Oktober/November. Im Februar erreicht die Schneedecke eine durchschnittliche Schneehöhe von 150 cm - 250 cm. Der Schneedeckenabbau erfolgt in den Monaten März bis Mai.

Oberhalb 2000 m ist das Maximum der Schneedeckenhöhe in das Frühjahr hinein verschoben, wobei örtlich Schneehöhen von 500 cm und mehr beobachtet werden.

Die Angaben der Schneemächtigkeit sind bei zunehmender Meereshöhe mit immer

größeren Unsicherheiten behaftet, da die Schneedeckenhöhen infolge Schneeverfrachtung örtlich große Unterschiede aufweisen. So werden in den Hochlagen der Karpaten wie der Alpen 50 - 70 Tage mit Schneestürmen beobachtet, während im Flachland mit 1 - 3 Schneesturmtagen gerechnet werden muß.

2.3.5 Verdunstung

(Siehe dazu auch die Isolinenkarte III/2 der Bilanzelemente)

Für die Wasserbilanz eines Einzugsgebietes ist die Verdunstung von wesentlicher Bedeutung.

Großräumig betrachtet ist die Verdunstung eine Funktion der an der verdunstenden Oberfläche zur Verfügung stehenden Energie und des verfügbaren Wassers. Sie ist abhängig von der Strahlung, der Lufttemperatur, dem Niederschlag und der Windgeschwindigkeit. Außer diesen meteorologischen Faktoren spielt auch die Feuchtigkeit des Bodens, der Bewuchs und der Grundwasserstand eine Rolle.

Die für den Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes wesentliche Größe der effektiven Verdunstung bereitet bei der Messung hohen Aufwand und erhebliche Schwierigkeiten. Bei großräumigen Untersuchungen wird daher die Verdunstungshöhe in der Regel mittels Wasserbilanz- oder Energiehaushaltsbetrachtungen abgeschätzt.

Die mittlere jährliche Verdunstungshöhe hat eine räumlich wesentlich geringere Schwankungsbreite als der Niederschlag. Sie wird daher in der Wasserhaushaltsgleichung auch als "Halbinvariante" bezeichnet. Dies liegt daran, daß in den sehr niederschlagsreichen Mittelgebirgs- und Gebirgslagen, in denen die potentielle Verdunstung fast erreicht wird, die Energie als der die Verdunstung begrenzende Faktor auftritt, während in den heißen und strahlungsreichen Ebenen der Wassermangel die Verdunstung einschränkt. Für die großräumige Verteilung der Verdunstungshöhen ergibt sich somit folgendes Bild:

In den tiefer gelegenen Bereichen des oberen Donaugebietes zeigen die Abschätzungen für die mittlere jährliche Verdunstungshöhe Werte zwischen 450 mm und 650 mm. 400 mm werden nur in den mittleren und höheren Lagen der Alpen unterschritten. In ausgesprochenen Hochlagen werden örtlich sogar 100 mm erreicht.

Ähnliche Verhältnisse zeigen sich im mittleren Donaugebiet in dem verbreitet Verdunstungshöhen um 500 mm auftreten. In dem mittelmeerisch beeinflussten südlichen Teil übertreffen die Werte vereinzelt 600 mm. Im trockenen Nordteil des Ungarischen Tieflandes werden 500 mm unterschritten.

Im unteren Donaugebiet findet sich das Minimum der Verdunstungshöhe im Mündungsbereich mit weniger als 400 mm. Ansonsten liegen die Werte verbreitet zwischen 400 und 600 mm, vereinzelt bis zu 700 mm.

2.3.6 Wind

Das Windregime ist mit der großräumigen atmosphärischen Zirkulation (vgl. 2.1) verknüpft. Vorherrschend sind im ganzen Donaugebiet die Westwinde, die im Bereich der subpolaren Tiefdruckgebiete entstehen und feuchte Luftmassen aus dem Atlantik zum Kontinent führen. Im Sommer überwiegt dabei Nordwest- und Westwind, in der winterlichen Jahreszeit beobachtet man im oberen Donaugebiet häufig Südwestwind.

Witterungsmäßig im Gegensatz zum Westwind stehen die Ostwinde, die trockenere Luft aus dem Innern des euroasiatischen Kontinents in das Donaugebiet führen. In der winterlichen Jahreszeit herrschen sie im mittleren Donaugebiet als Südostwinde, im unteren Donaugebiet als Nordostwinde vor.

Aus dem Mittelmeergebiet kommen besonders in der kalten Jahreszeit die Süd- und Südostwinde, die bis in das zentrale Donaugebiet vordringen.

Durch das Relief werden die großräumigen Luftströmungen lokal beeinflusst. Neben dem System der großräumigen Windbewegungen entsteht bei ruhigen Schönwetterlagen im Tageswechsel das System der Berg- und Talwinde. Am Tage fließt die erwärmte Luft hangaufwärts und am Abend sinkt die kühle Luft von den höheren Lagen hinab in die Tallagen und Becken.

Ein charakteristischer Wind für die meisten höheren Gebirge ist der Föhn. Er ist ein warmer, trockener Fallwind auf der Leeseite von Gebirgszügen. Der Föhn entwickelt sich dort, wo das Relief große Höhenunterschiede zwischen Bergrücken und Talboden aufweist und luvseitig feuchte Luft zum Aufsteigen gezwungen wird.

Im Grenzsaum zwischen Dinariden und Adria gibt es kalte Fallwinde - Bora genannt, die im Gegensatz zum warmen Föhn stehen. Hierbei handelt es sich

häufig um kalte Luft arktischen oder nordsibirischen Ursprungs, die von einem asiatischen Hochdruckgebiet südwestwärts in Bewegung gesetzt wurden.

Im Süden der Ungarischen Tiefebene wird in der kalten Jahreszeit der "Kossava" (Koschava) als lokaler starker Südost-Wind empfunden, der von Staubstürmen begleitet wird.

In den Tiefländern des Donau-Unterlaufs ist der winterliche "Crivat" (Krivetz) bekannt, der oft Hurrikanstärke erreicht. Im Mündungs- und Küstenbereich der Donau stellt sich bei ruhiger Wetterlage die Land-See-windzirkulation ein.

Die Windbewegung ist im allgemeinen schwach. Im Oberlauf des Donaugebietes wird in 40 % - 50 % der Fälle eine Geschwindigkeit von weniger als 1 m/s erreicht. Im Unterlauf sind dies sogar 75 %. Etwa 30 % aller Winde haben eine Geschwindigkeit von 1 m/s - 5 m/s. Sehr starker Wind mit Geschwindigkeiten von 16 m/s - 20 m/s wird nur in 1 % aller Fälle beobachtet. Die größten Windgeschwindigkeiten gibt es im Winter und im Frühjahr bzw. beim Durchzug von Frontalsystemen, insbesondere in hohen Lagen. Die größte Windgeschwindigkeit von 196 km/h wurde am 18.01.1954 am Lomnický štít gemessen. Die geringsten Windgeschwindigkeiten treten infolge des ausgeglichenen Luftdrucks zwischen Ozean und Kontinent im Herbst auf. Lokal, wie z.B. in Turnu-Severin am Eisernen Tor, werden 50 % der Tage des Jahres mit Windstille beobachtet.



3 BODENVERHÄLTNISSE UND PFLANZENDECKE

3.1 Die Böden

(Siehe auch Vegetationskarte in Teil 3)

3.1.1 Allgemeiner Überblick

Im Einzugsgebiet der Donau gibt es zahlreiche Bodenarten und Bodentypen, die auf eine Vielfalt von bodenbildenden Faktoren zurückgehen. Ausgangsgestein, Relief, Klima, Niederschläge, Vegetation und Bodennutzung ließen eine Boden-Katena entstehen, die vom alpinen Rohboden über erodierte, steinige oder weniger fruchtbare podsolierte Böden bis zu den Braunerden, Auenböden und fruchtbaren Schwarzerdeböden reicht.

Im Gebirge haben sich die Bodentypen entsprechend den zunehmenden Höhenlagen durch die vertikale Abnahme der Luft- und Bodentemperatur und die Zunahme der Niederschläge entwickelt. Gesteinsrohböden (Syrosem) aus Festgestein oder Lockergestein und Böden ohne verlehnten Untergrund (Ranker), mit nur geringer Humusauflage, umfassen bis zu 1/3 des Einzugsgebietes in den Hochgebirgen.

Sobald durch die Vegetation, Wiesen und Sträucher oder Waldgemeinschaften (Laub- und Nadelwald), chemische Bodenreaktionen die bisherige physikalische Verwitterung ergänzen, werden die Humusaufgaben dieser Böden mächtiger. Auf Hochflächen mit Gebirgswiesen und Strauchdecken haben sich humusartige Podsole oder Hochmoorpolster entwickelt.

Je nach Ausgangsgestein sind in Höhen über 1 800 m graue und braune Waldböden in verschiedener Zusammensetzung verbreitet. Im Alpenvorland sind neben den verbrauchten Böden zunehmend hydromorphe Böden (Pseudogley und Gley) anzutreffen. In einigen Vorgebirgsregionen werden die Böden durch Lößdecken wechselnder Mächtigkeit geprägt. In den Talauen und Flußniederungen hat das weit verzweigte Gewässernetz der Donau und ihrer Zuflüsse unterschiedlich mächtige Sedimente abgelagert. Hier handelt es sich um großflächige Auenböden mit gleichmäßiger und ungleichmäßiger Kornzusammensetzung. In abflußlosen Becken, bei hohem Grundwasserstand und in Überflutungsbereichen sind Niedermoore entstanden. Zum Teil liegen unter den organischen Böden Seeton-Ablagerungen.

Im Gebiet der unteren Donau finden sich in den Tiefländern vorwiegend fruchtbare Schwarzerdeböden (Tschernosem); in den höher gelegenen Regionen, unter dem Einfluß von trockenen klimatischen Verhältnissen, weisen die braunen Verwitterungsböden rotbraune bis rötliche Färbung auf (Terra Fusca).

Entsprechend der zunehmenden Kontinentalität mit hoher Verdunstung und wenig Niederschlag entstanden in den Senken der unteren Donauebene Salzböden (Solonez, Solontschak).

3.1.2 Die Böden des oberen Donaugebietes

Die Böden des Gebirgssystems sind aufgrund der Gesteinsvielfalt im oberen Donaeinzugsgebiet bereits als Rohböden (Syrosem) auf engstem Raum sehr unterschiedlich.

Silikat-Rohböden kommen vor in den kristallinen Zentralalpen: Ötztaler Alpen, Stubai und Zillertaler Alpen und in den Tauern. Bei Zunahme des Humushorizontes sind die Humussilikatböden (Ranker) weit verbreitet. Das gleiche gilt für den Kern des Schwarzwaldes, des Oberpfälzer Waldes, des Bayerischen Waldes und Böhmerwaldes. In der weiteren Bodenentwicklung sind hier Braunerde und, je nach Vegetation und Bewirtschaftung, Podsole entstanden.

Kalk-Rohböden kommen vor in den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen, in der Schwäbischen und Fränkischen Alb und z.T. im Muschelkalk des Schichtstufenlandes. Durch Humusbildung sind hier Humuskarbonatböden (Rendzinen) entstanden, die je nach Entwicklungsstufe als Braunerde und Pseudogley anzutreffen sind.

Mergel-Rohböden sind im Bereich der Alpen-Flyschregion relativ eng begrenzt. Häufiger ist der Humusmergelboden (Pararendzina) und die Braunerde mit Tendenz zum Pseudogley. Im tertiären Hügelland ist die Braunerde größtenteils als Parabraunerde und Pseudogley vorhanden.

Ton- Rohböden und Schiefer-Rohböden finden sich in den Nördlichen und Südlichen Schieferbergen. Weitere Entwicklungsstufen wie Braunerde, Pelosol und Pseudogley sind im Schichtstufenland und im Jura vorhanden.

Im Bereich der Vergletscherung wurden die Böden umgelagert (Moränenbildung). Nördlich der Alpen kam es in den Talungen und Senken zur Lößablagerung, die z.T. sehr fruchtbare Böden entstehen ließ.

Das gleiche gilt für die Talverfüllungen und die ausgedehnten Ebenen des Donautales. Diese Auenböden sind ebenfalls sehr fruchtbar.

Die hydromorphen Böden und Auenböden mit stark schwankendem Grundwasser werden größtenteils nach umfangreichen kulturbautechnischen Maßnahmen intensiv landwirtschaftlich genutzt. Auch die Übergangs- und Niedermoorflächen in den Flußtälern und ausgedehnten Niederungsbecken wurden durch Entwässerungsmaßnahmen verändert.

3.1.3 Die Böden des mittleren Donaugebietes

Die Silikatböden haben in dem weit nach Norden und Osten ausholenden Bogen der Karpaten und ihrem Vorland eine sehr große Verbreitung. Der Anteil von sandigen Sedimenten und Schuttböden ließ unterschiedlich ausgeprägte Podsole entstehen.

Die Mergelböden sind entlang des Karpatenbogens aus dem Flysch und den alttertiären Sedimenten entstanden. Es sind größtenteils pseudovergleyte Böden mit Merkmalen der Staunässe.

Kalkböden (Rendzinen) sind in der Westtatra und vor allem im Ungarischen und Slowakischen Mittelgebirge anzutreffen. Ebenso kommen sie weit verbreitet im Dinarischen Gebirge vor. Die ausgedehnten Karstgebiete weisen kaum eine Humusauflage auf und lassen somit keine Vegetation aufkommen.

Häufige Übergangsformen von Bodentypen sind durch glaziale Umformung und durch den Vulkanismus entstanden.

Die feuchten Mittelgebirge Ungarns sind mit grauen Waldböden bedeckt. In der Vorgebirgslandschaft und auf der Kleinen Ungarischen Ebene treten krümelige braune Waldböden mit lehmigen Zwischenschichten und Verwitterungsprodukten auf. Im Ungarischen und Slowakischen Mittelgebirge, wo ausgedehnte Karstgebiete vorhanden sind, haben sich auf Kalkstein und Dolomit ebenfalls Rendzinen entwickelt. In der Hügellandschaft von Gödöllo, sowie im Zwischenstromland von Donau und Theiß sind graubraune Waldböden verbreitet.

tet. Als einzelne Flecken sind sie auch im Vorgebirgsland und in der Kleinen Ungarischen Tiefebene anzutreffen.

Im tektonischen Senkungsgebiet der Großen Ungarischen Tiefebene, wo Lößdecken und Flugsandfelder verbreitet sind, gibt es lehmige Schwarzerde-Lößböden, die zum Anbau von Weizen, Zuckerrüben, Sonnenblumen, Lein, Hanf, Jute usw. genutzt werden. Weit verbreitete Sandböden, die hier früher nur wenig genutztes Weideland waren, werfen heute als Reb- und Obstland durch verbesserte Agrartechnik hohe Erträge ab.

Entlang der Flußläufe sind die alluvialen Aueböden weit verbreitet. Die im vorigen Jahrhundert trockengelegten Flußniederungen waren noch bis etwa 1950 wegen zunehmender Versalzung wenig ertragreiches Agrarland. Erst durch eine planmäßige Bewässerungswirtschaft konnte die Nutzung verbessert werden. Trotzdem findet man in der Großen Ungarischen Tiefebene außer alluvialen Wiesenböden stellenweise auch Salz- und Solontschak-Böden. Salzböden kennzeichnen vorwiegend das Gebiet entlang der Theiß und östlich davon, Solontschakböden das Zwischenstromland Donau-Theiß und den Überflutungsbe- reich der Donau. In tiefliegenden feuchten Gebieten haben sich Moorböden entwickelt.

3.1.4 Die Böden des unteren Donauebietes

Im unteren Donaueinzugsgebiet sind vor allem Braunerde, saure Braunerde und die rötliche Braunerde vertreten. Sie bilden den Übergang zwischen den für Zentraleuropa typischen Braunerden und den rötlichen Böden Südosteuropas. Diese Braunerden, die z.B. zu 56 % die Oberfläche Rumäniens bedecken, haben unterschiedliche Entwicklungsstufen.

In der unteren Donautiefebene liegen vorwiegend sehr fruchtbare Schwarzerde- und schwarzerdeähnliche Böden vor. In den Flußtälern haben sich Wiesenschwarzerdeböden und in den Überflutungsbereichen torfige Böden entwickelt. Entsprechend der zunehmenden Kontinentalität mit hoher sommerlicher Verdunstungskraft, sind in den Senken der unteren Donauebene Solonez- und Solontschackböden ausgebildet. In der etwas höher gelegenen Dobrudscha sind im Zentrum rostbraune Böden (Terra fusca und Terra rossa) verbreitet, die sich dort unter trockenen klimatischen Verhältnissen gebildet haben. In den Randgebieten entlang der Donau überwiegen Schwarzerde und graue Podsole.

Im Bessarabischen Hochland nehmen Schwarzerdeböden 75 % der Gesamtfläche ein und nur 10 % entfallen auf graubraune und graue Waldböden. In den Überschwemmungsgebieten treten wiederum alluviale Aueböden auf.

3.2 V e g e t a t i o n u n d B o d e n n u t z u n g (Siehe auch Vegetationskarte in Teil 3)

Die gegenwärtige Pflanzenwelt des Donau-Einzugsgebietes ist ein Produkt der vielfältigen klimatischen, geologischen, geomorphologischen und vegetationsgeschichtlichen Gegebenheiten und der mehr oder minder starken menschlichen Eingriffe in die ursprüngliche Vegetation. Bei der großen Ausdehnung des Donaueinzugsgebietes gibt es sehr unterschiedliche Räume, die sich auch in der Vegetation widerspiegeln. Sie wird insbesondere durch die nach Osten zunehmenden kontinentalen Klimaelemente beeinflusst. In den zahlreichen Gebirgen kommen dazu noch die klimatischen Höhenstufen.

3.2.1 Die potentielle natürliche Vegetation

Im gesamten Donaueinzugsgebiet sind günstige Bedingungen für die Entwicklung von Wäldern gegeben, wenn man von den klimatisch bedingten Waldgrenzen in den Gebirgen und an den Übergängen zum Steppenklima sowie von edaphischen und morphologischen Hemmnissen absieht.

Etwa die Hälfte des Gebietes wird von Buchen- und Eichenwäldern der gemäßigten Zone eingenommen. Die übrigen waldfähigen Standorte sind von Eiche-Ahorn-Linde-Mischwäldern, Auwäldern und Nadelwäldern besiedelt. Innerhalb dieser großzonalen Bereiche der Vegetation wird jedoch ein Viertel der Fläche von standörtlich bedingten Vegetationseinheiten eingenommen. Es handelt sich dabei um gehölzfreie alpine Großstauden- und Zwergstrauchgesellschaften, alpine Rasen- und Felsfluren, um Salzsteppen sowie um Moore und Pflanzengesellschaften stehender und fließender Gewässer und ihrer Uferzonen.

3.2.1.1 Die Wälder

Im oberen Donaueinzugsgebiet beherrscht die Buche (*Fagus silvatica*) die tieferen und mittleren Höhenlagen. Diese Wälder bevorzugen das dort gegebene subatlantische Klima. Mit zunehmend kontinentalem Klima ist die Buche nach Osten hin auf kleine, klimatisch geeignete Standorte und auf höhere Gebirgslagen

beschränkt. Dies wird auch in der Höhenabstufung deutlich. Während Buchenwälder im oberen Donaugebiet in den Höhenlagen zwischen 400 m und 900 m über dem Meer vorherrschen, sind sie in den Karpaten zwischen 600 m und 1200 m und an den Hängen der Südkarpaten und des Balkengebirges zwischen 1000 m und 1700 m anzutreffen.

Im nördlichen Balkengebirge wird *Fagus silvatica* durch *Fagus moesiaca* ersetzt.

Eichenwälder finden sich auf den etwas trockeneren Standorten der Tiefländer und der Hügelländer. Sie kommen zwar auch im oberen Donaugebiet vor, haben jedoch ihre Hauptverbreitung im Karpatenbecken und im rumänischen und bulgarischen Donautiefland. Ferner gehören die mittelhohen hügeligen und gebirgigen Landschaften der nördlichen Dinariden zum Verbreitungsgebiet der Eichenwälder.

Neben den Eichen (*Quercus robur* und *Qu. petraea*) finden sich Hainbuche (*Carpinus betulus*), Spitzahorn (*Acer platanoides*) und Winterlinde (*Tilia cordata*) insbesondere in den westlichen Bereichen des Donaugebietes, während im Osten die Flaumeiche (*Quercus pubescens*) überwiegt.

Die Waldsteppe bildet den natürlichen Übergang zu den baumlosen Grassteppen. Sie findet ihre Standorte nur im mittleren und unteren Donaugebiet, so im Wiener Becken, in der Kleinen und Großen Ungarischen Tiefebene, im Transylvanischen Becken und im Rumänischen Tiefland. Sie ist durch eine mosaikartige Verzahnung von Gehölzgruppen und Grasland gekennzeichnet. Neben der Flaumeiche (*Quercus pubescens*) treten hier Ulme (*Ulmus carpinifolia*) und Ahornarten (*Acer tatarica*, *A. campestre*) neben einer Reihe von Sträuchern auf.

Weniger vom Klima, als durch die Dynamik der Flüsse und die Grundwasser- und Überschwemmungsverhältnisse, sind die Auwälder geprägt. Diese ungemein artenreichen extrazonalen Laubwälder begleiten die Donau und ihre Zuflüsse von den Alpentälern bis an die Mündung überall dort, wo dies die Morphologie der Flußlandschaften zuläßt. In ausgedehnten Talauen nehmen sie große Flächen ein, während sie in Durchbruchstrecken auf schmale Streifen beschränkt sind oder ganz fehlen.

Wegen der besonderen Standortseigenschaften sind sie als extrazonale Wälder auf lange Strecken sehr gleichförmig. Lediglich an den Oberflächen der Ge-

birgsflüsse dominieren Streichweiden (*Salix* in verschiedenen Arten) und Grauerle (*Alnus incana*), während ansonsten eine von der Dynamik des Flusses bestimmte Zonierung festzustellen ist. Auf den jüngsten waldfähigen Alluvionen herrschen Baumweiden (*Salix alba* u.a.) und Pappelarten (*Populus nigra*, *P. alba*, *P. canescens*) vor, während auf älteren, meist durch Terrassen abgesetzten Standorten, sehr artenreiche Hartholzauen wachsen. Als wichtigste Arten seien genannt: Stieleiche (*Quercus robur*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Berg- und Spitzahorn (*Acer pseudo-platanus*, *A. platanoides*), Feldulme (*Ulmus carpiniifolia*), auf trockeneren Standorten zusätzlich Winterlinde (*Tilia cordata*), Birke (*Betula alba*) und Waldkiefer (*Pinus sylvestris*). Diese Gliederung dürfte auch für das untere Donaueinzugsgebiet gelten, auch wenn dort heute überwiegend Baumweiden (*Salix alba*) in Form von Galeriewäldern vorhanden sind.

In den Gebirgen folgen auf die laubwerfenden Wälder in der montanen bis subalpinen Höhenstufe gemischte oder reine Nadelwälder. Ausgenommen sind die südlichen Gebirge des Donaueinzugsgebietes, in denen Buchenwälder die Waldgrenze bilden können. Verbreitet sind die Bergmischwälder und subalpinen Nadelwälder in den Ostalpen, den höheren Mittelgebirgen nördlich der Alpen, den Karpaten, den Dinariden und im Balkangebirge. Die Bergmischwald- und Nadelwaldstufe nimmt in den Alpen die Höhenlagen zwischen 600 m und 2200 m Höhe, in den Nordkarpaten zwischen 1100 m und 1600 m, in den Südkarpaten zwischen 1200 m und 1800 m und auf dem Balkan zwischen 1400 m und 2200 m ein.

In den Alpen wird der Bergmischwald im wesentlichen von Fichte (*Picea abies*), Weißtanne (*Abies alba*) und Buche (*Fagus silvatica*) gebildet. Auf sehr trockenen Standorten treten Kiefern (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*) auf. In den Randalpen bildet die Fichte (*Picea abies*) die subalpine Waldgrenze, während in den kontinental getönten Zentralalpen die subalpine Zone von Lärche (*Larix decidua*) und Zirbe (*Pinus cembra*) eingenommen wird und an Stelle der Bergmischwälder in den tieferen Lagen die Fichte dominiert. Ähnliche Waldformen finden sich auch in den anderen höheren Gebirgen des Donaueinzugsgebietes, wobei Höhengliederung und Dominanz der Arten erheblich differenziert sein können. Als zusätzliche Arten seien einige Kiefernarten (*Pinus leucodermis*, *P. heldreichii* und *P. pence*) sowie die Serbische Fichte (*Picea omorica*) stellvertretend für eine Reihe weiterer Gehölze genannt.

Über der Grenze des hochstämmigen Waldes und edaphisch bedingt auch darunter, sind Krummholzbestände aus Latsche (*Pinus montana*) und Grünerle (*Alnus viridis*) in allen Hochgebirgen und in den höheren Mittelgebirgen anzutreffen.

3.2.1.2 Vegetation ohne Gehölze

Von Natur gehölzfreie Vegetation findet sich im Donaeinzugsgebiet vorwiegend höhenbedingt über der Waldgrenze. Daneben gibt es auch andere Sonderstandorte, die entweder für Gehölze zu naß oder zu trocken sind, oder wo sie immer wieder in ihrer Entwicklung gestört werden, z.B. auf Schuttkegeln und im Hochwasserbereich von Flüssen.

Im oberen Donaugebiet finden sich zahlreiche Flach-, Zwischen- und Hochmoore, die nur in Teilbereichen für Gehölze besiedelbar sind. Bei den Flachmooren treten die Erlenbrüche (mit *Alnus glutinosa*), bei den Hochmooren die Latschen- und Spirkenmoore (mit *Pinus montana*) auf. Im gesamten Einzugsgebiet sind in enger räumlicher Verknüpfung mit den Auwäldern Feucht- und Naßstandorte verbreitet. Zu nennen sind hier die Pflanzenverbände des offenen Wassers, insbesondere submerse Arten und Schwimmblattpflanzen und im Verlandungsbereich die Röhrichte. Letztere spielen als Schilfröhricht (mit *Phragmites communis*) im Mündungsgebiet der Donau, aber auch im Neusiedler See und anderen Gewässern eine große Rolle.

Als extrazonale Pflanzengesellschaften verhalten sie sich in ihrer Verbreitung ähnlich wie die Auwälder, nur daß sie auch an und in stehenden Gewässern abseits der Auen vorkommen.

Eine ähnliche Verbreitung haben auch die Besiedler blanker Kies- und Sandflächen im Überschwemmungsbereich von Flüssen. Teils handelt es sich bei ihnen um dealpine Arten, teils um Großstauden und Gräser aus dem Auenkomplex.

In den Gebirgen werden rezente Schuttkegel auch in den tieferen Lagen häufig von Pionieren der subalpinen und alpinen Höhenstufe besiedelt.

Weit verbreitet sind in allen Gebirgen die über die klimatische Waldgrenze hinausreichenden Zwergstrauchheiden, alpinen Grasheiden und Besiedler der Schutt und Felsfluren. Sie setzen sich überwiegend aus Arten zusammen, die

entweder im jeweiligen Gebirge endemisch sind, oder dem subarktischen bis arktischen Florenkreis angehören und eiszeitliche Relikte sind. Angesichts der Fülle der Arten und Pflanzengesellschaften verbietet sich hier eine auch nur auszugsweise Darstellung. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß insbesondere die Zwergstrauch- und Rasengesellschaften je nach dem von Mikroklima und Geologie bestimmten Standort und ihrer geographischen Lage außerordentlich differenziert aufgebaut und räumlich stark gegliedert sind.

Die mit Soda angereicherten Böden in den Tiefebenen an der mittleren und unteren Donau sind nahezu gehölzfrei und tragen eine Salzsteppenvegetation aus Gräsern, Kleinstauden und Annuellen.

3.2.2 Die aktuelle Vegetation

Die potentielle Vegetation wurde in weiten Bereichen des Donaueinzugsgebiet durch menschliche Eingriffe stark verändert. Diese Eingriffe reichen regional bis in die Jüngere Steinzeit zurück; spätestens sind sie in der ausgehenden Völkerwanderungszeit und im frühen Mittelalter anzusetzen.

Flächenmäßig wirksam waren zunächst allgemein Ackerbau und Weidewirtschaft. Die Forstwirtschaft und die Inanspruchnahme größerer Flächen für Siedlungen, Industrie und Verkehrsanlagen fallen erst in die jüngste Vergangenheit. Derzeit dürfte es nur noch verschwindend kleine Gebiete im Einzugsgebiet der Donau geben, die vom Menschen nicht oder kaum beeinflusst sind, wenn man von der alpinen und nivalen Stufe der Hochgebirge absieht.

Im oberen Bereich der Donau bis etwa zur Pannonischen Tiefebene ist der Wald außerhalb der Alpen und der höheren Mittelgebirge in vielen Bereichen zu mehr als 2/3 zugunsten von Ackerflächen, Grünland, Siedlungs- und Verkehrsflächen verschwunden. Die Wälder sind in Forste umgewandelt. Ursprüngliche Wälder fehlen so gut wie ganz. In warmen Lagen ist in diesem Raum der Weinbau und die Kultur der Edelkastanie (*Castania sativa*) verbreitet. In den Alpen wurde in den Tälern der Wald zugunsten von Grünland und Siedlungen nahezu völlig entfernt, die Waldgrenze wurde für die Gewinnung von Weideland erheblich abgesenkt. Die Bergwälder werden häufig noch beweidet.

Im Pannonischen Tiefland waren die Waldsteppe und die Salzsteppe zunächst Weideland, das jedoch bis auf geringe Reste in Ackerland umgewandelt wurde.

In den Dinariden hat die Entwaldung zu starker Verkarstung geführt, die heute weder Acker- noch Waldbau erlaubt.

Die Wald- und Grassteppen im Osten des Einzugsgebietes sind teilweise durch Bewässerung in Ackerflächen umgewandelt worden. Die feuchten Flußauen dieses Raumes dienen als Wiesen und Weideflächen.

Wegen der stark zunehmenden Inanspruchnahme der Flußtäler für Landwirtschaft, Siedlungen, Industrie und Verkehrsanlagen sind die Auwälder stark zurückgegangen.

Beispielhaft seien einige Zahlen für den derzeitigen Waldanteil größerer Gebiete genannt. Der Waldanteil im oberen Donaugebiet bis zur Pannonischen Tiefebene ist einschließlich der Alpen mit etwa 35 % einzuschätzen. Der Gesamttraum Ungarn weist etwa 16 % Wald auf, davon die Große Ungarische Tiefebene nur 7 %. In Jugoslawien sind 30 % der Landesfläche von Wald bedeckt. Die Fläche Rumäniens ist zu 25 % bewaldet. Das Bessarabische Hochland ist nur zu 8 % mit Wald bedeckt. Ein mittlerer Waldanteil für das gesamte Donau-einzugsgebiet kann mangels Unterlagen nicht angegeben werden. Es läßt sich jedoch feststellen, daß die Wälder im wesentlichen in den Gebirgen erhalten blieben, wobei in den östlichen Bereichen noch Urwaldreste vorhanden sein dürften.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Vegetation des Donauraumes von Natur aus sehr vielgestaltig ist, im Laufe der Jahrtausendelangen Kulturgeschichte jedoch in weiten Teilen vom Menschen entscheidend umgestaltet wurde, so daß heute die ursprüngliche Vegetation nur noch in Resten vorhanden ist.

4 DAS HYDROGRAPHISCHE NETZ

4.1 Allgemeine Charakteristik

Die zahllosen kleineren und größeren Wasserläufe im Einzugsgebiet eines Flusses bilden in ihrer Gesamtheit das Gewässernetz. Es gleicht einem Baum, dessen Verästelungen hierarchisch aufgebaut sind. Seine Struktur wird geprägt von zahlreichen Faktoren geologischer, petrographischer, morphologischer und klimatischer Art. Hinzu kommt der Einfluß der Vegetation. All diese Faktoren schwanken im Donaeinzugsgebiet wegen dessen großer Ausdehnung von West nach Ost in weiten Bereichen.

Je nach Schwerpunkt kann man ein Gewässernetz nach unterschiedlichen Gesichtspunkten beschreiben. Die klimatischen Faktoren und die Abflußverhältnisse werden in Abschnitt 2 und in den Kapiteln II und III ausführlich behandelt. Darüberhinaus lassen sich das Erscheinungsbild eines Gewässernetzes auf der Erdoberfläche und die zugrunde liegenden Gestaltungsvorgänge noch in zweifacher Weise darstellen:

- nach dem Grundriß des Gewässersystems, d. h. nach der Anordnung und der Dichte der Wasserläufe
- nach topographisch-morphologischen Faktoren; d. h. nach den Eigenschaften der Flußläufe aufgrund der Charakteristika der Geländeform wie Gebirge, Hügelland, Flachland

Für eine großräumige Beschreibung eignet sich das Gewässersystem am besten, denn seine Form, seine Einteilung und die Dichte seiner Wasserläufe geben einen guten Überblick. Dagegen werden einzelne Landschaften besser topographisch-morphologisch charakterisiert.

Die Grundzüge des Gewässersystems

In seiner Gesamtheit gesehen ist das Donaeinzugsgebiet verhältnismäßig symmetrisch: 44 % der gesamten Flächen liegen auf der rechten Seite, 56 % auf der linken Seite. Dem entsprechen 15 bedeutende rechtsufrige und 20 bedeutende linksufrige Nebenflüsse. Am oberen und mittleren Lauf der Donau überwiegen die rechtsufrigen, aus den Alpen kommenden Zuflüsse, während im unte-

ren Teil die linksseitigen, aus den Karpaten kommenden Nebenflüsse dominieren. (Dagegen liefern die rechtsufrigen Zuflüsse mit 66 % einen wesentlich höheren Beitrag zum gesamten Abfluß der Donau als die linke Seite mit 34 %)

Die Flußdichte (km Gewässerlänge/km² Einzugsgebiet) ist ein Maß für die Entwicklung eines Gewässernetzes und ermöglicht Rückschlüsse über das Abflußgeschehen an der Oberfläche. Im gesamten Donaueinzugsgebiet stehen nur sporadische Angaben über die Flußdichte zur Verfügung. Sie reichen jedoch aus, um große Zusammenhänge und die Abhängigkeit vom Relief zu erkennen. Die größte Dichte tritt in den Gebirgen im Vergleich zu ihren jeweiligen Vorländern auf. Beispielsweise hat das gesamte Illergebiet eine mittlere Dichte von 2,2 km/km², wobei an einigen Nebenflüssen im oberen Bereich Werte von über 4 km/km² auftreten. Aufgrund von Einzelermittlungen kann die mittlere Flußdichte in den Alpen mit 2,5 - 3 km/km² angegeben werden. Höchstwerte liegen über 5 km/km². Das Alpenvorland hat eine mittlere Flußdichte von etwa 1 km/km².

Ebenfalls hohe Flußdichten trifft man im unteren Donaueinzugsgebiet mit 3 km/km² im Rila-Gebirge und mit 2 km/km² im Balkangebirge und im Vitosagebirge an.

In den Karpaten ist die mittlere Flußdichte etwas geringer, wobei die größeren Werte an der Innenseite der Karpaten und im Rumänischen Westgebirge, (Bihor-Gebirge), bedingt durch die Exposition, angetroffen werden.

Das Ungarische und das Rumänische Tiefland verzeichnen mit 0,1 - 0,3 km/km² die geringste mittlere Flußdichte im Donaauraum. Durchlässige Oberflächen wie Schotterebenen und Karstgebiete haben ebenfalls geringe Flußdichten, da der größte Teil des Abflusses unterirdisch abläuft.

Topographisch-morphologische Grundzüge

Ebenso wie die Aufteilung der Wasserläufe über die Fläche wird jeder einzelne Flußlauf selbst von den eingangs genannten Faktoren geprägt. Je nach Vorherrschen eines Faktors oder einer Kombination mehrerer Faktoren sind verschiedene topographisch-morphologische Flußtypen unterscheidbar.

Die weltweit in allen Klimazonen anzutreffenden Grundtypen des gestreckten,

verzweigten und mäandrierenden Flußlaufs kommen an der Donau sowie in ihrem Einzugsgebiet vor.

Zwei Merkmale bedingen die Streckung eines Gerinnes: ein starkes Gefälle und eine geologisch-morphologisch verursachte Einengung des Laufes. Letzteres ist bei der Donau wiederholt der Fall.

Der Typ der verzweigten Flüsse ist weit verbreitet und hauptsächlich bei kräftig entwickeltem Geschiebetrieb anzutreffen. Er setzt mittleres und größeres Gefälle voraus. Im Naturzustand wirkt diese komplizierte Gerinneart urwüchsig und ungeordnet, weshalb man oft von einem verwilderten Fluß spricht. In Wirklichkeit reagiert jedoch der Fluß auch hier nur auf die ihn beeinflussenden Kräfte. Die Regellosigkeit ist nur scheinbar.

Wenn bei abnehmendem Gefälle die Flußdynamik erlahmt, verschwinden nach und nach die Verzweigungen und es erscheint der Typ des gewundenen Gerinnes. Der Übergang vollzieht sich selten sprunghaft, sondern in Mischformen, denen die noch vorherrschende Tendenz das Gepräge gibt. Im Netzwerk der Verästelungen bestimmt ein mäanderförmig schwingender Hauptarm zunehmend das Erscheinungsbild des Flusses, während die anderen Rinnen unbedeutende Seitenarme werden.

Die reine, schwingende Mäanderform ist hydraulisch schwierig zu erklären. Man unterscheidet Talmäander, die geologisch herleitbar sind und echte Flußmäander, die sich auf der eigenen Alluvion entwickeln und bewegen.

Echte Flußmäander sind bei der Donau nicht sehr häufig. In ihrem Naturzustand überwiegt der verzweigte Flußtyp mit Übergängen zum mäandrierenden Typ sowie eine Anzahl markanter Engstellen.

4.2 Die Donau

Der Flußlauf und das Tal der Donau sind morphologisch und landschaftlich außerordentlich abwechslungsreich.

Das Längsprofil eines Flusses ist als Leitlinie von Erosion und Auflandung eines der wichtigsten Formenelemente der Landoberfläche. Tektonische, lithologische und klimatische Faktoren, die das Gefälle, das Geschiebe und den Abfluß steuern, geben den Flußläufen und so auch der Donau jeweils ihr eigenes unverwechselbares Gesicht. Der Längsschnitt der Donau (Abb. 1.3) wird

von langgestreckten Beckenformen, Engstellen und einigen schuttkegelartigen Abschnitten geformt.

Die Engstellen eines Flußlaufes werden gern als Erosionsbasis bezeichnet, weil sich oberhalb das Geschiebe staut, das Gefälle dort flacher wird und nach der mit höherem Gefälle durchmessenen Engstrecke gewissermaßen ein neuer Abschnitt beginnt. Zeitweilig kam für ein solches Profil im Zusammenhang mit der Donau sogar der Begriff des Stufentales auf. Es hat sich jedoch gezeigt, daß mehrere Engpässe im Donauebiet nicht die erwartete Auswirkung auf die Entwicklung des Flusses haben. Sie können deshalb in der folgenden Beschreibung der einzelnen Abschnitte nicht als Einteilungskriterium dienen, so auffallend ihre Existenz auch ist.

Größere Wirkung als solche Durchbruchstrecken haben dagegen einige Nebenflüsse aus den Alpen, die aufgrund ihrer großen Geschiebeführung an ihrer Mündung in die Donau große Schuttkegel aufgebaut haben. Diese Nebenflüsse zwangen damit die Donau deutlich zum Geschiebestau und konnten dadurch ihren eigenen morphologischen Charakter auf den Hauptfluß übertragen.

Wie viele seiner Nebenflüsse befindet sich aber der größte Teil des Donaulaufes in Ufergestaltung und Uferbewuchs, in Form und Größe des Querschnitts, in Linienführung, in Geschiebe- und Schwebstoffführung nicht mehr in seinem ursprünglichen Zustand. Selbst die Wasserführung wird zunehmend durch Speicher und Wasserentnahmen beeinflusst.

4.2.1 Vom Ursprung der Donau bis Regensburg

Die heutige Donau entsteht durch die Vereinigung der aus dem Schwarzwald kommenden Quellflüsse Brigach und Breg bei Donaueschingen in 676 m Höhe, 2780 km von ihrer Mündung in das Schwarze Meer entfernt. Das sogleich anschließende Durchbruchstal durch die Schwäbische Alb mit seinen gut ausgeformten Talmäandern ist bereits im älteren Quartär angelegt worden und für den heutigen kleinen Mittelgebirgsfluß viel zu groß. Vor allem die Kalke des Oberen Jura (Malm) sind vielfach verkarstet und so verliert die junge Donau etwa die Hälfte ihrer hier noch bescheidenen Wasserführung an das benachbarte Rheingebiet. Die erste vollständige Versickerung zwischen Immendingen und Möringen (etwa bei km 2753) wurde im Jahre 1874 beobachtet. Die Zahl der Tage mit vollständiger Versickerung hat seitdem bis auf durchschnittlich 135 Tage im Jahr im Zeitraum 1970/1980 zugenommen.

Nach der Durchquerung der Schwäbischen Alb fließt die Donau bis Regensburg (km 2376) im Grenzbereich zwischen diesem Höhenzug und dem Alpenvorland des Schwäbisch-Bayerischen Molassebeckens. Bereits hier beginnt die Charakteristik der Talweitungen und Durchbruchsstrecken sowie der seitlichen Schwemmkegel.

In Ulm (km 2588), der ersten größeren Stadt an ihrem Lauf, wird die Donau mit Aufnahme der Iller zu einem bedeutsamen Fluß mit rd. 7500 km² Einzugsgebiet und 80 m Breite. Ab hier wurde die Donau in früheren Zeiten mit kleinen, hölzernen Schiffen befahren. Das alpine Abflußregime der Iller und vor allem die Geschiebeführung haben einen bedeutenden Einfluß auf den Charakter der Donau. Der Mittelgebirgsfluß, der sich in seinem ursprünglichen Zustand in zahlreichen Windungen durch das Tal geschlängelt hatte, bekommt mit der Geschiebezufuhr die Tendenz, außerdem noch Verzweigungen zu bilden und seine Lage fast bei jedem Hochwasser zu verändern. Die stark angewachsene Häufigkeit der Sommerhochwasser ließ früher kaum eine landwirtschaftliche Nutzung des Talgrundes zu.

Der Lech, der bei km 2497 mündet, war im Naturzustand sehr geschiebereich. Sein Schuttkegel hat bei Donauwörth die Donau an den nördlichen Talrand gedrängt und im Donaulauf einen Geschiebestau hervorgerufen. Der alpine Charakter der Donau wird dadurch noch verstärkt. Die Geschiebemassen beeinflussen die Donau bis zur Weltenburger Enge. Sowohl in der Enge bei Steppberg (km 2486 - km 2478), kurz unterhalb von Donauwörth, als auch vor der Weltenburger Enge (km 2422 - km 2414), staute sich das Geschiebe ebenfalls und wurde je nach Wasserführung schneller oder langsamer durch die Engstellen getriftet. Die genannten Engstellen bilden somit nicht unbedingt eine eigene flußmorphologische Einheit, in der eine Felssohle wirksam würde, sondern sie verursachen lediglich einen vorübergehenden Stau der Lockersedimente. Der Fluß behält seine Geschiebesohle und seinen alpinen Habitus.

Wenn man das mittlere Gefälle zwischen Ulm und Regensburg von rd. 0,65 o/oo in seinen einzelnen Abschnitten betrachtet, zeigt sich der morphologische Charakter des Flusses: Von 1,1 o/oo bei Ulm nimmt es auf 0,4 o/oo oberhalb der Lechmündung ab. Von 0,8 o/oo unterhalb der Lechmündung auf der unterstromigen Seite des Schuttkegels verringert es sich wieder bis auf 0,3 o/oo in Regensburg.

Die Donau ist in diesem obersten Abschnitt seit langem reguliert, der Geschiebetrieb sowie die Geschiebezufuhr aus Iller und Lech sind weitgehend durch den Bau von Staustufen unterbunden.

4.2.2 Von Regensburg bis Bratislava

Bei Regensburg, (km 2379), im Grenzbereich zwischen dem Schwäbisch-Fränkischen-Jura, dem Altkristallin des Bayerischen Waldes (eines Teils der Böhmisches Masse) und dem nördlichsten Ausläufer des Molassebeckens, erreicht die Donau ihren nördlichsten Punkt.

Mit dem Zufluß von Altmühl, Naab und Regen erhält die Donau dort wieder viel an Mittelgebirgscharakter zurück. In Regensburg beginnt bei einer Flußbreite von rd. 130 m die internationale Schifffahrtsstraße.

Auf ihrem weiteren, nunmehr generell nach Südosten gerichteten Lauf, fließt die Donau zunächst am südlichen Rand des Bayerischen Waldes durch eine weite Talebene in zahlreichen Mäandern auf den gewaltigen Schuttkegel der Isar zu, wobei ihr Gefälle von 0,3 o/oo bis auf 0,1 o/oo abnimmt. Der bis hierher auch morphologisch wesentlich schwächer gewordene alpine Charakter wird durch den Zufluß der früher außerordentlich geschiebereichen Isar kräftig belebt. Das Gefälle steigt auf 0,23 o/oo und die Flußbreite auf 175 m.

Im folgenden Übergangsbereich zwischen der kristallinen böhmischen Masse und dem Alpenvorland wechseln in rascher Folge Engtäler und Becken, da der Fluß immer wieder Ausläufer des Gebirges durchbrechen muß. In der ersten Durchbruchstrecke von Vilshofen (km 2250) bis Aschach (km 2160), die durch einen südlichen Ausläufer des Böhmerwaldes führt, liegt die Innmündung mit der Stadt Passau (km 2225).

Der mit der Isar wieder verstärkte alpine Charakter wird mit der Aufnahme des wasser- und geschiebereichen Inn in der Donau dominierend. Die hohe Schwebstofffracht des Inn von durchschnittlich 3,1 Mill. to im Jahr, stammt im wesentlichen aus den Gletschergebieten und wird im jetzigen ausgebauten Zustand hauptsächlich bei Hochwasser abgeführt. Die Flußbreite der Donau nimmt auf ca. 300 m zu.

Der Inn selbst konnte keinen direkten Schuttkegel zur Donau hin aufbauen, da seine Mündung im harten Kristallingestein liegt und er keine Talausweitung

schaffen konnte. Die Mündungsstrecke ist ein epigenetisches Durchbruchstal, sowohl für die Donau wie für den Inn. Die durch den Inn praktisch verdoppelte Wasserführung sorgt aber für einen relativ raschen Geschiebetransport. Die Geschiebestaue hielten sich auch früher im Naturzustand in Grenzen.

Nach dieser ersten Durchbruchsstrecke im Kristallin, in der die deutsch-österreichische Grenze verläuft, folgen das Eferdinger Becken (km 2160 - km 2144) und das Engtal Wilhering-Linz. In die anschließenden Talbecken, das Linzer Feld und das Machland (km 2137 - km 2082) münden nicht weit voneinander entfernt die Traun und die Enns. Von diesen beiden Nebenflüssen wird der alpine Charakter der Donau nochmals verstärkt.

Weiter folgen: das Durchbruchtal des Strudengaus zwischen Ardagger und Ybbs-Persenbeug, der Nibelungengau und das kleine Pöchlarnier Becken (km 2059 - km 2036), das Engtal der Wachau und das Tullner Feld (km 2002 - km 1945). Nach dem Durchbruch durch die Flyschzone in der Wiener Pforte gelangt die Donau in das Wiener Becken (km 1937 - km 1884).

Unterhalb von Wien fließt die Donau bis zur Mündung der March durch eine breite Auenlandschaft. In der Porta Hungarica (Pforte von Devin, Hundsheimer Pforte) bildet die Donau nach der Einmündung der March auf rd. 8 km die österreichisch-tschechoslowakische Staatsgrenze und tritt dann in die Ungarische Tiefebene ein.

Das mittlere Gefälle zwischen Vilshofen und Bratislava von 0.43 o/oo ist erstaunlich gleichmäßig. Die zahlreichen Engstellen mit ihren früher für die Schifffahrt sehr gefährlichen Felsauftragungen treten wegen der starken Geschiebeführung kaum oder gar nicht als Knickpunkte in Erscheinung. Die Breite der Donau beträgt flußabwärts von Passau in den Flachlandstrecken 300 m - 400 m, in den Engtalstrecken geht sie stellenweise bis auf 110 m zurück.

In den weiten Talbecken hatte die Donau früher das für geschiebeführende Flüsse typische verzweigte Flußbett, das seine Lage bei jedem Hochwasser änderte. Heute sind diese Strecken reguliert. Die Geschiebeführung und die Geschiebezufuhr aus den alpinen Nebenflüssen ist durch Staustufen weitgehend unterbunden.

4.2.3 Von Bratislava bis Budapest

Anschließend an den Alpen-Karpaten-Durchbruch bei Bratislava fließt die Donau durch die Kleine Ungarische Tiefebene. Das Ungarische Mittelgebirge wird auf beiden Seiten von einem Hügelsaum begleitet, in den die Donau unterhalb von Komarom/Komarno (km 1770) eintritt. Zwischen dem Börzsöny- und Pilis-Gebirge erfolgt dann der Durchbruch durch das Ungarische Mittelgebirge in einem teilweise tief eingeschnittenen Tal (Visegrader Tor, km 1718 - km 1695).

Bei Vac (km 1680) wird die Donau zu einer scharfen Richtungsänderung nach Süden gezwungen. Im Bereich von Budapest endet der Hügelsaum südöstlich des Ungarischen Mittelgebirges.

Alle Flüsse, die in das Pannonische Becken einströmen, bilden an seinem Rand einen Schuttkegel, auf dem sie den größten Teil ihrer Geschiebefracht liegen lassen. Die Donau bildet mit dem Vah einen gemeinsamen, spindelförmigen Schuttkegel, der von Bratislava bis Komarom/Komarno reicht. Das aus den Karpaten kommende Geschiebe hat ihn dabei etwas nach Süden abgedrängt.

Auf diesem Schuttkegel teilt sich die Donau in drei Arme. In die nach Norden abzweigende Kleine Donau, die sich nach rd. 100 km bei Komarom/Komarno wieder mit dem Hauptarm vereinigt, münden die Nebenflüsse Vah und Nitra. Die Mosoner Donau, die sich nach Süden abtrennt, nimmt die aus den Ostalpen kommenden Nebenflüsse Leitha, Rabnitz und Raab auf, bevor sie nach rd. 60 km bei Gönyü (km 1791) wieder in den Hauptstrom zurückfließt. Die von den drei Donauarmen umschlossenen Inseln werden als Große Schüttinsel (im Norden) und Kleine Schüttinsel/Szigetköz (im Süden) bezeichnet. Die Kleine Schüttinsel ist von ausgedehnten Auwäldern und den Resten abgeschnittener Flußarme bedeckt, denn auch der Hauptarm selbst war früher im Naturzustand stark verzweigt.

Die morphologischen Veränderungen in diesem Teil des Donaulaufes sind auch deutlich im Längsschnitt erkennbar (Abb. 2.3). Die große Auflandungsstrecke unterhalb von Bratislava zeigt, wie bei Schuttkegeln üblich, eine Tendenz zur konvexen, d. h. nach oben umgebogenen Form. Hier deutet sich morphologisch der Übergang vom alpinen Fluß zum Tieflandfluß an. Der alpine Abflußcharakter bleibt allerdings noch über eine längere Strecke hin erhalten.

Am Fuße des großen Schuttkegels bei km 1810 verringert sich das Gefälle der

Donau schlagartig von 0,35 o/oo auf 0,17 o/oo und dann bei der Einmündung der Mosoner Donau bei Gönyü auf 0,10 o/oo. Im Abschnitt von der Einmündung der Kleinen Donau bei Komarom/Komarno bis Budapest nimmt das Gefälle weiter ab auf 0,07 o/oo. Dort werden nochmals erhebliche Geschiebemengen abgelagert, was wieder zu Verzweigungen und zur Entstehung der verhältnismäßig großen Inseln Szentendre und Csepel führte.

Die Breite der Donau nimmt ab Gönyü von durchschnittlich 300 m auf durchschnittlich 400 m zu.

4.2.4 Von Budapest bis zum Eisernen Tor

Die Donau tritt südlich von Budapest in die Große Ungarische Tiefebene, ein und fließt über ca. 600 km an ihrem westlichen und dann südlichen Rand entlang. Nur im Bereich zwischen Mohacs und der Einmündung der Drau greift ein größerer Ausläufer dieser weiten Ebene auf die rechte Donauseite über. Dort hat das Flußbett der Donau zahlreiche Verzweigungen. Bei Vukovar wird die Donau durch die Fruska Gora, einen Ausläufer des Kroatischen Mittelgebirges, wieder zu einer Änderung ihrer Laufrichtung gezwungen. Die nunmehr südöstliche Fließrichtung behält sie in großen Zügen bei bis unterhalb des Donau-Durchbruches am Eisernen Tor.

Die Pannonische Tiefebene stellt ein weites Senkungsfeld dar, das mindestens seit dem Jungtertiär, - kaum unterbrochen -, bis heute absinkt. Die starke Aufschüttung der Donau und ihrer voreiszeitlichen Vorgänger (bis 1100 m) vermochte die ständige Senkungstendenz nicht ganz auszugleichen. Größere und zahlreiche Verzweigungen des Flußlaufes, aber auch ausgedehnte Sumpfgebiete waren die Folge.

Der morphologische Typus des Flachlandflusses wird nach dem Eintritt in das Pannonische Becken immer ausgeprägter. Das Gefälle nimmt von Budapest bis zur Mündung der Drau von 0,07 o/oo auf 0,05 o/oo ab und sinkt bis zum Donau-durchbruch beim Eisernen Tor weiter auf 0,04 o/oo. Die mittlere Breite nimmt von 400 m entsprechend dem Anstieg der Wasserführung und dem geringer werdenden Gefälle bis auf 800 m - 1000 m vor der Kataraktenstrecke zu.

Im nord-südlich gerichteten, hauptsächlich ungarischen Abschnitt der Donau, fließt ihr nur der wasserarme Sio (km 1497) zu, der kanalisierte Abfluß des Plattensees (Balaton).

Im unteren, jugoslawischen Teil des Donaulaufes münden ihre größten und wasserreichsten Nebenflüsse. Nach Aufnahme der aus den Südostalpen kommenden Drau (km 1384) bleibt der Donau der alpine Abflußcharakter in großen Zügen noch erhalten. Die von Norden zuströmende Theiß (km 1215) ist mit rd. 157 000 km² Einzugsgebiet der flächenmäßig größte Nebenfluß. Schon nach 44 km mündet von rechts bei Belgrad die Save, mit rd. 96 000 km² der nächstgrößte Zubringer. Durch diese Zuflüsse erfolgt eine grundlegende Veränderung des Abflußregimes. Die Theiß ist ein typischer Flachlandfluß und die Save weist mediterrane Einflüsse auf. Die beiden letzten Zuflüsse vor der Kataraktenstrecke sind von links die Temesch (km 1154) und von rechts die Velika Morava (km 1103).

Im Abschnitt von der Drau bis zum Donaudurchbruch nimmt das Einzugsgebiet der Donau um rd. 270 % zu, wobei der mittlere Abfluß um rd. 85 % auf 5700 m³/s steigt. Das sind bereits 87 % der Wasserfracht an der Mündung, obwohl das Einzugsgebiet erst 70 % der Gesamtfläche ausmacht.

Bei Moldova Veche (km 1048) tritt der Strom in die 117 km lange Kataraktenstrecke zwischen den Karpaten und dem Balkengebirge (Stara Planina) ein. Der Strom wird hier stellenweise bis auf eine Breite von 150 m zusammengeschnürt. Das mittlere Gefälle beträgt 0,245 o/oo, wobei es bei Niedrigwasser zwischen 0,04 o/oo und 4,0 o/oo schwankte. Zwischen den Engstellen mit großem Gefälle und Geschwindigkeiten liegen kleine Talbecken. In den von harten Felsbänken gebildeten Katarakten wird das Niedrigwasser nochmals in schmale, tiefe Rinnen zusammengedrängt, deren Sohle an einer Stelle sogar bis zu rd. 10 m unter den Wasserspiegel des Schwarzen Meeres reicht. Von den Engstellen (Stenka, Kozla-Dojke, Izlas-Tachtalja, Juz-Katarakt, Kazan-Enge und Eisernes Tor) sind die beiden letzten am bedeutendsten. Meist wird die Bezeichnung "Eisernes Tor" für die gesamte Kataraktenstrecke verwendet. Sie ist heute durch ein Kraftwerk (km 943) vollständig eingestaut. Die frühere Breite der Donau von 150 m - 300 m in den Engstellen wurde dadurch auf 2300 m vergrößert.

4.2.5 Vom Eisernen Tor bis Silistra

In ihrem letzten Abschnitt bis zur Mündung bildet die Donau von der Mündung des Timok (km 846) bis Silistra (km 375) die rumänisch-bulgarische Grenze. Sie hat in großen Zügen eine östliche Richtung. Als durchschnittlich etwa

800 m breiter, träger Strom fließt die Donau mit einem Gefälle von 0,05 o/oo durch eine breite Auenlandschaft, die besonders am linken, rumänischen Ufer gut entwickelt ist. Das Überschwemmungsgebiet erreicht hier Breiten bis zu 10 km. Der Strom wird von zahlreichen Flußseen begleitet.

Das rechte bulgarische Ufer wird von einer schmalen Aue und dem anschließenden Steilufer der bulgarischen Kreidetafel (bis 200 m hoch) gebildet.

Die rumänischen Zuflüsse sind in ihrer Reihenfolge von West nach Ost der Jiu, Olt, Vedeia und Arges.

Rechtsseitig münden die bulgarischen Zuflüsse: Iskar, Vit, Osam, Jantra und Lom. Ihre Bedeutung für die Donau ist geringer als die der rumänischen Zuflüsse. Es ist für alle Donauzuflüsse im unteren Abschnitt bezeichnend, daß sie bei großen Einzugsgebieten, aber geringen Abflußspenden, keinen bedeutenden Einfluß auf die Donau haben.

Das Geschiebe ist unterhalb des Eisernen Tores kleiner geworden, dennoch ist die Donau nach wie vor geschiebe- und vor allem schwebstoffreich, wozu besonders auch die Save und die Theiß beitragen. Die Auswirkungen sind in den zahlreichen Verzweigungen des Flußlaufes erkennbar sowie in der Abdämmung von Zuflüssen mit geringerer Transportfähigkeit zu Uferseen (Flußlimane). Echte Mäanderbögen sind selten. Die Schleife von Vidin kann man hierzu zählen.

4.2.6 Von Silistra bis zur Mündung ins Schwarze Meer

Unterhalb Silistra erfolgt eine Richtungsänderung nach Norden. Sie wird vom herzynischen Sockel der Dobrudscha sowie von einer rezenten Senkungszone südlich von Braila bewirkt.

Von der Donau, deren Gefälle bis Braila im Mittel 0,04 o/oo beträgt, trennt sich linksseitig der Borcea-Arm vom Hauptstrom. Gemeinsam umschließen die beiden Arme die 80.000 ha große Balta-Ialomitei. Es ist dies eine 134 km lange Insel. Bei Vadu Oii vereinigen sich die beiden Arme, um sich nach 3,3 km wieder um die 86.000 ha große Balta-Brailei zu teilen.

Die beiden "Balti" sind überschwemmbar Gebiete, die in ihrer Unberührtheit

und Artenreichtum der Flora und Fauna ein einmaliges Gebiet in Europa darstellen.

Im Abschnitt zwischen den Balti empfängt die Donau von links die Ialomita.

Bei Braila vereinigen sich die Donauarme wieder und das Gefälle wird bis zur Mündung noch geringer: 0.01 o/oo - 0.004 o/oo. Unterhalb von Galati erfolgt eine jähe Rechtswendung der Donau. Sie fließt entlang des Nordrandes der Dobrudscha nach Osten und mündet in einem großen Delta ins Schwarze Meer. Vor und nach Galati nimmt die Donau die beiden letzten großen linksseitigen Zuflüsse, den Siret und den Prut auf.

Oberhalb von Tulcea teilt sich die Donau in zwei Hauptarme: den nördlichen Chilia/Kilija-Arm mit 62 % und den Tulcea-Arm mit 38 % der Wasserfracht. Zwischen ihnen liegt die Letea-Insel.

Kurz darauf teilt sich der Tulcea-Arm in den mittleren Arm des Deltas, den Sulina-Arm, der der Großschifffahrt dient und den südlichen Sfintu Gheorghe-Arm, der nur lokale Bedeutung hat.

Das somit entstandene Donaudelta ist ein riesiges amphibisches Gebiet mit einer Fläche von 5640 km². Es hat die Form eines gleichseitigen Dreiecks mit einer Seitenlänge von 70 km und beherbergt eine Flora und Fauna, deren Artenreichtum sich weithin erhalten konnte.

Das Delta besteht außer den drei Hauptarmen aus einer Vielzahl von Kanälen und schwimmenden Inseln, genannt "Plauri". Annähernd zwei Drittel der Deltafläche ist durch ihre geringe absolute Höhe fast ständig unter Wasser (2000 km² unter dem Spiegel des Schwarzen Meeres, 1500 km² nur wenig darüber).

Die drei Hauptarme teilen sich ihrerseits bei der Mündung ins Meer in eine Reihe kleinerer Arme und bilden so ihr eigenes Delta.

Durch die große Schwebstoffführung der Donau schiebt sich das Delta immer weiter ins Meer vor, wo es durch die Meeresströmungen eine andauernde Umbildung erfährt.

Auch das Deltagebiet wird, wie der gesamte untere Abschnitt der Donau, von Flußseen begleitet.

Flußmorphologisch ändert sich am Charakter des Stroms nichts mehr, da die Sedimentführung etwa gleich bleibt. Darauf deutet auch die weiterhin bestehende Abdämmung von Uferseen hin sowie die Aufspaltung in verschiedene Arme. Letztlich zeigt dies auch die Form des Donaudeltas, die mehr eine Schaufelform darstellt. Ausgeprägte Tief- oder Flachlandflüsse, die große Schwebstoffmengen führen, neigen mehr zur Mäandrierung und an ihrer Mündung -sofern die Bildung eines Deltas möglich ist - mehr zur sogenannten Vogelfußform, bei der sich die einzelnen Arme weit vorschieben (z. B. Mississippi).

4.3 Die größten Nebenflüsse der Donau

Im Gewässernetz eines so mächtigen Stromes wie der Donau gibt es auch zahlreiche bedeutende Nebenflüsse. In die Donau selbst münden ca. 120 Flüsse, von denen die größten wiederum bedeutende Nebenflüsse haben (Nebenflüsse, II. Ordnung). Eine Übersicht über die wichtigsten Nebenflüsse I. Ordnung gibt Tabelle 1.4. In Tabelle 1.5 ist eine Auswahl von Flüssen zusammengestellt, die in den Sprachen des Donauraumes mit unterschiedlichen Namen bezeichnet werden.

Manche Nebenflüsse sind so bedeutend, daß eine umfassende Beschreibung jeweils eine eigene Monographie ergeben würde. Sie können deshalb an dieser Stelle nur in großen Zügen behandelt werden.

4.3.1 Die südlichen Nebenflüsse vom Ursprung der Donau bis Budapest

Sie entwässern den nördlichen Teil der Alpen und das Alpenvorland. Bis in die Zentralalpen reichen jedoch nur der Inn, sein größter Nebenfluß Salzach und die Enns mit größeren Teilen ihrer Einzugsgebiete. Diese Flüsse haben in ihrem Oberlauf in den größeren Längstälern der Alpen zunächst etwa die gleiche Richtung wie die Donau. Jeweils nach einem kurzen Durchbruchstal durch die nördlichen Kalkalpen fließen sie wie alle anderen Nebenflüssen dieses Bereiches in nördlicher oder nordöstlicher Richtung durch die Moränengebiete und Schotterfelder des Voralpenlandes der Donau zu.

Tab. 1.4 Die bedeutendsten Nebenflüsse der Donau

| | Mündung bei Donau km | Seite | Länge km | Einzugsgebiet km ² |
|---------------------------------------|-------------------------|--------|-------------|----------------------------------|
| Iller | 2 588 | rechts | 172 | 2 152 |
| Lech | 2 497 | rechts | 254 | 4 125 |
| Altmühl | 2 411 | links | 224 | 3 256 |
| Naab | 2 385 | links | 191 | 5 508 |
| Regen | 2 379 | links | 191 | 2 874 |
| Isar | 2 282 | rechts | 283 | 8 964 |
| Inn | 2 225 | rechts | 515 | 26 130 |
| Traun | 2 125 | rechts | 146 | 4 277 |
| Enns | 2 112 | rechts | 349 | 6 080 |
| Ybbs | 2 057 | rechts | 131 | 1 293 |
| Kamp | 1 981 | links | 147 | 2 134 |
| March | 1 880 | links | 329 | 26 658 |
| Mosoner Donau (Leitha + Raab etc.) | 1 794 | rechts | | 18 061 |
| Vah | 1 766 | links | 378 | 10 641 |
| Hron | 1 716 | links | 284 | 5 465 |
| Ipel | 1 708 | links | 233 | 5 151 |
| Siō | 1 497 | rechts | 190 | 14 728 |
| Drau | 1 384 | rechts | 707 | 40 150 |
| Theiß | 1 215 | links | 966 | 157 220 |
| Save | 1 171 | rechts | 940 | 95 719 |
| Temesch | 1 154 | links | 371 | 16 224 |
| Velika Morava | 1 103 | rechts | 245 | 37 444 |
| Timok | 846 | rechts | 184 | 4 630 |
| Jiu | 692 | links | 331 | 10 070 |
| Iskar | 637 | rechts | 368 | 8 646 |
| Olt | 604 | links | 670 | 24 010 |
| Jantra | 537 | rechts | 286 | 7 862 |
| Vedea | 526 | links | 215 | 5 450 |
| Arges | 432 | links | 327 | 12 590 |
| Ialomita | 244 | links | 400 | 10 430 |
| Siret | 155 | links | 726 | 47 610 |
| Prut | 134 | links | 967 | 27 540 |

Tab. 1.5 Verzeichnis von Flußnamen und geographischen Eigennamen in den Sprachen des Donaugebietes

| Deutsch | Tschechoslowakei | Ungarn | Jugoslawien | Rumänien | Bulgarien | Russisch | Benennung im Text |
|-----------------------------|------------------|--------------|-------------|-----------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|
| Donau | Dunaj | Duna | Dunav | Dunare | Dunav | Dunaj | Donau |
| March | Morava | Morava | | | | | March |
| Thaya | Dyje | | | | | | Thaya |
| Kleine Donau | Maly Dunaj | | | | | | Maly Dunaj |
| Mosoner Donau | Mosonský Dunaj | Mosonyi Duna | | | | | Mosoner Donau |
| Leitha | Litava | Lajta | | | | | Leitha |
| Raab | | Rába | | | | | Raab |
| Rabnitz | | Rábca | | | | | Rabnitz |
| Waag | Váh | Vág | | | | | Váh |
| Gran | Hron | Garam | | | | | Hron |
| Eipel | Ipel | Ipoly | | | | | Ipel |
| | Slaná | Sajo | | | | | Slaná/Sajo |
| | Bodrog | Bodrog | | | | | Bodrog |
| Hernad | Hornád | Hernád | | | | | Hernad |
| Drau | Drava | Drava | Drava | | | | Drau |
| Mur | | Mura | Mura | | | | Mur |
| Theiß | Tisa | Tisza | Tisa | Tisa | | Tisa | Theiß |
| | | Szamos | | Someş | | | Someş/Szamos |
| | | Körös | | Criş | | | Criş/Körös |
| | | Maros | | Mureş | | | Mureş/Maros |
| Save | Sáva | Száva | Sava | | | | Save |
| Temesch | | Temes | Tamis | Timis | | | Temesch |
| Siret | | | | Siret | | Siret | Siret |
| Prut | | | | Prut | | Prut | Prut |
| Siebenbürgisches Hochland | | | | Podisul Transilvanian | | | Transsylvanisches Hochland |
| Bessarabische Hochfläche | | | | | | Basarabische Hochfläche | Bessarabische Hochfläche |
| Dobrudscha | | | | Dobrogea | | | Dobrudscha |
| Balkengebirge | | | | | Stara Planina | | Balkengebirge |
| Plattensee | | Balaton | | | | | Plattensee |
| Kleine Ungarische Tiefebene | | Kisalföld | | | | | Kleine Ungarische Tiefebene |
| Große Ungarische Tiefebene | | Alföld | | | | | Große Ungarische Tiefebene |
| Lomnitzer Spitze | Lomnický Stit | | | | | | Lomnitzer Spitze |

Die gemeinsamen Merkmale der aus den Alpen kommenden Nebenflüsse sind so typisch, daß für sie der Begriff "alpiner Charakter" geprägt wurde:

- beim Abfluß ist es der große Unterschied zwischen Sommer und Winter. Die viel höheren Abflüsse im Sommer gehen zurück auf die höheren Niederschläge in dieser Jahreszeit, die Schneeschmelze und teilweise auch auf Gletschergebiete. Hochwasser treten fast nur im Sommerhalbjahr auf. Sie werden durch Starkregen und teilweise noch zusätzlich durch Schneeschmelze verursacht.
- morphologisch ist es die hohe Geschiebeführung, die dem Gebirge entstammt. Sie wird durch das hohe Gefälle, das in den Unterläufen nur bis in die Größenordnung von 1 o/oo zurückgeht, bis in die Donau eingetragen. In ihrem Naturzustand, liefen diese Flüsse in mehrfach geteilten, sich ständig verlagernden Flußbetten durch die Täler des Gebirges und das Alpenvorland. Heute sind sie fast vollständig reguliert.

I l l e r , L e c h und I s a r entspringen in den niederschlagsreichen nördlichen Kalkalpen. Das anschließende Alpenvorland bis zur Donau erlangt in ihrem Bereich die größte Breite und wird dann nach Osten zu immer schmaler.

Der I n n ist der längste und wasserreichste Donauzufluß in deren oberen Abschnitt. Auf seinem Weg verbindet er die Schweiz (100 km), Österreich (190 km) und die Bundesrepublik Deutschland. Ein kleiner Teil (253 km²) des Einzugsgebietes liegt in Italien. Der Inn entspringt in 2480 m Höhe als Abfluß des Lunghino Sees in den Schweizer Zentralalpen und durchfließt zunächst im Tal des Engadin zwischen den beiden Zentralketten der Rhätischen Alpen eine Kette von vier Seen. Mit dem Durchbruch durch einen östlichen Ausläufer des Silvretta-Massivs gelangt der Inn nach Österreich und tritt dort wieder in ein östlich-nordöstlich orientiertes Längstal zwischen Zentralalpen und nördlichen Kalkalpen ein. Über ein kurzes Quertal durch die Kalkalpen bei Kufstein erreicht der Inn das deutsche Alpenvorland. Dort durchquert er den Moränengürtel und die Terrassenlandschaft des Alpenvorlandes in zwei großen Bögen mit nordöstlicher Grundrichtung. Oberhalb seiner Mündung in die Donau bei Passau durchbricht der Inn in einem engen Tal den Neuburger Wald, einen Ausläufer des aus Urgestein bestehenden Bayerischen Waldes. Vor dieser Engstelle können bei Hochwasser Wassertiefen bis über 12 m auftreten.

Das Abflußverhalten des Inn ist geprägt durch sein hochalpines Einzugsgebiet mit rd. 720 km² Gletscherflächen, davon 156 km² im Gebiet der Salzach. Die größten Niederschläge erhält das Innggebiet jedoch nicht am Oberlauf, sondern im Bereich des Alpenrandes, wo das langgestreckte Einzugsgebiet seine größte Breite erreicht. Hier entstehen die meisten Hochwasser, während die inneralpinen Einzugsgebiete nur selten an großen Hochwassern beteiligt sind. Der Inn bestimmt in großem Maße das bis zur Einmündung der Save vorherrschende alpine Abflußverhalten der Donau.

Die **S a l z a c h** (225 km, 6722 km²) ist der größte Zufluß des Inn, den sie mit ihrem ungestümen Charakter stark beeinflusst. Die Hochwasserabflüsse bei ihrer Mündung in den Inn können etwa ebenso groß sein wie die des Inn ohne Salzach.

Die **T r a u n** entspringt am Fuße des Dachsteins und durchfließt dann zwei Seen, den Hallstätter See und den Traunsee. Ihr Abflußverhalten wird noch durch weitere Seen des Salzkammergutes beeinflusst. Hier endet der Gürtel der großen, glazial entstandenen Seen des Alpenrandes und Alpenvorlandes, der im Westen im Einzugsgebiet der Isar beginnt.

Die **E n n s** kommt aus einem der niederschlagsreichsten Gebiete der Alpen und ist deshalb auch derjenige Nebenfluß der Donau mit der größten mittleren Abflußspende.

Die **Y b b s** ist der letzte, größere Alpenzufluß in diesem Bereich, der bei seiner Mündung in die Donau den typischen alpinen Charakter noch vollständig hat.

L e i t h a, **R a b n i t z** und **R a a b** entwässern bereits das nicht mehr so niederschlagsreiche östliche Ende der Alpen. Bei ihrem Eintritt in die Kleine Ungarische Tiefebene verlieren sie ihre Geschiebeführung. Die Einzugsgebiete bei ihrer Einmündung in die Mosoner Donau in Ungarn liegen bereits zu einem erheblichen, teilweise sogar überwiegenden Anteil im Hügel- und Flachland.

4.3.2 Die nördlichen Nebenflüsse vom Ursprung der Donau bis Bratislava

Die Zuflüsse aus den deutschen Mittelgebirgen und dem Böhmischem-Mährischen

Massiv sind typische Mittelgebirgsflüsse mit teilweise wenig Gefälle, geringer Geschiebeführung und einem ziemlich ausgeglichenen Abflußverhalten zwischen Sommer und Winter. Der Einfluß von Altmühl, Naab, Regen, Kamp, und March auf die Donau ist insgesamt gesehen im Vergleich zu den Alpenflüssen gering. Letztere dominieren nicht nur durch wesentlich höhere Abflußspenden, sondern auch durch ein erheblich größeres Einzugsgebiet. Im Bereich des Bayerischen Waldes und des Böhmerwaldes rückt die Wasserscheide zur Vltava, die zur Elbe entwässert, so nahe an die Donau heran, daß ihr nördliches Einzugsgebiet hier sehr schmal wird.

Teile des Einzugsgebietes von Altmühl und Naab bestehen aus verkarstem Jura. Der östliche Teil des Naabgebietes und die Einzugsgebiete von Regen und Kamp liegen im kristallinen Urgestein. Durch das geringe Speichervermögen des Bodens können die Abflußspenden bei Niedrigwasser hier sehr gering sein.

Die *M a r c h* bildet den Abschluß dieser Gruppe der nördlichen Mittelgebirgsflüsse und ist zugleich der größte von ihnen. Sie entspringt im Kralicky Sneznik Gebirge in 1275 m Höhe über dem Meeresspiegel und durchquert die Tschechoslowakei von Norden nach Süden, wobei ihr Gefälle im Flachland 0,3 o/oo beträgt. Das baumförmige Flußnetz ist asymmetrisch linksseitig entwickelt.

Der bedeutendste Nebenfluß der March ist die *T h a y a* (287 km, 13.418 km²), die über ein stark gegliedertes Gewässernetz die Osthänge des Böhmischo-Mährischen Hügellandes entwässert und viel zu ihrem Mittelgebirgscharakter beiträgt. Sie entsteht aus dem Zusammenfluß der österreichischen und der Mährischen Thaya bei der Stadt Raabs. Ihre Zuflüsse Svatka und Jihlava entwässern den südlichen Teil der "böhmischen Masse".

4.3.3 Die nördlichen Nebenflüsse von Bratislava bis Budapest

Diese Flüsse kommen wieder aus teilweise ziemlich hohen Gebirgen: der Vah aus der Tatra, der Hron aus der Niederen Tatra und dem Slowakischen Erzgebirge sowie die Ipel von der Südseite des Slowakischen Erzgebirges. Sie fließen alle in südwestlich gerichteten Bögen der Donau zu.

Die unterschiedliche geologische Entwicklung und Struktur des Böhmischo-Mäh-

rischen Einzugsgebietes und der jüngeren Karpaten spiegelt sich auch in der Form und dem Entwicklungsgrad des Gewässernetzes wieder. Im Vergleich zum Flußnetz des ersteren ist in den Karpaten ein wenig entwickeltes, federförmiges Flußsystem anzutreffen. Dieser Charakter ändert sich erst bei den ostslowakischen Flüssen Slana/Sajo und Bodrog, die über die Theiß in die Donau entwässern.

Der V a h , nach Länge und Abfluß der größte tschechoslowakische Donauzufluß, entsteht aus dem Zusammenfluß des Biely und Cierny Vah. Nach dem Becken von Liptov nimmt er von rechts die wasserreiche Orava auf und durchströmt ein enges Tal zwischen den Weißen Karpaten und dem Strazov-Gebirge in südwestlicher Richtung. Nach Nove Mesto weitet sich das Tal stark aus. Dem Unterlauf wurde bei der Stadt Nove Zamky die parallel zum Vah verlaufende Nitra im Jahre 1971 durch einen Kanal zugeleitet. Das Einzugsgebiet des Vah ist bei fast gleicher Länge um fast 2/3 kleiner als das der March. Dies beweist, daß das Flußnetz in den Karpaten schwächer entwickelt ist. Die Zuflüsse aus dem Gebirge sind kurz und haben ein großes Gefälle. Das Gefälle des Vah beträgt im Oberlauf 4 o/oo und im Unterlauf 0,8 o/oo.

Der H r o n verläuft in etwa parallel zum Vah in einem etwas kleineren Bogen. Zwischen Niederer Tatra und Slowakischem Erzgebirge fließt er zunächst in westlicher Richtung, stößt dann auf das Kremnicke-Gebirge und wendet sich nach Süden. Bis zu seinem Austritt durch das "Slowakische Tor" in die obere Donauebene, wechseln Engtäler, Becken und Schluchten einander ab. Vah und Hron haben in ihrem Ober- und zum Teil auch Mittellauf einen ausgeprägten Gebirgscharakter, mit hohem Gefälle und großen Fließgeschwindigkeiten.

Nur der Oberlauf des IpeI/Ipoly liegt im Slowakischen Erzgebirge. Er fließt dann in einem überwiegend weiten Tal in einem Bogen um das Pilis-Gebirge und bildet vom Mittellauf bis zur Mündung in die Donau die Grenze zwischen der Tschechoslowakei und Ungarn.

4.3.4 Die Nebenflüsse von Budapest bis zum Eisernen Tor

Am Südrand der Großen Pannonischen Ebene, auf jugoslawischem Gebiet, empfängt die Donau links- und rechtsseitig ihre nach Einzugsgebiet und Abfluß größten Nebenflüsse.

Diese Flüsse entwässern Teile der Süd- und Ostalpen, des Dinarischen Gebirges, des Thrako-Makedonischen Gebirgssystems und greifen über die Theißzuflüsse, in nordöstlicher Richtung, tief in den östlichen Karpatenraum ein.

Die Drau

Sie entspringt am Rande der Dolomiten in Südtirol in einer Höhe von 2150 m, etwa auf der geographischen Länge von Regensburg. Ein kleiner Teil des Einzugsgebietes liegt noch in Italien. Das trapezförmige, fast vollständig in Österreich liegende alpine Einzugsgebiet der Drau, reicht von den Zentralalpen im Norden bis zu den südlichen Kalkalpen (Karnische Alpen und Karawanken). Der schmalere westliche Teil besteht aus einer mächtigen, gegliederten Gebirgsmasse mit engen Tälern. Anschließend fließt die Drau am südlichen Rand ihres Einzugsgebietes entlang durch eine inneralpine Beckenlandschaft (Klagenfurter Becken), in der sich zahlreiche Seen befinden. Nach dem Durchbruch durch die von Nord nach Süd laufenden Gebirgszüge am Ostrand der Alpen, wo das langgestreckte Einzugsgebiet der Drau seine größte Breite erreicht, gelangt sie in das Pannonische Becken und zugleich von Österreich nach Jugoslawien. Am Rande des Pannonischen Beckens verliert sie auf einem etwa bis zur Einmündung der Mur reichenden Schuttkegel ihr Geschiebe. Sie hat dort den dafür typischen verzweigten Flußlauf. Das Gefälle geht von erstaunlich gleichmäßigen 0,74 o/oo im gesamten alpin geprägten Mittellauf, auf zunächst 0,28 o/oo und dann bis auf 0,1 o/oo im Bereich der Donaumündung zurück. In der Niederung bis zur Donau fließt die Drau in einem teilweise windungsreichen und verzweigten Flußbett durch ein weites Tal. Das Einzugsgebiet ist hier schmal und die kleinen Zuflüsse laufen oft parallel mit ihr bis sie münden.

Die Mur, der größte Nebenfluß der Drau (434 km, 14 178 km²), entwässert hauptsächlich den nordöstlichen Teil ihres alpinen Einzugsgebietes entlang der Zentralalpen. An den östlichen Randgebirgen der Alpen wird sie nach Süden abgelenkt. Der Durchbruch durch diese Berge erfolgt nur wenig nördlich von dem der Drau. Die Mur verliert dann, ebenso wie die Drau, ihr alpines Geschiebe vor der Vereinigung der beiden Flüsse. Die Unterläufe von Mur und Drau bilden einen großen Teil der Grenze zwischen Jugoslawien und Ungarn.

Das Abflußverhalten der Drau wird im wesentlichen durch das alpine Einzugsgebiet geprägt.

Die Theiß

Die Theiß ist nach Länge und Einzugsgebiet der größte Donauzufluß. Sie entsteht durch den Zusammenfluß der Weißen und Schwarzen Theiß, die in einer Höhe von 1400 m bzw. 1650 m in den Ukrainischen Karpaten entspringen.

Von ihrer Gesamtlänge von 966 km liegen etwa 160 km in der U.d.S.S.R. und Rumänien. In den weiteren 800 km in Ungarn (650 km) und in Jugoslawien (150 km) wird ihr Charakter als Flachlandfluß geprägt.

Die Theiß beschreibt von ihrem Ursprung bis zur Mündung einen großen Bogen nach Süd-Westen und fließt dabei mitten durch die Große Ungarische Ebene, an deren südlichem Ende sie, bei Slankamen (km 1215) die Donau erreicht.

Nach einigen Richtungsänderungen fließt die Theiß in ihrem Oberlauf zwischen dem Gutii-Gebirge und dem Flysch des Polonina-Gebirges nach Westen bis Chust. Danach durchbricht sie das Gutii-Gebirge und tritt in das Tiefland ein. Die rechtsseitigen Theißzuflüsse sind bis zum Rika-Fluß typische Gebirgsflüsse mit tiefen Tälern und großem Gefälle. Weiter unten hat die Borzava ein kleineres Gefälle. Die linksseitigen rumänischen Zuflüsse Iza und Viseu haben in etwa parallel nach Nord-Westen verlaufende Täler. Sie kommen aus dem Kristallin der Ostkarpaten und sind ausgeprägte Gebirgsflüsse.

Das Gefälle der Theiß beträgt in ihrem Oberlauf stellenweise 20 o/oo - 30 o/oo. Auf 50 km ist sie der Grenzfluß zwischen der U.d.S.S.R. und Rumänien.

Beim Eintritt in das Vorgebirge werden die Hänge niedriger und der Flußlauf ruhiger. In der Ungarischen Ebene fließt die Theiß bei einem Gefälle von 0,02 o/oo mit zahlreichen Mäandern gemächlich dahin. Das Überflutungsgebiet weitet sich aus und erreicht stellenweise eine Breite von 4 km. Die Breite des Flußbettes beträgt hier 140 m - 260 m und die mittlere Tiefe 3 m - 7 m. Das Flußnetz der Theiß ist asymmetrisch entwickelt. Der Schwerpunkt liegt auf der linken Seite, von der große Zuflüsse kommen. Sie entwässern den größten Teil des mittleren und nordwestlichen Gebietes Rumäniens.

Von rechts münden mehrere kleinere und mittelgroße Flüsse in die Theiß. Die bedeutendsten unter ihnen sind der Bodrog und der Sajo.

Der **B o d r o g** (267 km, 12.328 km²) entsteht in der Slowakischen Ebene aus dem Zusammenfluß der Ondava, des Laborec und der Latorica und entwässert den westlichen Teil der Ostkarpaten. Nur 973 km² seines Einzugsgebietes liegen in Ungarn.

Der **S l a n a / S a j o** (229 km, 12.708 km²) entwässert zusammen mit seinen Nebenflüssen Horned/Hernad und Bodva das Slowakische Erzgebirge mit der Kosice Depression und den östlichen Teil des nördlichen Mittelgebirges Ungarns.

Von den übrigen rechtsseitigen Theißzuflüssen ist nur die Zagyva (179 km, 5677 km²) nennenswert. Weitere Zubringer sind kurz und wasserarm. Sie kommen aus dem Flachland zwischen Theiß und Donau.

Der erste bedeutende Zufluß von links ist der **S o m e s / S z a m o s** (411 km, 19.400 km²). Er entsteht aus der Vereinigung des Somesul Mare, der seine Quellen in den Ostkarpaten hat und des Somesul Mic, der im Rumänischen Westgebirge entspringt. Sein wechsellvoller Lauf ist von der tektonischen Struktur seines Einzugsgebietes in der Somes-Tafel geprägt. Rechtsufrig nimmt er kurze, steile Karpatenflüsse auf. Linksufrig hat er ein besser entwickeltes, aus dem Hügelland kommendes Gewässernetz.

Der zweitgrößte Zufluß der Theiß ist der **C r i s / K ö r ö s** (303 km, 26.500 km²). Der Zusammenfluß des südlichen Weißen Cris, des mittleren Schwarzen Cris und des nördlichen Schnellen Cris, die im rumänischen Westgebirge entspringen, erfolgt in der Ungarischen Ebene. Sie haben ein gut entwickeltes Gewässernetz.

Der größte Theißzufluß ist der **M u r e s / M a r o s** (756 km, 29.776 km²). Nur 40 km seiner Länge sind in Ungarn. Er entspringt in den Ostkarpaten, entwässert das Transsylvanische Hochland, durchbricht das Rumänische Westgebirge und erreicht, in westlicher Richtung fließend, die Theiß-Ebene. Im oberen Teil ist sein Gewässernetz gut entwickelt, während der mittlere Abschnitt besonders rechtsseitig ein federförmiges Netz aufweist. Die bedeutendsten Zuflüsse von links sind die Tirnava und der Strei und von rechts der Aries.

Den südlichen Teil der Theißebene entwässert die zum Teil kanalisierte Bega/Begej. Sie ist der letzte linksseitige Zufluß der Theiß.

Vor dem Donaudurchbruch in den Kapaten münden linksseitig noch der Temesch und der Caras in die Donau. Sie sind ohne größere Bedeutung.

Die S a v e

45 km nach der Mündung der Theiß fließt der Donau rechtsseitig ihr größter jugoslawischer Nebenfluß - die Save - zu. Dieser wasserreichste Zubringer der Donau entspringt in den Julischen Alpen in 1600 m Höhe. Generell ist seine Fließrichtung eine südöstliche. Er hat ein asymmetrisches Gewässernetz. Aus den Alpen und Dinariden empfängt er wasserreiche Flüsse. Aus dem Gebiet zwischen Drau und Save dagegen kommen kurze, wasserarme Zuflüsse.

Bereits nach 50 km ihres Laufes verliert die Save die Hälfte ihres Gefälles. Sie behält aber wegen ihrer rechtsseitigen Zuflüsse den Gebirgscharakter bei. Die Zuflüsse Ljubljanica, Krka und Kupa entwässern den mittleren Teil der Dinariden. Una, Vrbas, Bosna und Drina kommen aus dem geologisch komplexen Gebiet des Bosna-Erzgebirges. Sie fließen beinahe parallel in nordöstlicher und nördlicher Richtung und haben oft canyonartige Täler. Lediglich kurze Abschnitte ihres Unterlaufes liegen im Flachland. Es treten oft Karsterscheinungen auf.

Die V e l i k a M o r a v a

Der letzte große rechtsseitige Donauzufluß vor dem Eisernen Tor entsteht aus dem Zusammenfluß der Südlichen Morava (343 km, 15.469 km²) - die in nördlicher Richtung fließend das Thrako-Makedonische System mit dem Nislev-Becken entwässert - und der Westlichen Morava (295 km, 15.849 km²). Letztere entwässert zusammen mit ihrem südlichen Zufluß Ibar den südwestlichen Teil Serbiens.

4.3.5 Die Nebenflüsse des unteren Donauabschnittes

Obwohl ein Drittel des gesamten Donaeinzugsgebietes im unteren Donaugebiet liegt, haben die Zuflüsse in diesem Abschnitt wegen ihrer geringen Abflussspenden keinen bedeutenden Einfluß auf die Donau.

4.3.5.1 Die rechtsseitigen Donauzuflüsse

Die bedeutendsten unter ihnen sind von Westen nach Osten der Timok in Jugos-

lawien, der in seinem Unterlauf die Grenze zu Bulgarien bildet und in Bulgarien die Flüsse Ogosta, Iskar, Vit, Osam, Jantra und Lom. Sie haben generell eine nördliche Fließrichtung und kommen aus der Stara Planina. Eine Ausnahme bildet der Iskar, der im Rila-Gebirge entspringt, den Sofia-Kessel durchfließt und den westlichen Balkan durchbricht, bevor er die Donauebene erreicht. Er ist der längste bulgarische Donauzufluß und der am weitesten nach Süden vorgreifende unter allen Donauzubringern. Infolge großer Gefälle und des geringen Waldanteils sind die Abflüsse des bulgarischen Donaueinzugsgebietes unausgeglichen und mit großen Schwankungen behaftet.

In der Ludogorie Hochebene, im Nordosten des Landes tritt eine spezifische Situation auf. Im Kalksteinuntergrund versickert ein Teil des Wassers, das Oberflächennetz ist sehr schwach entwickelt und oft nur während der Regenzeit gefüllt. Die hydrologische Wasserscheide ist mit der orographischen meist nicht identisch.

4.3.5.2 Die linksseitigen Donauzuflüsse

98 % der Oberfläche Rumäniens entwässern zur Donau. Die Ost- und Südkarpaten, bilden die Wasserscheide zu den Zuflüssen des mittleren Donauabschnittes. Eine Ausnahme bildet der Olt, der die Südkarpaten in einem epigenetischen Tal durchbricht.

Die linksseitigen Donauzuflüsse haben in diesem Abschnitt gegenüber den bulgarischen Zubringern das Übergewicht.

Der J i u entsteht im Retezat-Gebirge im Kessel von Petrosani aus dem Zusammenfluß des Rumänischen und des Transsylvanischen Jiu. Nachdem er den südlichen Teil der Südkarpaten durchbricht, vereinigt er bei Filias ein fächerförmiges Gewässernetz. Sein bedeutendster Zufluß ist hier der rechtsseitige Motru. Flußabwärts ist das Einzugsgebiet des Jiu sehr schmal.

Der O l t fließt nach seinem Ursprung am Innenrand der Ostkarpaten durch die innerkarpatische Depression Ciuc-Birsa und dann entlang des Südostrand des Transsylvanischen Beckens. Anschließend durchbricht er die Südkarpaten im Roten-Turm-Paß und tritt in die Rumänische Tiefebene ein. Im oberen Bereich ist sein Gewässernetz gut entwickelt. Mittel- und Unterlauf empfangen nur kurze Nebenflüsse mit einem schwach entwickelten federförmigen Gewässernetz.

Der *Arges* entwässert den Südhang der Muntii Fagaras. Von hier fließen ihm einige parallel verlaufende Nebenflüsse zu (*Vilsan*, *Riul Tirgului* u. a.). Erst südlich von Bukarest mündet sein größter Zubringer, die *Dimbovita* (237 km, 2830 km²). Sie entspringt ebenfalls in den Muntii Fagaras, in einem Gletscherkar in 2640 m Höhe. In der Rumänischen Ebene hat der Fluß einen määnderreichen Lauf, der durch die aktive Senkungszone im äußeren Karpatenvorland eine Ablenkung nach Osten erfährt.

In einem Gletscherkar im Bucegi-Kalksteinmassiv in den Südkarpaten entspringt die *Ialomita*. In ihrem Oberlauf hat sie ein starkes und unregelmäßiges Gefälle. In der Rumänischen Ebene nimmt sie von links die *Prahova* auf, deren Quellen nahe denen der *Ialomita* liegen. Im Mittel- und Unterlauf nimmt das Gefälle sehr ab, der Fluß mäandriert, bildet Nebenarme und wird von zahlreichen Flußseen begleitet. Die *Ialomita* wird wie auch der *Arges* nach Osten abgelenkt.

Zwischen diesen großen Donauzuflüssen gibt es einige kleine Flußläufe, die ihren Ursprung in den niederen Lagen der äußeren Flyschzone der Karpaten oder in der Rumänischen Tiefebene haben. Die größten sind die *Vedea* (215 km, 5450 km²) und der *Calmatui*. Ihr Abfluß unterliegt großen Schwankungen und während der Trockenzeit können sie ganz versiegen.

Siret und *Prut* sind die beiden größten linksseitigen Zuflüsse des unteren Donauabschnittes und gleichzeitig die beiden letzten.

Der *Siret* entspringt im Südosten der Waldkarpaten auf dem Gebiet der U.d.S.S.R.. Zunächst beschreibt er in der Bukovina einen kleinen Bogen nach Süd-Osten, schlägt dann eine südliche Richtung ein und fließt entlang des Westrandes der Moldau-Tafel auf rumänischem Gebiet. In seinem Unterlauf wendet er sich unter dem Einfluß der hier wirksamen Senkungszone nach Süd-Osten und mündet bei Galati in die Donau. Der *Siret* mäandriert fast über seine gesamte Länge. Sein Flußnetz ist asymmetrisch. Rechtsseitig empfängt er eine Reihe von Karpatenzuflüssen: *Suceava*, *Moldova*, *Bistrita*, *Trotus* und *Buzau*. Der einzige größere linksseitige Zufluß ist der *Birlad*.

Der *Prut* entspringt im Hoverla-Massiv, in den Waldkarpaten in einer Höhe von 1580 m. Zunächst schlägt er einen Bogen nach Norden und fließt dann in südöstlicher und schließlich südlicher Richtung zur Donau. Die Form des

Einzugsgebietes ist schmal und asymmetrisch. Im oberen und mittleren Bereich sind die rechtsufrigen Zuflüsse besser entwickelt. Diese sind der Cermos, in der U.d.S.S.R. und die Jijia und der Bahlui in Rumänien. Der Mittel- und Unterlauf des Flusses mäandriert stark. Sein mittleres Gefälle beträgt 1,6 o/oo und die Flußbreite schwankt zwischen 50 m im oberen Abschnitt und 180 m - 200 m im mittleren und unteren Abschnitt. In seinem Mittel- und Unterlauf hat er ein bis zu 8 km breites Überflutungsgebiet. Die mittlere Tiefe liegt zwischen 0,3 m - 1,3 m und kann in einzelnen Kolkabschnitten 6 m - 7 m erreichen.

Siret und Prut haben kaum einen Einfluß auf das Abflußregime der Donau.

4.4 Die Seen

4.4.1 Die natürlichen Seen

Im Donaugebiet gibt es einige tausend natürliche Seen, mit Größen zwischen wenigen Hektar und einigen hundert Quadratkilometern. Nach ihrer Entstehung unterscheidet man endogene und exogene Seen. Endogene Seebecken wurden durch tektonische und vulkanische Vorgänge geformt. Die Wannens exogen entstandener Seen wurden entweder durch Eis (Exaration), Wasser (Erosion) oder Wind (Deflation) ausgeräumt oder sie sind durch Abdämmung infolge von Bergstürzen, Moränen, aufgelandeten Flußufern usw. entstanden. Sehr häufig treten Seen auf, bei deren Herkunft verschiedene exogene Kräfte mitgewirkt haben. Ebenso gibt es zahlreiche Seen, die ihre Entstehung sowohl endogenen als auch exogenen Vorgängen verdanken. In Tab. 1.7 sind die größten Seen des Donaueinzugsgebietes aufgelistet.

4.4.1.1 Das obere Donaugebiet

Die Alpen und das Alpenvorland sind reich an Seen, deren Entstehung mit nur wenigen Ausnahmen auf die pleistozäne Vergletscherung zurückgeht. Im deutschen und im österreichischen Donaugebiet gibt es neben zahlreichen kleinen Bergseen in den Tälern auch große und tiefe Seen, wie z. B. den Walchensee, den Achensee, den Königssee, den Hallstädter See usw.. Diese sind zum Teil auf bereits tektonisch vorgezeichneten Einbrüchen entstanden, wie ihre große Tiefe beweist (bis zu 190 m).

Tab. 1.6 Die größten Seen im Donaugebiet

| See | Höhe des Seespiegels in m | Fläche des Wasserspiegels km ² | Seevolumen 10 ⁶ m ³ | Tiefe mittel | Tiefe max. m | Zugehörigkeit zum Einzugsgeb. |
|----------------------------|---------------------------|---|---|--------------|--------------|-------------------------------|
| Bundesrepublik Deutschland | | | | | | |
| Chiemsee | 518,2 | 79,9 | 2 047 | 25,6 | 73,4 | Inn |
| Starnberger See | 584,2 | 56,4 | 2 999 | 54,0 | 127,8 | Isar |
| Ammersee | 532,9 | 46,4 | 1 750 | 37,8 | 81,1 | Isar |
| Walchensee | 800,8 | 16,1 | 1 299,7 | 81,8 | 189,5 | Isar |
| Waginger-Tachinger See | 442 | 9,0 | 112 | 13,6 | 27,0 | Inn (Salzach) |
| Tegernsee | 725,5 | 8,9 | 324 | 36,3 | 72,2 | Inn |
| Staffelsee | 648,6 | 7,7 | 74,9 | 9,7 | 38,1 | Isar |
| Simsee | 470,1 | 6,5 | 87,0 | 13,4 | 22,5 | Inn |
| Kochelsee | 598,8 | 6,0 | 184,7 | 31,3 | 65,9 | Isar |
| Königssee | 603 | 5,2 | 511,8 | 93,1 | 190,0 | Inn (Salzach) |
| Republik Österreich | | | | | | |
| Neusiedler See | 115,4 | 287 *) | 248 | 1,2 | ~2,0 | Raab-Rabnitz |
| Attersee | 469 | 45,6 | 3 945 | 84 | 171 | Traun |
| Traunsee | 422 | 25,6 | 2 302 | 90 | 191 | Traun |
| Wörther See | 439 | 19,4 | 816 | 42 | 85 | Drau |
| Mondsee | 481 | 14,2 | 510 | 36 | 68 | Traun |
| Wolfgang-See | 538 | 13,2 | 619 | 47 | 114 | Traun |
| Millstätter-See | 588 | 13,3 | 1 177 | 89 | 141 | Drau |
| Ossiacher See | 501 | 10,8 | 215 | 20 | 52 | Drau |
| Hallstätter-See | 508 | 8,6 | 557 | 66 | 125 | Traun |
| Achensee | 929 | 6,8 | 481 | 67 | 133 | Isar ** |
| Weißensee | 930 | 6,6 | 238 | 36 | 99 | Drau |
| Wallersee | 505 | 6,4 | 71 | 9,4 | 24 | Inn (Salzach) |
| Obertrumer See | 550 | 4,8 | 86 | 14 | 35 | Inn |
| Zeller See | 749,5 | 4,6 | 178 | 39 | 68 | Inn (Salzach) |
| Grundlsee | 709 | 4,1 | 170 | 32 | 64 | Traun |
| Irrsee | 533 | 3,5 | 53 | 15 | 32 | Traun |
| Niedertrumer See | 500 | 3,3 | 48 | 15 | 40 | Inn |

- *) davon beträgt der ungarische Anteil rd. 70 km²
die offene schilflose Wasserfläche beträgt ca. 130 km²
- ***) Überleitung des Abflusses in das Inngebiet

Tab. 1.6 Fortsetzung

| See | Höhe des Seespiegels in m | Fläche des Wasserspiegels km ² | Seevolumen 10 ⁶ m ³ | Tiefe mittel | Tiefe max. m | Zugehörigkeit zum Einzugsgeb. |
|--|---------------------------|---|---|--------------|--------------|-------------------------------|
| Ungarische Volksrepublik | | | | | | |
| Balaton | 105 | 589 | 1 978 | 3,36 | 12,2 | Siő |
| Velencei-to | 105 | 25 | 36,1 | 1,45 | 2,2 | Siő (Sarviz) |
| Hévízi-to * | 109 | 0,045 | 0,12 | 15,0 | 40,0 | Plattensee |
| Agasegyháza | 107 | 7,5 | 7,0 | 1,07 | 2,0 | Donau |
| Kolontő, Izsák | 106 | 11,0 | 6,5 | 0,6 | 1,5 | Donau |
| Orgovány | 107 | 7,5 | 10,5 | 1,4 | 2,5 | Donau |
| Sozialistische Föderative Republik Jugoslawien | | | | | | |
| Palic | | 5,6 | 12,0 | 2,14 | 3,5 | Theiß |
| Ludos | | 3,3 | 3,0 | 0,91 | 2,0 | Theiß |
| Bohinj-See | | 3,1 | | | 45,0 | Save |
| Bled See | | 1,47 | 25,7 | 17,5 | 30,6 | Save |
| Sozialistische Republik Rumänien | | | | | | |
| Snagov | 84 | 6,32 | 12,4 | 1,96 | 9,0 | Ialomita |
| Fundata | 25 | 4,79 | 10,6 | 2,21 | 5,3 | Ialomita |
| Căldărusani | 69 | 3,89 | 9,4 | 2,42 | 5,0 | Ialomita |
| Amara | 21 | 1,86 | 11,5 | | | Ialomita |
| Volksrepublik Bulgarien | | | | | | |
| Srebirka (Srebrena) | | 2,5 | 1,5 | | 2 | Donau |
| U.d.S.S.R. | | | | | | |
| Kagul | | 103 | | | 7,0 | Donau |
| Orlovka | | 19,0 | 9,0 | 0,47 | 0,5 | |
| Ialpug | | 134 | 297 | 2,21 | 6,0 | Donau |
| Cugurlui | | 68,5 | 71,5 | 1,04 | 1,5 | Donau |
| Sofian | | 3,7 | | | 4,0 | |
| Katlabuch | | 67,0 | | | 4,0 | Donau |
| Kytaj | | 59,0 | | | 5,0 | Donau |

* Größter Thermalsee der Welt. Schüttung 300 - 600 l/s
Mittlere Seewassertemperatur: 24° bis 34°C

Bedeutend größere Seen liegen am Fuß der Alpen und im Alpenvorland. Ihre Becken wurden während der vergangenen Eiszeiten vom Eis der Gletscherzungen ausgeräumt (Zungenbeckenseen). Darüberhinaus wurden die Ränder dieser über-tieften Wannen noch von einem Kranz von Endmoränen aufgehöhht. Die größten sind der Chiemsee, der Starnberger See und der Ammersee im deutschen Alpen-vorland sowie der Attersee und der Traunsee im Salzkammergut.

Diese Seen hatten einst, nach dem Abschmelzen der Gletscher, eine viel grö-ßere Ausdehnung. Sie sind durch das Einschwemmen von Feststoffen und die fortschreitende Erosion der Moränenwälle geschrumpft oder sogar vollständig verschwunden, wie die ehemaligen Seen um Wolfratshausen, Rosenheim und Salz-burg.

Eine ähnliche Entstehung, aber mit kleineren Seeflächen haben auch die Seen im Klagenfurter Becken (im oberen Draugebiet): Wörther See, Millstätter See, Ossiacher See und Weißensee.

Das Gebiet nördlich der Donau ist eine weitgehend seenlose Landschaft. Das Fichtelgebirge und der Bayerische Wald beherbergen nur wenige eiszeitliche Karseen. In den Kalksteingebirgen Nordmährens trifft man einige Karstseen an.

Im deutschen Donaeinzugsgebiet gibt es ca. 138 natürliche Seen, davon al-lein in Oberbayern 111 mit mehr als 3 ha Fläche. Ihre Gesamtoberfläche be-trägt ca. 284 km² und das Wasservolumen etwa 9,7 Mrd. m³.

In Österreich sind es insgesamt ca. 490 Seen, von denen die 30 größten ei-nen Inhalt von etwa 14 Mrd. m³ besitzen.

4.4.1.2 Das mittlere Donauegebiet

Diese Region ist vor allem durch einige große Flachlandseen gekennzeichnet. In den umgebenden Gebirgen gibt es noch eine Anzahl von glazial entstandenen Seen und einige vulkanische Seen.

An der Grenze zwischen Österreich und Ungarn, am Fuß des Leitha-Gebirges, liegt der Neusiedlersee/Fertö-to. Drei Viertel seiner Oberfläche von 287 km² liegen auf österreichischem und ungefähr ein Viertel auf ungarischem Gebiet.

Nur ca. 130 km² sind offene Wasserfläche. Der Rest ist von einem breiten Schilfgürtel bedeckt, der besonders im Westen, Süden und Norden gut entwickelt ist. Der See liegt in der Senke zwischen den beiden Schuttkegeln, die von der Donau und der Raab in die Kleine Ungarische Tiefebene von ihrem Rand aus vorgeschüttet wurden. Er ist daher von verhältnismäßig jungem Alter (etwa 10.000 Jahre) und ist nur maximal 2 m tief. Das abflußlose Einzugsgebiet des Neusiedlersees beträgt 1230 km². Seine Fläche ist wegen der großen Verdunstung, die in manchen Jahren doppelt so groß wie der Niederschlag sein kann, erheblichen Schwankungen unterworfen. In den Jahren 1811 - 1813 und 1867 -1871 trocknete er sogar aus. Während der Hochstände in den Jahren 1786, 1854, 1883 - 1884 hingegen betrug die offene Wasserfläche 515 km².

Der Plattensee (Balaton) ist der größte mitteleuropäische Binnensee mit 589 km² Oberfläche, 77 km Länge, 14 km Breite, 3,4 m mittlerer Tiefe und 12 m maximaler Tiefe. Es wurde festgestellt, daß seine Fläche sich als Folge der klimatischen Bedingungen und durch Auflandung im Laufe der Jahre verkleinert. Sein Einzugsgebiet beträgt 3153 km². Der See ist in einer tektonischen südwest-nordost-orientierten Vertiefung entstanden, die südlich des Bakony-Waldes liegt. Er wird durch die Halbinsel Tihany in zwei ungleiche Teile geteilt. Sein nordöstliches Ufer ist hoch und steil. Ansonsten sind die Ufer vorwiegend flach, sandig und stellenweise sumpfig. Der Plattensee wird vom Zala-Fluß und noch einigen kleineren Gewässern gespeist, und vom Sio entwässert.

Weiter nordöstlich davon liegt, mit der gleichen Orientierung der Velence-See mit 25 km² Oberfläche. Der tiefste See Ungarns ist mit bis zu 40 m Wassertiefe der Hevizi-tó, südlich des Matra-Gebirges. Er ist der größte Thermalsee der Welt mit einer Schüttung von 300 - 600 l/s und einer mittleren Wassertemperatur von 24 ° bis 34 ° C.

Die Gesamtfläche der natürlichen Seen in Ungarn beträgt 880 km².

In der Backa, dem südlichen Teil der Pannonischen Ebene, liegen noch zwei typische Flachlandseen, der Palic-See mit 5,6 km² Oberfläche und der Ludos-See mit 3,3 km².

Im slowakischen Donaueinzugsgebiet sind die natürlichen Seen von geringer Bedeutung. In der Tatra sind 165 Seen glazialen Ursprungs mit einer Gesamtfläche von nur 3 km² und einem Wasservolumen von 10 Mio m³ anzutreffen.

Der größte von ihnen ist der Hinkov Tarn (das Ginzmeerauge) mit 20,1 ha Oberfläche und 53,2 m Tiefe. In den vulkanischen Gebirgen der Ostslowakei, wie auch in den Waldkarpaten im oberen Theißbecken, gibt es einige vulkanische Seen. Sie sind tief und haben runde Umrisse. Der größte unter ihnen ist der Blausee mit 5 ha Oberfläche. In den sowjetischen Waldkarpaten liegen auch 15 Gletscherseen.

In den jugoslawischen Alpenausläufern sind einige Gletscherseen vertreten. Der Bohinj-See mit 3,3 km² Fläche und 45 m maximaler Tiefe, ist der tiefste See im jugoslawischen Einzugsgebiet der Donau.

Im Dinarischen Gebirge treten in der Oberen Kreide und im Trias zahlreiche Karstseen auf. Sie füllen verschiedenartige oberflächenliche Karstformen aus. Manche von ihnen sind auf die periodische Überschwemmung von Poljen zurückzuführen. Sehr interessant sind hier die Plitvicer-Seen, die in Form einer Kaskade auftreten. Der größte unter ihnen ist der Kisaksee in 539 m Höhe.

Zum mittleren Donauegebiet gehören auch die bereits erwähnten Seen im Klagenfurter Becken.

4.4.1.3 Das untere Donauegebiet

Hier spielen die Flußseen oder Flußlimane entlang des linken Donauufers sowie an einigen linksseitigen Zubringern, durch Anzahl und Ausdehnung die größte Rolle.

Diese Seen sind oft nur schwer als Flußlimane zu definieren (siehe Abschnitt 1.4), weil neben seitlichen Ablagerungen des Hauptstromes durch welche Zuflüsse von demselben getrennt wurden, bei ihrer Entstehung auch Deflationsprozesse und menschliche Eingriffe eine große Rolle spielten. Es wurden zum Teil künstlich Verbindungskanäle geschaffen oder auch Zuläufe eingedämmt. Die meisten Flußseen haben eine Verbindung zum Fluß und werden bei Hochwasser überflutet, was zu einer Abflachung der Hochwasserwelle führt. Sie haben geringe Tiefen, zwischen 1 - 2 m und ihre Uferlinie ist je nach Überschwemmung oder großer Verdunstung sehr instabil. Eindeutige Flußlimane sind rechts der Donau auf rumänischem Gebiet: Gîrlita, Ciulinoasa, Oltina und Mirleanu.

Die größten Seen entlang der Donau sind: Rastu, Bistretu, Nedeia, Potelu, Suhaia, Greaca, Boian und Calarasi. Am rechten Donauufer hat sich infolge Donauregulierung nur der Flußsee Srebrna erhalten.

Unterhalb Calarasi sind in- und außerhalb der "Balti" zahlreiche Flußseen anzutreffen.

In den gemeinsamen Auen von Donau, Siret und Prut sind viele Flußseen entstanden: Brates, Jijila, Crapina, Plosca, Popina u. a..

Fortuna, Matita, Gorgova, Puiu und Lumina sind nur einige der vielen Auenseen des Donaudeeltas.

Die größten natürlichen Seen im russischen Donaeinzugsgebiet liegen mit nord-südlicher Orientierung zwischen Reni und dem Schwarzen Meer in der linksseitigen Donauniederung (siehe Tab. 1.7). In diese Seen münden von Norden kleine Flüsse, die im Sommer oft trocken liegen. Zur Donau bestehen über kleine Flüsse oder Kanäle Verbindungen, die einen Wasseraustausch erlauben. Bei Hochwasser in der Donau findet häufig ein Rückfluß in die Seen statt.

Der größte See im oberen Einzugsgebiet der russischen Donauzuflüsse ist der Snevirkoe-See in 989 m über dem Meeresspiegel, 7 ha Fläche und einer maximalen Tiefe zwischen 16 - 21 m.

Entlang der Donauzuflüsse Dimbovita (Vasilati, Fundeni), Ialomita (Snagov, Caldarusani, Fundata, Amara), Buzau (Amara, Balta Alba) und Siret (Malina, Catusa) sind viele Flußseen anzutreffen.

Südlich des Deltas, durch die Dranov-Insel von demselben getrennt, erstreckt sich der größte Seenkomples Rumäniens - Razelm-Sinoe - mit einer Fläche von 800 km² und einem Einzugsgebiet von 2438 km². Durch Sandgürtel ist er in die Seen Razelm, Golgovita, Zmeica und Sinoe unterteilt. Die Entstehung dieses Seelimes geht auf die vor 2000 Jahren hier bestehende Meeresbucht Halmyris zurück. Diese wurde durch Ablagerungen der Meeresströmungen vom Meer abgeschlossen. Heute stellt nur die "Portita" (Türchen) eine Verbindung zum Meer her. Ihre Breite schwankt von einigen Metern bis zu 200 m, und die Tiefe von 4 m - 5 m bis zum totalen Verschuß. Zur Donau steht der Seenkomples über drei Kanäle in Verbindung: Lipoveni, Dunavat und Dranov. Durch sie will man

die Süßwasserzufuhr aus der Donau sichern, um die Seen wirtschaftlich besser zu nutzen.

In den rumänischen Karpaten, insbesondere in den Südkarpaten, treten zahlreiche Gletscherseen auf: Bucura, Zanoaga, Bilea, Taul fara Fund, Gales, Iezerul Mare, Slaveiul u.a. In Rumänien gibt es 2 300 natürliche Seen.

Die meisten der 57 Glazialseen Bulgariens liegen im Rila-Gebirge in 2100 m -2500 m Höhe. Ihre Fläche ist klein (0,1 - 3.9 ha). Am Fuße des Musala liegt der tiefste See, der Ledensee mit 16,4 m Wassertiefe. Ein Seebecken tektonischer Herkunft hat der Rabica-See im Nordwesten des Landes. Im Balkangebirge gibt es mehrere kleine Karstseen.

4.4.2 Die künstlichen Seen

Die künstlichen Seen werden länderweise im Abschnitt 5.3 behandelt. Es soll deshalb an dieser Stelle im Rahmen der vorliegenden Angaben nur ein summarischer Überblick gegeben werden. Die künstlichen Seen haben in der jüngsten Vergangenheit erheblich an Zahl und Bedeutung zugenommen. Das gilt allerdings nicht gleichmäßig für das gesamte Donauegebiet. Zu den künstlich angelegten Seen zählen hauptsächlich Baggerseen, Teiche, Wasserspeicher (siehe Tab. 1.7) und Staustufen. Den Übergang zwischen den natürlichen und künstlichen Seen bilden die bewirtschafteten natürlichen Seen. Dabei wird entweder durch Aufstau, durch Absenken des Wasserspiegels (z. B. mit einem unterirdischen Stollen), oder beides, ein bewirtschaftbarer Nutzraum geschaffen. Fischteiche werden bereits seit dem Mittelalter gebaut. Sie werden üblicherweise so angelegt, daß sie im Herbst zum Abfischen abgelassen werden können. Große Teichketten gibt es im Einzugsgebiet der Naab, in der Slowakei, im oberen Einzugsgebiet der Theiß in der U.d.S.S.R. und in Ungarn.

Bei Staustufen ist die Stauhöhe normalerweise ziemlich konstant oder sie schwankt nur wenig, um Nutzraum zu schaffen für die Erzeugung von höherwertigem Strom in Zeiten des Spitzenbedarfs (Schwellbetrieb). Durch die Errichtung von Staustufen können auch große Wasserflächen und -volumen entstehen, z. B. durch die Anlage am Eisernen Tor mit einer Oberfläche von 172 km² und einem Wasservolumen von 2,55 Mrd. m³.

Im deutschen Einzugsgebiet der Donau wurde bisher etwa ebenso viel Seefläche künstlich geschaffen wie bereits natürlich vorhanden war. Das Volumen beträgt dabei aber nur etwa 10 % von dem der natürlichen Seen.

In Bulgarien fließt rd. 20 % des gesamten Abflusses durch Speicher.

Die Entwicklung von Wasserbau und Wasserwirtschaft an der Donau und in ihrem Einzugsgebiet ist mit der Entwicklung der Bevölkerung, Wirtschaft, Kultur und Technik in diesem Raum auf das engste verbunden. Bauliche Maßnahmen kamen immer dann zustande, wenn ein starkes Bedürfnis danach bestand und die von Natur gegebenen Verhältnisse mit den jeweils vorhandenen technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten bewältigt werden konnten.

Die ersten Arbeiten an der Donau stammen aus der Zeit des Römischen Imperiums. Erst sehr viel später, gegen Ende des 18. Jahrhunderts, als sich die Bevölkerung und die Handelsbeziehungen an der Donau wesentlich weiter entwickelt hatten, begann man größere und bedeutendere Maßnahmen durchzuführen. Seither sind die Anforderungen an die Wasserläufe und den Wasserkreislauf immer weiter gestiegen: Die Schiffbarkeit wurde für immer größere Schiffeinheiten und weitgehend unabhängig von der Wasserführung verlangt. Die häufig überschwemmten und vernäßten Flußtäler wurden immer mehr für Landwirtschaft und Besiedlung in Anspruch genommen. Die Nutzung des Wasserdargebotes zur Versorgung von Mensch, Tier und Industrie mit Trink- und Brauchwasser, für die Bewässerung, die Energieerzeugung und die Abfallbeseitigung nahm laufend zu. Um die gesteckten Ziele zu erreichen sind bis heute eine große Anzahl von Wasserbauten und wasserwirtschaftlichen Systemen ausgeführt worden, bei denen Querschnitt, Linienführung und Gefälle, die Schwebstoff- und Geschiebeführung, die Qualität des Wassers und sogar die Wasserführung vieler Wasserläufe teilweise erheblich verändert wurden. Viele der ausgeführten und noch geplanten Maßnahmen und Nutzungen sind nicht mehr unabhängig voneinander. Bei der Planung und Durchführung größerer Projekte war es schon in der Vergangenheit mehrfach notwendig gewesen, daß die benachbarten Donauländer sich gegenseitig informierten, aufeinander Rücksicht nahmen, sich aufeinander abstimmten oder viele Projekte sogar gemeinsam durchführten.

Die gemeinsame Aufgabe, das verfügbare Wasserdargebot der Donau und ihres Einzugsgebietes möglichst optimal und umweltschonend zu nutzen und gemeinsam den Gefahren von Hochwasser und Trockenperioden zu begegnen, hat bereits viel dazu beigetragen, ein neues Bewußtsein für eine Zusammenarbeit und eine Zusammengehörigkeit der Donauländer entstehen zu lassen und in Zukunft weiter zu entwickeln.

5.1 Maßnahmen für die Schifffahrt

Die Donau, vor allem die mittlere und untere Donau, hat seit Jahrtausenden eine große Bedeutung als Verkehrsweg. Der Transport schwerer Lasten war zu allen Zeiten auf dem Wasser wesentlich leichter als zu Lande, wobei sich nur die Dimensionen geändert haben. So galt denn auch das erste bekannte Bauwerk dem Schiffsverkehr, und zwar in der ca. 117 km langen Kataraktenstrecke im Bereich des "Eisernen Tores". Während sich die Schifffahrt in den anschließenden Flachlandstrecken mit größter Leichtigkeit vollzog, mußte sie sich dort in einem Gewirr von Strömungen eine fahrbare Rinne suchen, deren Verlauf sich bei jedem Wechsel des Wasserstandes änderte. Bei kleinem Wasserstand war einst an manchen Stellen überhaupt keine Schifffahrt möglich. Zur Zeit des römischen Kaisers Trajan wurde um etwa 100 n. Chr. am rechten Ufer ein Saumpfad in die steil abfallenden Felsen der Stromenge des Kazan geschlagen, der auch als sog. Treidelpfad zum Bergwärtsziehen der Schiffe diente.

Außer dieser Kataraktenstrecke gab es früher noch zahlreiche weitere Schifffahrtshindernisse an der Donau. Vor allem an der österreichischen Donau befanden sich einige Durchbruchstrecken, deren Engstellen ebenfalls mit Gesteinsbänken und Felsrippen durchsetzt waren.

In weiten Talebenen hatte die Donau genügend Platz, je nach ihrem morphologischen Charakter ihr Flußbett zu gestalten. In den alpin beeinflussten, geschiefbeführenden Abschnitten, und in Auflandungsstrecken war und ist es teilweise jetzt noch schwierig, in einem verzweigten und sich ständig verlagernden Flußbett ein Fahrwasser durch die Untiefen zu finden oder freizuhalten.

Arbeiten, die eine Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse für die Schifffahrt zum Ziel hatten, sind seit dem 14. Jahrhundert überliefert, wie z. B. das Freimachen versandeter Fahrrinnen bei Wien mit Hilfe von "Wasserpflügen". Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts blieb es allerdings bei wenigen örtlichen, insgesamt unbedeutenden Regulierungsversuchen.

Seit dem Ende des 18. Jahrhunderts ist dann die Zahl und der Umfang der Maßnahmen stark angewachsen mit dem Ziel, aus den Felsstrecken ausreichend breite und tiefe Fahrrinnen für die Schifffahrt auszubrechen und in den be-

weglichen Flußabschnitten ein beständiges Niedrig- und Mittelwasserbett festzulegen. Mit der Zeit hat jedoch der erzielte Erfolg auf weiten Strecken der Donau den steigenden Anforderungen der Schifffahrt nicht genügt. Es gibt auch Abschnitte, in denen er sich wegen der morphologischen Verhältnisse auf die Dauer nicht erhalten läßt. Da sich die angestrebten Fahrwasserverhältnisse stets mit dem Bau von Staustufen erreichen lassen, ist die Schifffahrt auch einer der hauptsächlichen Gründe für den Staustufenbau an der Donau.

Die größten und wichtigsten Ausbaumaßnahmen an der Donau sind in Abschnitt 5.2 zusammengestellt.

Für die zwischenstaatliche Zusammenarbeit der Donauländer bei der Schifffahrt hat es seit dem Jahre 1856 mehrere Konventionen gegeben. Die derzeit bestehende "Donaukommission" wurde im Jahre 1948 auf der Belgrader Donaukonferenz gegründet. In dieser Kommission, die ihren Sitz in Budapest hat, werden alle gemeinsamen Schifffahrtsfragen und mit der Schifffahrt zusammenhängenden wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Probleme behandelt. So wurden z. B. Empfehlungen für die Abmessungen an der Schifffahrtsrinne (Fahrwassertiefe, -breite, Krümmungsradien, Schleusenabmessungen, Durchfahrtshöhen usw.) für die gesamte Schifffahrtsstrecke von Regensburg bis zum Schwarzen Meer ausgearbeitet. Die starke Zunahme des Schiffsverkehrs auf der Donau seit Gründung der Donaukommission ist ein Zeichen dafür, daß sich die zwischenstaatliche Zusammenarbeit in diesem Gremium sehr gut bewährt hat.

Außer der Donau sind auch einige **N e b e n f l ü s s e** von Natur aus schiffbar oder von den jeweiligen Staaten für die Schifffahrt ausgebaut worden:

- die Drau bis Cadarica (105 km)
- die Theiß bis Dombrad, ihr Nebenfluß Bodrog bis zur ungarisch-tschechoslowakischen Staatsgrenze,
- die Save bis Sisak (583 km) für kleinere Schiffe
- der Prut auf eine kurze Strecke im Unterlauf

Schiffbar ist außerdem noch der Backa-Kanal, der (in Jugoslawien) Donau und Theiß verbindet.

Die größten und wichtigsten Ausbaumaßnahmen an den Nebenflüssen sind in Abschnitt 5.3 zusammengestellt.

Ein uralter Menschheitstraum ist der Bau eines Schifffahrtsweges zwischen Main und Donau und damit zwischen Nordsee und Schwarzem Meer. Schon im Jahre 793 versuchte Karl der Große in der Nähe der heutigen Stadt Treuchtlingen in der Bundesrepublik Deutschland eine Verbindung zwischen den dort weniger als zwei Kilometer voneinander entfernt liegenden Flußsystemen zu schaffen, deren Höhenunterschied nur ca. 10 m beträgt. Es wird vermutet, daß für das Übersetzen der damaligen Ein-Tonnen-Flußschiffe eine Kette von Weihern vorgesehen war. Der heute noch bestehende "Karlsgraben" gibt ein Zeugnis von den damaligen Arbeiten, die man nach einem Aushub von rd. 780 000 m³ wegen andauernder Regenfälle, schlechter Bodenverhältnisse und Schwierigkeiten bei der Versorgung der etwa 6000 Arbeiter einstellen mußte.

Von 1836 bis 1845 wurde ein 177 km langer Kanal, der "Ludwig-Donau-Main-Kanal" von Kelheim bis Bamberg mit 100 Schleusen gebaut. Der Kanal verlor jedoch bald an Bedeutung, da die von Pferden gezogenen 120-Tonnen-Schiffe nicht gegen die Konkurrenz der gleichzeitig aufkommenden Eisenbahnen bestehen konnten. Bis 1945 war dieser Kanal noch in Betrieb und wurde dann ab 1949 endgültig aufgelassen.

Seit 1959 wird an einem neuen Main-Donau-Kanal gebaut. Er ist mit 55 m Wasserspiegelbreite, 31 m Sohlbreite, 4,0 - 4,25 m Tiefe, Schleusenabmessungen von 12 m Breite und 190 m Nutzlänge für das 1500-Tonnen-Schiff von 90 m Länge sowie für den Zweier-Schubverband bis zu 3300 to vom Typ Europa II mit 11,4 m Breite und 185 m Länge bemessen. Die 204 km lange Strecke zwischen Regensburg und Bamberg wird in 18 Stauhaltungen aufgeteilt, wovon 103 km mit 10 Stauhaltungen als Stillwasserkanal und 101 km durch den Ausbau von Flußstrecken hergestellt werden. Mit zwei Stauhaltungen führt der Schifffahrtsweg zunächst noch in der Donau bis nach Kelheim und zweigt dort ab in die Altmühl.

Im Zusammenhang mit der neuen Main-Donau-Wasserstraße, mit deren Fertigstellung in der ersten Hälfte des Jahrzehnts von 1990 - 2000 gerechnet wird, sollen bis zu 15,0 m³/s Wasser aus der Donau in das Maingebiet übergeleitet werden. Die Wasserentnahme soll jedoch im allgemeinen nur dann erfolgen, wenn die Wasserführung in der Donau über dem mittleren Niedrigabfluß (MNQ) liegt.

Im Jahre 1984 hat Rumänien einen 64 km langen Donau-Schwarzmeer-Kanal zwi-

schen Cernavoda und Constanta zunächst nur für den internen Betrieb eröffnet. Die durchschnittlich 90 m breite und 7,5 m tiefe Wasserstraße ist an beiden Enden mit 310 m langen und 25 m breiten Doppelschleusen versehen und verkürzt den Schifffahrtsweg um 370 km. Der Kanal, der mit 300 Mio Kubikmeter Erdbewegung einen höheren Aushub erforderte als der Suezkanal (275 Mio m³), soll auch die Bewässerung von 700 000 ha Anbaufläche in der Dobrudscha sicherstellen.

Seit Jahrhunderten wird in Ungarn der Ausbau eines Donau-Theiß-Kanals geplant. Der Kanal würde der Schifffahrt dienen und gleichzeitig die Theiß und ihre Bewässerungssysteme mit etwa 200 m³/s Zuschußwasser beliefern. Der Bau wurde 1950 begonnen und mußte dann wegen wirtschaftlicher Schwierigkeiten eingestellt werden. Die Fortsetzung ist erst gegen 1995 zu erwarten.

Mit der Entwicklung der Schifffahrt wurden auch zahlreiche Häfen und Landplätze angelegt. Darauf wird jedoch in diesem Zusammenhang nicht weiter eingegangen.

5.2 Die Regulierung des Flußbettes der Donau, der Bau von Hochwasserdämmen und von Staustufen

Für die Regulierung eines natürlichen Flußlaufes kann es je nach den örtlichen Verhältnissen unterschiedliche Gründe geben:

- das Abflußvermögen vieler natürlicher Flußquerschnitte ist so gering, daß es zu häufigen und lange andauernden Überschwemmungen kommt.
- die Wasserstände sind so hoch, daß eine Entwässerung des Talgrundes für eine landwirtschaftliche Nutzung oder die Erschließung von Siedlungsgebieten nicht möglich ist.
- bei geschiebeführenden Flüssen ändert das verzweigte Flußbett bei jedem Hochwasser seine Lage. Die Felder und Siedlungen im Talgrund sind dann nicht nur von Überschwemmung, sondern auch von Zerstörung bedroht.
- schlechte Bedingungen für die Eisabfuhr, z. B. scharfe Krümmungen, Engstellen, verursachen häufige Eisversetzungen und Eisstöße.

- die Schifffahrt verlangt nach einem ausreichend großen und stabilen Fahrwasser.

Bei der Regulierung eines Flusses wird meist das Flußbett mehr oder weniger erweitert, das Ufer mit geeigneten Befestigungen in seiner Lage fixiert, Krümmungen werden abgeflacht und das Gefälle wird oft durch eine Verkürzung des Laufes vergrößert. In den meisten Fällen beginnt sich der im Grundriß festgelegte Flußlauf einzutiefen. Er muß dann über kurz oder lang zur Begrenzung der fortschreitenden Eintiefung und der immer nachteiliger werdenden Folgen mit Hilfe von Querbauwerken (Sohlschwellen, Abstürze, Wehre oder Staustufen) auch im Längsschnitt festgelegt werden.

Die Regulierung eines Flußbettes reicht oftmals für den Hochwasserschutz des Flußtales nicht aus, so daß vor allem in breiten Talabschnitten noch Hochwasserdämme notwendig werden.

Aus der Beschreibung der Donau in Absatz 4 ist weitgehend ersichtlich, in welchen Abschnitten ihres langen Laufes die natürlichen Gegebenheiten so ungünstig waren, daß für eine Nutzung und Besiedelung der Flußtäler Regulierungen und Hochwasserschutzmaßnahmen durchgeführt werden mußten. Dazu kam noch die seit alters her große Bedeutung der Schifffahrt.

Seit etwa 1950 sind an der Donau in verhältnismäßig rascher Folge viele Staustufen entstanden. Von der 2588 km langen Strecke vom Schwarzen Meer bis nach Ulm sind bereits 800 km in Staustrecken umgewandelt worden. Der Ausbau ist noch im Gange. Bei Staustufen handelt es sich fast immer um Mehrzweckanlagen, bei denen Schifffahrt, Energiegewinnung, Hochwasserschutz und die Verhinderung einer fortschreitenden Eintiefung von Bedeutung sein können. Der Bau von Staustufen stellt trotz seiner vielen Vorzüge einen gewaltigen Eingriff in das Regime eines Flusses dar, bei dem die frei fließende Strecke für die meiste Zeit in eine Folge von stark durchströmten Seen verwandelt wird. Der Geschiebetrieb kommt fast vollständig zum Erliegen, wodurch die Eintiefungstendenzen in den unterhalb anschließenden Strecken erheblich verstärkt werden. Nur bei größeren Abflüssen, vor allem bei Hochwasser, stellen sich die früheren Abflußverhältnisse zumindest teilweise wieder ein. Dabei wird auch der Weitertransport von Schwebstoff wieder möglich.

Die Staustufen werden auf lange Sicht die letzte und abschließende Phase des

Ausbaues an der Donau sein. Es ist allerdings fraglich, ob es wie an anderen Flüssen zu einer durchgehenden Stufenkette an der Donau kommen wird. Es gibt schließlich auch Gründe, die eine solche Entwicklung nicht als wünschenswert erscheinen lassen. Sie kommen vor allem in den Strecken mit kleinem Gefälle stärker zum Tragen, in denen die Vorteile nicht mehr so deutlich sind.

Im folgenden wird eine Übersicht über die wichtigsten Ausbauarbeiten der einzelnen Länder an der Donau gegeben.

B u n d e s r e p u b l i k D e u t s c h l a n d

Von der Vereinigung der Quellbäche Brigach und Breg bis zur österreichischen Grenze hat die Donau eine Länge von ca. 580 km. Etwa 180 km sind Engtalstrecken, in denen die Donau Bergrücken durchbricht. Auf ca. 400 km fließt die Donau durch weite Täler.

Regulierung des Flußbettes

Der ca. 85 km lange Donauabschnitt von Sigmaringen bis zur Einmündung der Iller bei Ulm wurde hauptsächlich von 1850 - 1889 korrigiert.

Von Ulm bis zum Donaudurchbruch bei Weltenburg wurde die gesamte Flußstrecke in den Jahren ab 1806, im wesentlichen von 1829 - 1885, reguliert. Mit zahlreichen Durchstichen wurde der verzweigte und krümmungsreiche Flußlauf um 21 % verkürzt und ein befestigtes Mittelwasserbett hergestellt. Auf der weiteren deutschen Donau-Strecke beschränkte sich die Regulierung des Flußbettes auf den Durchstich von drei großen Flußschleifen zwischen Regensburg und Vilshofen.

Von 1931 bis 1970 wurde zwischen km 2376 (Regensburg) und km 2250 (Vilshofen) eine Niedrigwasserregulierung zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse ausgeführt. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese wegen der fortschreitenden Eintiefung nicht auf die Dauer aufrechterhalten werden kann und deshalb längerfristig durch Staustufen ersetzt werden muß.

Hochwasserschutz

Die Hochwasserdämme von km 2540 (Dillingen) bis km 2510 (Donauwörth), die

von 1894 bis 1897 erbaut wurden, erlauben nach wie vor das Ausufer von großen Hochwassern in das ca. 115 km² große Überschwemmungsgebiet.

Die Hochwasserdämme von km 2460 (Ingolstadt) bis km 2427 (Eining) wurden von 1913 bis 1924 erbaut, zwischen 1965 und 1975 verstärkt und schützen ein Gebiet von rd. 8 000 ha.

Die Hochwasserdämme von km 2376 (Regensburg) bis km 2256 (Hofkirchen) wurden zwischen 1930 und 1956 gebaut und schützen eine Fläche von rd. 120 km², wobei das Überschwemmungsgebiet zwischen Regensburg und Straubing nur teilweise vor Überflutung geschützt wurde. Aufgrund der Erfahrungen bei den Hochwassern 1954 und 1965 mußten diese Dämme verstärkt und die Binnenentwässerung verbessert werden.

Ein Teil des Hochwasserschutzes wurde bereits von den zahlreichen Staustufen übernommen.

Für die Zukunft ist geplant, den Hochwasserschutz der Stadt Kelheim zu verbessern und die Stadt Regensburg vor Hochwasser zu schützen. Der Hochwasserschutz für die Stadt Passau soll wie bisher durch den Umbau der alten Häuser mit gleichzeitiger Nutzungsänderung des Erdgeschosses fortgeführt werden.

Staufstufen

Die Staustufe Kachlet (km 2230) bei Vilshofen, die von 1924 - 1927 erbaut wurde, war die erste Staustufe an der gesamten Donau. Sie dient im wesentlichen der Verbesserung der Schifffahrt in der Felsstrecke des "Hilgartsberger Kachlet". Flußabwärts folgt die Stufe Jochenstein, die 1952 - 1955 an der deutsch-österreichischen Grenze von beiden Staaten gemeinsam errichtet wurde. Von 1952 - 1984 entstand von Ulm bis Ingolstadt eine geschlossene Kette von 15 Staustufen. Bei den meisten dieser Stufen wird ein Teil der früheren Überschwemmungsgebiete bei Hochwasser geflutet, um nachteilige Auswirkungen auf die Hochwasserabflüsse der Unterlieger zu vermeiden. Die Ausleitungen erfolgen gezielt an Überströmstrecken in den Rückstaudämmen und an Streichwehren und werden an den meisten Stufen mit Überstauregelungen gesteuert. Auwaldgebiete werden häufig geflutet, landwirtschaftlich genutzte Flächen im allgemeinen nur bei großen Hochwassern.

Drei Staustufen, Bad Abbach (km 2401), Regensburg (km 2381) und Geisling (km 2354) dienen der Verlängerung des Schifffahrtsweges auf der Donau bis Kelheim im Zuge der noch nicht fertiggestellten Main-Donau-Wasserstraße.

Zur Zeit befindet sich eine weitere Staustufe - bei Straubing (km 2324) - zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse im Bau.

Für die Zukunft ist die Fortführung des Stufenausbaues für die Schifffahrt bis zum Anschluß an die Stufe Kachlet geplant. Außerdem sollen noch zwei weitere Staustufen flußabwärts von Ingolstadt gegen die rasch fortschreitende Eintiefung in dieser Strecke errichtet werden.

R e p u b l i k ö s t e r r e i c h

Die österreichische Donau hat eine Länge von ca. 350 km, wobei 21 km Grenzstrecke mit der Bundesrepublik Deutschland und ca. 8 km Grenzstrecke mit der Tschechoslowakei sind. Insgesamt sind ca. 150 km Engtalstrecken, in denen die Donau Bergrücken durchbricht. Auf ca. 200 km fließt sie durch die Ebenen der vier großen Beckenlandschaften. Das Gefälle beträgt rd. 150 m.

Regulierung des Flußbettes

Die erste staatliche Institution, die sich planmäßig mit Regulierungsarbeiten größeren Umfanges an der Donau befaßte, war die im Jahre 1773 von der Kaiserin Maria Theresia geschaffene "Kaiserliche Navigationsdirektion", die bis 1885 bestand. Sie und ihre Nachfolgeorganisationen konzentrierten sich zunächst auf die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse an den gefährlichsten Felsstrecken des Stromes und auf die Herstellung von Treidelwegen. In den Jahren 1778 - 1791 wurde die gefährlichste Stelle des Stromes, der "Greiner Strudel", durch Sprengungen und Uferbauten reguliert. In den Jahren 1829 folgten Arbeiten am "Aschacher Kachlet" und von 1850 - 1866 wurden die Schifffahrtsverhältnisse im "Brandstätter Kachlet" und durch Sprengarbeiten am "Hausstein-Felsen" bei Grein verbessert. Der Abschluß der wesentlichen Teile der Strudengauregulierung erfolgte erst 1905.

Um 1850 setzten die ersten planmäßigen und größeren Regulierungsarbeiten im Bereich der Donaubecken ein, in denen die ursprüngliche Donau in Nebenarme aufgespalten war und sich ständig verlagerte. Scharfe Krümmungen wurden

durch Leitwerke und Durchstiche beseitigt. Nebengerinne wurden abgesperrt und so nach und nach die Donau zu einem Mittelwasserbett von 320 m - 410 m Breite mit einheitlicher Uferbefestigung zusammengefaßt. Bis etwa 1920 war der größte Teil der Mittelwasserregulierungen und der für die Schifffahrt streckenweise noch erforderlichen Niedrigwasserregulierungen fertiggestellt.

Hochwasserschutz

Veranlaßt durch die großen Hochwasser von 1830 und 1864 wurden als erstes in den Jahren 1869 - 1875 umfangreiche Maßnahmen für den Hochwasserschutz der Stadt Wien durchgeführt. Das Kernstück des Bauvorhabens war eine 26 km lange Regulierungsstrecke im Doppelprofil, für die zwei große Durchstiche durchgeführt werden mußten. Sie wurden damals erstmalig in Mitteleuropa in ihrer ganzen Länge und Breite ausgehoben, während es sonst üblich war, den Fluß über viele Jahre einen möglichst großen Teil der Arbeit selbst verrichten zu lassen. Dementsprechend groß waren deshalb die Erdarbeiten mit 16.5 Mio m³. Zu den Maßnahmen gehörten u. a. auch eine Absperrvorrichtung für den Donaukanal, dessen Ausbau für die Schifffahrt und verschiedene Hochwasserdämme. Von 1898 - 1899 wurde in der Regulierungsstrecke mit Buhnen ein 180 m breites Fahrwasser für die Schifffahrt bei Niedrigwasser festgelegt.

Von 1882 bis etwa 1920 entstanden vor allem von Wien bis zur March aber auch im Tullner Feld und im Bereich der Stadt Linz Hochwasserschutzdämme in einer Gesamtlänge von etwa 200 km.

Nach dem Hochwasser 1954 wurde der Hochwasserschutz der Stadt Linz auf ein 500-jährliches Ereignis vergrößert und später beim Bau der Staustufe Abwinden-Asten weiter verbessert.

Im Raum von Wien wird derzeit der Hochwasserschutz bis zu einem Durchfluß von 14.000 m³/s ausgebaut, der dem Scheitelabfluß eines äußerst seltenen Hochwassers entspricht. Hierzu wird ein Entlastungsgerinne angelegt, das vom Flußbett der Donau durch eine 17 km lange und 200 m breite, hochwasserfrei aufgeschüttete Insel getrennt ist. Flußabwärts wird das Dammsystem auf einen Abfluß von 13.200 m³/s bemessen, da bei größeren Ereignissen im Interesse der stromabwärts gelegenen Staaten auf die Retention des Marchfeldes nicht verzichtet werden kann. Um die Schäden bei einer Ausuferung möglichst zu begrenzen, wird eine 2,3 km lange überströmbare Dammstrecke angelegt.

Staustufen

Mit der Staustufe Jochenstein, einem gemeinschaftlichen Bauwerk im deutsch-österreichischen Grenzbereich, die im Jahre 1954 fertiggestellt wurde, begann ein systematischer Ausbau der Donau mit Staustufen. Bis jetzt sind ca. 250 km der ca. 350 km langen österreichischen Donau in Staustrecken umgewandelt worden. Es ist geplant, die Staustufenkette zu vervollständigen.

Mit den Staustufen in den Flußniederungen der Donaubecken konnte ein Teil der früheren Überschwemmungsgebiete mit zahlreichen Siedlungen durch die Rückstaudämme vor Hochwasser geschützt werden. Die größeren Retentionsräume bleiben jedoch ebenso wie schon in einem Abschnitt der deutschen Donaustrücke auch nach der Kraftwerkerrichtung erhalten. Bei allen der bisher gebauten fünf Flachlandstufen wurden Überströmstrecken in den seitlichen Begleitdämmen angeordnet. Sie ermöglichen ab einer gewissen Hochwasserführung ein Austreten von Wasser auf frühere Überschwemmungsgebiete. Damit bleibt bei größeren Hochwassern ein wirksamer Teil der Hochwasserretention erhalten. Außerdem lassen sich so die früheren Überflutungsverhältnisse in den Auwäldern teilweise aufrechterhalten.

D i e T s c h e c h o s l o w a k i s c h e S o z i a l i s t i s c h e R e p u b l i k

Der tschechoslowakische Anteil an der Donau reicht am linken nördlichen Ufer von der Mündung der March rd. 172 km flußabwärts bis zur Mündung des Ipoly. Der Anteil am rechten Ufer beträgt nur 22,5 km, da die Donau auf rd. 8 km die Grenze zu Österreich und auf 142 km die Grenze zu Ungarn bildet.

Die Regulierung des Flußbettes

Der Abschnitt zwischen der March und der Einmündung der Mosoner Donau bei Gönyü - das ist etwa die Hälfte der gesamten Strecke - liegt auf dem riesigen Schuttkegel, mit dem die Donau in das Pannonische Becken eintritt. Wegen der fortwährenden Verlandung ist es dort besonders schwierig, Regulierungen erfolgreich durchzuführen und zu erhalten. Mit der im wesentlichen von 1886 bis 1896 durchgeführten Mittelwasserregulierung wurde zunächst ein festes Hauptgerinne durch die zahlreichen Flußarme gelegt. Dabei wurden Kurven abgeflacht, Durchstiche ausgeführt und Nebenarme für den Mittelwasserabfluß

abgesperrt. Ein stabiles Fahrwasser für die Schifffahrt konnte mit einer solchen Mittelwasserregulierung in diesem kritischen Donauabschnitt noch weniger als in anderen Strecken erreicht werden. Die dazu notwendige Niedrigwasserregulierung wurde ab etwa 1900 mit Buhnen durchgeführt. Es ist allerdings nach wie vor schwierig und nur mit ständigen Baggerungen möglich, eine bei Niedrigwasser ca. 2,0 m tiefe und 80 m - 120 m breite Schifffahrtsrinne freizuhalten.

Hochwasserschutz

Hochwasserdämme wurden bereits ab Mitte des 19. Jahrhunderts gebaut. Mit Ausnahme von zwei kurzen Strecken im Durchbruchstal zwischen dem Börzsöny- und Pilis-Gebirge wurde für das gesamte nördliche Ufer der Donau und das südliche Ufer der Kleinen Donau ein vollständiges Dammsystem errichtet. Große Hochwasser, zuletzt 1965, haben wie auch andernorts Anlaß gegeben, die Dämme zu verstärken und zu erhöhen sowie die Binnenentwässerung zu verbessern.

Staustufen

Seit 1978 ist die Staustufe Gabčíkovo im Bau, eine gemeinschaftliche Anlage mit Ungarn. Mit ihrem gewaltigen Ausleitungskanal unterscheidet sie sich von allen anderen bestehenden und geplanten Staustufen an der Donau. Der kombinierte Kraftwasser- und Schifffahrtskanal wird beim Wehr Dunakiliti (km 1842) den gesamten Abfluß bis zu einer Wasserführung von 5200 m³/s auf eine Länge von rd. 30 km aus der Donau abzweigen. Es ist geplant, ebenfalls zusammen mit Ungarn, flußabwärts anschließend eine weitere Staustufe bei Nagymaros zu errichten. Erst nach Fertigstellung dieser Stufe wird es möglich sein, mit dem Kraftwerk Gabčíkovo den vorgesehenen Schwellbetrieb durchzuführen. Mit den beiden Staustufen soll auch der Hochwasserschutz in diesem Donauabschnitt endgültig saniert werden.

D i e U n g a r i s c h e V o l k s r e p u b l i k

Die ungarische Donau hat eine Länge von 417 km, wobei sie auf 142 km die Grenze zur Tschechoslowakei bildet. Sie beginnt auf dem gewaltigen Schwemmkegel des Stromes am Rande der Pannonischen Ebene und reicht etwa bis zu ihrer Mitte.

Regulierung des Flußbettes

Mit planmäßigen Regelungsarbeiten wurde 1870 begonnen, nachdem man mit einer genauen Vermessung der gesamten Donaustrecke eine zuverlässige Grundlage dafür geschaffen hatte. Einen wesentlichen Anstoß dazu gaben die zahlreichen Eishochwasser, denn das ursprünglich stark verzweigte und enge Schleifen bildende Flußbett war nicht in der Lage, die von der oberen Donau kommenden Eismassen weiter zu transportieren. Es kam zu Eisversetzungen, die das Wasser stauten, dann plötzlich losbrachen, und große Überschwemmungen und Zerstörungen verursachten. So wurde zunächst im obersten Abschnitt zwischen Dévin und Vének (km 1880 - km 1791) ein einheitliches Hauptflußbett mit zügiger Linienführung geschaffen. Man sperrte dazu Nebenarme ab, verflachte scharfe Krümmungen, legte Durchstiche an und befestigte die Ufer.

Ausgelöst durch die Hochwasserkatastrophe des Jahres 1838, bei der 15 % der Wohnhäuser in Buda und 50 % in Pest ruiniert wurden, hat man den Budapester Abschnitt sehr großzügig ausgebaut. Dabei wurden der Donauarm Soroksár abgesperrt, der Hauptarm Budafok ausgebaggert und auf dem Gebiet der Hauptstadt Uferbefestigungen und Ufermauern angelegt.

Bis zum Beginn des ersten Weltkrieges war an der gesamten ungarischen Donau der größte Teil der Mittelwasserregulierung vollendet, wobei eine bedeutende Verbesserung des Hochwasser- und Eisabflusses erreicht wurde. Die ursprüngliche Länge der Donau wurde mit 30 Durchstichen von 472 auf 417 km verkürzt.

Die Bedeutung der sich rasch entwickelnden Schifffahrt ist im Verlauf der Korrektionsarbeiten stark angewachsen. Bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde damit begonnen, Untiefen zu beseitigen, sowie mit Buhnen und Leitwerken Niedrigwasserregulierungen durchzuführen. Mit diesen Arbeiten wurde ein durchgehendes Fahrwasser für die Schifffahrt von 2,5 m Tiefe und mindestens 150 m Breite geschaffen.

Hochwasserschutz

Ein Viertel der Staatsfläche Ungarns, ca. 23.000 km², ist potentiellies Überschwemmungsgebiet. Davon liegen allerdings nur 23 % im Donautal. Der Schutz gegen Hochwasser hat deshalb in diesem Land seit alters her eine besondere Bedeutung. So wurden bereits ab dem 16. Jahrhundert Schutzdämme errichtet.

Der systematische Bau von Hochwasserdämmen begann teilweise schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Als im Jahre 1840 für die Durchführung von Wasserbauten eine gesetzliche Grundlage geschaffen wurde, waren im Donautal bereits rd. 500 km Dämme zum Schutz von rd. 2000 km² Überschwemmungsgebiet angelegt worden. Während die Flußregelungen zur Staatsaufgabe wurden, mußte der Bau und die Unterhaltung von Hochwasserdämmen und der notwendigen Binnenentwässerungen auf Kosten der Interessierten und von Wasserverbänden durchgeführt werden. Die entscheidenden Anstöße zum zügigen Weiterbau und der Vollendung eines systematischen Dammsystems gingen jedoch erst von den großen Hochwassern der Jahre 1881 und 1888 aus. Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts war dann das Schutzsystem in den Grundzügen fertiggestellt.

Durch die Einspannung der Donau zwischen die Dämme waren aber die Hochwasserstände gegenüber dem früheren Zustand angestiegen, so daß viele der früheren Dämme nach der Fertigstellung des gesamten Systems zu niedrig waren. Sie wurden dann in der ersten Hälfte des Jahrhunderts so erhöht und verstärkt, daß ein durchgehender Schutz gegen ein ca. 60-jährliches Hochwasser entstand.

Zu Beginn der jetzigen Phase des Hochwasserschutzes wurde zunächst die gesetzliche Grundlage geändert. Ausgehend von der Tatsache, daß die Sicherheit der Hauptschutzlinien eine überörtliche Bedeutung hat, übernahm der Staat diese wichtigsten Hochwasserdämme von den Verbänden. Von den gesamten Hauptschutzlinien in Ungarn mit einer Länge von 4183 km befinden sich 1350 km im Donautal. Sie werden zusammen mit einer wichtigen sekundären Linie von 260 km und 18 km in der Hauptstadt Budapest von den 12 Wasserwirtschaftsdirectionen betreut. Mit den seither durchgeführten und allen künftigen Maßnahmen wird die Sicherheit weiter verbessert. Das angestrebte Ziel, die besonders wichtigen Dämme zum Schutz gegen ein 1000-jährliches Hochwasser und die anderen auf ein 100-jährliches Hochwasser auszubauen, ist im wesentlichen erreicht. Neben der notwendigen Dammhöhe gehört dazu fast immer auch eine durchgreifende Verbesserung oder Erneuerung der alten Dammkörper entsprechend den Anforderungen der modernen Bodenmechanik.

Die Bedeutung des Hochwasserschutzes für Ungarn wird durch folgende Zahlen deutlich: In dem potentiellen Überschwemmungsgebiet lebt ein Viertel der Bevölkerung, liegen rd. 30 % der Eisenbahnlinien und 20 % des Straßennetzes.

Staustufen

Auf der Stufe Gabčíkovo, die gemeinsam mit der Tschechoslowakei errichtet wird und auf die Planungen für eine weitere Stufe bei Nagymaros wurde bereits hingewiesen.

S o z i a l i s t i s c h e F ö d e r a t i v e R e p u b l i k J u g o s l a w i e n

Die jugoslawische Donau-Strecke von ca. 587 km liegt zum größeren Teil, nämlich zu 358 km in der Pannonischen Ebene. In diesem ersten Abschnitt hat sie nur ein Gefälle von 0,05 bis 0,04 o/oo. Schon vor Beginn der Durchbruchstrecke des Eisernen Tores bei der Einmündung der Nera wird sie Grenzfluß zu Rumänien und bleibt es auf ca. 229 km bis zur Mündung des Timok.

Regulierung des Flußbettes in der Pannonischen Ebene

Die Regelungsarbeiten begannen im Jahre 1895 von Saks in Ungarn her. Es handelt sich dabei um die gleichen Maßnahmen wie sie schon zuvor in der ungarischen Donau-Strecke ausgeführt wurden: Absperren von Flußarmen, Abflachen von Kurven, Durchstich von Krümmungen, Befestigung der Ufer, Niedrigwasserregulierung mit Buhnen und Leitwerken. Besonders zu erwähnen sind drei große Durchstiche oberhalb der Einmündung der Drau. Bis zu Beginn des ersten Weltkrieges war die Strecke bis zur Mündung der Theiß fertiggestellt, wobei auch eine Schiffahrtsrinne von 1,8 m Tiefe und 100 m Breite geschaffen wurde. Zwischen den beiden Weltkriegen wurden die Arbeiten flußabwärts der Theißmündung fortgeführt.

Die Regulierung des Eisernen Tores/Djerdap/Portile de Fier

Mit einer Verbesserung der äußerst schwierigen Schiffahrtsbedingungen in der Kataraktenstrecke des Eisernen Tores befaßte man sich nach Errichtung des Trajansweges am rechten Ufer durch die Römer erst wieder zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Von 1834 - 1837 wurde am linken Ufer die bekannte Széchenyi-Straße dem Fels abgerungen, um der Schiffahrt bei Niedrigwasser eine Hilfe zu geben. Damals erfolgten auch schon einige Sprengarbeiten in der Donau, mit denen Klippen und Felsen beseitigt wurden und in den Katarakten von Kozla-Dojke eine kleine Fahr Rinne ausgebrochen wurde. Nach zahlreichen verschiede-

nen Planungen und einer internationalen Vereinbarung sind dann von 1890 - 1898 umfangreiche Regulierungsarbeiten zur Verbesserung der Schifffahrt durch die Katarakte durchgeführt worden. Sie bestanden im wesentlichen aus fünf Kanälen mit je rd. 60 m Breite und 2 m Mindesttiefe von insgesamt 13 km Länge durch die einzelnen Katarakte mit den notwendigen Leitdämmen, sowie dem Absprengen der vorspringenden Felsspitze des "Geben" um 150 m.

Mit, auch noch für heutige Begriffe schwierigen rd. 650 000 m³ Felsarbeiten, davon etwa die Hälfte unter Wasser, und weiteren ca. 1,2 Mill. m³ Steinwurf war eine durchgehende Schifffahrtsrinne geschaffen worden. Wegen der starken Strömung, die im 73 m breiten und 3 m tiefen Sip-Kanal am Eisernen Tor bis zu 5 m/sec erreichte, war jedoch nur ein eingeschränkter Verkehr mit besonderen Schleppschiffen möglich. Am Sip-Kanal wurde im Ersten Weltkrieg eine Treidelbahn gebaut, auf der schwere Lokomotiven den Schleppdienst übernahmen. Die Schifffahrt durch die gesamte Kataraktenstrecke blieb jedoch so schwierig, daß sie Lotsen erforderte; zeitweise war sie immer noch unmöglich.

Die endgültige Lösung aller Schifffahrtsprobleme brachte erst die Staustufe Derdap/Portile de Fier I, die die gesamte Kataraktenstrecke überstaut. Die beiden zweistufigen Schleusen haben Abmessungen von 34 m x 310 m. Die Schleuse auf der jugoslawischen Seite hat über die Empfehlungen der Donaukommission hinaus (4,5 m Fahrwassertiefe und 10,5 m Lichtraumprofil) eine Fahrwassertiefe von 5,5 m und ein Lichtraumprofil von 13,5 m und ist damit für 5000 to-Lastkähne der See-Flußschifffahrt geeignet.

Der Hochwasserschutz

Größere Überschwemmungsgebiete, für die ein Hochwasserschutz notwendig wurde, gibt es nur an der Mittleren Donau in der Pannonischen Ebene. Ein systematischer Bau von Hochwasserdämmen erfolgte erst im Laufe des 19. Jahrhunderts. Bis zum ersten Weltkrieg war im Anschluß an die ungarischen Dämme ein zusammenhängendes Schutzsystem errichtet worden, das am linken Ufer bis zur Mündung der Theiß und am rechten Ufer bis zur Mündung der Drau reichte. Flußabwärts hatte das Dammsystem am linken Ufer noch größere Lücken (z. B. bei Pancevo, im Bereich der Karasmündung usw.), während am rechten Ufer nur bei Petrovaradin und bei Zemun Hochwasserdämme errichtet worden waren.

Zwischen den beiden Weltkriegen wurde das Dammsystem erweitert (z. B. bei Pancevo am linken Ufer und bei Smederevo und Godominsko Polje am rechten Ufer). Ausgelöst durch das Hochwasser 1926 wurde auch ein Teil der früheren Dämme erhöht und verstärkt oder erneuert.

Nach dem zweiten Weltkrieg kamen noch einige Dammstrecken hinzu, die zur Vollendung des Hochwasserschutzes an der Donau notwendig waren. Darüber hinaus wurde ein Teil der alten Dämme, vor allem aufgrund der Erfahrungen beim Hochwasser 1965, erhöht und entsprechend den modernen bodenmechanischen Erkenntnissen verstärkt oder erneuert.

Gegenwärtig gibt es am linken Ufer ein durchgehendes Dammsystem von der ungarischen Grenze bis zum Beginn der Gebirgsstrecke des Eisernen Tores. Am rechten Ufer war es wegen der örtlichen Verhältnisse ausreichend, nur einige Dammstrecken zu errichten: Von der ungarischen Grenze bis zur Drau, bei Petrovaradin und Zemun sowie die Dämme flußabwärts von Smederevo, die bereits als Rückstaudämme für die Staustufe Djerdap/Portile de Fier I erforderlich sind.

Die Krone der Hochwasserdämme wird im allgemeinen um 1,5 m - 1,7 m über den Wasserstand eines 100-jährlichen Hochwassers gelegt.

Staufufen

Zur Lösung der schwierigen Schifffahrtsprobleme und zur Ausnutzung des großen Wasserkraftpotentials errichteten Jugoslawien und Rumänien in den Jahren 1964 - 1972 bei km 942,95 die bei Niedrigwasser 32 m hohe Staustufe des "Hydroenergetischen und Schifffahrts-Systems Djerdap/Portile de Fier I". Der Stau reicht bei Niedrigwasser ca. 270 km weit etwa bis zur Mündung der Theiß. Bei Hochwasser wird der Stau bis zu 6,5 m gesenkt, so daß er bei großen Hochwassern in ca. 120 km bei Veliko Gradiste endet.

Da stromaufwärts sowohl in der Donau wie auch in den großen Nebenflüssen lange, freie Fließstrecken vorhanden sind, gibt es bei Vereisung größere Probleme zu bewältigen.

Im Jahre 1984 wurde die Staustufe Gruia/Portile de Fier II bei km 863 in Betrieb genommen. Ihr Stauraum schließt unmittelbar an die Stufe Djerdap/Port-

tile de Fier I an, so daß sie als Ausgleichsspeicher für einen Schwellbetrieb mit den Kraftwerken dieser Stufe verwendet werden kann. Sie wurde ebenfalls von Jugoslawien und Rumänien gemeinsam erbaut.

V o l k s r e p u b l i k B u l g a r i e n

Die Donau bildet flußabwärts, anschließend an Jugoslawien, auf 472 km die Grenze zwischen Rumänien und Bulgarien.

Von 1930 bis 1950 wurden rd. 300 km Hochwasserdämme zum Schutz einer Fläche von ca. 72.600 ha errichtet. Die Dammhöhe wurde nach dem Hochwasser von 1897 bemessen.

S o z i a l i s t i s c h e R e p u b l i k R u m ä n i e n

Rumänien hat mit einer Länge von 1075 km, beginnend im Bereich der mittleren Donau etwas oberhalb der Gebirgsstrecke des Eisernen Tores bis zur Mündung, den größten Anteil am Lauf der Donau. Sie bildet zunächst zwischen Nera und Timok auf rd. 229 km die Grenze zu Jugoslawien und dann anschließend auf rd. 472 km die Grenze zu Bulgarien. Ab der Einmündung des Prut läuft in ihr die Grenze zur Sowjetunion flußabwärts auf rd. 80 km bis zur Abzweigung des Chilia/Kilija-Armes und dann in diesem weiter bis zu seiner Mündung ins Schwarze Meer.

Regulierung des Flußbettes

Die Regulierung der Kataraktenstrecke des Eisernen Tores, in der die Donau die Grenze zu Jugoslawien bildet, wurde bereits beschrieben.

Um auch größeren Seeschiffen das Einfahren in die Donau zu ermöglichen hat Rumänien den Sulina-Arm des Donaudeltas von 1857 - 1902 mit 10 Durchstichen von rd. 85 km auf rd. 62 km verkürzt und eine 7,3 m tiefe und 80 m breite Schiffahrtsrinne bis zum Hafen von Tulcea angelegt. Diese Schiffahrtsrinne führt heute bis nach Braila, rd. 170 km oberhalb der Mündung. Sie muß allerdings durch ständiges Baggern von Verlandungen freigehalten werden.

Der Hochwasserschutz

Mit dem Bau von Hochwasserdämmen zum Schutz landwirtschaftlicher Flächen

wurde bereits im 19. Jahrhundert begonnen. Die geschützte Fläche nahm von rd. 50.000 ha im Jahre 1940 auf rd. 100.000 ha im Jahre 1960 zu und steigerte sich bis heute auf rd. 400.000 ha. Die gesamte Länge der Hochwasserdämme beträgt rd. 1000 km.

Staufstufen

Über die beiden Staufstufen am Eisernen Tor, Portile de Fier I und Portile de Fier II, die zusammen mit Jugoslawien errichtet worden sind, wurde bereits berichtet.

5.3 Die Wasserbauten an den bedeutendsten Nebenflüssen, Wasserspeicher, Entwässerung und Bewässerung

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Der größte Teil der Iller, der deutschen Flußstrecken von Lech, Isar und Inn, sowie die Grenzstrecken von Inn und Salzach wurden etwa von 1840 - 1930 reguliert. Ungefähr an einem Drittel der regulierten Flußstrecke wurden von etwa 1880 - 1970 Hochwasserdämme gebaut. Seit 1890 entstanden an diesen Flüssen zahlreiche Wasserkraftwerke.

Demgegenüber ist der Umfang und die Bedeutung der Wasserbauten an den nördlichen Zuflüssen Altmühl, Naab und Regen sehr gering.

Am Oberlauf des durchgehend regulierten Lech besteht seit 1953 der Forggensee als Kopfspeicher für die Energieerzeugung in einer fast geschlossenen Kette von Flußkraftwerken bis zur Mündung in die Donau.

An der Isar wurde mit Regulierungen, Hochwasserdämmen und dem Sylvensteinspeicher der weitestgehende Hochwasserschutz unter den größeren Nebenflüssen der deutschen Donau-Strecke erreicht. Mit diesen aufeinander abgestimmten Maßnahmen, deren Wirkung auch noch der Donau zugute kommt, wurden rd. 75 % des Überschwemmungsgebietes im Isartal vor Hochwasser geschützt.

Der Abfluß der Isar wird intensiv durch ein System von Ableitungen, Umleitungen und Flußkraftwerken zur Erzeugung von Wasserkraftenergie genutzt.

Tab. 1.7 Die größten Wasserspeicher im Donaugebiet

| Speicher | Flußeinzugs- gebiet | Seit Jahr | Volumen gesamt | Mio m ³ Nutzraum | Bemerkung |
|----------------------------|------------------------|--------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Bundesrepublik Deutschland | | | | | |
| Forggen-See | Lech | 1954 | 165 | 150 | |
| Sylvenstein | Isar | 1959 | 108 | 104 | |
| Grüntten-See | Lech | 1961 | 16,0 | 12,2 | |
| Eixendorf | Naab | 1975 | 18,8 | 18,5 | |
| Frauenau | Regen | 1983 | 12,5 | 10,5 | |
| Postmünster | Inn | 1973 | 13,1 | 12,6 | |
| Walchensee | Isar | 1924 | 1300 | 110 | |
| Republik Österreich | | | | | |
| Kölnbrein | Drau | 1979 | 205 | 200 | |
| Gepatsch | Inn | 1966 | 140 | 138,3 | |
| Schlegeis | Inn | 1973 | 127,7 | 127,4 | |
| Zillergründl | Inn | 1986 | 90 | 89 | |
| Mooserboden | Inn (Salzach) | 1956 | 88,0 | 85,4 | |
| Wasserfallboden | Inn (Salzach) | 1951 | 86,0 | 82,8 | |
| Achensee | Isar | 1927 | | 70,2 | Überleitung i.d. Inn |
| Finstertal | Inn | 1981 | 60,5 | 60,0 | |
| Tauernmoossee | Inn (Salzach) | 1974 | 56,0 | 55,3 | |
| Durlaßboden | Inn (Salzach) | 1968 | 53,0 | 52,5 | |
| Ottenstein | Kamp | 1957 | 73,0 | 51,0 | |
| Oscheniksee | Drau (Möll) | 1976 | | 33,0 | |
| Vorderer Gosausee | Traun | 1912 | | 24,7 | |
| Dobra-Krumau | Kamp | 1955 | 21,0 | 20,0 | |
| Großsee-Hochwurten | Drau (Möll) | 1975 | 17,7 | 17,5 | |
| Weißsee | Inn (Salzach) | 1953 | 16,0 | 16,0 | |
| Bockhartsee | Inn (Salzach) | 1984 | 14,8 | 14,2 | |
| Salza | Enns | 1949 | 11,0 | 10,6 | |

Tab. 1.7 Fortsetzung

| Speicher | Flußeinzugs- gebiet | Seit Jahr | Volumen gesamt | Mio m ³ Nutzraum | Bemerkung |
|---|------------------------|--------------|-------------------|--------------------------------|-----------|
| Tschechoslowakische Sozialistische Republik | | | | | |
| Orava | Váh | 1953 | 545,9 | 298,1 | |
| Liptavská Mara | Váh | 1977 | 360,0 | 320,5 | |
| Nosice | Váh | 1958 | 36,0 | 24,0 | |
| Slnava | Váh | 1959 | 12,2 | 4,2 | |
| Krállová | Váh | 1985 | 50,8 | 22,3 | |
| Ruzina | Ipel | 1973 | 14,76 | 13,0 | |
| Bukovec | Bodva | 1975 | 23,4 | 21,4 | |
| Palcmanská Masa | Hornad | 1956 | 11,05 | 10,3 | |
| Ruzin | Hornad | 1968 | 59,0 | 48,5 | |
| Zemplínska Sirava | Bodrog | 1965 | 334,0 | 177,0 | |
| Veľka Domasa | Bodrog | 1966 | 185,0 | 146,0 | |
| Ungarische Volksrepublik | | | | | |
| K-V-3 | Ost-Hauptkanal | 1969 | | 11,0 | |
| Fischteich v. Begecs | Sebes-Körös | 1960 | | 11,6 | |
| Staustufe Bökeny | Karmas-Körös | 1906 | | 12,0 | |
| Speicher v. Fehérvárcsurgó | Sio Kanal | 1972 | | 14,2 | |
| Fischteich v. Biharurga | Sebes-Körös | 1958 | | 15,6 | |
| Hortobagyer Alte Teiche | West-Haupt- Kanal | vor 1940 | | 16,0 | |
| Staustufe Tiszalök | Theiß | 1959 | | 17,0 | |
| Staustufe Békés- szentandrás | Harmas-Körös | 1942 | | 20,0 | |
| Staustufe Kisköre | Theiß | 1973 | | 300,0 | |

Tab. 1.7 Fortsetzung

| Speicher | Flußeinzugs- gebiet | Seit Jahr | Volumen Mio m ³ gesamt | Nutzraum | Bemerkung |
|--|------------------------|--------------|--------------------------------------|----------|-----------|
| Sozialistische Föderative Republik Jugoslawien | | | | | |
| Mratinje | Save (Piva) | 1973 | 880 | | |
| Bajina Basta | Save (Drina) | 1966 | 691 | 610 | |
| Kokin Brod | Save (Uvac) | 1961 | 250 | 220 | |
| Sjenica | Save (Uvac) | | 190 | | |
| Modrac | Save (Spreca) | 1964 | 160 | 154 | |
| Zvornik | Save (Drina) | 1955 | 89 | 23 | |
| Potpec | Save (Lim) | 1966 | 44 | 25 | |
| Gazivode | V. Morava (Ibar) | | 390 | | |
| Vlasin | V. Morava (Vlasina) | 1948 | 165 | 107 | |
| Batlava | V. Morava | 1962 | 52 | | |
| Medjevsrje | V. Morava (West M.) | 1953 | 18 | | |
| Sozialistische Republik Rumänien | | | | | |
| Fintinele | Somes | 1977 | 225 | 180 | |
| Vidraru | Arges | 1966 | 470 | 320 | |
| Vidra | Olt (Lotru) | 1973 | 340 | 300 | |
| Izvorul Muntelui | Siret (Bicaz) | 1961 | 1230 | 930 | |
| U.d.S.S.R. und S.R. Rumänien gemeinsam | | | | | |
| Kostest | Prut | | | 450 | |
| Volksrepublik Bulgarien | | | | | |
| Iskar | Iskar | 1955 | 673 | 550 | |
| Stambolijski | Rosica | 1950 | 222 | 180 | |
| Sopot | Vit | 1960 | 60 | 46 | |

Hierbei hat der Walchensee, der seit 1924 als Wasserspeicher genutzt wird, eine wesentliche Bedeutung.

Die Wasserspeicher, die im deutschen Donaugebiet für Energieerzeugung, Hochwasserschutz, Aufhöhung des Niedrigwasserabflusses und Trinkwasserversorgung bestehen, haben einen Nutzraum von ca. 450 Mio m³. Sie wurden mit einer Ausnahme erst nach 1950 gebaut. In den Einzugsgebieten von Naab und Regen befinden sich rd. 3 000 ha Fischteiche mit einem Volumen von rd. 30 Mio m³.

E n t w ä s s e r u n g e n wurden auf etwa 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche durchgeführt.

Eine B e w ä s s e r u n g wird nur auf einigen hundert Hektar Fläche mit Gemüseanbau durchgeführt.

REPUBLIK ÖSTERREICH

Die Regulierung der österreichischen Alpenflüsse erfolgte im Zeitraum von 1830 - 1930. An einigen Strecken wurden zusätzlich auch noch in späterer Zeit Hochwasserdämme gebaut. Infolge der reichlichen Abflüsse und der großen Höhenunterschiede ist im alpinen Raum ein hohes Wasserkraftpotential vorhanden, mit dessen Ausnützung man schon frühzeitig - ab etwa 1898 - begonnen hat.

Der I n n läuft durch drei Staaten, an seinem Einzugsgebiet haben vier Staaten Anteil. Der Fluß wird bereits in der S c h w e i z energiewirtschaftlich genutzt und zwar zunächst durch einen maßvollen Ausbau der drei Oberengadiner Seen. Gegen die Erlaubnis, im italienischen Einzugsgebiet des Inn einen großen Speicher (Livigno) errichten zu dürfen, gestattete die Schweiz die Ableitung von im Mittel 90 Mio m³ Wasser aus dem i t a l i e - n i s c h e n Inngbiet zur Adda. Dieser Verlust wird im Inn durch die Verlagerung einer Abflußmenge von 170 Mio m³ vom Sommer- in das Winterhalbjahr ausgeglichen.

Der Flußlauf des Inn in Ö s t e r r e i c h wird nur mit zwei voneinander unabhängigen Flußkraftwerken energiewirtschaftlich genutzt. Dagegen besteht in der anschließenden d e u t s c h e n Innstrecke eine geschlossene Kette von 10 Staustufen, die sich in der G r e n z s t r e c k e

von der Salzach bis zur Donau mit nochmals fünf Stufen fortsetzt. An der Salzach gibt es derzeit zwei Flußkraftwerke. Ein weiterer Ausbau ist vorgesehen.

Im Einzugsgebiet von Inn und Salzach gibt es Wasserspeicher mit einem Nutzraum von zusammen ca. 750 Mio m³. Dazu bestehen noch Ableitungen von jährlich im Mittel 209 Mio m³ zum Rheingebiet und 127 Mio m³ zur Drau. Im gesamten Einzugsgebiet der Donau bis unterhalb der Einmündung des Inn (Schweiz, Österreich, Bundesrepublik Deutschland) gibt es derzeit Energiespeicher mit insgesamt ca. 1 Milliarde m³ Nutzraum zur Langzeitspeicherung. Wenn man die Verlagerung dieser Abflußmenge vom Sommer in den Winter auf einen Zeitraum von jeweils fünf Monaten aufteilt, so ergibt sich dabei eine Abflußänderung von im Mittel 75 m³/s.

Die *T r a u n* wird in der Strecke vom Traunsee bis zur Mündung nur mit wenigen Staustufen energiewirtschaftlich genutzt. An dem ca. 130 km lange Mittel- und Unterlauf der wasserreichen *E n n s* wurde von 1942 - 1972 eine geschlossene Kette von 14 Staustufen errichtet. Im oberen Einzugsgebiet besteht dazu noch ein kleines Speicherkraftwerk.

Die *M a r c h* wurde in der Grenzstrecke im Zeitraum von 1911 - 1964 reguliert.

Die *D r a u* ist von Villach bis zur Staatsgrenze mit einer geschlossenen Kette von sieben Staustufen ausgebaut. Eine Fortführung des Ausbaues flußaufwärts ist im Gange. An ihrem Nebenfluß Mur besteht eine nur durch den Bereich der Stadt Graz unterbrochene Kette von neun Staustufen. Ein zwischenstaatliches Projekt sieht den Bau von sechs Kraftwerken in der österreichisch-jugoslawischen Grenzstrecke vor. Im Einzugsgebiet der Mur befinden sich 3 größere Speicher.

Im Gebirgsland Österreich hat die *W i l d b a c h v e r b a u u n g* eine außerordentlich große Bedeutung. Ziel der unter diesem Begriff zusammengefaßten Maßnahmen ist es, den engen Lebensraum in den Gebirgstälern gegen Zerstörung durch Hochwasser, Vermurung, Lawinen und rutschende Berghänge so gut wie möglich zu schützen.

E n t w ä s s e r u n g e n von landwirtschaftlichen Nutzflächen wurden auf rd. 150.000 ha durchgeführt.

Bewässerungsanlagen bestehen für ca. 50.000 ha. Weitere 130.000 ha werden als bewässerungsbedürftig angesehen.

TSCHECHOSLOWAKISCHE SOZIALISTISCHE REPUBLIK

An der regulierten Grenzstrecke der March wurden Hochwasserdämme zum Schutz gegen ein 100-jährliches Hochwasser erbaut. Im Einzugsgebiet der March bestehen vier Wasserspeicher als Mehrzweckanlagen.

Die Regulierungsarbeit am Vah begann im Jahre 1919. Ein systematischer Ausbau erfolgte allerdings erst ab 1945. Am Mittellauf zwischen Zilina und Hlohovec ist eine schon fast geschlossene Kette von Staustufen entstanden. Längs des rd. 100 km langen Unterlaufes wurden Hochwasserdämme errichtet. Es ist vorgesehen, diesen untersten Abschnitt durch den Bau von Staustufen schiffbar zu machen. Im Einzugsgebiet des Vah bestehen zahlreiche Speicher. Die beiden größten Talsperren (Orava und Lipt. Mara) haben allein einen Inhalt von 706 Mio m³. Der Unterlauf der Nitra wurde zum Vah übergeleitet.

Im Einzugsgebiet des Hron bestehen Wasserspeicher mit einem Volumen von 44 Mio m³ für Bewässerung, Wasserversorgung und Hochwasserschutz.

Am Bodrog entstanden die ersten Regulierungen und Hochwasserdämme bereits im vorigen Jahrhundert. Ein systematischer und intensiver Ausbau wurde ab 1950 durchgeführt. Die in seinem Einzugsgebiet vorhandenen Speicher mit einem Volumen von rd. 550 Mio m³ (Zemplinska Sirava, Velka Domasa) wurden hauptsächlich für die Bewässerung und Wasserversorgung erbaut.

In der Slowakei gibt es an den genannten Flüssen einschließlich der Donau insgesamt ca. 2300 km Hochwasserdämme, die zusammen eine Fläche von insgesamt ca. 450.000 ha vor Überschwemmung schützen. Der größte Teil der flachen Gebiete in den Talniederungen, ca. 300 000 ha, müssen wegen des aus dem Hinterland zufließenden Wassers und der oft länger andauernden Wasserstände in den Flüssen künstlich entwässert werden. Dafür wurde eine Pumpwerksleistung von zusammen 256 m³/s, das sind 85 l/s . km², installiert.

Aufgrund der klimatischen Gegebenheiten ist die Bewässerung eine der wichtigsten Maßnahmen zur Steigerung der landwirtschaftlichen Pro-

duktion. Der Umfang der bewässerungsbedürftigen Fläche beträgt in der Slowakei ca. 800.000 ha. In dieser Zahl ist der größte Teil der vor Hochwasser geschützten und künstlich entwässerten Flächen mit enthalten, der aufgrund der klimatischen Verhältnisse zugleich bewässerungsbedürftig ist. Aus 1400 ha bewässerter Fläche im Jahre 1952 wurden durch einen zielbewußten Ausbau ca. 140.000 ha im Jahre 1970 und ca. 180.000 ha im Jahre 1975, davon ca. 100.000 ha innerhalb großflächiger Systeme. Der durchschnittliche Wasserbedarf beträgt jährlich ca. 2200 m³/ha. Er wurde im Jahre 1970 für 110.000 ha aus den genannten Speichern und für rd. 30.000 ha aus der Kleinen Donau gedeckt. Im Zusammenhang mit der im Bau befindlichen Staustufe Gabčíkovo sollen die Bewässerungsflächen im Bereich der Donau wesentlich vergrößert werden.

In der Slowakei gibt es außerdem **F i s c h t e i c h e** mit einer Gesamtfläche von ca. 1100 ha.

UNGARISCHE VOLKSREPUBLIK

Im flachen Pannonischen Tiefland sind die Abflußverhältnisse im allgemeinen schlecht. Wegen des geringen Gefälles und des spärlichen Gewässernetzes gab es in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Ungarn rd. 23.000 km² sumpfige und 16.000 km² zeitweise von Wasser überschwemmte Flächen. Der Hochwasserabfluß ging so langsam vor sich, daß viele Gebiete oft monatelang unter Wasser standen. Der größte Teil der überschwemmten und versumpften Gebiete lagen entlang der **T h e i ß** und ihrer Nebenflüsse. Hier begann der Ausbau deshalb schon früher als an der Donau. Bei der Entwicklung des Wasserbaues in Ungarn lassen sich mehrere Phasen unterscheiden, die mit zeitlichen Unterschieden auch für andere Länder gelten.

- Die Regulierung der großen Flußläufe geschah im wesentlichen im 19. Jahrhundert. Die ungarische Strecke der Theiß wurde von 1846 bis 1890 mit 112 Durchstichen von 1000 km auf 600 km verkürzt.

Zugleich oder nur wenig später wurden Hochwasserdämme gebaut. Sie wurden an den großen Flüssen bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts fertiggestellt. Das Schutzsystem im Tal der Theiß hat einschließlich der Dämme an den Nebenflüssen Bodrog, Körös und Berettyo eine Länge von 2800 km, also etwas mehr als doppelt so lang wie an der Donau.

- In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfolgten Nacharbeiten und ergänzende Maßnahmen zu den Regulierungen (z. B. Niedrigwasserregulierungen) und dem Dammsystem. Außerdem wurde der Hochwasserschutz an den kleineren Nebenflüssen ausgebaut.
- In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wird der Hochwasserschutz sowohl durch konstruktive Maßnahmen (Erhöhung und Verstärkung des Dammsystems) als auch durch operative Maßnahmen (Hochwasservorhersage, Dammverteidigung, Eisbekämpfung usw.) systematisch weiter verbessert. In Ungarn besteht das Ziel, die Hauptschutzlinien auf ein 100-jährliches Hochwasser auszubauen, wertvollere Gebiete gegen das 150-jährliche und besonders hohe volkswirtschaftliche Werte (große Städte und Industrieanlagen) gegen das 1000-jährliche Hochwasser zu schützen. Es entstehen Staustufen und Wasserspeicher als Mehrzweckanlagen, der Übergang zu einer übergebietslichen Wasserwirtschaft wird vollzogen.

Die Staustufen Tiszalök (seit 1959) und Kisköre (seit 1973) sind Mehrzweckanlagen für Energieerzeugung, Verbesserung des Hochwasserschutzes, Bewässerung und Verlängerung des Großschiffahrtsweges bis Dombrad und im Bodrog bis zur Staatsgrenze. Es ist geplant weitere Staustufen an der Theiß und an der Körös zu errichten und damit zusammenhängend Bewässerung und Schifffahrt weiter auszubauen.

Der S i o ist der kanalisierte Abfluß des Plattensees. Zur Bewirtschaftung des Sees und zur Bereitstellung von Wasser für die Bewässerung bestehen am Seeauslauf und an der Mündung in die Donau je eine Schleuse. Es ist vorgesehen, vier weitere Schleusen zu errichten.

Die D r a u ist auf eine große Strecke Grenzfluß zu Jugoslawien. Die ersten Regulierungen am Flußbett wurden dort schon zu Ende des 18. Jahrhunderts durchgeführt. Die Hauptarbeiten folgten ab Ende des 19. Jahrhunderts. Es ist geplant, gemeinsam mit dem Nachbarland Staustufen zu errichten.

Für die E n t w ä s s e r u n g d e r P o l d e r mußte jeweils schon beim Bau der Hochwasserdämme gesorgt werden. Die ehemaligen Überschwemmungsflächen werden zu über 80 % landwirtschaftlich genutzt. Mit der seit 1930 zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft sind die Anforderungen an die Ableitung des aus dem Binnenland einströmenden Wassers und des von vorne kommenden Sickerwassers stark angestiegen. Dies erforderte bei dem

flachen Gefälle des Landes den Ausbau zahlreicher Gräben, Kanäle und Pumpwerke. Mit rd. 33.000 km Ableitungskanälen und einer Pumpwerkleistung von 650 m³/s, das sind im Mittel etwa 25 l/s.km², können schädliche Polderwasser innerhalb von 14 - 19 Tagen abgeleitet werden. Für die Zukunft wird eine Verkürzung auf 7 bis 12 Tage angestrebt. Daneben wird mehr und mehr dazu übergegangen, einen möglichst großen Teil des Hochwassers längerfristig zu speichern.

Die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen hat von 14.000 ha im Jahre 1947 auf 437.000 ha im Jahre 1970 zugenommen. Zwei Drittel davon liegen im Tal der Theiß, ein Drittel im Donautal. Auf zwei Drittel der gesamten Fläche wird beregnet. Der Wasserbedarf wird mit 3500 - 3700 m³/ha im Jahr bzw. mit bis zu 216 m³/s angegeben. Mehr als die Hälfte der bewässerten Fläche liegt innerhalb von großen Bewässerungssystemen, mit einem Kanalnetz von rd. 4400 km Länge. Das größte Bewässerungssystem mit 120.000 ha wird zusammen mit 6300 ha Fischteichen von der Staustufe Tiszalök an der Theiß versorgt. Die beiden Hauptkanäle mit einer Leistung von zusammen 55 m³/s verbinden die Täler der Theiß und der Körös. Während der letzten Jahre hat die bewässerte Fläche und somit die Menge des zur Bewässerung genutzten Wassers etwas abgenommen. Die Kapazität der ausgebauten Bewässerungssysteme wird nicht völlig ausgenutzt. Es wird z. Zt. versucht das Interesse der landwirtschaftlichen Betriebe an Bewässerungen zugunsten der Volkswirtschaft wieder zu erhöhen.

Durch Flächenelementwässerungen und Ausbau des Gewässernetzes auf das 3 - 10-jährliche Hochwasser wurden seit dem Ende des 19. Jahrhunderts auf der Hälfte der Staatsfläche die Abflußverhältnisse für die Landwirtschaft verbessert. In den beiden letzten Jahrzehnten wurde dabei immer mehr zu einer flächenbezogenen, integralen Wasserwirtschaft übergegangen, bestehend aus Abflußregelung, Wasserspeicherung, Be- und Entwässerung sowie Erosionsschutz.

Be- und Entwässerungsanlagen stehen vielfach in einem funktionalen Zusammenhang, da die dafür notwendigen Kanäle und Gräben beide Aufgaben übernehmen können.

Von den rd. 19.000 ha Fischteichen die bis zu rd. 150 Mio m³ Wasser aufnehmen können, werden zwei Drittel innerhalb der Bewässerungssy-

steme betrieben. Die Hälfte der Fischteiche liegt im Gebiet der Theiß. Die bekanntesten sind der Fischteich Hortobagy, der Feherto bei Szeged und das Teichsystem Biharugra.

SOZIALISTISCHE FÖDERATIVE REPUBLIK JUGOSLAWIEN

An der *D r a u* beginnen die Regulierungsarbeiten Anfang des 20. Jahrhunderts. Neben dem Ausbau des Flußbettes auf rd. 350 km Länge wurden 220 km Hochwasserdämme angelegt, von denen 95 km am linken Ufer liegen. Die damit vor Hochwasser geschützte Fläche beträgt ca. 20.000 ha. Im oberen Abschnitt der Drau von der österreichischen Grenze bis Maribor befinden sich sechs Staustufen.

Die *T h e i ß* wurde im 19. Jahrhundert reguliert, wobei auch 11 größere Durchstiche ausgeführt wurden. Der Fluß wurde damit schiffbar gemacht. Gleichzeitig wurden Hochwasserdämme gebaut, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts nochmals verstärkt wurden.

Am Flußlauf der *S a v e* begannen die Regulierungsarbeiten Ende des 19. Jahrhunderts. Sie beschränkten sich an diesem großen Fluß auf Durchstiche von insgesamt 43 km Länge und rd. 60 km Uferbefestigungen. Mit jeweils 660 km Hochwasserdämmen auf jeder Seite wird eine Fläche von 650.000 ha vor Überschwemmung geschützt. Im Einzugsgebiet der Save gibt es 11 Wasserspeicher mit einem gesamten Stauraum von über 2400 Mio m³. Von diesen Speichern liegen je zwei an der Save, der Drina und am Uvac und weitere Speicher an anderen Nebenflüssen. Der Speicher Martinje an der Drina (Piva) ist mit 880 Mio m³ Stauraum der größte Speicher im Einzugsgebiet der Save.

An der *V e l i k a M o r a v a* und ihren beiden Zuflüssen, der Südlichen und Westlichen Morava wurden nach dem 1. Weltkrieg Durchstiche von zusammen 167 km ausgeführt. Dazu kommen noch ein Anzahl von Uferbefestigungen und Leitwerken. Mit 430 km Hochwasserdämmen wird ein Gebiet von 93.000 ha vor Überschwemmung geschützt. Im Einzugsgebiet bestehen sechs größere Wasserspeicher. Von diesen hat der Speicher Gazivode mit 390 Mio m³ den größten Stauraum.

E n t w ä s s e r u n g u n d B e w ä s s e r u n g

Die Anfänge des heutigen Wasserwirtschaftssystems "Donau - Theiß - Donau"

gehen bis in das 17. Jahrhundert zurück. Sie begannen mit dem Ausbau eines schiffbaren Kanals Donau - Theiß - Donau zwischen Backo Gradiste und Backi Monöstor, mit der Regulierung des Begej und des Tamis, der Entwässerung von Sümpfen in der Backa und durch den Ausbau der natürlichen Wasserläufe sowie der Anlage eines Systems von Entwässerungskanälen im Banat. Mit diesen Maßnahmen konnte jedoch vor allem im Banat die Binnenentwässerung bei Hochwasser nicht ausreichend gelöst werden, da dem flachen Gelände die Vorflut fehlte.

Die Grundkonzeption des seit 1948 entstandenen Systems "Donau - Theiß - Donau" besteht darin, mit einem leistungsfähigen Kanalnetz und entsprechenden Nebeneinrichtungen wie Pumpstationen und Wehranlagen sowohl die Entwässerung wie auch die Bewässerung zu ermöglichen. Die Hauptkanäle sollten zugleich schiffbar sein. Bis 1972 waren allein 570 km neue Hauptkanäle mit einem Erdaushub von 127 Mio m³ angelegt worden. Dazu gehören noch 270 km alte, überarbeitungsbedürftige Kanalstrecken.

Das Netz der in der Backa liegenden Hauptkanäle geht bei Bezdan und Bogojevo von der Donau aus, wo sich große Pumpstationen zur Wasserentnahme befinden. Bei Novi Sad besteht eine weitere Verbindung zur Donau. Der Anschluß an die Theiß erfolgt bei Novo Becej und Zabalj. Die Hauptkanäle im Banat gehen an drei Stellen von der Theiß aus (an der Mündung der Zlatica, bei Novi Becej und bei Titel) und sie enden an drei Stellen an der Donau (bei Pancevo über den Tamis, bei Centa und bei Banatska Palanka in der Nähe der Einmündung der Nera).

Das größte Bauwerk des Systems ist die Stauanlage an der Theiß bei Novo Becej. Die Wasserentnahme von 60 m³/s in der ersten Ausbauphase soll noch auf 120 m³/s gesteigert werden, womit eine Fläche von 300.000 ha bewässert werden kann. An den Wasserläufen in der Backa und im Banat gibt es insgesamt weitere 20 Wehranlagen zur Wasserentnahme.

Mit der 1972 abgeschlossenen ersten Ausbauphase werden 760.000 ha entwässert und 360.000 ha bewässert. Eine Steigerung der bewässerten Fläche bis zu 1 Mio ha ist möglich.

VOLKSREPUBLIK BULGARIEN

Zwischen 1950 und 1970 wurde am Unterlauf aller größeren Nebenflüsse Regu-

lierungsarbeiten am Flußbett durchgeführt und Hochwasserdämme angelegt.

Für eine intensive Landwirtschaft benötigen im Bereich der Unteren Donau etwa 80 % aller nutzbaren Flächen eine zusätzliche Bewässerung. Bulgarien ist im Gegensatz zu den anderen Donauländern schon seit jeher als das Land der Bewässerung bekannt. Zu Ende des vorigen Jahrhunderts umfaßte die Bewässerung eine Fläche von ca. 30.000 ha. Seit 1950 wurde eine große Zahl von Bewässerungssystemen ausgebaut. Von der Donau aus werden 13 Anlagen mit zusammen 128.000 ha durch Pumpstationen versorgt. Das Wasser muß dabei stellenweise bis zu 100 m hochgepumpt werden. Weitere große Bewässerungssysteme befinden sich bei Sofia und Cerven-brjag sowie in den Einzugsgebieten der Flüsse Iskar und Vit. Die Wasserversorgung der nicht von der Donau beliefbaren Systeme kann nur durch den Bau von Wasserspeichern sichergestellt werden. Im bulgarischen Einzugsgebiet der Donau wurden deshalb bisher Speicher mit einem Inhalt von ca. 1,5 Milliarden m³ errichtet. Der Wasserbedarf für die Bewässerungen beträgt etwa ein Zehntel des gesamten mittleren Abflusses der bulgarischen Donauzuflüsse und zusätzlich ca. 150 Mio m³ pro Jahr aus der Donau. Durch eine Überleitung von der Struma zum Iskar wird der Abfluß zur Donau um ca. 200 Mio m³ im Jahr erhöht.

SOZIALISTISCHE REPUBLIK RUMÄNIEN

Einige Strecken der zur Theiß und zur Donau führenden Flüsse sind reguliert und mit Hochwasserdämmen versehen und teilweise auch mit Staustufen ausgebaut worden. Außerdem wurden einige Wasserspeicher gebaut. Der größte ist der Bicaz-Stausee. In der Rumänischen Tiefebene werden auch Bewässerungsanlagen errichtet, die mit Pumpen z. B. von der Donau versorgt werden. Die gesamte Größe der bisher bewässerten Flächen beträgt ca. 700.000 ha.

U.D.S.S.R.

An der Theiß und ihren Zuflüssen wurden seit 1863 zahlreiche Regulierungen durchgeführt und Hochwasserdämme mit einer Gesamtlänge von 440 km gebaut. Weitere Regulierungen und 150 km Hochwasserdämme sind geplant. Im Gebirge werden auch Maßnahmen der Wilbachverbauung durchgeführt. Im Einzugsgebiet der Theiß bestehen Speicher mit einem Volumen von ca. 50 Mio m³. Weitere Speicher mit zusammen 118 Mio m³ sind bis zum Jahr 2000 geplant.

Am Prut wurde gemeinsam mit Rumänien der Kostester-Wasserspeicher mit einem Nutzinhalt von 450 Mio m³ erstellt, der zur Gewinnung elektrischer Energie und zur Bewässerung genutzt wird.

Kapitel II

Das hydrologische Regime der Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse



1 DIE GESCHICHTE DER HYDROLOGISCHEN BEOBACHTUNGEN IM DONAURAUM

1.1 Die frühen hydrologischen Beobachtungen

Hydrologische Beobachtungen, deren Notwendigkeit für die Bewältigung praktischer Probleme schon sehr früh offenkundig war, haben im Donaauraum als traditionsreichem Kulturland eine bereits sehr lange, aber auch wechselvolle Geschichte. Das Zusammenleben verschiedener Völker und Kulturen auf verhältnismäßig engem Raum, die geographische und verkehrsmäßige Lage im Zentrum Europas, das wechselvolle politische Schicksal, all dies hat seine Spuren auch in der Geschichte der Hydrologie des Donaueinzugsgebietes hinterlassen.

Die wohl älteste Aufgabenstellung in der Hydrologie des Donaueinzugsgebietes ist - abgesehen von der Beobachtung des Stromes für Zwecke der Schifffahrt - der Schutz vor Hochwässern. Die Höhe des Wasserstands bei Hochwasser war eine so bedeutungsvolle Größe, daß sie vielfach in Chroniken erwähnt, aber auch in Form von Hochwassermarken an Gebäuden erhalten wurde.

Die allererste Kunde von einem Donauhochwasser stammt aus dem Jahr 1012. Auch ein Hochwasser um 1180 ist bekannt. Vereinzelt Angaben über die Wasserführung der Donau finden sich in Städtechroniken, oft im Zusammenhang mit der Errichtung von Brücken. Über die weithin bekannte "Steinerne Brücke" in Regensburg z.B. wird berichtet, daß mit ihrem Bau im heißen Sommer des Jahres 1135 begonnen wurde, als die Donau dort "nahezu versiegt" war. Das katastrophale Hochwasser im August des Jahres 1501 kann im Oberlauf der Donau an Hand von Hochwassermarken bereits in gewissen Grenzen rekonstruiert werden.

Erst sehr viel später entwickelten sich feste Meßplätze für die Beobachtung des Wasserstands, an denen jedoch nur zuweilen und zu extremen Hoch- bzw. Niederwasserzeiten Beobachtungen angestellt wurden oder erhalten geblieben sind. Der entscheidende Durchbruch erfolgte erst, als man dazu überging,

die Wasserstände regelmäßig zu beobachten. Dies geschah im Laufe des 19. Jahrhunderts entlang der gesamten Donaustrecke:

- an der bayerischen Donau wurden die ersten Pegel im Jahre 1806 zwischen Ulm und der Mündung des Lech gesetzt. Regelmäßige Beobachtungen fanden jedoch erst ab 1826 an insgesamt 13 Donauegeln statt. Unter ihnen waren auch die Hauptpegel Ingolstadt und Vilshofen (Vorgänger des Pegels Hofkirchen)
- an der österreichischen Donaustrecke waren im Jahr 1853 18 Meßstellen installiert; die älteste von ihnen ist Linz (1821)
- in Bratislava wurden regelmäßige Wasserstandsbeobachtungen um 1890 begonnen
- an der ungarischen Donaustrecke wurden regelmäßige Wasserstandsregistrierungen in großem Umfang im Jahre 1868 begonnen. Die älteste regelmäßig beobachtete Station ist Buda (1817)
- an der jugoslawischen Donaustrecke ist die erste Wasserstandsmeßstelle in Petrovaradin (heute Novi Sad) seit dem Jahre 1819 in Betrieb; 1856 folgten die Stationen Bezdan, Dalj, Vukovar und Bela Palanka, 1859 Zemun, 1870 Pancevo und Bogojewo
- an der rumänischen Donaustrecke waren die ersten Stationen Orsova (1833), Sulina und Sf. Gheorge (1856) sowie Tulcea (1858)
- an der bulgarischen Donaustrecke war die erste Station Ruse (1898). Im Jahre 1911 folgte Lom, im Jahre 1913 Vidin

Viele der genannten Meßstellen wurden schon vor Beginn der regelmäßigen Messungen beobachtet. So bestand in Buda eine Meßstelle bereits im Jahre 1732. Ein Großteil dieser frühen, aber auch noch spätere Messungen können - soweit sie erhalten geblieben sind - nicht oder nur bedingt verwertet werden, da die genaue Lage der Meßstelle nicht bekannt ist, bzw. der Pegelnullpunkt nicht mehr rekonstruiert werden kann.

Fast gleichzeitig mit dem Beginn der regelmäßigen Wasserstandsbeobachtungen

an der Donau wurden auch Meßstellen an bedeutenden Nebenflüssen der Donau errichtet.

Nach der Aufnahme regelmäßiger Wasserstandsbeobachtungen entstand allmählich die Notwendigkeit, extreme Wasserstandsverhältnisse vorhersagen zu können, um die Bevölkerung vor gefährlichen Situationen warnen zu können. Dies machte die Einrichtung eines Wasserstandsnachrichtendienstes erforderlich, in dessen Rahmen Wasserstandsmessungen möglichst schnell weitergeleitet werden mußten. Der Wasserstandsnachrichtendienst war vor allem für den Mittel- und Unterlauf der Donau, wo sich Hochwasser naturgemäß besonders katastrophal auswirkten, von Bedeutung.

Schon im Jahre 1856 bestand an der Theiß aus Gründen des Hochwasserschutzes ein tadellos funktionierender Hochwassermeldedienst, der schon einige Jahre später im Interesse der Schifffahrt einen weiteren Ausbau unter Einbeziehung von Donau, Bega und Maros erfuhr. Seit 1886, dem Gründungsjahr des staatlichen Hydrographischen Dienstes in Ungarn, umfaßte der Nachrichtendienst mit täglichen Meldungen der Wasserstände und Niederschlagsverhältnisse das gesamte Karpatenbecken und damit auch große, heute zur Tschechoslowakei, zu Jugoslawien und zu Rumänien gehörende Abflußgebiete.

In der österreichischen Reichshälfte erfolgte die Einrichtung eines systematischen Wasserstandsnachrichtendienstes und die laufende Vornahme von Wasserstandsvorhersagen ebenfalls noch vor der Jahrhundertwende. Die Erfahrungen bei den großen Hochwassern der Jahre 1897 und 1899 gaben dieser Entwicklung mächtige Impulse und führten innerhalb weniger Jahre zur Errichtung eines eigenen, von den übrigen staatlichen Leitungen unabhängigen Fernmeldenetzes. Dieses erstreckte sich über mehrere hundert Kilometer und erfaßte neben dem Donaustrom auch die wichtigsten Zubringer.

An der oberen Donau, in Bayern erfolgte die Einrichtung eines geregelten Hochwassernachrichtendienstes ebenfalls um die Jahrhundertwende. Offensichtlich lag dort kein so dringendes Bedürfnis nach Hochwasservorhersagen vor, wie dies im stark hochwassergefährdeten Mittel- und Unterlauf der Donau gegeben ist.

Der Weg zur quantitativen Hydrologie mit Hilfe von Messungen des Abflusses wurde bereits zur Mitte des vorigen Jahrhunderts beschritten. In Bayern

sind Abflußmessungen mit Hilfe des Woltmann-Flügels ab dem Jahre 1851 überliefert. In der Donaumonarchie wurden Messungen vereinzelt seit 1830 vorgenommen, und unter A.R. Harlacher in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts intensiviert. Richtungsweisend waren Pionierleistungen der Abflußmessung in Ungarn von P. Väsárhelyi (1835) und J. Horváth (1876). An der jugoslawischen Donaustrecke wurde der Abfluß erstmals im Jahre 1882 gemessen (J.S. Vilovski).

Die meteorologischen Beobachtungen reichen im Donaugebiet etwa 200 Jahre zurück. Lange Beobachtungsreihen sind vom Niederschlag und der Lufttemperatur vorhanden. Einige Beispiele von besonders langen und verhältnismäßig einheitlichen Niederschlagsreihen können dies verdeutlichen:

- Hohenpeißenberg mit einer kontinuierlichen Meßreihe ab 1781
- Kremsmünster ab 1791
- Klagenfurt ab 1811
- Brünn ab 1781
- Budapest ab 1781
- Ljubljana ab 1850
- Zagreb ab 1862

Sehr wichtig für die Entwicklung der Hydrologie war die beginnende Erfassung und kartographische Darstellung der Gewässer.

Eine der ältesten kartographischen Darstellungen der Donau wurde von dem Wiener Humanisten W. Lazius (1514 - 1565) veröffentlicht. Soweit bekannt, erschien als erste gedruckte Karte im Jahre 1640 in Amsterdam eine von N. Vischer zusammengestellte Donaukarte: "Danubius fluvius Euopae maximus a fontibus a ostia". Bereits 1650 wurde ebenfalls in Amsterdam eine Karte des gesamten Donaugebietes mit Nebenflüssen herausgegeben. In Nürnberg wurde 1684 nach Beschreibungen des Sigmund von Birken, von Jakob Sandrat eine "Land-Mappe" mit dem Titel "Der vermehrte Donaustrand" gedruckt. Im 17. Jh. erschien eine Karte des Türkischen Reiches, die von Baptiste Homan zusammengestellt wurde. Teilstrecken der Donau wurden in den österreichischen Karten von J. Doetschum, L. Doetschum und G. Valk dargestellt. Einen bedeutenden Fortschritt in der Darstellung des Donauraums stellte das 1726 gedruckte Werk "Danubius Pannonico-Mysticus observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis etc."

von L.F. Marsigli dar, der als erster den gesamten Donaulauf richtig in ein geographisches Koordinatensystem eingetragen und die Zubringer der Donau nach ihrer Größe in Kategorien eingeteilt hat. Für den Unterlauf der Donau sind eine Reihe früher Kartenwerke erwähnenswert, wie etwa die Karten der Rumänischen Fürstentümer, die von J. Kostoldo (1584), Jacob Contellida Vincollo (1686), Constantin Cantacuzino (1700) und von Dimitrie Cantemir (1716) zusammengestellt wurden sowie eine Karte der russischen Militärakademie aus dem Jahre 1835.

Um 1788 wurden große Teile der österreichischen Donau im Zuge der "Josefinischen Landesaufnahme" im Maßstab 1 : 28 800 aufgezeichnet. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden bereits systematische Stromaufnahmen an der Donau durchgeführt, z.B. in Ungarn im Jahre 1815, oder an der niederösterreichischen Donau in den Jahren 1816/17. Unter der Leitung der ungarischen Ingenieure Mátyás Huszár, Pál Vásárhelyi und Otto Hieronymi wurde von 1824 bis 1845 die sog. "Donau Mappation" fertiggestellt. Sie beinhaltet die lageplan- und höhenmäßige Vermessung der Donaustrecke zwischen den heutigen Stromkilometern 1880 und 930, die als Grundlage zahlreicher wasserbaulicher Maßnahmen diente.

Die erste hydrographische Karte der Donau für Österreich erschien im Jahre 1850. Geodätische Grundlagen im modernen Sinn entstanden jedoch erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts. So wurde beispielsweise zur exakten Höhenbestimmung in den Jahren 1873 bis 1895 ein die ganze Donaumonarchie überdeckendes Präzisionsnivellementnetz angelegt.

1.2 Die Einrichtung staatlicher Dienststellen für hydrologische Beobachtungen

Die eigentliche Grundlage für die Entwicklung der Hydrologie bildete die Gründung von Dienststellen, welche die systematische Sammlung und Auswertung hydrologischer Beobachtungen zum Ziele hatten. Der Donauraum besitzt diesbezüglich eine lange Tradition.

Im Oberlauf der Donau erfolgte die Gründung einer eigenen Institution für Gewässerkunde, nämlich des "Königlichen Hydrotechnischen Büros" in Bayern im Jahre 1898, nachdem die "Oberste Baubehörde" im Staatsministerium des

Inneren einige gewässerkundliche Belange schon seit 1826 wahrgenommen hatte.

In der österreichischen Reichshälfte der Donaumonarchie erfolgte die Einführung des gesamtösterreichischen Hydrographischen Dienstes im Jahre 1893. Dieser stand unter der fachlichen Führung des Hydrographischen Zentralbüros und umfaßte sämtliche Kronländer. Als Vorläufer dieser Institution kann der staatliche Hydrographische Dienst von Böhmen gelten, der bereits im Jahr 1875 seine Arbeit aufnahm.

In der ungarischen Reichshälfte der Donaumonarchie erfolgte bereits im Jahre 1885 die Gründung einer hydrographischen Sektion im damaligen Ministerium für öffentliche Arbeiten und Verkehr. Es ist dies somit eine der ältesten Einrichtungen dieser Art in der Welt überhaupt.

Nach dem Ende des Ersten Weltkriegs übernahmen die einzelnen Nachfolgestaaten der Donaumonarchie die hydrologischen Dienste. In Österreich bestand das Hydrographische Zentralbüro weiter. Seit dem Jahre 1945 ist es dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft angegliedert.

In der Tschechoslowakei war das 1919 gegründete Hydrologische Institut in Prag für die Hydrographie zuständig. Im Jahre 1940 wurde ein slowakisches Hydrologisch-Meteorologisches Institut gegründet, welches im Jahre 1945 in ein Hydrologisches und ein Meteorologisches Institut geteilt wurde. Im Jahre 1954 schließlich wurde das Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft in Bratislava gegründet.

In Ungarn wurde nach dem Jahre 1945 ein staatliches Wasserwirtschaftsamt eingerichtet. Im Jahre 1952 erfolgte die Gründung eines eigenen Forschungsinstituts für Wasserwirtschaft (VITUKI).

In Jugoslawien wurde nach dem Jahre 1918 ein Wasserdirektorium gegründet. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der Hydrologische Dienst mit der entsprechenden meteorologischen Institution zum Hydrometeorologischen Dienst zusammengefaßt.

In Bulgarien, welches bis zum Jahre 1873 dem türkischen Sultanat angehörte, erfolgte die Gründung einer hydrographischen Dienststelle erst nach dem Ersten Weltkrieg. Heute ist das Hydrometeorologische Institut der Bulgari-

schen Akademie der Wissenschaften für die Beobachtungen und Messungen zuständig.

In Rumänien erfolgte die erste Veröffentlichung hydrologischer Daten in Form eines Jahrbuches im Jahr 1925. Damals wurden auch Daten rückwirkend bis 1918 publiziert. Seit dem Jahre 1959 ist das staatliche Komitee für Wasserwirtschaft für die hydrologischen Beobachtungen und Messungen zuständig.

Der Anteil der Sowjetunion am Donaueinzugsgebiet war früher auf das Gebiet verschiedener Staaten aufgeteilt. Seit dem Jahre 1945 wird dieser Anteil vom Hydrometeorologischen Institut in Kiew betreut. Die Sowjetunion selbst kann auf eine bedeutende Geschichte der hydrologischen Messungen verweisen. Schon im Jahre 1874 erfolgte die Gründung einer eigenen Kommission zur Beschreibung der Flüsse.

Im Jahre 1954 nahm das Sekretariat der Internationalen Donaukommission mit dem Sitz in Budapest seine Arbeit auf, und veröffentlicht seither Hydrologische Jahrbücher, welche die Beobachtungsergebnisse von der gesamten schiffbaren Strecke der Donau enthalten. Diese Publikation wurde auch rückwirkend bis zum Jahre 1948 ergänzt.

Die hier kurz skizzierte Geschichte hydrographischer Institutionen im Donauraum kann die Geschichte der Hydrographie selbstverständlich nur sehr unvollkommen beschreiben. Es ist zu vermerken, daß systematische hydrologische Aktivitäten teilweise weit vor der Gründung eigener Dienststellen begonnen haben. Dennoch stellte die Gründung von Institutionen das entscheidende Element der Kontinuität in der Entwicklung der Hydrologie sicher.

Von allen genannten Institutionen werden seit dem jeweiligen Gründungsjahr hydrologische Jahrbücher herausgegeben, in welchen die wichtigsten Beobachtungen und Messungen enthalten sind. Teilweise wurde bei der Gründung auch die Publikation weiter zurückliegender Daten vorgenommen.

Über die genannten praktischen Zielsetzungen hinaus werden von den hydrographischen Dienststellen auch Schriftenreihen wissenschaftlichen Inhalts herausgegeben, von denen viele hohes Ansehen erlangt haben.

Wie aus der dargestellten Geschichte hydrographischer Dienststellen hervor-

geht, bestanden und bestehen zwischen hydrographischen und meteorologischen Dienststellen seit alters her enge Querverbindungen. Die meteorologischen Dienststellen sind in der Regel bereits vor den entsprechenden hydrographischen Institutionen entstanden.

In Bayern wurde von Kurfürst Karl Theodor im Jahre 1780 die "Societas Meteorologica Palatina" gegründet. Im Rahmen dieser Vereinigung wurden bereits 1781 Niederschlagsmessungen auf dem Hohen Peißenberg begonnen. Seit dem Jahre 1825 liegen Jahresberichte des "Beobachtervereins" über die Witterungsverhältnisse in Württemberg vor. Im Donaugebiet befanden sich drei Beobachtungsstationen. Im Jahre 1879 wurde im deutschen Donaugebiet ein meteorologisches Meßnetz mit 31 Beobachtungsstationen eingerichtet.

In der österreichischen Reichshälfte der Donaumonarchie wurden im Jahre 1846 Pläne für ein meteorologisches Beobachtungsnetz mit dem Ziel von regelmäßigen Beobachtungen vorgelegt. Diese wurden mit der Gründung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik im Jahre 1851 verwirklicht. Das erste Jahrbuch dieser Anstalt brachte Beobachtungen der Jahre 1848 und 1849 heraus. Die entsprechende Institution in der ungarischen Reichshälfte nahm ihre Arbeit im Jahre 1870 auf. Nach dem Ersten Weltkrieg übernahmen die Dienststellen der Nachfolgestaaten die meteorologischen Aufgaben.

In Bulgarien werden regelmäßige meteorologische Messungen seit dem Jahre 1887 durchgeführt.

1.3 Die Entwicklung der hydrologischen Beobachtungen

Nachdem die ersten Anfänge hydrologischer Beobachtungen beleuchtet und die Rahmenbedingungen erläutert wurden, unter denen sich das Meßwesen entwickeln konnte, soll nunmehr die Entwicklung der Erfassung einzelner Beobachtungselemente in großen Zügen nachgezeichnet werden. Natürlich sind diese Entwicklungen eng mit den jeweiligen praktischen Erfordernissen, aber auch mit dem jeweils vorhandenen Wissensstand über hydrologische Phänomene verknüpft und nur aus dieser Sicht in vollem Umfang zu verstehen.

Die Niederschlagsbeobachtungen stellen jenes Beobachtungselement dar, welches am längsten über ein geordnetes Meßnetz verfügt. Dies liegt sicher auch

daran, daß die Beobachtung verhältnismäßig einfach ist. Es ist jedoch zu vermerken, daß erst im Laufe der Zeit die volle Problematik der Niederschlagsbeobachtung, und zwar die Abhängigkeit der Beobachtung von Meßgerät, Meßplatz und Geräteaufstellung erkannt wurde. Dies ist bei der Betrachtung von historischen Niederschlagsreihen, aber auch bei der Auswertung der Niederschlagsverteilung zu berücksichtigen.

Historisch bedingt, ist auch heute die Geräteausstattung für die Niederschlagsmessung im Donaauraum nicht einheitlich. In der Bundesrepublik Deutschland, in Österreich und in Jugoslawien ist der Hellmann-Regenmesser mit einer Auffangfläche von 200 cm² weit verbreitet. In Österreich ist außerdem auch der "Gebirgsregenmesser" mit einer Auffangfläche von 500 cm² üblich. In der CSSR, in Ungarn, Rumänien und Bulgarien wird der Tretjakov-Regenmesser verwendet.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte verbesserte sich nicht nur die Meßmethodik, sondern auch das Stationsnetz erfuhr eine enorme Ausweitung. Heute sind im Donaauraum etwa 5 500 meteorologische Stationen installiert. Ein Teil von ihnen erfaßt außer dem Niederschlag eine Vielzahl meteorologischer Elemente, wie etwa Schneeverhältnisse, Lufttemperatur, Windverhältnisse und Strahlungsparameter.

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts entwickelte sich das Netz der Wasserstandsbeobachtungen im Donaugebiet rasch. Zur Jahrhundertwende waren bereits einige hundert Pegelstellen im Donaugebiet installiert. Die entscheidende Entwicklung erfolgte aber erst nach dem Zweiten Weltkrieg. Um 1950 waren bereits über 1 000 Meßstellen vorhanden, heute sind es weit über 2 000.

Die für die Schifffahrt wichtigen Eisverhältnisse wurden schon seit alters her beobachtet. In jüngerer Zeit kamen dazu weitere Beobachtungselemente, wie etwa die Wassertemperatur, der Geschiebe- und Schwebstofftransport und die chemischen Eigenschaften des Wassers. Ab etwa 1960 werden zusätzlich Wassergüteparameter erfaßt.

Der Hochwassernachrichtendienst stagnierte in der Zwischenkriegszeit infolge wirtschaftlicher Schwierigkeiten und politischer Umwälzungen. Nur mit Mühe wurden die bestehenden Einrichtungen des Hochwassernachrichtendienstes aufrechterhalten. Erst nach der Wiederherstellung der Meßnetze nach dem Zweiten

Weltkrieg trat eine bemerkenswerte Entwicklung des Wasserstandsnachrichtendienstes und der darauf beruhenden Prognosen ein. Heute werden täglich Wasserstandsvorhersagen für die Donau, vor allem im Interesse der Schifffahrt, erstellt. Zu Hochwasserzeiten erfahren diese Prognosen eine entsprechende Intensivierung. Zur Datenerfassung stehen dabei weit verzweigte Fernmeßnetze zur Verfügung. Die Prognoseergebnisse werden an die Unterlieger weitergegeben, die ihre stromabwärtigen Vorhersagen auf diesen Aufgaben aufbauen.

Die Pionierleistungen bei der Messung des Abflusses der Oberflächengewässer wurden bereits beschrieben. Das Prinzip der Messung mit Hilfe des hydro-metrischen Flügels nach Woltmann ist bis heute in den Grundzügen erhalten geblieben. Entscheidende technische Verbesserungen in der Meßmethodik erlaubten es etwa ab 1880, Abflußmessungen in größerem Umfang im Routinebetrieb durchzuführen. Bis zum Ersten Weltkrieg wurden im Bereich der Donaumonarchie bereits an die 3 000 Abflußmessungen durchgeführt. In der ungarischen Reichshälfte wurden Routinemessungen im Jahr 1887 begonnen. Aus Rumänien sind Abflußmessungen bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts bekannt. Seit dem Jahre 1927 werden Abflußmessungen in Jahrbüchern publiziert. In Bulgarien wurden Abflußmessungen im Jahre 1935 begonnen.

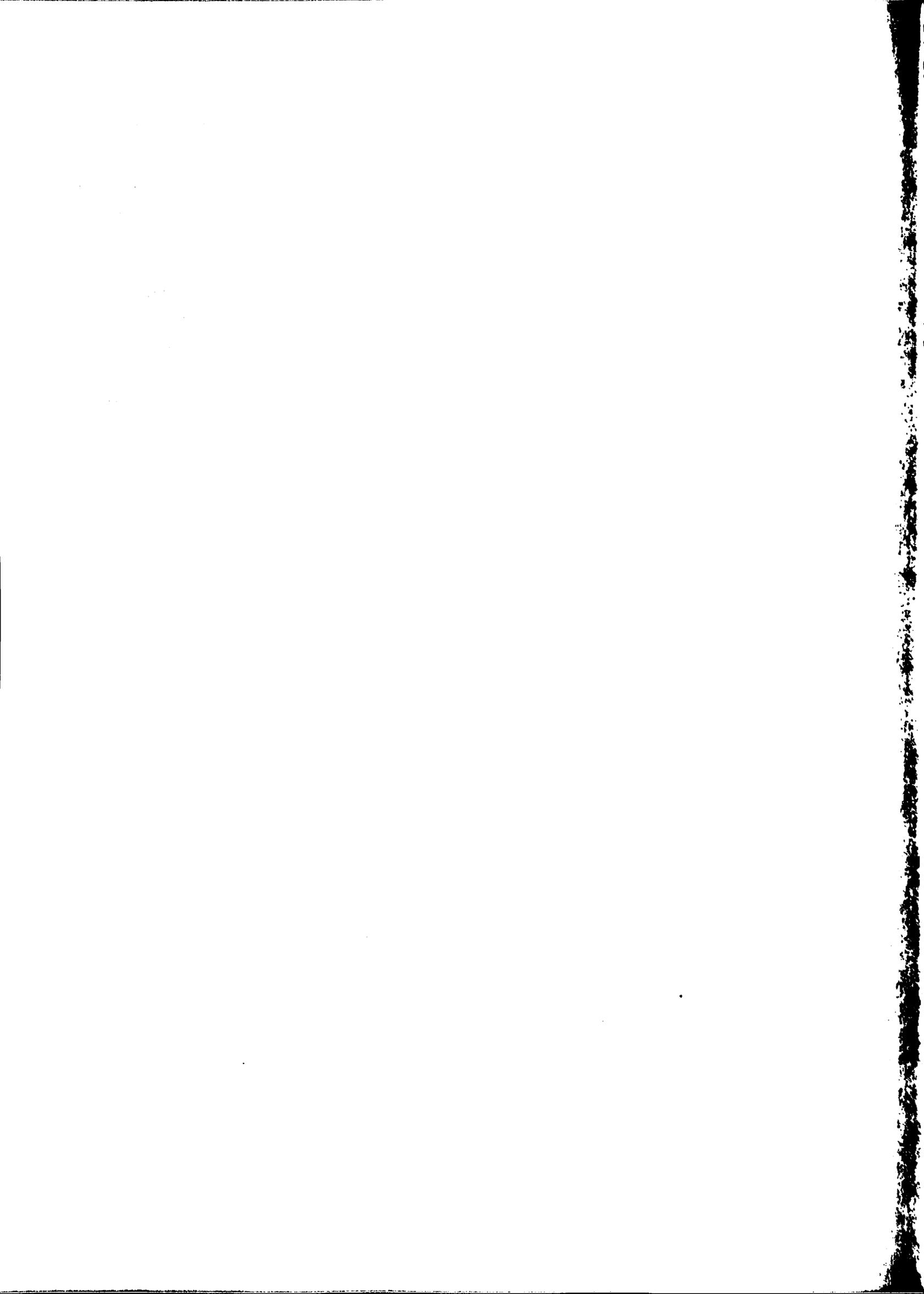
Auf die Donau selbst bezogen liegen ab etwa 1930 ausreichende Messungen vor, um die Abflußverhältnisse für den gesamten Donauverlauf zutreffend auswerten zu können.

Nach dem Zweiten Weltkrieg setzten Erkundungen der Grundwasserverhältnisse in großem Umfang ein. Rasch entwickelten sich Beobachtungsnetze, in denen der Grundwasserstand, später auch die Grundwassertemperatur und in neuerer Zeit auch vereinzelt die Grundwassergüte beobachtet wird. Umfangreiche Grundwasseruntersuchungen wurden in den letzten Jahren auch im Zusammenhang mit der Errichtung von Kraftwerken an der Donau durchgeführt.

Ab etwa 1970, in einigen Ländern schon etwas früher, begann der intensive Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung zu Auswertung hydrologischer Daten, aber auch zur Archivierung der Meßergebnisse. In vielen Fällen konnte die Hydrographie der rasanten Entwicklung der Elektronik nicht unmittelbar folgen. In allen Donaustaaten sind jedoch Bestrebungen vorhanden, die durch die neuen Technologien gegebenen Möglichkeiten intensiv zu nutzen.

Seit einigen Jahren sind Methoden der Fernerkundung mittels Satelliten verfügbar. Diese werden vornehmlich für Fragen der Kurzfristprognose von Niederschlägen sowie für Aufgabenstellungen der Schneehydrologie verwendet. Für die Erkundung hydrologischer Gebietsparameter, etwa der Vegetationsverhältnisse, fanden sie bisher kaum eine Anwendung.

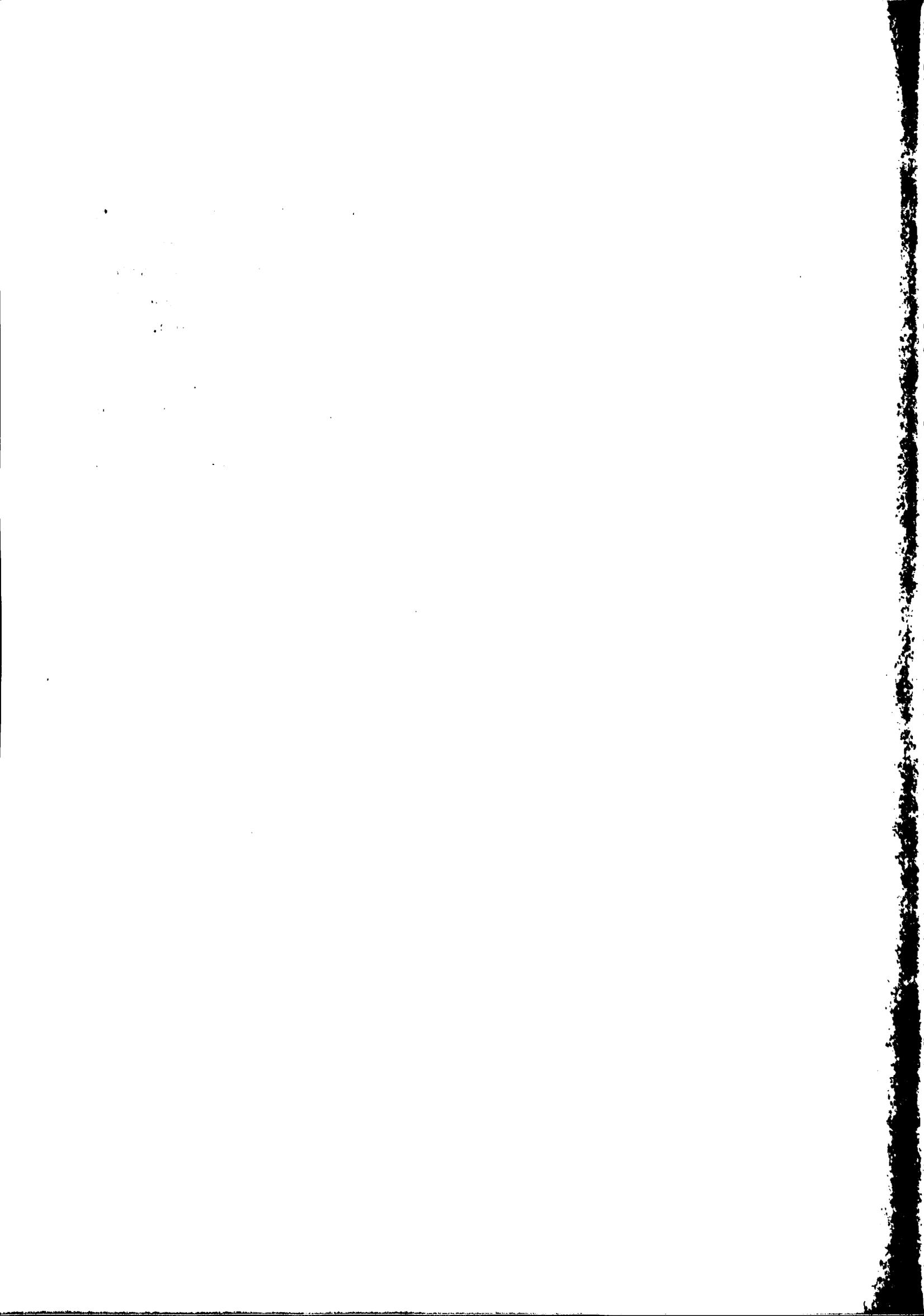
So spannt sich ein weiter Bogen von den ersten, noch unbeholfenen Naturmessungen hydrologischer Größen bis zu den heute geläufigen Methoden der Elektronik und Fernerkundung. Daß die Notwendigkeit systematischer, einheitlich beobachteter Meßnetze bereits frühzeitig erkannt wurde, ist jedoch sicher nicht zuletzt jenen Pionierleistungen zu danken, die im Donaauraum stattgefunden haben.



2 AUSWAHL DER DATEN

Zur Beschreibung des hydrologischen Regimes haben die Donauländer die Daten von 48 Pegeln zur Verfügung gestellt, von denen 24 an der Donau selbst und 24 an den wichtigsten Nebenflüssen liegen. Bei ihrer Auswahl ließen sich allerdings nicht alle Wünsche hinsichtlich der Repräsentanz, der Qualität der Daten und der angestrebten Beobachtungsperiode 1931/70 erfüllen.

Die Tabellen 2.2 und II/1 (Teil 2) bieten eine Übersicht über die ausgewählten Pegel. Nr. 9, und Nr. 35 wurden erst zu einem Zeitpunkt zurückgezogen, zu dem die Numerierung nicht mehr geändert werden konnte. Abb. 2.1 gibt eine Übersicht über die Lage der Pegel (siehe auch Isolinienkarten im Teil 3).



3 DIE WASSERSTANDSV ERHÄLTNISSE

Für das Leben am Fluß und in den Flußtäälern, für die Schifffahrt, für Be- und Entwässerungen sowie die Bauwerke am Wasser sind die auftretenden Wasserstände eine maßgebende Bezugsgröße. Die Unterschiede zwischen den Niedrig-, Mittel- und Hochwasserständen werden allerdings durch die örtlichen Abflußbedingungen noch stärker beeinflußt als durch das Abflußregime. Der große Unterschied von 10,42 m zwischen dem HW und dem NW in Passau wird nicht nur durch den großen Verhältni swert von 8 : 1 der zugehörigen Abflüsse bestimmt, sondern in erheblichem Maß durch das enge, geschlossene Flußbett in dieser Durchbruchstrecke.

Die starke Abhängigkeit der Wasserstände von den jeweiligen örtlichen Abflußbedingungen läßt sie ziemlich sensibel auf jede Änderung dieser Verhältnisse reagieren. Solche Änderungen können auf natürliche Weise zustande kommen; vielfach sind es jedoch menschliche Eingriffe wie Flußregulierungen, Baggerungen, Bau von Hochwasserdämmen oder Auswirkungen dieser Arbeiten auf anschließende Flußstrecken. Die Tabellen II/2 enthalten die Wasserstände der Pegel seit Beginn der Beobachtungen, in den Abbildungen 2.4 sind sie graphisch aufgetragen. Besonders in der zeichnerischen Darstellung lassen sich Veränderungen an den Pegelstellen recht deutlich erkennen. Um die Ursachen solcher Veränderungen zu ergründen, bedarf es allerdings einer guten Kenntnis der wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Eingriffe in der näheren Umgebung des Pegels sowie ihrer möglichen morphologischen Auswirkungen.

Im Rahmen dieser Monographie ist es allerdings nur beispielhaft für einige Pegelstellen möglich, auf die flußmorphologischen Verhältnisse und die sie beeinflussenden baulichen Maßnahmen näher einzugehen.

3.1 Die Wasserstände der Donaupegel

Das Auf und Ab der Wasserstände am Pegel Ingolstadt/Donau (Abb. 2.4-1) während seiner rd. 150 Jahre dauernden Beobachtungszeit hatte (nach BAUER, 1965) folgende Ursachen:

Das Absinken der Wasserstände in den Jahren von 1830 bis etwa 1855 ist eine Folge der Mittelwasserkorrektion der Donau in diesem Bereich. Ab 1852 bzw.

1857 beginnen die Regulierungsarbeiten an den Nebenflüssen Iller und Lech. Die davon in Bewegung gesetzten großen Geschiebemengen verursachen bis 1880 wieder ein Ansteigen der Wasserstände, die dann bis etwa 1910 gleichbleiben. Im Zeitraum von 1913 - 1924 wurden im Bereich von Ingolstadt auf längere Strecken Hochwasserdämme gebaut, für die man den notwendigen Kies aus der Donau baggerte. Weitere Kiesentnahmen für die Bauwirtschaft führten dann zu einer weiteren, wenn auch nicht mehr so starken Eintiefung.

In Regensburg, wo die Beobachtungen erst 1884 beginnen, (Abb. 2.4-2) machen sich die Auswirkungen dieser Maßnahmen nur sehr gedämpft bemerkbar. Die dort erkennbare Eintiefung zwischen etwa 1940 und 1950 geht ebenfalls auf Kiesentnahmen für Hochwasserdämme, aber auch auf die Niedrigwasserregulierung für die Schifffahrt zurück. Gegen Ende dieses Jahrzehnts sind diese Maßnahmen auch am Pegel Hofkirchen/Donau (Abb. 2.4-3) erkennbar.

Da der Pegel Achleiten im Verlauf der Beobachtungsperiode mehrfach verlegt worden ist, wurden die Wasserstände für den nur 2,3 km oberhalb gelegenen Pegel Passau-Ilzstadt verwendet. Er liegt am Zusammenfluß von Donau, Inn und Ilz und ist deshalb für eine Abflußermittlung nur bedingt geeignet. Die ab etwa 1910 in Passau (Abb. 2.4-4) einsetzende geringe Auflandung wurde 1928 mit dem Einstau der Staustufe Kachlet beendet. Ab 1956 ist das Niedrigwasser in Passau von der Stufe Jochenstein beeinflusst.

Bei vielen weiteren Donauegeln sind Auswirkungen der in Kapitel I, Abschnitt 5.2 beschriebenen Baumaßnahmen erkennbar. Meist handelt es sich um eine mehr oder weniger stetige Eintiefung. Die mit den Niedrigwasserregulierungen beabsichtigte Anhebung der Niedrigwasserstände zur Verbesserung der Fahrwassertiefe für die Schifffahrt zeigt sich ebenfalls an einigen davon beeinflussten Pegeln, z.B. am Pegel Mohacs (Nr. 12). Bei einigen Pegeln - vor allem in der ungarischen und jugoslawischen Donaustrecke - ist eine geringfügige Anhebung der Hochwasserstände erkennbar, die auf die Einspannung des Hochwasserabflusses zwischen Hochwasserdämmen zurückgeht.

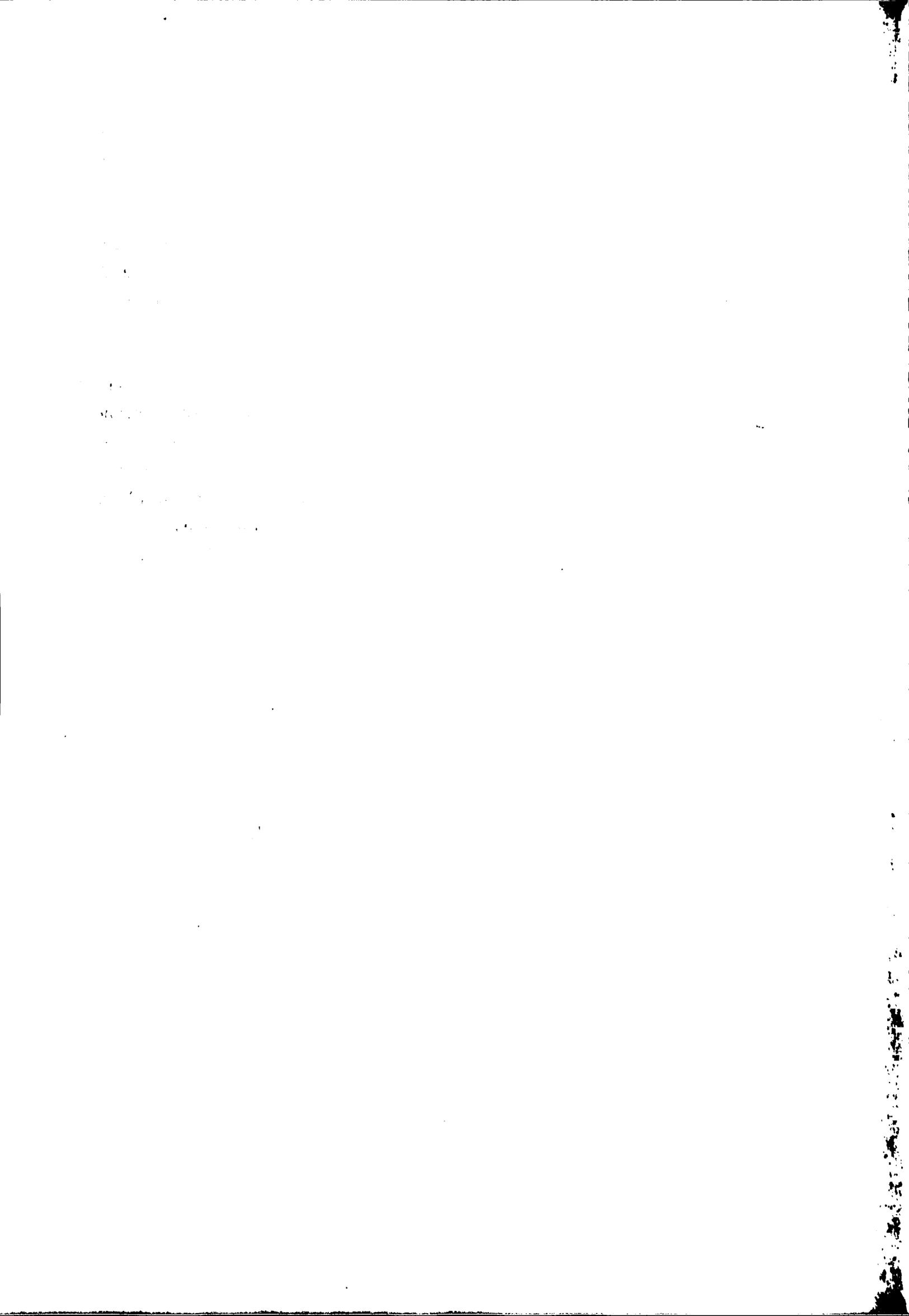
3.2 Die Wasserstände an den Pegeln der Nebenflüsse

Am Inn sind die Wasserstände von Pegel Wernstein (km 7,6) angegeben (Tab. II/2.56, Fig. 2.2-26), der von 1914 - 1964 bestand. Er lag in der Durch-

bruchstrecke vor der Mündung in die Donau, in der das Flußbett sehr stabil war. Der Pegel wurde 1964 von einer Staustufe eingestaut, deren Baumaßnahmen sich schon ab 1962 auf die Wasserstände ausgewirkt haben.

Die Wasserstände für die österreichischen Pegel an Salzach (Nr. 27), Enns (Nr. 28), Drau (Nr. 33) und Mur (Nr. 34) wurden nicht aufgenommen, da die Meßstellen während der Beobachtungszeit teilweise mehrfach verlegt worden sind.

Der Pegel Sremska Mitrovica an der Save (Nr. 44) ist ein Beispiel dafür, in welchem Umfang die Hochwasser durch Baumaßnahmen beeinflusst werden können. Die Anhebung der Hochwasserstände ist hier fast ausschließlich auf eine Erhöhung der Hochwasserabflüsse zurückzuführen. Durch den bereits Ende des 19. Jahrhunderts begonnenen Ausbau von Hochwasserdämmen wurden vor allem am Mittellauf der Save große Überschwemmungsgebiete beseitigt. Dies führte im Verlauf der letzten 50 Jahre zu einem durchschnittlichen Anstieg des mittleren jährlichen Hochwassers (MHQ) von 10,8 m³/s pro Jahr (SREBRENOVIC, 1975).



4 DIE ABFLUSSVERHÄLTNISSE

In den Tabellen II/3, II/5 u. II/6 sind für die ausgewählte Beobachtungsperiode 1931/70 die wichtigsten Abflußwerte zusammengestellt: mittlere, größte und kleinste Abflüsse der einzelnen Monate und Jahre. Für die einzelnen Datenkollektive wurden über den Beobachtungszeitraum außer dem Mittelwert auch die Standardabweichung s , der Variationskoeffizient C_v und die Schiefe C_s berechnet.

Verwendete Formeln:

Standardabweichung:

$$s = \frac{1}{n-1} \sum (Q_i - \bar{Q})^2$$

n = Anzahl der Stichprobenwerte

Variationskoeffizient:

$$C_v = \frac{s}{\bar{Q}}$$

Schiefe:

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \frac{1}{s^3} \cdot \sum_1^n (Q_i - \bar{Q})^3$$

Von diesen statistischen Parametern hat vor allem der Variationskoeffizient C_v eine gewisse Bedeutung für die Beschreibung hydrologischer Regime erlangt.

Die Aufnahme dieser statistischen Parameter in fast allen Tabellen soll dem Leser die Möglichkeit geben, über die in dieser Monographie enthaltenen Auswertungen noch weitere Untersuchungen vorzunehmen, z.B. Vergleich mit anderen großen Stromgebieten.

Zur Beschreibung des hydrologischen Regimes der Donau wurden Abflüsse, Abflußspenden und Verhältniszahlen soweit wie möglich in Graphiken und Tabellen zusammengestellt. Diese Darstellungen zeigen, daß die Abflußverhältnisse in den einzelnen Teilen des Einzugsgebietes so unterschiedlich sind wie in keinem anderen der großen Flußgebiete Europas. Im Lauf der Donau führt deren Überlagerung zu einer mehrfachen Änderung ihres Abflußcharakters.

4.1 Das mittlere Abflußverhalten

Es wird zunächst ein Überblick über die Veränderung der mittleren Abflüsse und Spenden entlang des Donaulaufes gegeben. Anschließend werden die Abflußverhältnisse an den jeweiligen Pegelstellen eingehender beschrieben.

4.1.1 Abflüsse und Abflußspenden entlang der Donau

Die obere Donau wird im wesentlichen durch die hohen Zuflüsse aus den Alpen geprägt. Von Iller, Lech und Isar kommen zwar schon beachtliche Zuflüsse, die größte und entscheidende Veränderung bringt jedoch der Inn. Aus einem Einzugsgebiet von 26 130 km², das sind 52 % des Donaugebietes vor seiner Einmündung, führt er der Donau mit 743 m³/s einen etwas größeren Mittelwasserabfluß zu, als sie selbst hat (108 %). Beim mittleren Hochwasserabfluß MHQ ist dies mit rd. 160 % noch stärker ausgeprägt, lediglich beim mittleren Niedrigwasserabfluß (rd. 84 %) überwiegt die Donau. Beim Vergleich der einzelnen Abflußspenden, hat der Inn durchwegs die höheren Werte.

| | MNq | Mq | MHq | |
|----------------|------|------|------|------------------------|
| Donau vor Inn | 6,46 | 13,6 | 39,2 | (l/s km ²) |
| Inn | 9,85 | 28,5 | 114 | (l/s km ²) |
| Donau nach Inn | 7,46 | 19,0 | 53,8 | (l/s km ²) |

Die hohen Abflußspenden der Donau nach der Innmündung werden von den österreichischen alpinen Nebenflüssen, Traun, Enns und Ybbs noch etwas erhöht (Mq und MNq) bzw. in ihrer Höhe bis zur Einmündung der March gehalten (MHq). Der Mittelwasserabfluß steigt vom Inn bis zur March von 1 430 m³/s auf 1 950 m³/s bei einem Einzugsgebiet von rd. 102 000 km² (Pegel Wien-Nußdorf).

Bis zur Einmündung der Drau wächst das Einzugsgebiet nochmals um über 100 000 km² auf rd. 210 000 km², der Mittelwasserabfluß jedoch nur um rd. 530 m³/s auf 2 480 m³/s. Dieses große Zwischeneinzugsgebiet ist mit Ausnahme der Westkarpaten (Vah 14,3 l/s km² und Hron 13,1 l/s km²) sehr niederschlags- und abflußarm (March 4,6 l/s km², Ipel 4,3 l/s km²). Im Bereich der ungarischen Tiefebene sinken die Abflußspenden sogar auf unter 3 l/s km² (siehe auch Isolinienkarte der langjährigen mittleren Abflußspenden in Teil 3). Die auf das gesamte Einzugsgebiet bezogenen Abflußspenden gehen deshalb entsprechend zurück (MNq von 7,9 auf 4,6 l/s km², Mq von 19,1 auf 11,8 l/s

km²). Am meisten sinken die mittleren Hochwasserspendsen (von 53 l/s km² auf 23,4 l/s km²), da sich in den langen Flußstrecken und teilweise beachtlichen Überschwemmungsgebieten die Hochwasserscheitel auch noch abflachen.

Innerhalb von nur 270 km der daran anschließenden jugoslawischen Donauströcke münden die drei größten Nebenflüsse der Donau. Sie erhöhen das Einzugsgebiet der Donau um das 1,5fache von 210 000 km² (Bezdan) auf 525 000 km² (Pancevo) und den Mittelwasserabfluß um das 1,2fache von 2 480 m³/s auf 5 490 m³/s. Diese Nebenflüsse sind die Drau ($A_{E0} = 40\,000\text{ km}^2$, $MQ = 554\text{ m}^3/\text{s}$), die Theiß ($A_{E0} = 157\,000\text{ km}^2$, $MQ = 766\text{ m}^3/\text{s}$) und die Save ($A_{E0} = 95\,700\text{ km}^2$, $MQ = 1\,610\text{ m}^3/\text{s}$). Etwa im gleichen Maße steigen das mittlere Niedrigwasser (von 976 m³/s auf 2 240 m³/s) und das mittlere Hochwasser (von 4 920 m³/s auf 10 070 m³/s). Die verhältnismäßig hohen Abflußspenden von Drau ($Mq = 15\text{ l/s km}^2$) und Save ($Mq = 18\text{ l/s km}^2$) stammen aus den niederschlagsreichen Einzugsgebieten in den Südalpen bzw. im Dinarischen Gebirge. Die Theiß hingegen, die den größten Teil der ungarischen Tiefebene entwässert, bringt es trotz der vielen Karpatenzuflüsse bei ihrer Mündung nur auf eine mittlere Abflußspende von 5,4 l/s km².

Die auf das gesamte Einzugsgebiet der Donau bezogenen Abflußspenden ändern sich im Gegensatz zu den absoluten Werten in diesem Bereich nur wenig:

MNq von 4,6 auf 4,3 l/s km²,

Mq von 11,8 auf 10,4 l/s km² und

MHq von 23,4 auf 19,2 l/s km².

In der rd. 1 000 km langen Strecke vom Eisernen Tor bis zur Mündung wächst das Einzugsgebiet der Donau noch um fast 300 000 km² auf 817 000 km² an, der mittlere Abfluß jedoch nur noch um rd. 1 000 m³ von 5 490 m³/s auf 6 550 m³/s. Die mittlere Abflußspende aus diesem Gebiet ist mit 3,7 l/s km², trotz der Zuflüsse aus den Karpaten (Olt 7,1 l/s km²) und dem Balkangebirge (Iskar 7,1 l/s km²), noch geringer als aus den bereits ziemlich abflußarmen Einzugsgebieten von der March bis zur Save (4,9 l/s km²).

Bei dem gering erscheinenden Rückgang der auf das ganze Donaugebiet bezogenen mittleren Abflußspenden (Mq von 10,4 auf 8,1 l/s km², MNq von 4,3 auf 3,6 l/s km² und MHq von 19,2 auf 13,2 l/s km²) muß berücksichtigt werden, daß es sich dabei um Verhältnismäßigkeiten aus großen Zahlen handelt. Große absolute Veränderungen erscheinen dadurch in gemilderter Form. Das echte Ausmaß

der Änderung wird - abgesehen vom Vergleich der absoluten Zahlen - eher deutlich, wenn man die relative Abnahme betrachtet: 22 % beim Mq, 15 % beim MNq und 31 % beim MHq. An der überproportional starken Abnahme der mittleren Hochwasserspense zeigt sich, daß daran auch die langen Laufstrecken und verhältnismäßig großen Überschwemmungsgebiete einen beachtlichen Anteil haben.

4.1.2 Dauerlinien

Die Zunahme des Abflusses entlang eines Flusses kann auch an den Dauerlinien gezeigt werden. Entsprechend der in den meisten Donauländern gebräuchlichen Definition sind sie in Tabelle II/1 als Überschreitungsdauern angegeben. In Abb. 2.5 sind die Dauerlinien für ausgewählte Pegel an der Donau übereinander aufgetragen, in den Abb. 2.6 und 2.7 auch für ausgewählte Pegel an den Nebenflüssen.

Leider sind im Bereich zwischen 10 % und 50 %, in dem die meisten Dauerlinien die stärkste Krümmung haben, keine Zwischenwerte zusammengetragen worden. Die Zeichnung mußte daher in diesem Bereich interpoliert werden, was vor allem bei den im folgenden behandelten normierten Dauerlinien zu größeren Ungenauigkeiten führen kann.

Vor allem bei den Dauerlinien an den Nebenflüssen zeigt sich, daß auch die Form der Dauerlinien sehr unterschiedlich ist. Es lag daher nahe, die Dauerlinie durch die Teilung mit einem kennzeichnenden Abfluß dimensionslos zu machen ("Normierung"), um die unterschiedlichen Formen direkt vergleichen zu können. Es wird dazu üblicherweise der langjährige Mittelwasserabfluß MQ verwendet. Er entspricht bei den Pegeln an der oberen Donau einem Abfluß bei etwa 40 % Überschreitungsdauer und an der unteren Donau einem Abfluß bei 45 % bis 50 % Überschreitungsdauer. An den Nebenflüssen liegt das MQ meist bei 30 % - 40 % Überschreitungsdauer, wobei neben einem Gefälle donauabwärts auch eine Abhängigkeit von der Größe des Einzugsgebietes vorhanden sein dürfte. Bei kleineren Nebenflüssen im mittleren und vor allem im unteren Donauebiet kann das MQ sogar einem Abfluß bei 25 % bis 30 % Überschreitungsdauer entsprechen.

Aus Abb. 2.8 ist zu ersehen, wie der Verhältnismittelwert der großen mittleren Tagesabflüsse bei 1 % und 5 % Überschreitungsdauer an der Donau mit der zunehmenden Größe des Einzugsgebietes abnimmt. Daneben ist aber auch noch ein

Einfluß des Abflußregimes der jeweiligen Zwischengebiete erkennbar. Die verhältnismäßig ausgeglichenen Dauerlinien der Nebenflüsse aus den nördlichen Alpen, vor allem des Inn, drücken den Spitzenwert, der dann durch den Einfluß der March in Bratislava wieder auf den gleichen Wert wie vor der Innmündung (Hofkirchen) ansteigt. Im weiteren Verlauf besteht an der Donau eine dicht gebündelte Kurvenschar mit nur wenig Unterschieden.

Die Abb. 2.9-1 und 2.9-2 zeigen, daß an den Nebenflüssen große Unterschiede auftreten. Es ist zu erkennen, daß zum einen die großen Flüsse das ausgeglichene Verhalten zeigen und zum anderen ein Gefälle von West nach Ost vorhanden ist. Je kontinentaler das Klima wird, wahrscheinlich aber auch je flacher das Einzugsgebiet ist, desto höher ist der Verhältniswert $\frac{Q(1\%)}{MQ}$.

Es bieten sich folgende Vergleiche von Flüssen mit etwa gleich großen Einzugsgebieten an:

Einzugsgebiete 6 000 - 7 000 km²

| Pegel Nr. | Fluß | A _{E₀} km ² | Mq l/s km ² | Hq l/s km ² | MHq l/s km ² | Nq l/s km ² | MNq l/s km ² |
|-----------|------|---|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 28 | Enns | 5 915 | 32,9 | 392 | 219 | 4,68 | 7,71 |
| 42 | Sajo | 6 440 | 4,84 | 77,6 | 35,5 | 0,25 | 0,95 |
| 50 | Prut | 6 890 | 8,78 | 755 | 176 | 0,29 | 1,02 |

Abflüsse bezogen auf den Sajo

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 28 | Enns | 6,80 | 5,05 | 6,17 | 18,7 | 8,12 |
| 42 | Sajo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 | Prut | 1,81 | 9,73 | 4,96 | 1,16 | 1,07 |

Die normierte Dauerlinie der Enns zeigt das für alpine Nebenflüsse ausgeglichene Abflußverhalten. Der Unterschied zu dem noch ausgeglicheneren Inn dürfte im wesentlichen durch das kleinere Einzugsgebiet bedingt sein. Bei dem aus der Hohen Tatra zur Theiß fließenden Sajo ist der relative Schwankungsbereich erheblich größer. Von allen untersuchten Flüssen hat der Prut mit Abstand die größten Werte im Hochwasserbereich (Abb. 2.10-1).

Einzugsgebiete 8 000 - 10 000 km²

| Pegel Nr. | Fluß | A _{Eo} km ² | Mq l/s km ² | Hq l/s km ² | MHq l/s km ² | Nq l/s km ² | MNq l/s km ² |
|-----------|-------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 30 | Vah | 10 600 | 14,3 | 179 | 98,7 | 1,88 | 3,54 |
| 33 | Drau | 10 400 | 25,5 | 118 | (87,4) | 7,01 | 9,44 |
| 34 | Mur | 8 340 | 17,1 | 138 | 73,1 | 4,26 | 5,55 |
| 38 | Theiß | 9 700 | 19,5 | 315 | 187 | 2,78 | 4,08 |

Abflüsse bezogen auf den Vah

| | | | | | | |
|----|-------|------|------|--------|------|------|
| 30 | Vah | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 33 | Drau | 1,78 | 0,66 | (0,88) | 3,73 | 2,67 |
| 34 | Mur | 1,20 | 0,77 | 0,74 | 2,27 | 1,57 |
| 38 | Theiß | 1,36 | 1,76 | 1,89 | 1,88 | 1,16 |

Bei Drau und Mur sind die normierten Dauerlinien nahezu gleich und zeigen das für den alpinen Bereich verhältnismäßig ausgeglichene Verhalten. Am Oberlauf der Theiß sind die relativen Schwankungen etwa doppelt so groß. Der Vah liegt noch etwas näher am alpinen Charakter als an dem der Theiß (Abb. 2.10-2).

Einzugsgebiete 20 000 - 26 000 km²

| Pegel Nr. | Fluß | A _{Eo} km ² | Mq l/s km ² | Hq l/s km ² | MHq l/s km ² | Nq l/s km ² | MNq l/s km ² |
|-----------|-------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | Donau | 20 000 | 15,4 | 93,0 | 54,2 | 3,10 | 6,15 |
| 26 | Inn | 26 000 | 28,5 | 257 | 114 | 7,77 | 9,85 |
| 29 | March | 24 100 | 4,6 | 62,5 | 26,1 | 0,33 | 1,20 |
| 47 | Olt | 22 700 | 7,14 | 69,7 | 43,5 | 0,82 | 1,83 |

Abflüsse bezogen auf die March

| | | | | | | |
|----|-------|-----|------|------|------|-----|
| 1 | Donau | 3,3 | 1,5 | 2,09 | 9,4 | 5,1 |
| 26 | Inn | 6,2 | 4,11 | 4,4 | 23,5 | 8,2 |
| 29 | March | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 47 | Olt | 1,6 | 1,1 | 1,7 | 2,5 | 1,5 |

Die normierte Dauerlinie des Inn ist wesentlich ausgeglichener als bei der March; der Anstieg zum Maximum und der Abfall zum Minimum sind bedeutend fla-

cher. Beim Olt entspricht die normierte Dauerlinie im Bereich niedriger Abflüsse der des Inn, im Bereich hoher Abflüsse etwa der der March. Am ausgeglicheneren von allen ist mit beachtlichem Abstand die Donau (Abb. 2.10-3).

Einzugsgebiete 35 000 - 37 000 km²

| Pegel Nr. | Fluß | A _{E0} km ² | Mq l/s km ² | Hq l/s km ² | MHq l/s km ² | Nq l/s km ² | MNq l/s km ² |
|-----------|---------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 3 | Donau | 35 400 | 12,3 | 66,4 | 41,5 | 3,02 | 5,45 |
| 36 | Drau | 37 100 | 14,9 | 54,5 | 36,1 | 4,50 | 6,32 |
| 45 | Velika Morava | 37 300 | 6,38 | 63,1 | 34,9 | 0,75 | 1,38 |
| 49 | Siret | 36 000 | 4,77 | 88,4 | 30,3 | 0,57 | 1,20 |

Abflüsse bezogen auf die Velika Morava

| | | | | | | | |
|----|---------------|--|------|------|------|------|------|
| 3 | Donau | | 1,9 | 1,1 | 1,2 | 4,0 | 3,9 |
| 36 | Drau | | 2,3 | 0,86 | 1,0 | 6,0 | 4,6 |
| 45 | Velika Morava | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 49 | Siret | | 0,75 | 1,40 | 0,87 | 0,76 | 0,87 |

Velika Morava und Siret haben nahezu gleiche normierte Dauerlinien, nur im Bereich der hohen Abflüsse von 1 % - 2 % Überschreitungswahrscheinlichkeit sind sie am Siret relativ etwas höher. Die normierten Dauerlinien von der Drau und der Donau bei Regensburg sind dagegen viel ausgeglichener, wobei die Drau in dieser Hinsicht die Donau noch etwas übertrifft (Abb. 2.10-4).

Aus der Form der Dauerlinien kann man auch den Einfluß erkennen, den größere Speicher auf den Abfluß haben. Die meisten Wasserspeicher im Donaugebiet sind aber erst in den letzten ein bis zwei Jahrzehnten der Beobachtungsperiode 1931 - 1970 entstanden, so daß der Einfluß in den Werten der gesamten Periode untergeht. Streng genommen müßten die Dauerlinien aus jeweils homogenen Beobachtungsperioden miteinander verglichen werden, um den Einfluß von Speichern aufzuzeigen.

In den Dauerlinien aller in die Monographie einbezogenen Pegeln ist mit einer Ausnahme kein Speichereinfluß zu erkennen: es ist die Dauerlinie am Pegel Orahovica/Iskar (Nr. 46, A_{E0} = 8 370 km²).

Die Auswirkungen des im Jahre 1955 in Betrieb genommenen großen Speichers zeigen sich sehr deutlich in der außergewöhnlichen Form der Dauerlinie 1955/70.

4.1.3 Jahresgang und Wahrscheinlichkeit der Monatsmittel

Der Jahresgang der langjährigen Monatsmittel wird in Verbindung mit den klimatischen Ursachen des Abflußgeschehens auch zur Beschreibung und Charakterisierung hydrologischer Regime verwendet. Die Aussagekraft dieser Zusammenstellung wird wesentlich erhöht, wenn dazu noch die Wahrscheinlichkeiten angegeben werden, mit denen die jeweiligen Monatsabflüsse schwanken können. In den Tabellen II/4.1 bis II/4.51 sind für alle Pegel die mittleren monatlichen Abflüsse und auch die Jahresabflüsse für unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten von 1 % bis 99 % zusammengestellt. Sie wurden nicht insgesamt, sondern von den jeweiligen Donauländern selbst berechnet und zur Verfügung gestellt. Nach der vorgegebenen Methodik sollten die Werte mit der Formel

$$p \% = \frac{m-0,3}{n+0,4} \cdot 100$$

berechnet werden, wenn für die gesamte oder nahezu die gesamte Beobachtungsreihe Daten vorhanden sind. Für kürzere Reihen sollte die Pearson-III-Verteilung verwendet werden.

In den zeichnerischen Darstellungen (Abb. 2.11-1 bis 2.11-51) sind sowohl der Jahresgang der langjährigen Monatsmittel als auch Monatsmittel von unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit eingetragen. Die langjährigen Monatsmittel haben selbst bei einem einzelnen Pegel keine einheitliche Überschreitungswahrscheinlichkeit. Sie liegen im allgemeinen zwischen der 30 %- und 50 %-Wahrscheinlichkeitslinie. Bei großen Einzugsgebieten (Unterlauf der Donau) und Gebieten mit sehr einheitlichem Abflußregim bewegen sich die Werte in der Nähe der 50 %-Linie. Für den Pegel Orahovica/Iskar ist der Jahresgang der Monatsmittel mit den unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten für die Beobachtungszeiten mit und ohne Speicher in den Tab. II/4 und den Abb. 2.11 unter den Nummern 46 und 51 jeweils gesondert angegeben.

An der Donau oberhalb der Innmündung überlagern sich die Abflußregime der Alpen und des Mittelgebirges, wobei einmal das eine und einmal das andere

leicht überwiegt. Kennzeichen sind die verhältnismäßig geringen Schwankungen der Mittelwerte im Jahresverlauf und das Nebeneinander des aus den Mittelgebirgen kommenden winterlichen Hochwassermaximums (Schneesmelze und Regen) und des hauptsächlich vom alpinen Bereich verursachten sommerlichen Hochwassermaximums (sommerliche Starkregen). Die Niedrigwasser treten bei beiden Regimen im Herbst und Winter auf.

Der Inn und die weiteren südlichen Zuflüsse können der Donau ihren alpinen Charakter so stark aufprägen, daß es den kleineren Mittelgebirgsflüssen lediglich gelingt, den großen Unterschied zwischen dem sommerlichen Maximum und dem Minimum im Herbst und Winter von rd. 3,5 : 1 auf rd. 2,1 : 1 zu drücken. Erst die Zuflüsse aus den Westkarpaten flußabwärts von Bratislava können das dominierende alpine Regime etwas beeinflussen: Ihr ausgeprägtes Abflußmaximum im Frühjahr führt zu einer Verbreiterung des sommerlichen Maximums der Donau (Pegel Nagymaros und Bezdan, Nr. 11 und 13). Das Abflußmaximum vom Dezember/Januar wird um 2 Monate auf Oktober-Januar verlängert. Das Verhältnis zwischen dem Sommermaximum und dem Wintermaximum sinkt leicht auf rd. 1,9 : 1.

Das häufige Auftreten von Frühjahrshochwassern in diesen Zuflüssen macht sich in der Donau ebenfalls etwas bemerkbar. Der durch den Zufluß der Drau wieder verstärkte alpine Einfluß wird dann allerdings durch die Theiß und vor allem die Save stark umgeformt. Das Abflußmaximum, das diese beiden größten Nebenflüsse der Donau im Frühjahr haben, wird dadurch in den April verlagert. Ihr spätsommerliches Abflußminimum verschiebt das der Donau in den Frühherbst. Das Verhältnis zwischen Maximum und Minimum steigt wieder auf 2,1 : 1 (Pancevo Nr. 15). Dieses Regime behält die Donau bis zu ihrer Mündung ins Schwarze Meer bei. Da sämtliche Nebenflüsse der unteren Donau ein ähnliches Regime haben, wird der Verhältniswert zwischen dem Maximum und Minimum in der Strecke bis auf über 2,2 : 1 erhöht (Ruse, Silistra).

Das Abflußregime der Nebenflüsse

Das alpine Regime, für das der Inn ein typisches Beispiel ist, hat ein durch Schneesmelze und reichliche Niederschläge bedingtes steiles Abflußmaximum im Frühsommer (Juni). Das Minimum liegt im Januar. In den Südalpen verursacht der mediterrane Einfluß ein kleines Nebenmaximum im November und ein verstärktes Auftreten von Hochwasser im Spätsommer und Herbst (Drau und

Mur). Der Verhältniswert zwischen Maximum und Minimum, der auch von der Größe des Einzugsgebietes abhängig ist, liegt bei den in die Monographie aufgenommenen Pegeln im Bereich von 3,5 : 1 bis 4,5 : 1 (Salzach).

Das pluvio-nivale Regime der Mittelgebirge, für das die March ein gutes Beispiel ist, hat das Abflußmaximum im Frühjahr (März/April), verursacht durch Schneeschmelze und Frühjahrsniederschläge. Das Abflußminimum ist im niederschlagsarmen Herbst (September/Oktober). Außer den Frühjahrshochwassern können auch im Winter Schneeschmelzhochwasser auftreten.

Dieses Abflußregime ist im gesamten Karpatenbogen und den angrenzenden Flachländern mit nur kleinen, teilweise örtlich bedingten Änderungen vorhanden. So ist z.B. das Frühjahrsmaximum in den höher gelegenen Einzugsgebieten der Karpaten einen Monat später (April/Mai).

Mit zunehmend kontinentaler werdendem Klima verlängert sich das Abflußminimum vom Herbst bis in den Winter (Siret und Prut). Bei den südlichen Zuflüssen der mittleren und unteren Donau tritt dieses Abflußregime in einer mediterran beeinflussten mehr pluvialen Form auf. Das Abflußminimum liegt etwas früher (August/September). Dazu kommen bereits beachtliche Abflüsse im Spätherbst und Winter, die zum Frühjahrsmaximum hinführen oder gar ein Nebenmaximum bilden können. Damit verbunden ist ein entsprechend häufiges Auftreten von Hochwassern in dieser Zeit.

Den in Abflüssen unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit ausgedrückten Schwankungsbereich der Jahresmittel kann man für die Donau auch in Form eines Längsschnittes auftragen (Abb. 2.13).

4.1.4 Ausgewählte Verhältniswerte

Die Abflußverhältnisse an einer Pegelstelle lassen sich auch durch einige ausgewählte Verhältniswerte beschreiben. Es handelte sich dabei fast ausschließlich um Kennzahlen für den Schwankungsbereich der Abflüsse innerhalb einer bestimmten Jahresreihe. In den Tabellen 2.4 bis 2.12 sind folgende Verhältniswerte zusammengestellt:

(1) $\frac{HQ}{NQ}$ (1931/70) Verhältnis der extremen Einzelbeobachtungen

- | | | | |
|-----|---|----------------------------|---|
| (2) | $\frac{\text{max MoMQ}}{\text{min MoMQ}}$ | (1931/70) | Verhältnis der extremen einzelnen Monatsmittel |
| (3) | $\frac{\text{max MQ}}{\text{min MQ}}$ | (1931/70) | Verhältnis der extremen Jahresmittel |
| (4) | $\frac{\text{max MQMo}}{\text{min MQMo}}$ | (1931/70) | Verhältniswert Maximum/Minimum aus dem Jahresgang der langjährigen Monatsmittel (aus Tab. II/4 bzw. Abb. 2.11, siehe Tab. 2.7 Spalte 8) |
| (5) | $\frac{\text{MHQ}}{\text{MQ}}$ | | |
| (6) | $\frac{\text{MNQ}}{\text{MQ}}$ | | |
| (7) | $\frac{\text{HQ}_{100}}{\text{MHQ}}$ | (siehe auch Abschnitt 4.2) | |
| (8) | $\frac{\text{NQ}_{100}}{\text{MNQ}}$ | (siehe auch Abschnitt 4.3) | |

4.2 Die Hochwasserverhältnisse

4.2.1 Allgemeine Charakteristik

Hochwasser können im gesamten Donaugebiet durch Starkregen oder durch Schneeschmelze und Regen verursacht werden, wobei im zweiten Fall der Boden mehr oder weniger stark gefroren oder wassergesättigt sein kann. Hochwasser, die allein durch die Schneeschmelze hervorgerufen werden, sind im oberen Donaugebiet kaum gefährlich. Für die flachen Einzugsgebiete im Bereich der mittleren und unteren Donau haben diese Hochwasser allerdings eine größere Bedeutung.

Im alpinen Bereich sind sommerliche Kaltlufteinbrüche von besonderer Bedeutung, da hierdurch auch die Tiefdrucktätigkeit im Mittelmeergebiet angeregt wird. Eine besondere Bedeutung hat die bereits in Kapitel I, Abschnitt 2.1

erwähnte sog. Vb-Wetterlage erlangt, deren Bezeichnung aus einem früheren Versuch (VAN BEBBER) erhalten geblieben ist, Wetterlagen zu klassifizieren. Im Warmsektor von Tiefdruckgebieten, die vom Golf von Genua aus in nördlicher oder nordöstlicher Richtung über die Alpen ziehen, wird sehr warme und wasserdampfreiche Luft aus dem Mittelmeerraum nordwärts geführt. Bei langsamer Wanderungsgeschwindigkeit können die Niederschläge tagelang anhalten und große Hochwasser vom südlichen Alpenraum (Drau, Oberlauf der Save), über den Böhmerwald und die nordwestlichen Bereiche des Karpatenbogens bis zum Einzugsgebiet der Oder verursachen. Am nördlichen Alpenrand ist diese Wetterlage häufig mit aus westlicher und nordwestlicher Richtung kommenden Stauniederschlägen verbunden. Über sie strömt die feuchtwarme Luft aus dem Süden und verursacht zusätzlich ergiebige Aufgleitniederschläge. Die großen Hochwasser der Jahre 1940, 1954, 1965 und 1966 wurden durch solche Wetterlagen verursacht. Zusätzlich kann sich im Gebirge noch eine Schneeschmelze überlagern, welche über große Höhenunterschiede von niederen bis hohen Lagen reichen kann. Dies geschah bei den Hochwassern 1940 und 1965.

Sommerliche Starkregen können nahezu im gesamten Donaugebiet große bzw. sehr große Hochwasser auslösen. In den mediterran beeinflussten südlichen Gebieten gibt es eine weitere Starkregenperiode im Spätherbst (meist November), die ebenfalls zu großen Hochwassern führen kann (Drau, Save, Zuflüsse aus dem Balkengebirge).

Schneesmelzhochwasser mit Regen bei mehr oder weniger gefrorenem Boden haben an der Donau oberhalb des Inn die größten bekannten Hochwasser verursacht (März 1945, Februar 1862, Dezember/Januar 1881/1882). Innerhalb der gemeinsamen Beobachtungsperiode 1931/70 haben die Hochwasser vom März 1947 und März 1956 im obersten Donauabschnitt nur angedeutet, zu was die Natur dort fähig ist. Im weiteren Verlauf der Donau haben die beiden Hochwasser dann auch eine beachtliche Größe erreicht. Dieser Hochwassertyp - Schneeschmelze in Verbindung mit Frühjahrsniederschlägen - tritt an der mittleren und unteren Donau, vor allem flußabwärts der Theiß, verhältnismäßig häufig mit großen Abflüssen auf.

Die Jahreszeiten, bzw. Monate in denen eine größere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hochwassern besteht, können aus dem Verlauf der 1 % Überschreitungslinie in Abb. 2.11 abgelesen werden (siehe auch Abschnitt 4.1.3). Dies schließt jedoch nicht aus, daß auch zu anderen Zeiten große Hochwasser

auftreten können. Als Beispiel hierfür seien für den Inn die Hochwasser vom Februar 1862 (4 500 m³/s), September 1899 (6 600 m³/s) und September 1920 (5 310 m³/s) genannt.

In früheren Zeiten gab es an vielen Strecken der Donau Eishochwasser, die durch Eisversetzungen verursacht wurden. Sie verursachten große Schäden und waren daher sehr gefürchtet. Die Gefahr solcher Hochwasser ist durch die Flußregulierungen stark vermindert worden. Im Bereich der oberen Donau ist sie durch die weitgehend geschlossene Staustufenkette von Ulm bis Wien nahezu beseitigt, da sich hier - ausgenommen es findet während eines Hochwassers ein scharfer Frosteinbruch statt - kein Eistreiben mehr entwickeln kann.

Als Beispiele für das Hochwassergeschehen an der Donau wurden die größten Hochwasser des gemeinsamen Beobachtungszeitraumes (1940, 1944, 1947, 1954, 1956, 1965 und 1970) in Form von Wellenplänen dargestellt (Abb. 2.14). Die Darstellungen zeigen, daß das Hochwassergeschehen am 2 850 km langen Lauf der Donau sehr unterschiedlich ist. Ein gewaltiges Hochwasser an der oberen Donau, wie im Jahre 1954, kann sich bis zu dem Unterlauf der Donau so stark abflachen, daß es dort in der auslaufenden Welle eines kleinen, etwas verspäteten Frühjahrshochwassers untergeht. Andererseits können sich aus kleinen Anfängen am Oberlauf große Hochwasser am Mittel- und am Unterlauf entwickeln. Deutlich erkennbar ist auch, daß sich die Wellenscheitel in den langen Transportstrecken und in den noch verhältnismäßig großen Überschwemmungsgebieten der mittleren und unteren Donau erheblich abflachen können, wenn die Zwischengebiete nicht zu einer weiteren Verstärkung des Hochwassers beitragen.

D a s H o c h w a s s e r 1 9 4 0 hatte entlang der Donau katastrophale Ausmaße. Am Oberlauf der Donau wurde es Ende Mai durch eine Vb-Wetterlage hervorgerufen. Wie fast immer bei diesen Hochwasserlagen war der Beitrag des Inn, im weiteren noch unterstützt von Traun und Enns, für die Hochwasserhältnisse in Österreich und Ungarn ausschlaggebend. Da Save und Theiß ebenfalls sehr große Abflüsse brachten (sie wurden an diesen Flüssen nur im Jahre 1970 übertroffen) behielt die Flutwelle an der Donau bis zur Mündung ihre außerordentliche Höhe.

1 9 4 4 (April - Mai) und 1 9 4 7 (März - April) bekamen die Hochwasserwellen erst in der jugoslawischen Donaustrecke eine beachtenswerte Größe,

waren aber im Vergleich zu den vorher beschriebenen Hochwassern von geringerer Bedeutung.

Das Hochwasser Juli 1954 erreichte, wie bereits erwähnt, an der oberen Donau gewaltige Ausmaße. Ausschlaggebend dafür waren ein extremes Ereignis am Inn und große Zuflüsse aus Traun und Enns. In der ungarischen Donaustrecke begann aufgrund der Überschwemmungen eine ziemlich rasche Verflachung. Flußabwärts von Theiß und Save bildet es dann nur noch eine immer kleiner werdende Nachwelle zu einem vorher abgelaufenen größeren Frühjahrshochwasser.

Das Hochwasser März 1956 betraf hauptsächlich die mittlere Donau. In der unteren Donau reichte der Zeitraum großer Abflüsse bis über den Monat Mai hinaus (Theiß, Velika Morava und Olt kamen mit großen Beiträgen).

Im Sommer 1965 entwickelte sich entlang der ganzen Donau ein bedeutendes Hochwasser. Es wurde am Oberlauf des Stromes durch die Überlagerung der Schneeschmelze in den Alpen nach einem sehr schneereichen Winter (280 cm Schneedecke am Wendelstein, höchster Wert auf der Zugspitze erst am 11. Mai mit 730 cm) und bedeutenden Regenfällen ausgelöst. Die Niederschläge wurde durch einige, ab dem 27. Mai wiederholt eintretende Vb-Wetterlagen hervorgerufen, die erst am 11. Juni ausklangen. Die Wetterlage vom 08. - 11. Juni gab den unmittelbaren Anlaß zur Bildung der zweiten Hochwasserwelle an der bayerischen Donau, die wesentlich höher war als die vom Ende Mai. Durch den Inn wurden in der Donau die Scheitel beider Wellen stark verformt. Unterhalb von Passau wurde die Hochwasserganglinie der Donau allerdings wieder vom Inn bestimmt. Im Inn liefen im Juni 1965 sogar sechs Wellen ab. Die Enns trug zu einer weiteren Erhöhung der Flutwelle bei. Dasselbe geschah am Mittellauf durch hohe Zuflüsse aus March, Vah und Ipel, deren Einzugsgebiete im Juni ebenfalls stark überregnet wurden. Stromabwärts folgten weiter bedeutende Zuflüsse durch Drau, Theiß und Save. In ihren Einzugsgebieten schloß sich das Hochwasser an die Schneeschmelze an. Dies ergab an der Donau eine breite Flutwelle, die vom Mai bis Juli dauerte. Sie flachte erst im rumänischen Donauabschnitt durch die Retentionswirkung bedeutender Überschwemmungsgebiete ab.

Das Mai- und Juni-Hochwasser 1970 nahm erst

unterhalb von Drau, Theiß und Save besonders große Ausmaße an. Es entstand durch eine Überlagerung der noch nicht abgeschlossenen Schneeschmelze mit intensiven und anhaltenden Niederschlägen. Die Zuflüsse des Unterlaufes der Donau führten im Mai - Juni ebenfalls Hochwasser, so daß bei Ceatal Izmail mit 15 540 m³/s der höchste Abfluß in der Periode 1931/70 erreicht wurde.

4.2.2 Hochwasserwahrscheinlichkeit

In den Tab. II/5 sind die größten Ablüsse in den einzelnen Monaten und Jahren für die Beobachtungsperiode 1931/70 zusammengestellt. Für die wenigen Pegel, in denen keine oder nur sehr wenige Scheitelabflüsse zur Verfügung standen, sind in Tab. II/7 die maximalen Tagesmittel angegeben. Zu Vergleichszwecken wurden aus den Kollektiven der größten Jahreshochwasser (Scheitelabflüsse) mit Hilfe der in der Hydrologie am meisten verwendeten Verteilungsfunktionen die Hochwasserwahrscheinlichkeiten berechnet. Die bestangepaßte Funktion wurde jeweils mit dem Maximum-Likelihood-Ratio-Test ermittelt. In Abb. 2.16 sind für jeden Pegel die empirische Verteilung nach der Formel $p = \frac{n+0,4}{m-0,3}$ (Jahre) und die jeweils bestangepaßte Verteilungsfunktion eingetragen. Die Pearson-III-Verteilung ergab bei der Mehrzahl der Pegel die beste Anpassung. Aus diesem Grund wurde die Hochwasserwahrscheinlichkeit für die anderen Pegel auch noch mit der Pearson-III-Verteilung berechnet. Allerdings gelang es bei einigen Pegeln nicht, die Parameter mit Hilfe des Maximum-Likelihood-Verfahrens zu schätzen. Die Ergebnisse sind in der Tab. 2.10 zusammengestellt, wobei jedoch nur das HQ_{100} angegeben wurde. Es wird nochmals darauf hingewiesen, daß diese Werte nur zu Vergleichszwecken ermittelt wurden. Für die Bemessung von Bauwerken gibt es vielfach "offizielle" Werte für HQ_{100} , die oft aus längeren Reihen und unter Berücksichtigung besonderer Gegebenheiten ermittelt wurden. Soweit diese Werte zu erhalten waren, sind sie ebenfalls in die Tab. 2.10 aufgenommen worden.

Zu diesen Berechnungen muß jedoch noch auf die Voraussetzungen eingegangen werden, die bei der Anwendung von Verteilungsfunktionen gegeben sein müssen: Konsistenz, Homogenität und Repräsentanz des jeweiligen Datenkollektivs.

Die Konsistenz wird als gegeben angesehen, da alle Donauländer nur ausgewählte Pegel in diese Monographie eingebracht haben.

Die Homogenität fordert, daß sämtliche Hochwasser des Kollektivs die glei-

chen physikalischen Ursachen haben. Streng genommen ist diese Voraussetzung nur in Ausnahmefällen gegeben. Meist ist eine Mischung von Hochwassern durch Schneeschmelze und von Hochwassern aus Starkregen vorhanden. Bei ersteren kann noch unterschieden werden, ob mit oder ohne gefrorenem Boden, bei letzteren noch nach der Wetterlage. Für den Inn ist es z.B. nicht möglich, aus den zahlreichen kleineren und mittleren Hochwassern, die durch Stauniederschläge am nördlichen Alpenrand entstehen, auf große und seltene Hochwasser zu extrapolieren. Diese werden von der sogenannten Vb-Wetterlage ausgelöst - einer Verbindung von Stau- und Aufgleitniederschlägen. Die Hochwasserwahrscheinlichkeit müßte hier eigentlich durch zwei verschiedene statistische Funktionen beschrieben werden, eine für die kleinen bis mittleren Ereignisse und eine andere für die großen Hochwasser. Für die zweite Funktion sind aber auch bei viel längeren Beobachtungsreihen nicht genügend Daten vorhanden. Die Inhomogenität eines Hochwasserkollektivs läßt sich vielfach am Bild der empirischen Verteilung erkennen - vorausgesetzt das Kollektiv ist repräsentativ - d.h. es ist ein maßstabgetreues Abbild des langjährigen Hochwassergeschehens und enthält alle vorkommenden Hochwassertypen.

Es gibt Fälle, in denen eine 40jährige und sogar noch längere Beobachtungsdauer nicht ausreicht, um ein repräsentatives Kollektiv zu erhalten. Aus Gründen der Repräsentanz sind deshalb in der Tab. 2.10 alle Ergebnisse in Klammern gesetzt, die aus Beobachtungsreihen kürzer als 25 Jahre berechnet wurden. Eine kritische Durchsicht der empirischen Verteilungen in den Abb. 2.16 läßt darauf schließen, daß die vorhandenen Hochwasserkollektive an zahlreichen Nebenflüssen, teilweise sogar an der Donau selbst, nicht homogen sind.

Die berechneten Verteilungsfunktionen kann man dimensionslos darstellen ("normieren"), wenn man die Abflüsse unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit durch einen kennzeichnenden Abfluß teilt. Es wird dazu im allgemeinen der Mittelwert der Jahreshochwasser, das MHQ verwendet. In Abb. 2.17 sind für einige ausgewählte Pegel die normierten Verteilungsfunktionen angegeben.

Tab. 2.10 enthält die Verhältnismerte für $HQ_{100} : MHQ$ (siehe auch Abb. 2.19). An der Donau zeigt sich deutlich die Abhängigkeit dieses Wertes von der Größe des Einzugsgebietes. Daneben ist er noch von anderen Gebietseigenschaften wie auch vom hydrologischen Regime beeinflusst. Das zeigt am deutlichsten ein Vergleich von gleichgroßen Einzugsgebieten.

Der Verhältniswert $MHQ : MQ$ (Tab. 2.4, Abb. 2.18) ist ebenfalls von der Größe des Einzugsgebietes, weiteren Gebietseigenschaften (Gefälle, Form, Retentionsvermögen) und dem hydrologischen Regime beeinflusst. Die beiden Parameter eignen sich deshalb auch zum Vergleich der Hochwasserverhältnisse unterschiedlicher Gebiete. In diese Vergleiche kann man auch noch den Variationskoeffizienten mit einbeziehen (siehe Abb. 2.20).

4.3 Die Niedrigwasserabflüsse

4.3.1 Allgemeine Charakteristik

Die Jahreszeiten bzw. Monate, in denen es häufig zu Niedrigwasserführungen kommt, lassen sich sehr gut aus dem Verlauf der 99 % Unterschreitungslinie in den Abb. 2.10 erkennen. Da Niedrigwasser meist länger anhalten, haben sie auf das jeweilige Monatsmittel einen größeren Einfluß, als eine steile Hochwasserwelle mit geringer Fülle. Die Darstellungen sind daher im Bezug auf das Auftreten von Niedrigwasser zuverlässiger als für das Auftreten von Hochwasser.

Der Zeitraum, in dem es häufig und auch zu besonders geringen Niedrigwasserführungen kommen kann, ist an der gesamten Donau im großen und ganzen der Herbst und der Winter. Bedingt durch die Verschiedenartigkeit des Einzugsgebietes liegen die Minima einmal mehr im Herbst oder im Winter.

Die absoluten Minima des Abflusses fallen von der Quelle bis zur Mündung zeitlich fast zusammen, da es sich dabei um Ereignisse handelt, die an eine langdauernde Großwetterlage gebunden sind.

Ein solcher Fall trat im Herbst 1947 auf, als an der gesamten Donau außergewöhnlich niedrige Abflüsse auftraten. In der Periode 30. August bis 2. November fiel kaum Niederschlag (im Raum Wien nur 13 % des langjährigen Mittelwertes), was zu einer außerordentlichen Trockenheit und sehr niedrigen Abflüssen in allen Gewässern führte.

Im Jahre 1954 kam es im Januar an der ganzen Donau zu extrem niedrigen Abflüssen, die sogar unter denen von 1947 lagen. Damals folgte auf eine längere Trockenperiode im Herbst des Jahres 1953 eine Kälteperiode im Winter, wodurch der gesamte Niederschlag als Schnee gebunden blieb.

Das Jahr 1954 brachte somit für eine weite Strecke im oberen Bereich der Donau gleich zwei sehr seltene Extreme: das Niedrigwasser im Januar und das gewaltige Hochwasser im Juli.

In den Jahren 1933, 1934, 1948 und 1964 traten weitere ausgeprägte Niedrigwasserperioden entlang der gesamten Donau auf. Die Niedrigwasserabflüsse entlang der Donau sind für alle genannten Perioden in Tab. 2.11 zusammengestellt und in Abb. 2.21 dargestellt. Die vor allem in der graphischen Übersicht erkennbaren Inhomogenitäten entlang der Donau dürften ihre Ursache auch in den Problemen der Abflußermittlung haben, die nicht nur bei Hochwasser sondern auch bei Niedrigwasser stark zunehmen können.

Die Niedrigwasserabflüsse eines Gebietes hängen im wesentlichen davon ab, ob eine größere Wassermenge an der Oberfläche (Seen) oder im Untergrund gespeichert werden kann. An der oberen Donau stehen sich mit dem seenreichen Alpenvorland und seinen ausgedehnten Schotterfeldern auf der südlichen Seite und dem aus Urgestein bestehenden Bayerischen- und Böhmerwald mit seinen flachgründigen Böden auf der nördlichen Seite zwei Extreme gegenüber. Für eine grobe Beurteilung der Niedrigwasserverhältnisse eines Flusses oder Einzugsgebietes kann neben der mittleren Niedrigwasserperiode auch der Verhältniswert $MNQ : MQ$ herangezogen werden (Tab. 2.4, Abb. 2.24).

4.3.2 Niedrigwasserwahrscheinlichkeit

In den Tab. II/6 sind die kleinsten Tagesmittel des Abflusses in den einzelnen Monaten und Jahren für die Beobachtungsperiode zusammengestellt. Aus den Kollektiven der kleinsten jährlichen Tagesmittel wurde mit den gebräuchlichen Verteilungsfunktionen die Auftretenswahrscheinlichkeit dieser Werte berechnet und die beste Anpassung mit dem Maximum-Likelihood-Ratio-Test ermittelt.

Dabei ergab sich für die Weibullverteilung bei der überwiegenden Mehrzahl der vorliegenden Pegel die beste Anpassung und bei den restlichen Pegeln ein knapp dahinterliegender 2. Platz. Deshalb wurden alle Wahrscheinlichkeiten mit dieser Verteilung berechnet. Die Ergebnisse sind zusammen mit der empirischen Wahrscheinlichkeit auf den Abb. 2.22 und aus Tab. 2.12 zu ersehen.

Diese Verteilungsfunktionen kann man ebenfalls dimensionslos darstellen,

wenn man die Abflüsse unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit durch den kennzeichnenden Mittelwasserabfluß MN_Q dividiert. Die normierten Verteilungsfunktionen einiger Pegel sind in Abb. 2.23 aufgetragen. Eine weitere statistische Untersuchung ist durch Einbeziehung des Variationskoeffizienten möglich (Abb. 2.26).

Zu den Ergebnissen muß weiter darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei den Ausgangswerten keine Rücksicht darauf genommen wurde, ob die kleinsten Tagesmittel von zwei benachbarten Jahren möglicherweise einer zusammenhängenden Niedrigwasserperiode angehören. So sind zum Beispiel die niedrigsten Abflüsse vom Dezember 1953 und Januar 1954 in den Kollektiven der Jahreswerte aller Donaupegel enthalten, obwohl sie nur einer Niedrigwasserperiode angehören. Genau genommen müßte deshalb bei der statistischen Untersuchung von Niedrigwasser von einem "Niedrigwasserjahr" ausgegangen werden. Dessen Beginn und Ende ist in einen Zeitraum mit üblicherweise höheren Abflüssen zu setzen, an der Donau somit in das Frühjahr bzw. den Frühsommer.

Zu den Ergebnissen darf außerdem noch darauf hingewiesen werden, daß das kleinste Tagesmittel als Niedrigwasserkenngroße hauptsächlich in den vergangenen ein bis zwei Jahrzehnten in zunehmendem Umfang durch menschliche Eingriffe (Wasserspeicher, Kraftwerksbetrieb, Wasserentnahmen) beeinflußt worden ist. Die Kollektive dieser Werte sind deshalb vor allem bei vielen kleineren Flüssen nicht mehr homogen.

Darüber hinaus lassen sich die Niedrigwasserverhältnisse mit einer einzigen Variablen nur ungenügend beschreiben. Die unterschiedliche Zeitdauer läßt sich dadurch berücksichtigen, daß als Niedrigwasservariable gleitende Mehrtagesmittel MN_x unterschiedlicher Dauer (z.B. $x = 1, 2, 7, 14, 30, 60, 90, 120$ und 180 Tage) verwendet werden. Von jedem (Niedrigwasser-)Jahr werden jeweils das kleinste Mehrtagesmittel herausgesucht und die so gewonnenen Kollektive statistisch verarbeitet. Die Ergebnisse, mit der Dauer x und den jeweiligen Abflüssen unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit als Koordinaten aufgetragen, vermitteln eine umfassende quantitative Darstellung der Niedrigwasserverhältnisse. Eine solche umfangreiche Untersuchung würde den Rahmen dieser Monographie allerdings überschreiten.

4.4 Übersicht und Vergleich mit anderen Stromgebieten

Es wäre grundsätzlich möglich, mit den in dieser Monographie enthaltenen Pegel­daten eine vergleichende Untersuchung mit Daten aus anderen Einzugs­gebieten durchzuführen. Ziel der meisten Untersuchungen dieser Art ist es, weniger die Unterschiede aufzuzeigen als vielmehr nach etwa vorhandenen Gemeinsamkeiten zu suchen, die unabhängig von unterschiedlichen hydrologischen Regimen vorhanden sein könnten. Darüber hinaus besteht auch großes Interesse, für verschiedene hydrologische Parameter untere und obere Grenzwerte aufzu­spüren, die für bestimmte Regionen, Länder, Kontinente oder gar den gesamten Erdkreis gelten.

Bei den Arbeiten für diese Monographie sind einige solcher Untersuchungen durchgeführt worden. Es wird jedoch davon abgesehen, sie hier zu veröffent­lichen. Dies soll besser an anderer Stelle geschehen. Der Grund dafür be­steht im wesentlichen darin, daß die Ergebnisse vieler solcher Untersuchun­gen von der Auswahl der Pegel beeinflußt werden und spätere Erweiterungen der Datenbasis andere Ergebnisse hervorbringen können.

Zur Erleichterung solcher Untersuchungen sind - wie bereits erwähnt - in den Tabellen die wichtigsten statistischen Parameter mit enthalten. In den Abb. 2.27 und 2.28 wird dazu noch eine Übersicht über die Pegel mit einigen hydrologischen und statistischen Parametern gegeben. Aus Abb. 2.29 ist z.B. zu erkennen, daß die Hochwasser von 1969 am Oberlauf des Prut, von 1970 am Oberlauf der Theiß, von 1954 am Inn und an der Donau von Passau bis Wien als ziemlich extreme Ereignisse anzusehen sind. Abb. 2.30 zeigt eine von Kalinin (1968) entwickelte Kurve, die aus den Beobachtungen von Flüssen in unter­schiedlichen geographischen und hydrologischen Regionen abgeleitet wurde. Die entsprechenden Werte $(MQ \% : MQ-1) : CV$ von den hier vorgestellten Pe­geln an der Donau und ihren Nebenflüssen sind verhältnismäßig eng um diese Kurve gruppiert. Bei der Diskussion des Ergebnisses ist allerdings darauf hinzuweisen, daß die aus der Abb. 2.12 ersichtlichen Unterschiede des einfa­chen Verhältnismertes $MQ (\%) : MQ$ durch die nochmalige Normierung sehr stark verkleinert werden. Dies ist bei Versuchen zu Rückrechnungen ebenso zu be­rücksichtigen, wie die wachsende statistische Unsicherheit bei den Wahr­scheinlichkeiten von 5 % bis 1 % und 95 % bis 99 %.

Kapitel III

Wasserbilanz des Donaubegebietes

1 ALLGEMEINES

Die Aufstellung einer Wasserbilanz gehört zu den bedeutendsten Zielen jeder größeren hydrologischen Arbeit. Eine Wasserbilanz gibt in wenigen Zahlen eine Übersicht über die in einem Gebiet, einer Region oder einem Staat umgesetzten Wassermengen. Die darin enthaltenen naturwissenschaftlichen Informationen über den Kreislauf des Wassers gehören zu den wichtigsten Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planung. Mit der vorliegenden Arbeit wird zum ersten Mal in der hydrologischen Geschichte der acht Donauländer versucht, die von ihnen gesammelten und teilweise nach verschiedenen Methoden ausgewerteten Daten zu einer einheitlichen Information zusammenzufassen.

Für diese Monographie hat die Mehrzahl der Donauländer Bilanzen für nationale Teilgebiete aufgestellt. Sie wurden auf der Grundlage detaillierter Unterlagen ausgearbeitet, wobei man in einigen Fällen sogar die zeitliche Variabilität der Wasserbilanzelemente und die unterirdischen Abflußanteile untersucht hat. Es gelang allerdings bisher nicht, diese Arbeiten zu einer homogenen Bilanz für das ganze Donaugebiet zu ergänzen. Aus diesem Grunde wurde beschlossen, eine Wasserbilanz für das ganze Donaugebiet aus den gemeinsam aufgestellten Isolinienkarten $M = 1 : 2 \text{ Mio.}$ zu entwickeln. Dabei müssen nun allerdings maßstabsbedingte Nachteile in Kauf genommen werden: Abweichungen bei der Flächenermittlung von den offiziell anerkannten Werten und Ungenauigkeiten bei den Bilanzelementen vor allem bei kleineren Einzugsgebieten.

Die angestrebten Wasserbilanzen für das gesamte Donaugebiet und seine Bilanzgebiete (Teileinzugsgebiete und Staatsflächen) beschränken sich deshalb auf die denkbar einfachste Variante: es werden nur die langjährigen Mittelwerte der drei grundlegenden Bilanzelemente

- Niederschlag (P)
- Verdunstung (E)
- Abfluß (R)

untersucht. Es entfällt die Aufteilung des Niederschlages in Regen und Schnee, die Aufteilung der Verdunstung in Evaporation von Landflächen und Wasserflächen sowie in die Transpiration von Pflanzen.

Eine Aufteilung des Abflusses in oberirdischer, unterirdischer und in die vom Menschen in mancherlei Hinsicht genutzten Mengen wird ebenfalls nicht durchgeführt. Da es sich um langjährige Werte handelt, entfällt auch eine Untersuchung über die Veränderung des im (und eventuell auch auf dem) Boden gespeicherten Wasservorrates.

Die zeitliche Variabilität der einzelnen Bilanzelemente wird ebenfalls nicht weiter untersucht. Über die zeitliche Variabilität des Abflusses, dem für Wasserbau und Wasserwirtschaft wichtigsten Bilanzelement, enthält das II. Kapitel die wichtigsten Untersuchungen und Aussagen.

Es wird außerdem nicht versucht, eventuelle zwischen den Daten bestehende Unstimmigkeiten auszugleichen. Auftretende Differenzen werden stets aufgezeigt, zur Diskussion gestellt und mit ihnen eine relative Abweichung berechnet. Diese Werte können als Maßstab für die Qualität der Isolinienkarten dienen.

In den folgenden Abschnitten wird zunächst nur auf die Ermittlung der Isolinienkarten für die Wasserbilanzelemente und die Gleichung der Wasserbilanz eingegangen. Danach folgen Erläuterungen über die Aufstellung der Wasserbilanzen für die Teileinzugsgebiete und eine physisch-geographische Wertung der Ergebnisse. Abschließend werden die Wasserbilanzen für die im Donaubecken liegenden Staatsflächen der acht Donauländer behandelt.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Die Isolinienkarten für die Wasserbilanzelemente

Von den einzelnen Donaustaaten wurden Entwürfe im Maßstab 1 : 1 Mio. gefertigt. Der Abgleich der Isolinien an den Staatsgrenzen wurde teils bilateral, teils unter Koordination des Forschungsinstitutes VUVH Bratislava durchgeführt. Dort wurden anschließend Isolinienkarten vom gesamten Donaugebiet im Maßstab 1 : 1 Mio. gezeichnet und dem Forschungszentrum für Wasserwirtschaft VITUKI Budapest zur kartographischen Darstellung im Maßstab 1 : 2 Mio. und zum Druck übergeben.

Als einheitliche Bezugsperiode für die Isolinienkarten wurde die Jahresreihe 1931/70 angestrebt. Da in einigen Teilen des Donaugebietes keine ausreichenden Werte zur Verfügung standen, wurde teilweise die Reihe 1941/70 verwendet, zu einem geringen Teil sogar nur die Reihe 1951/70. Mit Vergleichsrechnungen, die für den Abfluß mit den Tabellen des II. Kapitels nachvollzogen werden können, wurde allerdings festgestellt, daß die Jahresreihe 1931/70 und 1941/70 fast identische Mittelwerte ergeben. Nur die Reihe 1951/70 weicht etwas davon ab.

2.2 Die Gleichung der Wasserbilanz

Für die langjährige Wasserbilanz eines Gebietes gilt folgende Gleichung:

$$P = E + R \quad (\text{mm/a})$$

P = Niederschlag

E = die gesamte, verdunstete Wassermenge

R = Abfluß; von der gesamten Wassermenge, die ein Gebiet verläßt, werden die von oberhalb liegenden Nachbargebieten eintretenden Wassermengen R_{ein} (d. h. die "Einnahmen") abgezogen.

Diese von einem Nachbargebiet einströmende Wassermenge R_{ein} ist allerdings ebenfalls von großer wasserwirtschaftlicher Bedeutung, da sie das nutzbare Wasserdargebot erhöht.

Die drei Wasserbilanzelemente werden als langjährige mittlere Jahreswerte in Millimeter Wasserhöhe pro Jahr angegeben. Bei dieser bildhaften Darstellung wird eine - in der Natur nicht gegebene - gleichmäßige Aufteilung auf die jeweilige Gebietsfläche angenommen. Die Werte lassen sich in einfacher Weise aber auch als Volumina in km³/Jahr, als langjähriger mittlerer Abfluß in m³/s oder als mittlere Abflußspende in l/s . km² umrechnen, z. B.

$$Q = \frac{A \cdot R}{31536} \text{ (m}^3\text{/s) mit } A \text{ in km}^2 \\ R \text{ in mm/a}$$

3 DIE AUFSTELLUNG DER WASSERBILANZEN FÜR TEILEINZUGSGEBIETE UND DIE KONTROLLE DER ABFLÜSSE

3.1 Die Arbeitsschritte der Ermittlung

Die wenigen, in einer Wasserbilanz ausgewiesenen Zahlen täuschen leicht darüber hinweg, wie viel Arbeit - in diesem Fall auch internationale Zusammenarbeit - für ihre Ermittlung erforderlich war. Um die Vorgehensweise zu erläutern und auch um einen Eindruck vom Umfang dieser Arbeit zu vermitteln, wird eine Übersicht über den Ablauf der Arbeiten gegeben:

- (1) Aufteilung des Donaugebietes in Teileinzugsgebiete (Bilanzgebiete). Es erfolgte sowohl eine Untergliederung in hydrologisch sinnvolle Teileinzugsgebiete wie auch eine Untergliederung nach Staatsgebieten.
- (2) Für die Bilanzgebiete werden die Mittelwerte der Bilanzelemente P, E, und R durch Planimetrieren ermittelt.
- (3) Berechnung des Bilanzfehlers aus der Gleichung $P = E + R$. Für die Bilanzgebiete und das gesamte Donaugebiet wird auch jeweils der Abflußbeiwert $e = R : P$ berechnet.
- (4) Berechnung der aus den Teilgebieten entstammenden mittleren jährlichen Abflüsse in m^3/s . Durch fortlaufende Aufsummierung erhält man die Durchflüsse für die Donauquerschnitte, die als "Bilanzquerschnitte" in der Karte mit der Gebietseinteilung (Karte III/4) eingetragen sind.
- (5) Umrechnung der für die Bilanzquerschnitte erhaltenen Durchflüsse mittels Interpolation auf die Donaupegel.
- (6) Vergleich der aus der Isolinenkarte der mittleren jährlichen Abflußhöhen ermittelten Abflüsse mit den an den Donaupegeln gemessenen Werten. Berechnung der relativen Abweichungen von den Meßwerten. Dieser Vergleich wird allerdings nicht für die Pegel an den Nebenflüssen durchgeführt.

3.2 Auswahl der Teileinzugsgebiete

Bei der Unterteilung in Teileinzugsgebiete mußte darauf geachtet werden, daß die Abflüsse für die Donaupegel in möglichst einfacher Weise aus der Isolinenkarte der mittleren jährlichen Abflußhöhen ermittelt werden konnten.

Es sind zwei Arten von Teileinzugsgebieten zu unterscheiden:

- die Einzugsgebiete der bedeutenden Nebenflüsse;
sie wurden unabhängig von ihrer Größe nicht weiter unterteilt, z. B. Lech (4398 km² auf der Bilanzkarte planimetriert bzw. 4126 km² offizieller Wert), Theiß (158 182 km² planimetriert bzw. 157 500 km² offiziell)
- die unmittelbaren Einzugsgebiete zwischen den Mündungen der bedeutenden Nebenflüsse.

Als Endergebnis wurde das Donaubecken in 47 hydrologische Teileinzugsgebiete eingeteilt. Sie sind in einer besonderen Karte - Karte III/4 - dargestellt (in Teil 3 enthalten).

Die Flächen der Teileinzugsgebiete wurden durch Planimetrieren bestimmt und durch gleichmäßige Umrechnung so korrigiert, daß ihre Summe die anerkannte Gesamtfläche des Donaugebietes von 817 000 km² ergibt. Die dazu notwendige Korrektur betrug + 2,5 %. Das größte Teileinzugsgebiet - Nr. 26, das Einzugsgebiet der Theiß - beträgt 158 182 km² (auf der Bilanzkarte planimetriert) und das kleinste Teileinzugsgebiet - Nr. 18, das unmittelbare Einzugsgebiet zwischen den Einmündungen von Hron und Ipel/Ipoly - beträgt 131 km². Die durchschnittliche Flächengröße beträgt $817\ 000 : 47 = 17\ 383\ \text{km}^2$.

3.3 E r m i t t l u n g d e r B i l a n z e l e m e n t e f ü r d i e T e i l e i n z u g s g e b i e t e

Für jedes Teileinzugsgebiet wurden die drei Bilanzelemente P, E und R durch zweifache Planimetrierung bestimmt, wobei die beiden nur geringfügig voneinander abweichenden Ergebnisse gemittelt wurden. Die Resultate sind in der Tabelle 3.1 angegeben. Die auf diese Weise bestimmten Gebietsmittelwerte der Wasserbilanzelemente variieren zwischen folgenden Grenzwerten:

- Niederschlag P

Maximum: 1483 mm/a

Einzugsgebiet der Enns - Nr. 10

Minimum: 420 mm/a

Einzugsgebiet der Donau zwischen Prut und
Schwarzem Meer - Nr. 47

- Verdunstung E

| | |
|-------------------|--|
| Maximum: 644 mm/a | Einzugsgebiet der Donau zwischen Save und Velika Morava - Nr. 29 |
| Minimum: 411 mm/a | Einzugsgebiet der Donau zwischen Siret und Prut - Nr. 45 |

- Abfluß R

| | |
|--------------------|--|
| Maximum: 1016 mm/a | Einzugsgebiet der Enns - Nr. 10 |
| Minimum: 7 mm/a | Einzugsgebiet der Donau zwischen Prut und Schwarzem Meer - Nr. 47. |

Die Durchschnittswerte der Wasserbilanzelemente für das gesamte Donaueinzugsgebiet mit der Fläche von 817 000 km² sind:

| | |
|---------------------------------|-----------|
| - Niederschlag P _D : | 816 mm/a |
| - Verdunstung E _D : | 547 mm/a |
| - Abfluß R _D : | 246 mm/a. |

3.4 Berechnung des Bilanzfehlers und der Abflußbeiwerte

Der relative Schlußfehler der Wasserbilanz berechnet sich aus der Bilanzgleichung:

$$d = \frac{P - (E + R)}{P} \cdot 100 (\%)$$

Er wurde für jedes Teileinzugsgebiet und für das gesamte Donaugebiet berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.1 eingetragen. Der größte absolute Schlußfehler von + 9,31 % ergibt sich für das Teileinzugsgebiet Nr. 45, das unmittelbare Einzugsgebiet der Donau zwischen den Mündungen von Siret und Prut.

Das Mittel der absoluten Werte der Schlußfehler aller Teileinzugsgebiete beträgt

$$\overline{|d|} = 3,0 \%$$

Der Schlußfehler der Wasserbilanz für das gesamte Donaugebiet beträgt nur 0,6 %.

Im Vergleich zu den bekannten Unsicherheiten im hydrographischen und hydro-meteorologischen Meßwesen sowie bei der Datenauswertung können die ausgewiesenen Schlußfehler der Bilanzen insgesamt als günstig betrachtet werden. Bei den über 5 - 6 % hinausgehenden Schlußfehlern ist zu berücksichtigen, daß es sich dabei überwiegend um Gebiete handelt, in denen die Isolinien weite Abstände haben. Trifft die im Mittel angenommene lineare Interpolation dort nicht zu und sind die betroffenen Gebiete dazu noch verhältnismäßig klein, so entstehen rasch größere Differenzen. Eine Bilanzierung, die nur auf Übersichtskarten mit verhältnismäßig grob abgestuften Isolinien aufbaut, stößt hier an ihre Grenzen.

Der mittlere Abflußbeiwert $R : P$ für das gesamte Donaugebiet beträgt 0,32. Die extremen Werte treten im Einzugsgebiet der Enns (Nr. 10) mit 0,68 und in den Einzugsgebieten des Siret (Nr. 45) und Nr. 47 unmittelbar an der Donaumündung mit 0,02 auf.

3.5 Bestimmung der Abflüsse an den Donaupegeln aus der Isolinien- karte der mittleren jährlichen Abflußhöhen

Die Abflüsse für die Pegel ließen sich am genauesten dadurch bestimmen, daß man die zugehörigen Einzugsgebiete abgrenzt und die Flächen zwischen den Isolinien - unter Verwendung der Ergebnisse für die Einzugsgebiete der Nebenflüsse - planimetriert. Um sich diese aufwendige Planimetrierung zu ersparen, wird stattdessen eine Interpolation zwischen den Abflüssen der beiden nächstgelegenen Bilanzquerschnitte vorgenommen. Man erhält sie jeweils durch Aufsummierung der Abflüsse aus den oberhalb liegenden Teileinzugsgebieten (Tab. 3.2).

Der Abfluß aus dem letzten unmittelbar an der Donau liegenden Bilanzgebiet wird dann linear entsprechend den beiden Teilflächen aufgeteilt, die von den auf den Pegel bezogenen Einzugsgebietsgrenzen gebildet werden (z. B. Pegel Nr. 3 Hofkirchen im Bilanzgebiet Nr. 6). Die dazu benötigten Einzugsgebietsflächen der Pegel mußten allerdings aus der Karte 1 : 2 Mio. planimetriert

werden. Die offiziellen Flächenangaben ließen sich nicht verwenden, da die durch den Papierverzug bedingten Änderungen konsequent beibehalten werden mußten. Beide Werte sind in Tabelle 3.3 enthalten.

In gleicher Weise wie der Abfluß könnten auch die beiden anderen Bilanzgrößen Niederschlag und Verdunstung für die Donauegel ermittelt werden.

3.6 Vergleich der beobachteten mit den aus der Isolinienkarte abgeleiteten Abflüssen

Für beide Werte wird wiederum für jeden Pegel die relative Abweichung berechnet. Sie liegen sämtlich unter $\pm 5\%$.

Es fällt auf, daß die Abweichungen von ca. -2% vom Oberlauf der Donau ziemlich stetig auf rd. $+4\%$ an der Mündung zunehmen.

Über die Ursachen der zunehmenden positiven Abweichungen im Bereich der Unteren Donau sind nur Vermutungen möglich. Die Teileinzugsgebiete in diesem Bereich zeigen, daß der Bilanzfehler (Tab. 3.1, Spalte 7) in gleichem Sinne zunimmt wie die relativen Abweichungen an den Donauegeln.

Das Ergebnis kann jedoch in Anbetracht der im Meßwesen, in der Datenauswertung und in der kartographischen Darstellung im Maßstab 1 : 2 Mio. erreichbaren Genauigkeit als günstig bezeichnet werden. Es beweist eine gute Qualität der Isolinienkarten und der Wasserbilanz insgesamt.



4 DIE RÄUMLICHE VERTEILUNG VON NIEDERSCHLAG, VERDUNSTUNG UND ABFLUSS

Die räumliche und zeitliche Verteilung von Niederschlag und Verdunstung sind bereits im Kapitel I (Nr. 2.3.3 bis Nr. 2.3.5) eingehend behandelt worden. Beide werden wesentlich von physisch-geographischen Faktoren (z. B. Höhe über dem Meeresspiegel, Entfernung vom Meer, örtliche Exposition) beeinflusst. Für den Abfluß haben zusätzlich noch orographische Faktoren wie Gefälle und Reliefenergie eine große Bedeutung. Von den drei Wasserbilanzelementen hat der Abfluß den größten relativen Schwankungsbereich. Aus den Isolinkarten ist zu entnehmen:

| | | | |
|-----------------|----------|----------|----------|
| - Niederschlag: | 2 500 mm | - 400 mm | 6,25 : 1 |
| - Verdunstung: | 700 mm | - 200 mm | 3,5 : 1 |
| - Abfluß: | 2 000 mm | - 5 mm | 400 : 1 |

Der Abflußbeiwert schwankt dabei zwischen etwa 1 % und über 80 %.

Aus extremen örtlichen Messungen würden sich noch größere Unterschiede ergeben.

Mit größer werdenden Flächen werden die Unterschiede geringer. Bei den ausgewiesenen Bilanzgebieten besteht der größte Unterschied zwischen den Gebieten Nr. 10 (Enns) und Nr. 47 an der Donaumündung. Der mittlere langjährige Abfluß ist im Ennsgebiet mit seinem stark ausgeprägten Hochgebirgscharakter um das 145-fache höher als in dem flachen, etwas hügeligen östlichsten Teilgebiet an der Donaumündung.

In Tabelle 3.4 sind die Wasserbilanzelemente nochmals für die bedeutendsten Teileinzugsgebiete des Donaubeckens angegeben, wobei eine Unterteilung nach dem vorherrschenden Charakter - Hochgebirge oder Mittelgebirge und Hügelland - vorgenommen wurde.

Die Einzugsgebiete im Hochgebirge, die mit Ausnahme des Vah alle in den Alpen liegen, haben mittlere Gebietsniederschläge von 900 mm bis fast 1500 mm. Der Abflußbeiwert liegt zwischen 0,44 und 0,68. Das bedeutet, daß fast die Hälfte bis zwei Drittel des gefallenen Niederschlages abfließen.

Die Einzugsgebiete im Mittelgebirge und Hügelland haben mit 600 mm bis 900 mm wesentlich geringere Niederschläge. Der größere Teil des Wassers verdunstet, denn der Abflußbeiwert ist stets kleiner als 0,4. In den Einzugsgebieten mit einem größeren Anteil an Flachland und niedrigem Hügelland (z. B. bei den Flüssen Raab, Sio, Lom) sinkt der Abflußbeiwert auf Werte zwischen 0,1 und 0,2.

Wegen dieser unterschiedlichen Charakteristik der Nebenflüsse ist es nicht möglich, daß die mittleren Durchflüsse in der Donau proportional zur Einzugsgebietsgröße zunehmen. Sie stammen zum überwiegenden Teil aus den gebirgigen Einzugsgebieten. Diese Tatsache geht auch sehr deutlich aus den Ausführungen und Unterlagen des Kapitels II hervor (z. B. Nr. 4.1, Tab. 2.3 und 2.4). Die aus Tabelle 3.2 entnommene Zusammenstellung soll dies nochmals veranschaulichen.

Abflußbilanz für ausgewählte Donauquerschnitte

| Lfd.Nr. | Benennung des Grenzquerschnitts | Einzugs- gebiet A km ² | Gebietsmittelwert | | Abfluß- beiwert e |
|---------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | | des Nieder- schlags P mm/a | des Ab- flusses R mm/a | |
| S 1=1 | Donau bis Lech | 15 654 | 914 | 370 | 0,40 |
| S 10 | Donau unter- halb der Enns | 92 154 | 1097 | 600 | 0,55 |
| S 26 | Donau unter- halb der Theiß | 423 182 | 834 | 301 | 0,36 |
| S 28 | Donau unter- halb der Save | 529 156 | 878 | 337 | 0,38 |
| S 47 | Donau Mündung | 817 000 | 816 | 264 | 0,32 |

5 WASSERBILANZ NACH STAATSGEBIETEN

5.1 A b g r e n z u n g d e r B i l a n z g e b i e t e

Am Einzugsgebiet der Donau haben wie bereits bekannt, 12 Staaten Anteil: im wesentlichen die Bundesrepublik Deutschland (D), die Republik Österreich (A), die Tschechoslowakische Sozialistische Republik (CS), die Ungarische Volksrepublik (H), die S. F. R. Jugoslawien (YU), die Sozialistische Republik Rumänien (RO), die Volksrepublik Bulgarien (BG), die Sowjetunion (SU) sowie kleinere Gebiete von der Schweiz (CH), Italien (I), Polen (PL) und Albanien (AL). Im folgenden werden diese Staaten mit den im internationalen Straßenverkehr gebräuchlichen Abkürzungen benannt.

In Tabelle 3.6 sind die Gesamtflächen der Staaten und ihre Anteile am Donaueinzugsgebiet zusammengestellt. Die vier Länder Italien, Schweiz, Polen und Albanien haben mit 0,01 bis 0,22 % - insgesamt 0,32 % - so wenig Anteil, daß ihre Aufzählung bei der Wasserbilanz nur der Vollständigkeit wegen erfolgt.

Viele der in Nr. 3.2 definierten hydrologischen Teileinzugsgebiete werden von Staatsgrenzen durchquert. Dadurch entsteht für das Donaubecken eine neue, nach Staatsgrenzen ausgerichtete Aufteilung in Bilanzgebiete. Um eine Wasserbilanz nach Staatsflächen bilden zu können, müssen diese Bilanzgebiete einem der folgenden Typen zugeordnet werden:

- (1) Das hydrologische Teileinzugsgebiet (nach Nr. 3.2) wird von keiner Staatsgrenze durchquert. Der dort entstehende Abfluß gelangt in der Donau als "Einnahme" zum flußabwärts gelegenen Staat. Beispiele: Teilgebiete Nr. 3, 10, 16, 21, 25, 34, 45. Diese Gebiete bedürfen keiner weiteren Kennzeichnung.
- (2) Das hydrologische Teileinzugsgebiet wird von einer oder mehreren Staatsgrenzen durchquert. Der entstehende Abfluß gelangt als "Einnahme" nur in das Gebiet eines e i n z i g e n Nachbarstaates. Diese Gebiete werden dadurch bezeichnet, daß an die Nummer des Teilgebietes nach einem Schrägstrich die Abkürzung des jeweiligen Staates angefügt wird. Beispiele: 4/CS und 4/D; 8/I, 8/CH, 8/A und 8/D; 13/A und 13/H; 28/AL und 28/YU; 33/BG und 33/RO usw.

- (3) Das hydrologische Teileinzugsgebiet wird wie bei (2) von einer oder mehreren Staatsgrenzen durchquert. Der entstehende Abfluß gelangt jedoch von dort als "Einnahme" in die Gebiete von z w e i o d e r m e h r e r e n Nachbarstaaten. In der Bezeichnung solcher Teilgebiete wird durch Anfügen einer in Klammern gesetzten Abkürzung der Staat angegeben, in den der Abfluß gelangt. Beispiel: 26/SU(CS), 26/SU(H), 26/RO(H) usw.

5.2 Bestimmung der Flächen der Bilanzgebiete

Es sind hierbei zwei Forderungen zu erfüllen:

- (1) Die im Donauebiet liegenden Staatsflächen müssen zusammen die anerkannte Gesamtfläche von 817 000 km² ergeben.
- (2) Ein Staat liegt vollständig (Ungarn), zwei weitere (Österreich 96 %, Rumänien 98 %) liegen fast vollständig im Donauebiet. Die sich aus den Teilgebieten ergebenden Flächen dieser drei Staaten müssen mit den offiziell anerkannten Flächenangaben - bei Österreich und Rumänien nach entsprechender Reduktion - übereinstimmen.

Es wurde so vorgegangen, daß zunächst die Forderung (2) erfüllt wurde. Die Korrekturen betragen bei Österreich: - 0,5 %, bei Ungarn: - 4,2 % und bei Rumänien: - 2,6 %. Anschließend wurden die übrigen Flächen mit einer Korrektur von - 2,7 % versehen, damit die Summe aller Gebiete wieder die 817 000 km² erreicht.

Die so erhaltenen Flächen stimmen allerdings nun nicht mehr vollständig mit den unter Nr. 3.2 ermittelten Größen überein. Die Abweichungen liegen jedoch überall unter ± 3 %. Bei der Bestimmung der Wasserbilanzelemente in der Dimension von Millimeter Wassersäule pro Jahr haben sie keinen Einfluß. Für die Umrechnung in Jahreswasserfracht km³/a oder mittleren Durchfluß m³/s lassen sich diese geringen Unsicherheiten vernachlässigen.

5.3 Ermittlung der Bilanzelemente

Hierbei wurde ebenso vorgegangen wie unter Nr. 3.3 beschrieben, wobei die

Ergebnisse aus den in Nr. 3.2 bestimmten hydrologischen Teileinzugsgebieten soweit wie möglich verwertet wurden. In Tabelle 3.5 sind die Abflüsse detailliert zusammengestellt, die aus den nach Staatsgrenzen gebildeten Bilanzgebieten stammen. Aus ihnen wird für jeden Staat die Abflußbilanz getrennt nach "Einnahme" von Oberliegern, Dargebot im eigenen Land und "Abgabe" an Unterlieger ermittelt. Diese Abflußbilanz ist zusammen mit der Wasserbilanz für die einzelnen Staaten in Tabelle 3.6 zusammengestellt. Der Bilanzfehler liegt bei den acht Donauländern unter dem als sehr günstig anzusehenden Wert von $\pm 5\%$. Bei den sehr kleinen Teilflächen der anderen vier Staaten war von der Karte 1 : 2 Mio. von vorneherein keine besondere Genauigkeit zu erwarten. Es ist eher erstaunlich, daß der Bilanzfehler kaum über 7% hinausgeht.

Das ungewogene arithmetische Mittel der absoluten Werte des Bilanzfehlers für die acht Donauländer beträgt $2,2\%$.

Die größten Abflußbeiwerte treten - wiederum abgesehen von extremen Werten in den kleinen gebirgigen Gebieten der vier Randstaaten - entsprechend den orographischen Verhältnissen im österreichischen und deutschen Donaugebiet mit $0,55$ bzw. $0,43$ auf. Den kleinsten Abflußbeiwert hat das zum großen Teil aus Tiefebene bestehende Staatsgebiet von Ungarn.

5.4 Abflußbilanz für die einzelnen Staatsgebiete

Für alle Donauländer wurde zunächst der auf dem eigenen Staatsgebiet entstehende Abfluß aus den nach Staatsgrenzen gebildeten Bilanzgebieten berechnet. Die Summe dieser Abflüsse sollte mit dem langjährigen Mittelwert von $6857 \text{ m}^3/\text{s}$ des Abflusses an der Donaumündung übereinstimmen. Es ergibt sich jedoch eine geringe Abweichung von $+0,8\%$. Um eine Übereinstimmung herbeizuführen, wurden deshalb alle für die einzelnen Staaten berechneten Abflüsse einheitlich um $-0,8\%$ korrigiert. In Tabelle 3.5 sind bereits die korrigierten Werte eingetragen.

In Tabelle 3.6, Spalte 14 sind die relativen Anteile ausgewiesen, mit denen die einzelnen Staatsgebiete zum gesamten Abfluß der Donau beitragen. Der größte Anteil mit rd. 30% kommt aus Jugoslawien. Er ist höher als der Flächenanteil mit $22,4\%$. Die Abflußbeiträge aus Österreich und der Bundesrepu-

blik Deutschland sind ebenfalls größer als die jeweiligen Anteile an der Fläche des Donauebietes. Der geringste Beitrag der acht Donauländer kommt mit 2,57 % aus Ungarn, obwohl es 11,4 % der Fläche des Donauebietes einnimmt. Das ist, wie bereits erwähnt, vor allem dem Flachlandcharakter des Landes, seinen geringen Niederschlägen und dem dadurch bedingten sehr geringen Abflußbeiwert zuzuschreiben.

Tabelle 3.5 enthält eine ausführliche Abflußbilanz, d. h. eine Zusammenstellung des mittleren jährlichen Wasserdargebotes, das jedem Land von den Oberliegern zufließt ("Einnahmen", Q_{ein}), des jeweils im eigenen Lande entstehenden Wasserdargebotes Q_g und der an die Unterlieger weitergegebenen Wassermengen ("Ausgaben", Q_{aus}).

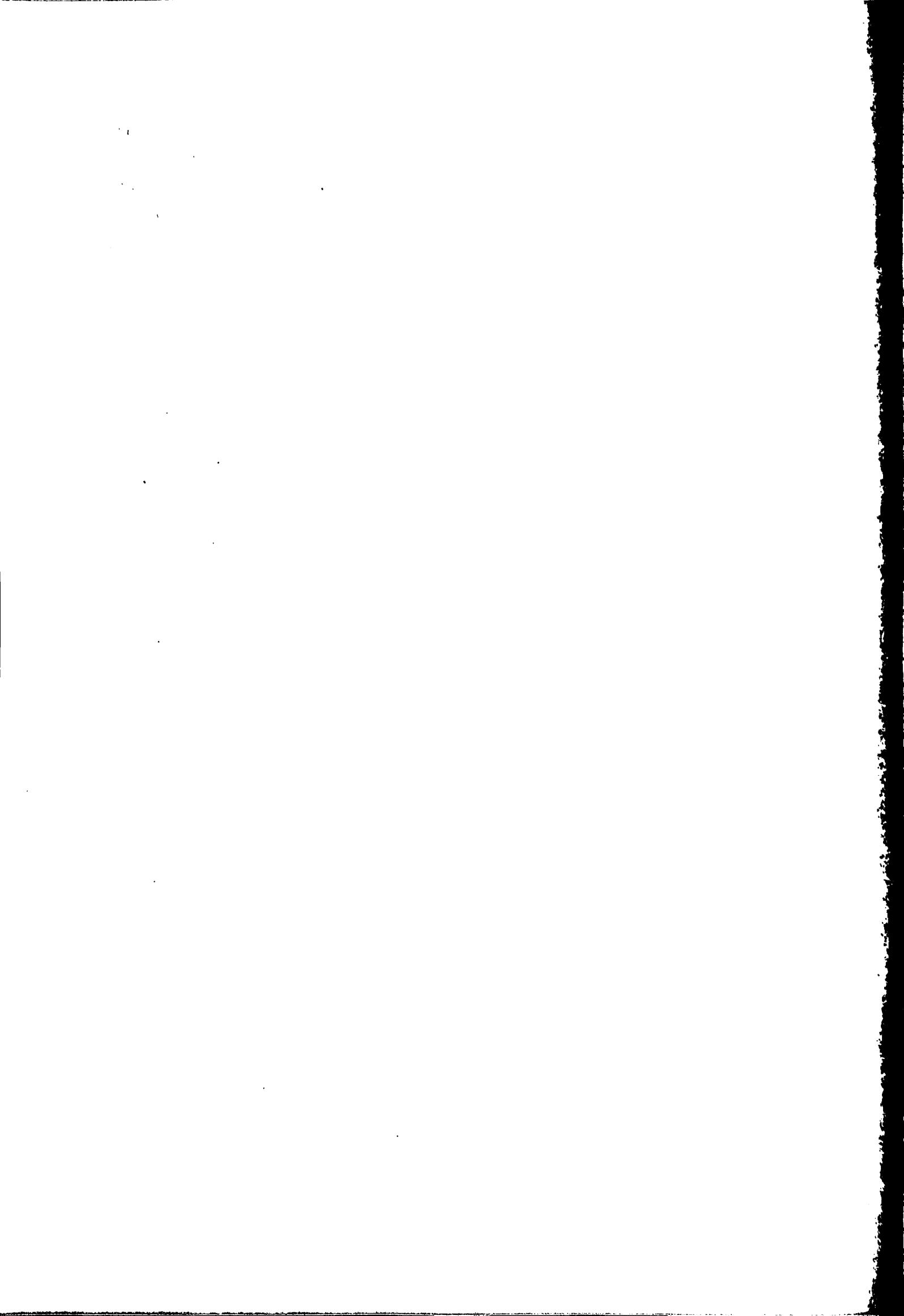
Einige Strecken der Donau und ihrer Nebenflüsse bilden auch Staatsgrenzen. In Tabelle 3.5 wurde der in solche Grenzstrecken eintretende Abfluß stets auf die beiden Nachbarstaaten aufgeteilt. Diese Aufteilung hat allerdings nur eine Bedeutung bei der Berechnung der Transitwassermengen. Beispiele: Donau zwischen Rumänien und Bulgarien (Teilgebiete 31/RO, 31/BG usw.), Drau zwischen Ungarn und Jugoslawien (Teilgebiete 24/H, 24/YU und 24/YU(H) usw.).

Abflüsse, die ein Staatsgebiet über einen Nebenfluß verlassen und in der Donau wieder dorthin zurückkehren, dürfen in der Bilanz nicht doppelt berechnet werden. Sie sind deshalb in Tabelle 3.5 besonders gekennzeichnet.

Aus den Werten dieser Tabelle läßt sich für jeden Staat noch berechnen, wie groß der Anteil des eigenen Wasserdargebotes am gesamte Abfluß ist, der das Staatsgebiet verläßt (Tab. 3.6, Spalte 20). Es ergibt sich folgende Reihenfolge:

| | |
|-------------------------------|--------|
| 1. Bundesrepublik Deutschland | 90,5 % |
| 2. Österreich | 62,2 % |
| 3. Jugoslawien | 34,8 % |
| 4. Tschechoslowakei | 32,5 % |
| 5. Rumänien | 17,4 % |
| 6. U.d.S.S.R. | 9,5 % |
| 7. Bulgarien | 7,4 % |
| 8. Ungarn | 5,0 % |

Die Differenz zu 100 % ist jeweils der Anteil der Transitwassermenge, der naturgemäß flußabwärts immer mehr zunimmt. Die Reihenfolge der Staaten in obiger Liste entspricht allerdings nicht ganz ihrer hydrographischen Lage entlang der Donau von der Quelle bis zur Mündung. Die beiden auffallenden Ausnahmen bilden Jugoslawien und Ungarn. Auf die Ursachen wurde bereits in Abschnitt 4 hingewiesen.



6 SCHLUSSBETRACHTUNG UND AUSBLICK

Für die vorstehende Wasserbilanz wurden die Bilanzelemente Niederschlag, Verdunstung und Abfluß aus den Isolinienkarten 1 : 2 Mio ermittelt. Aufgrund der für die gesamte Donau wie auch für verschiedene Teilgebiete durchgeführten Vergleiche, insbesondere mit den gemessenen Durchflüssen an den Donauegeln, lassen sich über die Isolinienkarten folgende Aussagen treffen:

- (1) Die Isolinienkarten der langjährigen mittleren Niederschlags-, Verdunstungs- und Abflußhöhen geben die räumliche Verteilung der drei Wasserbilanzelemente in gegenseitiger Übereinstimmung und mit guter Genauigkeit wieder.
- (2) Die Isolinienkarten vermitteln eine dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse entsprechende international abgestimmte hydrologische Grundinformation. Ihre Verwendung als Grundlage für großräumige wasserwirtschaftliche Überlegungen und Konzepte kann im Rahmen der mit einem Kartenmaßstab von 1 : 2 Mio. möglichen Genauigkeiten empfohlen werden.

Eine Überarbeitung und Verfeinerung der Isolinienkarten und der Wasserbilanz wird nach Meinung der Autoren erst aktuell werden, wenn hydrologische Beobachtungsreihen für zwei weitere Jahrzehnte vorliegen, also nach 1990. Zu diesem Zeitpunkt erscheint auch eine Verlängerung der im Kapitel II vorgestellten Datenreihen und deren Auswertungen sinnvoll.

LITERATUR

Bundesrepublik Deutschland

- Bauer, Fr.: Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen
Die Wasserwirtschaft 55. Jg. H. 4, S. 106 - 112
und H. 5, S. 145 - 154; Stuttgart 1965
- Mangelsdorf, J.,
Scheuermann K.: Flußmorphologie;
Oldenbourg Verlag, München 1980
- Penk, A.,
Brückner, E.: Die Alpen im Eiszeitalter
Leipzig 1909
- Penk, A.: Die großen Alpenseen
Geogr. Zeitschrift H. 7, S. 381 - 388;
Leipzig 1905
- Range, W.: Morphometrische Untersuchungen in den Einzugs-
gebieten der Bayerischen Alpenflüsse
Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde,
München 1961
- Rodier, J.A.,
Roche, M.: World Catalogue of maximum observed Floods
IAHS-Publication No. 143, Wallingford 1984
- Schiller, H.: "Hochwasseruntersuchung Inn - Hochwasser der
Jahresreihe 1840 - 1975"
Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für
Wasserwirtschaft, Heft 6, München 1977
- Schiller, H. et. al.: "Die Trockenperiode 1976 - Eine Hydrologische
Monographie und eine Niedrigwasseranalyse"
Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für
Wasserwirtschaft, Heft 12, München 1979
- Schiller, H.: "River Canalization with Preservation of Natural
Retention Areas within the Flood Plains"
International Conference on the Hydraulic
Aspects of Floods and Flood Control, London,
September 13 - 15, 1983
- Tillmanns, W.: Die Flußgeschichte der oberen Donau
Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg 26,
S. 99 - 202, 1984
- Unbehauen, W.: "Die Hochwasserabflußverhältnisse der Bayeri-
schen Donau - Hochwasser der Jahresreihe
1835/1965"
Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässer-
kundlichen Jahrbuch Nr. 30
Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde,
München 1971

- La Houille Blanche: Le Danube
Sonderheft Nr. 2, Grenoble 1964
- Wasser- und Energie-
wirtschaft: Donau
Sonderheft Nr. 3/4, Baden (Schweiz) 1973
- Wasser- und Energie
wirtschaft: Speicherseen der Alpen
Sonderheft Nr. 2, Baden (Schweiz) 1970

Österreich

- Behr, O.,
Reitinger, J. et.al.: Charakteristika des Einzugsgebietes der Donau
in Österreich
Forschungsbericht Nr. 2, Institut für Hydraulik,
Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, Technische
Universität Wien, Wien 1978
- Baumann, F.: Vom älteren Flußbau in Österreich
Schriftenreihe des österreichischen Wasserwirt-
schaftsverbandes H. 20, 1951
- Hydrographisches Zentral-
büro im Bundesministerium
für Land- und Forstwirt-
schaft, Wien: Beiträge zur Hydrographie Österreichs
Bisher erschienen: 50 Bände 1896 - 1985
- Kresser, W.: Die Donau und ihre Hydrologie
Wasser- und Energiewirtschaft Nr. 3/4, 1973
- Kresser, W.: Die Hochwässer der Donau
Schriftenreihe des österreichischen Wasserwirt-
schaftsverbandes Heft 32/33, Wien 1957
- Kresser, W.: Zur Geschichte der Pegel in Österreich
Österreichische Wasserwirtschaft 2 (1950),
Heft 6
- Kresser, W.: Österreichs Wasserbilanz
Österreichische Wasserwirtschaft 17 (1965),
Heft 9/10
- Liepold, R.: Limnologie der Donau
Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung,
Stuttgart 1967
- Österr. Staubecken-
kommission: Die Talsperren Österreichs
27 Hefte, 1954 - 1984

T s c h e c h o s l o w a k e i

- Bulicek, J.: Gewässerschutz in der Tschechoslowakei
Academia Prag, 1972 **
- Dub, O.: Hydrologie, Hydrographie, Hydrometrie;
SVTL Bratislava, 1957 **
- Petrovic, S.: Veränderung der Niederschläge mit der Meereshöhe
in der Slowakei
Schriftenreihe HMU Prag, 1973 **
- ... Hydrologische Jahrbücher 1951 - 1970
HMU Bratislava **
- ... Hydrologische Studien: Donau, Vah, March, Nitra,
Hron, Ipeľ
VUVH Bratislava, 1952 **
- ... Klima der CSSR, eine generelle Studie
HMU Prag, 1969 **
- ... Richtungsweisender Wasserwirtschaftlicher Plan
der Slowakischen Sozialistischen Republik,
MLVH Bratislava 1975 **
- ... Wasserbilanz im Einzugsgebiet der Donau, Arbeit
der Donaukommission;
Bratislava 1974 (in russisch)

** Veröffentlichung in der Landessprache

U n g a r n

- Fekete, Gy.: Die Bedeutung der Donau als internationale
Wasserstraße im Zusammenhang mit dem Bau des
Rhein-Main-Kanals
Acta Technica, Budapest 1973/1-4
- Forschungszentrum für
Wasserwirtschaft (VITUKI),
Redaktion P. Literáthy: Statistische Auswertung von Wassergütedaten
mittels Rechenautomaten, Teil II: Die Donau
Budapest, 1977
- Horváth, S.: Die Eisverhältnisse der Donau
VITUKI Mitteilungen, Nr. 21, Budapest 1979
- Ihrig, D.: Geschichte der Gewässerregulierung in Ungarn
VIZDOK, Budapest 1973

- Lászlóffy, W.: Hydrographie der ungarischen Donau
Vizügyi Közlemények, 1934/1.
- Lászlóffy, W.: Die Theiss
Verlag Akadémiai Kiadó, Budapest 1982
- Töry, K.: Die Donau und ihre Regulierung
Verlag Akadémiai Kiadó, Budapest 1972
- Ung. Hydrologische
Gesellschaft
Redaktion I. Csoma et.al.: Donau-Enquete
MTESZ, Budapest 1977
- Ungarisches Staatsamt für
Wasserwesen (OVH): Das große Donauhochwasser 1965
Budapest 1966
- Zorkóczy, Z.: Regulierung der Oberen Donau
Vizügyi Közlemények, 1961/1

alle Veröffentlichungen in ungarischer Sprache

Jugoslawien

- Bozic, B. (1972): The Rivers Danube and Tisza as Natural Recipients and Supply Sources for the DTD Project
Monograph: Hidrosistem DTD, Novi Sad
- Kalinin, G. P.: Probleme der globalen Hydrologie
Hydrometeorologischer Verlag, Leningrad 1968
(in russisch)
- Mc Mahon, T. A.: Hydrological Characteristics of Selected Rivers of the World, Technical Documents on Hydrology
UNESCO, Paris 1982
- Pilar, M.,
Cahun, K.: Wasserwirtschaftliche Probleme des Save-Flusses
Vodoprivreda Nr. 15/16, Belgrad 1972 **
- Schreiber, H.,
Zettl, H.: Hydrographische Charakteristik der Hochwasserkatastrophen im August und November 1966 in Österreich
Österreichische Wasserwirtschaft Nr. 6/7,
Wien 1967
- Shaw, W. T.: Handbook of Applied Hydrology, Mc Graw-Hill,
New York 1964
- Srebrenovic, D.: Hochwasserprobleme
Tehnicka knjiga, Zagreb 1970 **

- Srebrenovic, D.: Analyse des Hochwasserregimes der Save
Sava-Verwaltung, Zagreb 1975 **
- ... Discharge of Selected Rivers in the World
Vol. I - III
Studies and Reports in Hydrology, UNESCO,
Paris 1969 - 1971
- ... Encyclopedia of Science and Technology
Mc Graw-Hill, New York 1982
- ... Großer Weltatlas
Prosveta-Belgrad, Mladinska knjiga-Ljubljana
1973 **
- ... Das Rheingebiet
Internationale Kommission für die Hydrologie
des Rheingebietes 1978
- ... Ouvrage de reference hydrologique du Danube
Commission du Danube, Budapest 1965, 1980

** Veröffentlichung in der Landessprache

Rumänien

- Banu, C. A. et al: Die Limnologie des rumänischen Donauabschnitts
Monographische Studie, Verlag der Akademie der
S. R. Rumänien, Bukarest 1967 **
- Diaconu, C. et al: Die Flüsse Rumäniens
Hydrologische Monographie, Bukarest 1963 **
- Diaconu, C. et al: Die Flüsse Rumäniens
Hydrologische Monographie, Bukarest 1971 **
- Ianovici, V. et al: Geographie des rumänischen Donautales
Verlag der Akademie der S. R. Rumänien,
Bukarest 1969 **
- Semenescu, M.: Die Donau, ein Fluß von großer ökonomischer
Bedeutung
Sammlung zur Verbreitung von Wissenschaft und
Kultur Nr. 214, 1956 **
- Stanescu, V. et al: Die Donau zwischen Bazias und Ceatal Izmail
Hydrologische Monographie, Bukarest 1967 **
- ... La Commission Europeenne du Danube et son oeuvre
de 1856 a 1931
Imprimerie Nationale, Paris 1931

- ... Ouvrage de reference statistique de la Commission du Danube pour la periode 1950 - 1974, Budapest 1978
- ... Allgemeiner geographischer Atlas
Didaktischer und pädagogischer Verlag, Bukarest 1974 **
- ... Das Klima Rumäniens
I. Band, Bukarest 1962 **

** Veröffentlichung in rumänischer Sprache

B u l g a r i e n

- Botev, L.,
Dojkov, V.: Die Donau und ihr Verlauf
Nanka i iskustvo, Sofia 1980
- Panajotov, T.: Beitrag der bulgarischen Flüsse zur Wasserbilanz
des Schwarzen Meeres
Schriftenreihe GOIN, 1986
- Uzunov, V., Sciljanov, Sc.,
Grigarov, S., Catchev, C.,
Raijov, R., Stamenor, M.: Das Wasserdargebot in Bulgarien und seine
komplexe Nutzung
Zemisdat, Sofia 1966
- ... Schiffahrtskarte des Donauflusses - Bulgarischer
Abschnitt zwischen dem Fluß Timok und der Stadt
Silistra
Verlag GUGKK, Sofia 1980
- ... Hydrologische Berichte über den Donaufluß -
Bulgarischer Abschnitt zwischen dem Fluß Timok
und der Stadt Silistra (km 845 - 375)
Technika Sofia 1977
- ... Hydrologische Berichte über die Flüsse der
V. R. Bulgarien, Band V - Natürlicher Jahresab-
fluß und Wasserdargebot in der V. R. Bulgarien
Sofia 1982

alle Veröffentlichungen in bulgarischer Sprache

Sowjetunion

- Butschinski I. A.,
Wolewacha M. M.,
Korshow, W. A.:
Klima der ukrainischen Karpaten
Kiew "Naukowa dumka" 1971
- Fomenko, J. A.:
Parameter der Reduktionsformel der maximalen
Wassermengen bei Hochfluten von gemischter
Herkunft an den Flüssen der Transkarpaten
Arbeiten von UkrNIGMI, 1974, 129. Auflage,
S. 3 - 14
- Galuschtschenko, N. G.:
Wasserhaushalt und Wasservorräte der Siret- und
Prutbecken sowie des Zwischenstromlandes von
Donau und Dneestr
Arbeiten von UkrNIGMI, 1975, 135. Auflage,
S. 65 - 76
- Grischtschenko, W. F.:
Verteilung der Schneedecke und Verbreitung von
Schneelawinen in den Ukrainischen Karpaten
Arbeiten von UkrNIGMI, 1976, 149. Auflage
- Lütik, P. M.:
Die Regenhochwasser an den Flüssen der Karpaten
im Juni 1969 und im Mai 1970
Arbeiten von UkrNIGMI, 1971, 100. Auflage,
S. 75 - 85
- Lütik, P. M.:
Maximale Hochwassermengen und -höhen der Flüsse
der Karpaten
Arbeiten von UkrNIGMI, 1972, 119. Auflage,
S. 3 - 18
- Onufrienko, L. G.:
Ausarbeitung der Charakteristiken von Wasser-
haushaltselementen für das den Donaubeckenteil
bildende Territorium der UdSSR (Bericht)
Nr. 2.40.059. UkrNIGMI. Kiew 1973, 93 S.
- Onufrienko, L. G.,
Galuschtschenko, N. G.,
Litwin, H. E.:
Hauptelemente des Wasserhaushaltes der Einzugs-
gebiete der Flüsse des sowjetischen Territoriums
des Donaubeckens
IV. hydrologische Allunionstagung, Band 2, Was-
servorräte und Wasserhaushalt, 1976, S. 95 - 104
- Schweiz, G. I.:
Hervorragende hydrologische Erscheinungen im
Südwesten der UdSSR
Hydrometeoisdats Leningrad, 1972, S. 174 - 176
- Wischenwski, P. F.,
Kulinitsch, W. N.:
Außerordentliches Regenhochwasser an der Theiß
vom 12. bis 18. Mai 1970
Arbeiten von UkrNIGMI, 1971, S. 3 - 14
- ...
- Anleitung zur Bestimmung der rechnermäßigen
hydrologischen Charakteristiken
Hydrometeoisdats Leningrad, 1973, S. 9 - 12

- ... Klimahandbuch der UdSSR, II. und IV. Teil
10. und 11. Auflage, Leningrad 1965, 1967, 1968,
1969
- ... Oberflächenwasservorräte der UdSSR, Band 6
Ukraine und Moldau, 1. Auflage, Westukraine und
Moldau, Leningrad Hydrometeoisdatsdat, 1969
- ... Oberflächenwasservorräte der UdSSR, Hydrolo-
gische Hauptcharakteristiken, Band 6
Ukraine und Moldau, 1. Auflage, Westukraine und
Moldau, Leningrad Hydrometeoisdatsdat, 1976
- ... Schema der komplexen Nutzung und des Schutzes
der Wasser- und Bodenvorräte des sowjetischen
Teiles des Theißbeckens
Ukrigiprowdchos, Kiew, 1974

Tabellen

zu

Kapitel II

Tab. 2.1 Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen (nach DIN 4049)

| Zeichen | Einheit | Erklärung |
|----------|---------------------|--|
| A_{EO} | km ² | Oberirdisches Einzugsgebiet |
| W | cm | Wasserstand (über einem jeweils festgelegten Bezugshorizont) |
| Q | m ³ /s | Abfluß |
| q | l/s.km ² | Abflußspende |
| MW* | cm | Mittelwasserstand (arithmetischer Mittelwert der Wasserstände in der angegebenen Zeitspanne) |
| MQ* | m ³ /s | Mittlerer Abfluß (arithmetischer Mittelwert der Abflüsse in der angegebenen Zeitspanne) |
| Mq* | l/s.km ² | Mittlere Abflußspende (arithmetischer Mittelwert der Abflußspenden in der angegebenen Zeitspanne) |
| HW | cm | Hochwasserstand (oberer Grenzwert der Wasserstände in der angegebenen Zeitspanne); im Teil 2, Tab. II/1 auch mit H_{max} bezeichnet |
| HQ | m ³ /s | Hochwasserabfluß (oberer Grenzwert der Abflüsse in der angegebenen Zeitspanne); im Teil 2, Tab. II/1 auch mit Q_{max} bezeichnet |
| Hq | l/s.km ² | Hochwasserspende (oberer Grenzwert der Abflußspende in der angegebenen Zeitspanne) |
| NW | cm | Niedrigwasserstand (unterer Grenzwert der Wasserstände in der angegebenen Zeitspanne); im Teil 2, Tab. II/1 auch mit H_{min} bezeichnet |
| NQ | m ³ /s | Niedrigwasserabfluß (unterer Grenzwert der Abflüsse in der angegebenen Zeitspanne); im Teil 2, Tab. II/1 auch mit Q_{min} bezeichnet |
| Nq | l/s.km ² | Niedrigwasserspende (unterer Grenzwert der Abflußspenden in der angegebenen Zeitspanne) |
| MHW* | cm | Mittlerer Hochwasserstand (arithmetisches Mittel der oberen Grenzwerte gleichartiger Zeitspannen) |
| MHQ* | m ³ /s | Mittlerer Hochwasserabfluß (arithmetisches Mittel der oberen Grenzwerte gleichartiger Zeitspannen) |
| MHq* | l/s.km ² | Mittlere Hochwasserspende (arithmetisches Mittel der oberen Grenzwerte gleichartiger Zeitspannen) |

Tab. 2.1 Fortsetzung

| Zeichen | Einheit | Erklärung |
|---------|---------------------|--|
| MNW* | cm | Mittlerer Niedrigwasserstand (arithmetisches Mittel der unteren Grenzwerte gleichartiger Zeitspannen) |
| MHW* | m ³ /s | Mittlerer Niedrigwasserabfluß (arithmetisches Mittel der unteren Grenzwerte gleichartiger Zeitspannen) |
| MNq* | l/s.km ² | Mittlere Niedrigwasserspense (arithmetisches Mittel der unteren Grenzwerte gleichartiger Zeitspannen) |
| s | | Standardabweichung (Maß für die Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert) |
| Cv | | Variationskoeffizient (Quotient aus Standardabweichung und Mittelwert) |
| Cs | | Schiefekoeffizient |
| PNP | m | Pegelnullpunkt (Höhenlage des Nullpunktes der Pegellatte über dem Bezugshorizont) |

* andere Schreibweise statt MW: \bar{W} , MQ: \bar{Q} , Mq: \bar{q} usw.

Tab. 2.2 Verzeichnis der Pegelstellen

| Nr. | Pegel | Fluß | Fluß-km | Einzugsgebiet km ² | Abflußdaten aus Periode |
|-----|------------------|-------|---------|----------------------------------|----------------------------|
| 1 | Ingolstadt | Donau | 2 458,3 | 20 001 | 1931-1970 |
| 2 | Regensburg | Donau | 2 376,1 | 35 399 | 1931-1970 |
| 3 | Hofkirchen | Donau | 2 256,9 | 47 496 | 1931-1970 |
| 4 | Passau-Ilzstadt | Donau | 2 225,3 | 76 597 | 1931-1970 |
| 5 | Linz | Donau | 2 135,2 | 79 490 | 1931-1970 |
| 6 | Stein-Krems | Donau | 2 002,7 | 96 045 | 1931-1970 |
| 7 | Wien-Nußdorf | Donau | 1 934,1 | 101 700 | 1931-1970 |
| 8 | Bratislava | Donau | 1 868,8 | 131 338 | 1931-1970 |
| 10 | Dunaalmas | Donau | 1 751,8 | 171 720 | 1948-1970 |
| 11 | Nagymaros | Donau | 1 694,6 | 183 534 | 1931-1970 |
| 12 | Mohacs | Donau | 1 446,8 | 209 064 | 1931-1970 |
| 13 | Bezdan | Donau | 1 425,5 | 210 250 | 1931-1970 |
| 14 | Bogojevo | Donau | 1 367,4 | 251 593 | 1931-1970 |
| 15 | Pancevo | Donau | 1 153,3 | 525 009 | 1931-1970 |
| 16 | V. Gradiste | Donau | 1 059,8 | 570 375 | 1931-1970 |
| 17 | Orsova | Donau | 955,0 | 576 232 | 1931-1970 |
| 18 | Novo Selo | Donau | 833,6 | 584 900 | 1937-1970 |
| 19 | Lom | Donau | 743,3 | 588 860 | 1941-1970 |
| 20 | Svistov | Donau | 554,3 | 650 340 | 1931-1970 |
| 21 | Zimnicea | Donau | 554,0 | 658 400 | 1931-1970 |
| 22 | Ruse | Donau | 495,6 | 669 900 | 1931-1970 |
| 23 | Silistra | Donau | 375,5 | 689 700 | 1941-1970 |
| 24 | Vadu Oii-Hirsova | Donau | 252,3 | 709 100 | 1931-1970 |
| 25 | Ceatal Izmail | Donau | 72,0 | 807 000 | 1931-1970 |

Tab. 2.3 Fortsetzung

| Pegel | Fluß | Land | Nr. |
|-------------------|---------|------|-------|
| Orahovica | Iskar | BG | 46/51 |
| Orsova | Donau | RO | 17 |
| Pancevo | Donau | YU | 15 |
| Passau-Ilzstadt | Donau | D | 4 |
| Passau-Ingling | Inn | D | 26 |
| Regensburg | Donau | D | 2 |
| Ruse | Donau | BG | 22 |
| Sala | Vah | CS | 30 |
| Salzburg | Salzach | A | 27 |
| Senta | Theiß | YU | 40 |
| Silistra | Donau | BG | 23 |
| Sremska Mitrovica | Save | YU | 44 |
| Stein-Krems | Donau | A | 6 |
| Steyr | Enns | A | 28 |
| Stoenesti | Olt | RO | 47 |
| Storozinec | Siret | SU | 48 |
| Svistov | Donau | BG | 20 |
| Szeged | Theiß | H | 39 |
| Tiszabecs | Theiß | H | 38 |
| Vadu Oii-Hirsova | Donau | RO | 24 |
| Veliko Gradiste | Donau | YU | 16 |
| Vilok | Theiß | SU | 37 |
| Wien-Nußdorf | Donau | A | 7 |
| Zimnicea | Donau | RO | 21 |

Tab. 2.4 Charakteristische Werte aus der Beobachtungsperiode

| Nr. | Pegel/Fluß | Jahresreihe von/bis | A _{Eo} km ² | MQ m ³ /s | Mq l/s·km ² | Abflußhöhe mm | C _v | C _s | MHQ m ³ /s | MHq l/s·km ² | MHQ/MQ | MNQ m ³ /s | MNq l/s·km ² | MNQ/MQ |
|-----|----------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------------------|--------|--------------------------|----------------------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931-70 | 20 001 | 308 | 15,4 | 486 | 0,22 | 0,36 | 1 084 | 54,2 | 3,52 | 123 | 6,15 | 0,40 |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931-70 | 35 399 | 435 | 12,3 | 388 | 0,24 | 0,32 | 1 468 | 41,5 | 3,37 | 193 | 5,45 | 0,44 |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931-70 | 47 496 | 645 | 13,6 | 428 | 0,22 | 0,33 | 1 864 | 39,2 | 2,89 | 307 | 6,46 | 0,48 |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931-70 | 76 597 | 1 430 | 18,7 | 589 | 0,17 | 0,25 | 4 163 | 54,3 | 2,91 | 583 | 7,60 | 0,41 |
| 5 | Linz/Donau | 1931-70 | 79 490 | 1 509 | 19,0 | 599 | 0,17 | 0,20 | 4 279 | 53,8 | 2,84 | 593 | 7,46 | 0,39 |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931-70 | 96 045 | 1 864 | 19,4 | 612 | 0,17 | 0,34 | 5 426 | 56,5 | 2,91 | 773 | 8,05 | 0,41 |
| 7 | Wien-Nußdorf/Donau | 1931-70 | 101 700 | 1 943 | 19,1 | 603 | 0,17 | 0,30 | 5 500 | 54,1 | 2,83 | 804 | 7,90 | 0,41 |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931-70 | 131 338 | 2 020 | 15,4 | 485 | 0,18 | 0,39 | 5 750 | 43,8 | 2,85 | 844 | 6,43 | 0,42 |
| 10 | Dunaalmas/Donau | 1948-70 | 171 720 | 2 314 | 13,5 | 425 | 0,17 | 0,48 | 5 703 | 33,2 | 2,46 | 924 | 5,38 | 0,40 |
| 11 | Nagymaros/Donau | 1931-70 | 183 534 | 2 379 | 13,0 | 409 | 0,18 | 0,45 | 5 556 | 30,3 | 2,34 | 956 | 5,21 | 0,40 |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931-70 | 209 064 | 2 389 | 11,4 | 360 | 0,22 | 0,50 | 5 095 | 24,4 | 2,13 | 1 068 | 5,11 | 0,45 |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931-70 | 210 250 | 2 479 | 11,8 | 372 | 0,20 | 0,47 | 4 924 | 23,4 | 1,99 | 976 | 4,64 | 0,39 |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931-70 | 251 593 | 3 060 | 12,2 | 384 | 0,19 | 0,51 | 5 795 | 23,0 | 1,89 | 1 231 | 4,89 | 0,40 |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931-70 | 525 009 | 5 490 | 10,4 | 330 | 0,19 | 0,60 | 10 072 | 19,2 | 1,83 | 2 242 | 4,27 | 0,41 |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931-70 | 570 375 | 5 745 | 10,1 | 318 | 0,19 | 0,62 | 10 636 | 18,6 | 1,85 | 2 383 | 4,17 | 0,41 |
| 17 | Orsova/Donau | 1931-70 | 576 232 | 5 699 | 9,9 | 312 | 0,19 | 0,69 | 10 631 | 18,4 | 1,87 | 2 334 | 4,05 | 0,41 |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937-70 | 584 900 | 5 842 | 10,0 | 315 | 0,20 | 0,48 | 10 677 | 18,3 | 1,83 | 2 334 | 3,99 | 0,40 |
| 19 | Lom/Donau | 1941-70 | 588 860 | 5 766 | 9,8 | 309 | 0,20 | 0,60 | 10 534 | 17,9 | 1,83 | 2 417 | 4,10 | 0,42 |
| 20 | Svistov/Donau | 1931-70 | 650 340 | 6 175 | 9,5 | 300 | 0,19 | 0,58 | 11 019 | 16,9 | 1,78 | 2 602 | 4,00 | 0,42 |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931-70 | 658 400 | 6 152 | 9,3 | 295 | 0,19 | 0,51 | 11 090 | 16,8 | 1,80 | 2 489 | 3,77 | 0,40 |
| 22 | Ruse/Donau | 1931-70 | 669 900 | 6 264 | 9,3 | 295 | 0,19 | 0,58 | 11 037 | 16,5 | 1,76 | 2 646 | 3,94 | 0,42 |
| 23 | Silistra/Donau | 1941-70 | 689 700 | 6 300 | 9,1 | 288 | 0,20 | 0,58 | 10 952 | 15,9 | 1,74 | 2 632 | 3,81 | 0,42 |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931-70 | 709 100 | 6 216 | 8,7 | 277 | 0,20 | 0,56 | 10 812 | 15,2 | 1,74 | 2 621 | 3,70 | 0,42 |
| 25 | Ceatala Izmail/Donau | 1931-70 | 807 000 | 6 550 | 8,1 | 256 | 0,20 | 0,55 | 10 621 | 13,2 | 1,62 | 2 934 | 3,63 | 0,45 |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931-70 | 26 084 | 743 | 28,6 | 898 | 0,14 | 0,40 | 2 983 | 114 | 4,01 | 257 | 9,85 | 0,34 |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951-70 | 4 427 | 181 | 40,9 | 1 289 | 0,14 | 0,35 | 1 003 | 227 | 5,54 | 54,1 | 12,22 | 0,30 |
| 28 | Steyr/Enns | 1951-70 | 5 915 | 200 | 33,8 | 1 066 | 0,19 | 0,32 | 1 297 | 219 | 6,49 | 46,8 | 7,91 | 0,23 |
| 29 | Moravsky Jan/March | 1931-70 | 24 129 | 110 | 4,6 | 144 | 0,37 | 0,84 | 629 | 26,1 | 5,72 | 29 | 1,21 | 0,27 |
| 30 | Sala/Vah | 1931-70 | 10 620 | 152 | 14,3 | 452 | 0,22 | 0,12 | 1 048 | 98,7 | 6,89 | 38 | 3,58 | 0,25 |
| 31 | Brehy/Hron | 1931-70 | 3 821 | 50 | 13,1 | 413 | 0,29 | 0,30 | 381 | 99,7 | 7,62 | 13 | 3,40 | 0,25 |
| 32 | Ipelsky Sokolec/Ipel | 1931-70 | 4 838 | 21 | 4,34 | 137 | 0,50 | 0,85 | 208 | 43,0 | 9,90 | 1,9 | 0,38 | 0,09 |
| 33 | Neubruecke/Drau | 1951-70 | 10 415 | 266 | 25,5 | 806 | 0,17 | 1,17 | (910) | (87,4) | (3,42) | 98,3 | 9,44 | 0,37 |
| 34 | Landscha/Mur | 1951-70 | 8 340 | 143 | 17,1 | 541 | 0,16 | 1,32 | 610 | 73,1 | 4,27 | 46,3 | 5,55 | 0,32 |
| 36 | Donji Mihaljac/Drau | 1931-70 | 37 142 | 554 | 14,9 | 471 | 0,19 | 0,75 | 1 341 | 36,1 | 2,42 | 235 | 6,32 | 0,42 |
| 37 | Vilok/Theiß | 1954-70 | 9 140 | 216 | 23,6 | 745 | 0,27 | -0,01 | 2 163 | 237 | 10,0 | 49 | 5,35 | 0,23 |
| 38 | Tiszabecs/Theiß | 1938-58 | 9 707 | 189 | 19,5 | 614 | 0,39 | 1,33 | 1 815 | 187 | 9,60 | 39,6 | 4,08 | 0,21 |
| 39 | Szeged/Theiß | 1931-70 | 138 408 | 813 | 5,88 | 185 | 0,38 | 1,39 | 2 298 | 16,6 | 2,83 | 192 | 1,38 | 0,24 |
| 40 | Senta/Theiß | 1931-70 | 141 715 | 766 | 5,40 | 170 | 0,35 | 1,28 | 2 119 | 15,0 | 2,76 | 174 | 1,22 | 0,23 |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931-70 | 15 283 | 127 | 8,31 | 262 | 0,35 | 1,48 | 879 | 57,5 | 6,92 | 22,8 | 1,49 | 0,18 |
| 42 | Felsőszolca/Sajo | 1931-70 | 6 440 | 31,2 | 4,84 | 153 | 0,47 | 0,64 | 229 | 35,6 | 7,34 | 6,2 | 0,95 | 0,20 |
| 43 | Mako/Maros | 1931-70 | 30 149 | 175 | 5,80 | 183 | 0,37 | 1,46 | 710 | 23,5 | 4,06 | 46 | 1,53 | 0,26 |
| 44 | Sr. Mitrovica/Save | 1931-70 | 87 996 | 1 613 | 18,33 | 578 | 0,21 | 0,72 | 4 272 | 48,5 | 2,65 | 390 | 4,43 | 0,24 |
| 45 | Lj.Most/V. Morava | 1931-70 | 37 320 | 238 | 6,38 | 201 | 0,34 | 1,21 | 1 302 | 34,9 | 5,47 | 52 | 1,38 | 0,22 |
| 46 | Orahovica/Iskar | 1955-70 | 8 370 | 59,5 | 7,11 | 224 | 0,33 | 0,56 | 423 | 50,5 | 7,11 | 10,7 | 1,28 | 0,18 |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1959-70 | 22 683 | 162 | 7,14 | 225 | 0,29 | 1,47 | 988 | 43,5 | 6,09 | 41,7 | 1,83 | 0,26 |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953-70 | 672 | 5,5 | 8,18 | 258 | 0,41 | 1,54 | 186 | 277 | 33,8 | 0,66 | 0,98 | 0,12 |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950-70 | 36 036 | 172 | 4,77 | 149 | 0,41 | 1,76 | 1 091 | 30,3 | 6,34 | 43,4 | 1,20 | 0,25 |
| 50 | Cernovci/Prut | 1931-70 | 6 890 | 61 | 8,85 | 279 | 0,38 | 0,88 | 1 213 | 176 | 19,9 | 7,00 | 1,02 | 0,11 |

Tab. 2.5 Größte und kleinste Abflüsse aus der Beobachtungsperiode in m³/s

| Nr. | Pegel/Fluß | Jahresreihe | | Einzelwerte | | Einzelne Monatsmittel | | | | Verhältniszerte | |
|-----|----------------------|-------------|---------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|----------|
| | | von | bis | A _{E0} km ² | HQ m ³ /s | NQ m ³ /s | max m ³ /s | MoMQ Monat/ Jahr | min m ³ /s | MoMQ Monat/ Jahr | HQ NQ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931 - 70 | 20 001 | 1 860 | 62 | 965 | 6/1965 | 83 | 9/1947 | 30,0 | 11,6 |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931 - 70 | 35 399 | 2 350 | 107 | 1 330 | 6/1965 | 128 | 9/1947 | 22,0 | 10,4 |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931 - 70 | 47 496 | 3 320 | 193 | 1 940 | 6/1965 | 212 | 9/1947 | 17,2 | 9,15 |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931 - 70 | 76 597 | 9 100 | 360 | 4 480 | 6/1965 | 457 | 10/1947 | 25,3 | 9,80 |
| 5 | Linz/Donau | 1931 - 70 | 79 490 | 8 800 | 401 | 4 783 | 6/1965 | 468 | 10/1947 | 21,9 | 10,2 |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931 - 70 | 96 045 | 10 200 | 508 | 5 986 | 6/1965 | 596 | 12/1948 | 20,1 | 10,0 |
| 7 | Wien-Nußdorf/Donau | 1931 - 70 | 101 700 | 9 600 | 504 | 6 062 | 6/1965 | 570 | 10/1947 | 19,0 | 10,6 |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931 - 70 | 131 338 | 10 401 | 570 | 7 324 | 6/1965 | 633 | 10/1947 | 18,2 | 11,6 |
| 10 | Dunaaalms/Donau | 1948 - 70 | 171 720 | 8 380 | 515 | 7 014 | 6/1965 | 626 | 12/1953 | 16,3 | 11,2 |
| 11 | Nagyvaros/Donau | 1931 - 70 | 183 534 | 8 390 | 586 | 7 056 | 6/1965 | 628 | 10/1947 | 14,3 | 11,2 |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931 - 70 | 209 064 | 8 244 | 600 | 7 223 | 6/1965 | 672 | 10/1947 | 13,7 | 10,7 |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931 - 70 | 210 250 | 7 689 | 610 | 7 043 | 6/1965 | 749 | 10/1947 | 12,6 | 9,4 |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931 - 70 | 251 593 | 8 601 | 680 | 8 153 | 6/1965 | 959 | 10/1947 | 12,6 | 8,5 |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931 - 70 | 525 009 | 13 378 | 1 273 | 12 173 | 4/1940 | 1 454 | 1/1954 | 10,5 | 8,4 |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931 - 70 | 570 375 | 14 760 | 1 303 | 13 140 | 4/1942 | 1 461 | 1/1954 | 11,3 | 9,0 |
| 17 | Orsova/Donau | 1931 - 70 | 576 232 | 14 420 | 1 430 | 13 120 | 4/1942 | 1 640 | 1/1954 | 10,1 | 8,0 |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937 - 70 | 584 900 | 14 310 | 1 410 | 13 042 | 5/1970 | 1 572 | 10/1947 | 10,1 | 8,3 |
| 19 | Lom/Donau | 1941 - 70 | 588 860 | 14 470 | 1 460 | 13 184 | 5/1970 | 1 630 | 10/1947 | 9,9 | 8,1 |
| 20 | Svistov/Donau | 1931 - 70 | 650 340 | 15 120 | 1 560 | 13 917 | 5/1970 | 1 732 | 10/1947 | 9,7 | 8,0 |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931 - 70 | 658 400 | 14 920 | 1 250 | 13 790 | 5/1970 | 1 410 | 1/1954 | 11,9 | 9,8 |
| 22 | Ruse/Donau | 1931 - 70 | 669 900 | 15 140 | 1 590 | 14 064 | 5/1970 | 1 803 | 1/1954 | 9,5 | 7,8 |
| 23 | Silistra/Donau | 1941 - 70 | 689 700 | 15 170 | 1 640 | 13 990 | 5/1970 | 1 785 | 10/1947 | 9,2 | 7,8 |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931 - 70 | 709 100 | 14 950 | 1 540 | 13 950 | 4/1942* | 1 670 | 10/1947 | 9,7 | 8,4 |
| 25 | Ceatal Izmail/Donau | 1931 - 70 | 807 000 | 15 540 | 1 610 | 14 520 | 4/1942 | 1 970 | 1/1954 | 9,6 | 7,4 |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931 - 70 | 26 084 | 6 700 | 195 | 2 430 | 6/1965 | 227 | 2/1963 | 34,4 | 10,7 |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951 - 70 | 4 427 | 2 100 | 34,4 | 609 | 6/1965 | 43,9 | 2/1963 | 61,0 | 13,9 |
| 28 | Steyr/Enns | 1951 - 70 | 5 915 | 2 320 | 28,4 | 716 | 5/1965 | 41,9 | 1/1964 | 81,7 | 17,1 |
| 29 | Moravsky Jan/March | 1931 - 70 | 24 129 | 1 508 | 8 | 626 | 3/1941 | 16 | 10/1947 | 189 | 39,1 |
| 30 | Sala/Vah | 1931 - 70 | 10 620 | 1 901 | 20 | 692 | 3/1937 | 24 | 2/1954 | 95,1 | 28,8 |
| 31 | Brehy/Hron | 1931 - 70 | 3 821 | 790 | 8 | 289 | 3/1937 | 5 | 11/1970* | 98,8 | 57,8 |
| 32 | Ipelsky Sokolec/Ipel | 1931 - 70 | 4 838 | 538 | 0,4 | 240 | 3/1937 | 0,5 | 8/1947* | 1 345 | 480 |
| 33 | Neubruecke/Drau | 1951 - 70 | 10 415 | 1 225 | 73,0 | 822 | 6/1951 | 83,5 | 2/1956 | 16,8 | 9,84 |
| 34 | Landscha/Mur | 1951 - 70 | 8 340 | 1 150 | 35,5 | 493 | 6/1965 | 44,2 | 1/1958 | 32,4 | 11,1 |
| 36 | Donji Miholjac/Drau | 1931 - 70 | 37 142 | 2 025 | 167 | 1 573 | 6/1951 | 196 | 3/1943 | 12,1 | 8,02 |
| 37 | Vilok/Theiß | 1954 - 70 | 9 140 | 5 150 | 10,4 | 850 | 4/1962 | 14 | 2/1964 | 515 | 60,7 |
| 38 | Tiszabecs/Theiß | 1938 - 58 | 9 707 | 3 056 | 27,0 | 915 | 4/1941 | 31,6 | 2/1954 | 113 | 29,0 |
| 39 | Szeged/Theiß | 1931 - 70 | 138 408 | 4 348 | 96 | 3 280 | 6/1970 | 109 | 10/1946 | 45,3 | 30,1 |
| 40 | Senta/Theiß | 1931 - 70 | 141 715 | 3 730 | 80 | 3 185 | 6/1970 | 118 | 10/1946 | 46,6 | 27,0 |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931 - 70 | 15 283 | 3 360 | 11,8 | 877 | 5/1970 | 13,8 | 10/1961 | 285 | 63,6 |
| 42 | Felsözsolca/Sajo | 1931 - 70 | 6 440 | 500 | 1,6 | 250 | 3/1937 | 2,68 | 9/1950 | 312 | 93,3 |
| 43 | Mako/Maros | 1931 - 70 | 30 149 | 2 440 | 22 | 1 010 | 5/1970 | 27 | 9/1946 | 111 | 37,4 |
| 44 | Sr. Mitrovica/Save | 1931 - 70 | 87 996 | 5 515 | 194 | 4 689 | 4/1962 | 236 | 10/1946 | 28,4 | 19,9 |
| 45 | Lj. Most/V. Morava | 1931 - 70 | 37 320 | 2 355 | 28 | 1 056 | 4/1962 | 30 | 1/1954 | 84,1 | 35,2 |
| 46 | Orahovica/Iskar* | 1955 - 70 | 8 370 | 776 | 0,85 | 256 | 2/1963 | 6,04 | 7/1968 | 913 | 42,4 |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1950 - 70 | 22 683 | 1 580 | 18,5 | 776 | 5/1970 | 33,2 | 1/1964 | 85,4 | 23,4 |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953 - 70 | 672 | 816 | 0,1 | 48 | 8/1955 | 0,4 | 1/1954* | 8 160 | 120 |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950 - 70 | 36 036 | 3 186 | 20,4 | 1 223 | 5/1970 | 34,7 | 1/1954 | 156 | 35,2 |
| 50 | Cernovci/Pрут | 1931 - 70 | 6 890 | 5 200 | 1 | 447 | 8/1955 | 6 | 1/1954 | 5 200 | 74,5 |

* von Speicher beeinflusst

+ und öfter

Tab. 2.6 GröÙte und kleinste AbfluÙspenden in der Beobachtungsperiode in $l/s \cdot km^2$

| Nr. | Pegel/FluÙ | Jahresreihe | | A _{E0} km ² | Einzelwerte | | Einzelne Monatsmittel | | | | Verhältnswerte ⁺ | |
|-----|----------------------|-------------|---------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | von | bis | | Hq l/s·km ² | Nq l/s·km ² | max l/s·km ² | MoMq Monat/ Jahr | min l/s·km ² | MoMq Monat Jahr | Hq Nq | max MoMq min MoMq |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931 - 70 | 20 001 | 93,0 | 3,10 | 48,2 | 6/1965 | 4,15 | 9/1947 | 30,0 | 11,6 | |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931 - 70 | 35 399 | 66,4 | 3,02 | 37,6 | 6/1965 | 3,62 | 9/1947 | 22,0 | 10,4 | |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931 - 70 | 47 496 | 69,9 | 4,06 | 40,8 | 6/1965 | 4,46 | 9/1947 | 17,2 | 9,15 | |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931 - 70 | 76 597 | 119 | 4,70 | 58,5 | 6/1965 | 5,97 | 10/1947 | 25,3 | 9,80 | |
| 5 | Linz/Donau | 1931 - 70 | 79 490 | 111 | 5,04 | 60,2 | 6/1965 | 5,89 | 10/1947 | 21,9 | 10,2 | |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931 - 70 | 96 045 | 106 | 5,29 | 62,3 | 6/1965 | 6,20 | 12/1948 | 20,1 | 10,0 | |
| 7 | Wien-Nußdorf/Donau | 1931 - 70 | 101 700 | 94,4 | 4,96 | 59,6 | 6/1965 | 5,60 | 10/1947 | 19,0 | 10,6 | |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931 - 70 | 131 338 | 79,2 | 4,34 | 55,8 | 6/1965 | 4,82 | 10/1947 | 18,2 | 11,6 | |
| 10 | Dunajmas/Donau | 1948 - 70 | 171 720 | 48,8 | 3,00 | 40,8 | 6/1965 | 3,64 | 12/1953 | 16,3 | 11,2 | |
| 11 | Nagymaros/Donau | 1931 - 70 | 183 534 | 45,7 | 3,19 | 38,4 | 6/1965 | 3,42 | 10/1947 | 14,3 | 11,2 | |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931 - 70 | 209 064 | 39,4 | 2,87 | 34,5 | 6/1965 | 3,21 | 10/1947 | 13,7 | 10,7 | |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931 - 70 | 210 250 | 36,6 | 2,90 | 33,5 | 6/1965 | 3,56 | 10/1947 | 12,6 | 9,4 | |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931 - 70 | 251 593 | 34,2 | 2,70 | 32,4 | 6/1965 | 3,81 | 10/1947 | 12,6 | 8,5 | |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931 - 70 | 525 009 | 25,5 | 2,42 | 23,2 | 4/1940 | 2,77 | 1/1954 | 10,5 | 8,4 | |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931 - 70 | 570 375 | 25,9 | 2,28 | 23,0 | 4/1942 | 2,56 | 1/1954 | 11,3 | 9,0 | |
| 17 | Orsova/Donau | 1931 - 70 | 576 232 | 25,0 | 2,48 | 22,8 | 4/1942 | 2,85 | 1/1954 | 10,1 | 8,0 | |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937 - 70 | 584 900 | 24,5 | 2,41 | 22,3 | 5/1970 | 2,69 | 10/1947 | 10,1 | 8,3 | |
| 19 | Lom/Donau | 1941 - 70 | 588 860 | 24,6 | 2,48 | 22,4 | 5/1970 | 2,77 | 10/1947 | 9,9 | 8,1 | |
| 20 | Svistov/Donau | 1931 - 70 | 650 340 | 23,2 | 2,40 | 21,4 | 5/1970 | 2,66 | 10/1947 | 9,7 | 8,0 | |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931 - 70 | 658 400 | 22,7 | 1,90 | 20,9 | 5/1970 | 2,14 | 1/1954 | 11,9 | 9,8 | |
| 22 | Ruse/Donau | 1931 - 70 | 669 900 | 22,6 | 2,37 | 21,0 | 5/1970 | 2,69 | 1/1954 | 9,52 | 7,8 | |
| 23 | Silistra/Donau | 1941 - 70 | 689 700 | 22,0 | 2,38 | 20,3 | 5/1970 | 2,59 | 10/1947 | 9,25 | 7,8 | |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931 - 70 | 709 100 | 21,1 | 2,17 | 19,7 | 4/1942 ⁺ | 2,36 | 10/1947 | 9,71 | 8,4 | |
| 25 | Ceatal Izmail/Donau | 1931 - 70 | 807 000 | 19,3 | 2,00 | 18,0 | 5/1970 | 2,44 | 1/1954 | 9,65 | 7,4 | |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931 - 70 | 26 084 | 257 | 7,48 | 93,2 | 6/1965 | 8,70 | 10/1947 | 34,4 | 10,7 | |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951 - 70 | 4 427 | 474 | 7,77 | 139 | 6/1965 | 9,92 | 2/1963 | 61,0 | 13,9 | |
| 28 | Steyr/Enns | 1951 - 70 | 5 915 | 392 | 4,68 | 118 | 5/1965 | 6,90 | 1/1964 | 81,7 | 17,1 | |
| 29 | Moravsky Jan/March | 1931 - 70 | 24 129 | 62,5 | 0,33 | 25,9 | 3/1941 | 0,66 | 10/1947 | 189 | 39,1 | |
| 30 | Sala/Vah | 1931 - 70 | 10 620 | 179 | 1,88 | 65,2 | 3/1937 | 2,26 | 2/1954 | 95,1 | 28,8 | |
| 31 | Brehy/Hron | 1931 - 70 | 3 821 | 207 | 2,09 | 75,6 | 3/1937 | 1,31 | 11/1970 ⁺⁺ | 98,8 | 57,8 | |
| 32 | Ipelsky Sokolec/Ipel | 1931 - 70 | 4 838 | 111 | 0,08 | 49,6 | 3/1937 | 0,10 | 8/1947 ⁺⁺ | 1 345 | 480 | |
| 33 | Neubruecke/Drau | 1951 - 70 | 10 415 | 118 | 7,01 | 78,9 | 6/1951 | 8,02 | 2/1956 | 16,8 | 9,84 | |
| 34 | Landscha/Mur | 1951 - 70 | 8 340 | 138 | 4,26 | 59,1 | 6/1965 | 5,30 | 1/1958 | 32,4 | 11,1 | |
| 36 | Donji Miholjac/Drau | 1931 - 70 | 37 142 | 54,5 | 4,50 | 42,4 | 6/1951 | 5,28 | 3/1943 | 12,1 | 8,02 | |
| 37 | Vilok/TheiÙ | 1954 - 70 | 9 140 | 563 | 1,09 | 93,0 | 4/1962 | 1,53 | 2/1964 | 515 | 60,7 | |
| 38 | Tiszabecs/TheiÙ | 1938 - 58 | 9 707 | 315 | 2,78 | 94,3 | 4/1941 | 3,26 | 2/1954 | 113 | 29,0 | |
| 39 | Szeged/TheiÙ | 1931 - 70 | 138 408 | 31,4 | 0,69 | 23,7 | 6/1970 | 0,79 | 10/1946 | 45,3 | 30,1 | |
| 40 | Senta/TheiÙ | 1931 - 70 | 141 715 | 26,3 | 0,56 | 22,5 | 6/1970 | 0,83 | 10/1946 | 46,6 | 27,0 | |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931 - 70 | 15 283 | 220 | 0,77 | 57,4 | 5/1970 | 0,90 | 10/1961 | 285 | 63,6 | |
| 42 | Felsözsolca/Sajo | 1931 - 70 | 6 440 | 77,6 | 0,25 | 38,8 | 3/1937 | 0,42 | 9/1950 | 312 | 93,3 | |
| 43 | Mako/Maros | 1931 - 70 | 30 149 | 80,9 | 0,72 | 33,5 | 5/1970 | 0,90 | 9/1946 | 111 | 37,4 | |
| 44 | Sr. Mitrovica/Save | 1931 - 70 | 87 996 | 62,7 | 2,20 | 53,3 | 4/1962 | 2,68 | 10/1946 | 28,4 | 19,9 | |
| 45 | Lj. Most/V. Morava | 1931 - 70 | 37 320 | 63,1 | 0,75 | 28,3 | 4/1962 | 0,80 | 1/1954 | 84,1 | 35,2 | |
| 46 | Orahovica/Iskar | 1936 - 70 | 8 370 | 92,7 | 0,10 | 30,5 | 2/1963 | 0,72 | 7/1968 | 913 | 42,4 | |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1950 - 70 | 22 683 | 69,7 | 0,82 | 34,2 | 5/1970 | 1,46 | 1/1964 | 85,4 | 23,4 | |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953 - 70 | 672 | 1 214 | 0,15 | 71,4 | 8/1955 | 0,60 | 1/1964 ⁺ | 8 160 | 120 | |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950 - 70 | 36 036 | 88,4 | 0,57 | 33,9 | 5/1970 | 0,96 | 1/1965 | 156 | 35,2 | |
| 50 | Cernovci/Pрут | 1931 - 70 | 6 890 | 755 | 0,14 | 64,9 | 8/1955 | 0,87 | 1/1954 | 5 200 | 74,5 | |

⁺ Verhältnswerte zur Vermeidung von Rundungsfehlern aus Abflüssen berechnet

⁺⁺ und öfter

Tab. 2.7 Größte und kleinste langjährige Monatsmittel
des Abflusses in der Beobachtungsperiode

| Nr. | Pegel/Fluß | Jahresreihe | | A_{E_0} km ² | max MQMo m ³ /s | max MqMo l/s km ² | Monat | min MQMo m ³ /s | min MqMo l/s km ² | Monat | max MQMo min MQMo |
|-----|----------------------|-------------|------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------|-------------------------------|---------------------------------|-------|----------------------|
| | | von | bis | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931 | - 70 | 20 001 | 400 | 20,0 | 6 | 233 | 11,6 | 10 | 1,72 |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931 | - 70 | 35 399 | 548 | 15,5 | 3 | 329 | 9,29 | 10 | 1,66 |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931 | - 70 | 47 496 | 771 | 16,2 | 3 | 506 | 10,6 | 10 | 1,52 |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931 | - 70 | 76 597 | 2 144 | 28,0 | 6 | 983 | 12,8 | 11 | 2,18 |
| 5 | Linz/Donau | 1931 | - 70 | 79 490 | 2 232 | 28,0 | 6 | 1 042 | 13,1 | 12 | 2,14 |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931 | - 70 | 96 045 | 2 679 | 27,9 | 6 | 1 300 | 13,5 | 12 | 2,06 |
| 7 | Wien-Nußdorf/Donau | 1931 | - 70 | 101 700 | 2 805 | 27,6 | 6 | 1 349 | 13,3 | 12 | 2,08 |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931 | - 70 | 131 338 | 2 894 | 22,0 | 6 | 1 397 | 10,6 | 1 | 2,07 |
| 10 | Dunaaalmas/Donau | 1948 | - 70 | 171 720 | 3 131 | 18,2 | 6 | 1 544 | 8,99 | 11 | 2,03 |
| 11 | Nagyvaros/Donau | 1931 | - 70 | 183 534 | 3 153 | 17,2 | 6 | 1 690 | 9,21 | 10 | 1,86 |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931 | - 70 | 209 064 | 3 157 | 15,1 | 6 | 1 745 | 8,35 | 10 | 1,81 |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931 | - 70 | 210 250 | 3 306 | 15,7 | 6 | 1 772 | 8,43 | 1 | 1,86 |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931 | - 70 | 251 593 | 4 133 | 16,4 | 6 | 2 169 | 8,62 | 1 | 1,90 |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931 | - 70 | 525 009 | 7 871 | 15,0 | 4 | 3 701 | 7,05 | 10 | 2,13 |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931 | - 70 | 570 375 | 8 293 | 14,5 | 4 | 3 844 | 6,74 | 10 | 2,16 |
| 17 | Orsova/Donau | 1931 | - 70 | 576 232 | 8 266 | 14,3 | 4 | 3 766 | 6,54 | 10 | 2,19 |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937 | - 70 | 584 900 | 8 476 | 14,5 | 4 | 3 734 | 6,38 | 10 | 2,27 |
| 19 | Lom/Donau | 1941 | - 70 | 588 860 | 8 343 | 14,2 | 4 | 3 500 | 5,94 | 10 | 2,38 |
| 20 | Svistov/Donau | 1931 | - 70 | 650 340 | 8 798 | 13,5 | 4 | 3 979 | 6,12 | 10 | 2,21 |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931 | - 70 | 658 400 | 8 844 | 13,4 | 4 | 3 975 | 6,03 | 10 | 2,22 |
| 22 | Ruse/Donau | 1931 | - 70 | 669 900 | 8 866 | 13,2 | 4 | 4 035 | 6,02 | 10 | 2,20 |
| 23 | Silistra/Donau | 1941 | - 70 | 689 700 | 8 882 | 12,9 | 4 | 3 814 | 5,53 | 10 | 2,33 |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931 | - 70 | 709 100 | 8 737 | 12,3 | 4 | 3 965 | 5,59 | 10 | 2,20 |
| 25 | Ceatal Izmail/Donau | 1931 | - 70 | 807 000 | 9 040 | 11,2 | 5 | 4 218 | 5,23 | 10 | 2,14 |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931 | - 70 | 26 084 | 1 324 | 50,8 | 6 | 378 | 14,5 | 1 | 3,50 |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951 | - 70 | 4 427 | 347 | 78,4 | 6 | 77,1 | 17,4 | 1 | 4,50 |
| 28 | Steyr/Enns | 1951 | - 70 | 5 915 | 372 | 62,9 | 5 | 88,5 | 15,0 | 1 | 4,20 |
| 29 | Moravsky Jan/March | 1931 | - 70 | 24 129 | 210 | 8,70 | 3 | 58 | 2,40 | 10 | 3,62 |
| 30 | Sala/Vah | 1931 | - 70 | 10 620 | 268 | 25,2 | 4 | 100 | 9,42 | 10 | 2,68 |
| 31 | Brehy/Hron | 1931 | - 70 | 3 821 | 100 | 26,2 | 4 | 26 | 6,80 | 9 | 3,85 |
| 32 | Ipelsky Sokolec/Ipel | 1931 | - 70 | 4 838 | 60,5 | 12,5 | 3 | 5,6 | 1,16 | 9 | 10,8 |
| 33 | Neubruecke/Drau | 1951 | - 70 | 10 415 | 472 | 45,3 | 6 | 124 | 11,9 | 2 | 3,81 |
| 34 | Landscha/Mur | 1951 | - 70 | 8 340 | 242 | 29,0 | 5 | 65,1 | 7,80 | 1 | 3,72 |
| 36 | Donji Miholjac/Drau | 1931 | - 70 | 37 142 | 824 | 22,2 | 6 | 374 | 10,1 | 1 | 2,20 |
| 37 | Vilok/Theiß | 1954 | - 70 | 9 140 | 431 | 47,2 | 4 | 109 | 11,9 | 10 | 3,95 |
| 38 | Tiszabecs/Theiß | 1938 | - 58 | 9 707 | 388 | 40,0 | 4 | 99,6 | 10,3 | 9 | 3,90 |
| 39 | Szeged/Theiß | 1931 | - 70 | 138 408 | 1 552 | 11,2 | 4 | 337 | 2,43 | 10 | 4,60 |
| 40 | Senta/Theiß | 1931 | - 70 | 141 715 | 1 450 | 10,2 | 4 | 371 | 2,62 | 10 | 3,91 |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931 | - 70 | 15 283 | 229 | 15,0 | 3 | 54,0 | 3,53 | 9 | 4,24 |
| 42 | Felsőszolca/Sajo | 1931 | - 70 | 6 440 | 60,2 | 9,35 | 3 | 13,5 | 2,10 | 10 | 4,46 |
| 43 | Mako/Maros | 1931 | - 70 | 30 149 | 328 | 10,9 | 4 | 78,3 | 2,60 | 10 | 4,19 |
| 44 | Sr. Mitrovica/Save | 1931 | - 70 | 87 996 | 2 493 | 28,3 | 4 | 647 | 7,35 | 8 | 3,85 |
| 45 | Lj. Most/V. Morava | 1931 | - 70 | 37 320 | 455 | 12,2 | 3 | 80,9 | 2,17 | 9 | 5,62 |
| 46 | Orahovica/Iskar | 1955 | - 70 | 8 370 | 90,2 | 10,8 | 5 | 20,0 | 2,39 | 8 | 4,51 |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1950 | - 70 | 22 683 | 312 | 13,8 | 5 | 82,3 | 3,63 | 10 | 3,79 |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953 | - 70 | 672 | 10,8 | 16,1 | 4 | 1,7 | 2,53 | 1 | 6,35 |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950 | - 70 | 36 036 | 328 | 9,10 | 4 | 83,1 | 2,31 | 1 | 3,95 |
| 50 | Cernovci/Prut | 1931 | - 70 | 6 890 | 120 | 17,4 | 4 | 25,0 | 3,63 | 1 | 4,80 |
| 51 | Orahovica/Iskar* | 1936 | - 54 | 8 370 | 106 | 12,7 | 5 | 16,2 | 1,94 | 8 | 6,54 |

* vor Spetcherbau

Tab. 2.8 Größte und kleinste Jahresmittel des Abflusses in der Beobachtungsperiode

| Nr. | Pegel/Fluß | Jahresreihe | | A_{E0} km ² | max MQ m ³ /s | max Mq l/s·km ² | Jahr | min MQ m ³ /s | min Mq l/s·km ² | Jahr | $\frac{\text{max MQ}}{\text{min MQ}}$ |
|-----|----------------------|-------------|------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|-----------------------------|-------------------------------|----------|---------------------------------------|
| | | von | bis | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931 | - 70 | 20 001 | 442 | 22,1 | 1970 | 195 | 9,75 | 1949 | 2,27 |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931 | - 70 | 35 399 | 632 | 17,8 | 1970 | 261 | 7,37 | 1949 | 2,41 |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931 | - 70 | 47 496 | 924 | 19,5 | 1941 | 415 | 8,74 | 1934 | 2,23 |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931 | - 70 | 76 597 | 1 870 | 24,4 | 1944 | 995 | 13,0 | 1934 | 1,88 |
| 5 | Linz/Donau | 1931 | - 70 | 79 490 | 1 996 | 25,1 | 1944 | 1 087 | 13,7 | 1934 | 1,84 |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931 | - 70 | 96 045 | 2 529 | 26,3 | 1965 | 1 334 | 13,9 | 1934 | 1,90 |
| 7 | Wien-Nußdorf/Donau | 1931 | - 70 | 101 700 | 2 585 | 25,4 | 1965 | 1 441 | 14,2 | 1934 | 1,79 |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931 | - 70 | 131 338 | 2 850 | 21,7 | 1965 | 1 417 | 10,8 | 1934 | 2,01 |
| 10 | Dunaaalmas/Donau | 1948 | - 70 | 171 720 | 3 157 | 18,4 | 1965 | 1 706 | 9,93 | 1969 | 1,85 |
| 11 | Nagyarnos/Donau | 1931 | - 70 | 183 534 | 3 333 | 18,2 | 1940 | 1 689 | 9,20 | 1934 | 1,97 |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931 | - 70 | 209 064 | 3 470 | 16,6 | 1941 | 1 656 | 7,92 | 1948 | 2,10 |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931 | - 70 | 210 250 | 3 481 | 16,6 | 1965 | 1 794 | 8,53 | 1947 | 1,94 |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931 | - 70 | 251 593 | 4 323 | 17,2 | 1965 | 2 244 | 8,92 | 1947 | 1,93 |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931 | - 70 | 525 009 | 7 731 | 14,7 | 1941 | 3 953 | 7,53 | 1949 | 1,96 |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931 | - 70 | 570 375 | 8 108 | 14,2 | 1941 | 3 954 | 6,93 | 1943 | 2,05 |
| 17 | Orsova/Donau | 1931 | - 70 | 576 232 | 8 100 | 14,0 | 1941 | 3 960 | 6,87 | 1943 | 2,04 |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937 | - 70 | 584 900 | 8 235 | 14,0 | 1970 | 4 019 | 6,87 | 1943 | 2,05 |
| 19 | Lom/Donau | 1941 | - 70 | 588 860 | 8 282 | 14,1 | 1970 | 4 078 | 6,92 | 1943 | 2,03 |
| 20 | Svistov/Donau | 1931 | - 70 | 650 340 | 8 698 | 13,3 | 1970 | 4 272 | 6,57 | 1949 | 2,04 |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931 | - 70 | 658 400 | 8 570 | 13,0 | 1941 | 4 230 | 6,42 | 1949 | 2,03 |
| 22 | Ruse/Donau | 1931 | - 70 | 669 900 | 8 801 | 13,1 | 1970 | 4 362 | 6,51 | 1949 | 2,02 |
| 23 | Silistra/Donau | 1941 | - 70 | 689 700 | 8 878 | 12,9 | 1941 | 4 470 | 6,48 | 1949 | 1,99 |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931 | - 70 | 709 100 | 8 920 | 12,6 | 1941 | 4 180 | 5,89 | 1949 | 2,13 |
| 25 | Ceatal Izmail/Donau | 1931 | - 70 | 807 000 | 9 410 | 11,7 | 1941 | 4 410 | 5,46 | 1949 | 2,13 |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931 | - 70 | 26 084 | 957 | 36,7 | 1944 | 570 | 21,8 | 1969 | 1,68 |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951 | - 70 | 4 427 | 233 | 52,6 | 1965 | 133 | 30,0 | 1969 | 1,75 |
| 28 | Steyr/Enns | 1951 | - 70 | 5 915 | 280 | 47,3 | 1970 | 140 | 23,1 | 1963,69 | 2,00 |
| 29 | Moravsky Jan/March | 1931 | - 70 | 24 129 | 229 | 9,49 | 1941 | 45 | 1,86 | 1933 | 5,09 |
| 30 | Sala/Vah | 1931 | - 70 | 10 620 | 219 | 20,6 | 1937 | 97 | 9,13 | 1954 | 2,26 |
| 31 | Brehy/Hron | 1931 | - 70 | 3 821 | 85 | 22,2 | 1937 | 23 | 6,02 | 1943 | 3,70 |
| 32 | Ipelsky Sokolec/Ipel | 1931 | - 70 | 4 838 | 48 | 9,92 | 1937,65 | 5 | 1,03 | 1943 | 9,60 |
| 33 | Neubruecke/Donau | 1951 | - 70 | 10 415 | 372 | 35,7 | 1951 | 197 | 18,9 | 1964 | 1,89 |
| 34 | Landscha/Mur | 1951 | - 70 | 8 340 | 212 | 25,4 | 1965 | 115 | 13,8 | 1968,69 | 1,84 |
| 36 | Donji Miholjac/Drau | 1931 | - 70 | 37 142 | 841 | 22,6 | 1965 | 358 | 9,64 | 1943 | 2,35 |
| 37 | Vilok/Theiß | 1954 | - 70 | 9 140 | 332 | 36,3 | 1955 | 112 | 12,2 | 1961 | 2,96 |
| 38 | Tiszabecs/Theiß | 1938 | - 58 | 9 707 | 401 | 41,3 | 1941 | 93,5 | 9,63 | 1954 | 4,29 |
| 39 | Szeged/Theiß | 1931 | - 70 | 138 408 | 1 783 | 12,9 | 1941 | 380 | 2,74 | 1961 | 4,69 |
| 40 | Senta/Theiß | 1931 | - 70 | 141 715 | 1 644 | 11,6 | 1941 | 371 | 2,62 | 1943 | 4,43 |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931 | - 70 | 15 283 | 276 | 18,0 | 1970 | 57,2 | 3,74 | 1943 | 4,82 |
| 42 | Felsozsolca/Sajo | 1931 | - 70 | 6 440 | 70,8 | 11,0 | 1937 | 9,37 | 1,45 | 1943 | 7,56 |
| 43 | Mako/Maros | 1931 | - 70 | 30 149 | 390 | 12,9 | 1970 | 88 | 2,92 | 1950 | 4,43 |
| 44 | Sr. Mitrovica/Save | 1931 | - 70 | 87 996 | 2 560 | 29,1 | 1937 | 1 022 | 11,6 | 1949 | 2,50 |
| 45 | Lj. Most/V. Morava | 1931 | - 70 | 37 320 | 498 | 13,3 | 1955 | 131 | 3,51 | 1943 | 3,80 |
| 46 | Orahovica/Iskar | 1955 | - 70 | 8 370 | 97,7 | 11,7 | 1956 | 32,8 | 3,92 | 1959 | 2,98 |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1950 | - 70 | 22 683 | 296 | 13,0 | 1970 | 98,9 | 4,36 | 1950 | 3,00 |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953 | - 70 | 672 | 12 | 17,8 | 1955 | 3 | 4,46 | 54,61,63 | 4,00 |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950 | - 70 | 36 036 | 362 | 10,0 | 1970 | 113 | 3,14 | 1964 | 3,20 |
| 50 | Cernovci/Prut | 1931 | - 70 | 6 890 | 126 | 18,3 | 1955 | 26 | 3,77 | 1934 | 4,85 |
| 51 | Orahovica/Iskar | 1936 | - 54 | 8 370 | 115 | 13,7 | 1937 | 24,4 | 2,92 | 1945 | 4,71 |

Tab. 2.9 Scheitelabflüsse großer Hochwasser entlang der Donau in m³/s

| Nr. | Pegel | III.-IV.1940 | III.-IV.1942 | IV.-V.1944 | III.-IV.1947 | V.-VI.1954 | VII.-VIII.1954 | III.-IV.1956 | VI.-VII.1965 | V.-VI.1970 |
|-----|---------------|--------------|--------------|------------|--------------|------------|----------------|--------------|--------------|------------|
| 1 | Ingolstadt | 1 560 | 1 470 | 1 030 | 1 080 | 1 390 | 1 140 | 1 310 | 1 860 | 904 |
| 2 | Regensburg | 2 350 | 2 030 | 1 560 | 1 810 | 453 | 2 200 | 1 960 | 2 170 | 1 430 |
| 3 | Hofkirchen | 2 780 | 2 520 | 2 070 | 2 530 | 828 | 3 320 | 2 520 | 2 930 | 1 740 |
| 4 | Achleiten | 4 100 | 3 930 | 4 260 | 4 130 | 3 470 | 9 100 | 5 140 | 6 040 | 3 600 |
| 5 | Linz | 4 481* | 4 240 | 4 548* | 4 360 | 3 279 | 8 800 | 5 800 | 6 520 | 3 593 |
| 6 | Stein-Krems | 5 201* | 4 550 | 6 000 | 4 700 | 4 487 | 10 200 | 6 720 | 7 900 | 5 088 |
| 7 | Wien-Nußdorf | 5 480* | 4 950 | 6 092 | 5 130 | 4 520 | 9 600 | 6 380 | 7 520 | 5 217 |
| 8 | Bratislava | 6 200* | 5 068 | 6 946 | 5 012 | 4 540* | 10 401 | 7 080 | 9 224 | 5 232 |
| 10 | Dunaaalmas | | | | | 4 510 | 8 380 | 6 993 | 7 882 | 5 110 |
| 11 | Nagymaros | 8 390 | 5 270 | 6 900 | 6 300 | 4 508 | 7 960 | 6 855 | 8 179 | 5 070 |
| 12 | Mohacs | 6 312 | 5 078 | 6 161 | 5 720 | 3 858 | 6 858 | 7 811 | 8 244 | 5 420 |
| 13 | Bezdan | 6 311 | 5 269 | 6 125 | 5 884 | 3 972 | 6 811 | 5 212 | 7 681 | 5 201 |
| 14 | Bogojevo | 7 566 | 6 345 | 7 295 | 7 180 | 4 905 | 7 881 | 5 982 | 8 601 | 6 537 |
| 15 | Pancevo | 13 378 | 12 700 | 12 482 | 12 127 | 9 951 | 8 421 | 9 829 | 12 625 | 12 782 |
| 16 | V.Gradiste | 14 320 | 14 420 | 13 180 | 12 600 | 10 460 | 8 458 | 10 528 | 12 880 | 13 700 |
| 17 | Orsova | 14 420 | 13 690 | 13 120 | 12 550 | 10 270 | 8 290 | 10 970 | 12 650 | 13 710 |
| 18 | Novo Selo | 13 820 | 13 640 | 13 070 | 12 040 | 10 360 | 8 430 | 11 450 | 13 720 | 14 310 |
| 19 | Lom | | 13 470 | 13 000 | 11 960 | 10 360 | 8 250 | 11 500 | 13 640 | 14 470 |
| 20 | Svistov | 14 270 | 13 630 | 13 200 | 11 940 | 10 730 | 8 430 | 12 690 | 13 720 | 15 120 |
| 21 | Zimnicea | 14 920 | 14 400 | 13 690 | 12 120 | 10 840 | 8 400 | 11 800 | 13 400 | 14 780 |
| 22 | Ruse | 13 990 | 13 530 | 13 110 | 11 720 | 10 790 | 8 480 | 12 880 | 13 730 | 15 140 |
| 23 | Silistra | | 13 430 | 12 610 | 11 520 | 10 740 | | 12 430 | 13 800 | 15 170 |
| 24 | Vadu Oii | 14 950 | 14 550 | 13 430 | 12 100 | 10 430 | 8 250 | 12 500 | 13 200 | 14 790 |
| 25 | Ceatal Izmail | 14 000 | 14 050 | 12 100 | 11 000 | 10 150 | 8 430 | 11 850 | 13 300 | 15 160 |

*Tagesmittel

Tab. 2.10 Charakteristische Hochwasserabflüsse

| Nr. | Pegel/FluB | Jahresreihe | | A _{EO} km ² | HQ _{100¹} m ³ /s | HQ _{100¹} 1/s km ² | Bestange- paBte VF | HQ _{100²} P 3 | HQ _{100³} m ³ /s | HQ _{100¹} MHQ | HQ _{100³} MHQ | C _v |
|-----|----------------------|-------------|---------|------------------------------------|--|--|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| | | von | bis | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931 - 70 | 20 001 | 2 150 | 107,5 | P 3 | 2 170 | 2 100 | 1,98 | 1,93 | 0,28 | |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931 - 70 | 35 399 | 3 350 | 94,6 | " " | 3 340 | 3 500 | 2,28 | 2,38 | 0,32 | |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931 - 70 | 47 496 | 3 800 | 80,0 | " " | 3 800 | 4 130 | 2,04 | 2,21 | 0,31 | |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931 - 70 | 76 597 | 7 900 | 103,0 | Log P 3 | 7 640 | 9000 | 1,90 | 2,16 | 0,29 | |
| 5 | Linz/Donau | 1931 - 70 | 79 490 | 7 900 | 99,4 | " " | 7 700 | 8 530 | 1,85 | 1,99 | 0,28 | |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931 - 70 | 96 045 | 9 100 | 94,7 | L N | 9 200 | 11 170 | 1,68 | 2,06 | 0,25 | |
| 7 | Wien-NuBdorf/Donau | 1931 - 70 | 101 700 | 8 500 | 83,6 | P 3 | 8 500 | 10 400 | 1,54 | 1,89 | 0,22 | |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931 - 70 | 131 338 | 9 800 | 74,6 | L N | 9 600 | 10 600 | 1,70 | 1,84 | 0,25 | |
| 10 | Dunaalmas/Donau | 1948 - 70 | 171 720 | (9 200) | (53,6) | G A | x) | 8 233 | (1,61) | 1,44 | (0,23) | |
| 11 | Nagyvaros/Donau | 1931 - 70 | 183 534 | 8 700 | 49,0 | P 3 | 8 700 | 8 236 | 1,57 | 1,48 | 0,23 | |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931 - 70 | 209 064 | 8 150 | 39,0 | " " | 8 200 | 7 992 | 1,60 | 1,57 | 0,23 | |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931 - 70 | 210 250 | 7 250 | 34,5 | " " | 7 300 | 7 490 | 1,47 | 1,52 | 0,19 | |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931 - 70 | 251 593 | 8 800 | 35,0 | " " | 8 800 | 8 857 | 1,52 | 1,53 | 0,20 | |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931 - 70 | 525 009 | 14 600 | 27,8 | " " | 14 600 | 14 533 | 1,45 | 1,44 | 0,17 | |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931 - 70 | 570 375 | 16 200 | 28,4 | " " | 16 200 | | 1,52 | | 0,18 | |
| 17 | Orsova/Donau | 1931 - 70 | 576 232 | 15 900 | 27,6 | " " | 16 000 | 16 480 | 1,50 | 1,55 | 0,18 | |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937 - 70 | 584 900 | 15 900 | 27,2 | " " | 16 000 | 15 000 | 1,49 | 1,40 | 0,19 | |
| 19 | Lom/Donau | 1941 - 70 | 588 860 | 15 750 | 26,7 | " " | 15 700 | 15 000 | 1,50 | 1,42 | 0,19 | |
| 20 | Svistov/Donau | 1931 - 70 | 650 340 | 16 100 | 24,8 | " " | 16 100 | 15 600 | 1,46 | 1,42 | 0,18 | |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931 - 70 | 658 400 | 17 300 | 26,3 | " " | 17 300 | 17 000 | 1,56 | 1,53 | 0,20 | |
| 22 | Ruse/Donau | 1931 - 70 | 669 900 | 15 800 | 23,6 | " " | 15 800 | 15 800 | 1,43 | 1,43 | 0,17 | |
| 23 | Silistra/Donau | 1941 - 70 | 689 700 | 15 700 | 22,8 | G A | x) | 15 600 | 1,43 | 1,42 | 0,17 | |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931 - 70 | 709 100 | 17 000 | 24,0 | P 3 | 17 100 | 17 050 | 1,57 | 1,58 | 0,20 | |
| 25 | Ceatal Izmail/Donau | 1931 - 70 | 807 000 | 16 200 | 20,1 | " " | 16 200 | 16 800 | 1,52 | 1,58 | 0,19 | |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931 - 70 | 26 084 | 5 650 | 220,0 | Log P 3 | 5 600 | 6 800 | 1,93 | 2,28 | 0,31 | |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951 - 70 | 4 427 | (2 450) | (553) | G U | | 2 300 | (2,44) | | (0,37) | |
| 28 | Steyr/Enns | 1951 - 70 | 5 915 | (2 250) | (431) | P 3 | (2 250) | | (1,97) | | (0,32) | |
| 29 | Moravsky Jan/Morava | 1931 - 70 | 24 129 | 1 800 | 74,6 | " " | 1 800 | | 2,96 | | 0,49 | |
| 30 | Sala/Vah | 1931 - 70 | 10 620 | 2 120 | 200 | " " | 2 120 | | 2,02 | | 0,38 | |
| 31 | Brehy/Hron | 1931 - 70 | 3 821 | 760 | 199 | " " | 760 | | 1,99 | | 0,34 | |
| 32 | Ipelsky Sokolec/Ipel | 1931 - 70 | 4 838 | 780 | 161 | " " | 780 | | 3,75 | | 0,67 | |
| 33 | Neubruecke/Drau | 1951 - 70 | 10 415 | | | | | | | | | |
| 34 | Landscha/Mur | 1951 - 70 | 8 340 | (1 460) | (175) | Log P 3 | (1 340) | | (2,39) | | (0,38) | |
| 36 | Donji Miholjac/Drau | 1931 - 70 | 37 142 | 2 120 | 57,0 | P 3 | 2 120 | | 1,58 | | 0,21 | |
| 37 | Vilok/TheiB | 1954 - 70 | 9 140 | (5 700) | (623,6) | " " | (5 700) | | (2,63) | | (0,47) | |
| 38 | Tiszabecs/TheiB | 1938 - 58 | 9 707 | (4 200) | (432,6) | L N | x) | 3 470 | (2,31) | 1,91 | (0,34) | |
| 39 | Szeged/TheiB | 1931 - 70 | 138 408 | 4 500 | 32,5 | P 3 | 4 500 | 4 130 | 2,00 | 1,80 | 0,31 | |
| 40 | Senta/TheiB | 1931 - 70 | 141 715 | 4 100 | 28,9 | " " | 4 100 | | 1,93 | | 0,30 | |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931 - 70 | 15 283 | 3 000 | 196,3 | Log P 3 | 2 200 | 3 430 | 3,58 | 3,90 | 0,57 | |
| 42 | Felsoszolca/Sajo | 1931 - 70 | 6 440 | 680 | 105,6 | P 3 | 680 | 631 | 2,97 | 2,76 | 0,53 | |
| 43 | Mako/Maros | 1931 - 70 | 30 149 | 1 800 | 59,7 | Log P 3 | 1 720 | 1 533 | 2,56 | 2,16 | 0,55 | |
| 44 | Sr. Mitrovica/Sava | 1931 - 70 | 87 996 | 6 100 | 69,3 | P 3 | 6 100 | 6 696 | 1,43 | 1,57 | 0,16 | |
| 45 | Lj. Most/V. Morava | 1931 - 70 | 37 320 | 2 750 | 73,7 | P 3 | 2 750 | | 2,11 | | 0,37 | |
| 46 | Orahovica/Iskar | 1955 - 70 | 8 370 | (1 140) | (136,2) | " " | (1 140) | | (2,70) | | (0,49) | |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1959 - 70 | 22 683 | (1 940) | (85,5) | " " | (1 940) | | (1,96) | | (0,33) | |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953 - 70 | 672 | (1 820) | (2708,0) | Log P 3 | (680) | | (9,78) | | (1,26) | |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950 - 70 | 36 036 | (4 000) | (101,0) | Log P 3 | (3 040) | 3 970 | (3,66) | 3,64 | (0,66) | |
| 50 | Cernovci/Prut | 1931 - 70 | 6 890 | 4 800 | 696,7 | P 3 | 4 800 | | 3,98 | | 0,94 | |

- 1) bestangepaBte Verteilung x) Parameterschätzung bei P 3 nicht möglich
 2) Pearson III Verteilung (ergibt bei der Mehrzahl der Pegel die beste Anpassung) () unsicher = <25 Jahre
 3) Wert, der aus längeren Reihen u.a. ermittelt wurde und der für Bemessungsaufgaben verwendet wird.

Tab. 2.11 Niedrigwasserabflüsse entlang der Donau in m³/s

| Nr. | Pegel | I. 1933 | I. 1943 | XI. 1943 | VII. 1946 - I. 1947 | X. - XI. 1947 | XII. 1948 - I. 1949 | I. 1954 | I. - II. 1964 |
|-----|---------------|---------|---------|----------|---------------------|---------------|---------------------|---------|---------------|
| 1 | Ingolstadt | 110 | 120 | 92 | 116 | 72 | 91 | 62 | 87 |
| 2 | Regensburg | 175 | 169 | 139 | 175 | 124 | 138 | 107 | 162 |
| 3 | Hofkirchen | 296 | 350 | 247 | 283 | 206 | 252 | 193 | 240 |
| 4 | Achleiten | 474 | 645 | 523 | 516 | 377 | 456 | 360 | 390 |
| 5 | Linz | 408 | 596 | 539 | 489 | 401 | 464 | 412 | 421 |
| 6 | Stein-Krems | 599 | 763 | 698 | 578 | 546 | 535 | 529 | 598 |
| 7 | Wien-Nußdorf | 712 | 822 | 737 | 626 | 524 | 533 | 504 | 594 |
| 8 | Bratislava | 714 | 800 | 771 | 798 | 590 | 570 | 610 | 663 |
| 10 | Dunaalmas | | | | | | 634 | 515 | 580 |
| 11 | Nagymaros | 692 | 628 | 756 | 906 | 586 | 716 | 698 | 600 |
| 12 | Mohacs | 685 | 995 | 840 | 1 049 | 630 | 844 | 630 | 600 |
| 13 | Bezdan | 630 | 720 | 925 | 610 | 698 | 700 | 610 | 680 |
| 14 | Bogojevo | 680 | 870 | 1 215 | 739 | 891 | 895 | 780 | 910 |
| 15 | Pancevo | 1 628 | 1 316 | 1 861 | 1 362 | 1 347 | 1 541 | 1 273 | 1 565 |
| 16 | V. Gradiste | 1 688 | 1 457 | 1 828 | 1 574 | 1 476 | 1 603 | 1 303 | 1 669 |
| 17 | Orsova | 1 730 | 1 660 | 1 880 | 1 490 | 1 520 | 1 910 | 1 430 | 1 800 |
| 18 | Novo Selo | | 1 760 | 1 890 | 1 420 | 1 480 | 1 810 | 1 410 | 1 770 |
| 19 | Lom | | 1 810 | 1 910 | 1 500 | 1 560 | 1 800 | 1 460 | 1 790 |
| 20 | Svistov | 1 890 | 1 990 | 2 080 | 1 590 | 1 710 | 1 990 | 1 560 | 2 000 |
| 21 | Zimnicea | 1 380 | 1 940 | 1 830 | 1 320 | 1 510 | 1 740 | 1 250 | 1 690 |
| 22 | Ruse | 1 910 | 2 030 | 2 140 | 1 600 | 1 730 | 2 000 | 1 590 | 2 010 |
| 23 | Silistra | | 2 150 | 2 200 | 1 680 | 1 710 | 2 120 | 1 640 | 2 090 |
| 24 | Vadu Oii | 1 930 | 1 690 | 2 040 | 1 540 | 1 540 | 2 070 | 1 720 | 2 170 |
| 25 | Ceatal-Izmail | 1 930 | 2 430 | 2 470 | 2 010 | 1 790 | 2 170 | 1 610 | 2 750 |

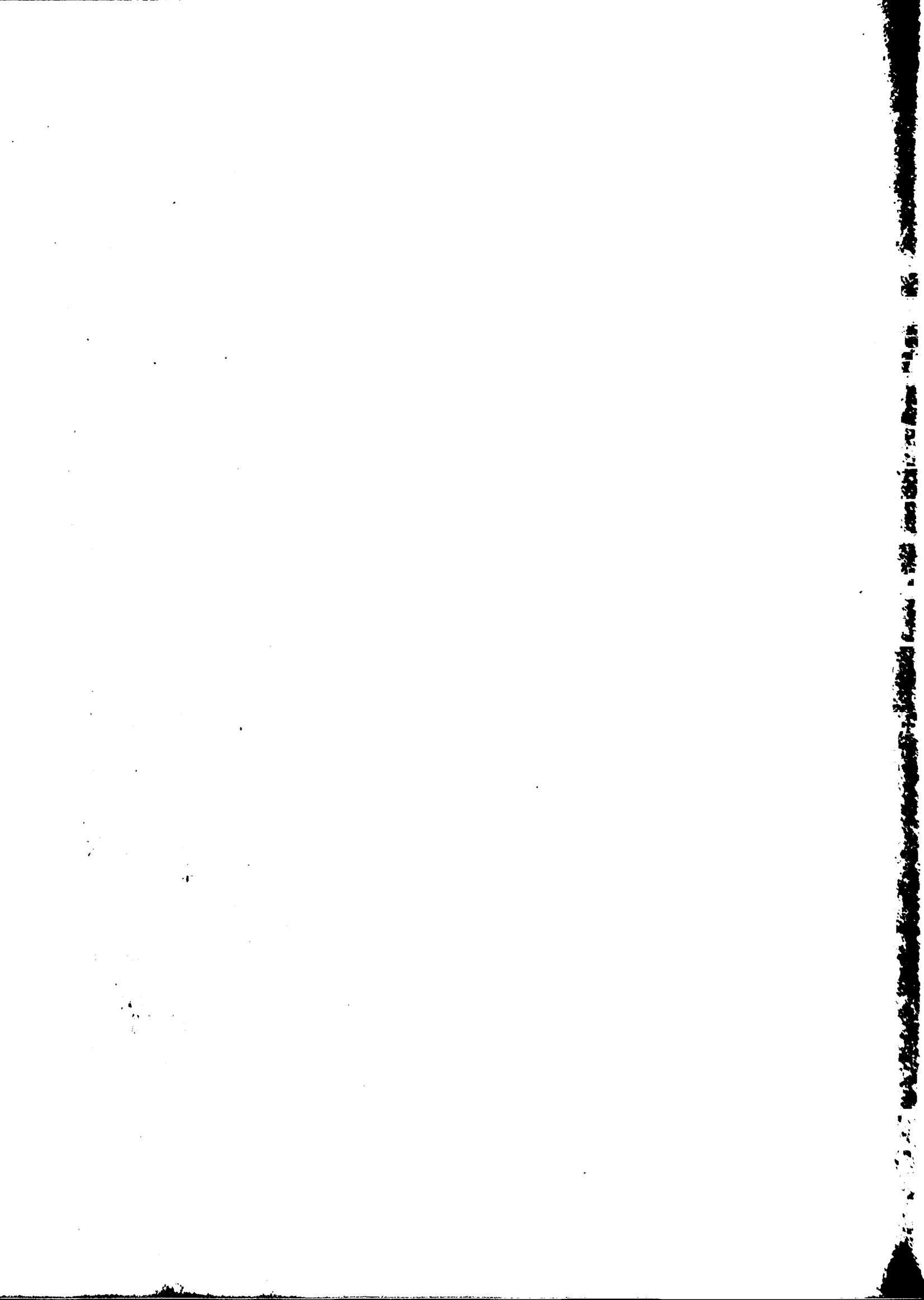
Tab. 2.12 Charakteristische Niedrigwasserabflüsse

| Nr. | Pegel/Fluß | Jahresreihe von bis | A _{E0} km ² | NQ ₁₀₀ ¹⁾ m ³ /s | Nq ₁₀₀ ¹⁾ l/s km ² | Bestange- paßte VF | NQ ₁₀₀ ²⁾ m ³ /s | Nq ₁₀₀ ²⁾ l/s km ² | MNQ m ³ /s | NQ ₁₀₀ ²⁾ MNQ | C _v |
|-----|---------------------|------------------------|------------------------------------|--|--|--------------------------|--|--|--------------------------|--|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Ingolstadt/Donau | 1931 - 70 | 20 001 | 59 | 2,95 | WE | 59 | 2,95 | 123 | 0,48 | 0,28 |
| 2 | Regensburg/Donau | 1931 - 70 | 35 399 | 105 | 2,97 | " | 105 | 2,97 | 193 | 0,54 | 0,28 |
| 3 | Hofkirchen/Donau | 1931 - 70 | 47 496 | 186 | 3,92 | " | 186 | 3,92 | 307 | 0,61 | 0,24 |
| 4 | Achleiten/Donau | 1931 - 70 | 76 597 | 342 | 4,46 | " | 342 | 4,46 | 583 | 0,59 | 0,20 |
| 5 | Linz/Donau | 1931 - 70 | 79 490 | 388 | 4,88 | " | 388 | 4,88 | 593 | 0,65 | 0,20 |
| 6 | Stein-Krems/Donau | 1931 - 70 | 96 045 | 496 | 5,16 | " | 496 | 5,16 | 773 | 0,64 | 0,20 |
| 7 | Wien-Nußdorf/Donau | 1931 - 70 | 101 700 | 482 | 4,74 | " | 482 | 4,74 | 804 | 0,60 | 0,19 |
| 8 | Bratislava/Donau | 1931 - 70 | 131 338 | 550 | 4,19 | " | 550 | 4,19 | 844 | 0,65 | 0,17 |
| 10 | Dunaalmas/Donau | 1948 - 70 | 171 720 | (455) | (2,65) | " | (455) | (2,65) | 924 | (0,49) | (0,26) |
| 11 | Nagyáros/Donau | 1931 - 70 | 183 534 | 570 | 3,11 | " | 570 | 3,11 | 956 | 0,60 | 0,26 |
| 12 | Mohacs/Donau | 1931 - 70 | 209 064 | 580 | 2,77 | " | 580 | 2,77 | 1 068 | 0,54 | 0,31 |
| 13 | Bezdan/Donau | 1931 - 70 | 210 250 | 600 | 2,85 | " | 600 | 2,85 | 976 | 0,61 | 0,28 |
| 14 | Bogojevo/Donau | 1931 - 70 | 251 593 | 650 | 2,58 | " | 650 | 2,58 | 1 231 | 0,53 | 0,29 |
| 15 | Pancevo/Donau | 1931 - 70 | 525 009 | 1 230 | 2,34 | " | 1 230 | 2,34 | 2 242 | 0,55 | 0,30 |
| 16 | V. Gradiste/Donau | 1931 - 70 | 570 375 | 1 250 | 2,19 | " | 1 250 | 2,19 | 2 383 | 0,52 | 0,30 |
| 17 | Orsova/Donau | 1931 - 70 | 576 232 | 1 410 | 2,45 | P 3 | 1 410 | 2,45 | 2 334 | 0,60 | 0,25 |
| 18 | Novo Selo/Donau | 1937 - 70 | 584 900 | 1 340 | 2,29 | WE | 1 340 | 2,29 | 2 334 | 0,57 | 0,26 |
| 19 | Lom/Donau | 1941 - 70 | 588 860 | 1 430 | 2,43 | P 3 | 1 400 | 2,38 | 2 417 | 0,59 | 0,28 |
| 20 | Svistov/Donau | 1931 - 70 | 650 340 | 1 540 | 2,37 | P 3 | 1 520 | 2,34 | 2 602 | 0,59 | 0,27 |
| 21 | Zimnicea/Donau | 1931 - 70 | 658 400 | 1 180 | 1,79 | WE | 1 180 | 1,79 | 2 489 | 0,47 | 0,32 |
| 22 | Ruse/Donau | 1931 - 70 | 669 900 | 1 560 | 2,33 | P 3 | 1 540 | 2,30 | 2 646 | 0,59 | 0,27 |
| 23 | Silistra/Donau | 1941 - 70 | 689 700 | 1 640 | 2,38 | " " | 1 560 | 2,26 | 2 632 | 0,62 | 0,26 |
| 24 | Vadu Oii/Donau | 1931 - 70 | 709 100 | 1 550 | 2,19 | " " | 1 520 | 2,14 | 2 621 | 0,59 | 0,30 |
| 25 | Ceatal Izmail/Donau | 1931 - 70 | 807 000 | 1 600 | 1,98 | " " | 1 560 | 1,93 | 2 934 | 0,55 | 0,32 |
| 26 | Passau Ingling/Inn | 1931 - 70 | 26 084 | 193 | 7,40 | WE | 193 | 7,40 | 257 | 0,75 | 0,13 |
| 27 | Salzburg/Salzach | 1951 - 70 | 4 427 | (31) | (7,00) | " | (31) | (7,00) | 54,1 | (0,57) | (0,21) |
| 28 | Steyr/Enns | 1951 - 70 | 5 915 | (22) | (3,72) | LN | (22) | (3,72) | 46,8 | (0,47) | (0,19) |
| 29 | Moravsky Jan/Morava | 1931 - 70 | 24 129 | 9,0 | 0,37 | P 3 | 6,0 | 0,25 | 29,0 | 0,31 | 0,43 |
| 30 | Sala/Vah | 1931 - 70 | 10 620 | 19,0 | 1,79 | WE | 19 | 1,79 | 38,0 | 0,50 | 0,30 |
| 31 | Brehy/Hron | 1931 - 70 | 3 821 | 6,9 | 1,81 | " | 6,9 | 1,81 | 13,0 | 0,53 | 0,26 |
| 32 | Ipeľsky Sokolc/Ipeľ | 1931 - 70 | 4 838 | 0,4 | 0,08 | LN | 0,4 | 0,08 | 1,9 | 0,21 | 0,86 |
| 33 | Neubruce/Drau | 1951 - 70 | 10 415 | (65,0) | (6,24) | WE | (65,0) | (6,24) | 98,3 | (0,66) | (0,12) |
| 34 | Landscha/Mur | 1951 - 70 | 8 340 | (33,5) | (4,02) | " | (33,5) | (4,02) | 46,3 | (0,72) | (0,15) |
| 36 | Donji Miholjac/Drau | 1931 - 70 | 37 142 | 163 | 4,39 | " | 163 | 4,39 | 235 | 0,69 | 0,17 |
| 37 | Vilok/Theiß | 1954 - 70 | 9 140 | (13,0) | (1,42) | LN | (13,0) | 1,42 | 49,0 | (0,27) | (0,36) |
| 38 | Tiszabecs/Theiß | 1938 - 58 | 9 707 | (26,0) | (2,68) | WE | (26,0) | (2,68) | 39,6 | (0,66) | (0,28) |
| 39 | Szeged/Theiß | 1931 - 70 | 138 408 | 96,0 | 0,69 | P 3 | 93,0 | 0,67 | 192 | 0,50 | 0,42 |
| 40 | Senta/Theiß | 1931 - 70 | 141 715 | 74,0 | 0,52 | " " | 74,0 | 0,52 | 174 | 0,43 | 0,40 |
| 41 | Csenger/Szamos | 1931 - 70 | 15 283 | 12,0 | 0,79 | " " | 11,5 | 0,75 | 22,8 | 0,53 | 0,38 |
| 42 | Felsőszolca/Sajo | 1931 - 70 | 6 440 | 1,4 | 0,22 | LN | 1,4 | 0,22 | 6,2 | 0,23 | 0,59 |
| 43 | Mako/Maros | 1931 - 70 | 30 149 | 22,0 | 0,73 | P 3 | 21,0 | 0,70 | 46,0 | 0,48 | 0,38 |
| 44 | Sr. Mitrovica/Sava | 1931 - 70 | 87 996 | 196 | 2,23 | Log P 3 | 180,0 | 2,05 | 390 | 0,50 | 0,32 |
| 45 | Lj. Most/V. Morava | 1931 - 70 | 37 320 | 28,5 | 0,76 | " " | 27,0 | 0,72 | 52,0 | 0,55 | 0,38 |
| 46 | Orahovica/Iskar | 1955 - 70 | 8 370 | (0,0) | (0,0) | WE | (0,0) | 0,00 | 10,7 | (0,00) | (0,61) |
| 47 | Stoenesti/Olt | 1959 - 70 | 22 683 | (12,5) | (0,55) | " | (12,5) | (0,55) | 41,7 | (0,30) | (0,44) |
| 48 | Storozinec/Siret | 1953 - 70 | 672 | (0,0) | (0,00) | " | (0,0) | (0,00) | 0,66 | (0,00) | (0,55) |
| 49 | Lungoci/Siret | 1950 - 70 | 36 036 | (18,0) | (0,50) | P 3 | (16,0) | (0,44) | 43,4 | (0,41) | (0,33) |
| 50 | Cernovci/Prut | 1931 - 70 | 6 890 | 0,2 | 0,03 | WE | 0,2 | 0,03 | 7,0 | 0,03 | 0,40 |

1) bestangepaßte Verteilung

() unsicher = < 25 Jahre

2) Weibull Verteilung (ergibt bei der Mehrzahl der Pegel die beste Anpassung)



Tabellen

zu

Kapitel III

Tab. 3.1 Wasserbilanzen für die hydrologischen Teileinzugsgebiete

| Nr. * | Teileinzugsgebiet | | | Fläche A ** km ² | Gebietsmittelwert | | | Bilanz- fehler d *** % | Abfluß- beiwert e = $\frac{R}{P}$ |
|--------|-------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| | Fluß | von | bis | | des Nieder- schlags P ** mm/a | der Ver- dunstung E ** mm/a | des Ab- flusses R ** mm/a | | |
| | | | | | | | | | |
| 1 | Donau | Quelle | Lech | 15.654 | 914 | 539 | 370 | +0,55 | 0,40 |
| 2 | Lech | Quelle | Mündung | 4.398 | 1349 | 536 | 769 | +3,26 | 0,57 |
| 3 | Donau | Lech | Naab | 7.614 | 748 | 518 | 231 | -0,13 | 0,31 |
| 4 | Naab | Quelle | Mündung | 5.645 | 767 | 490 | 288 | -1,56 | 0,37 |
| 5 | Donau | Naab | Isar | 6.203 | 850 | 509 | 348 | -0,82 | 0,41 |
| 6 | Isar | Quelle | Mündung | 8.369 | 1174 | 536 | 614 | +2,04 | 0,52 |
| 7 | Donau | Isar | Inn | 3.741 | 947 | 502 | 415 | +2,85 | 0,44 |
| 8 | Inn | Quelle | Mündung | 26.976 | 1315 | 436 | 868 | +0,84 | 0,66 |
| 9 | Donau | Inn | Enns | 7.614 | 1148 | 512 | 677 | -0,68 | 0,59 |
| 10 | Enns | Quelle | Mündung | 5.940 | 1483 | 483 | 1016 | -1,08 | 0,68 |
| 11 | Donau | Enns | March | 14.112 | 829 | 537 | 299 | -0,84 | 0,36 |
| 12 | March | Quelle | Mündung | 27.633 | 640 | 483 | 141 | +2,50 | 0,22 |
| 13 | Raab | Quelle | Mündung | 14.702 | 738 | 592 | 130 | +2,17 | 0,18 |
| 14 | Vah | Quelle | Mündung | 9.714 | 906 | 534 | 415 | -4,75 | 0,46 |
| 15 | Donau | March | Nitra | 10.567 | 677 | 542 | 141 | -0,89 | 0,21 |
| 16 | Nitra | Quelle | Mündung | 5.415 | 694 | 549 | 157 | -1,73 | 0,23 |
| 17 | Donau | Nitra | Hron | 1.444 | 576 | 516 | 63 | -0,52 | 0,11 |
| 18 | Hron | Quelle | Mündung | 5.251 | 809 | 514 | 290 | +0,62 | 0,36 |
| 19 | Donau | Hron | Ipel | 131 | 588 | 525 | 81 | -3,06 | 0,14 |
| 20 | Ipel | Quelle | Mündung | 4.594 | 661 | 531 | 139 | -1,36 | 0,21 |
| 21 | Donau | Ipel | Sió | 10.469 | 586 | 534 | 53 | -0,17 | 0,09 |
| 22 | Sió | Quelle | Mündung | 15.129 | 663 | 572 | 81 | +1,51 | 0,12 |
| 23 | Donau | Sió | Drau | 7.023 | 644 | 565 | 62 | +2,64 | 0,10 |
| 24 | Drau | Quelle | Mündung | 41.810 | 998 | 575 | 435 | -1,20 | 0,44 |
| 25 | Donau | Drau | Theiß | 5.382 | 689 | 594 | 59 | +5,22 | 0,09 |
| 26 | Theiß | Quelle | Mündung | 158.182 | 744 | 560 | 177 | +0,94 | 0,24 |
| 27 | Donau | Theiß | Save | 10.666 | 764 | 582 | 136 | +6,02 | 0,18 |
| 28 | Save | Quelle | Mündung | 94.778 | 1091 | 634 | 514 | -5,22 | 0,47 |
| 29 | Donau | Save | V. Morava | 4.332 | 689 | 644 | 51 | -0,87 | 0,07 |
| 30 | Velika Morava | Quelle | Mündung | 38.233 | 746 | 540 | 216 | -1,34 | 0,29 |
| 31 | Donau | V. Morava | Jiu | 27.239 | 746 | 571 | 162 | +1,74 | 0,22 |
| 32 | Jiu | Quelle | Mündung | 10.731 | 831 | 576 | 278 | -2,77 | 0,33 |
| 33 | Donau | Jiu | Iskar | 6.498 | 658 | 494 | 135 | +4,41 | 0,21 |
| 34 | Iskar | Quelle | Mündung | 7.811 | 725 | 455 | 230 | +5,52 | 0,32 |
| 35 | Donau | Iskar | Olt | 6.826 | 690 | 489 | 192 | +1,30 | 0,28 |
| 36 | Olt | Quelle | Mündung | 24.810 | 873 | 592 | 234 | +5,38 | 0,27 |
| 37 | Donau | Olt | Lom | 17.984 | 676 | 520 | 130 | +3,85 | 0,19 |
| 38 | Lom | Quelle | Mündung | 3.380 | 599 | 512 | 66 | +3,51 | 0,11 |
| 39 | Donau | Lom | Arges | 3.938 | 573 | 500 | 25 | +8,38 | 0,04 |
| 40 | Arges | Quelle | Mündung | 11.814 | 800 | 577 | 190 | +4,13 | 0,24 |
| 41 | Donau | Arges | Ialomita | 16.573 | 537 | 479 | 20 | +7,08 | 0,04 |
| 42 | Ialomita | Quelle | Mündung | 10.305 | 738 | 556 | 146 | +4,88 | 0,20 |
| 43 | Donau | Jalomita | Siret | 6.925 | 508 | 438 | 25 | +8,86 | 0,05 |
| 44 | Siret | Quelle | Mündung | 45.420 | 757 | 550 | 157 | +6,61 | 0,21 |
| 45 | Donau | Siret | Prut | 1.116 | 462 | 411 | 8 | +9,31 | 0,02 |
| 46 | Prut | Quelle | Mündung | 28.945 | 606 | 470 | 96 | +6,60 | 0,16 |
| 47 | Donau | Prut | Mündung | 14.964 | 420 | 412 | 7 | +0,24 | 0,02 |
| 1 - 47 | Donau | Quelle | Mündung | 817.000 | 816 | 547 | 264 | +0,60 | 0,32 |

* siehe Planbeilage III/4

** aus Isolinienkarte planimetriert

*** $d = \frac{P - (E + R)}{P} \cdot 100$

Tab. 3.2 Aus der Isolinenkarte der Abflußhöhen ermittelte Abflüsse
in den Bilanzquerschnitten der Donau

| Teileinzugsgebiet | | | | Summiertes Einzugsgebiet | | | |
|-------------------|--|---|--|--------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Nr. (Tab. 3.1) | Fläche (Tab. 3.1) A_i km ² | Abflußhöhe (Tab. 3.1) R_i mm/a | Abfluß Q_i * m ³ /s | Symbol $S(i)$ | Fläche $S(A_i)$ km ² | der Donau von der Quelle bis oberhalb oder unterhalb der Mündung des Flusses (Bilanzquerschnitt) | Abfluß $S(Q_i)$ m ³ /s |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 15 654 | 370 | 184 | S1 | 15 652 | oberhalb Lech | 184 |
| 2 | 4 398 | 769 | 107 | S2 | 20 052 | unterhalb Lech | (291) |
| 3 | 7 614 | 231 | 56 | S3 | 27 666 | oberhalb Naab | 347 |
| 4 | 5 645 | 288 | 52 | S4 | 33 311 | unterhalb Naab | 399 |
| 5 | 6 203 | 348 | 68 | S5 | 39 514 | oberhalb Isar | 467 |
| 6 | 8 369 | 614 | 163 | S6 | 47 883 | unterhalb Isar | 630 |
| 7 | 3 741 | 415 | 49 | S7 | 51 624 | oberhalb Inn | 679 |
| 8 | 26 976 | 868 | 742 | S8 | 78 600 | unterhalb Inn | 1 421 |
| 9 | 7 614 | 677 | 163 | S9 | 86 214 | oberhalb Enns | 1 584 |
| 10 | 5 940 | 1 016 | 191 | S10 | 92 154 | unterhalb Enns | 1 775 |
| 11 | 14 112 | 299 | 134 | S11 | 106 266 | oberhalb March | 1 909 |
| 12 | 27 633 | 141 | 124 | S12 | 133 899 | unterhalb March | 2 033 |
| 13 | 14 702 | 130 | 61 | S13 | 148 601 | oberhalb Raab | 2 094 |
| 14 | 9 714 | 415 | 128 | S14 | 158 315 | oberhalb Vah | 2 222 |
| 15 | 10 567 | 141 | 47 | S15 | 168 882 | oberhalb Nitra | 2 269 |
| 16 | 5 415 | 157 | 27 | S16 | 174 297 | unterhalb Nitra | 2 296 |
| 17 | 1 444 | 63 | 3 | S17 | 175 741 | oberhalb Hron | 2 299 |
| 18 | 5 251 | 290 | 48 | S18 | 180 992 | unterhalb Hron | 2 347 |
| 19 | 131 | 81 | 1 | S19 | 181 123 | oberhalb Ipe1 | 2 348 |
| 20 | 4 594 | 139 | 20 | S20 | 185 717 | unterhalb Ipe1 | 2 368 |
| 21 | 10 469 | 53 | 18 | S21 | 196 186 | oberhalb Sio | 2 386 |
| 22 | 15 129 | 81 | 39 | S22 | 211 315 | unterhalb Sio | 2 425 |
| 23 | 7 023 | 62 | 14 | S23 | 218 338 | oberhalb Drau | 2 439 |
| 24 | 41 810 | 435 | 577 | S24 | 260 148 | unterhalb Drau | 3 016 |
| 25 | 5 382 | 59 | 10 | S25 | 265 530 | oberhalb TheiB | 3 026 |
| 26 | 158 182 | 177 | 888 | S26 | 423 712 | unterhalb TheiB | 3 914 |
| 27 | 10 666 | 136 | 46 | S27 | 434 378 | oberhalb Save | 3 960 |
| 28 | 94 778 | 514 | 1 545 | S28 | 529 156 | unterhalb Save | 5 505 |
| 29 | 4 332 | 51 | 7 | S29 | 533 488 | oberhalb Morava | 5 512 |
| 30 | 38 233 | 216 | 262 | S30 | 571 721 | unterhalb Morava | 5 774 |
| 31 | 27 239 | 162 | 140 | S31 | 598 960 | oberhalb Jiu | 5 914 |
| 32 | 10 731 | 278 | 95 | S32 | 609 691 | unterhalb Jiu | 6 009 |
| 33 | 6 498 | 135 | 28 | S33 | 616 189 | oberhalb Iskar | 6 037 |
| 34 | 7 811 | 230 | 57 | S34 | 624 000 | unterhalb Iskar | 6 094 |
| 35 | 6 826 | 192 | 42 | S35 | 630 826 | oberhalb Olt | 6 136 |
| 36 | 24 810 | 234 | 184 | S36 | 655 636 | unterhalb Olt | 6 320 |
| 37 | 17 984 | 130 | 74 | S37 | 673 620 | oberhalb Lom | 6 394 |
| 38 | 3 380 | 66 | 7 | S38 | 677 000 | unterhalb Lom | 6 401 |
| 39 | 3 938 | 25 | 3 | S39 | 680 938 | oberhalb Arges | 6 404 |
| 40 | 11 814 | 190 | 71 | S40 | 692 752 | unterhalb Arges | 6 475 |
| 41 | 16 573 | 20 | 11 | S41 | 709 325 | oberhalb Ialomita | 6 486 |
| 42 | 10 305 | 146 | 48 | S42 | 719 630 | unterhalb Ialomita | 6 534 |
| 43 | 6 925 | 25 | 5 | S43 | 726 555 | oberhalb Siret | 6 539 |
| 44 | 45 420 | 157 | 226 | S44 | 771 975 | unterhalb Siret | 6 765 |
| 45 | 1 116 | 8 | 1 | S45 | 773 091 | oberhalb Prut | 6 766 |
| 46 | 28 945 | 96 | 88 | S46 | 802 036 | unterhalb Prut | 6 854 |
| 47 | 14 964 | 7 | 3 | S47 | 817 000 | bis Schwarzes Meer | 6 857 |

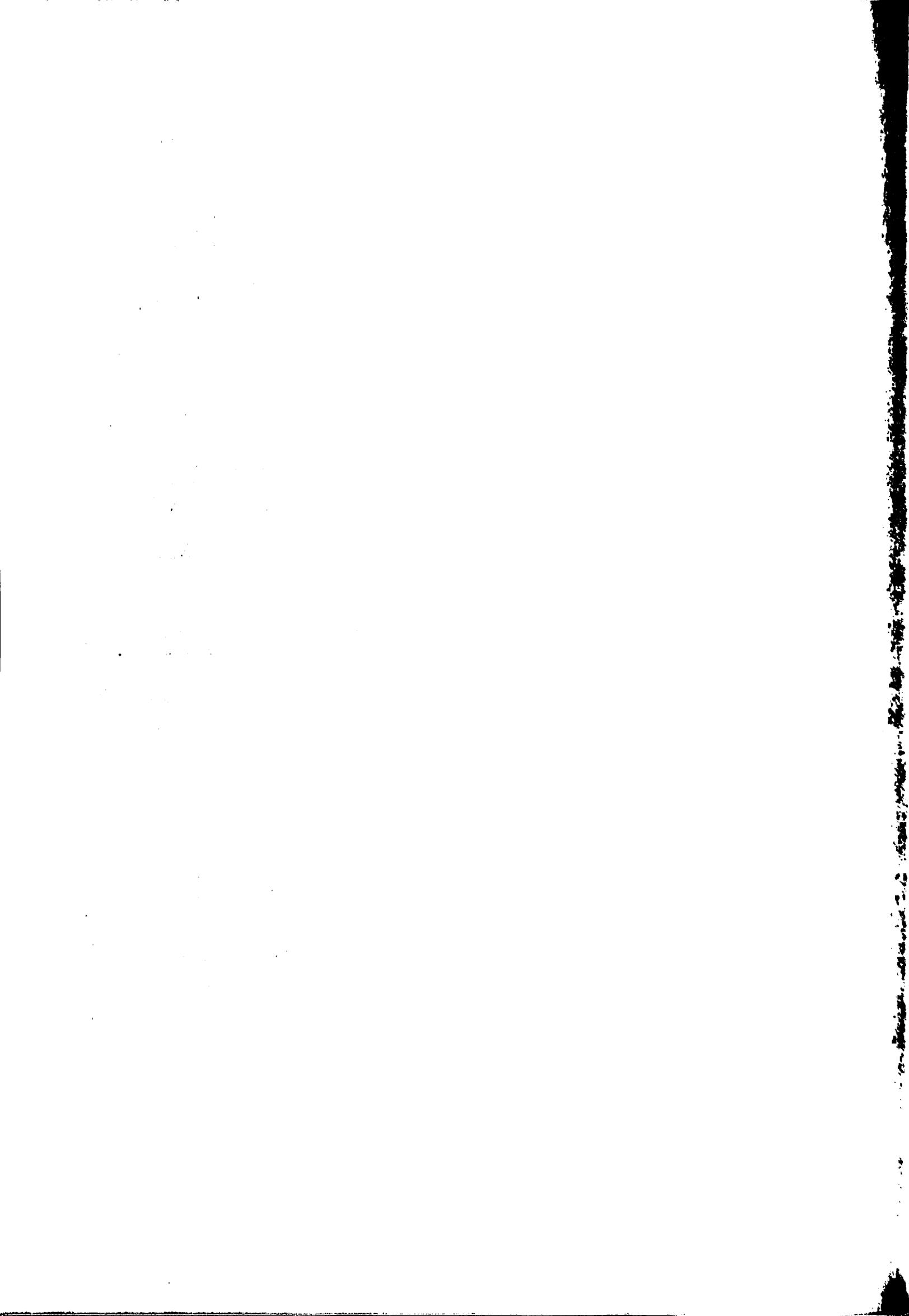
$$* Q = \frac{A \cdot R}{31 \cdot 536} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Tab. 3.3 Vergleich der gemessenen Abflüsse an den Donauegeln mit den aus der Isolinienkarte ermittelten Abflüssen

| P e g e l | | oberhalb des Pegels liegender Bilanzquerschnitt | | unterhalb des Pegels liegender Bilanzquerschnitt | | | A b f l u ß a m P e g e l | | | | | |
|-----------|---------------|---|---------------------|--|---------------|-----------|---------------------------|---------------|-----------|-------------------|-------------|---------------------|
| Nr. | Name | Einzugsgebiet A_p | | Symbol | Einzugsgebiet | Abfluß | Symbol | Einzugsgebiet | Abfluß | interpoliert | gemessen | relative Abweichung |
| | | planimetr. (Karte III/4) | offiziell (Tab.2.2) | S(i) | A_o | Q_o | S(i) | A_u | Q_u | Q_b^* | Q_g | p ** |
| (Tab.2.2) | | km ² | km ² | (Tab.3.2) | (Tab.3.2) | (Tab.3.2) | (Tab.3.2) | (Tab.3.2) | (Tab.3.2) | m ³ /s | (Tab. II/3) | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | Ingolstadt | 21 268 | 20 001 | S2 | 20 052 | 291 | S3 | 27 666 | 347 | 300 | 308 | -2,62 |
| 2 | Regensburg | 36 415 | 35 399 | S4 | 33 311 | 399 | S5 | 39 514 | 467 | 433 | 435 | -0,46 |
| 3 | Hofkirchen | 48 139 | 47 496 | S6 | 47 883 | 630 | S7 | 51 624 | 679 | 633 | 645 | -1,86 |
| 4 | Achleiten | 78 600 | 76 653 | S8 | 78 600 | 1 421 | S9 | 86 214 | 1 584 | 1 421 | 1 430 | -0,63 |
| 5 | Linz | 81 480 | 79 490 | S8 | 78 600 | 1 421 | S9 | 86 214 | 1 584 | 1 483 | 1 509 | -1,72 |
| 6 | Stein-Krems | 97 658 | 96 045 | S10 | 92 154 | 1 775 | S11 | 106 266 | 1 909 | 1 827 | 1 864 | -1,98 |
| 7 | Wien-Nußdorf | 103 034 | 101 700 | S10 | 92 154 | 1 775 | S11 | 106 266 | 1 909 | 1 878 | 1 943 | -3,35 |
| 8 | Bratislava | 133 899 | 131 338 | S12 | 133 899 | 2 033 | S15 | 168 882 | 2 269 | 2 033 | 2 020 | +0,64 |
| 10 | Dunaalmas | 174 809 | 171 720 | S16 | 174 297 | 2 296 | S17 | 175 741 | 2 299 | 2 297 | 2 314 | -0,73 |
| 11 | Nagymaros | 186 037 | 183 534 | S20 | 185 717 | 2 368 | S21 | 196 186 | 2 386 | 2 369 | 2 379 | -0,42 |
| 12 | Mohács | 213 363 | 209 064 | S22 | 211 315 | 2 425 | S23 | 218 338 | 2 439 | 2 429 | 2 389 | +1,67 |
| 13 | Bezdán | 214 579 | 210 250 | S22 | 211 315 | 2 425 | S23 | 218 338 | 2 439 | 2 432 | 2 479 | -1,90 |
| 14 | Bogojevo | 260 948 | 251 593 | S24 | 260 148 | 3 016 | S25 | 265 530 | 3 026 | 3 017 | 3 060 | -1,41 |
| 15 | Pancevo | 529 476 | 525 009 | S28 | 529 156 | 5 505 | S29 | 533 488 | 5 512 | 5 506 | 5 490 | +0,29 |
| 16 | V. Gradiste | 576 969 | 570 375 | S30 | 571 721 | 5 774 | S31 | 598 960 | 5 914 | 5 801 | 5 745 | +0,97 |
| 17 | Orsova | 579 401 | 576 232 | S30 | 571 721 | 5 774 | S31 | 598 960 | 5 914 | 5 813 | 5 699 | +2,00 |
| 18 | Novo Selo | 584 809 | 584 900 | S30 | 571 721 | 5 774 | S31 | 598 960 | 5 914 | 5 841 | 5 842 | -0,02 |
| 19 | Lom | 596 048 | 588 860 | S30 | 571 721 | 5 774 | S31 | 598 960 | 5 914 | 5 899 | 5 766 | +2,31 |
| 20 | Svistov | 658 228 | 650 340 | S36 | 655 636 | 6 320 | S37 | 673 620 | 6 394 | 6 331 | 6 175 | +2,53 |
| 21 | Zimnicea | 658 228 | 658 400 | S36 | 655 636 | 6 320 | S37 | 673 620 | 6 394 | 6 331 | 6 152 | +2,91 |
| 22 | Ruse | 677 000 | 669 900 | S38 | 677 000 | 6 401 | S39 | 680 938 | 6 404 | 6 401 | 6 264 | +2,19 |
| 23 | Silistra | 697 328 | 689 700 | S40 | 692 752 | 6 475 | S41 | 709 325 | 6 486 | 6 478 | 6 300 | +2,83 |
| 24 | Vadu Oii | 719 630 | 709 100 | S42 | 719 630 | 6 534 | S43 | 726 555 | 6 534 | 6 534 | 6 216 | +5,16 |
| 25 | Ceatal Izmail | 808 180 | 807 000 | S46 | 802 036 | 6 854 | S47 | 817 000 | 6 857 | 6 855 | 6 550 | +4,66 |

$$* Q_b = Q_o + (Q_u - Q_o) \frac{A_p - A_o}{A_u - A_o}$$

$$** p = \frac{Q_b - Q_g}{Q_g} \cdot 100$$



Tab 3.4 Wasserbilanzen für ausgewählte Landschaftsräume

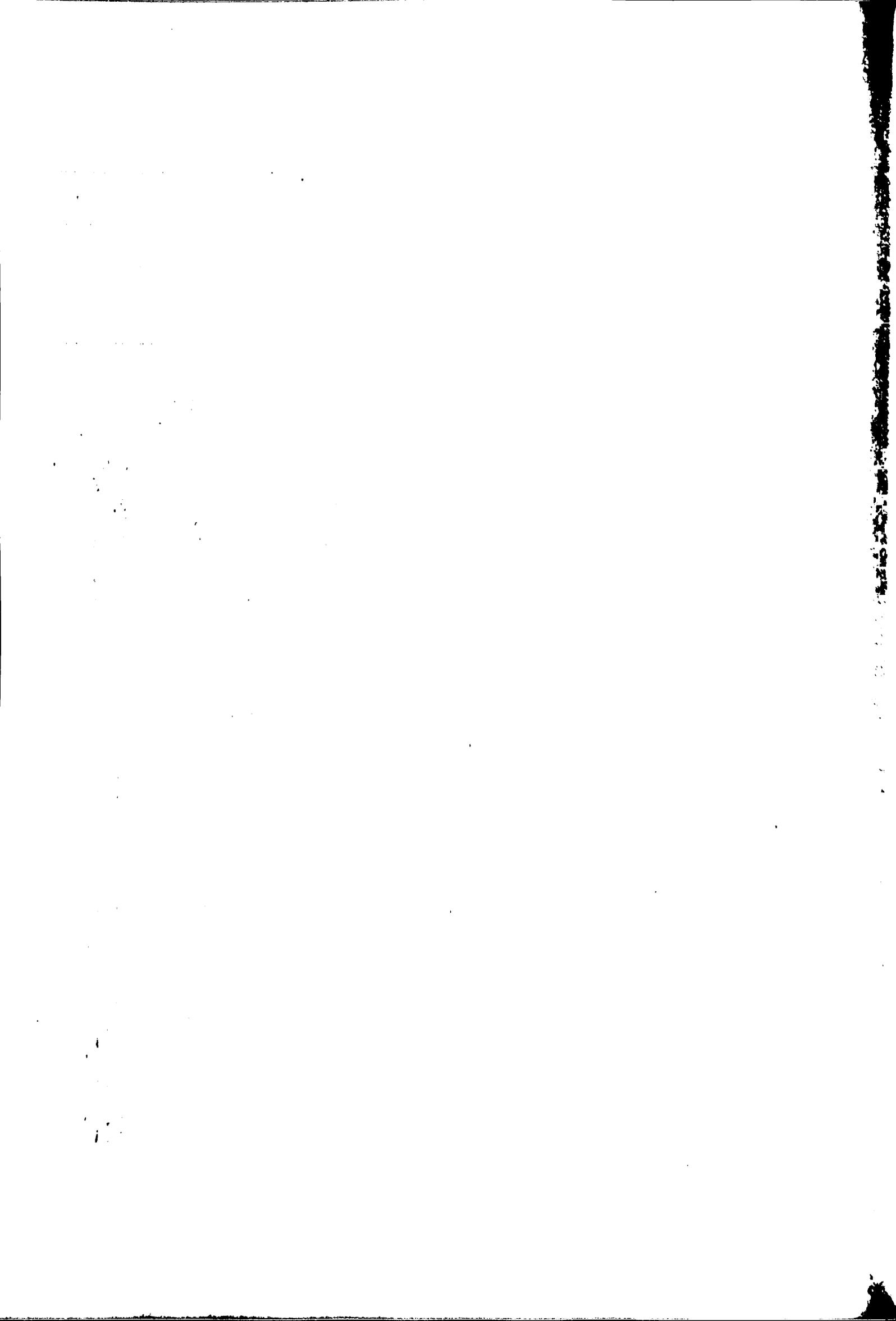
| Teileinzugsgebiet | | | Gebietsmittelwert | | | Abfluß- beiwert |
|-------------------|------|---|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Nr. | Fluß | Fläche (Tab. 3.1) km ² | Nieder- schlag P mm/a | Ver- dunstung E mm/a | Ab- fluß R mm/a | $e = \frac{R}{P}$ |

E i n z u g s g e b i e t e i m H o c h g e b i r g e

| | | | | | | |
|----|------|--------|-------|-----|-------|------|
| 2 | Lech | 4 398 | 1 349 | 536 | 769 | 0,57 |
| 6 | Isar | 8 369 | 1 174 | 536 | 614 | 0,52 |
| 8 | Inn | 26 976 | 1 315 | 436 | 868 | 0,66 |
| 10 | Enns | 5 940 | 1 483 | 483 | 1 016 | 0,68 |
| 14 | Vah | 9 714 | 906 | 534 | 415 | 0,46 |
| 25 | Drau | 41 810 | 998 | 575 | 435 | 0,44 |
| 28 | Save | 94 778 | 1 091 | 634 | 514 | 0,47 |

E i n z u g s g e b i e t e i m M i t t e l g e b i r g e u n d H ü g e l l a n d

| | | | | | | |
|----|-----------|---------|-----|-----|-----|------|
| 4 | Naab | 5 645 | 767 | 490 | 288 | 0,37 |
| 12 | March | 27 633 | 640 | 483 | 141 | 0,22 |
| 13 | Raab | 14 702 | 738 | 592 | 130 | 0,18 |
| 16 | Nitra | 5 415 | 694 | 549 | 157 | 0,23 |
| 18 | Hron | 5 251 | 809 | 514 | 290 | 0,36 |
| 20 | Ipel | 4 594 | 661 | 531 | 139 | 0,21 |
| 22 | Sio | 15 129 | 663 | 572 | 81 | 0,12 |
| 26 | Theiß | 158 182 | 744 | 560 | 177 | 0,24 |
| 30 | V. Morava | 38 233 | 746 | 540 | 216 | 0,29 |
| 32 | Jiu | 10 731 | 831 | 576 | 278 | 0,33 |
| 34 | Iskar | 7 811 | 725 | 455 | 230 | 0,32 |
| 36 | Olt | 24 810 | 873 | 592 | 234 | 0,27 |
| 38 | Lom | 3 380 | 599 | 512 | 66 | 0,11 |
| 40 | Arqes | 11 814 | 800 | 577 | 190 | 0,24 |
| 42 | Ialomita | 10 305 | 738 | 556 | 146 | 0,20 |
| 44 | Siret | 45 420 | 757 | 550 | 157 | 0,21 |
| 46 | Prut | 28 945 | 606 | 470 | 96 | 0,16 |



Tab. 3.5 Abflußbilanzen für die nach Staatsgrenzen gebildeten Bilanzgebiete

| S t a a t | Eintretendes Wasserdargebot | | | | Entstehendes Wasser- dargebot nach Teil- | | Austrretendes Wasserdargebot | | | |
|-------------------------------|---|---|-----------------------------------|---|---|---|---|--|-------------------------------------|---|
| | nach liefernden Teileinzugsgebieten | | nach liefernden Staatsgebieten | | einzugsgebieten | | nach aufnehmenden Teileinzugsgebieten | | nach aufnehmenden Staatsgebieten | |
| N a m e und S y m b o l | Symbol des Teil- einzugsgebiets | Abfluß Q _{ein} m ³ /s | Symbol des Staates | Abfluß Q _{ein} m ³ /s | Symbol des Teileinzugs- gebiets | Abfluß Q _g m ³ /s | Symbol des Teil- einzugsgebiets | Abfluß Q _{aus} Q* _{aus} m ³ /s | Symbol des Staates | Gesamt- abfluß Q _{aus} Q* _{aus} m ³ /s |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Bundesrepublik Deutschland | 1/A 2/A 6/A 4/CS 5/CS 7/CS | 5 38 25 4 7 3 | A | 68 | 1/D 2/D 3 4/D 5/D 6/D 7/D 8/D 9/D | 182 70 56 49 62 141 48 185 8 | 9/A | 883 | A | 883 |
| D | | | | | | | | | | |
| Summe D | | 82 | | 82 | | 801 | | 883 | | 883 |
| Italien / I | | | | | 8/I 24/I 28/I | 7 4 6 | 8/CH 24/A 28/YU | 7 4 6 | CH A YU | 7 4 6 |
| Summe I | | | | | | 17 | | 17 | | 17 |
| Schweiz / CH | 8/I | 7 | I | 7 | 8/CH | 44 | 8/A | 51 | A | 51 |
| Summe CH | | 7 | | 7 | | 44 | | 51 | | 51 |
| Österreich | 9/D 8/CH 9/CS 24/I | 883 51 2 4 | D CH CS I | 883 51 2 4 | 1/A 2/A 6/A 8/A 9/A 10 11 12/A 13/A 15/A 24/A | 5 38 25 505 151 188 132 13 38 17 424 | 15/CS 13/H 15/H 24/YU (H) 1/D 2/D 6/D | 970 38 972 428 5* 38* 25* | CS H YU D | 970 1 010 428 68 |
| A | | | | | | | | | | |
| Summe A | | 940 | | 940 | | 1 536 | | 68* 2 408 | | 2 476 |
| Polen / PL | | | | | 14/PL | 3 | 14/CS | 3 | CS | 3 |
| Summe PL | | | | | | 3 | | 3 | | 3 |
| Tschechoslo- wakei | 15/A 14/PL 26/SU (CS) | 970 3 92 | A PL SU | 970 3 92 | 4/CS 5/CS 7/CS 9/CS 12/CS 14/CS 15/CS 16 17/CS 18 19/CS 20/CS 26/CS | 4 7 3 2 113 126 26 28 1 49 0,1 17 122 | 4/D 5/D 7/D 9/A 21/H 26/H | 4* 7* 3* 2* 1 333 214 | D A H | 14 2 1 547 |
| CS | | | | | | | | | | |
| Summe CS | | 1 065 | | 1 065 | | 498 | | 16* 1 547 | | 1 563 |
| Ungarn | 13/A 15/A 19/CS 26/CS 26/SU (H) 26/R (H) 24/YU (H)* | 38 972 1 333 214 205 380 223 | A PL SU CS R H | 1 010 3 92 1 547 205 380 223 | 13/H 15/H 17/H 19/H 20/H 21 22/H 23/H 24/H 26/H | 20 5 2 0,2 3 17 36 9 28 56 | 23/YU 24/YU 26/YU | 2 435 251 855 | YU | 3 541 |
| H | | | | | | | | | | |
| Summe H | | 3 365 | | 3 365 | | 176 | | 3 541 | | 3 541 |
| Albanien / AL | | | | | 28/AL | 4 | 28/YU | 4 | YU | 4 |
| Summe AL | | | | | | 4 | | 4 | | 4 |

* in das Land wieder zurückkehrender Abfluß

Fortsetzung Tab. 3.5

| S t a a t | | Eintretendes Wasserdargebot | | | Entstehendes Wasser- dargebot nach Teil | | Austrretendes Wasserdargebot | | | |
|-------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------|--|---|-------------------------------------|---|
| N a m e und S y m b o l | nach liefernden Teileinzugsgebieten | | nach liefernden Staatsgebieten | | einzugsgebieten | | nach aufnehmenden Teileinzugsgebieten | | nach aufnehmenden Staatsgebieten | |
| | Symbol des Teil- einzugsgebiets | Abfluß Q_{ein} m^3/s | Symbol des Staates | Abfluß Q_{ein} m^3/s | Symbol des Teileinzugs- gebiets | Abfluß Q_g m^3/s | Symbol des Teil- einzugsgebiets | Abfluß Q_{aus} Q_{aus}^* m^3/s | Symbol des Staates | Gesamt- abfluß Q_{aus} m^3/s |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Jugoslawien | 24/A | 428 | A | 428 | 23/YU | 5 | 24/H | 223* | H | 223 |
| YU | 23/H | 2 435 | H | 3 541 | 24/YU | 114 | 31/R | 2 934 | R | 2 934 |
| | 24/H | 251 | | | 25 | 11 | 31/BG | 2 933 | BG | 2 933 |
| | 26/H | 855 | | | 26/YU | 7 | | | | |
| | 26/R (YU) | 12 | | | 27/YU | 3 | | | | |
| | 27/R | 42 | R | 64 | 28/YU | 1 567 | | | | |
| | 29/R | 0,2 | | | 29/YU | 7 | | | | |
| | 31/R (YU) | 10 | | | 30/YU | 259 | | | | |
| | 28/I | 6 | I | 6 | 31/YU | 66 | | | | |
| | 28/AL | 4 | AL | 4 | | | | | | |
| | 30/BG | 8 | BG | 8 | | | | | | |
| Summe YU | | 4 051 | | 4 051 | | 2 039 | | 233* 5 867 | | 6 090 |
| Bulgarien | 31/YU | 2 933 | YU | 2 933 | 30/BG | 8 | 30/YU | 8* | YU | 8 |
| BG | | | | | 31/BG | 23 | 41/R | 3 157 | R | 3 157 |
| | | | | | 33/BG | 27 | | | | |
| | | | | | 34 | 58 | | | | |
| | | | | | 35/BG | 42 | | | | |
| | | | | | 37/BG | 60 | | | | |
| | | | | | 38 | 7 | | | | |
| | | | | | 39/BG | 2 | | | | |
| | | | | | 41/BG | 5 | | | | |
| Summe BG | | 2 933 | | 2 933 | | 232 | | 8* 3 157 | | 3 165 |
| Rumänien | 31/YU | 2 934 | YU | 2 934 | 26/R | 453 | 26/SU (H) | 61* | SU | 3 451 |
| RO | 41/BG | 3 157 | BG | 3 157 | 27/R | 42 | 47/SU | 3 390 | H | 380 |
| | 44/SU | 18 | SU | 18 | 29/R | 0,2 | 26/H | 380* | | |
| | | | | | 31/R | 50 | 26/YU | 12* | | |
| | | | | | 32 | 91 | 27/YU | 42 | | |
| | | | | | 33/R | 1 | 29/YU | 0,2 | YU | 64 |
| | | | | | 35/R | 1 | 31/YU | 10 | | |
| | | | | | 36 | 177 | Schwarzes Meer | 3 391 | Schwarzes Meer | 3 391 |
| | | | | | 37/R | 15 | | | | |
| | | | | | 39/R | 1 | | | | |
| | | | | | 40 | 69 | | | | |
| | | | | | 41/R | 5 | | | | |
| | | | | | 42 | 50 | | | | |
| | | | | | 43 | 5 | | | | |
| | | | | | 44/R | 202 | | | | |
| | | | | | 45 | 0,3 | | | | |
| | | | | | 46/R | 14 | | | | |
| | | | | | 47/R | 1 | | | | |
| Summe RO | | 6 109 | | 6 109 | | 1 177 | | 505* 6 781 | | 7 286 |
| Sowjetunion | 26/R (SU) | 61 | R | 3 451 | 26/SU | 235 | 26/CS | 92* | CS | 92 |
| SU | 46/R | 3 390 | | | 44/SU | 18 | 26/H | 205* | H | 205 |
| | | | | | 46/SU | 74 | 44/R | 18* | R | 18 |
| | | | | | 47/SU | 3 | Schwarzes Meer | 3 466 | Schwarzes Meer | 3 466 |
| Summe SU | | 3 451 | | 3 451 | | 330 | | 315* 3 466 | | 3 781 |

* in das Land wieder zurückkehrender Abfluß

Tab. 3.6 Wasserbilanz nach Staatsgebieten

| Symbol | Staat | Gebietsfläche | | rel. A_d - Anteil | | Gebietsmittelwert | | | Bilanzfehler d^{**} % | Abflußbeiwert $e = \frac{R}{P}$ |
|-------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | | insgesamt* | im Donau- becken | am Staats- gebiet | am Donau- becken | Nieder- schlag | Verdun- stung | Abfluß | | |
| | | A | A_d | $\frac{A_d}{A} \cdot 100$ | $\frac{A_d}{A_D} \cdot 100$ | P | E | R | | |
| | | km ² | km ² | % | % | mm/a | mm/a | mm/a | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| D | Bundesrepublik Deutschland | 248 687 | 59 634 | 23,98 | 7,30 | 962 | 528 | 423 | +1,14 | 0,44 |
| I | Italien | 301 278 | 471 | 0,16 | 0,6 | 1 425 | 391 | 1 139 | -7,37 | 0,80 |
| CH | Schweiz | 41 293 | 1 819 | 4,41 | 0,22 | 1 136 | 358 | 768 | +0,88 | 0,68 |
| A | Österreich | 83 855 | 80 731 | 96,27 | 9,88 | 1 098 | 508 | 600 | -0,91 | 0,55 |
| PL | Polen | 312 683 | 270 | 0,09 | 0,03 | 959 | 525 | 372 | +6,46 | 0,39 |
| CS | Tschechoslowakei | 127 896 | 73 040 | 57,11 | 8,94 | 719 | 513 | 215 | -1,25 | 0,30 |
| H | Ungarn | 93 036 | 93 036 | 100,00 | 11,39 | 609 | 539 | 60 | +1,64 | 0,10 |
| AL | Albanien | 28 748 | 101 | 0,35 | 0,01 | 1 875 | 494 | 1 292 | +4,75 | 0,69 |
| YU | Jugoslawien | 255 804 | 183 210 | 71,62 | 22,42 | 928 | 606 | 351 | -3,12 | 0,38 |
| BG | Bulgarien | 110 912 | 48 178 | 43,44 | 5,90 | 661 | 487 | 152 | +3,33 | 0,23 |
| RO | Rumänien | 237 500 | 232 249 | 97,79 | 28,43 | 752 | 557 | 160 | +4,65 | 0,21 |
| SU | Sowjetunion | 22 402 200 | 44 267 | 0,20 | 5,42 | 748 | 509 | 235 | +0,53 | 0,31 |
| Donaubecken | | | 817 000 = A_D | | 100,00 | 816 = P_D | 547 = E_D | 264 = R_D | +0,60 = d_D | 0,32 = e_D |

* Quelle: Europa Year Book 1985, Europapublisher Ltd. London

** $d = \frac{P - (E + R)}{P} \cdot 100$

Fortsetzung Tab. 3.6

| Symbol | Staat | eigenes Oberflächen Wasserdargebot | | | austretendes Wasserdargebot | | | Verhältnis zwischen eigenem und austretendem Wasserdargebot $f = \frac{Q}{Q_{aus}} \cdot 100$ |
|--------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--|---|---|---|--|
| | | W_e km ³ /a | Q_e m ³ /s | Anteil am Wasserdargebot des Donaubeckens $a = \frac{Q}{Q_D} \cdot 100$ % | nicht zurückkehrend Q_{aus} m ³ /s | zurückkehrend Q^*_{aus} m ³ /s | insgesamt $Q_{aus} + Q^*_{aus}$ m ³ /s | |
| 1 | 2 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| D | Bundesrepublik Deutschland | 25,26 | 801 | 11,65 | 883 | - | 883 | 90,71 |
| I | Italien | 0,54 | 17 | 0,25 | 17 | - | 17 | 100,00 |
| CH | Schweiz | 1,40 | 44 | 0,64 | 51 | - | 51 | 86,27 |
| A | Österreich | 48,44 | 1 536 | 22,34 | 2 408 | 68 | 2 476 | 63,77 |
| PL | Polen | 0,10 | 3 | 0,04 | 3 | - | 3 | 100,00 |
| CS | Tschechoslowakei | 15,70 | 498 | 7,21 | 1 547 | 16 | 1 563 | 32,19 |
| H | Ungarn | 5,58 | 176 | 2,57 | 3 541 | - | 3 541 | 4,97 |
| AL | Albanien | 0,13 | 4 | 0,06 | 4 | - | 4 | 100,00 |
| YU | Jugoslawien | 64,31 | 2 039 | 29,47 | 5 867 | 223 | 6 090 | 34,75 |
| BG | Bulgarien | 7,32 | 232 | 3,99 | 3 157 | 8 | 3 165 | 7,35 |
| RO | Rumänien | 37,16 | 1 177 | 17,00 | 6 781 | 505 | 7 286 | 17,35 |
| SU | Sowjetunion | 10,40 | 330 | 4,78 | 3 466 | 315 | 3 781 | 9,52 |
| | Donaubecken | 216,34 = W_D | 6 857 = Q_D | 100,00 | | | | |

Abbildungen
zu den Kapiteln I und II

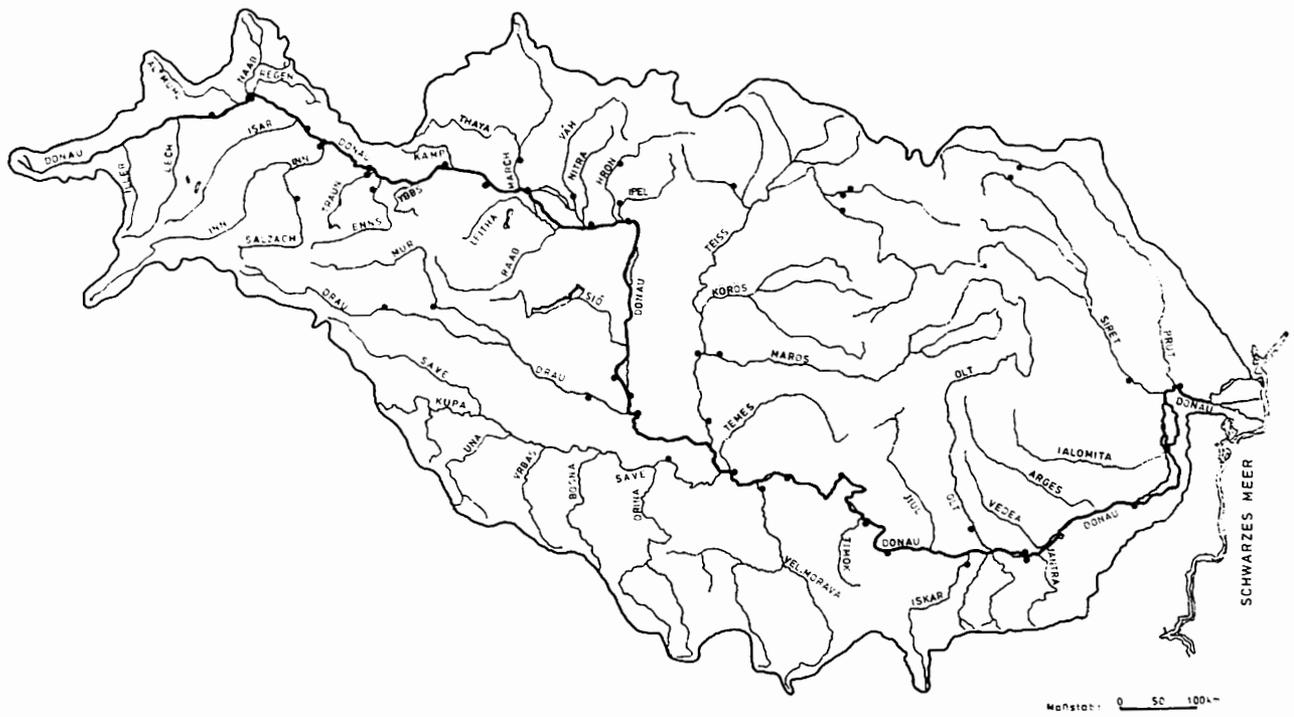


Abb. 1.2 Übersichtskarte des Gewässernetzes

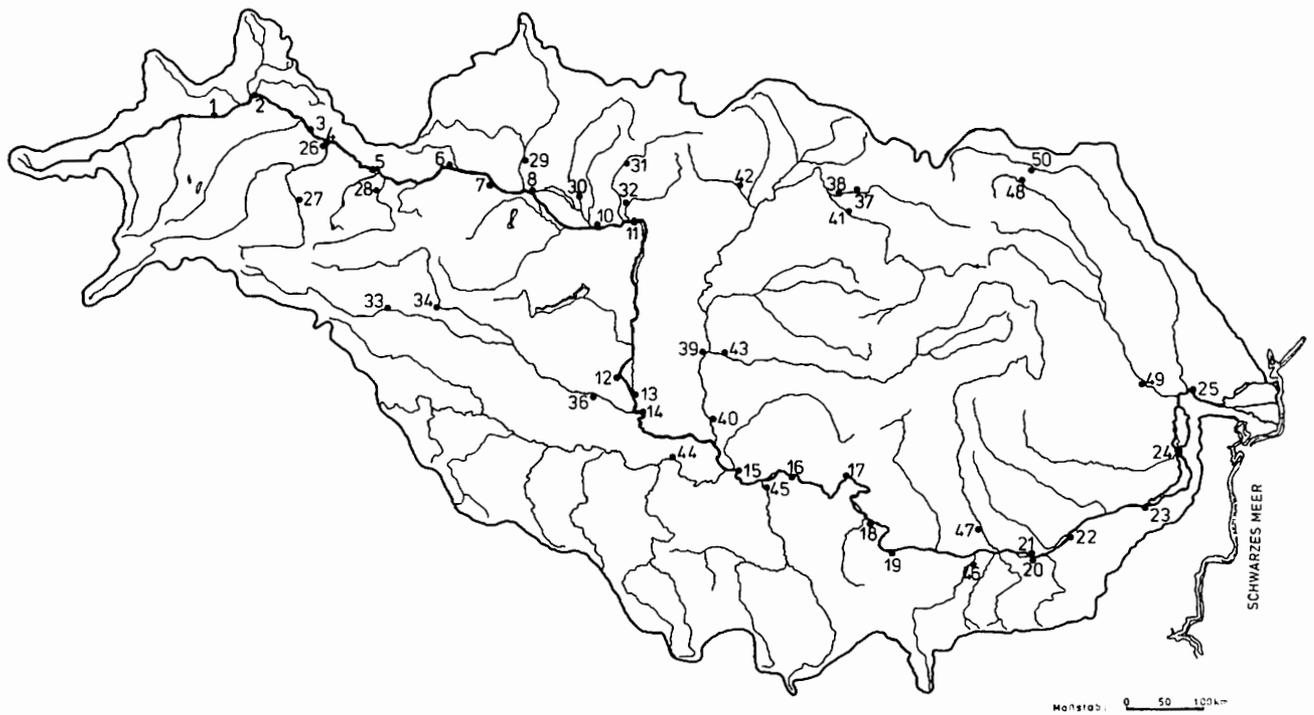


Abb. 2.1 Übersichtslageplan mit Pegelstellen

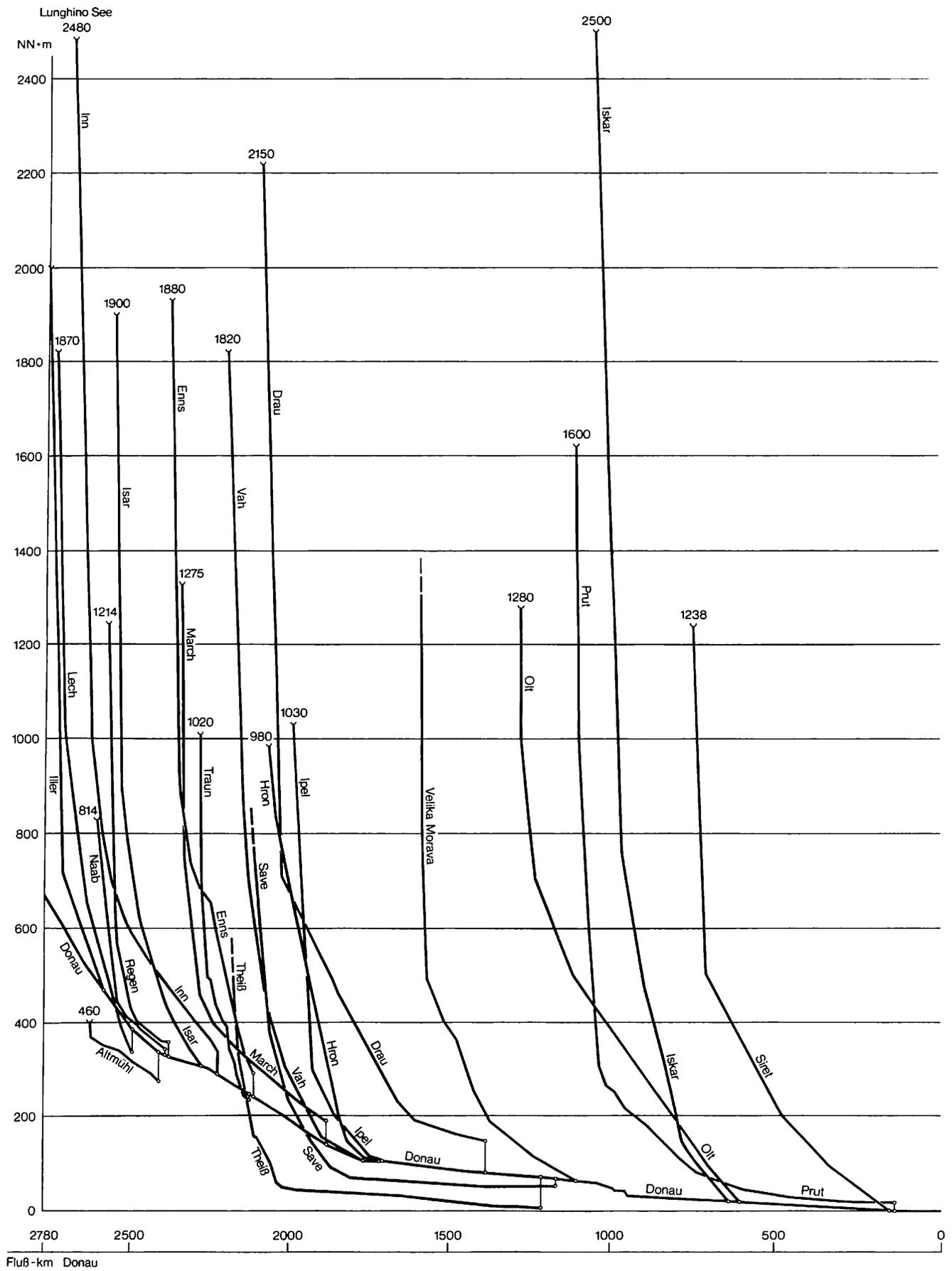


Abb. 1.3 Übersichtslängsschnitt der Donau und ihrer Hauptnebenflüsse

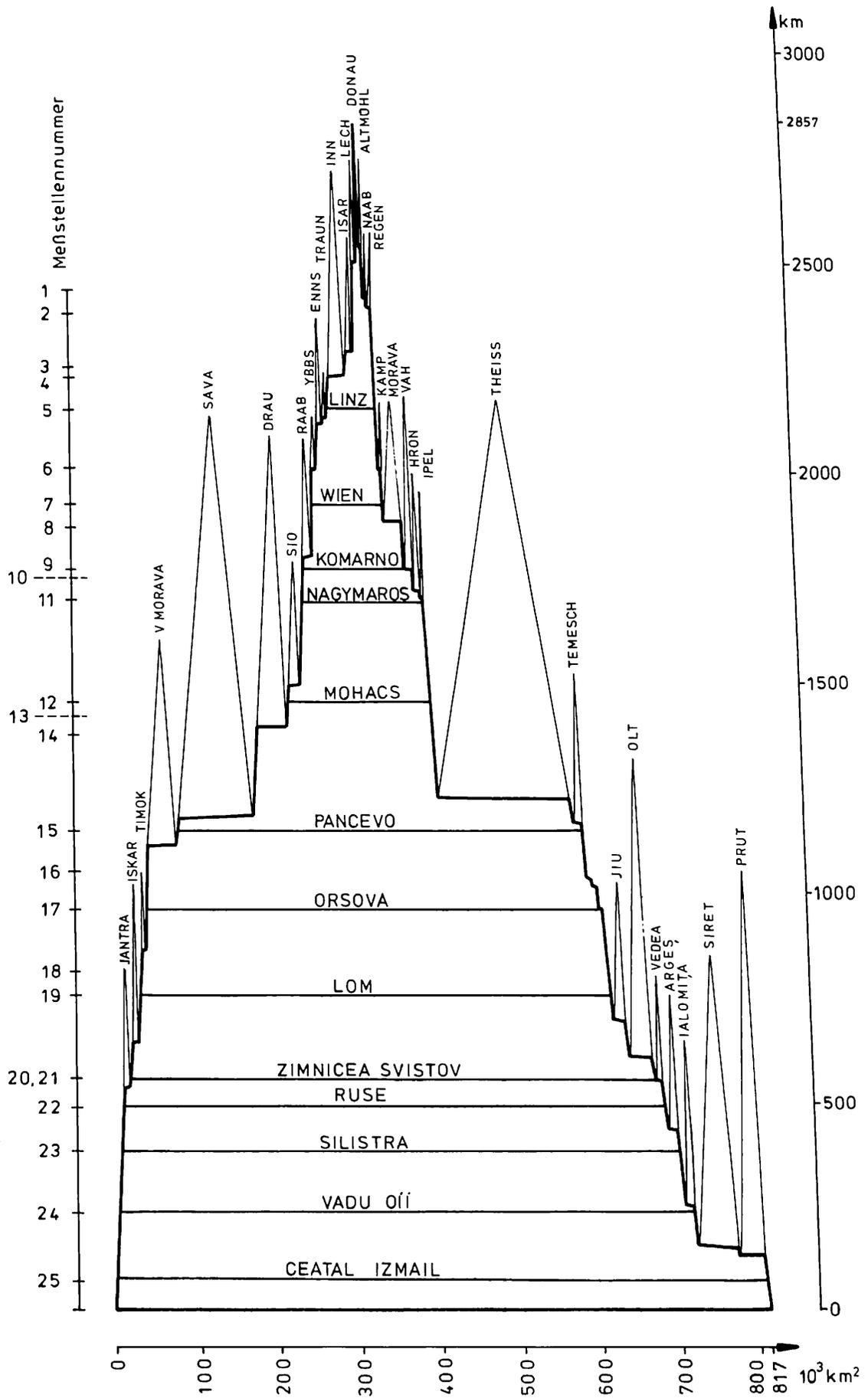


Abb. 2.2 Übersicht über den Aufbau des Einzugsgebietes der Donau

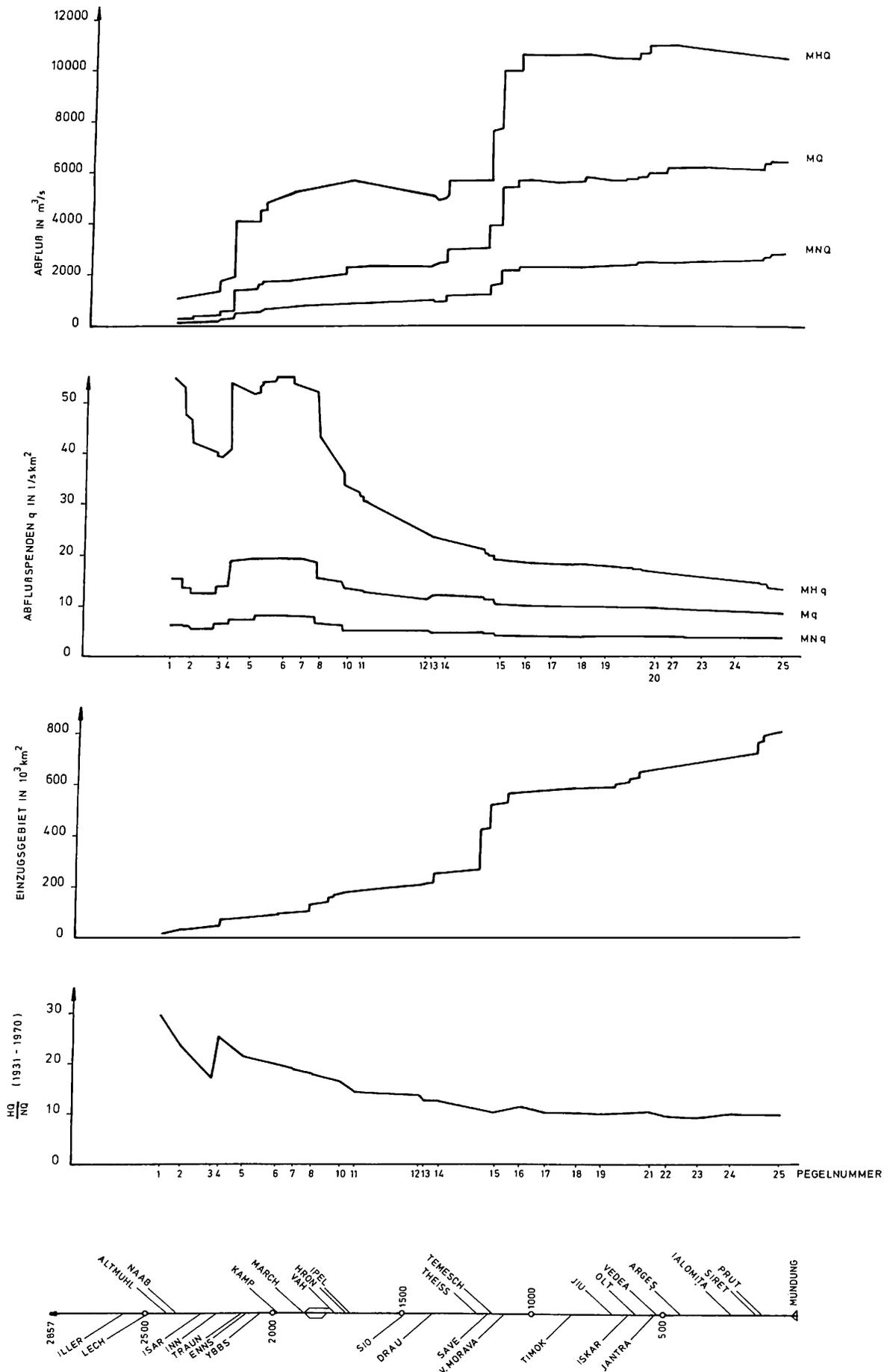


Abb. 2.3 Hydrologischer Längsschnitt der Donau

Abb. 2.4

Maximale, mittlere und minimale jährliche Wasserstände

| Nr. | F l u ß | Pegelstelle | Nr. | F l u ß | Pegelstelle |
|-----|---------|------------------|-----|-----------|-----------------|
| 1 | Donau | Ingolstadt | 26 | Inn | Wernstein |
| 2 | " | Regensburg | 29 | March | Moravsky Jan |
| 3 | " | Hofkirchen | 30 | Vah | Sala |
| 4 | " | Passau-Ilzstadt | 31 | Hron | Brehy |
| 5 | " | Linz | 32 | Ipel | Ipelsky Sokolec |
| 6 | " | Stein-Krems | 36 | Drau | Donji Miholjac |
| 7 | " | Wien-Nußdorf | 37 | Theiß | Vilok |
| 8 | " | Bratislava | 38 | " | Tiszabecs |
| 10 | " | Dunaalmas | 39 | " | Szeged |
| | | | 40 | " | Senta |
| 11 | " | Nagymaros | | | |
| 12 | " | Mohacs | 41 | Szamos | Csenger |
| 13 | " | Bezdan | 42 | Sajo | Felsőszolca |
| 14 | " | Bogojevo | 43 | Maros | Mako |
| 15 | " | Pancevo | 44 | Save | Sr. Mitrovica |
| | | | 45 | V. Morava | Lj. Most |
| 16 | " | V. Gradiste | | | |
| 17 | " | Orsova | 46 | Iskar | Orahovica |
| 18 | " | Novo Selo | 47 | Olt | Stoenesti |
| 19 | " | Lom | 48 | Siret | Storozinec |
| 20 | " | Svistov | 49 | " | Lungoci |
| | | | 50 | Prut | Cernovci |
| 21 | " | Zimnicea | | | |
| 22 | " | Ruse | | | |
| 23 | " | Silistra | | | |
| 24 | " | Vadu Oii-Hirsova | | | |
| 25 | " | Ceatal Izmail | | | |

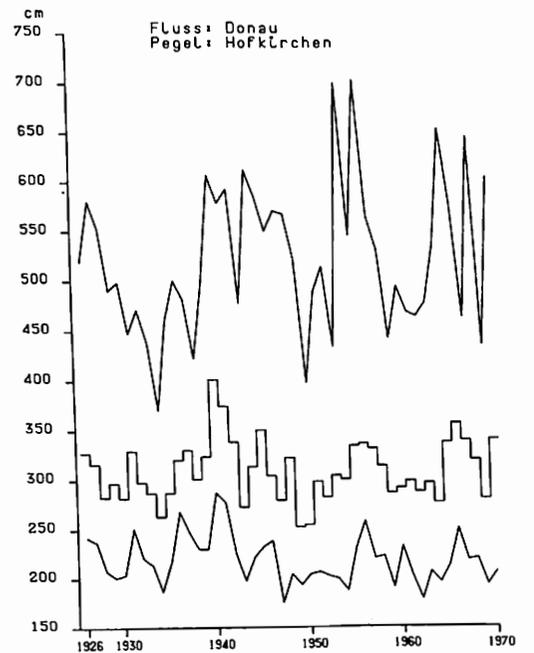
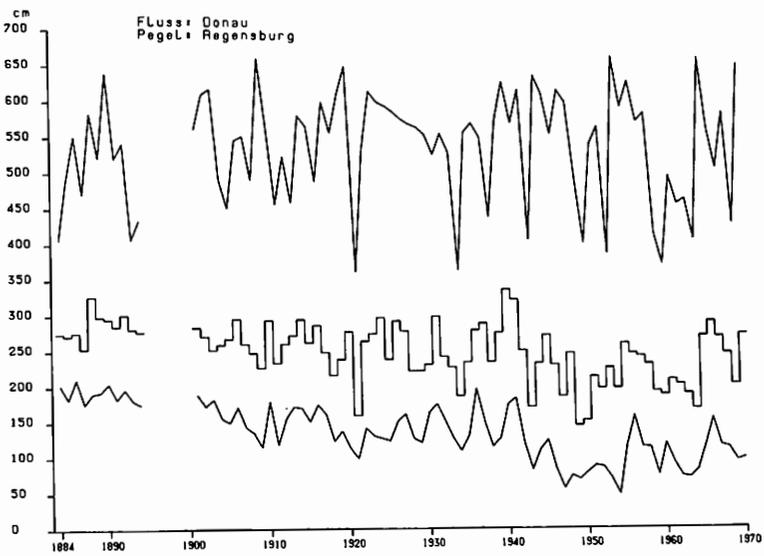
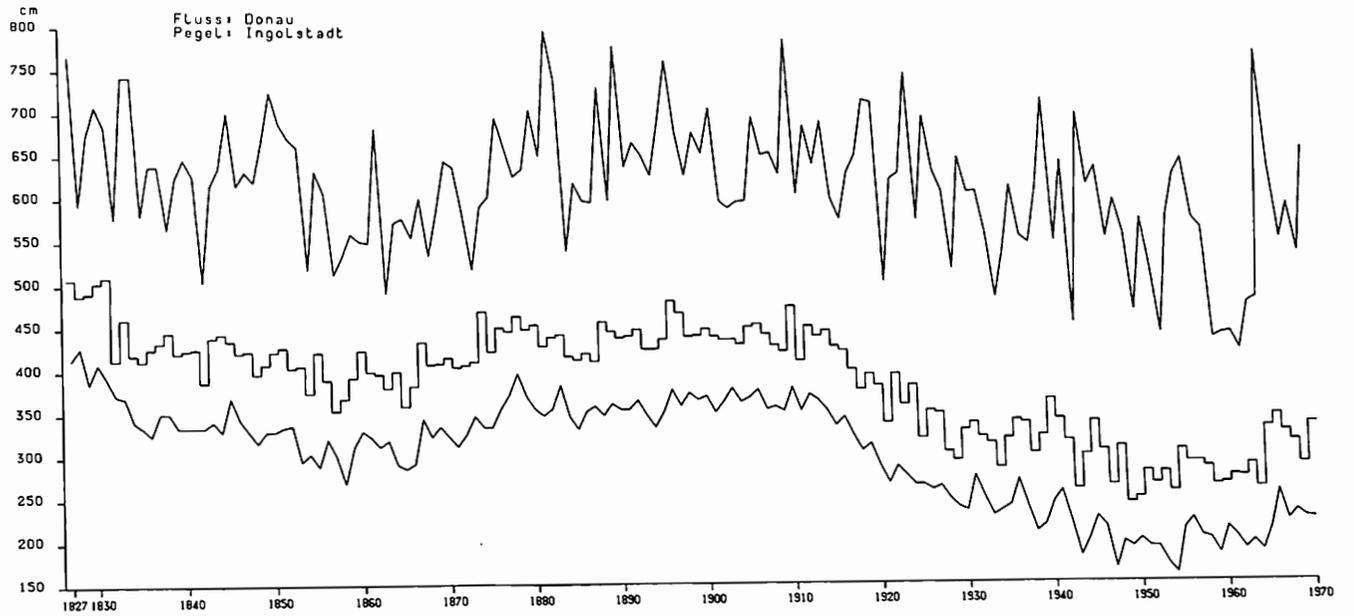
1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is essential for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

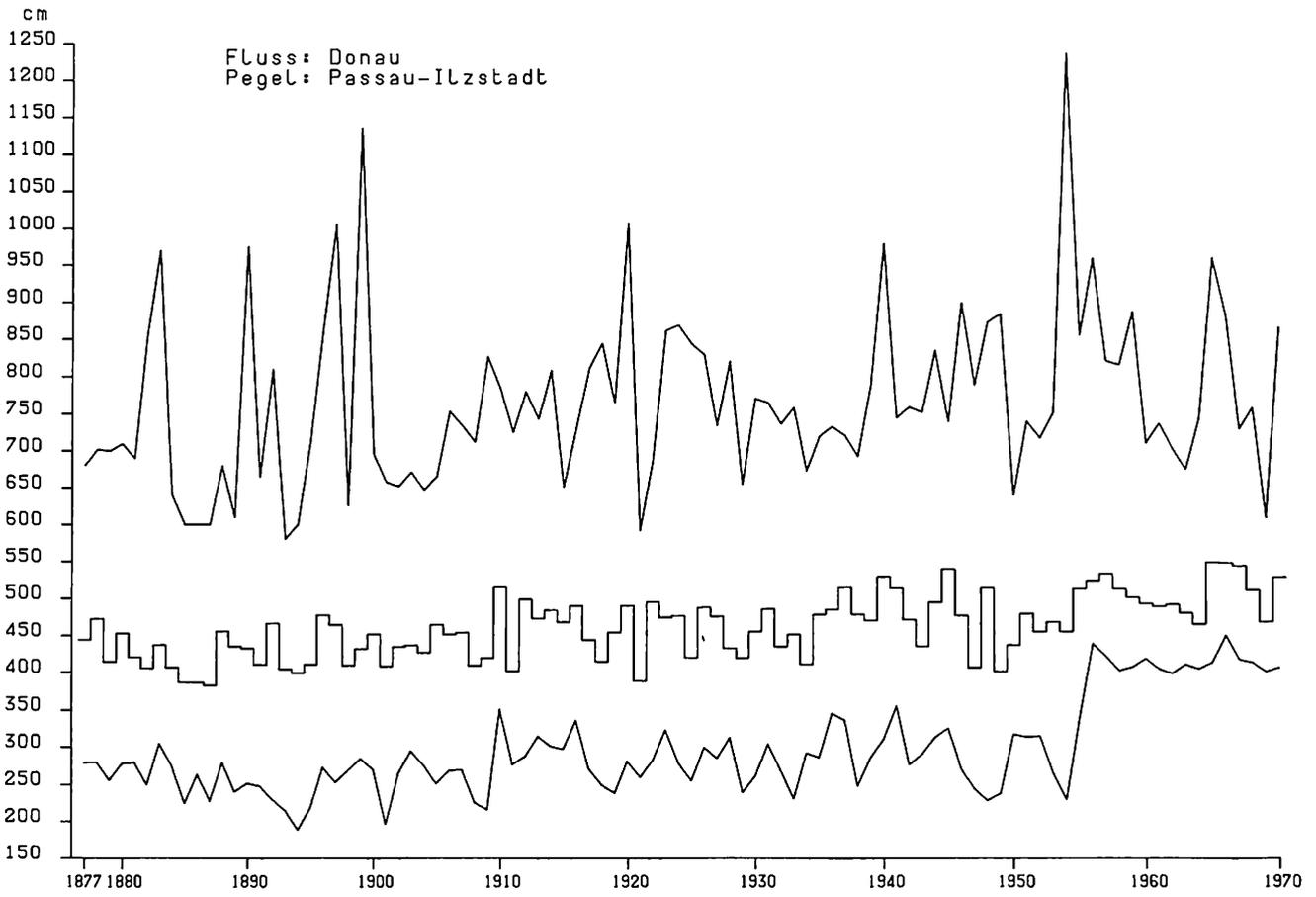
2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent data collection practices and the use of advanced analytical techniques to derive meaningful insights from the data.

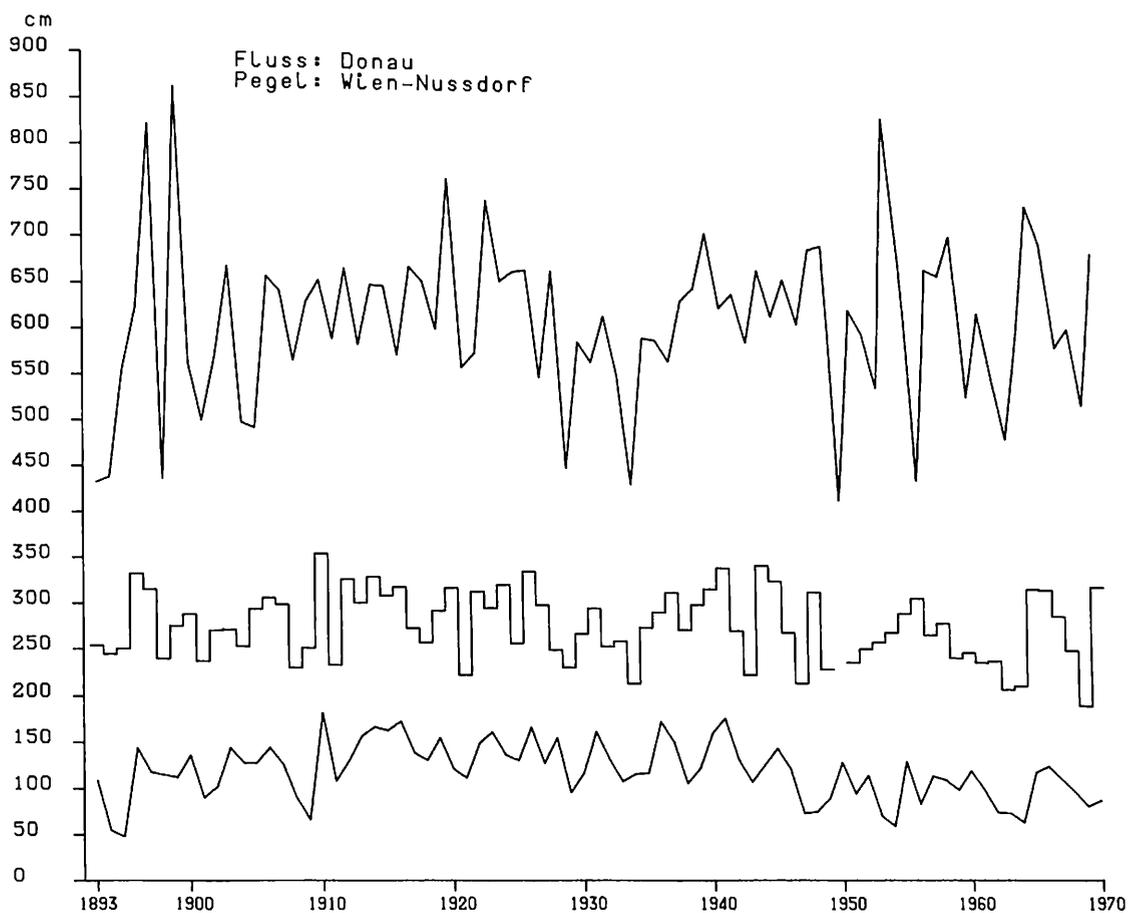
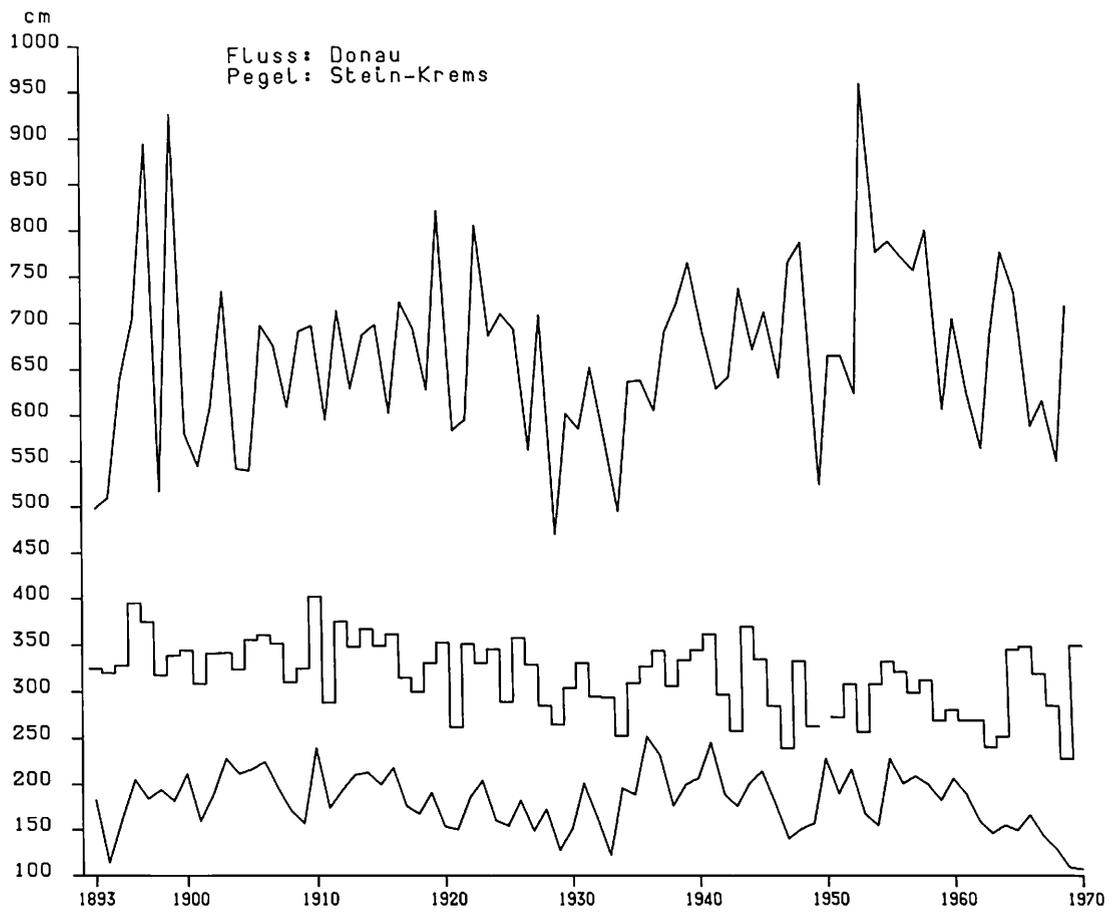
3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and processing, thereby improving efficiency and accuracy.

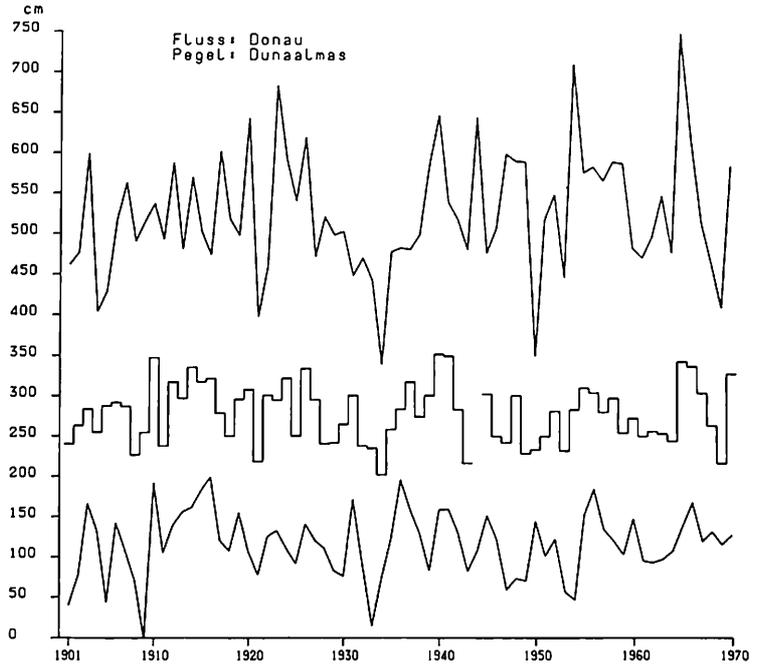
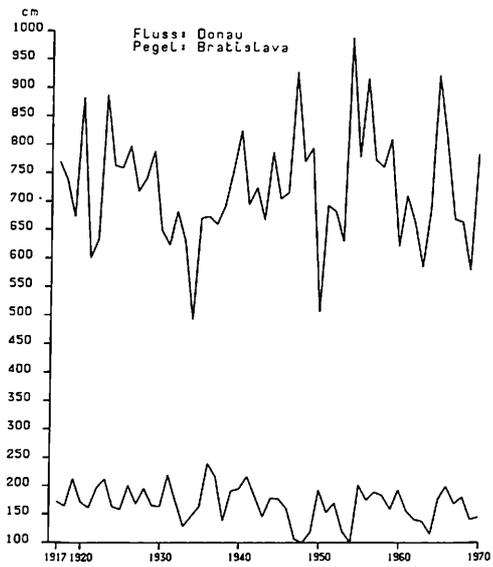
4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that the data remains reliable and secure throughout its lifecycle.

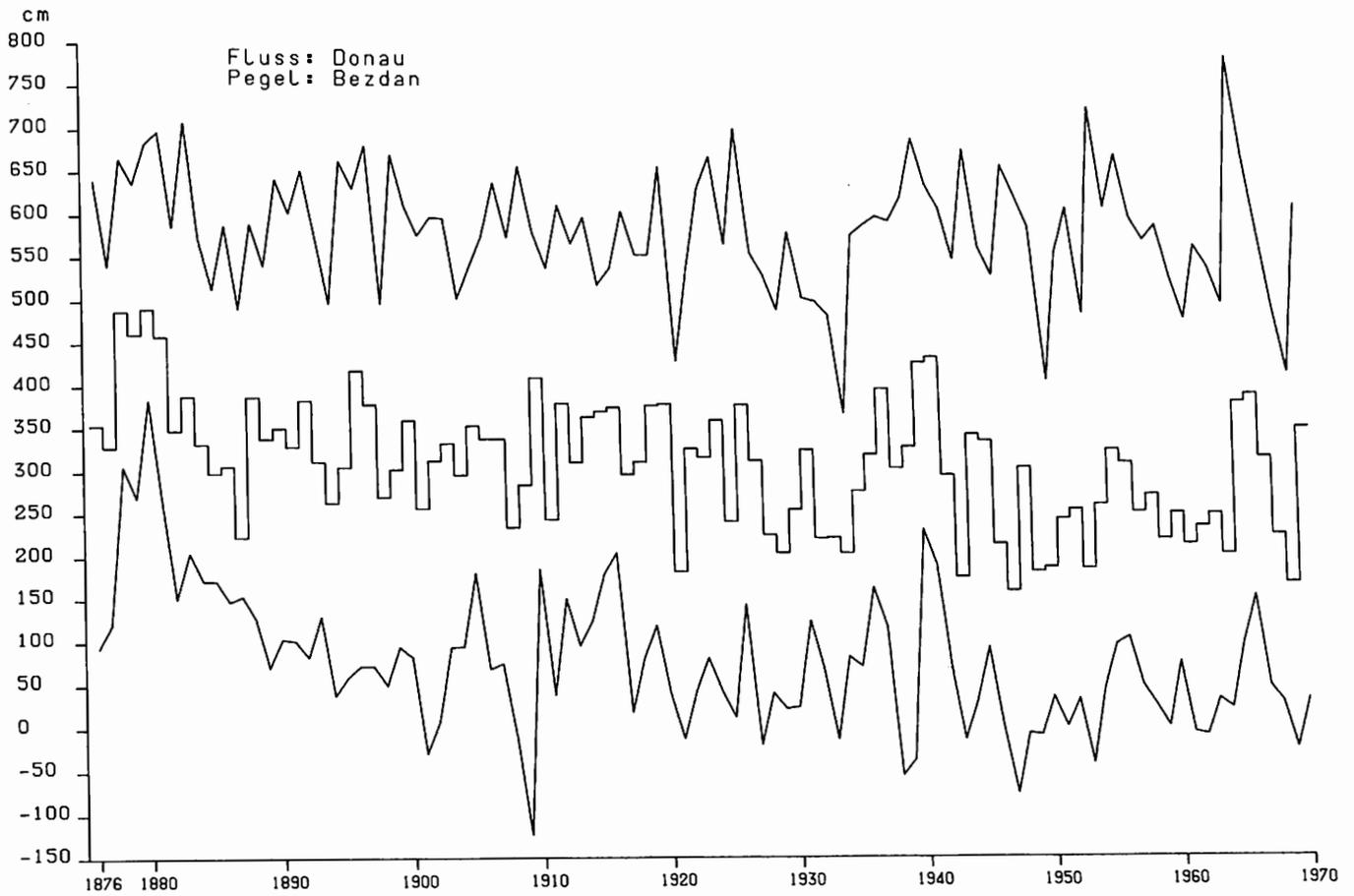
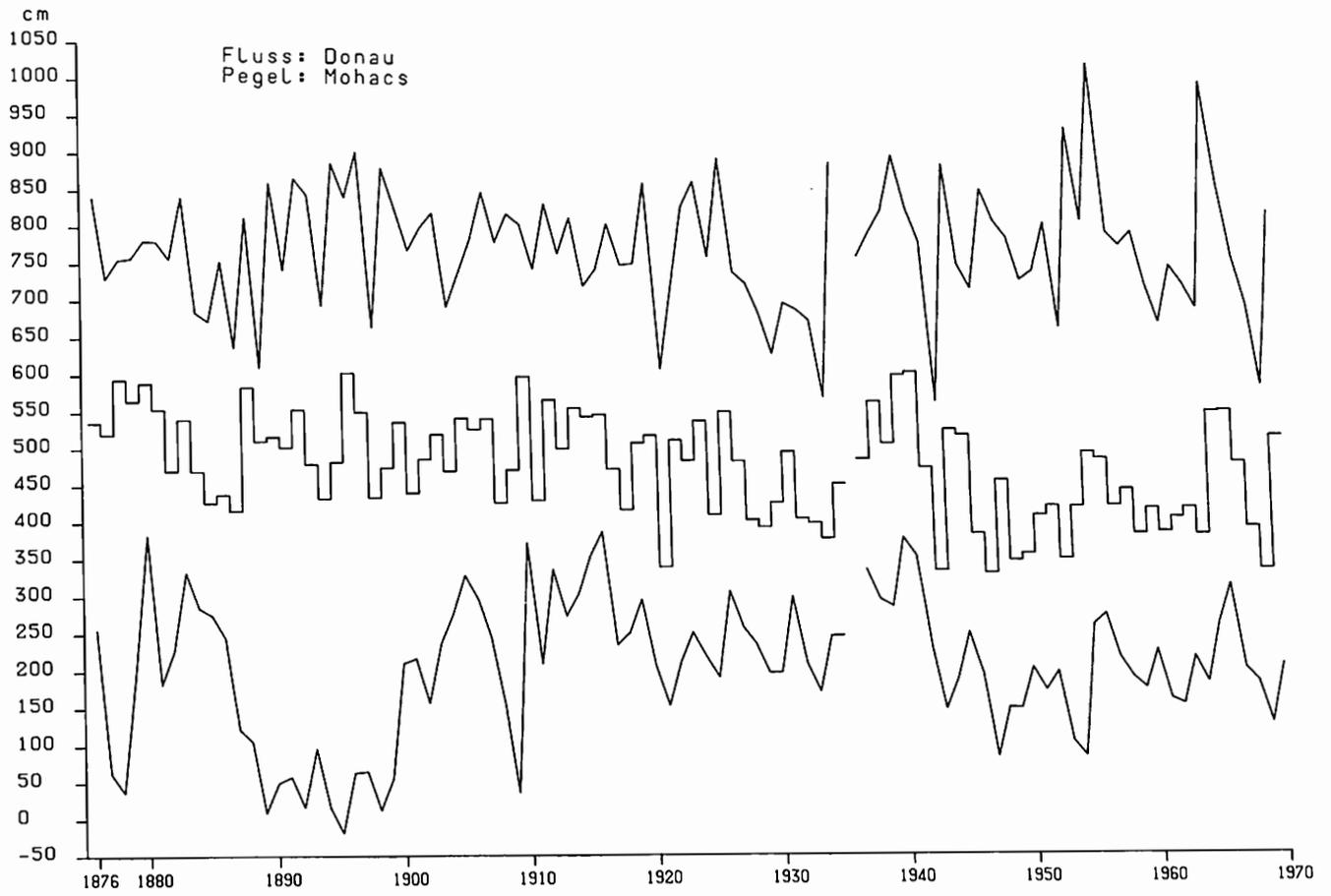
5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of a data-driven approach in decision-making and the need for continuous monitoring and improvement of data management processes.

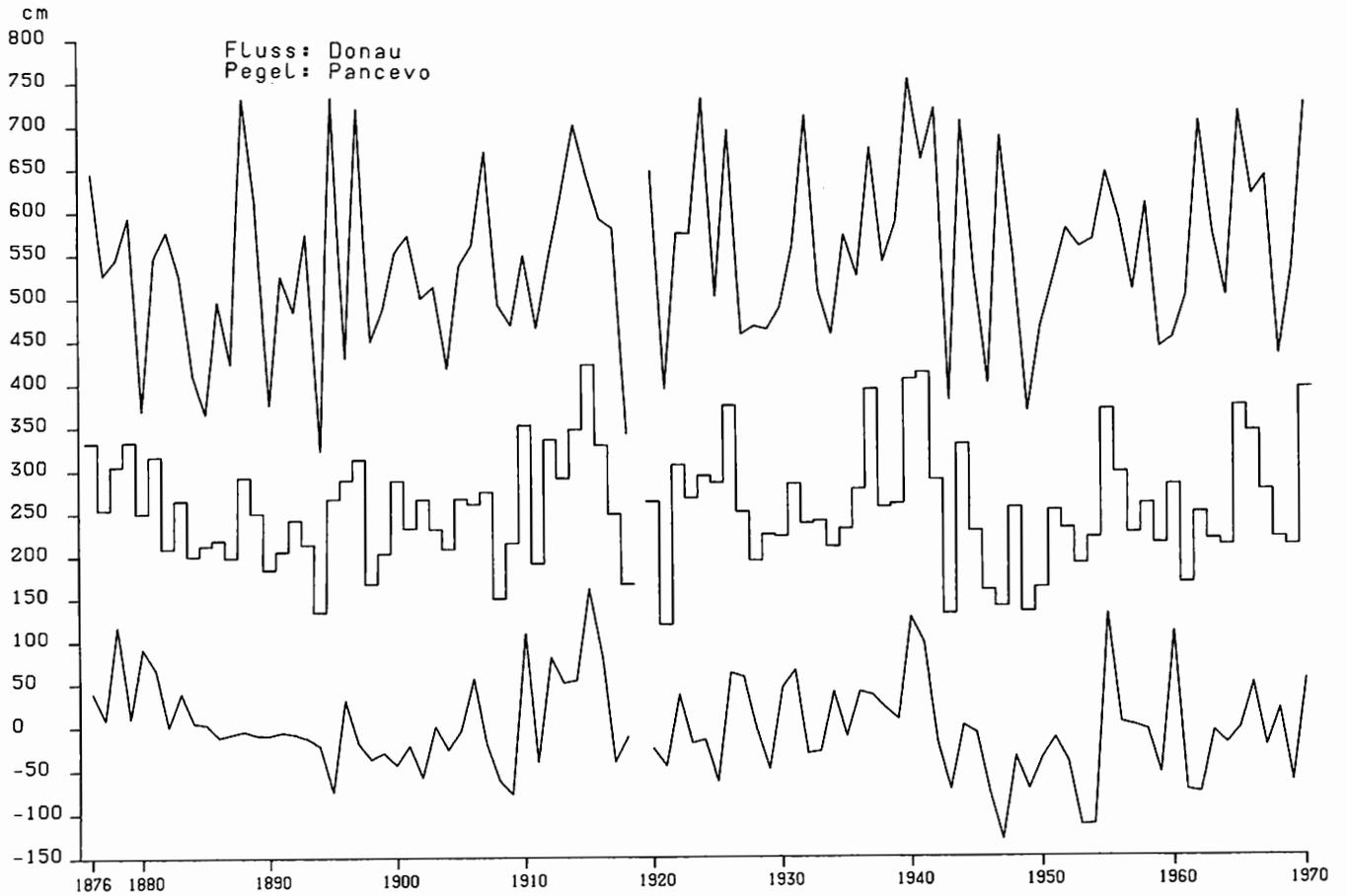
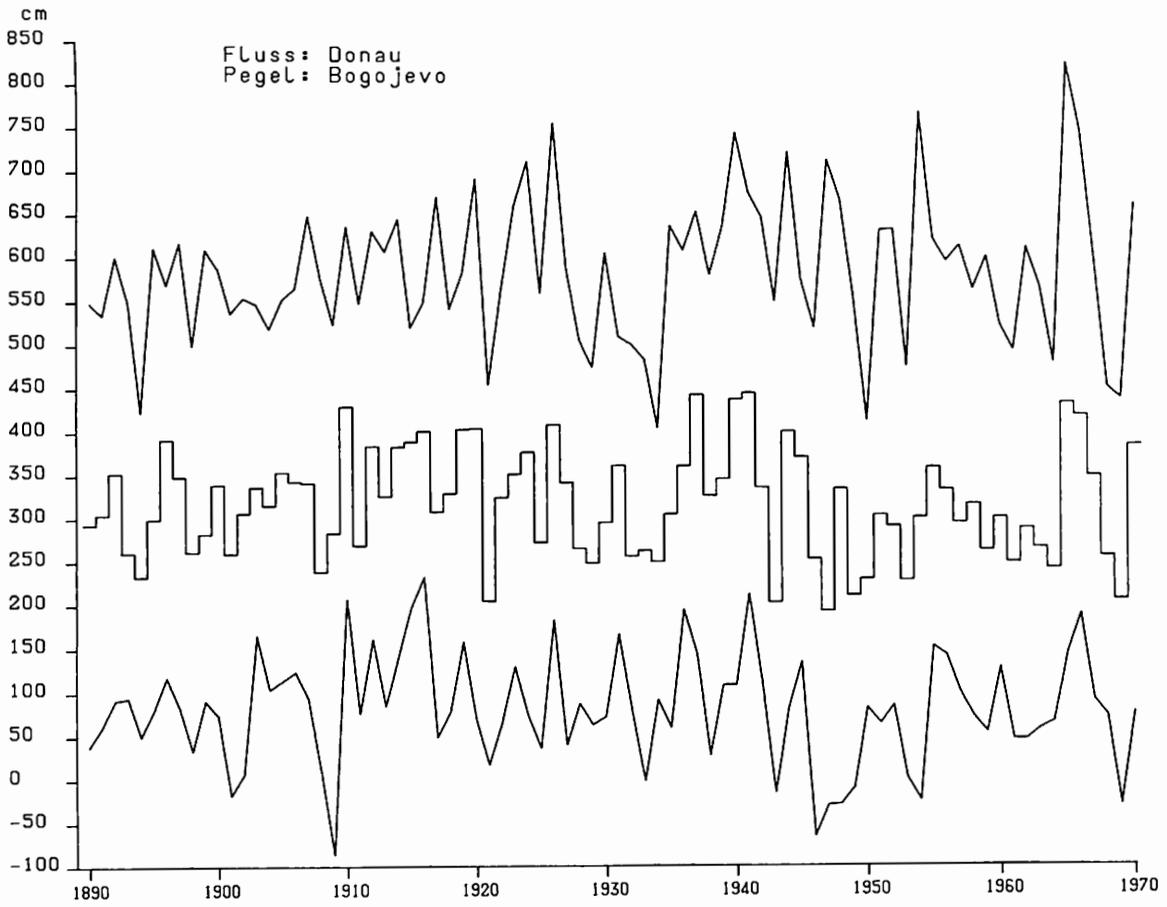


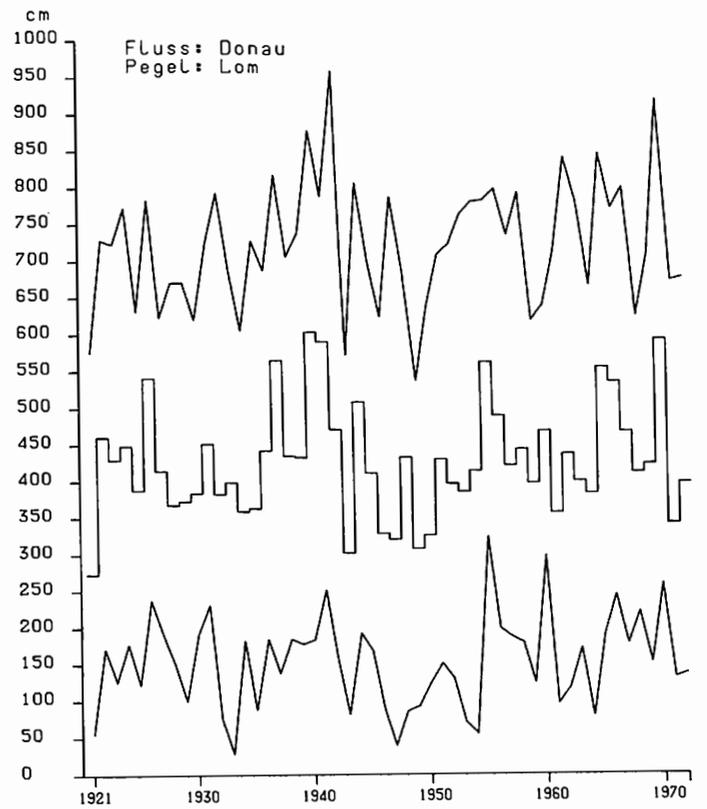
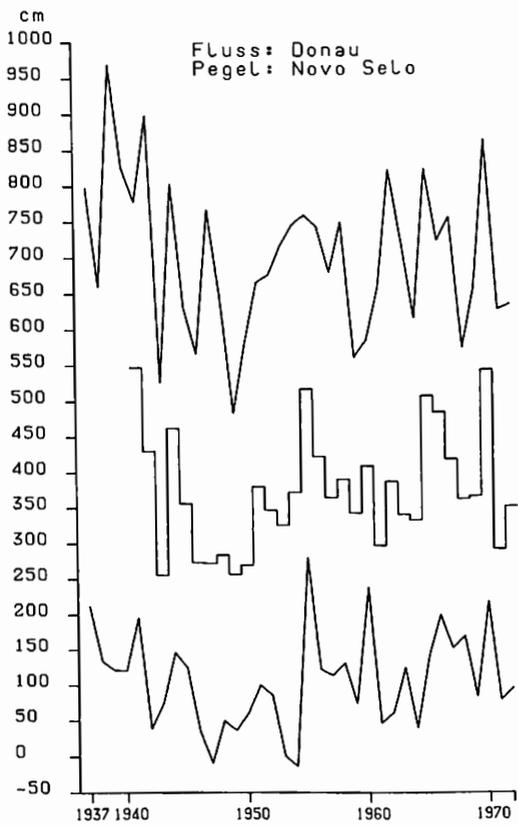
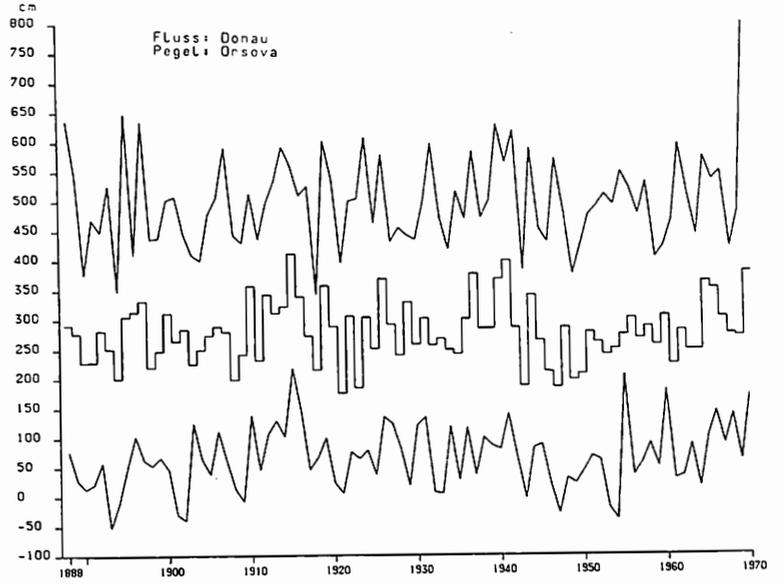
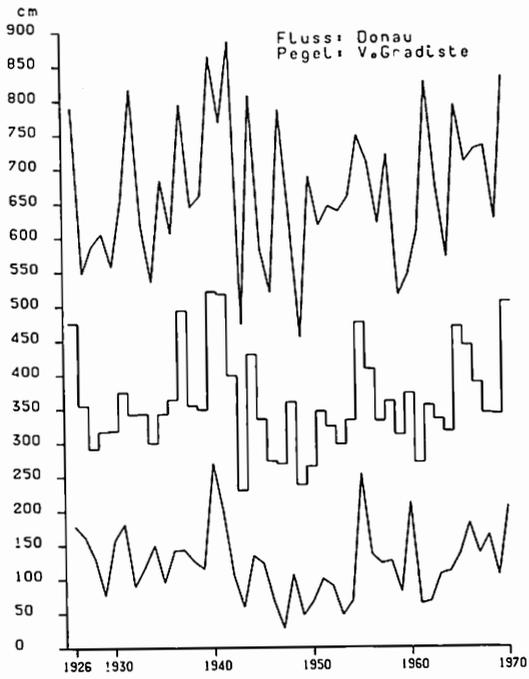


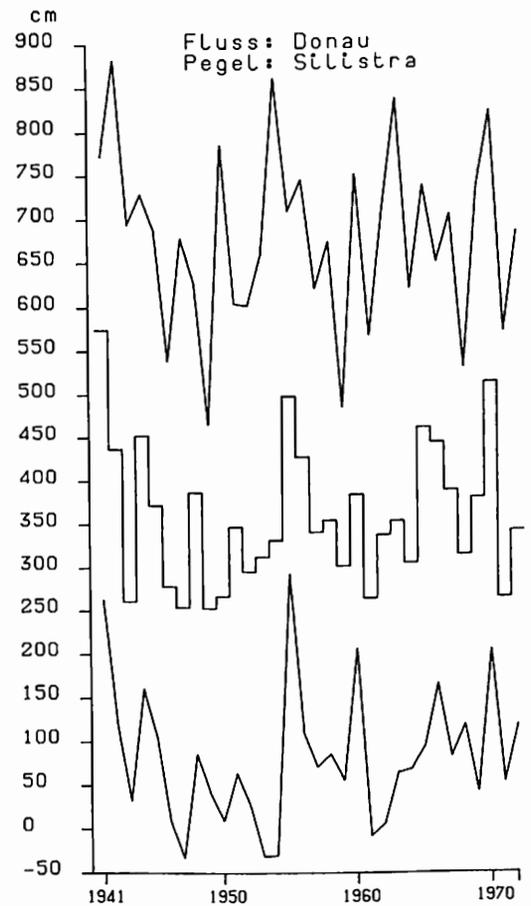
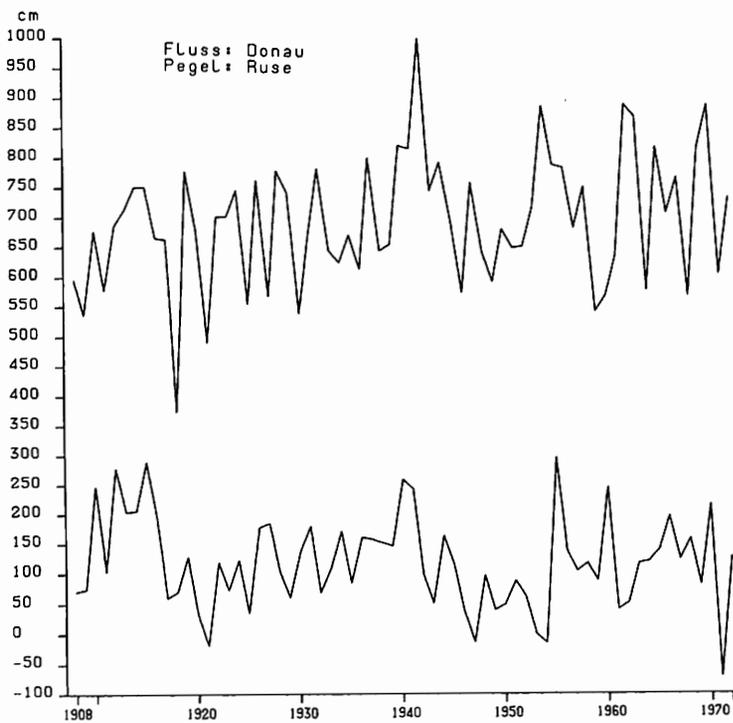
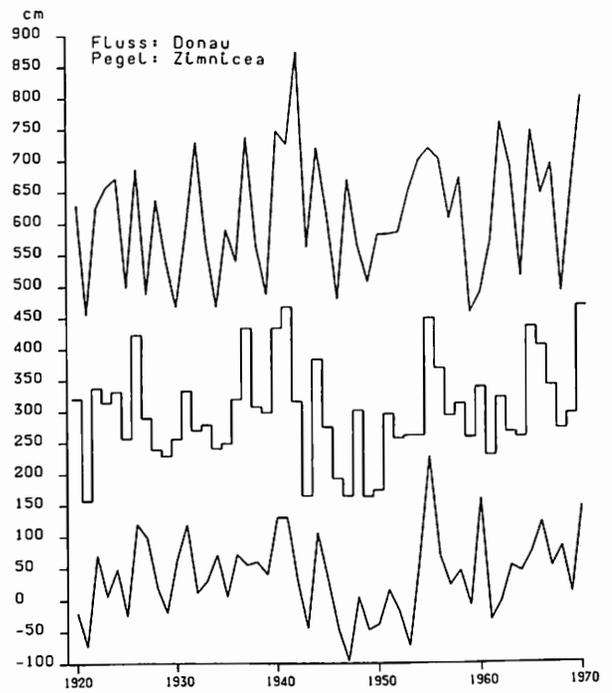
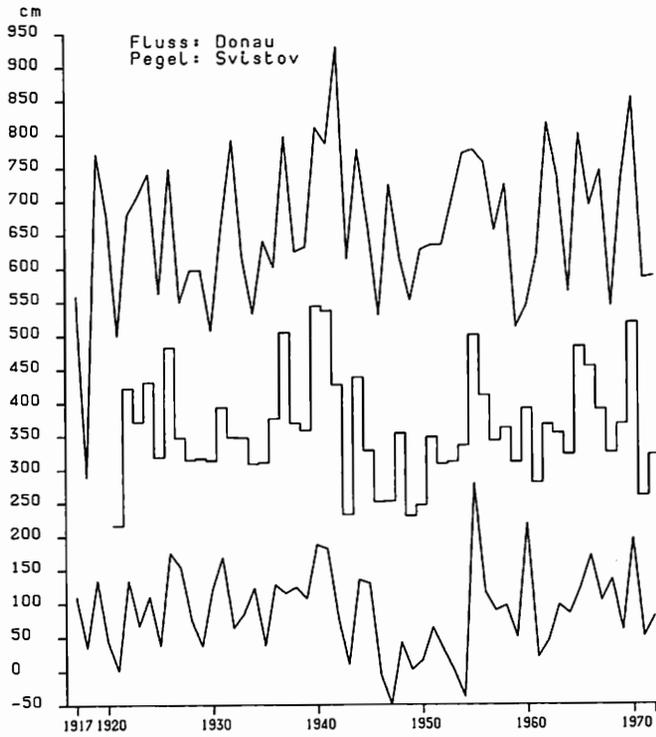


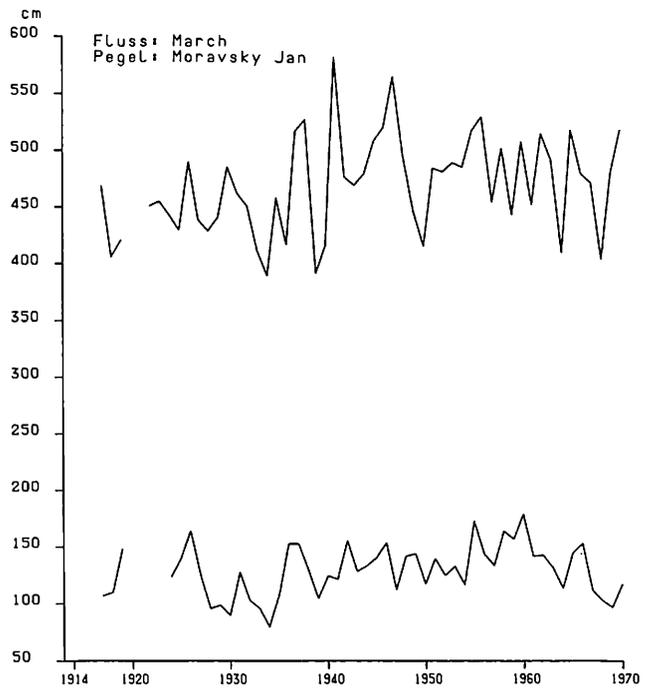
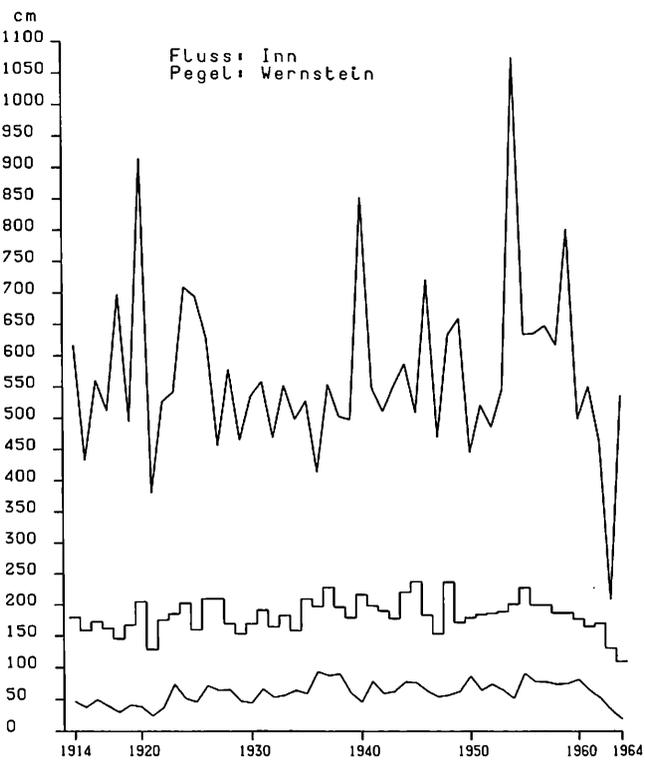
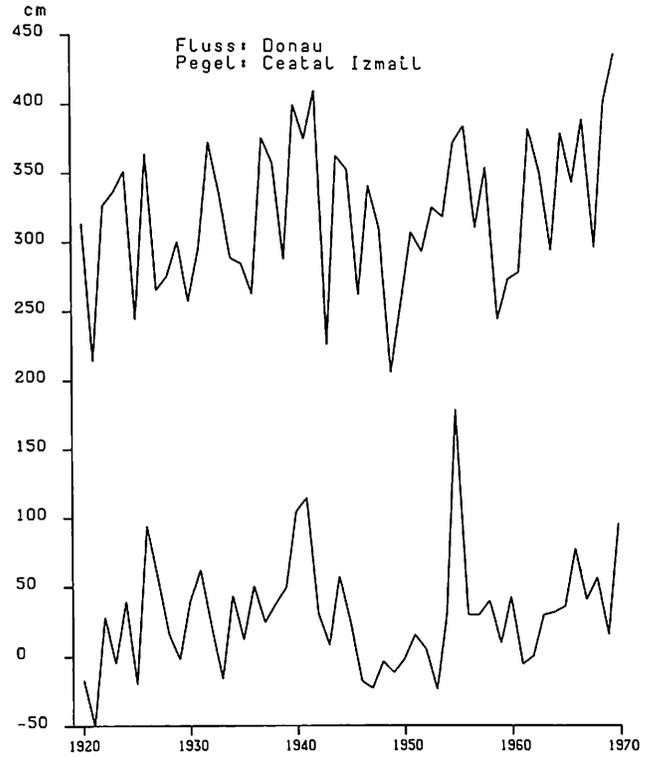
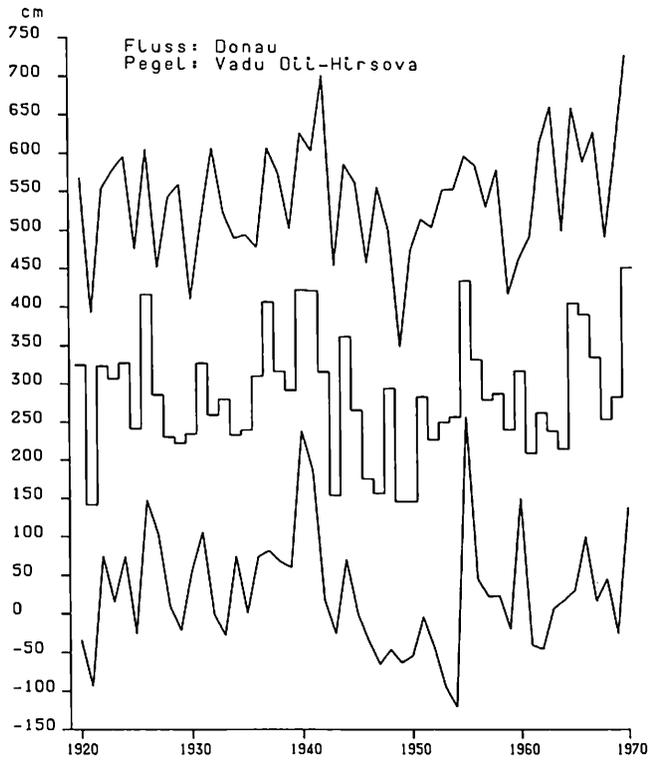


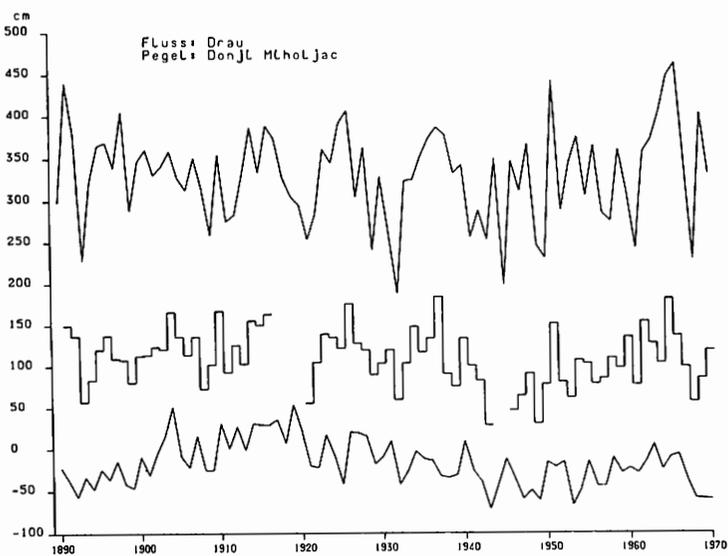
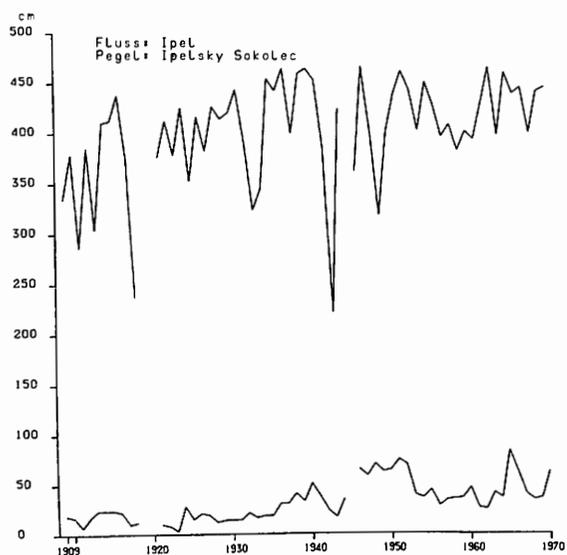
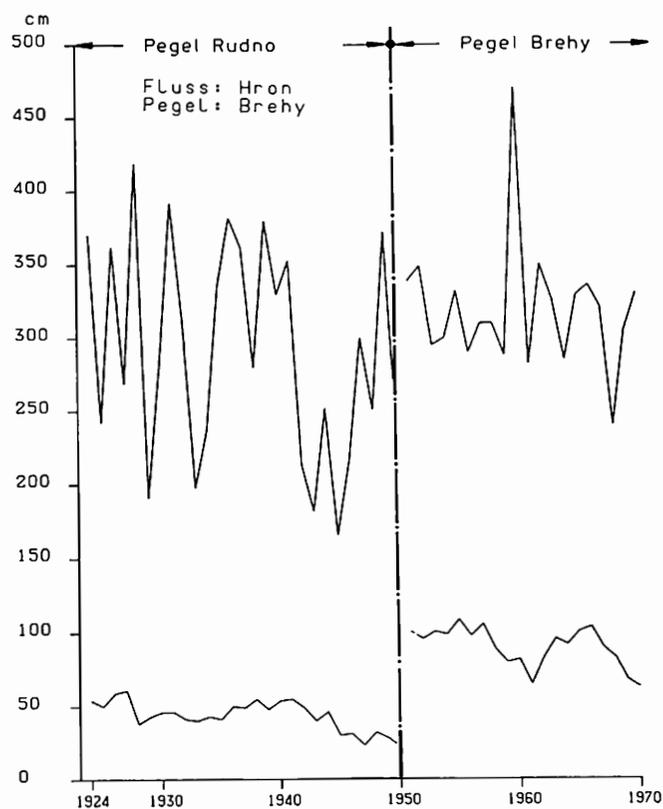
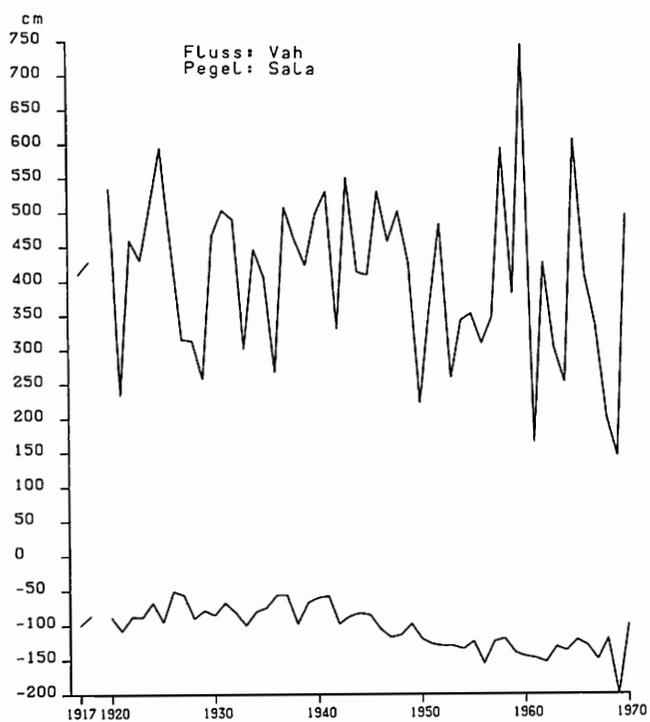


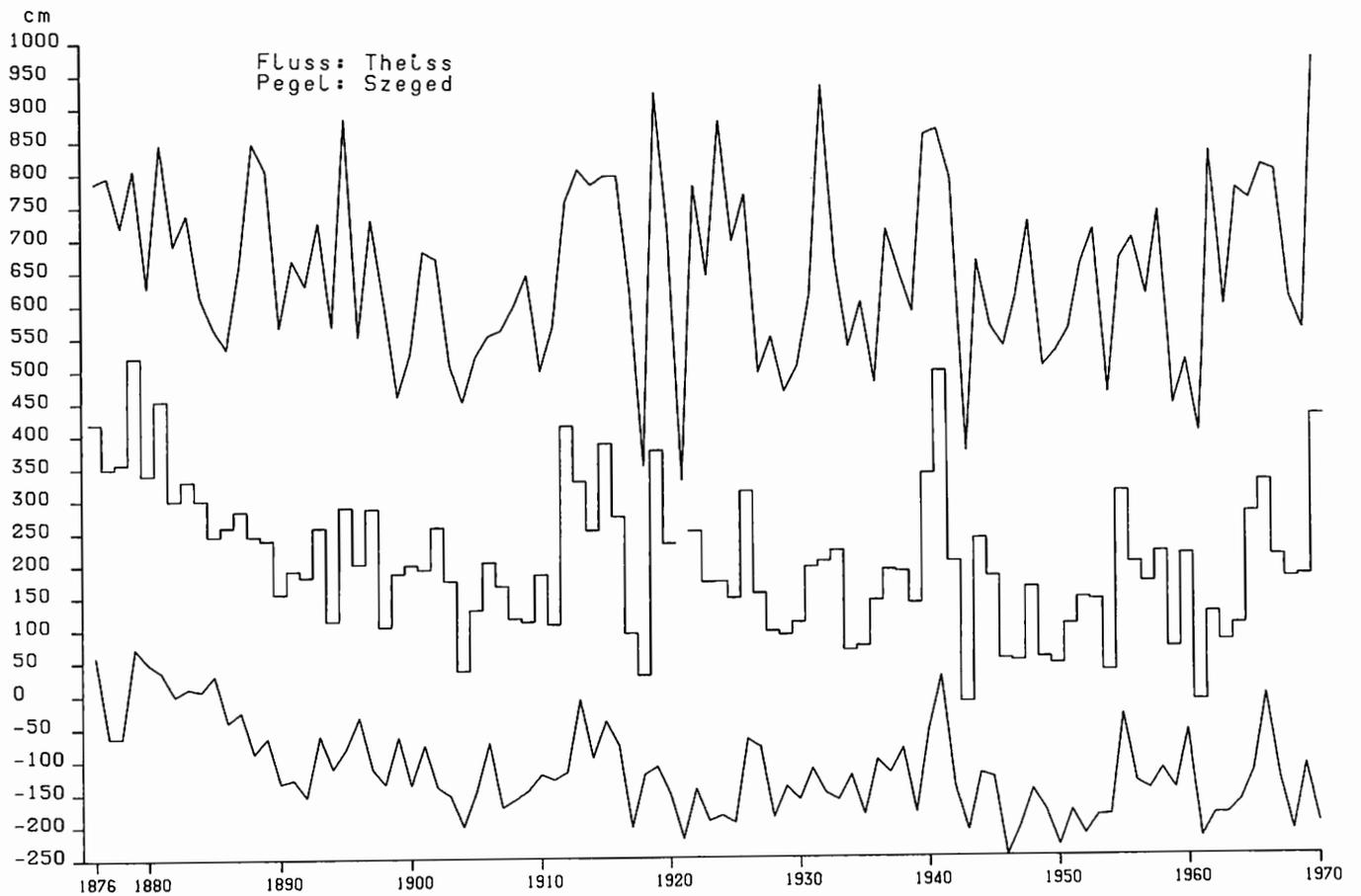
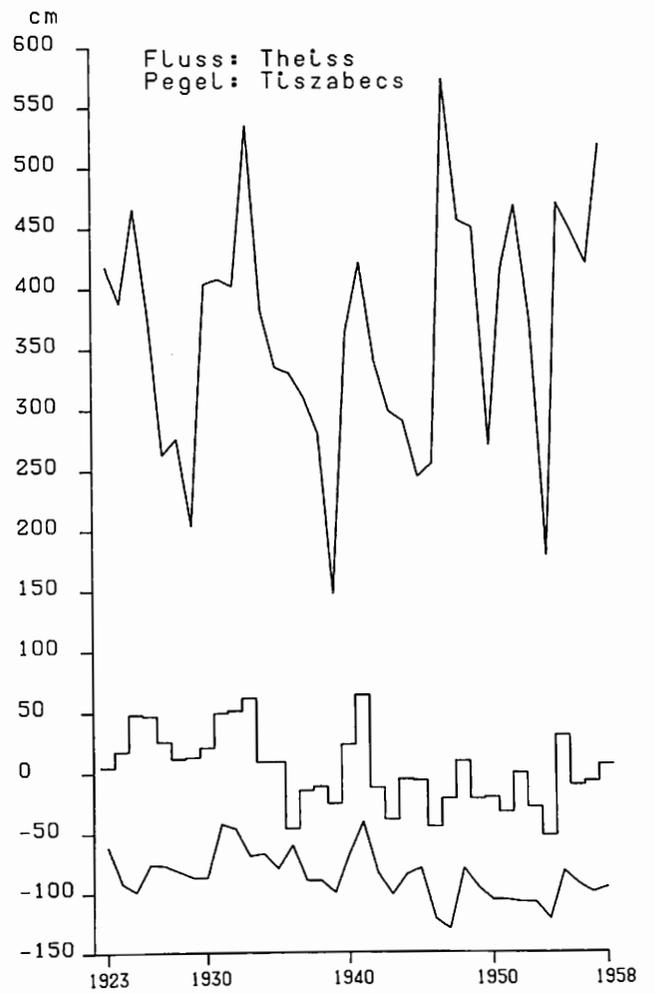
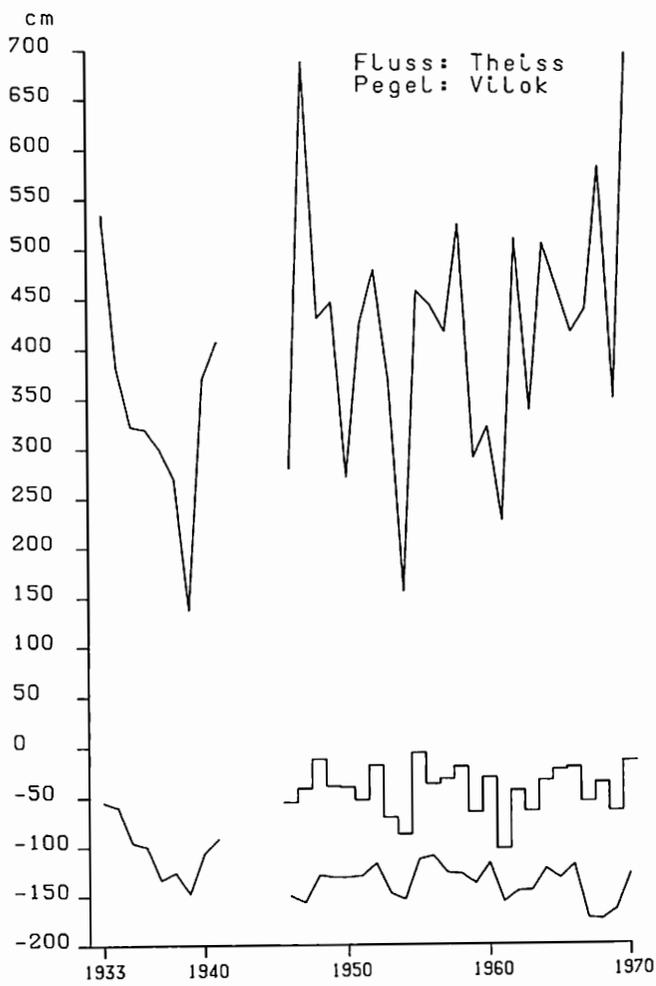


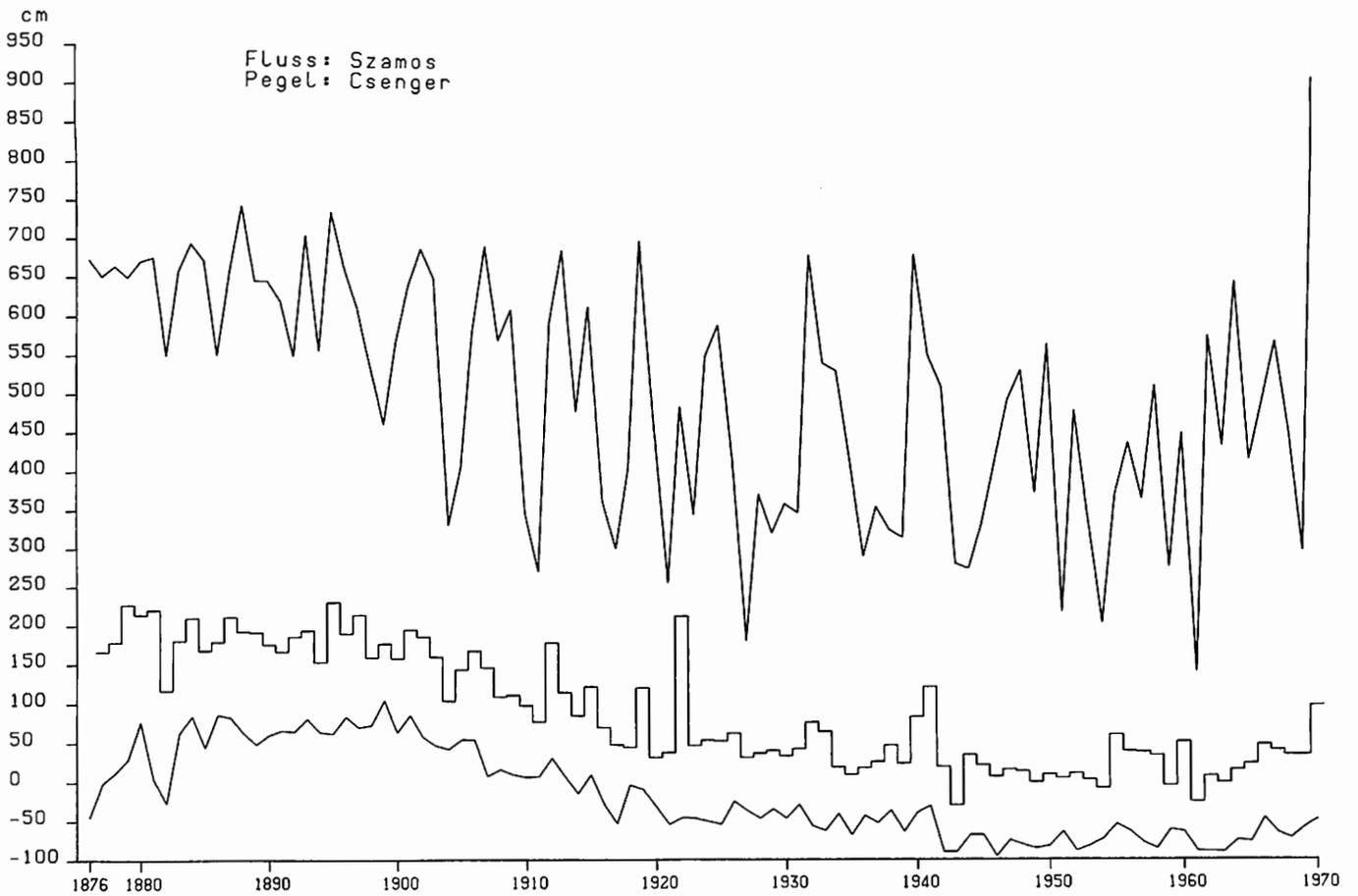
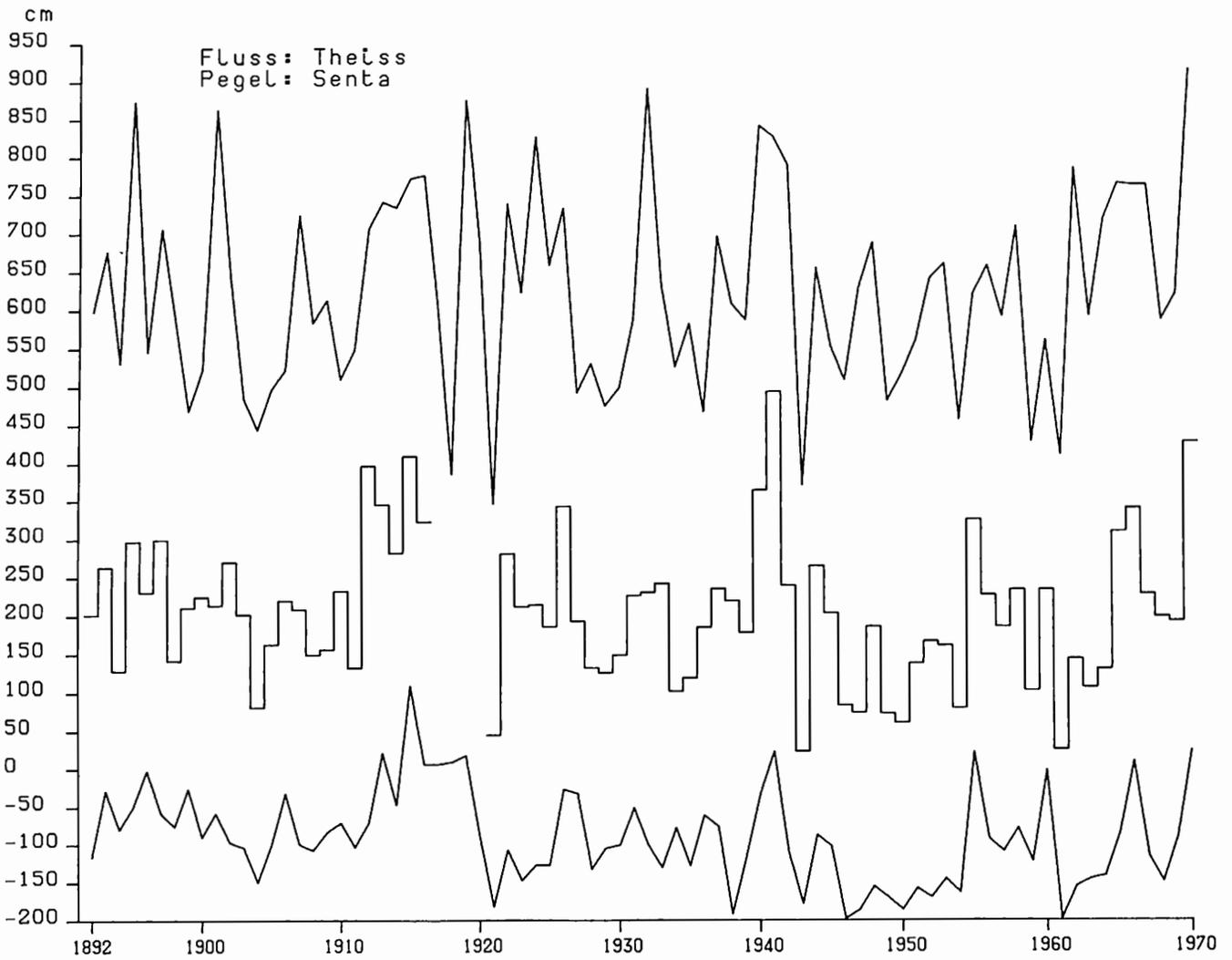


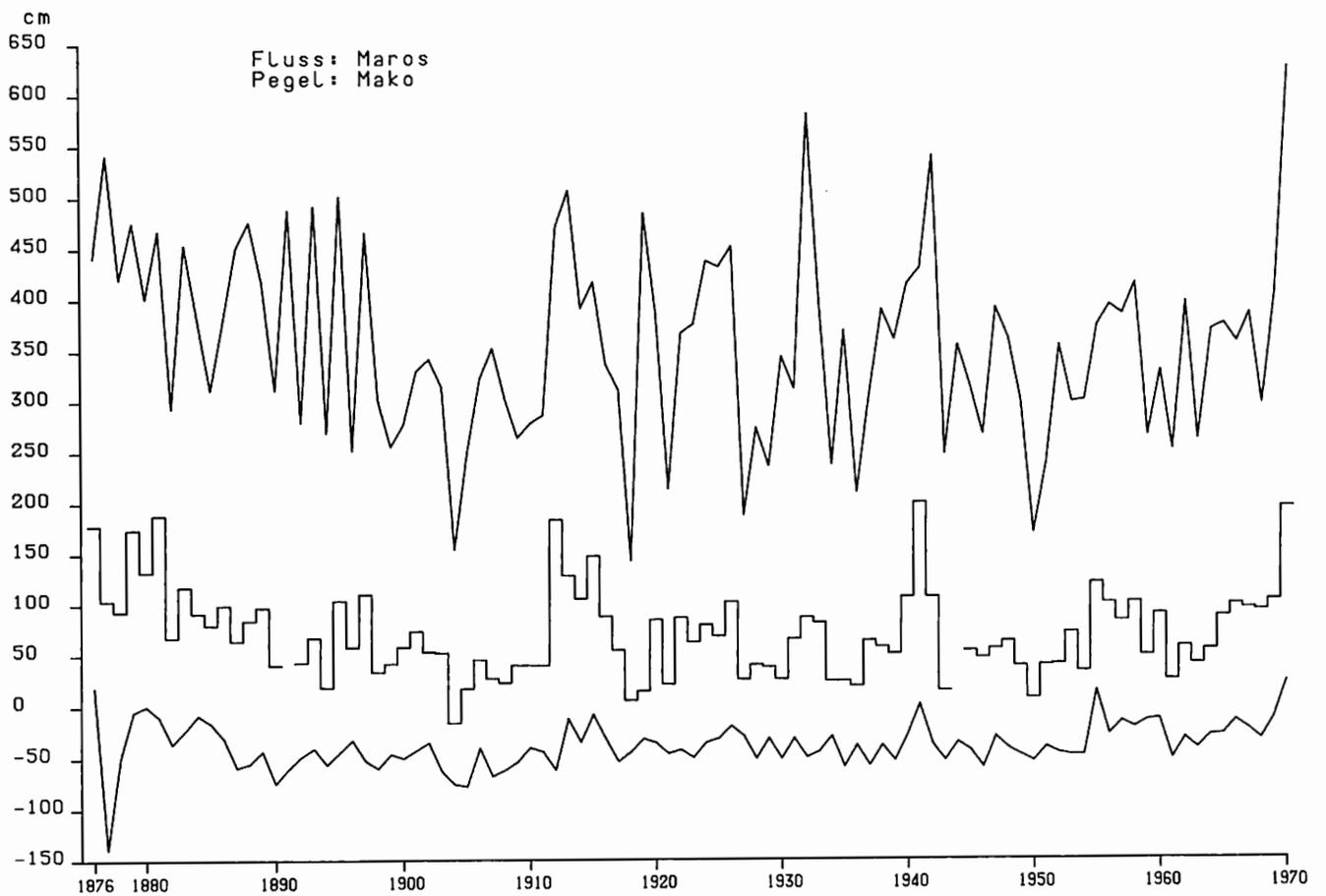
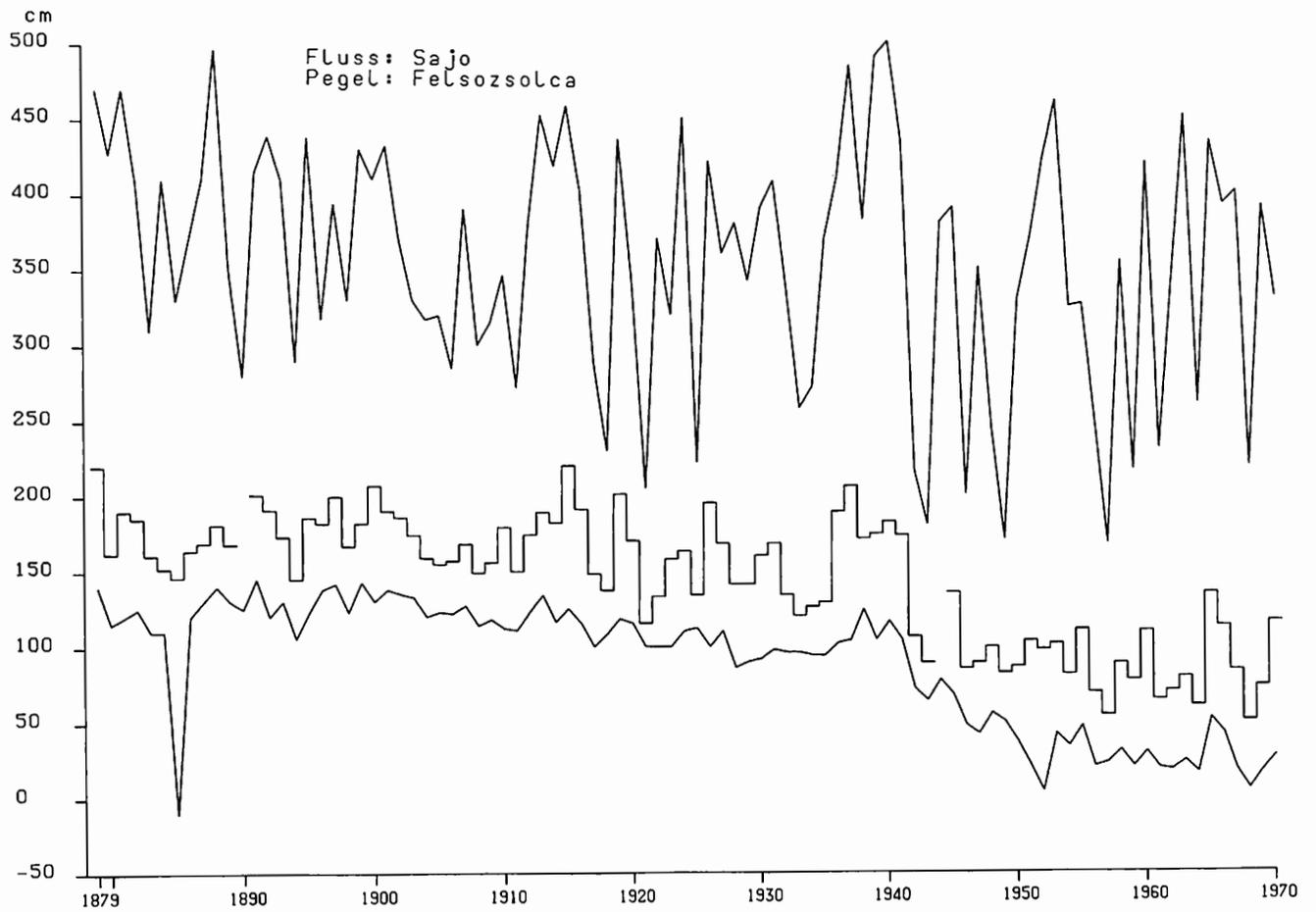


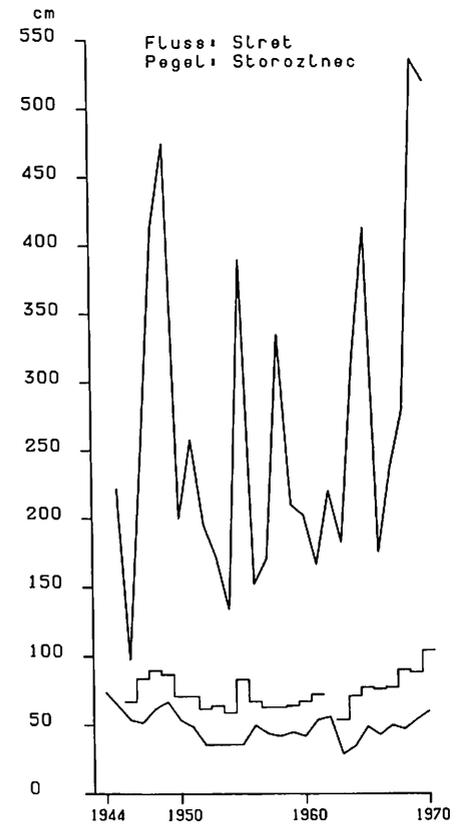
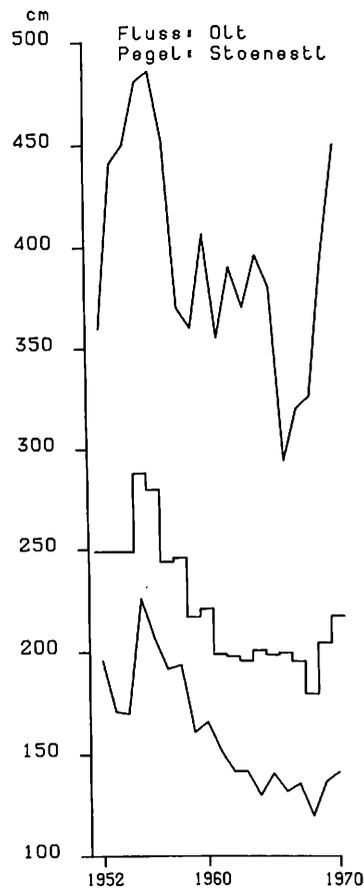
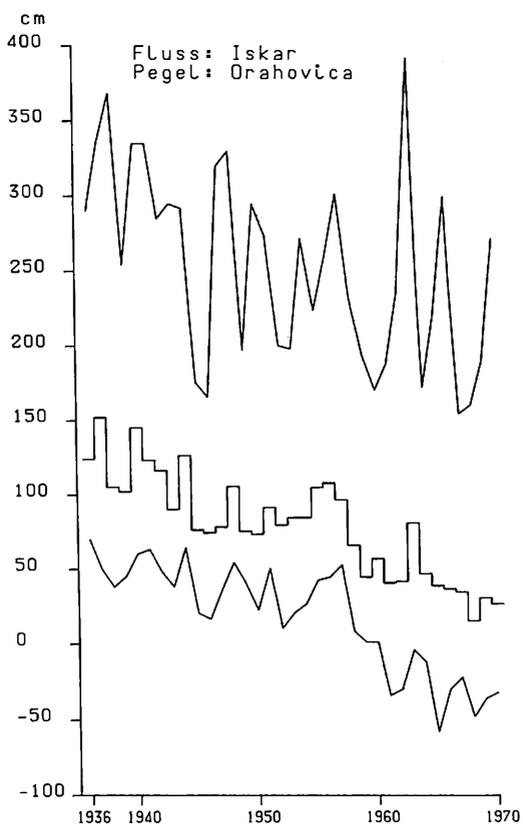
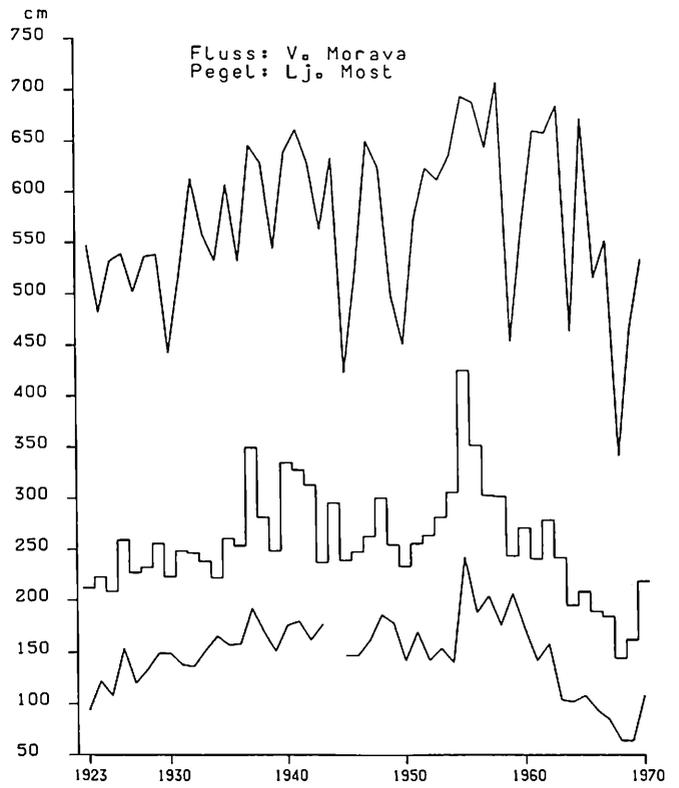
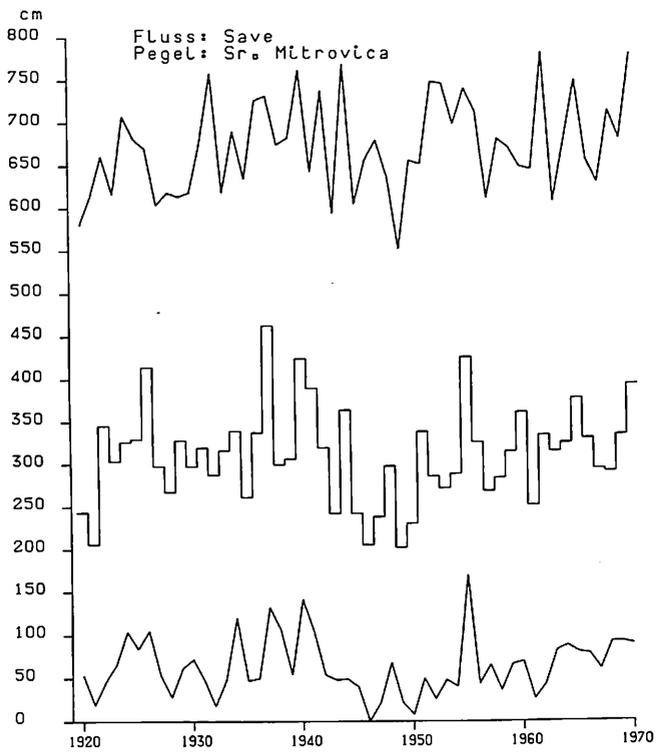


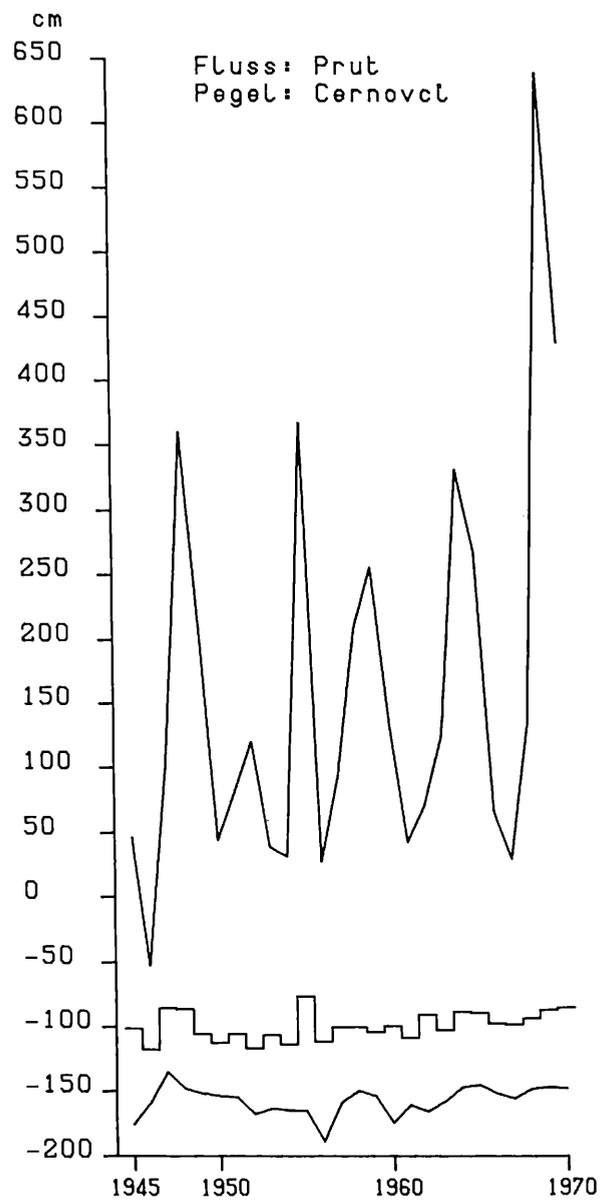
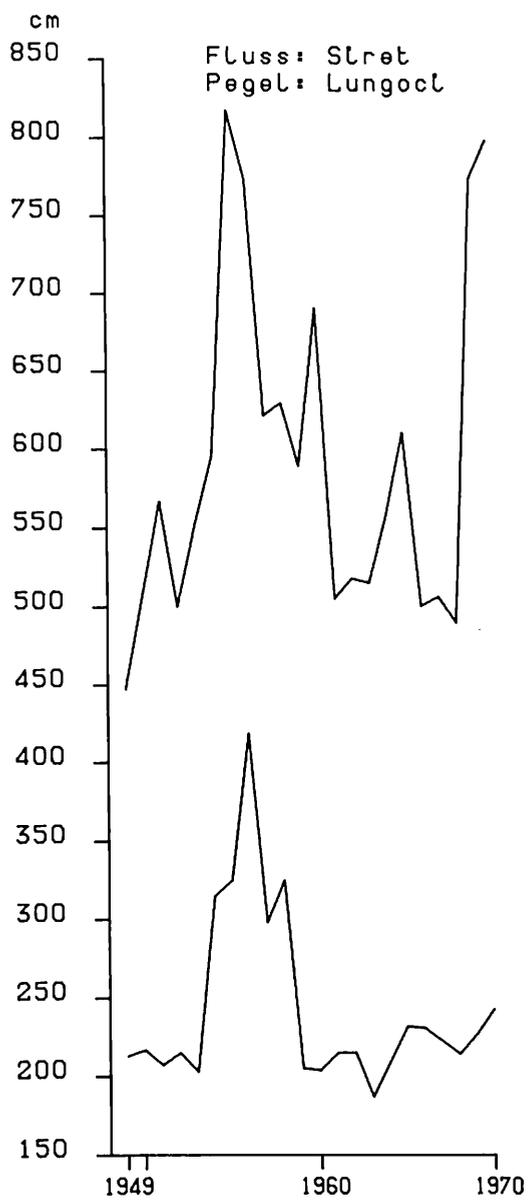


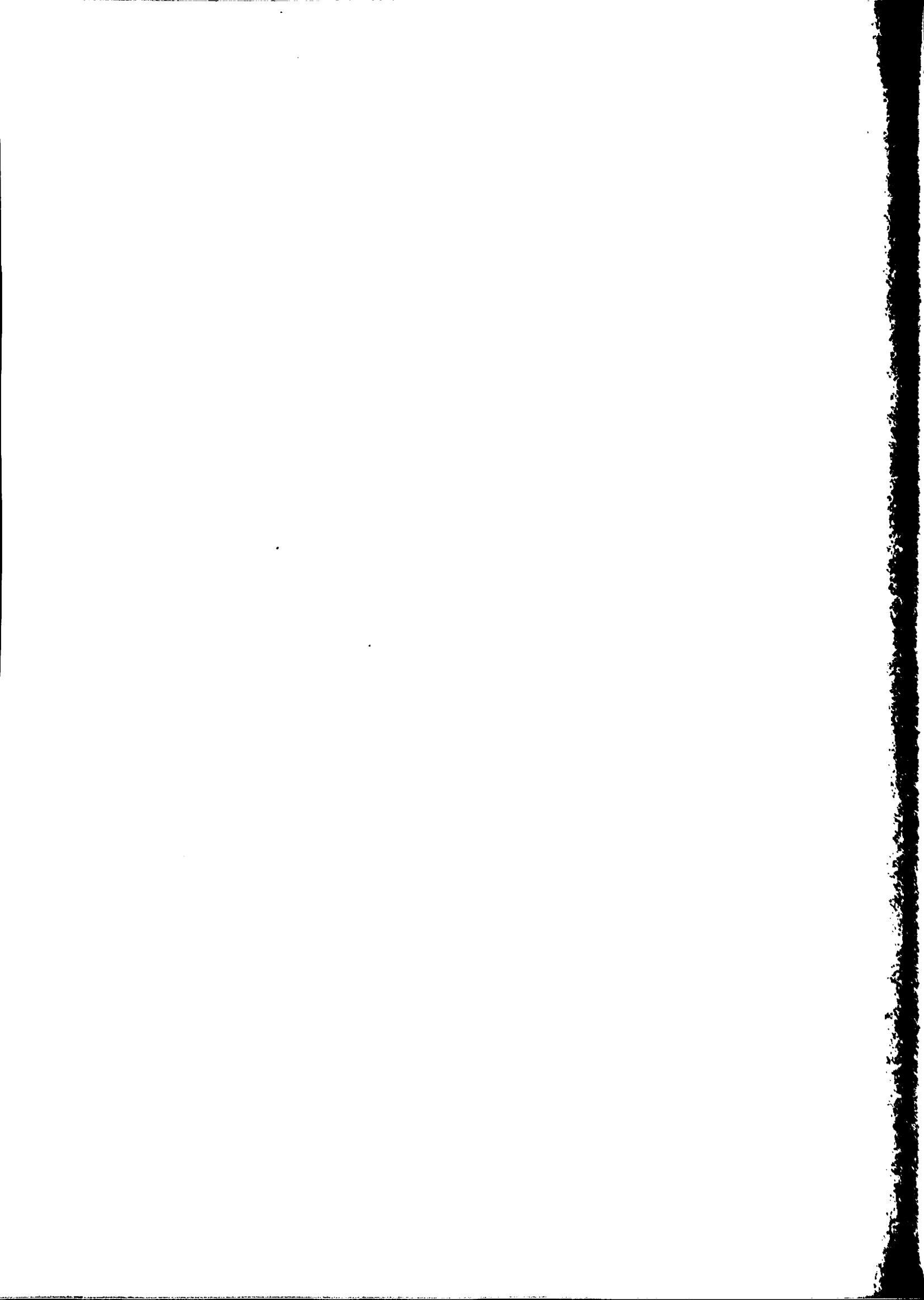












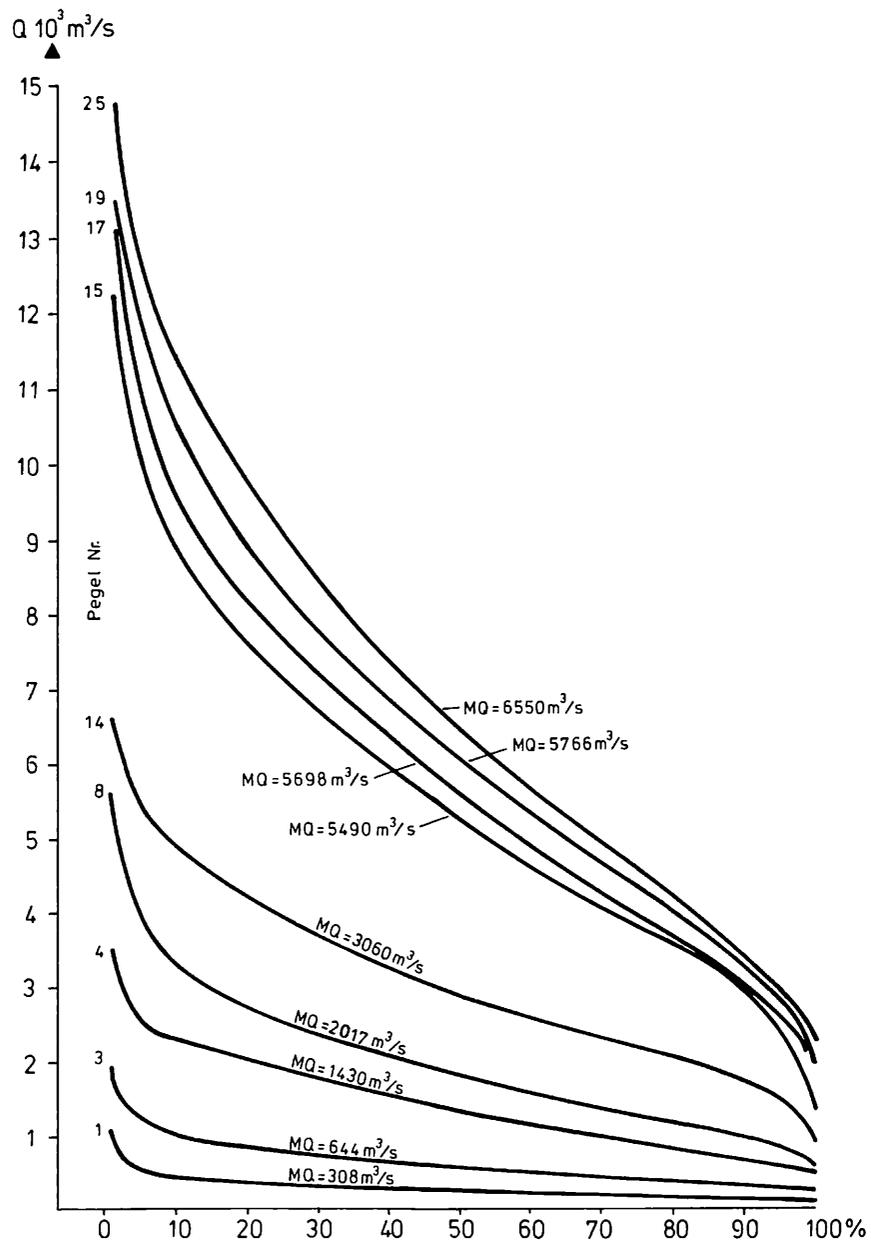


Abb. 2.5 Dauerlinien ausgewählter Donauegel

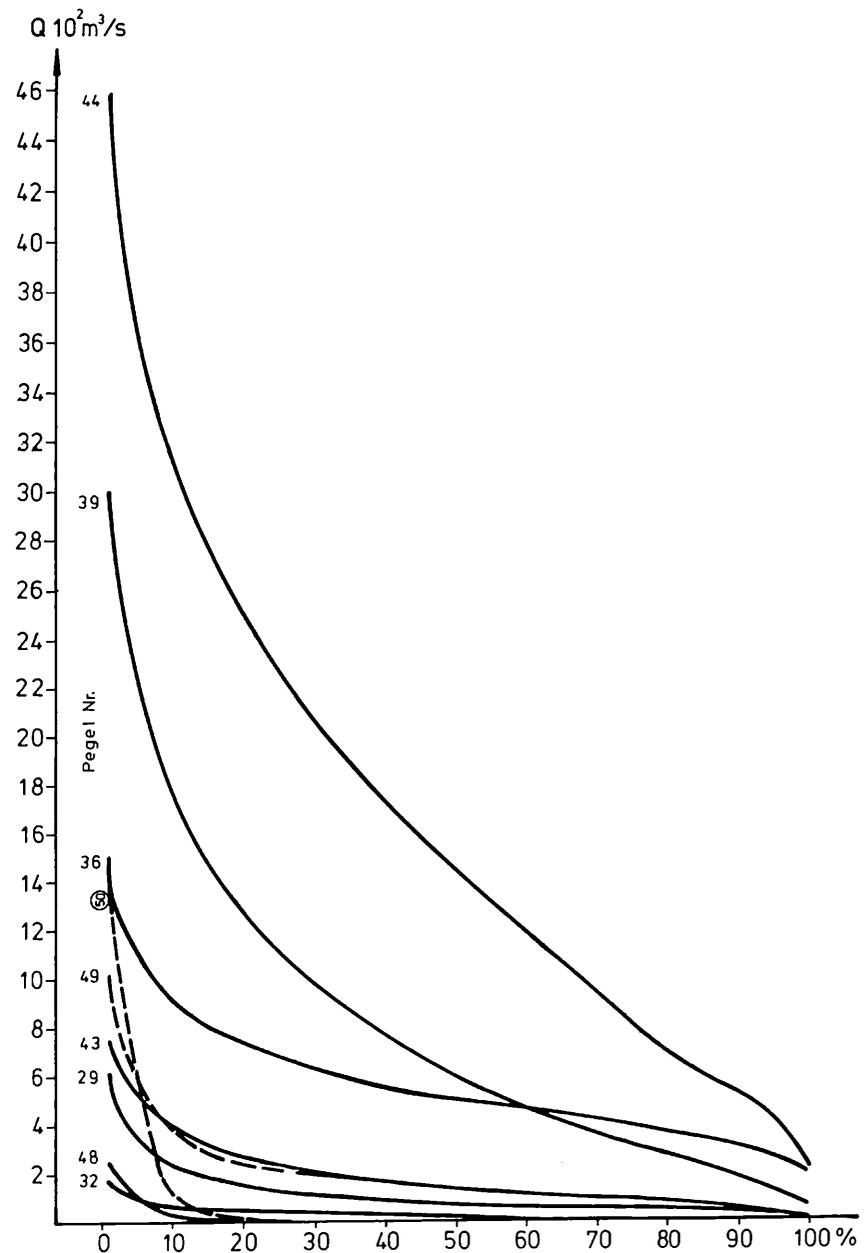


Abb. 2.6 Dauerlinien ausgewählter Pegel an den Nebenflüssen

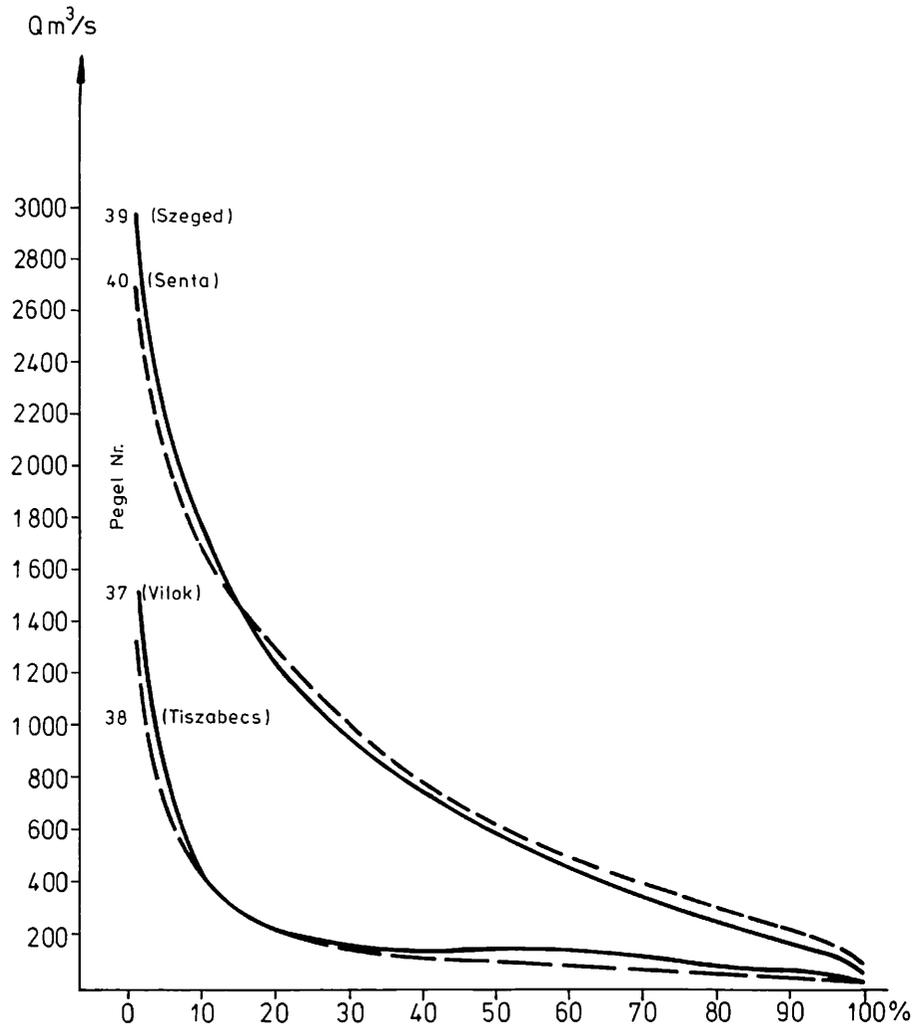


Abb. 2.7 Dauerlinien der Pegel an der Theiß

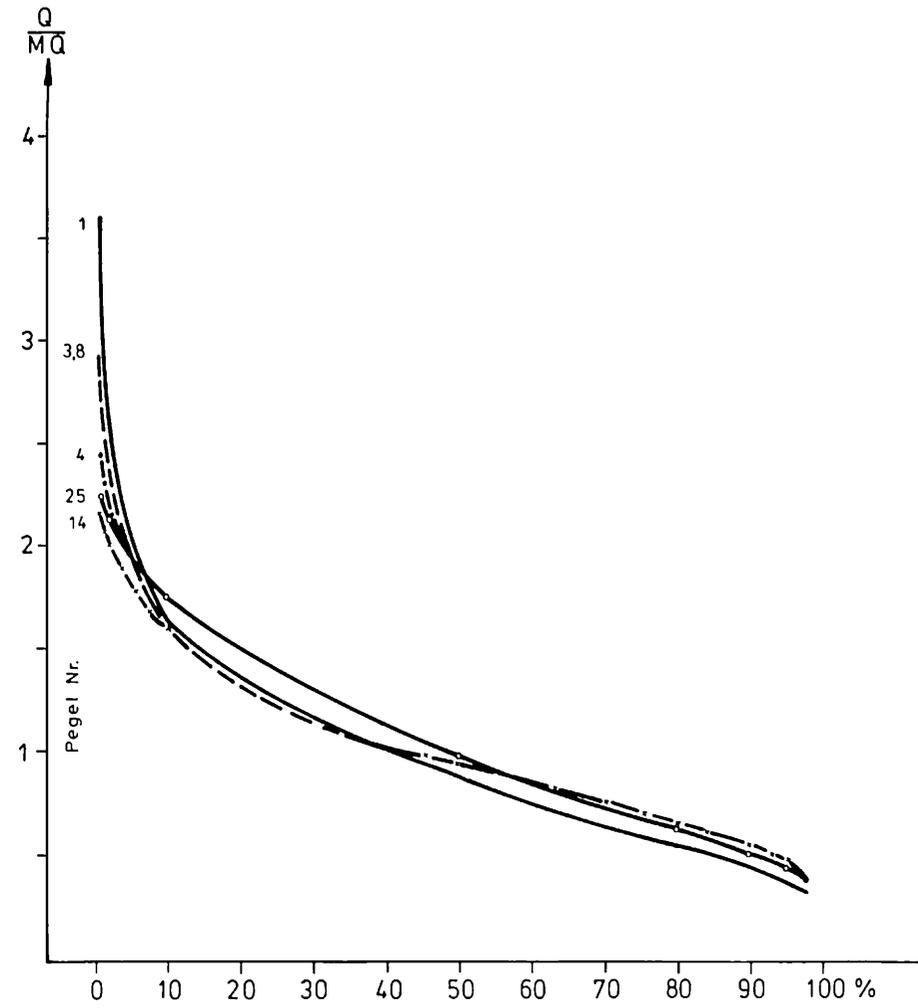


Abb. 2.8 Normierte Dauerlinien ausgewählter Pegel an der Donau

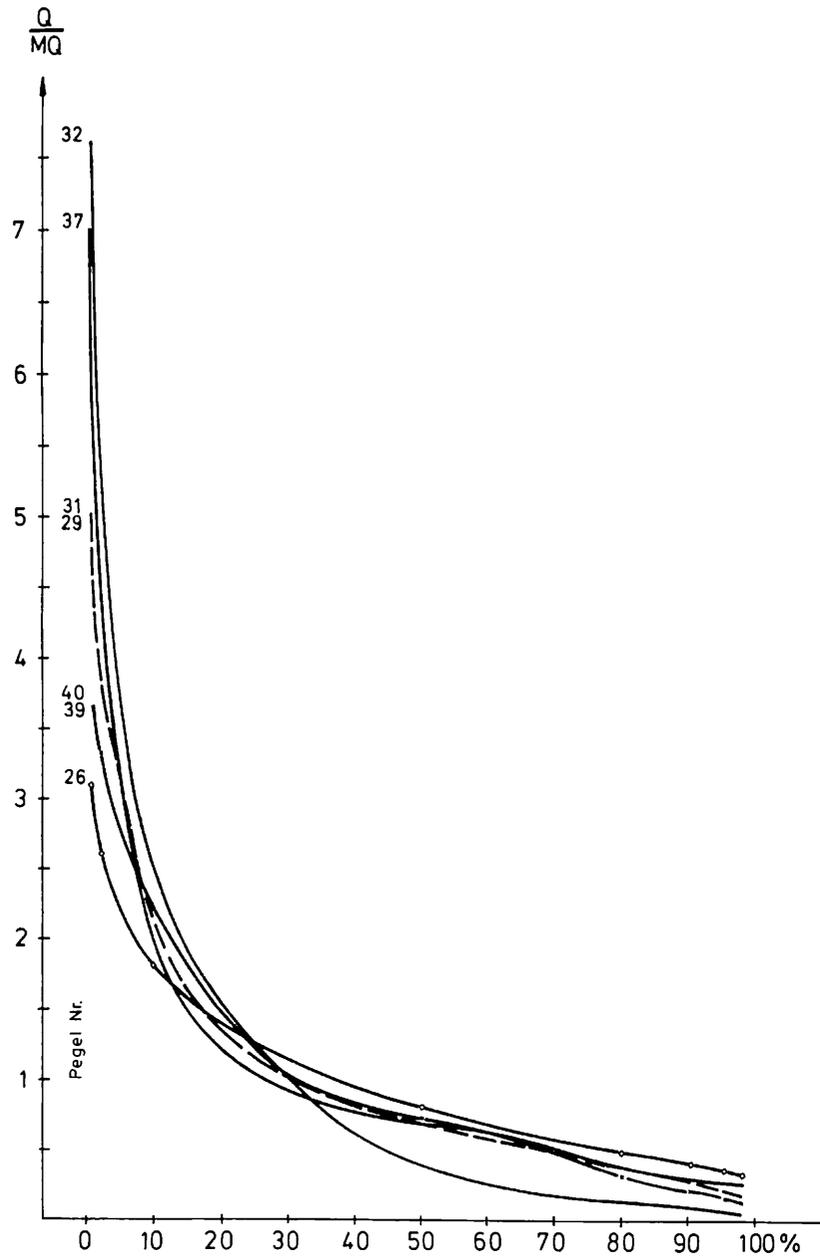


Abb. 2.9-1 Normierte Dauerlinien ausgewählter Pegel an den Nebenflüssen

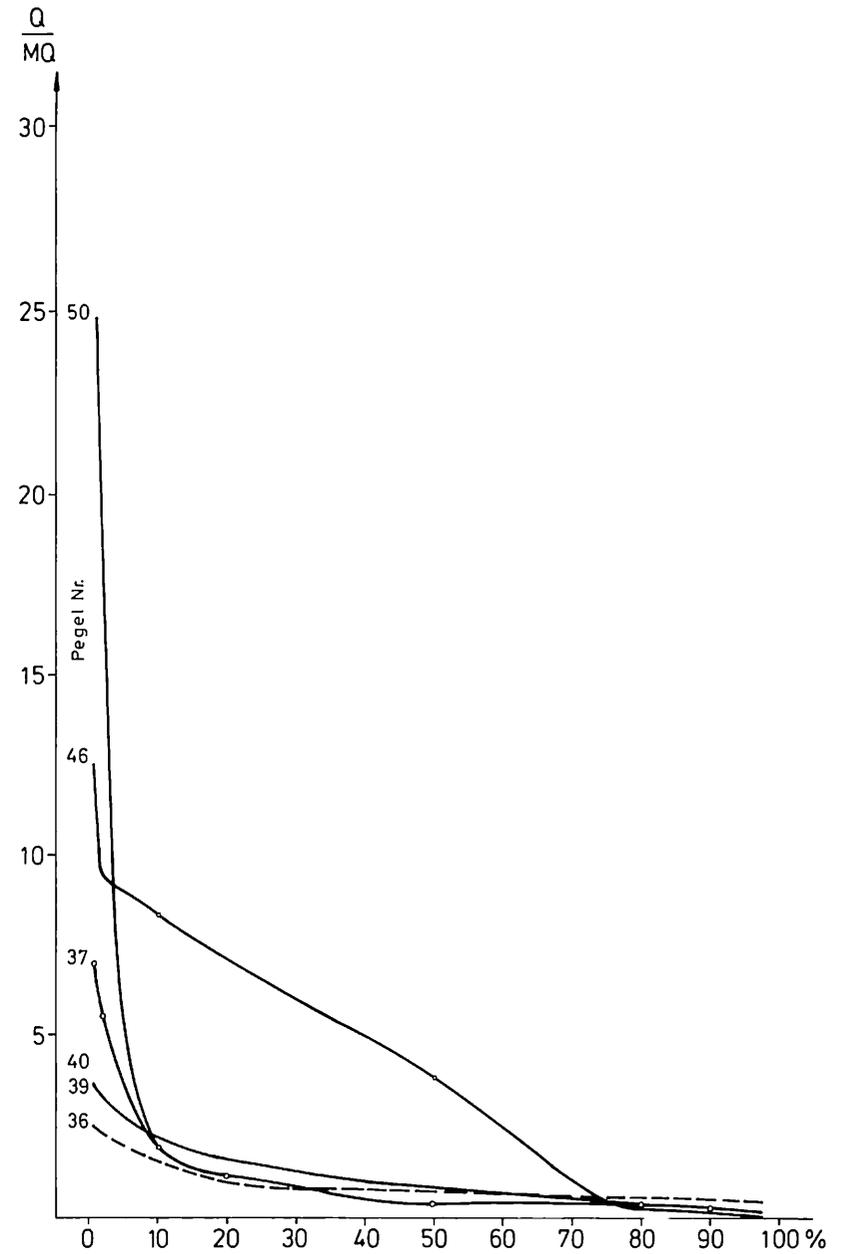


Abb. 2.9-2 Normierte Dauerlinien ausgewählter Pegel an den Nebenflüssen

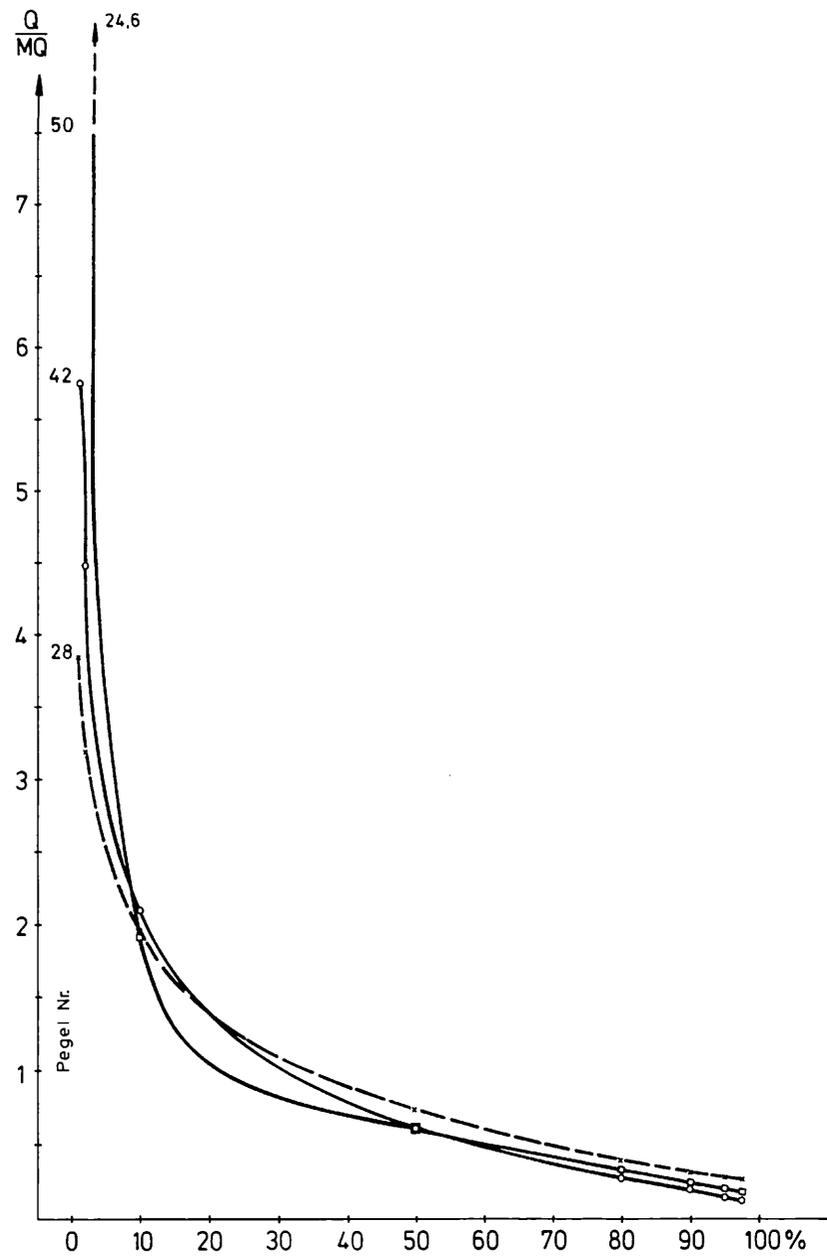


Abb. 2.10-1 Normierte Dauerlinien
Einzugsgebiete 6000 km² - 7000 km²

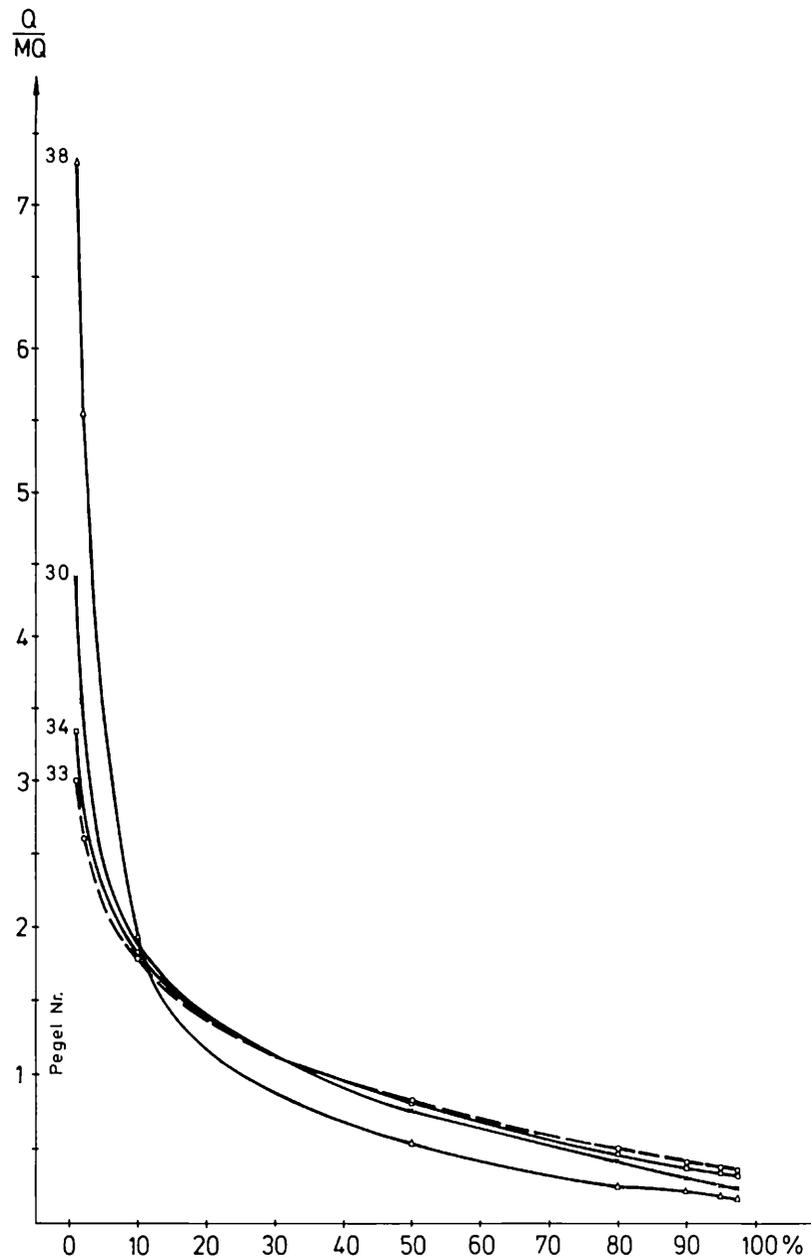
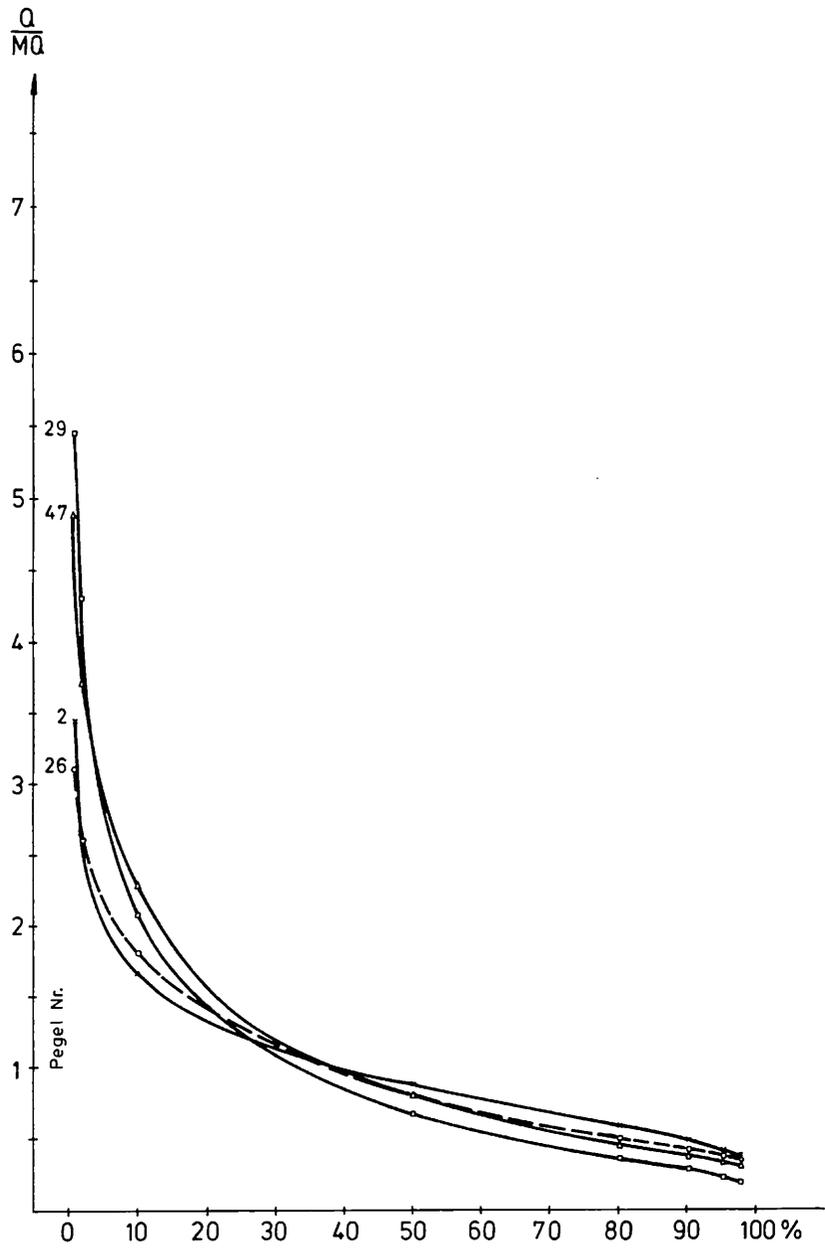


Abb. 2.10-2 Normierte Dauerlinien
Einzugsgebiete 8000 km² - 10 000 km²



267 Abb. 2.10-3 Normierte Dauerlinien
Einzugsgebiete 20 000 km² - 26 000 km²

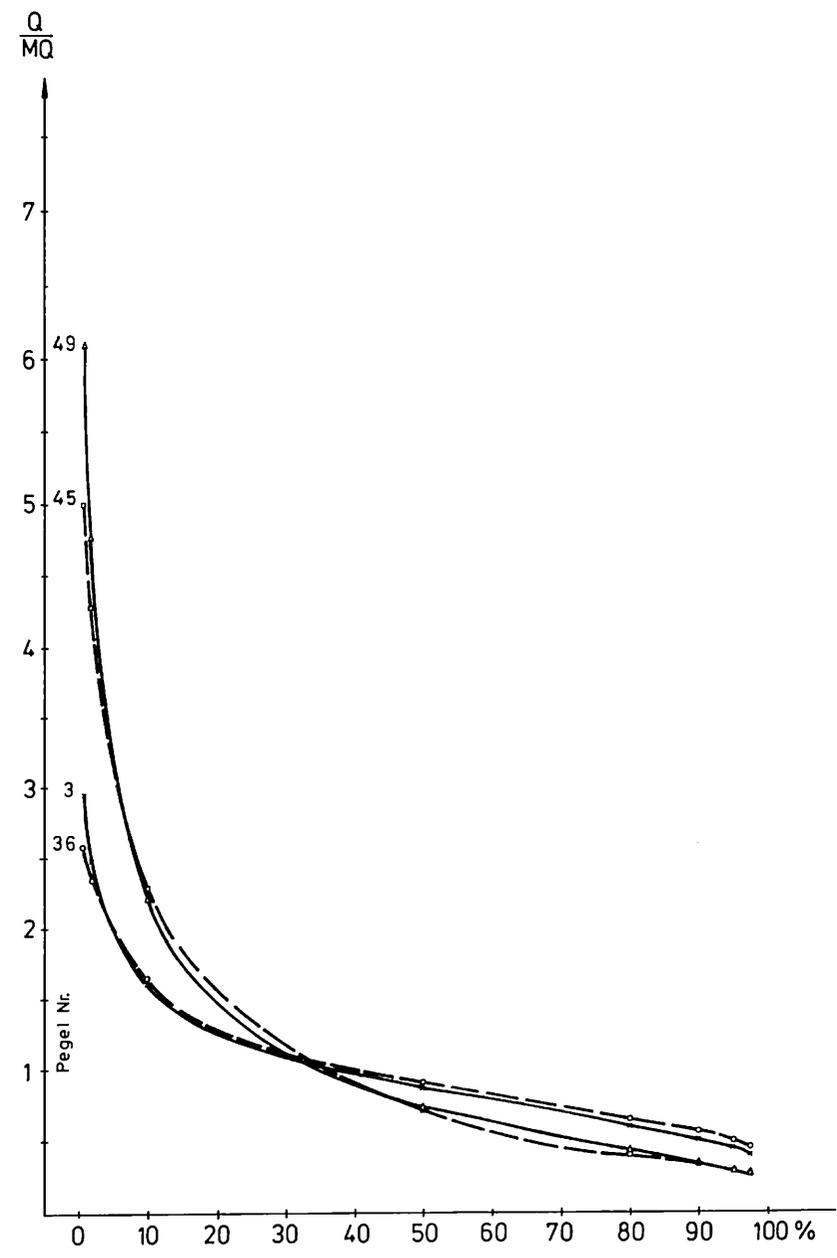
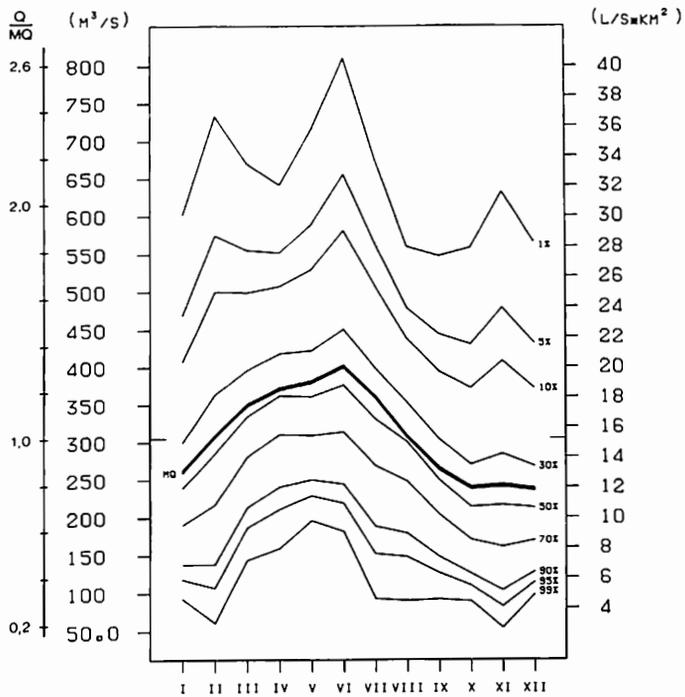


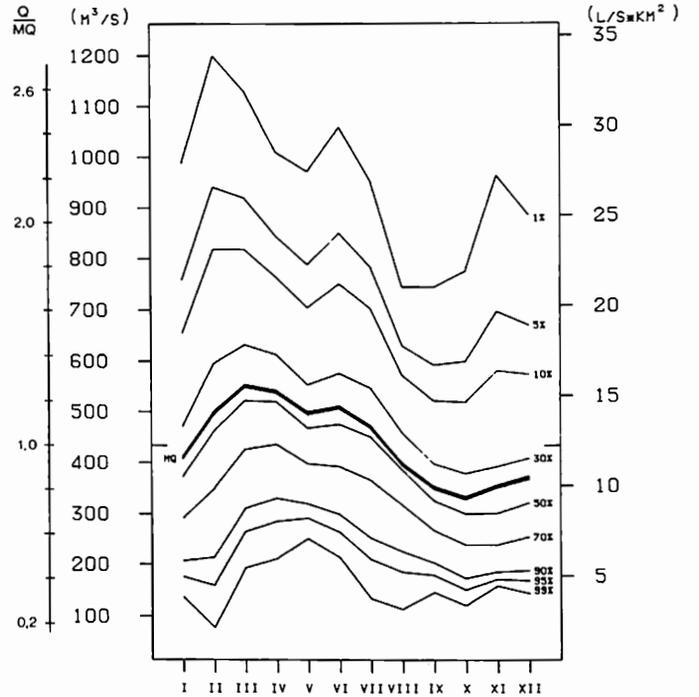
Abb. 2.10-4 Normierte Dauerlinien
Einzugsgebiete 35 000 km² - 37 000 km²

Abb. 2.11

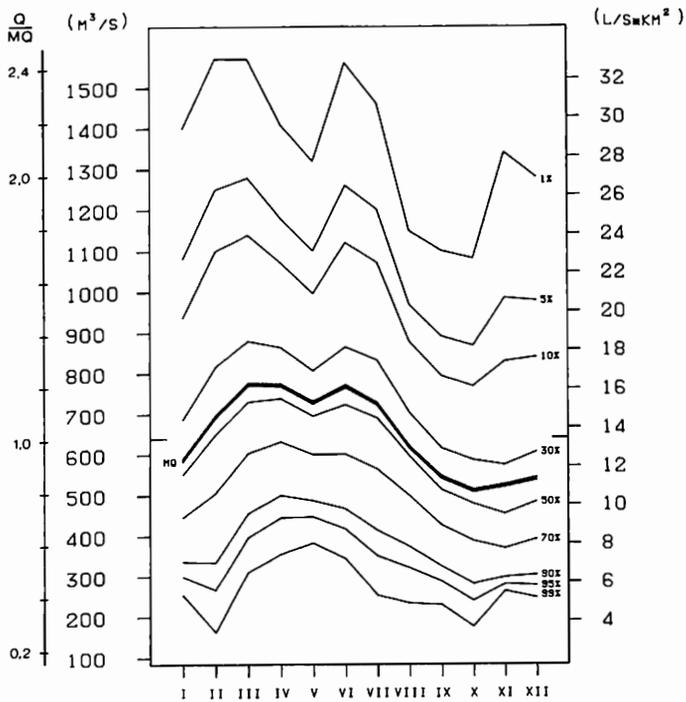
Jahresgang und Wahrscheinlichkeit der Monatsmittel



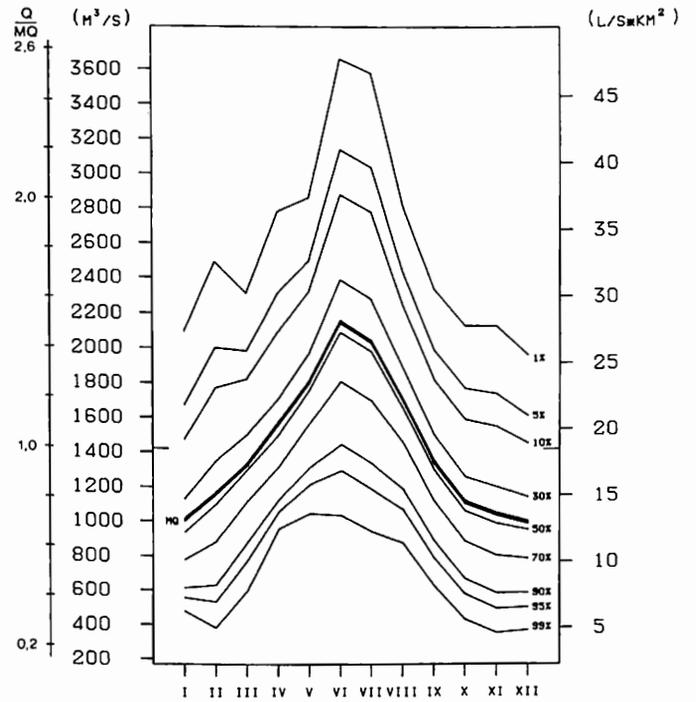
Pegel Ingolstadt
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



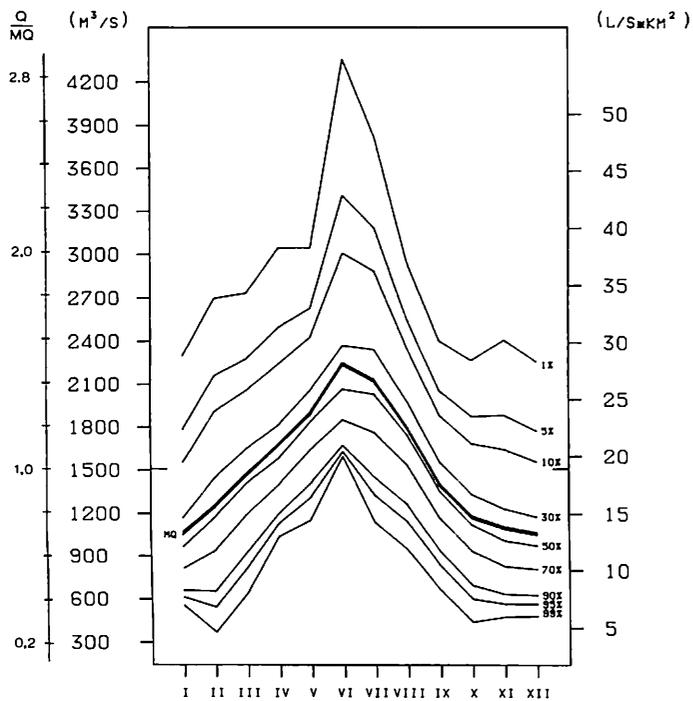
Pegel Regensburg
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



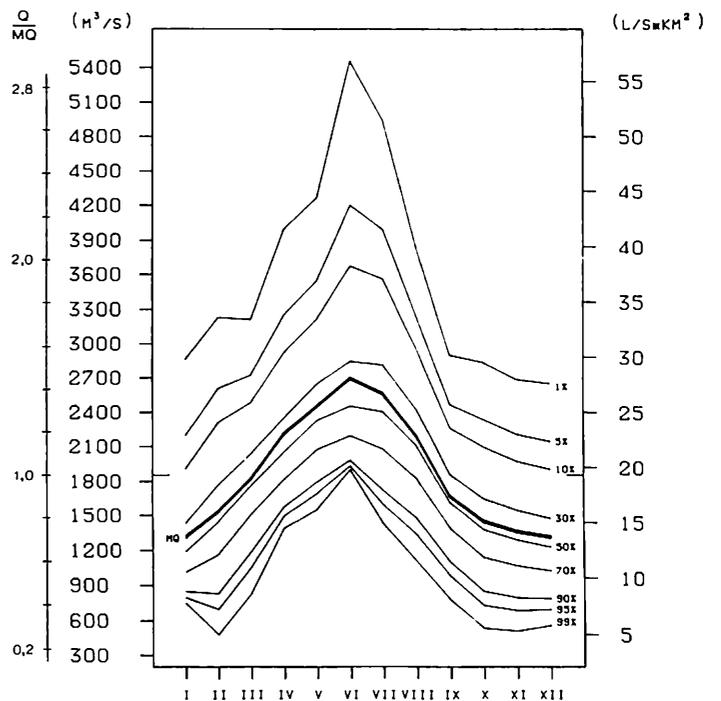
Pegel Hofkirchen
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



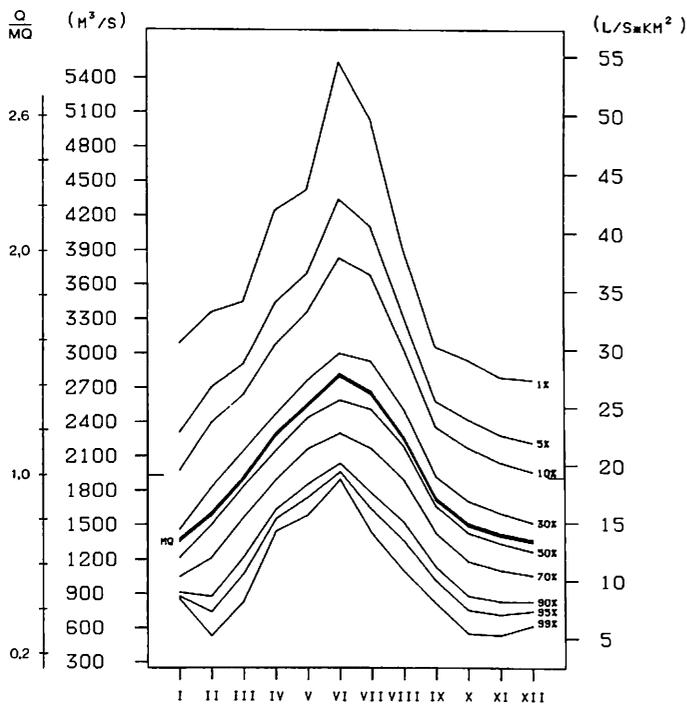
Pegel Achleiten
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



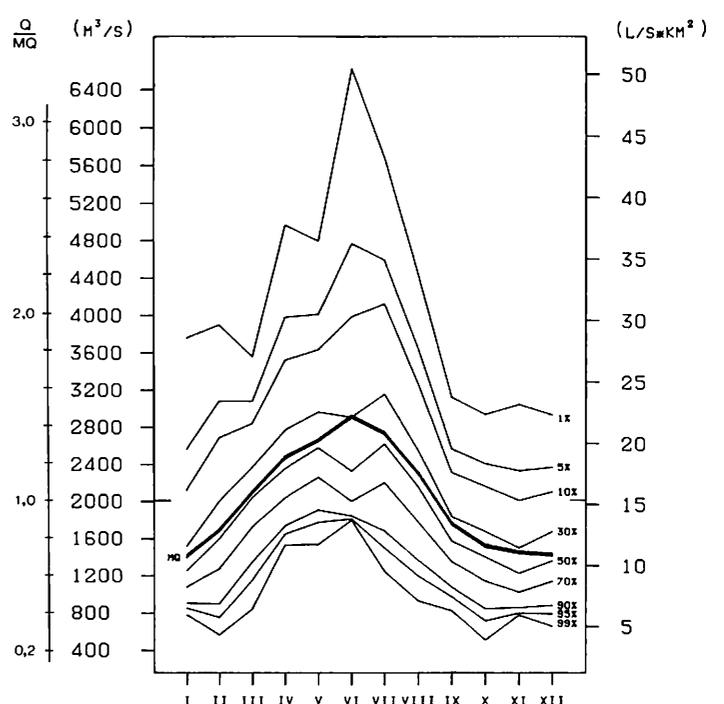
Pegel Linz
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



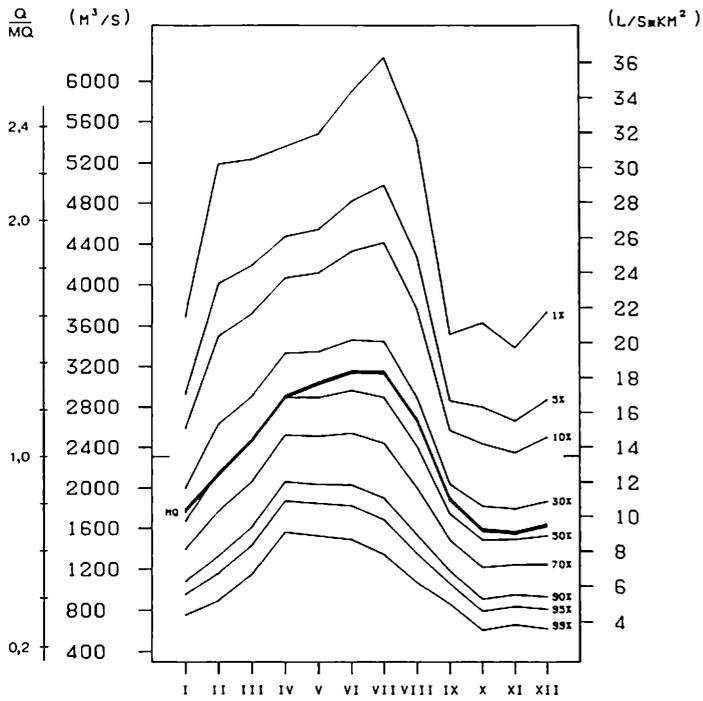
Pegel Stein-Krems
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



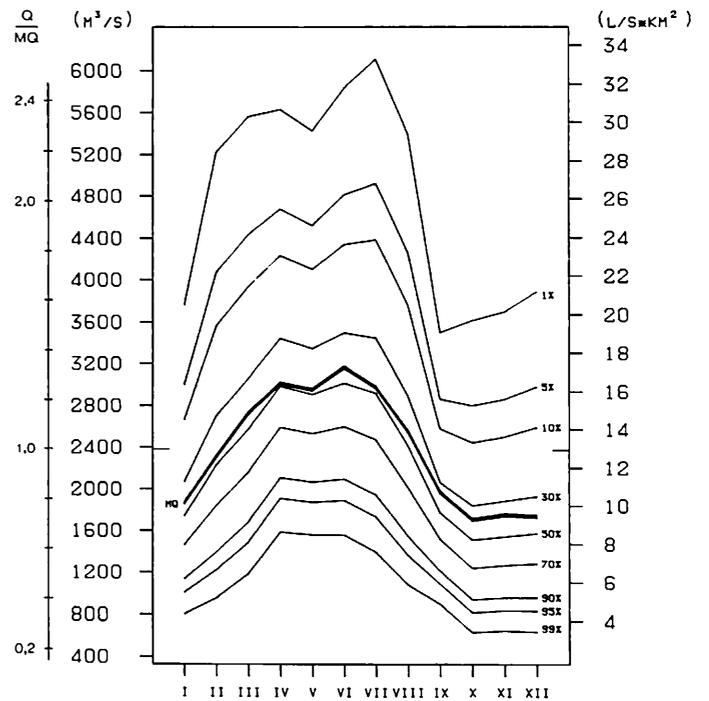
Pegel Wien-Nussdorf
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



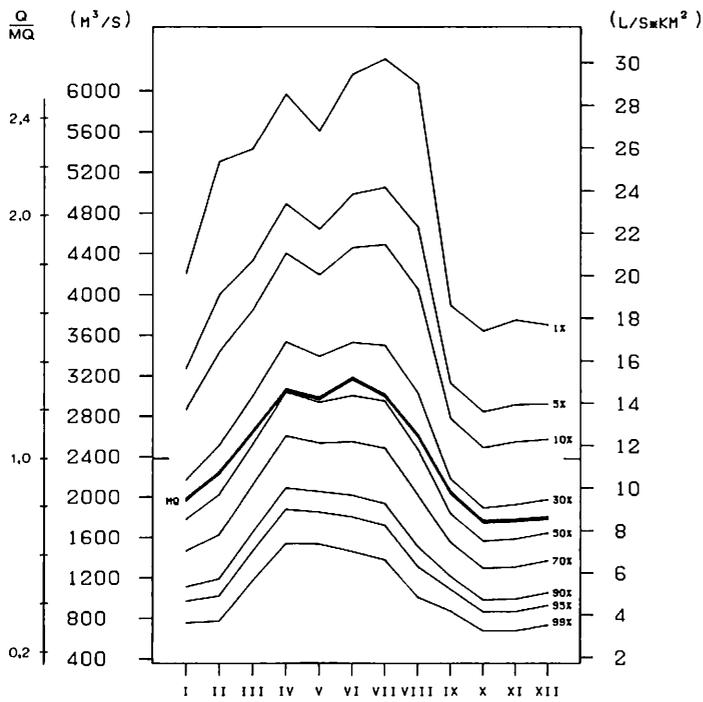
Pegel Bratislava
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



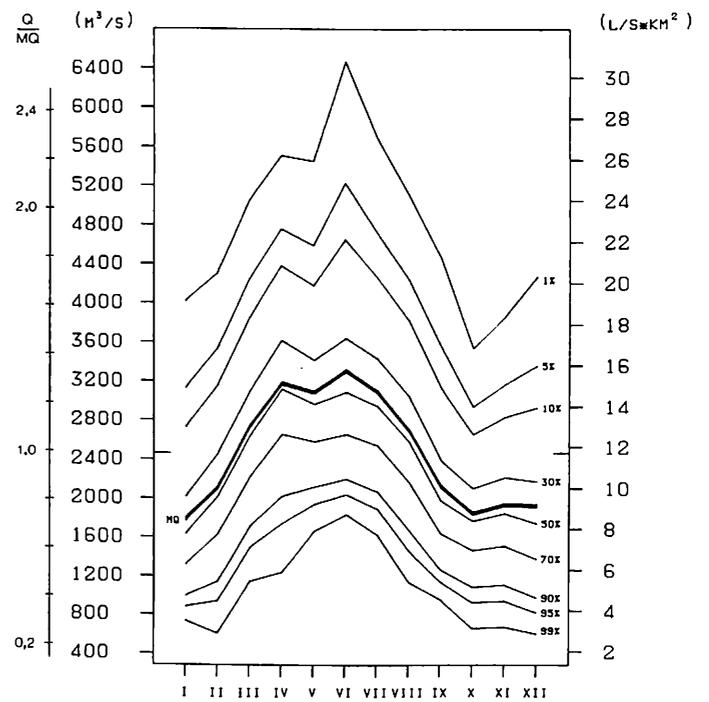
Pegel Dunaaalmas
 Fluss Donau
 Periode 1948 1970



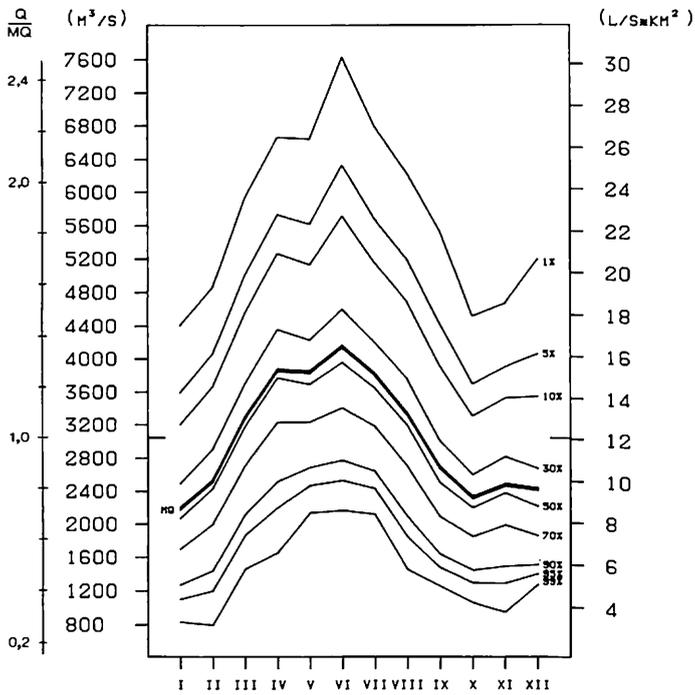
Pegel Nagymaros
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



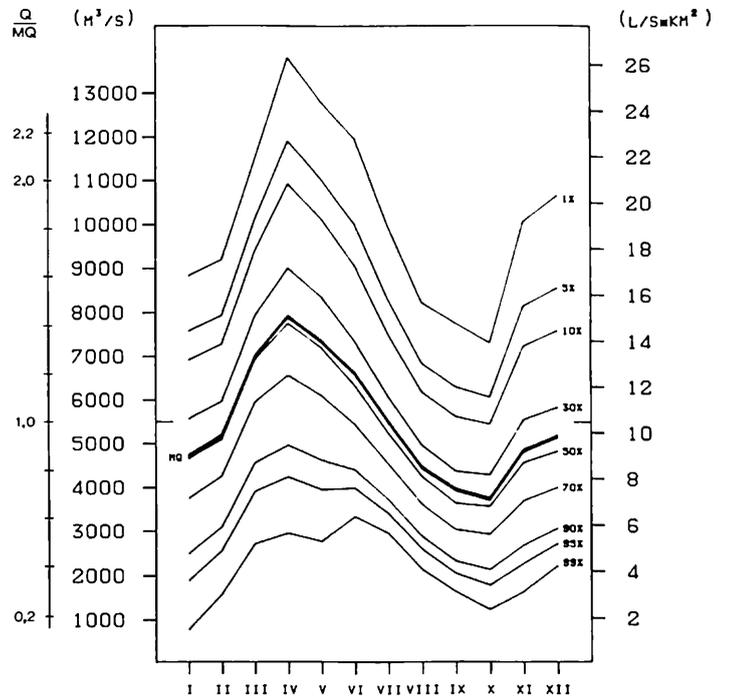
Pegel Mohacs
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



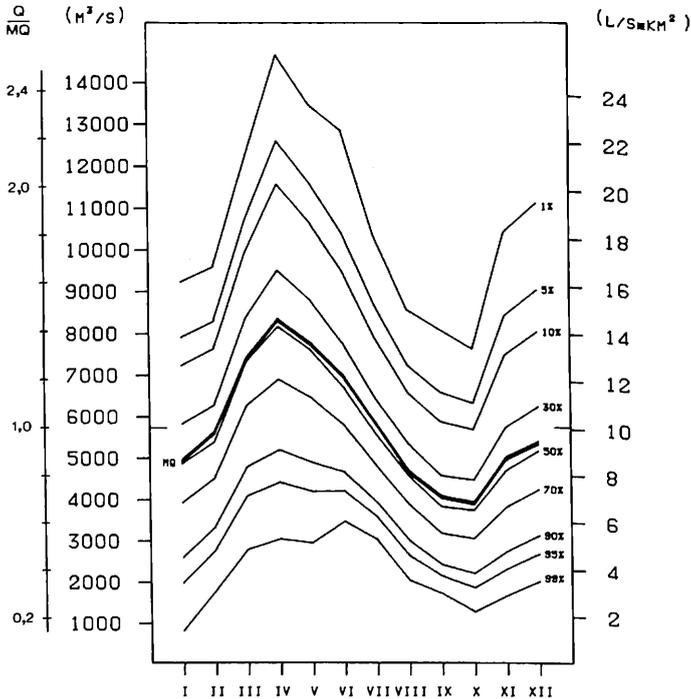
Pegel Bezdán
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



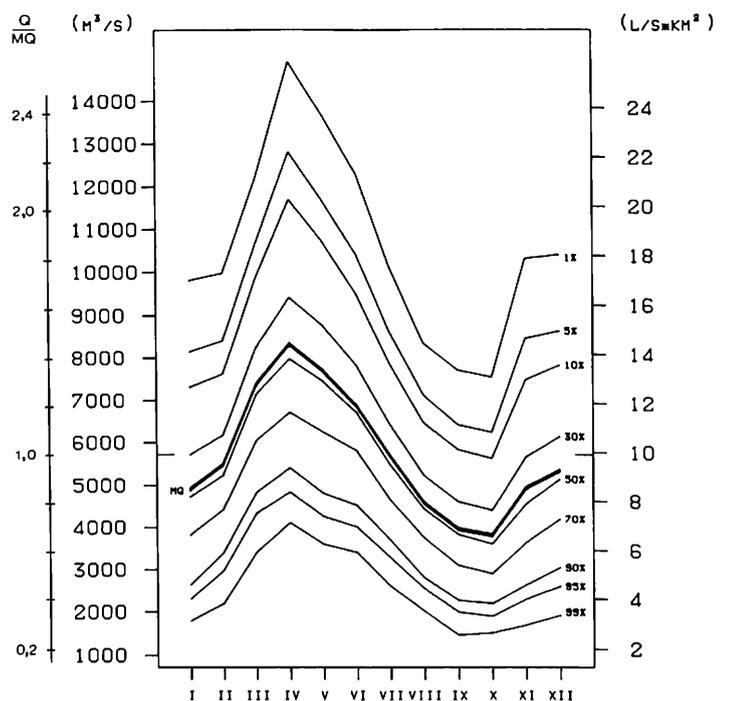
Pegel Bogojevo
Fluss Donau
Periode 1931 1970



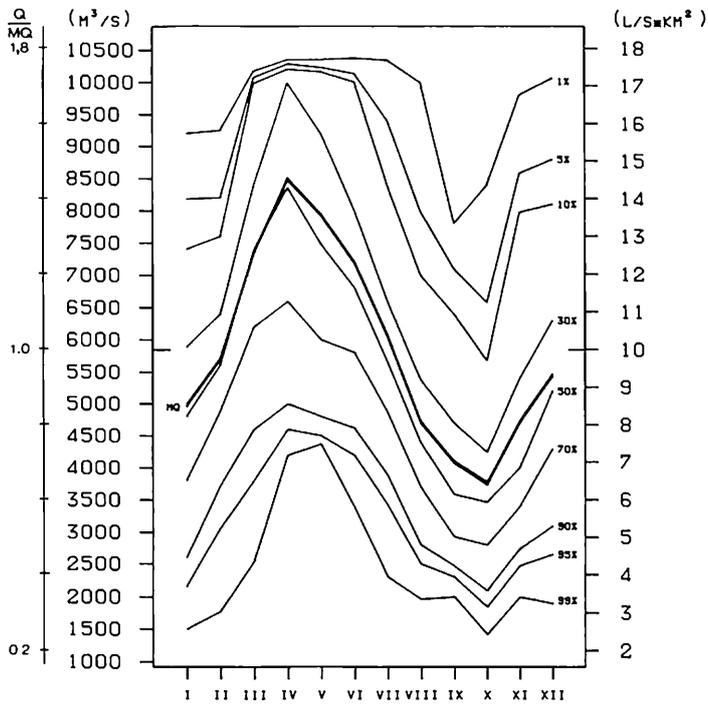
Pegel Pancevo
Fluss Donau
Periode 1931 1970



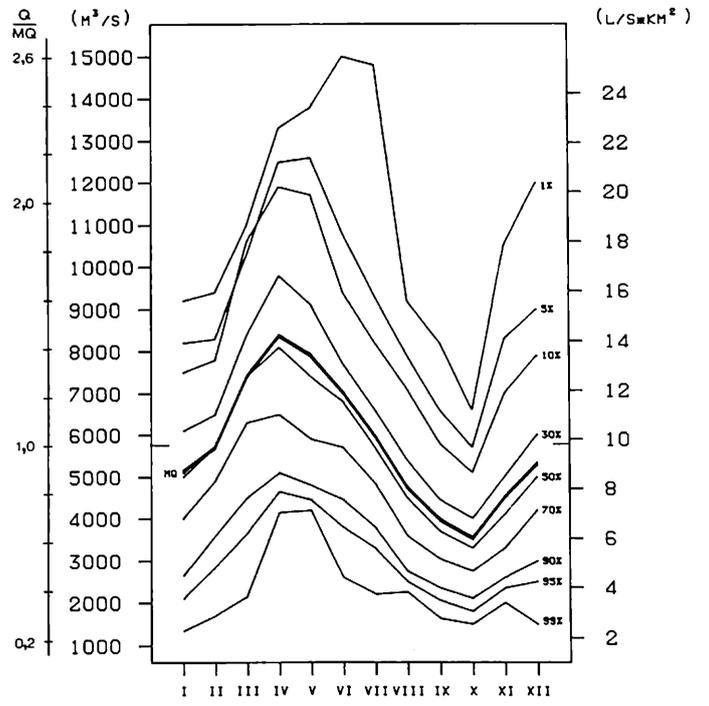
Pegel V. Gradiste
Fluss Donau
Periode 1931 1970



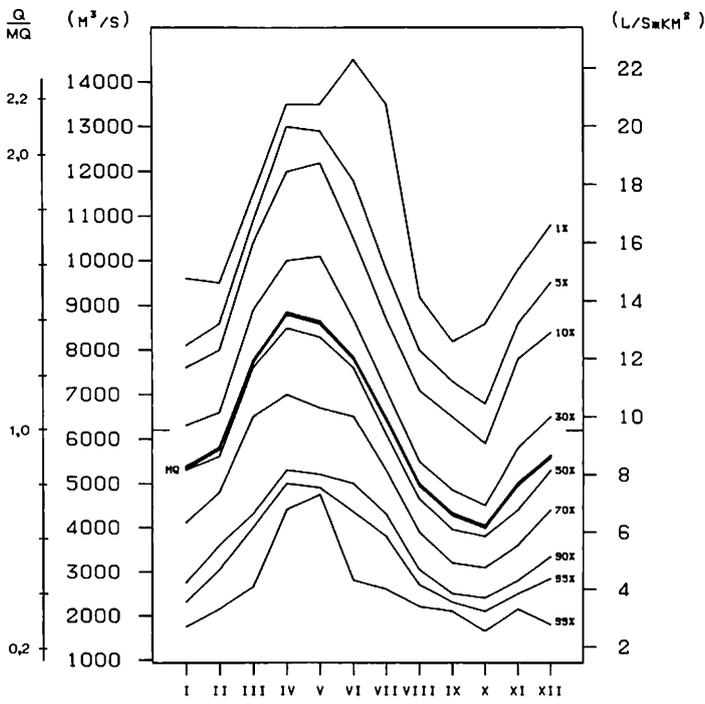
Pegel Orsova
Fluss Donau
Periode 1931 1970



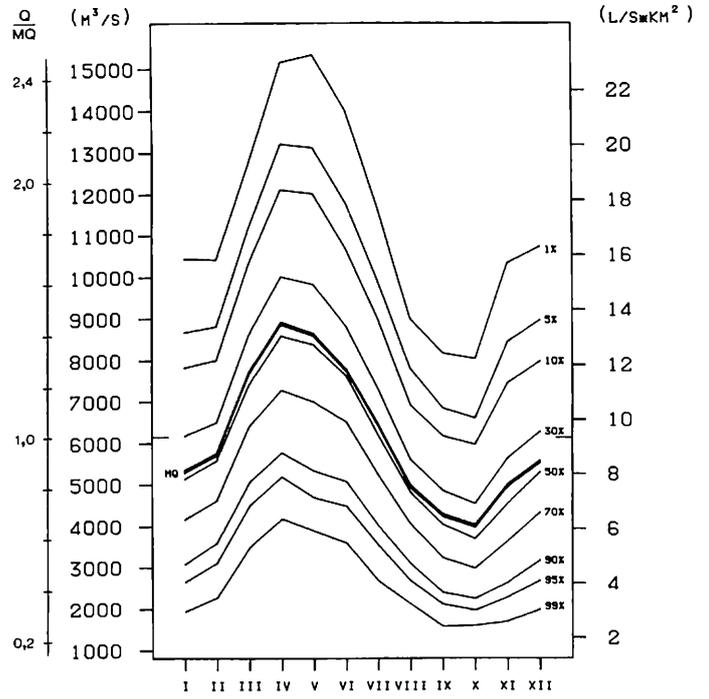
Pegel Novo Selo
 Fluss Donau
 Periode 1937 1970



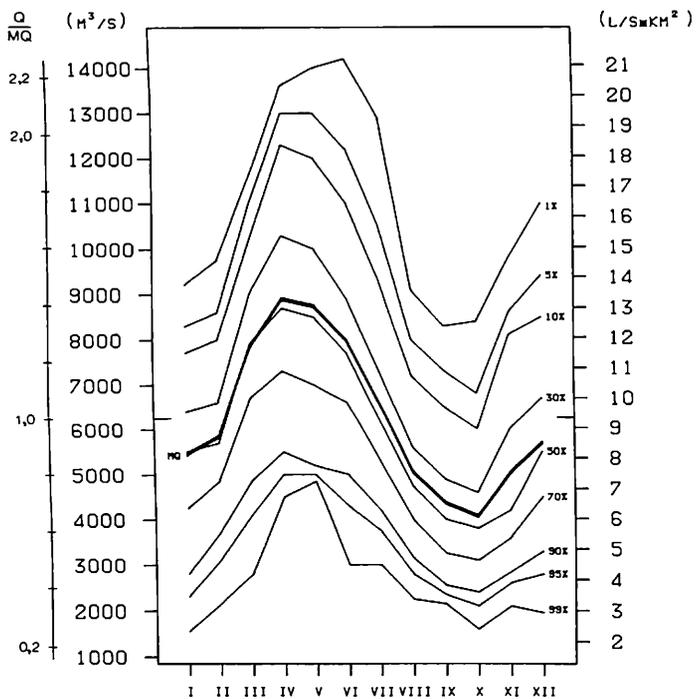
Pegel Lom
 Fluss Donau
 Periode 1941 1970



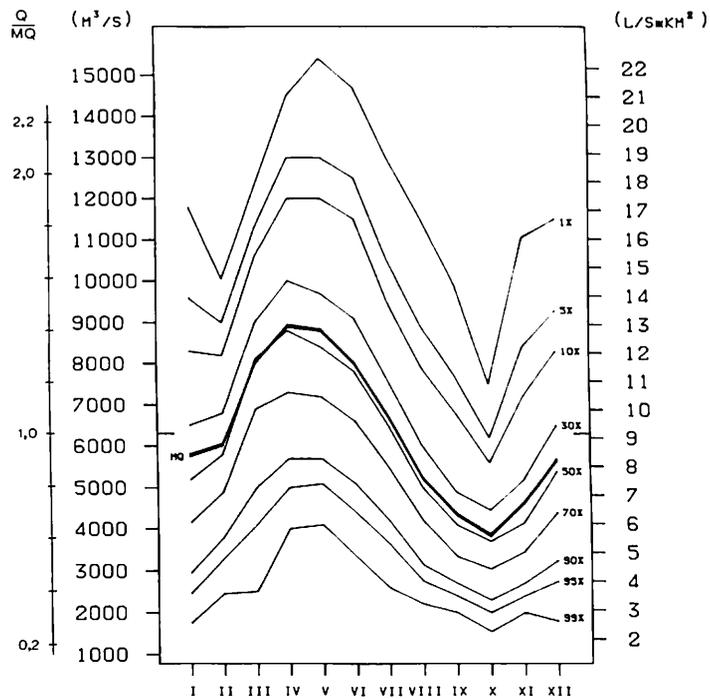
Pegel Svistov
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



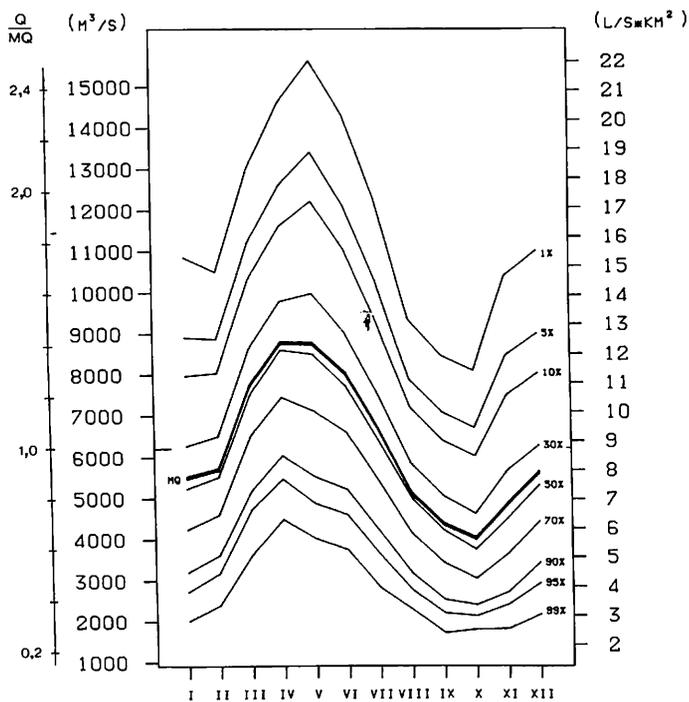
Pegel Zimnicea
 Fluss Donau
 Periode 1931 1970



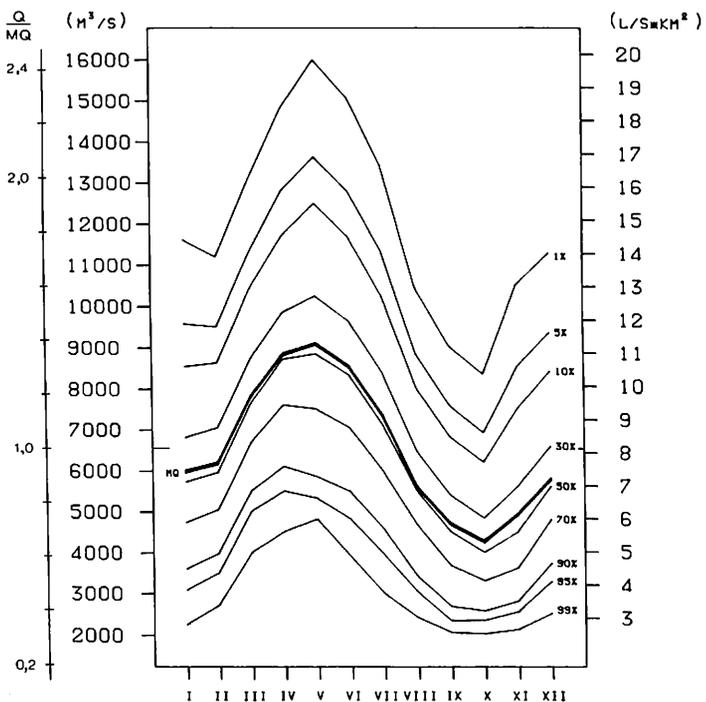
Pegel Ruse
Fluss Donau
Periode 1931 1970



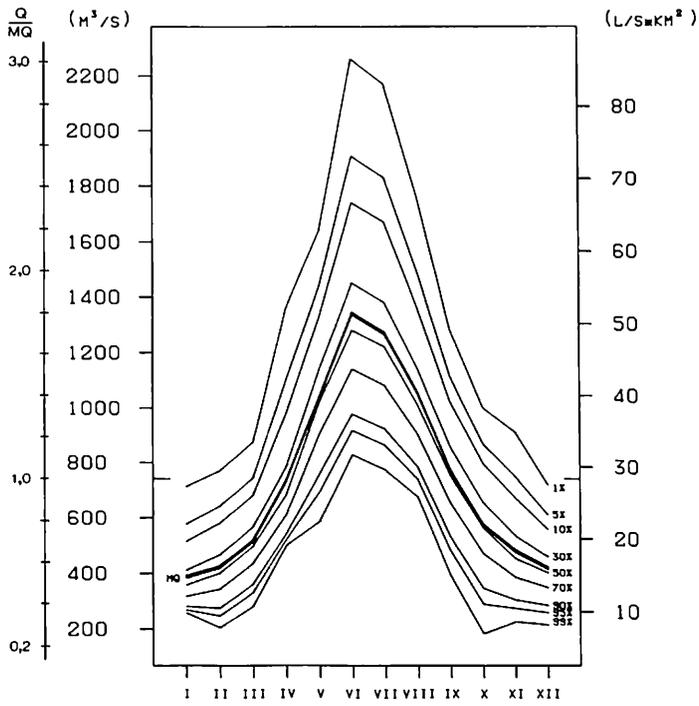
Pegel Silistra
Fluss Donau
Periode 1941 1970



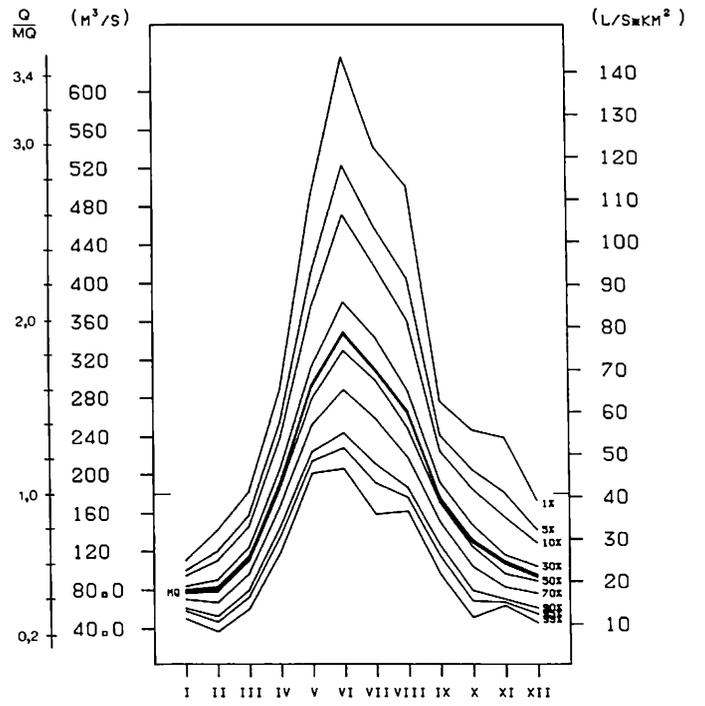
Pegel Vadu Oii-Hirsova
Fluss Donau
Periode 1931 1970



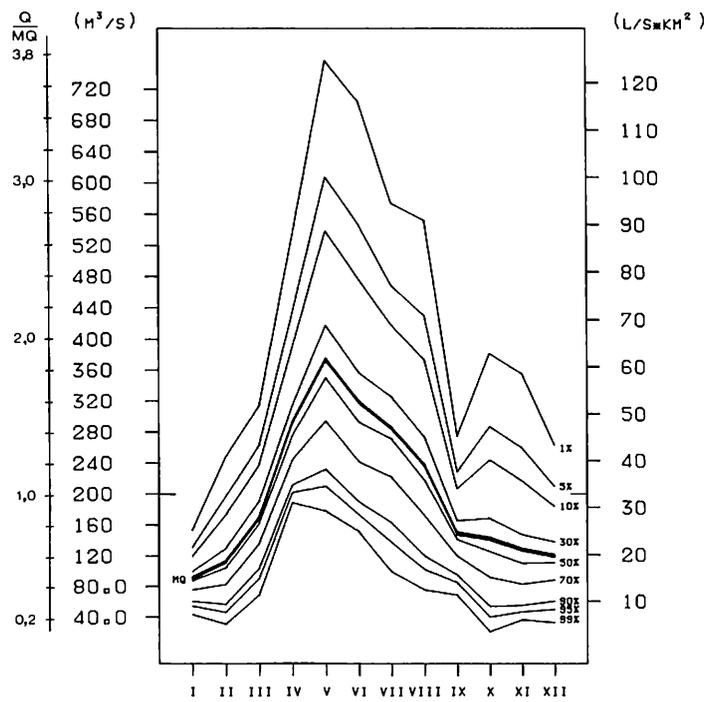
Pegel Ceatal Izmail
Fluss Donau
Periode 1931 1970



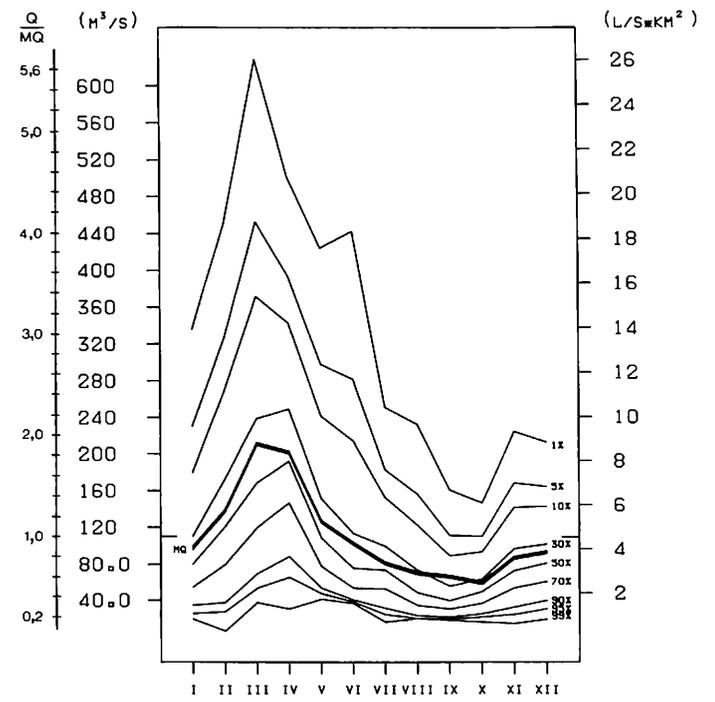
Pegel Passau-Ingling
 Fluss Inn
 Periode 1931 1970



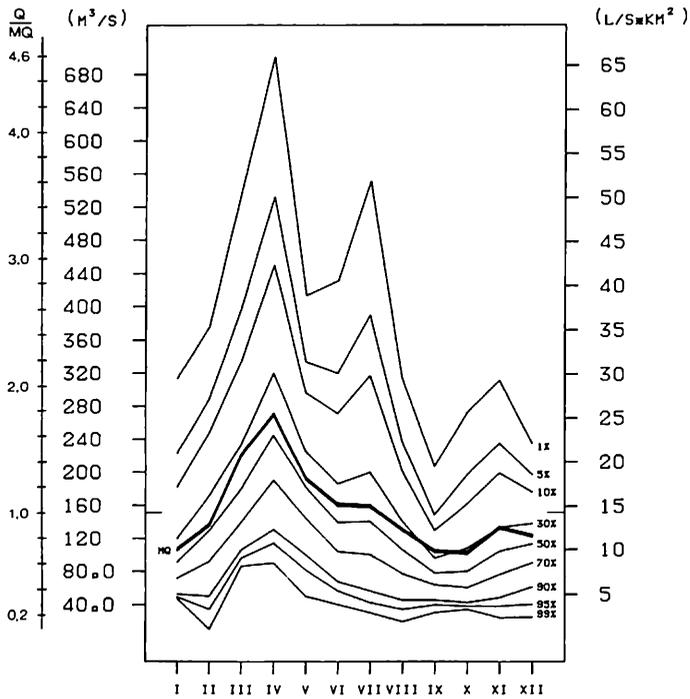
Pegel Salzburg
 Fluss Salzach
 Periode 1951 1970



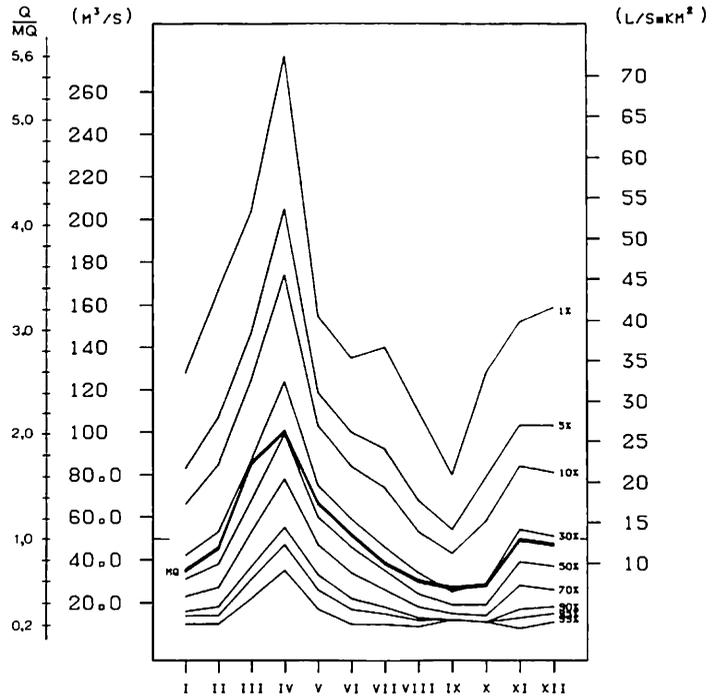
Pegel Steyr
 Fluss Enns
 Periode 1951 1970



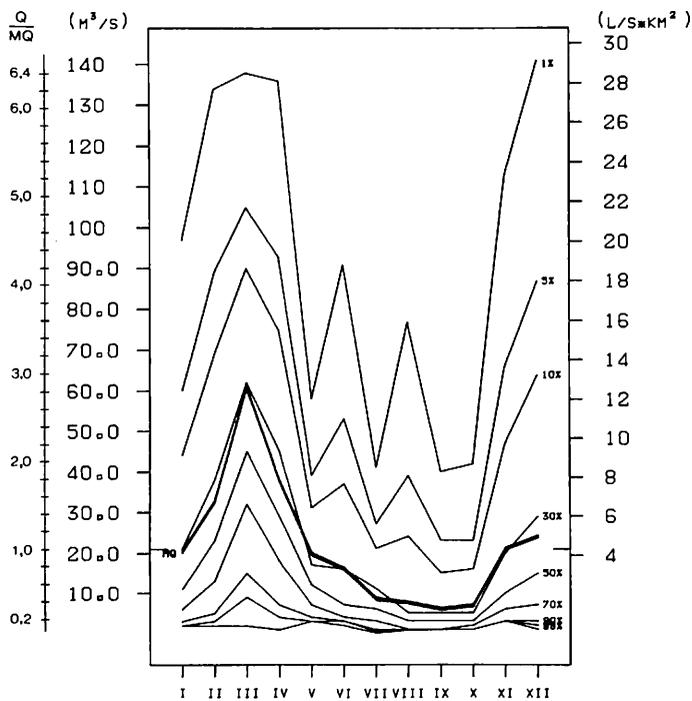
Pegel Moravsky Jan
 Fluss March
 Periode 1931 1970



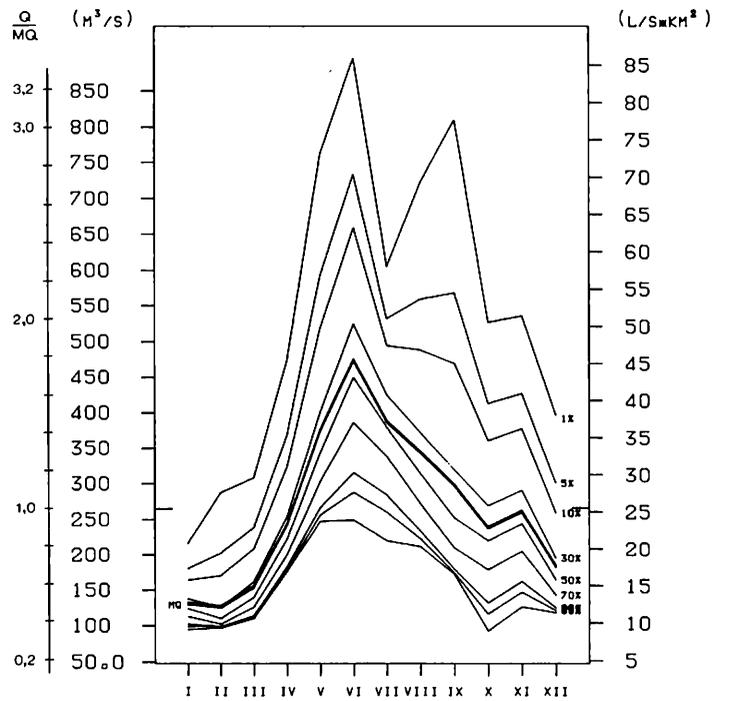
Pegel Sala
Fluss Vah
Periode 1931 1970



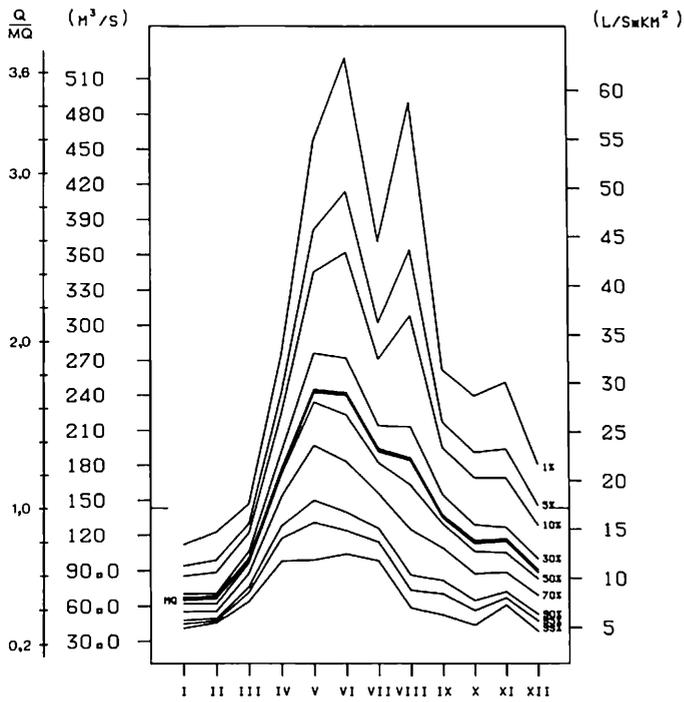
Pegel Brehy
Fluss Hron
Periode 1931 1970



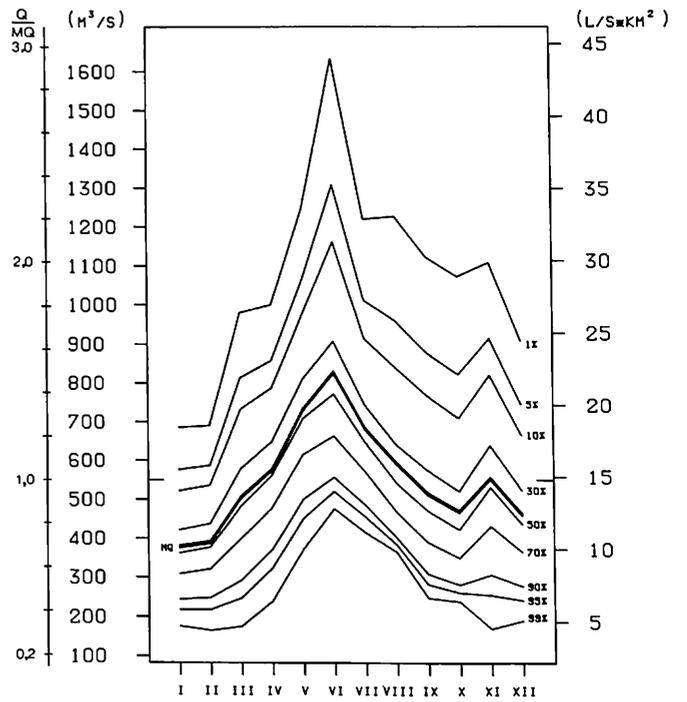
Pegel Ipelsky Sokolec
Fluss Ipel
Periode 1931 1970



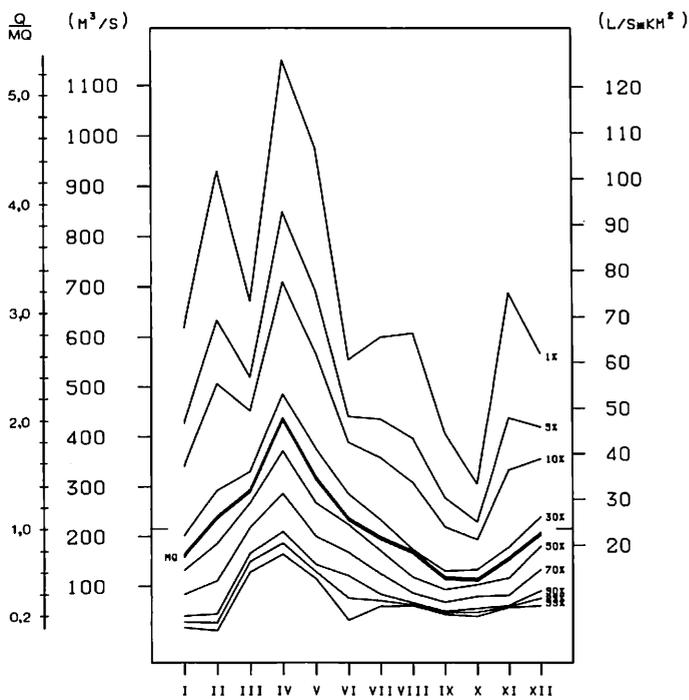
Pegel Neubruecke
Fluss Drau
Periode 1951 1970



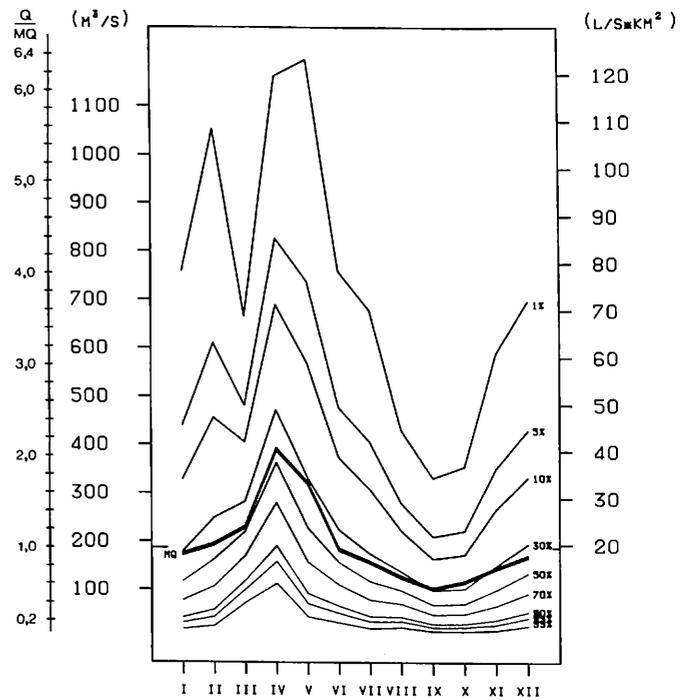
Pegel Landscha
 Fluss Mur
 Periode 1951 1970



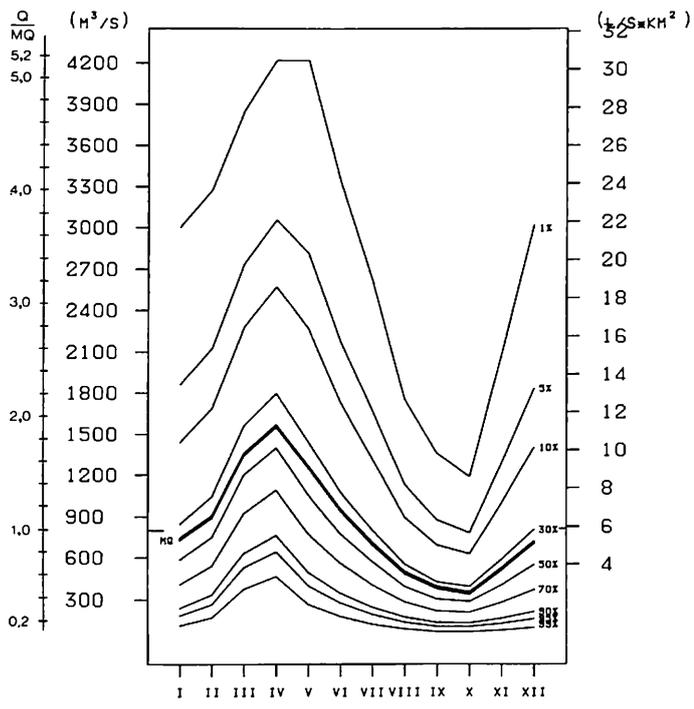
Pegel Donji Miholjac
 Fluss Drau
 Periode 1931 1970



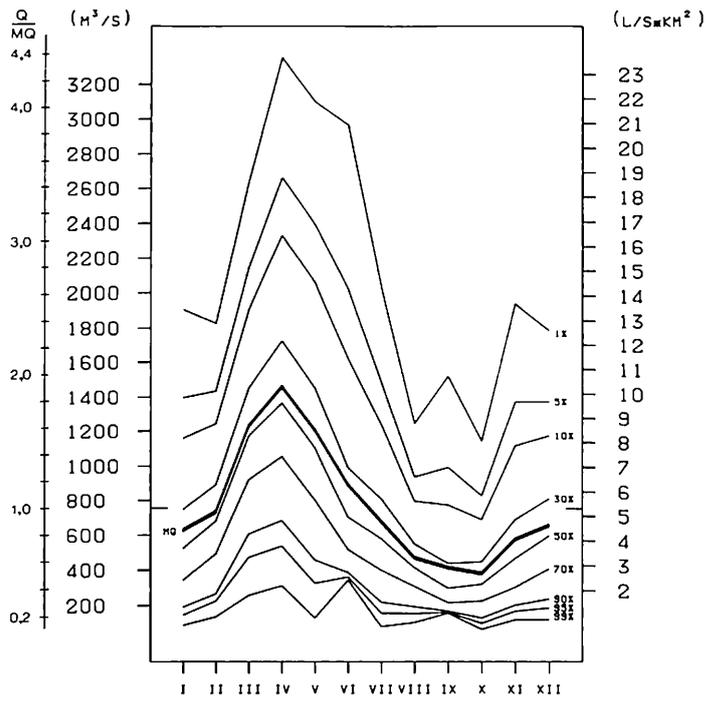
Pegel Vilok
 Fluss Theiss
 Periode 1954 1970



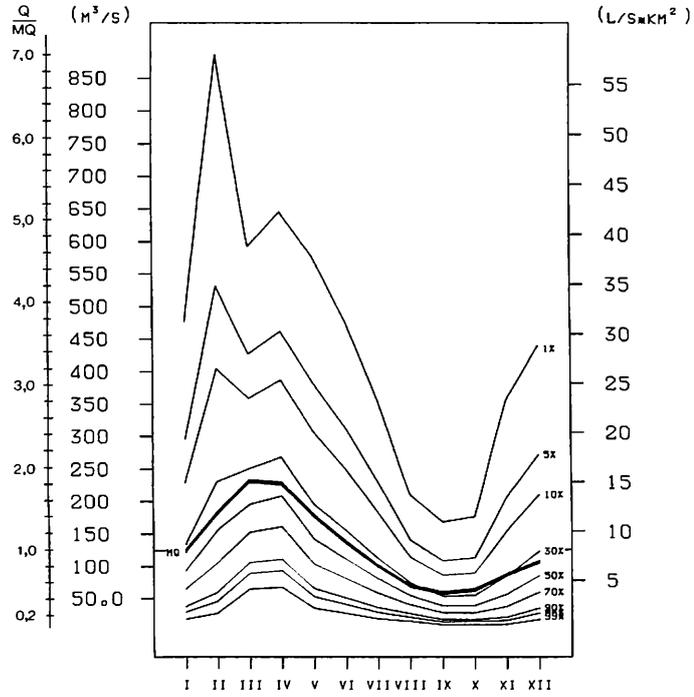
Pegel Tiszabecs
 Fluss Theiss
 Periode 1938 1958



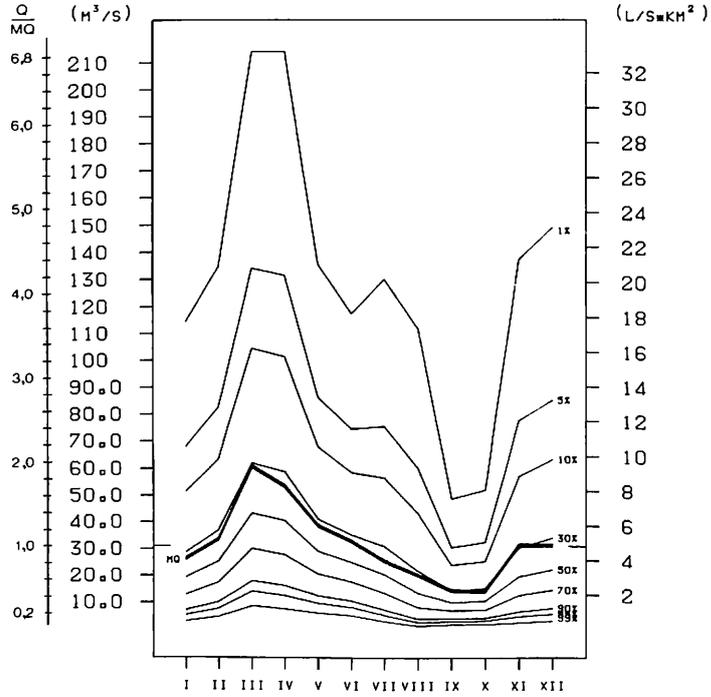
Pegel Szeged
 Fluss Theiß
 Periode 1941 1970



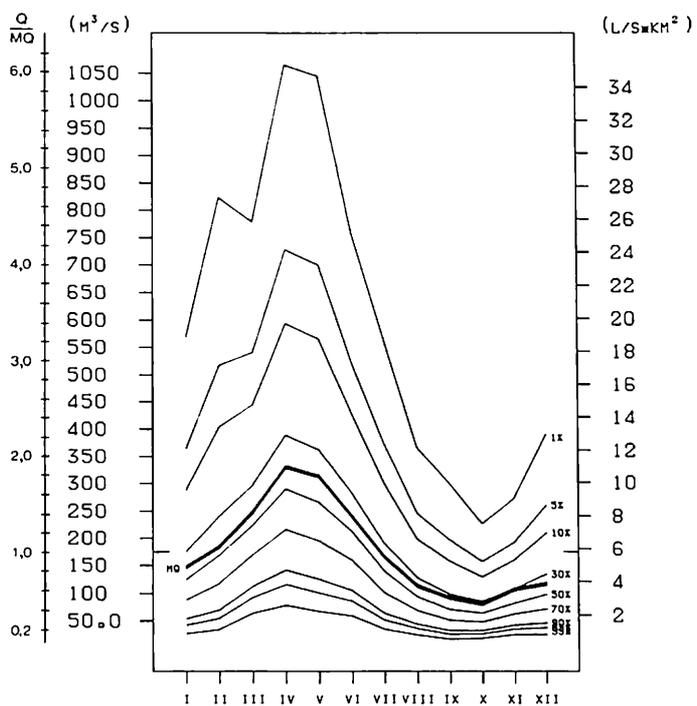
Pegel Senta
 Fluss Theiß
 Periode 1931 1970



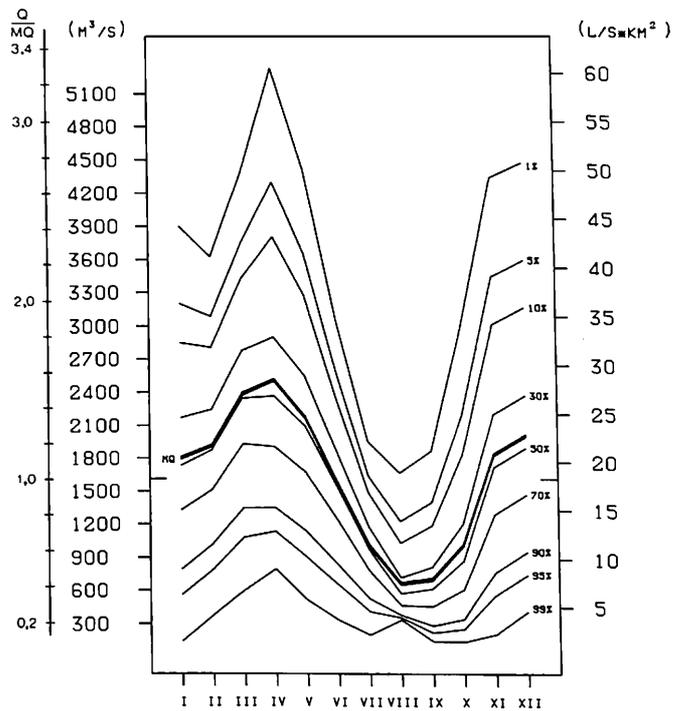
Pegel Csenger
 Fluss Szamos
 Periode 1931 1970



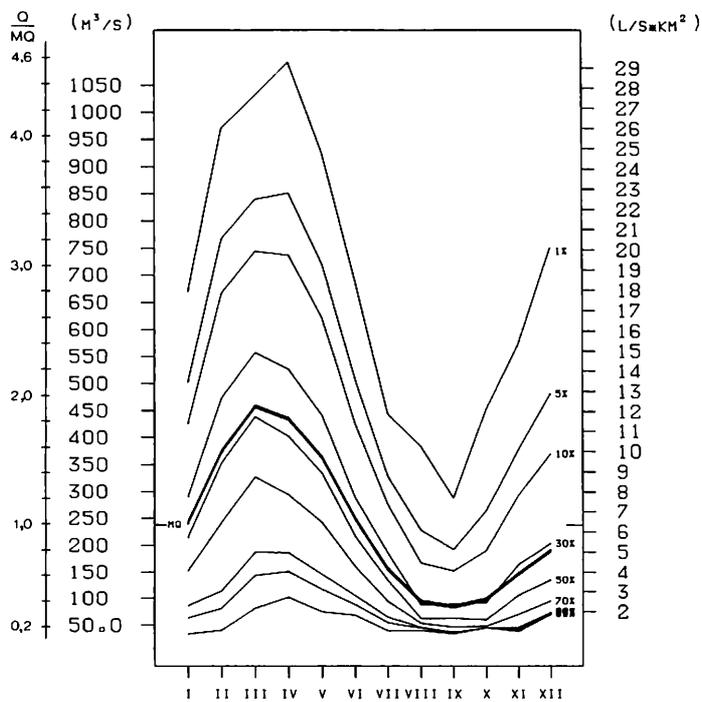
Pegel Felsőszolca
 Fluss Sajó
 Periode 1931 1970



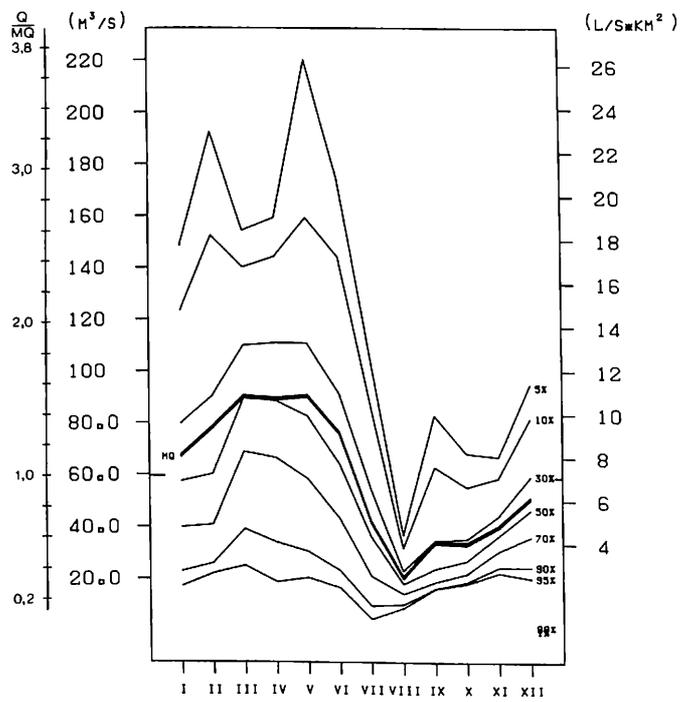
Pegel Mako
Fluss Maros
Periode 1931 1970



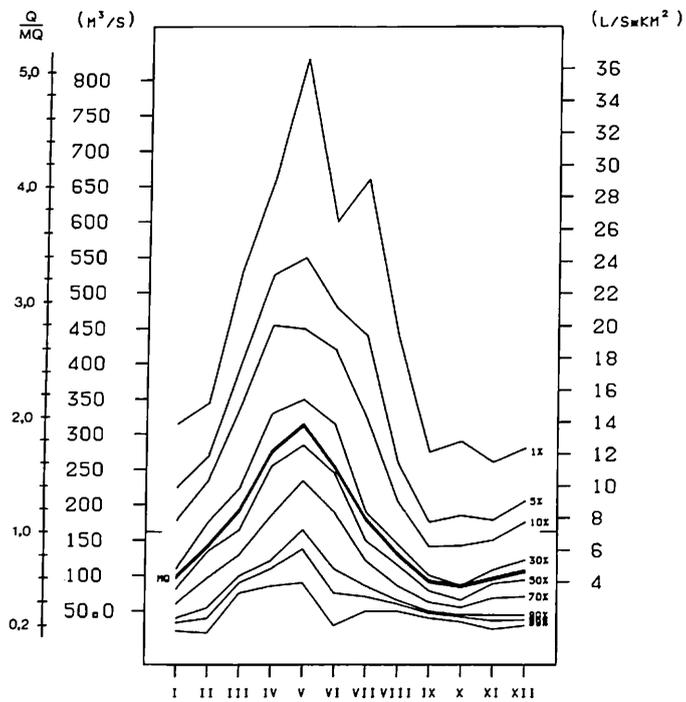
Pegel Sr. Mitrovica
Fluss Save
Periode 1931 1970



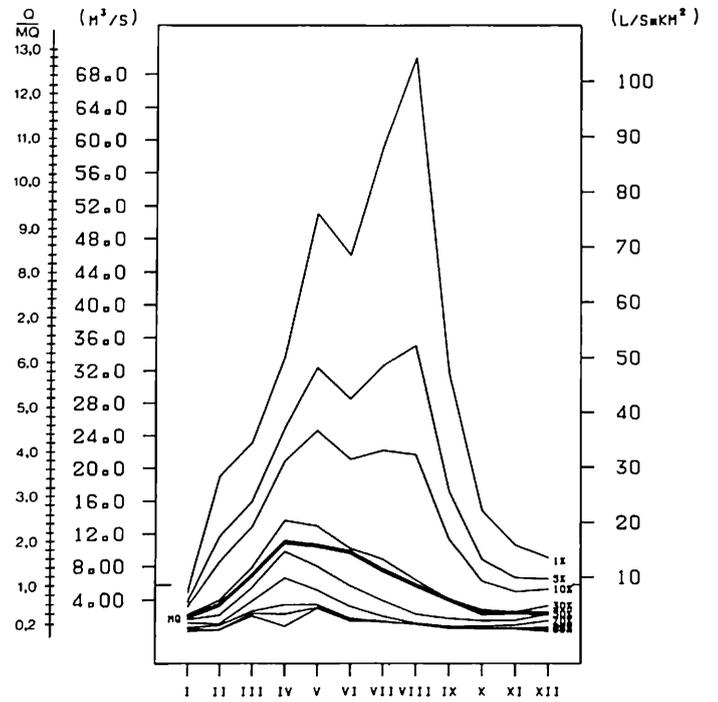
Pegel Lj. Most
Fluss V. Morava
Periode 1931 1970



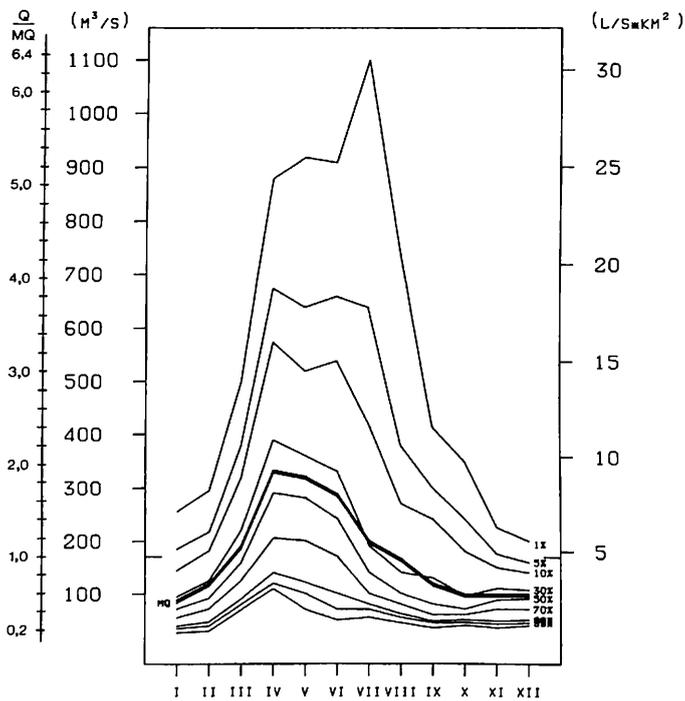
Pegel Orahovica
Fluss Iskar
Periode 1955 1970



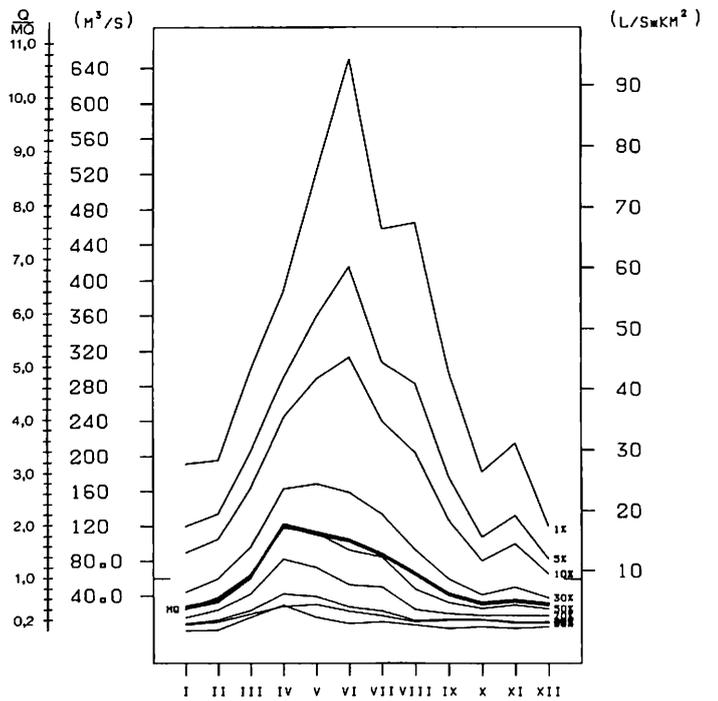
Pegel Stoenesti
 Fluss Olt
 Periode 1950 1970



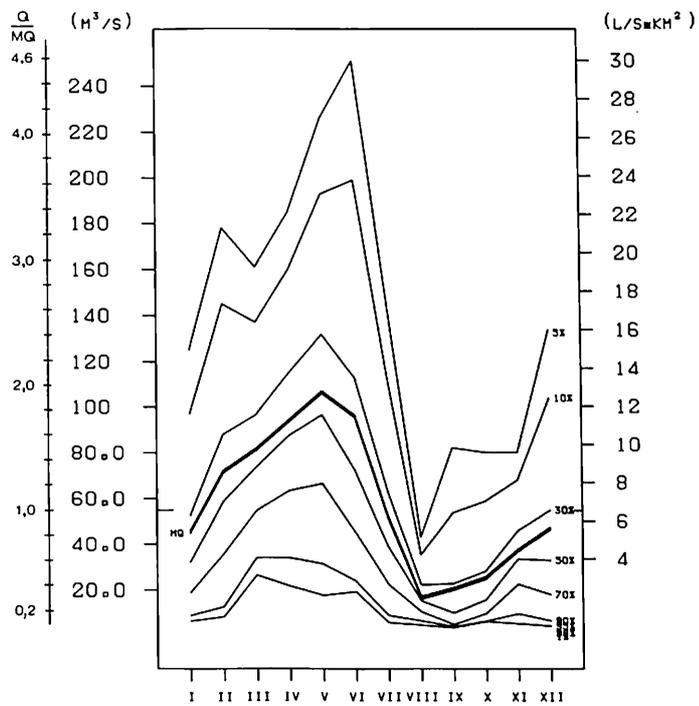
Pegel Storožinec
 Fluss Siret
 Periode 1953 1970



Pegel Lungoci
 Fluss Siret
 Periode 1950 1970



Pegel Cernovci
 Fluss Prut
 Periode 1931 1970



Pegel Orahovica
 Fluss Iskar
 Periode 1936 1954

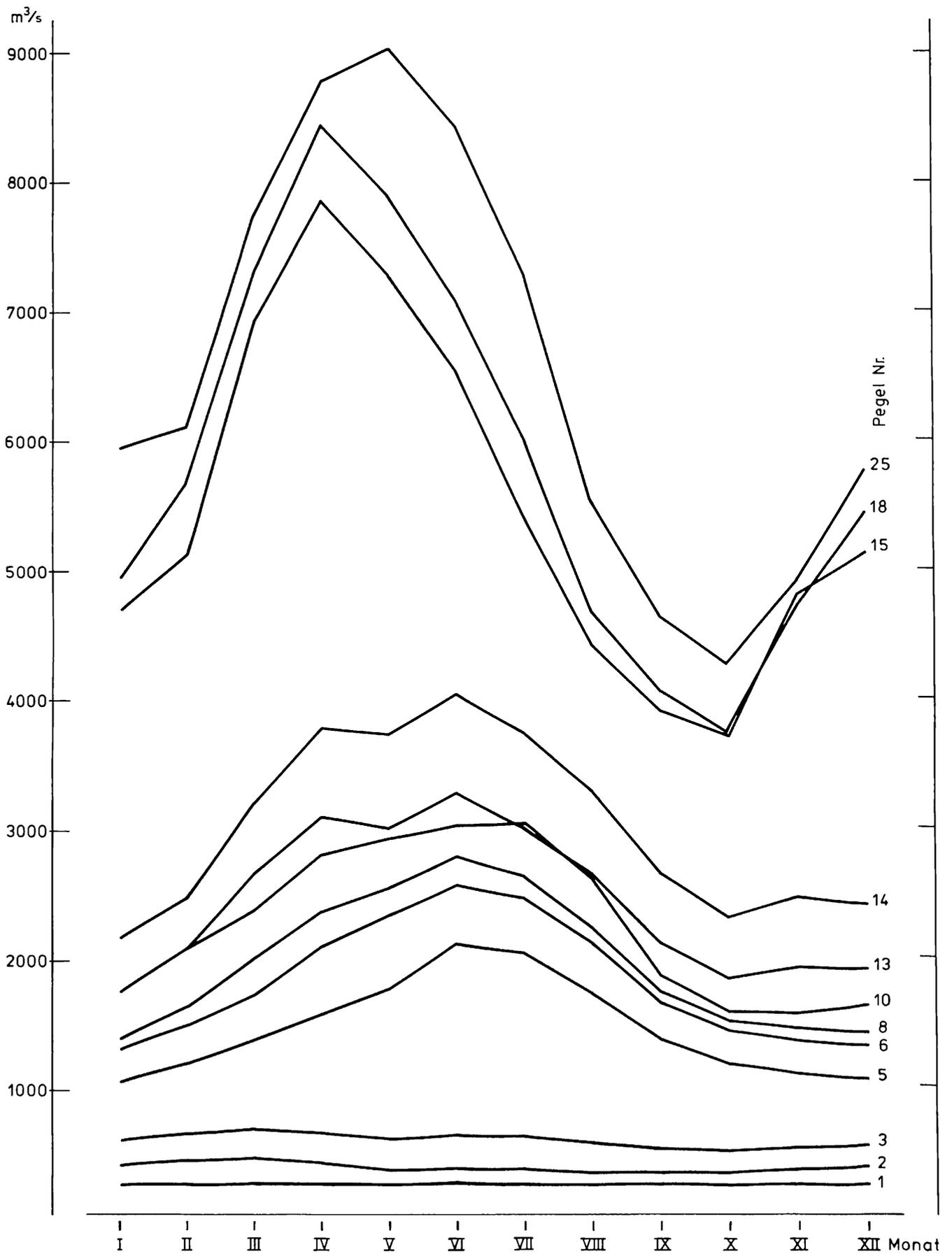


Abb. 2.12 Jahrgang der Monatsmittel entlang der Donau

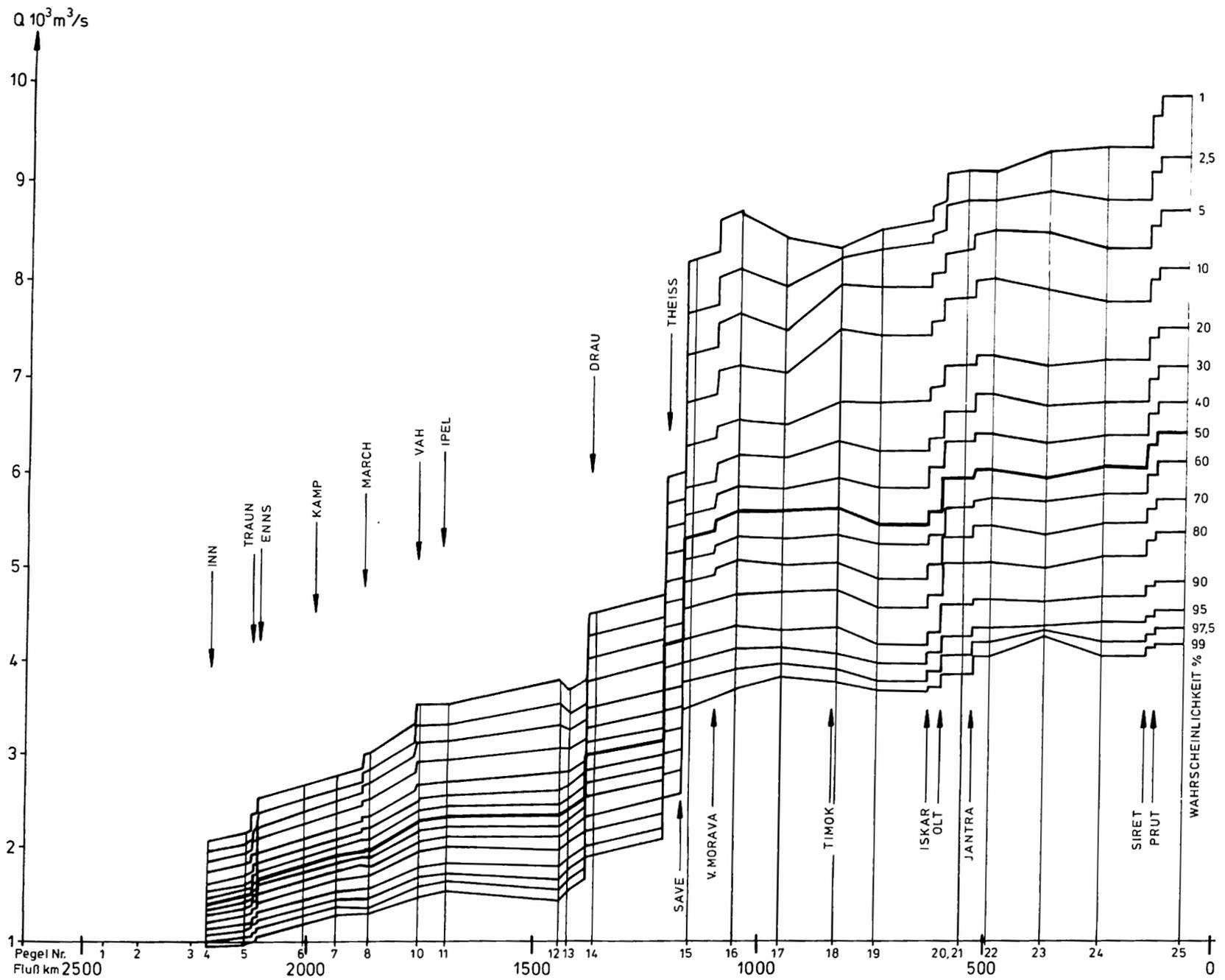


Abb. 2.13 Wahrscheinlichkeit der mittleren jährlichen Abflüsse entlang der Donau

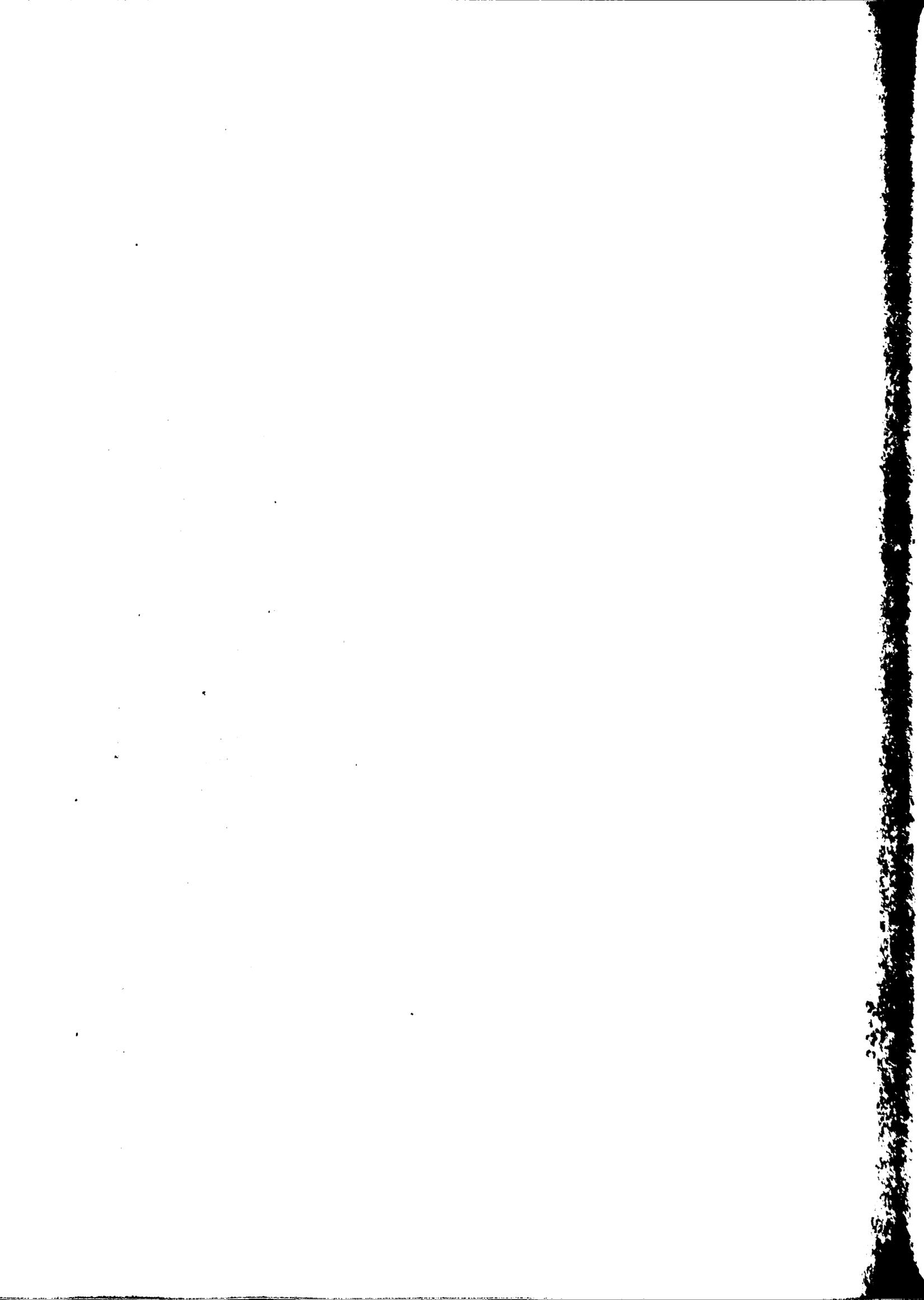
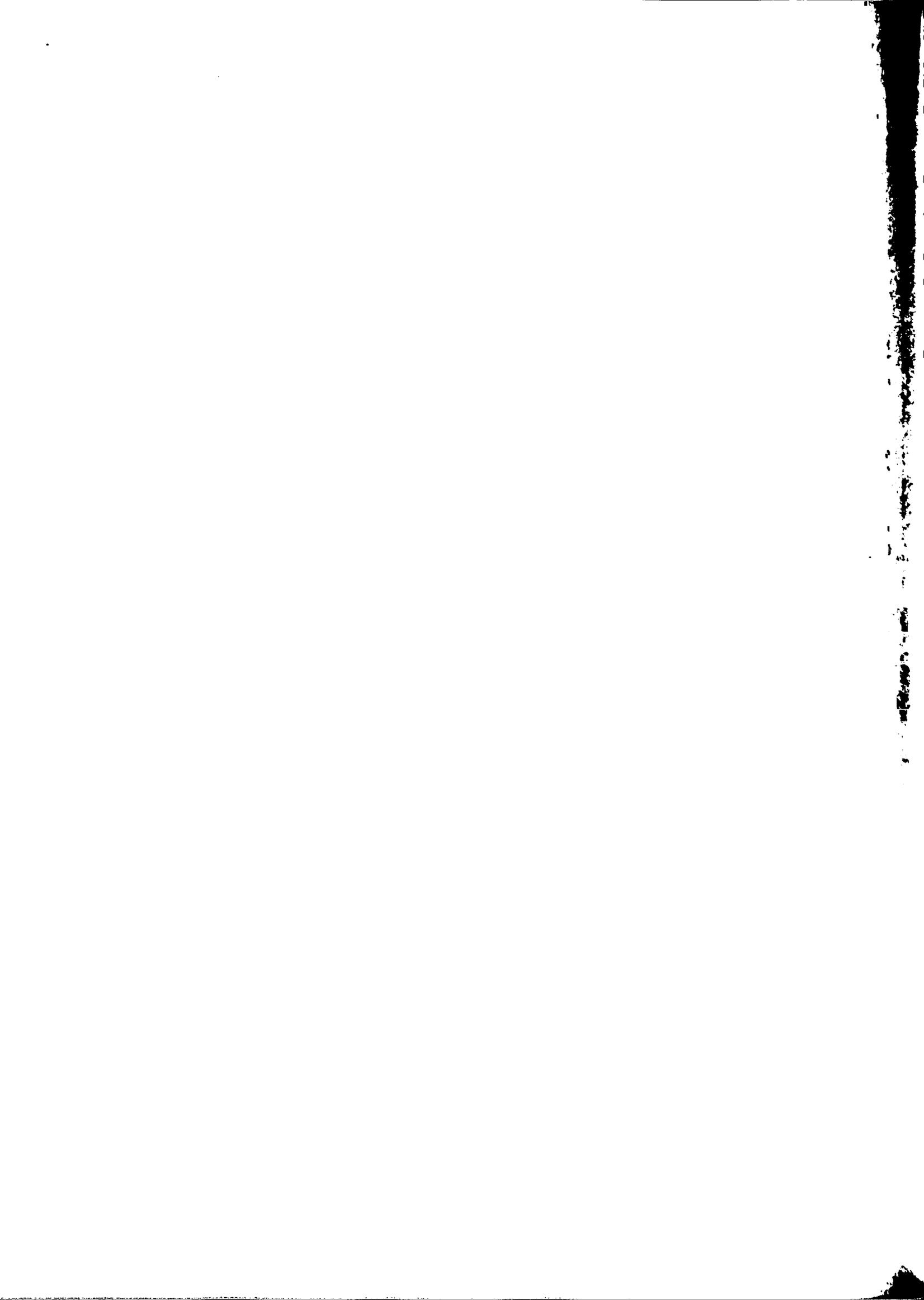
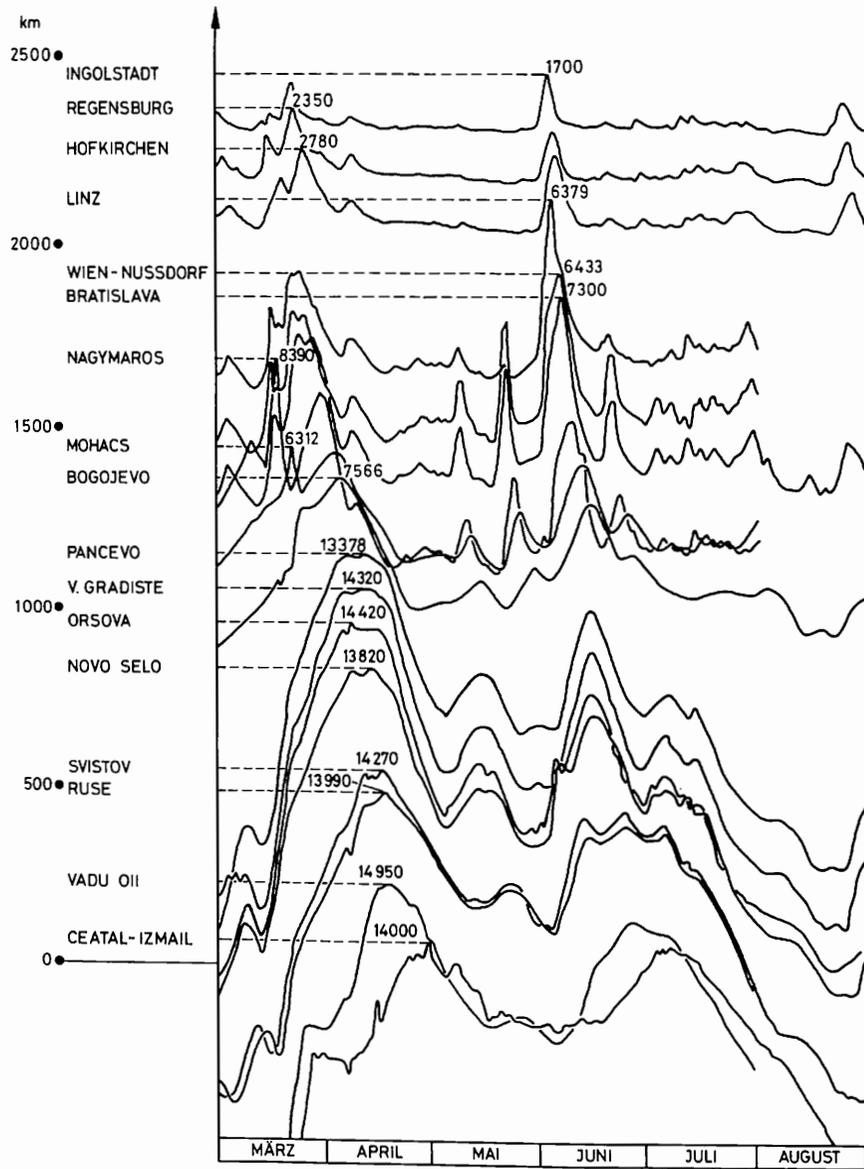


Abb. 2.14

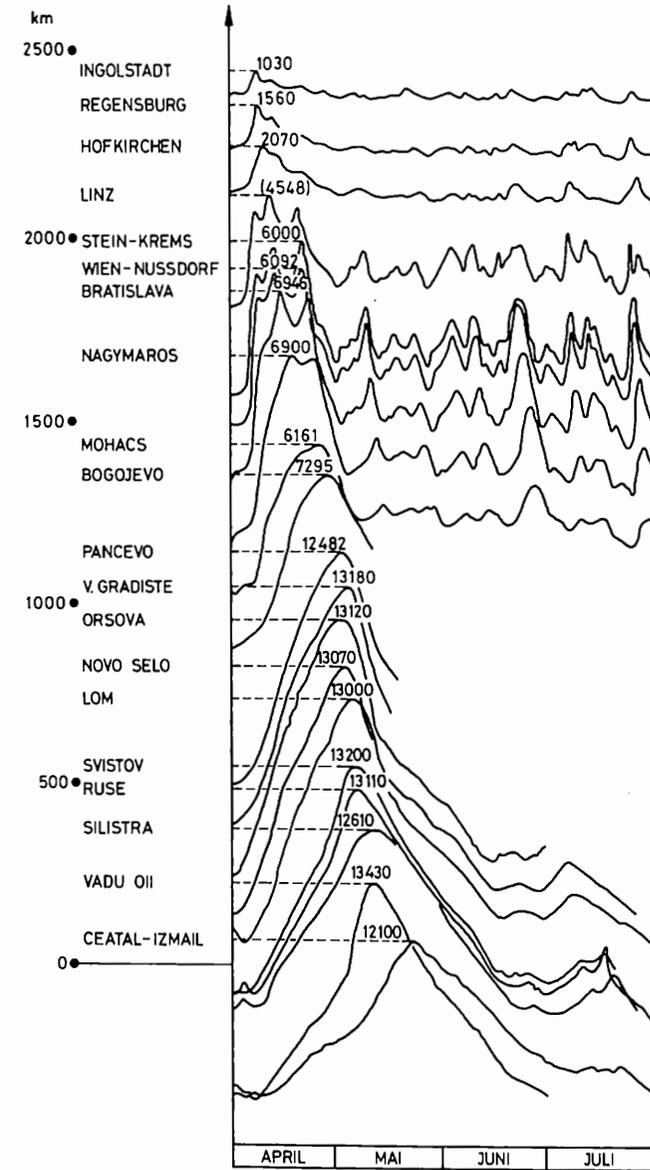
Hochwasserwellenpläne
Donauhochwasser 1940, 1944, 1947, 1954, 1956, 1965, 1970



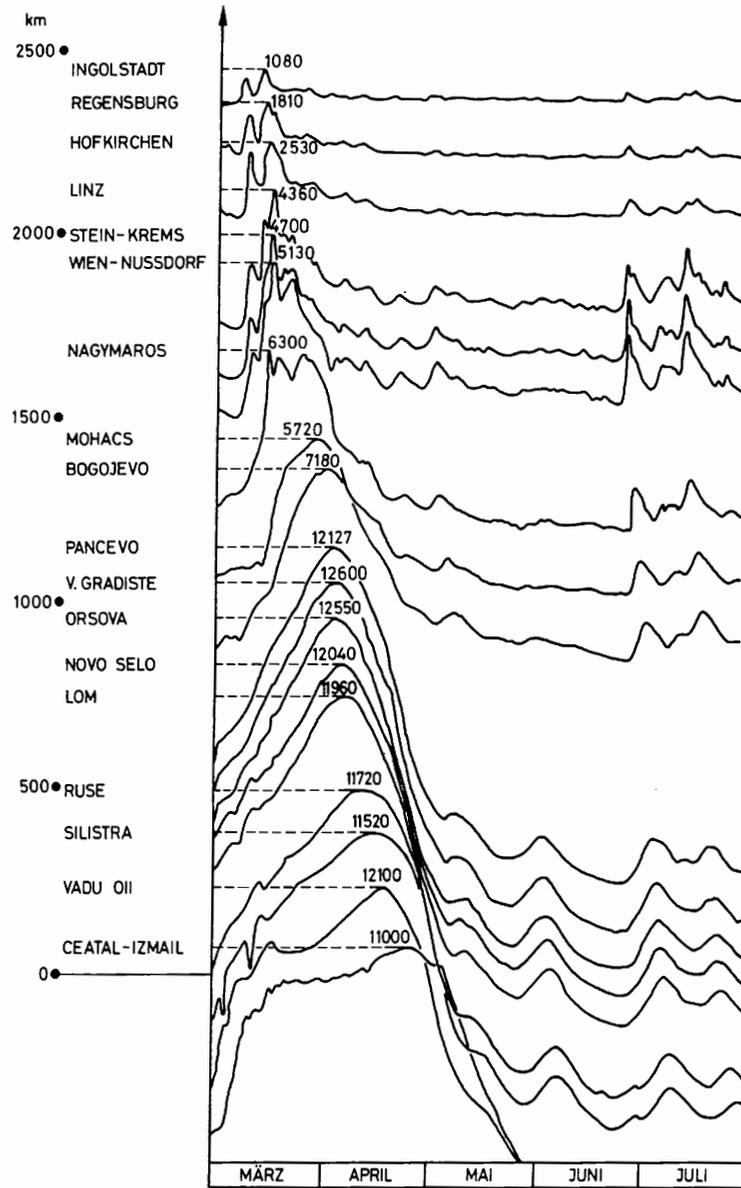
DONAUHOCHWASSER 1940



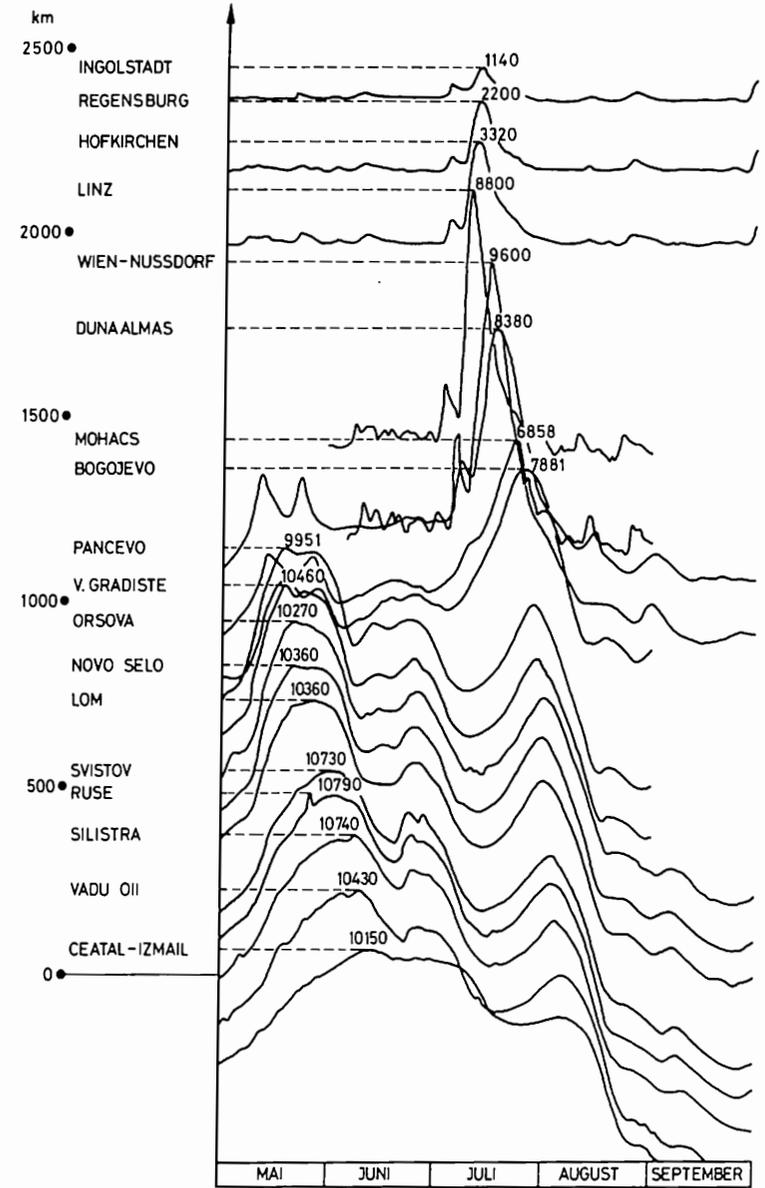
DONAUHOCHWASSER 1944



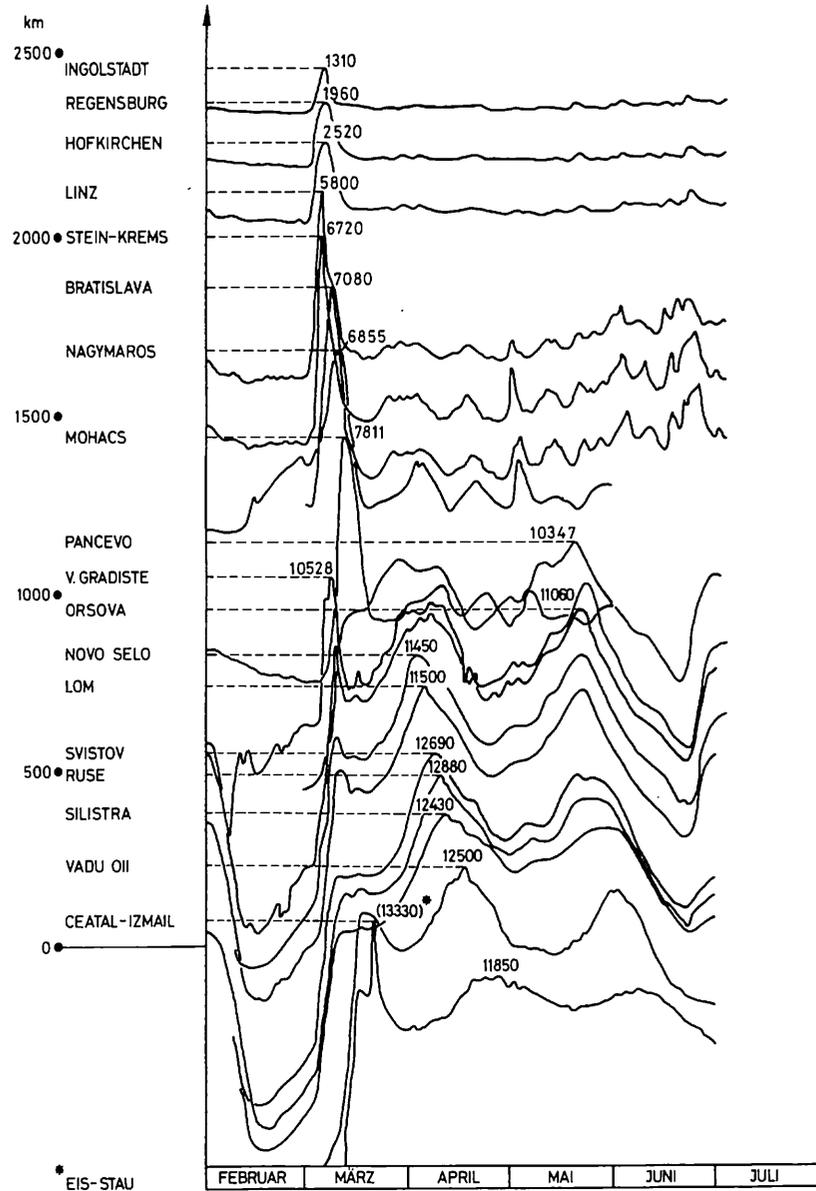
DONAUHOCHWASSER 1947



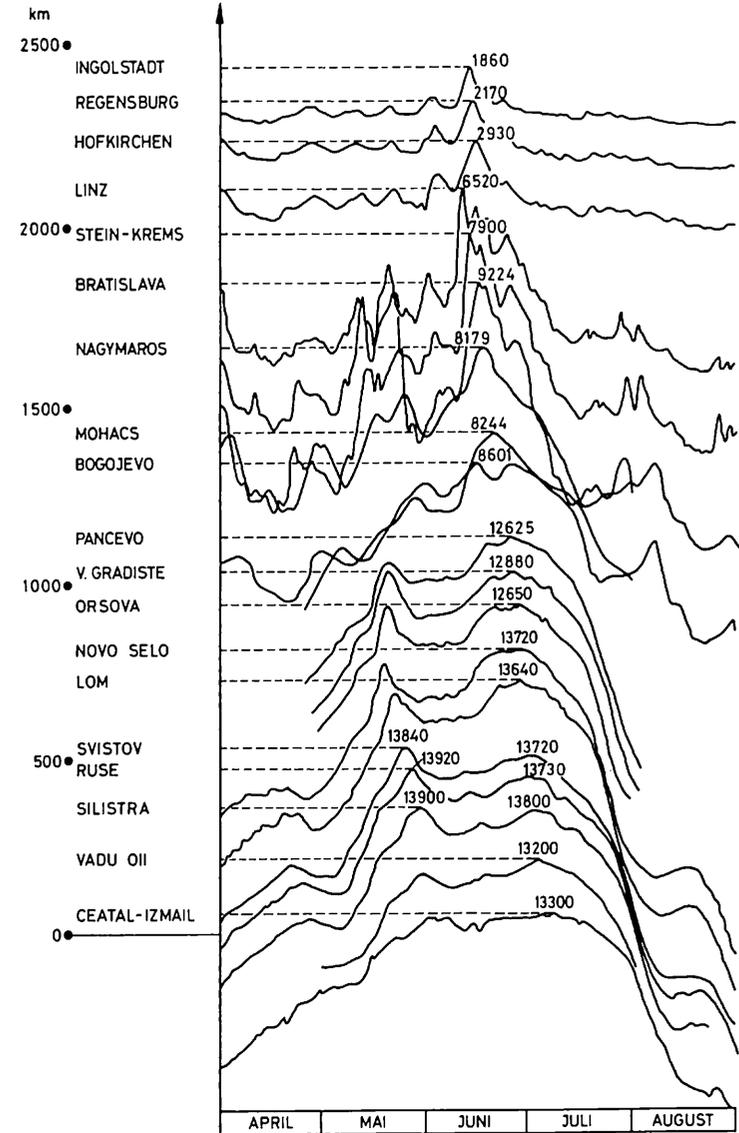
DONAUHOCHWASSER 1954



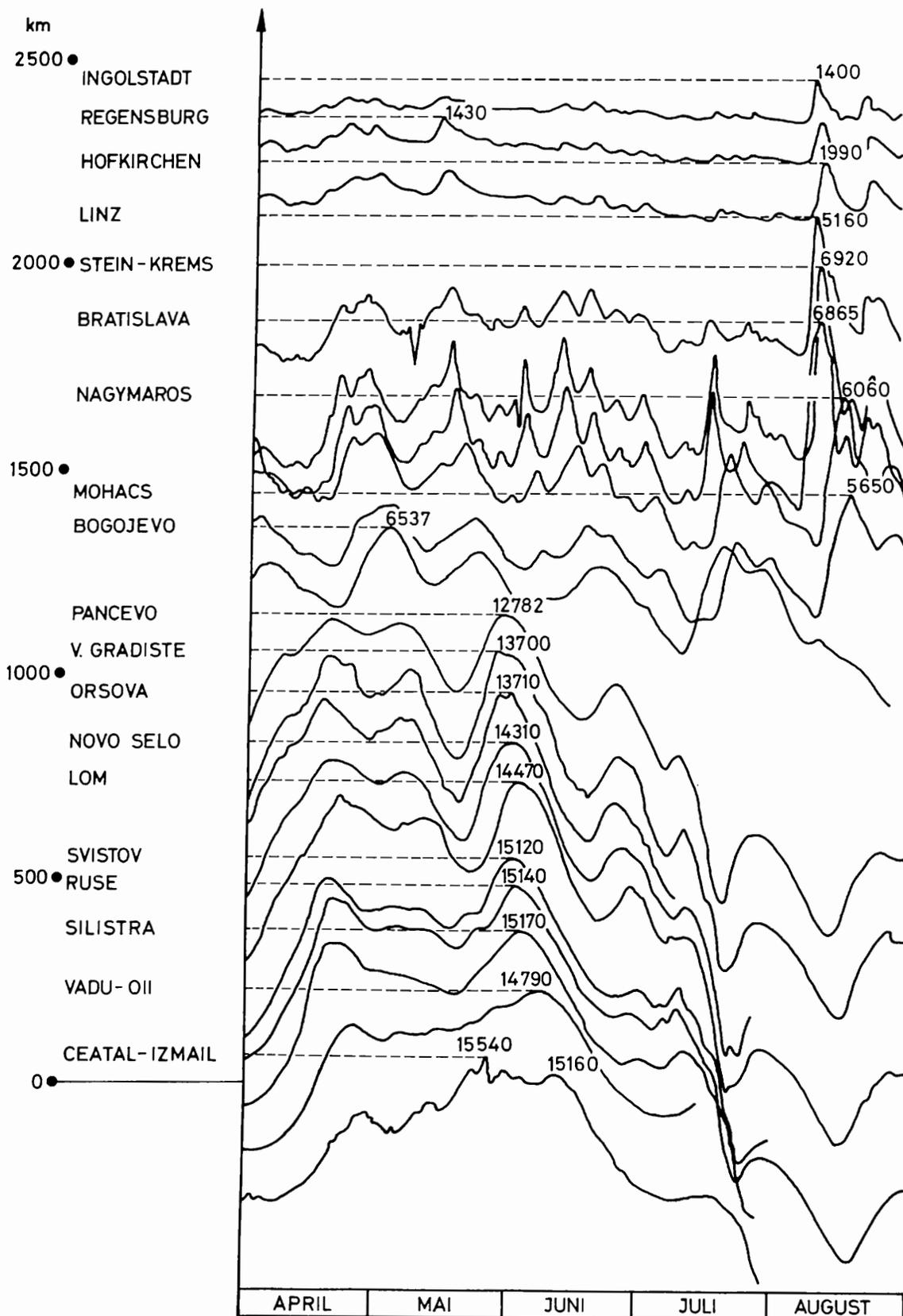
DONAUHOCHWASSER 1956



DONAUHOCHWASSER 1965



DONAUHOCHWASSER 1970



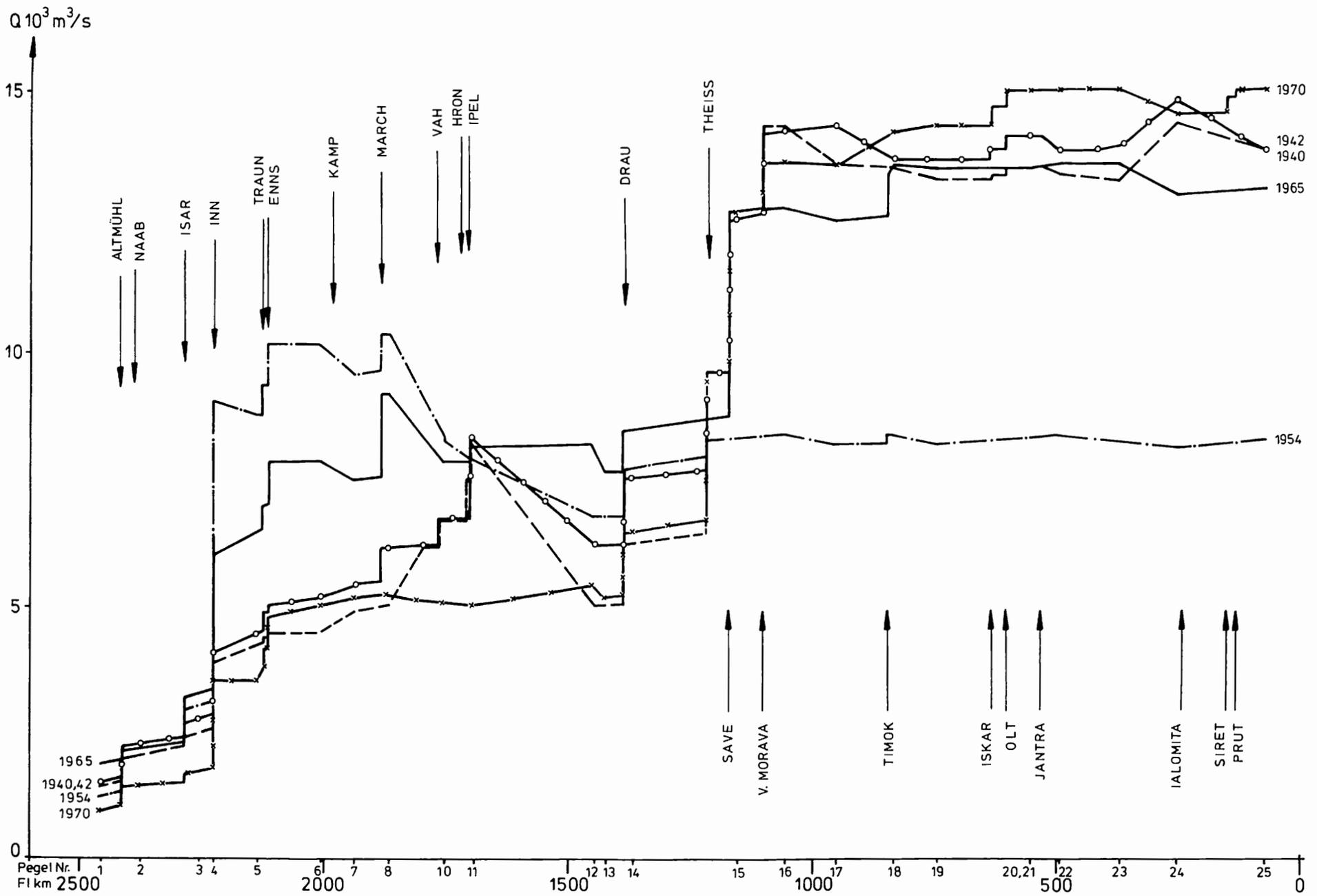


Abb. 2.15 Hochwasserabflüsse entlang der Donau für die größten beobachteten Hochwasser

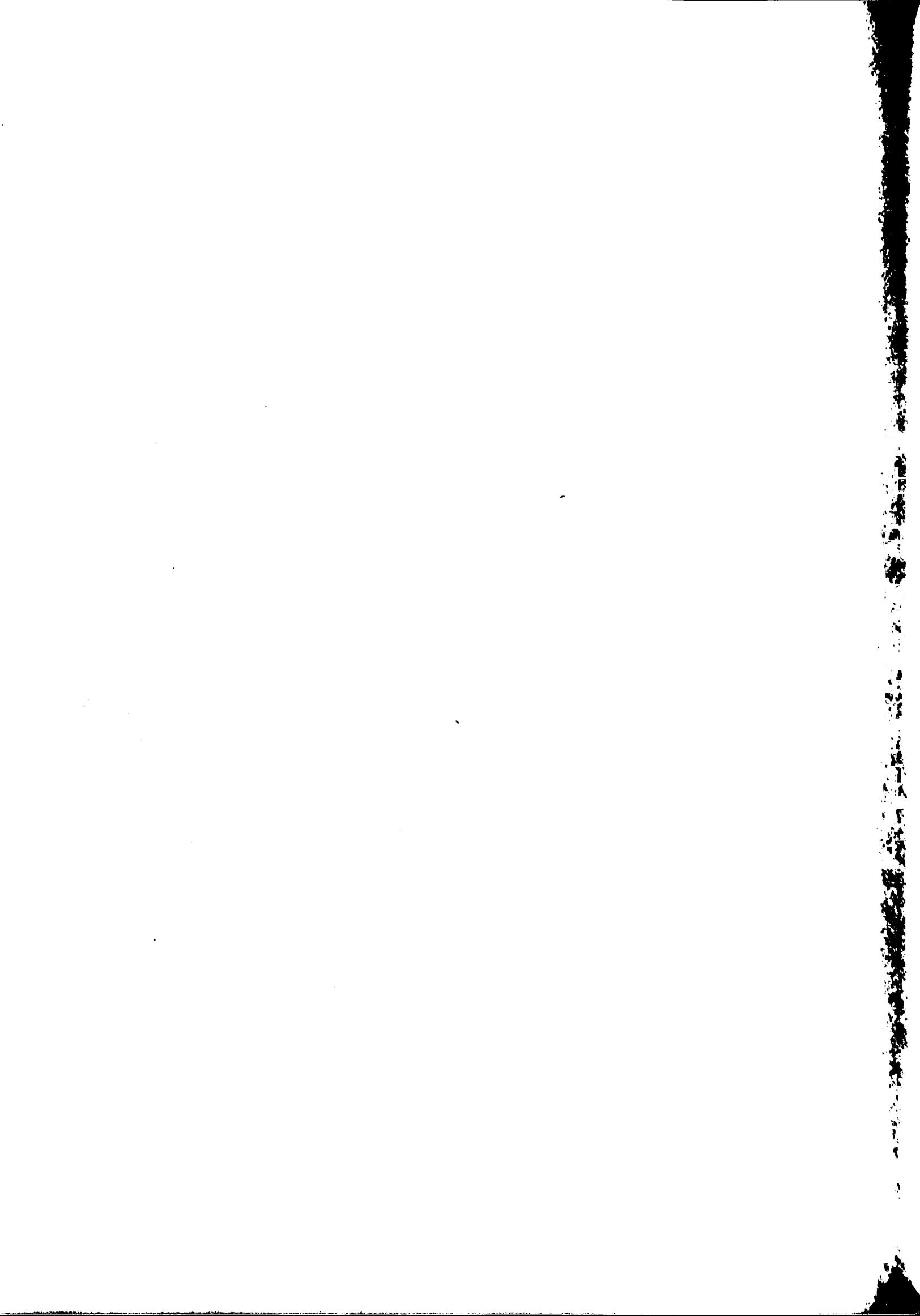
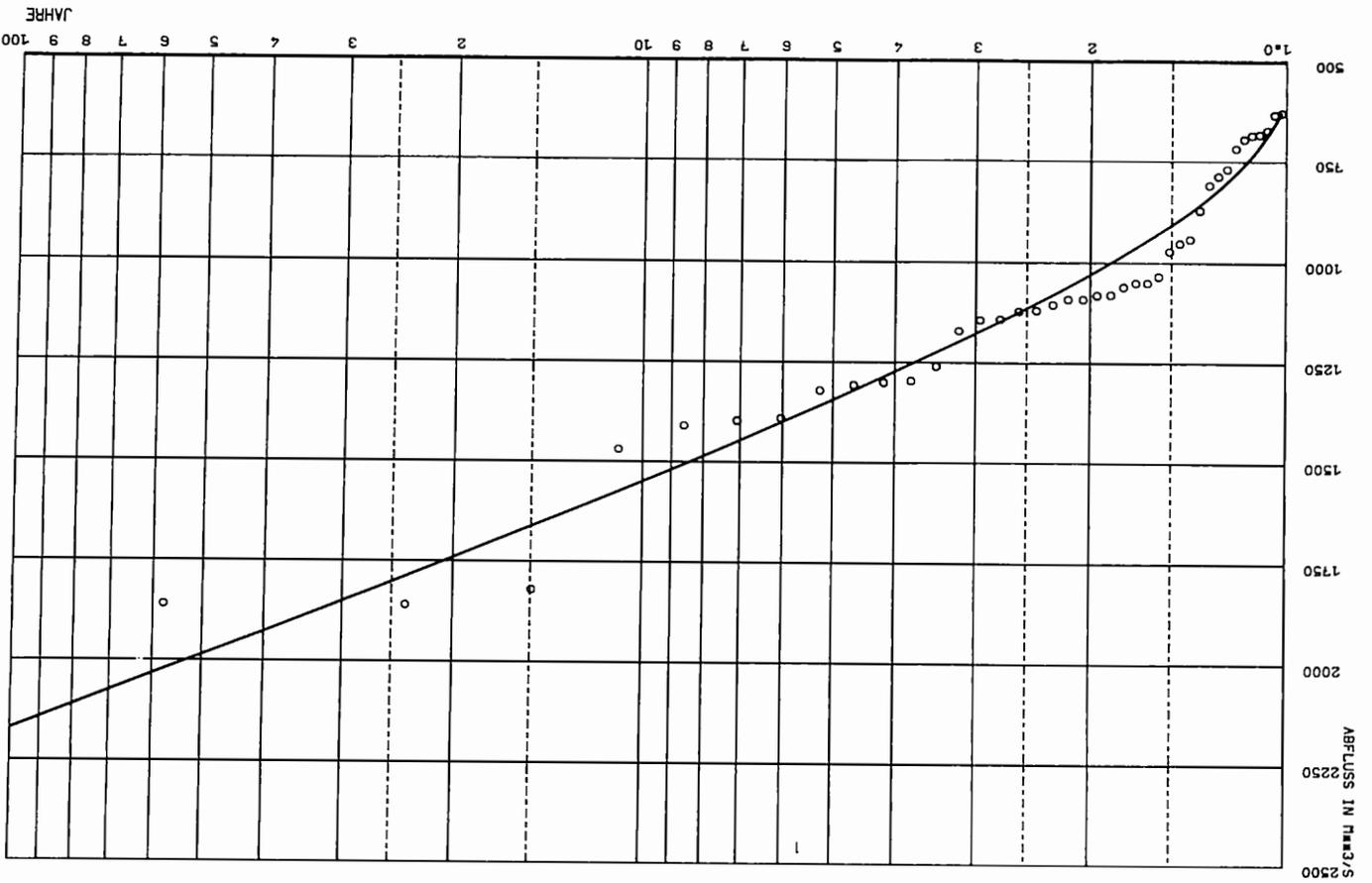
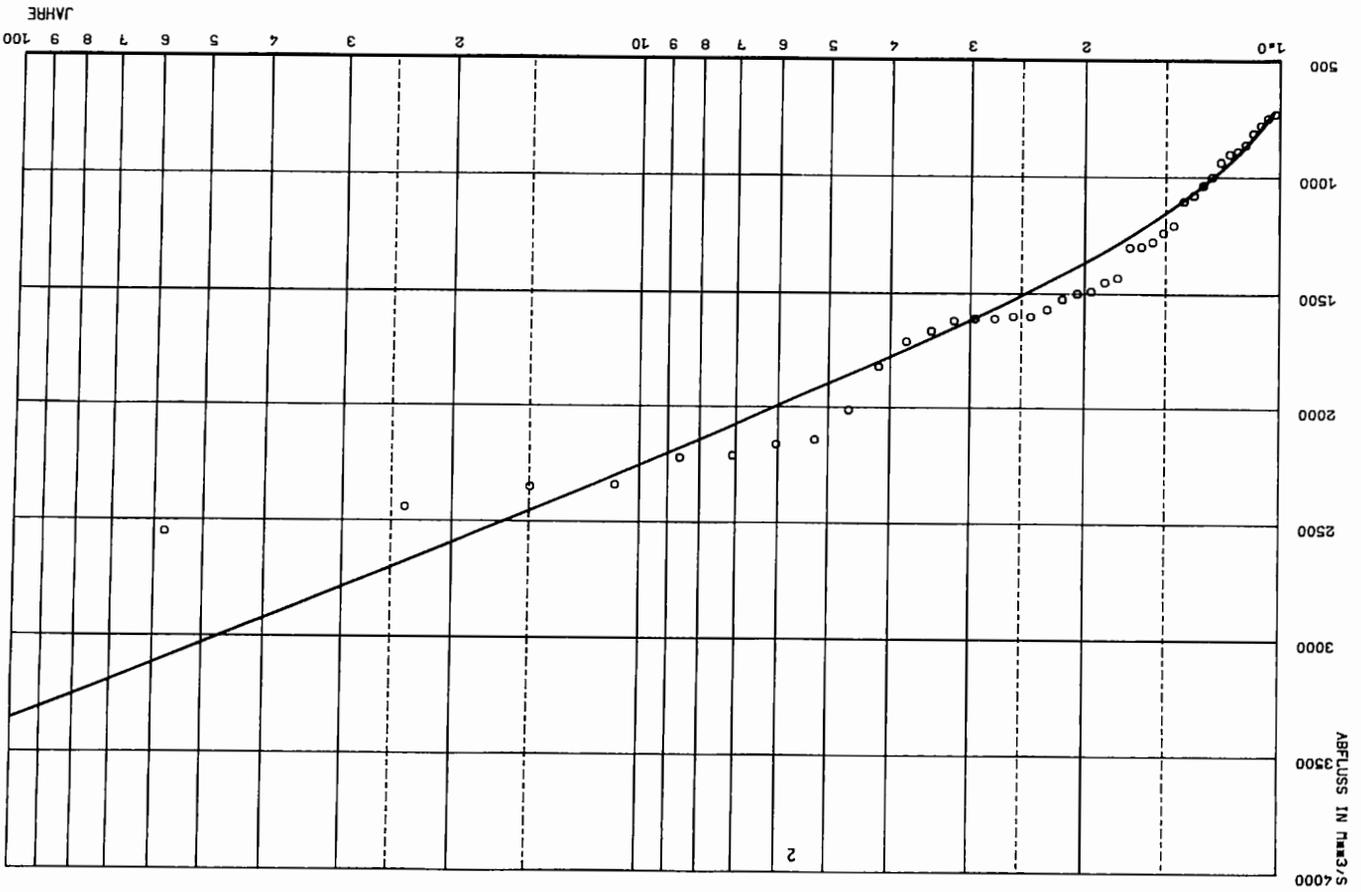


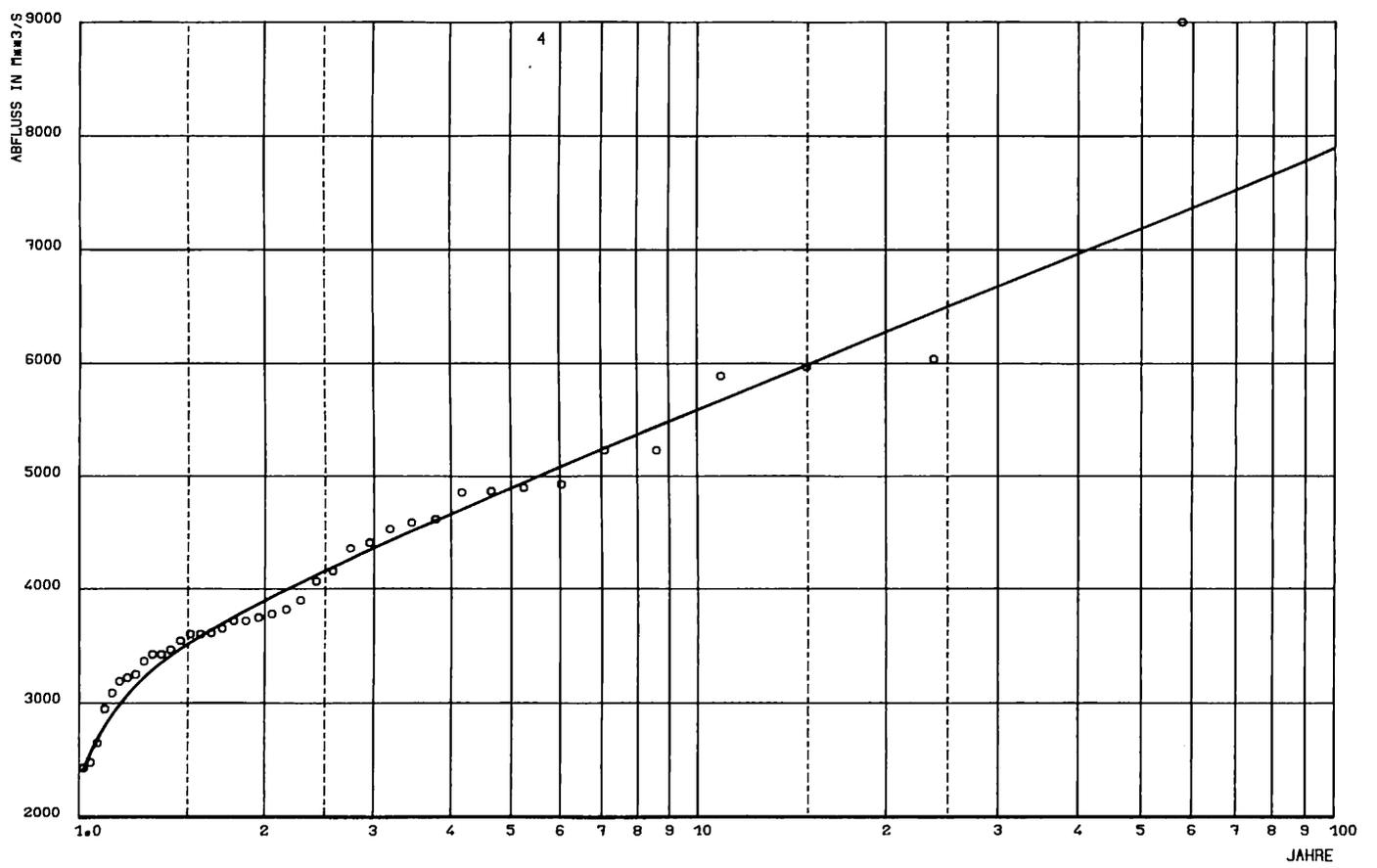
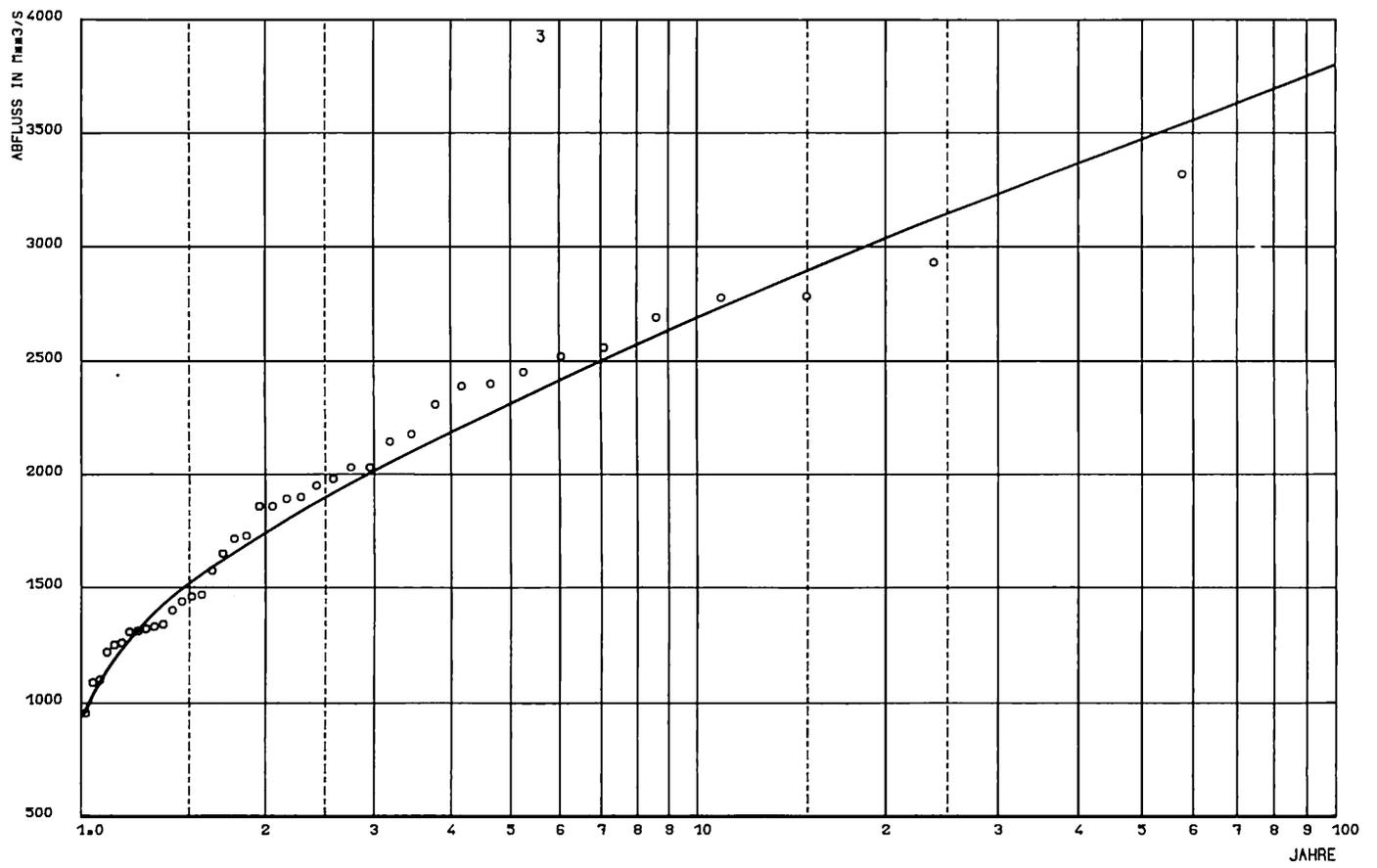
Abb. 2.16

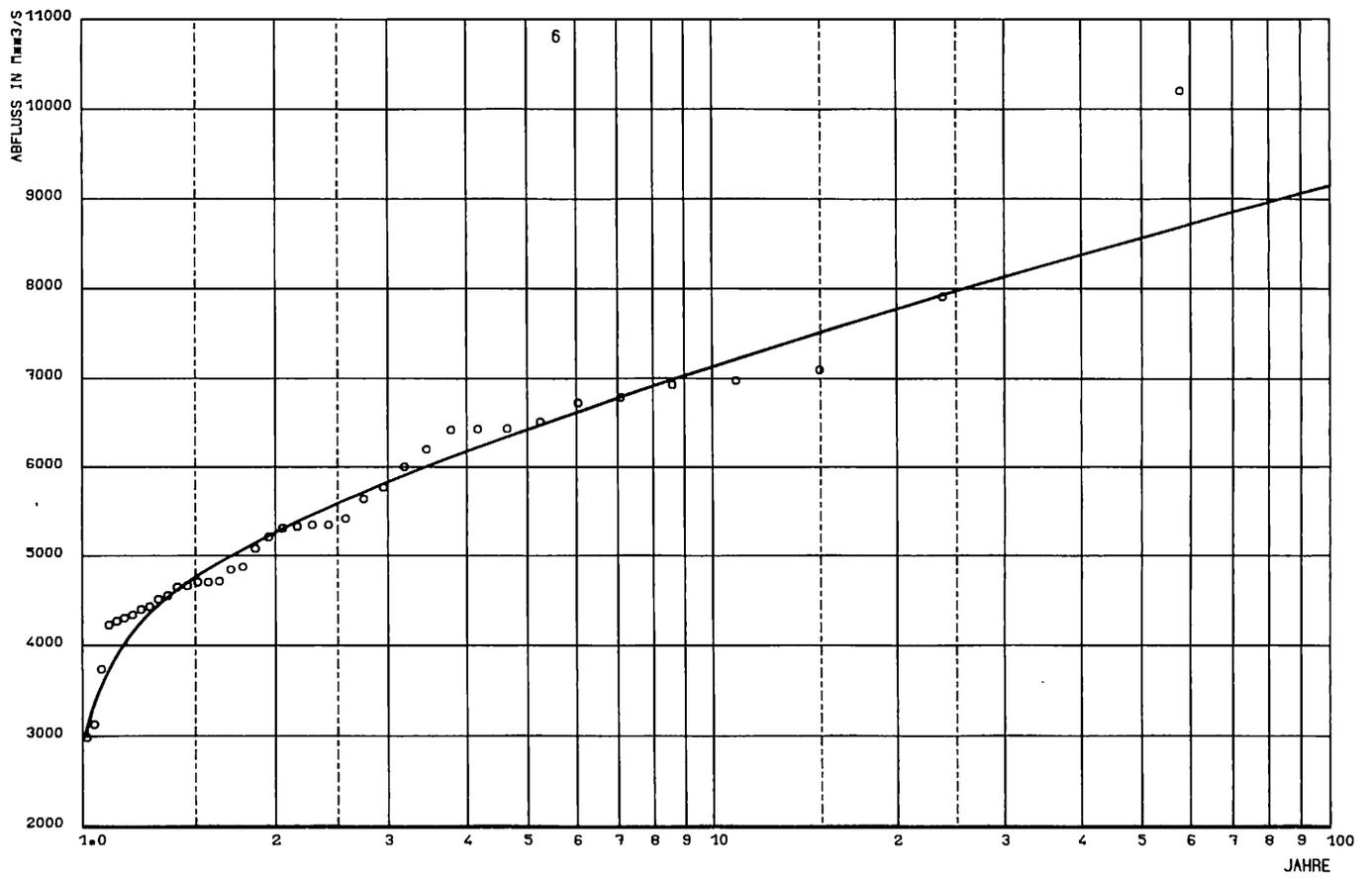
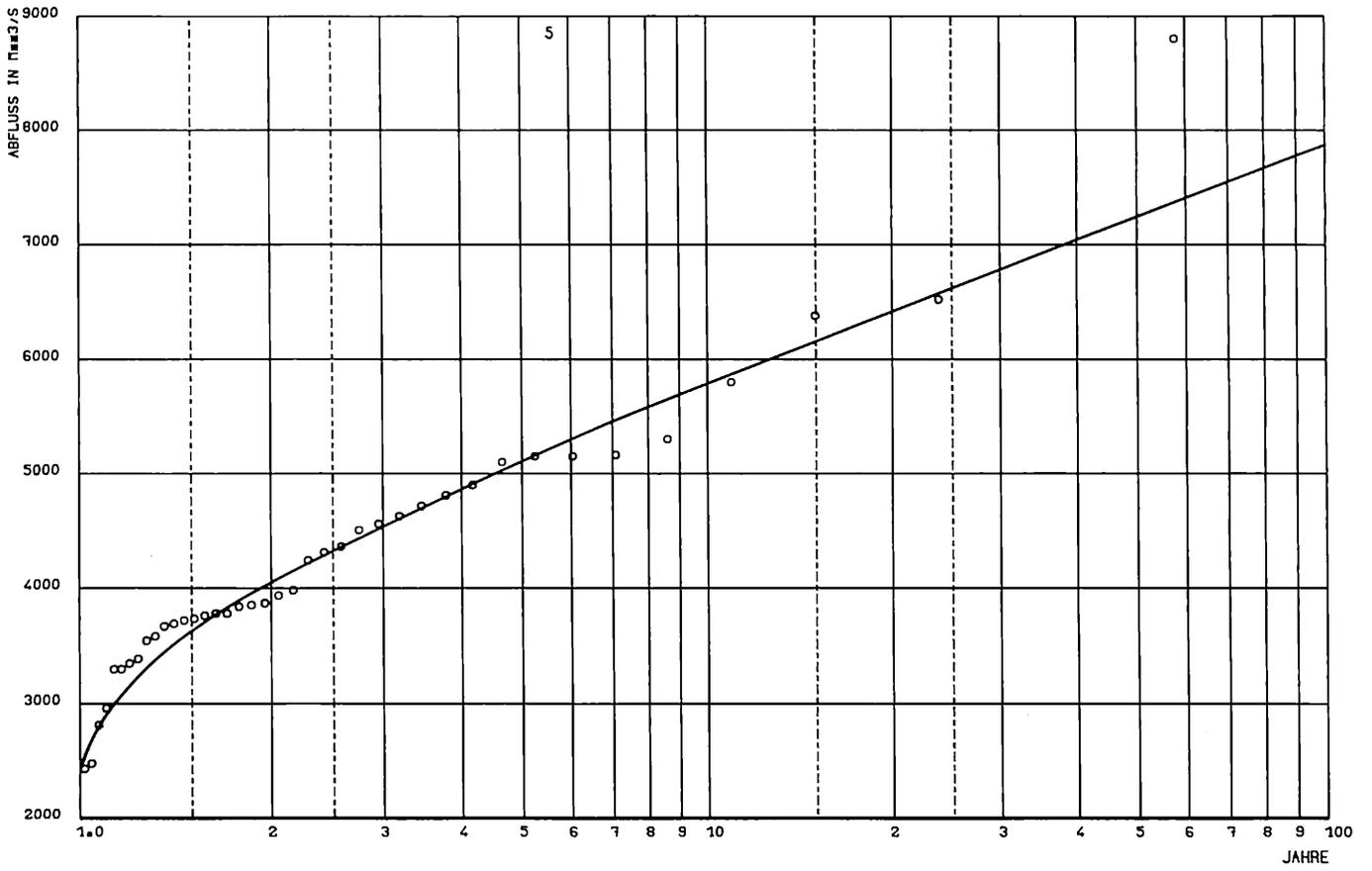
Hochwasserwahrscheinlichkeit
(empirische Verteilung und bestangepaßte Verteilungsfunktion
siehe auch Tabelle 2.10)

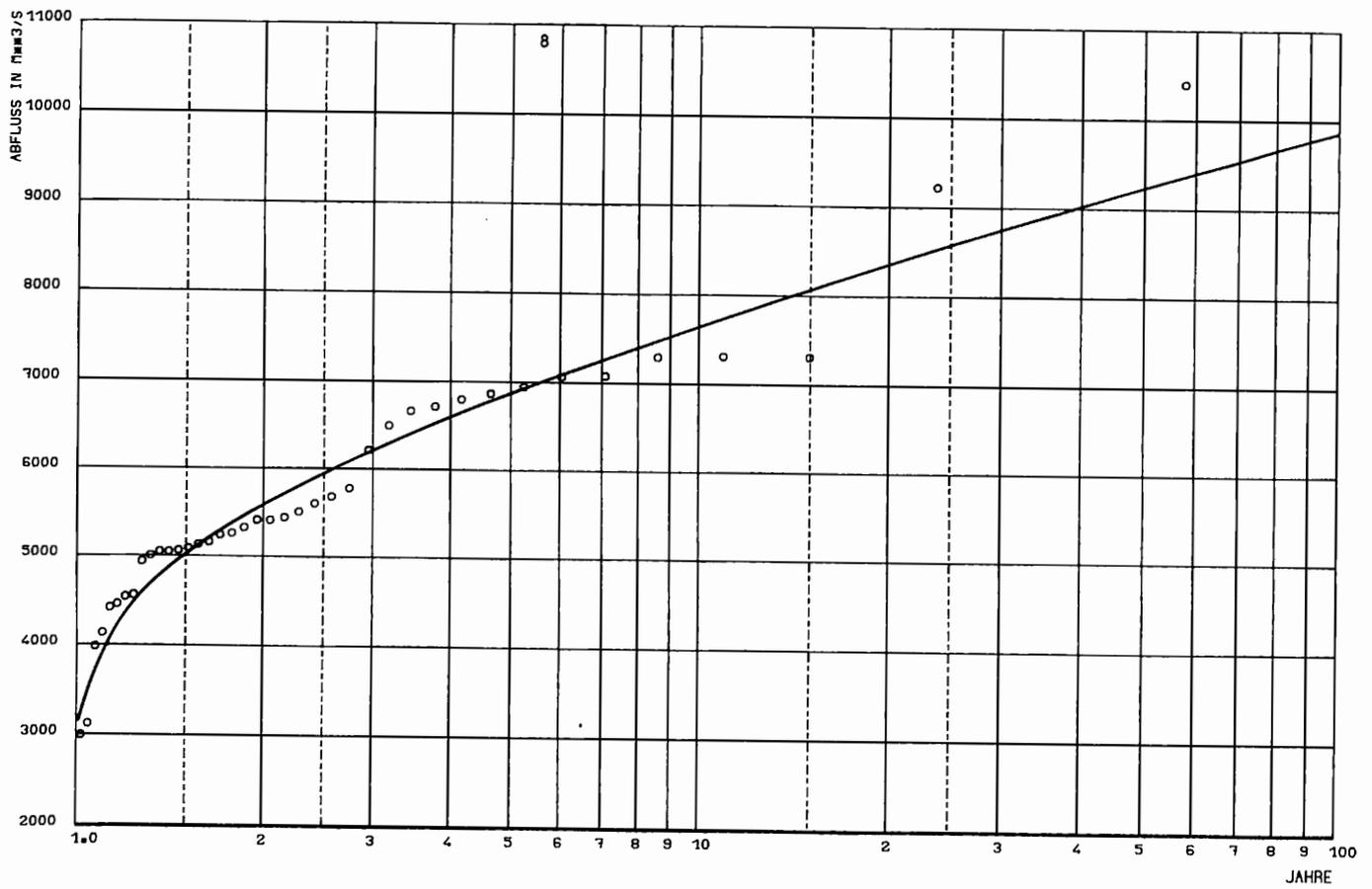
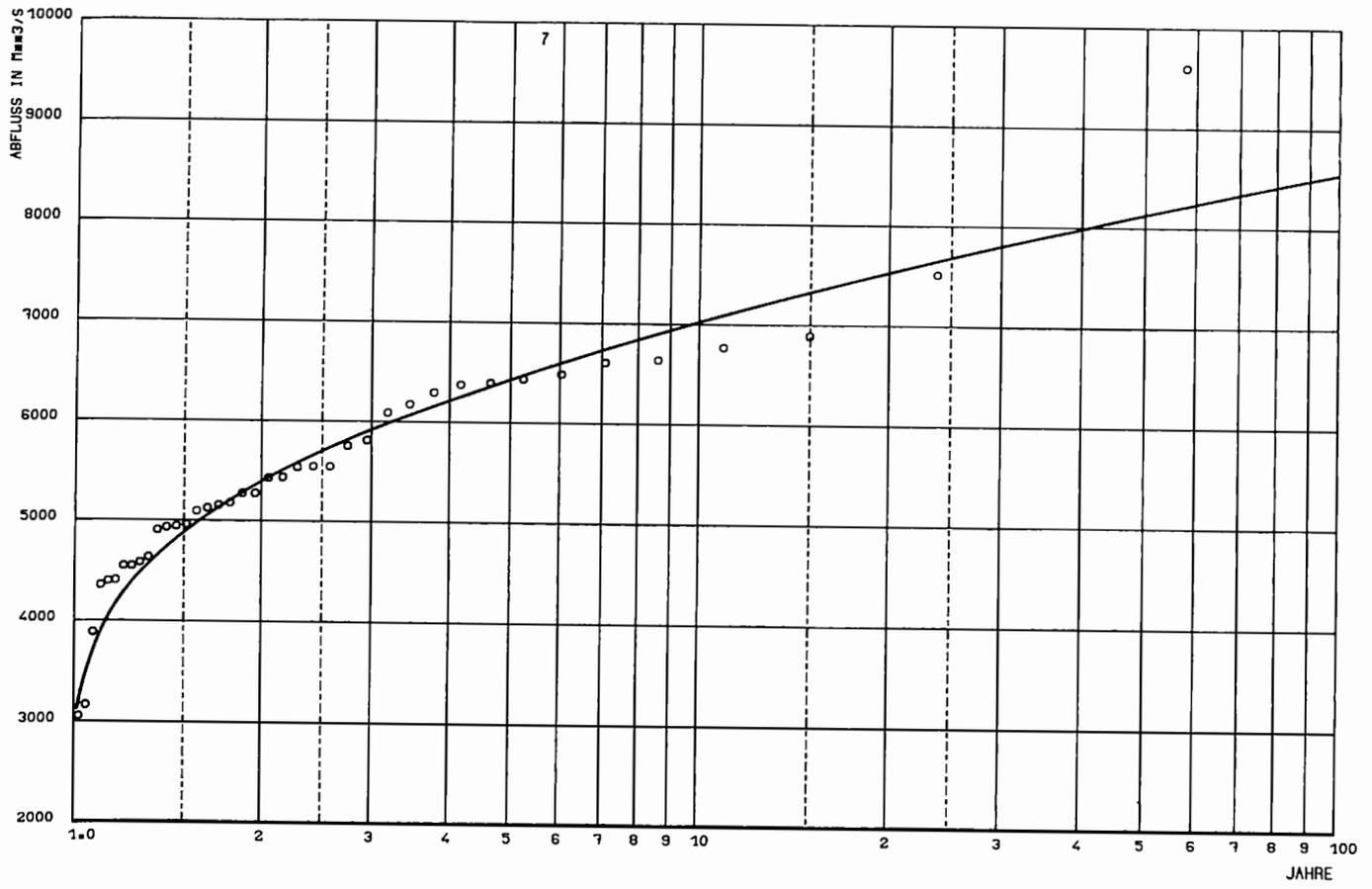
| Nr. | F l u ß | Pegelstelle | Nr. | F l u ß | Pegelstelle |
|-----|---------|------------------|-----|-----------|-----------------|
| 1 | Donau | Ingolstadt | 26 | Inn | Passau-Ingling |
| 2 | " | Regensburg | 27 | Salzach | Salzburg |
| 3 | " | Hofkirchen | 28 | Enns | Steyr |
| 4 | " | Achleiten | 29 | March | Moravsky Jan |
| 5 | " | Linz | 30 | Vah | Sala |
| 6 | " | Stein-Krems | 31 | Hron | Brehy |
| 7 | " | Wien-Nußdorf | 32 | Ipel | Ipelsky Sokolec |
| 8 | " | Bratislava | 34 | Mur | Landscha |
| 10 | " | Dunaalmas | 36 | Drau | Donji Miholjac |
| 11 | " | Nagymaros | 37 | Theiß | Vilok |
| 12 | " | Mohacs | 38 | " | Tiszabecs |
| 13 | " | Bezdan | 39 | " | Szeged |
| 14 | " | Bogojevo | 40 | " | Senta |
| 15 | " | Pancevo | 41 | Szamos | Csenger |
| 16 | " | V. Gradiste | 42 | Sajo | Felsözsolca |
| 17 | " | Orsova | 43 | Maros | Mako |
| 18 | " | Novo Selo | 44 | Save | Sr. Mitrovica |
| 19 | " | Lom | 45 | V. Morava | Lj. Most |
| 20 | " | Svistov | 46 | Iskar | Orahovica |
| 21 | " | Zimnicea | 47 | Olt | Stoenesti |
| 22 | " | Ruse | 48 | Siret | Storozinec |
| 23 | " | Silistra | 49 | Siret | Lungoci |
| 24 | " | Vadu Oii-Hirsova | 50 | Prut | Cernovci |
| 25 | " | Ceatal Izmail | | | |

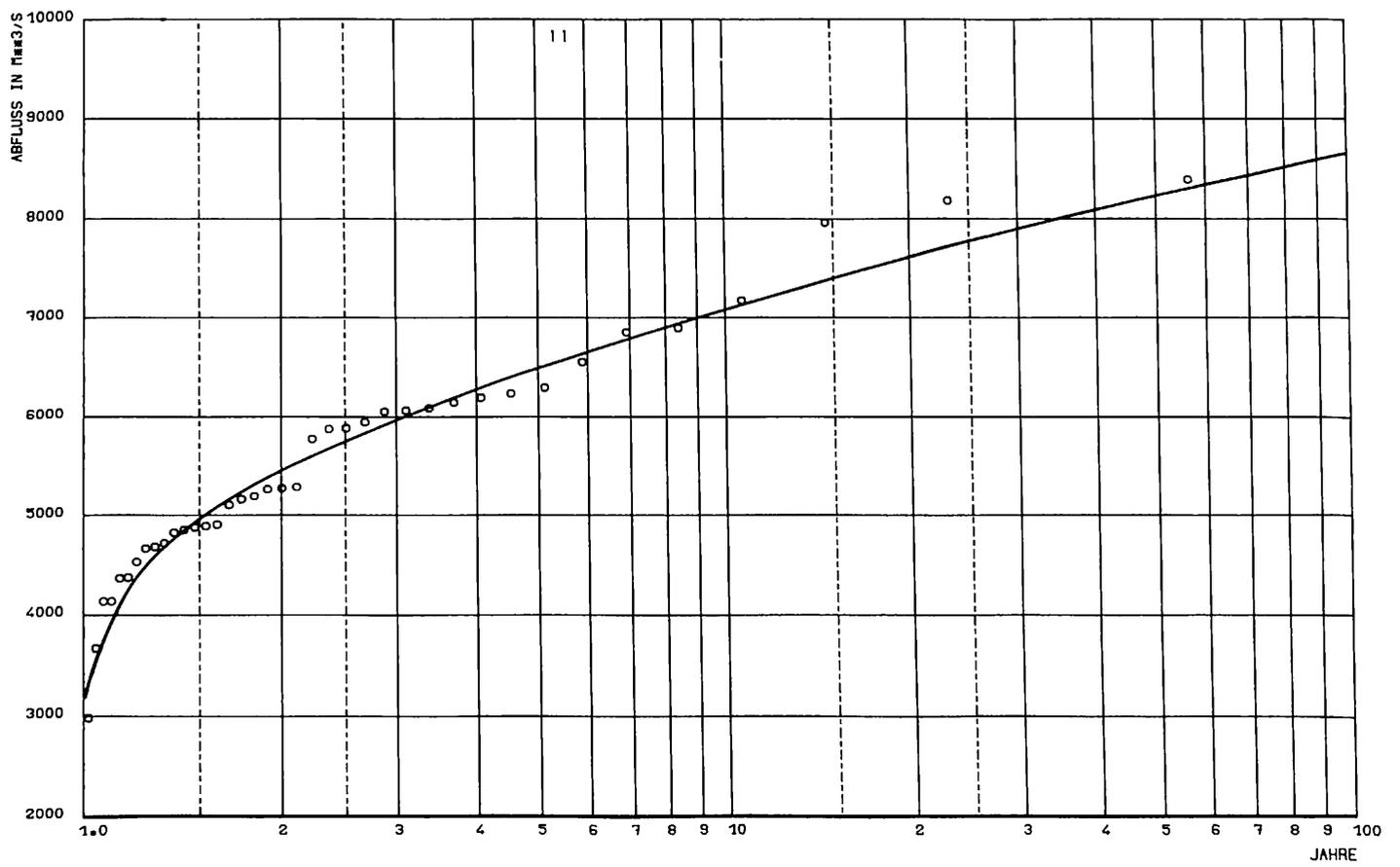
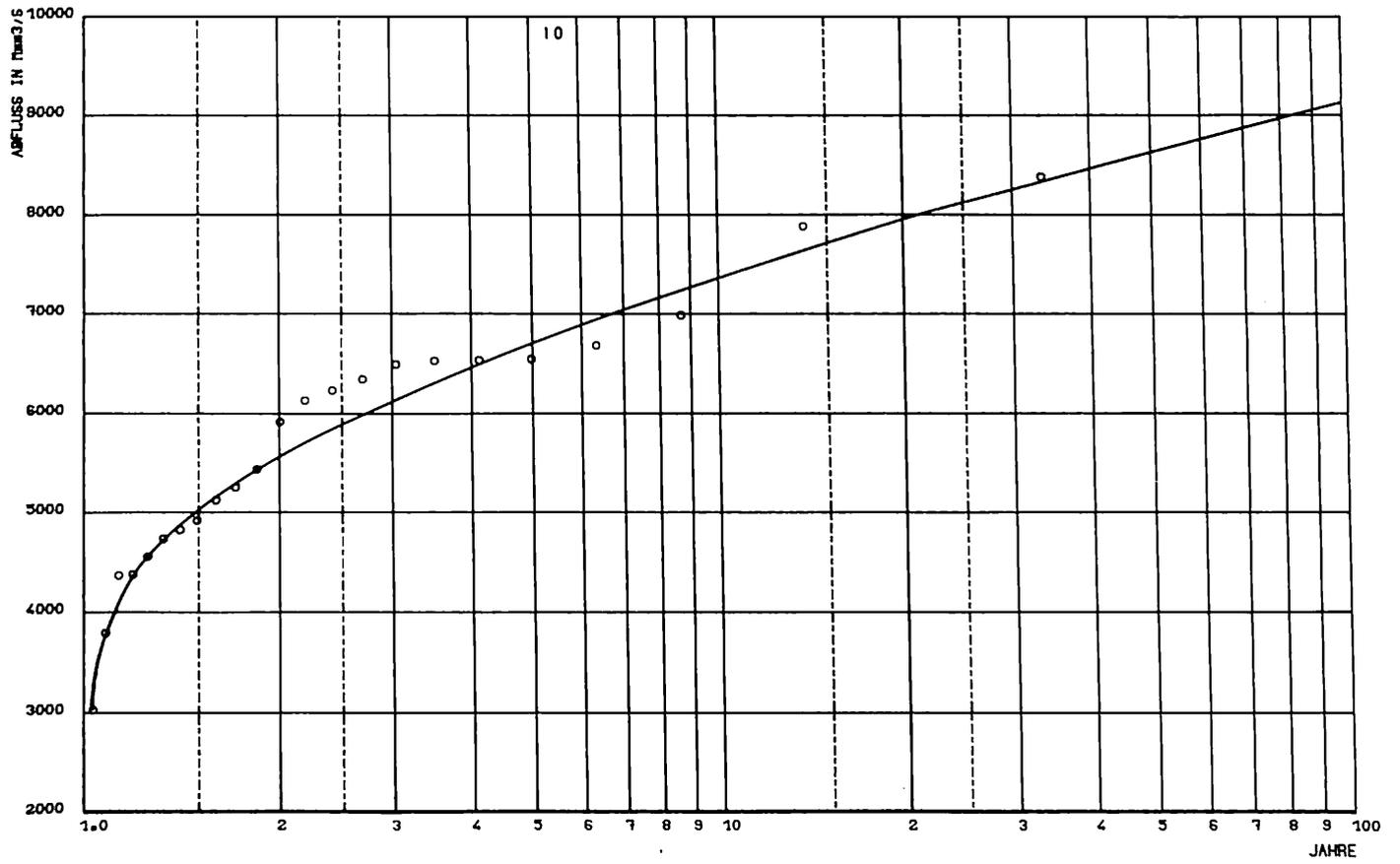


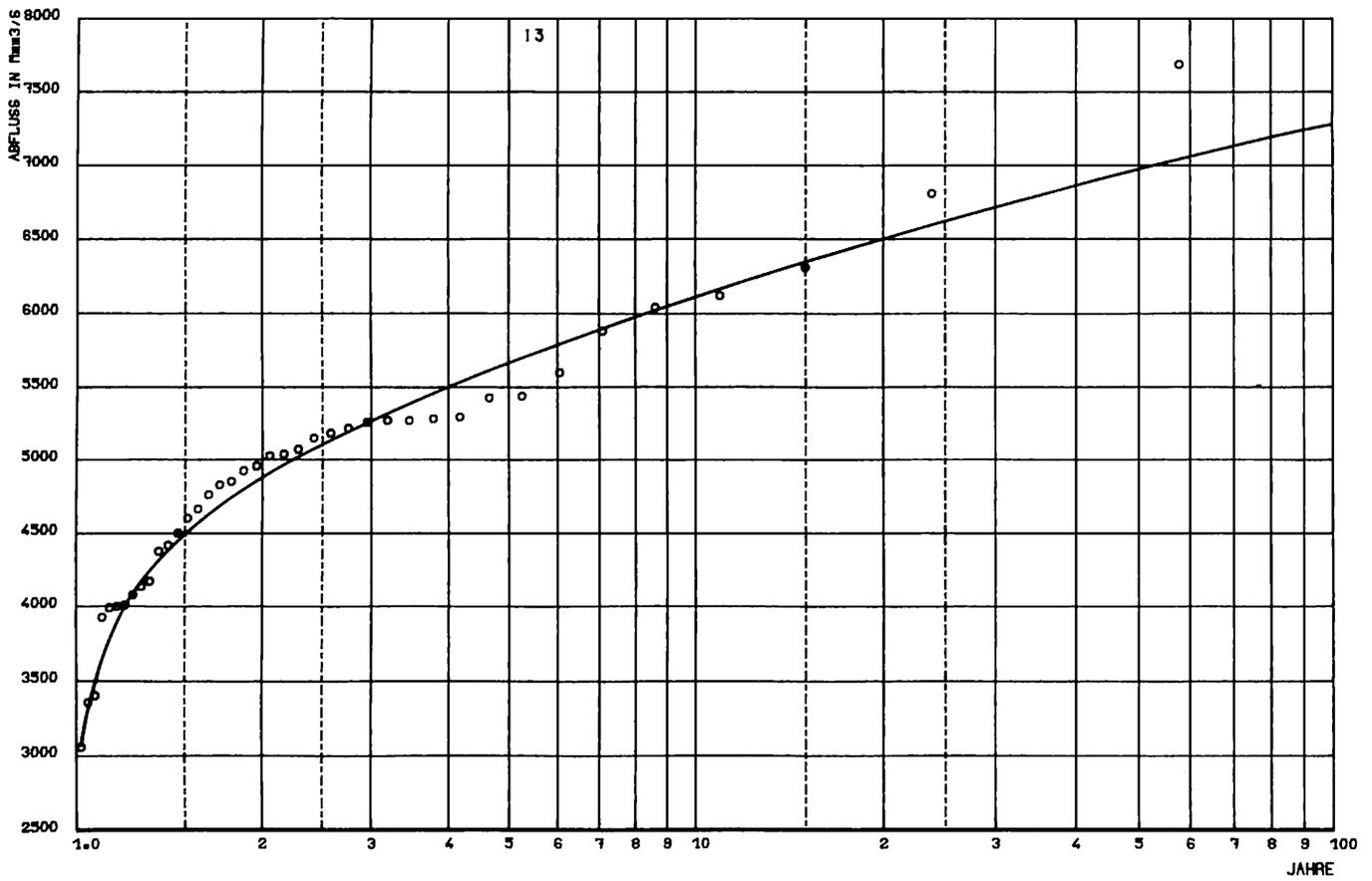
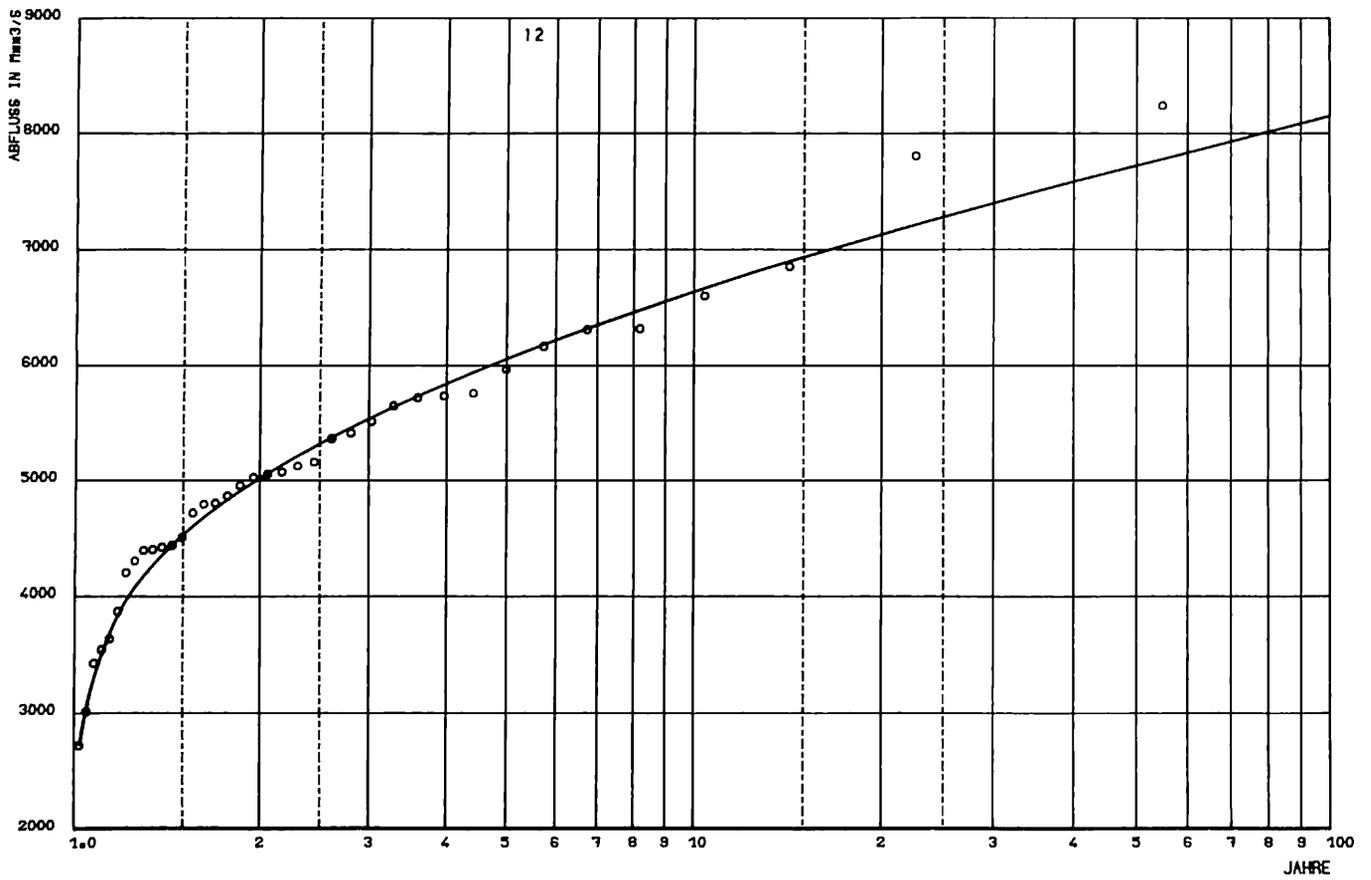


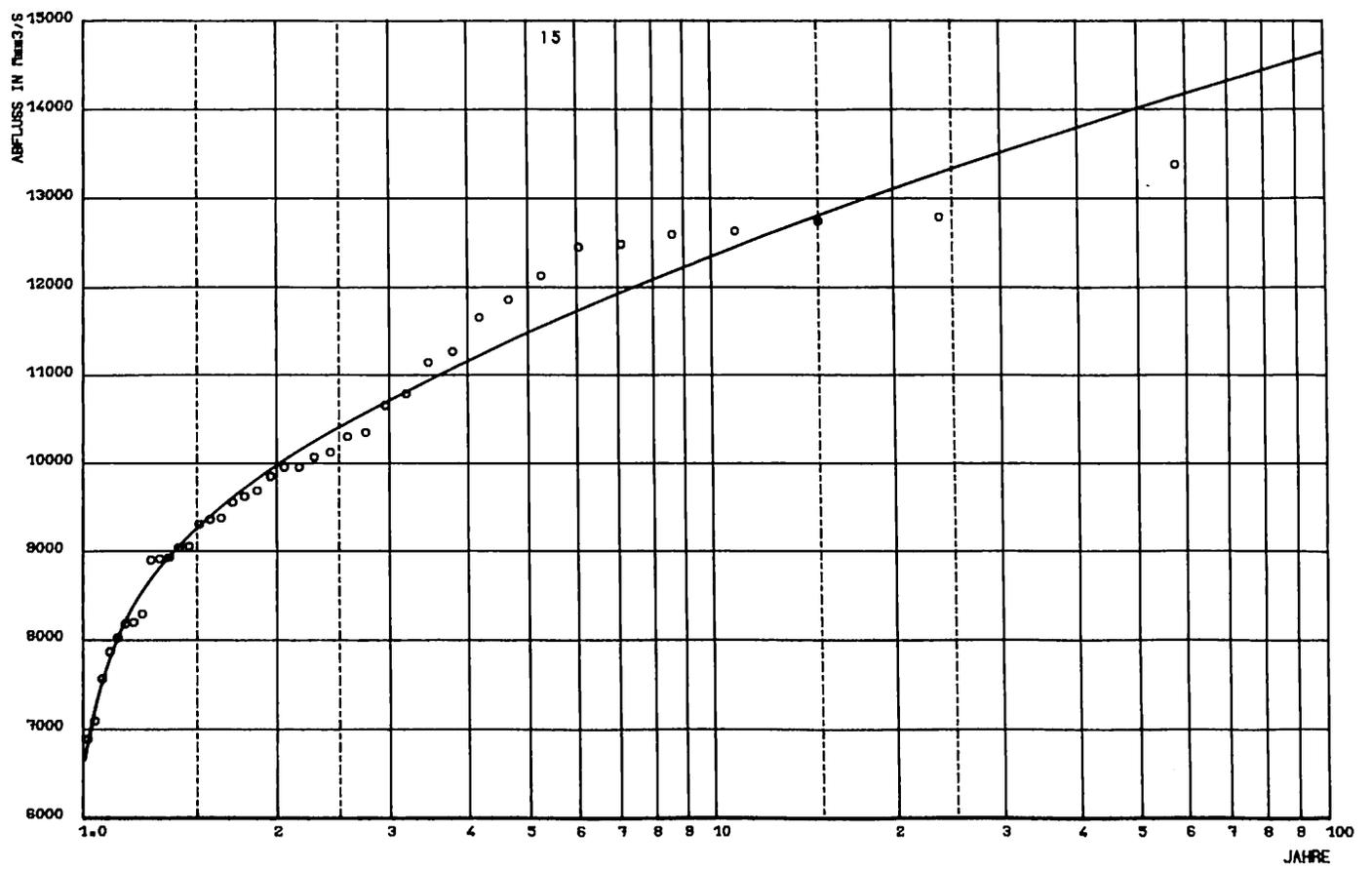
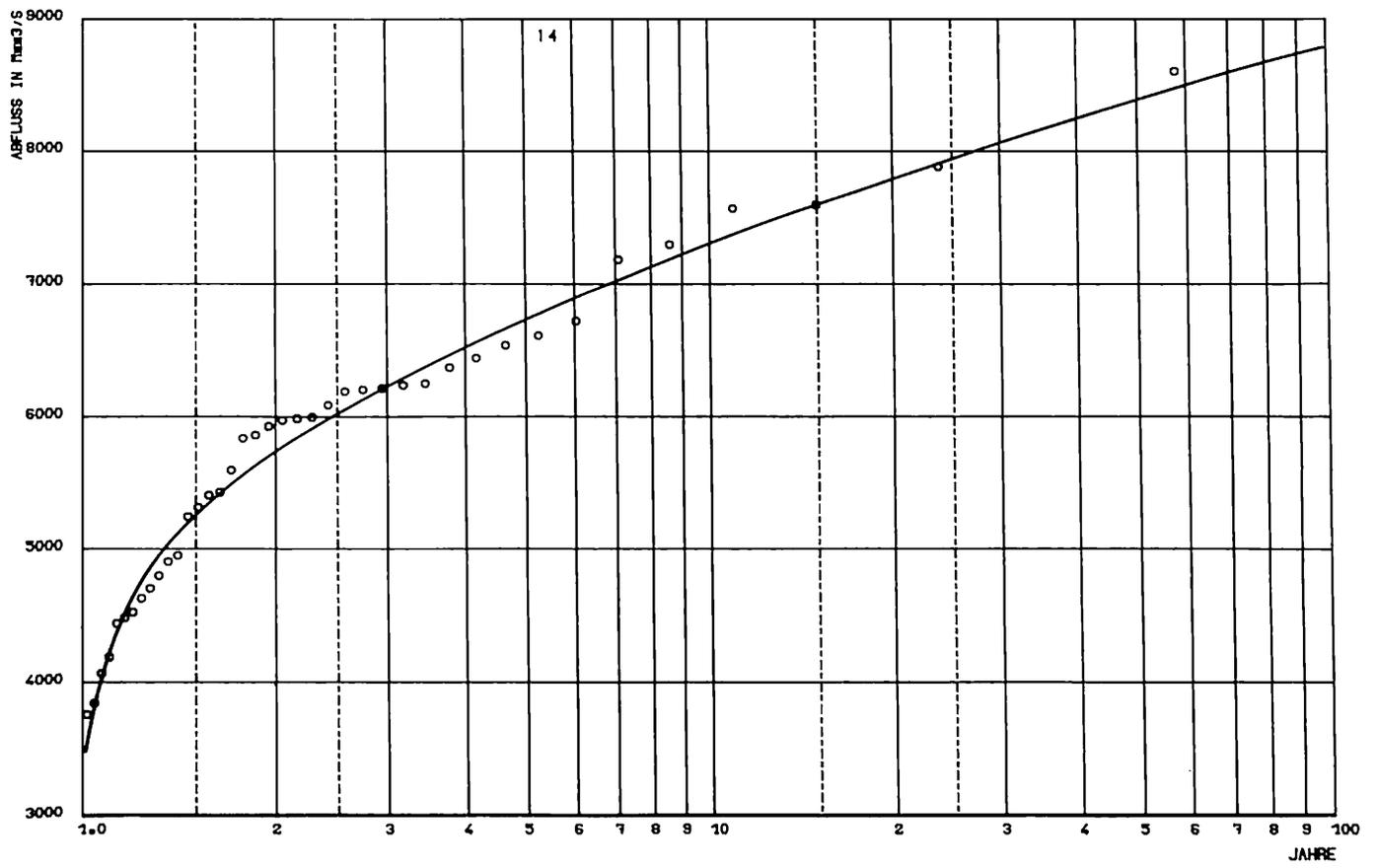


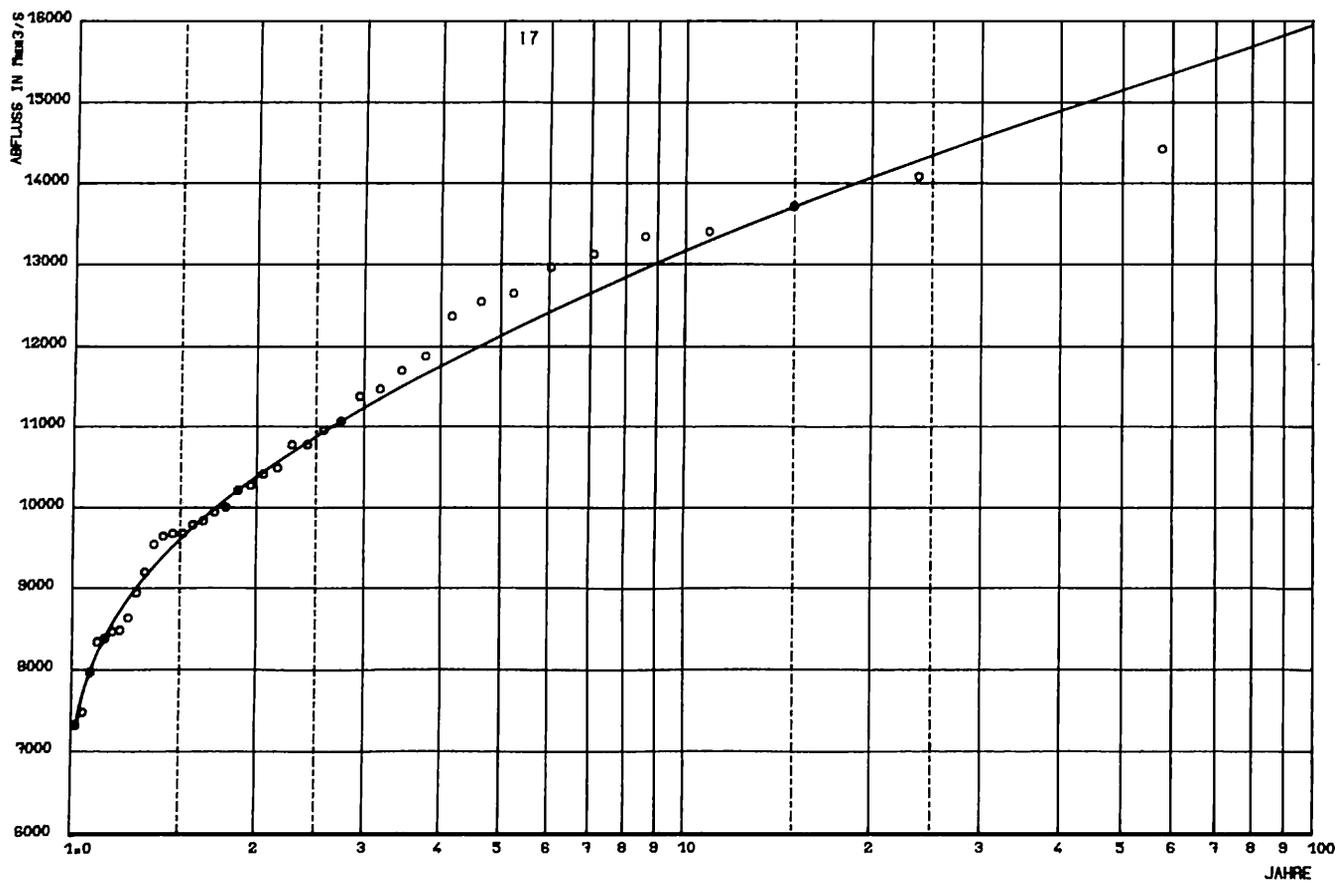
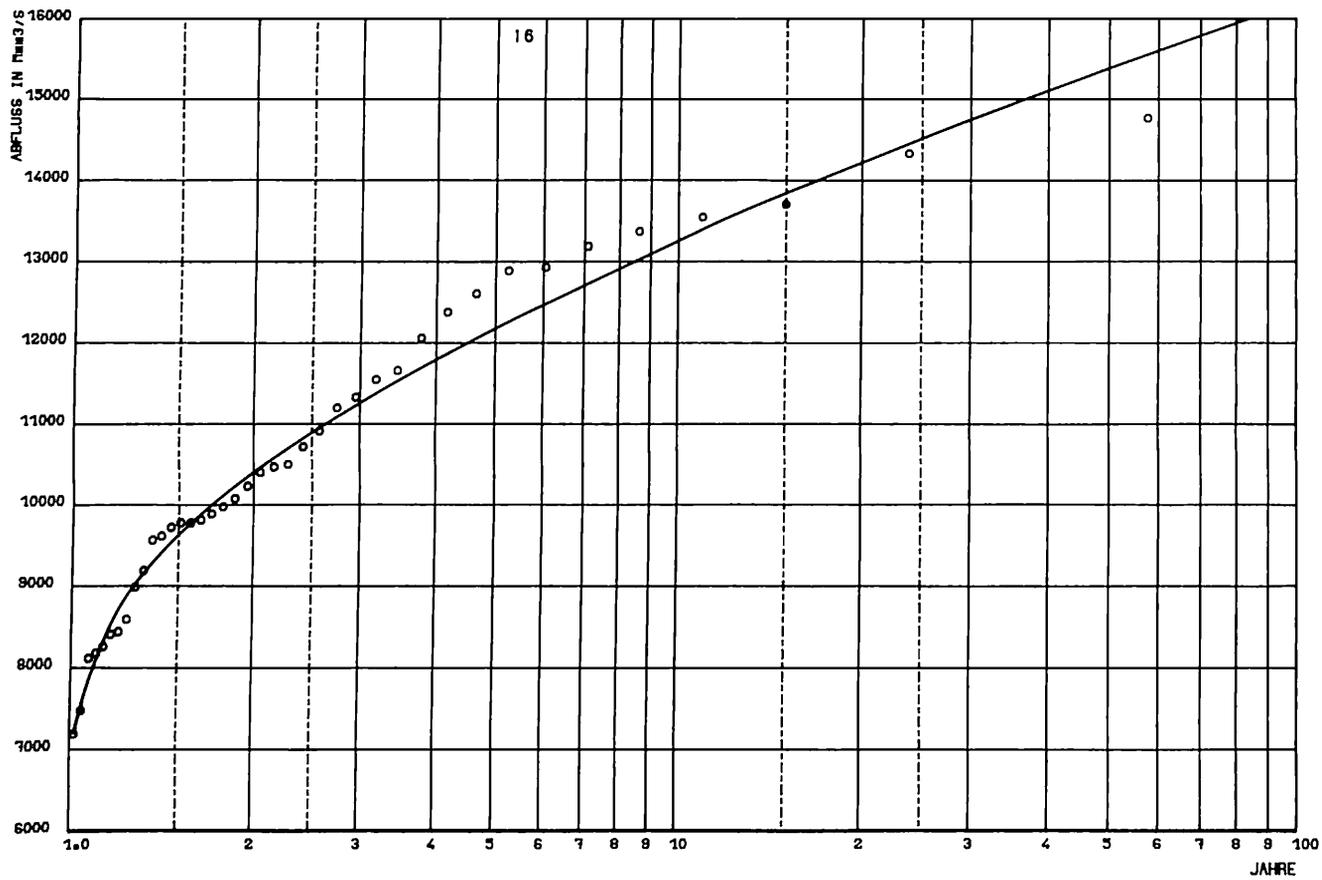


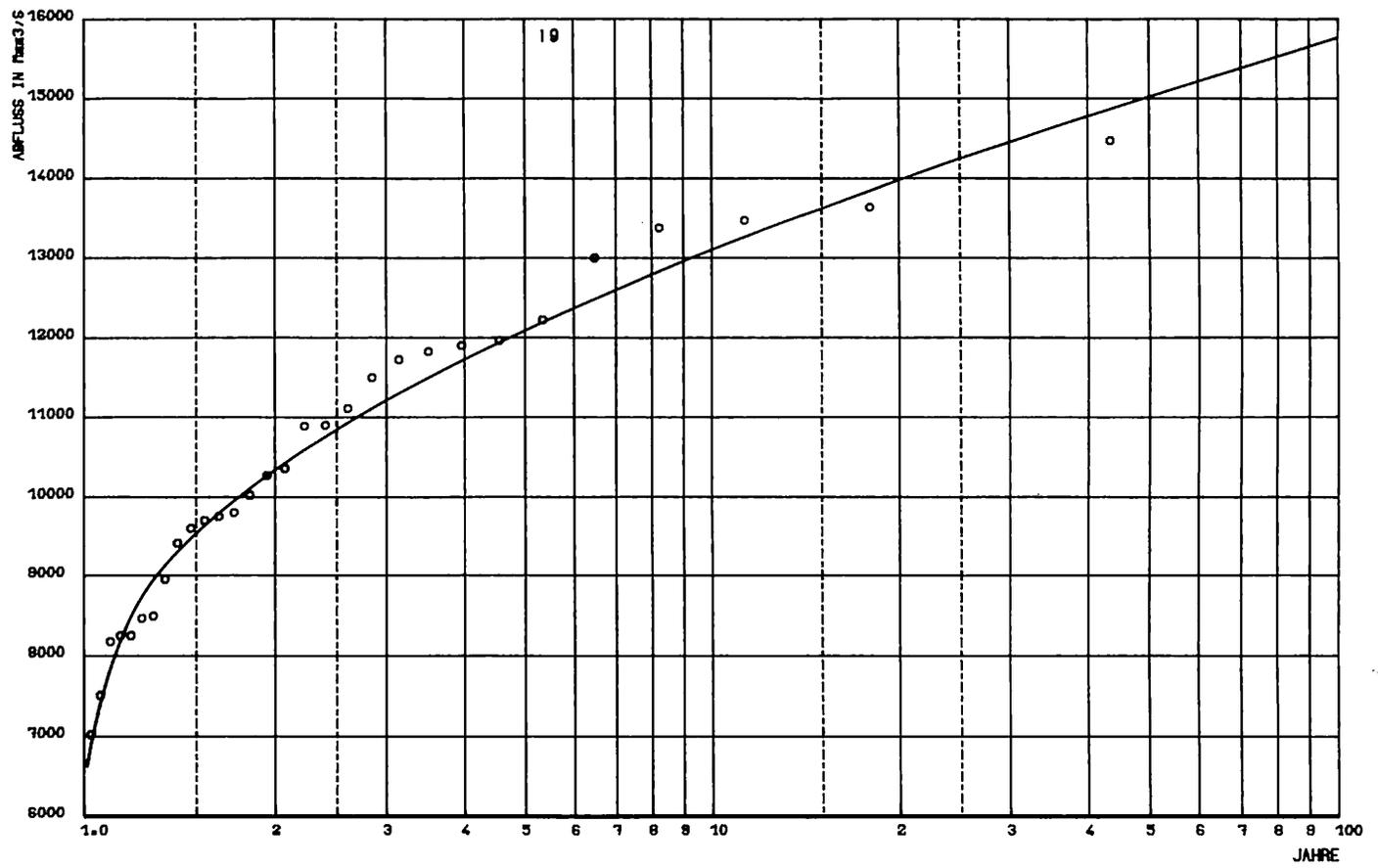
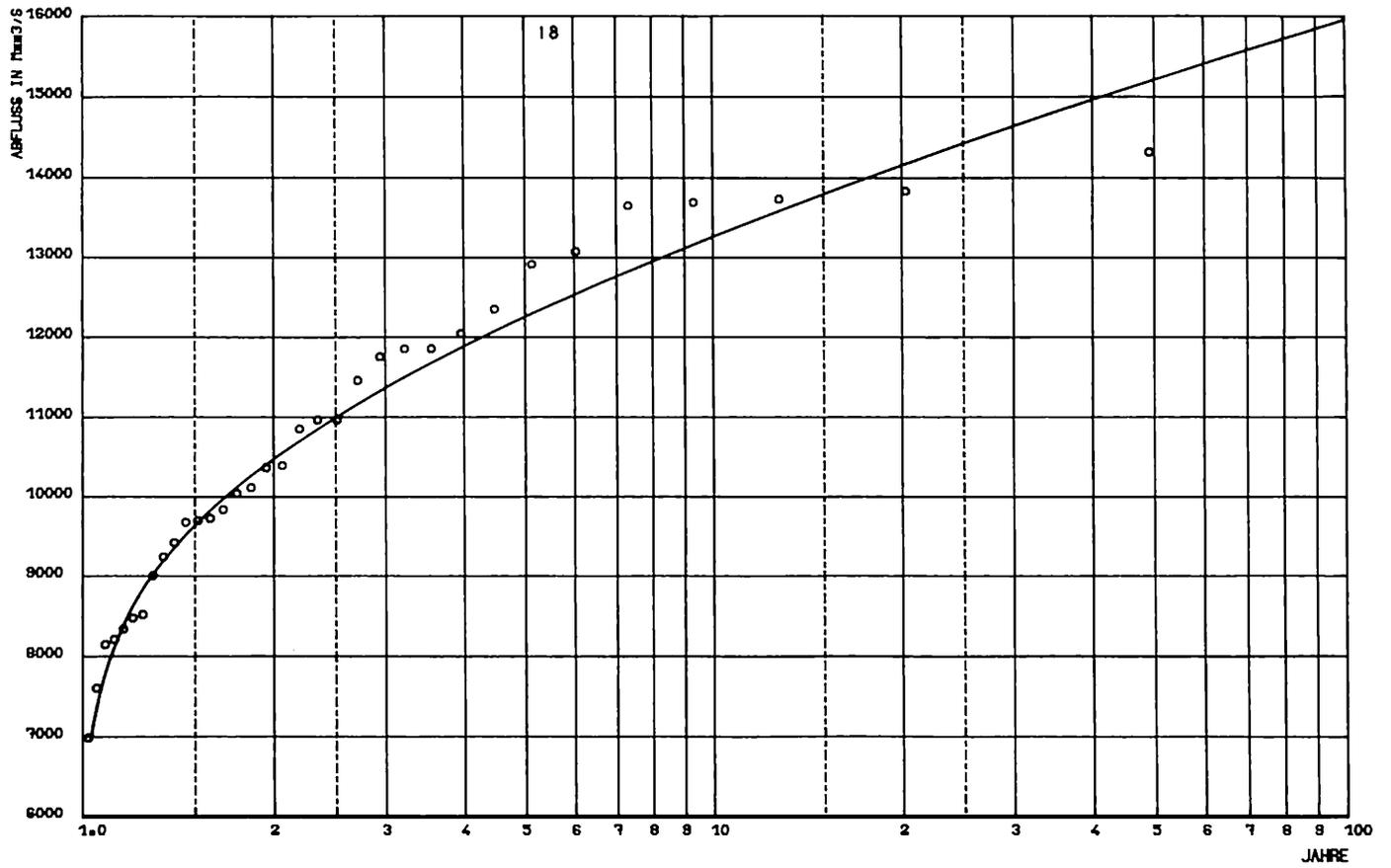


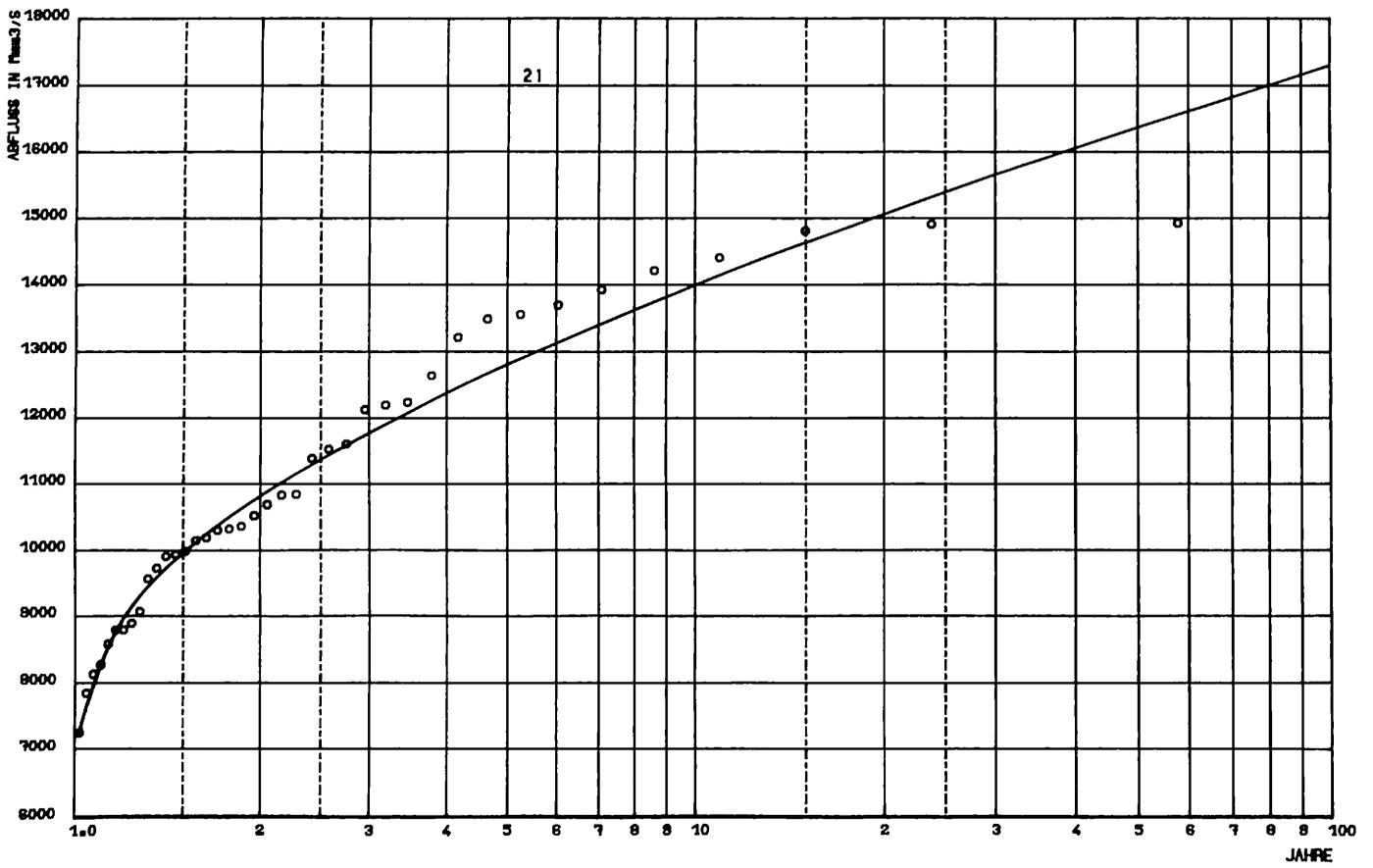
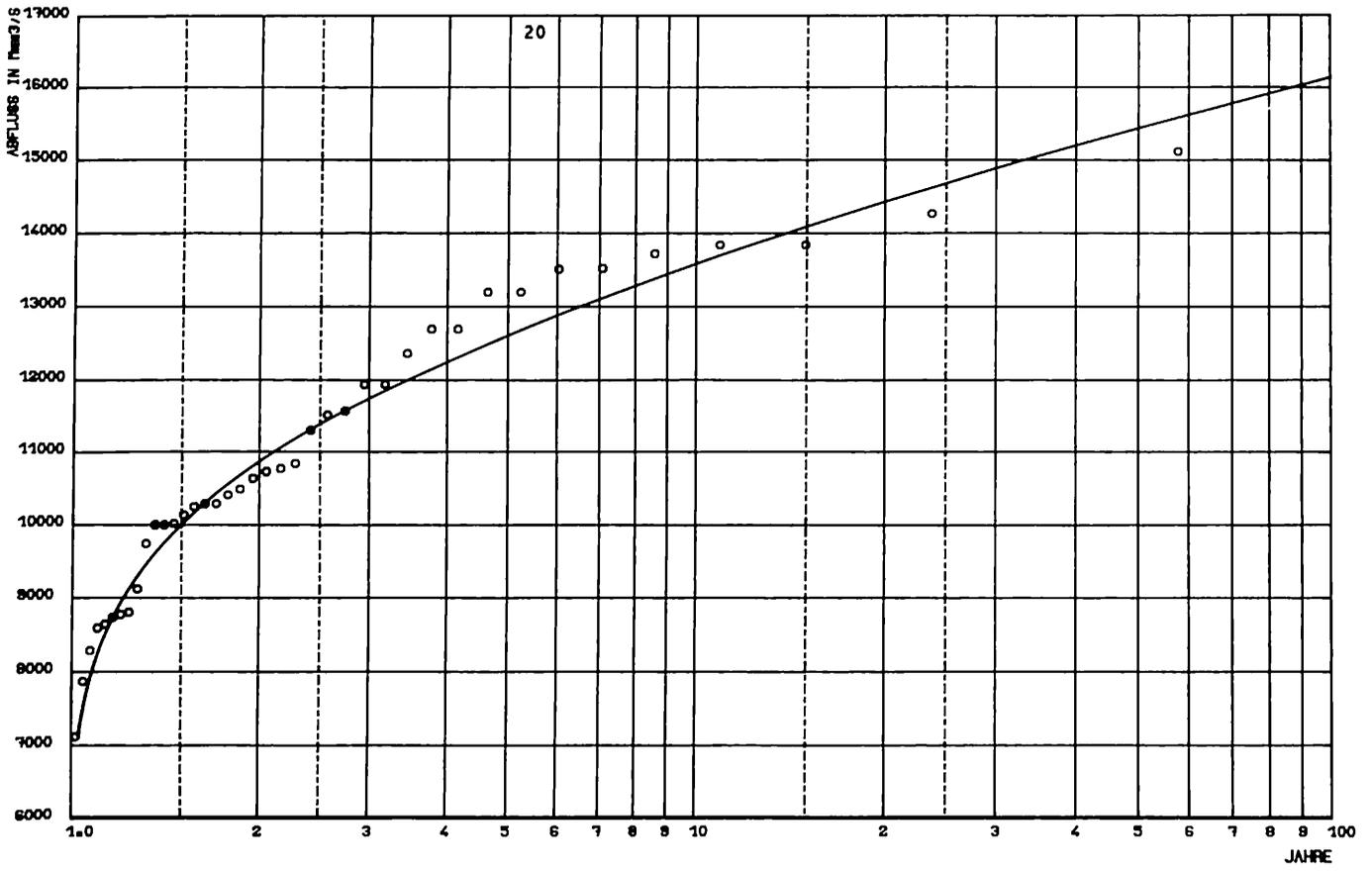


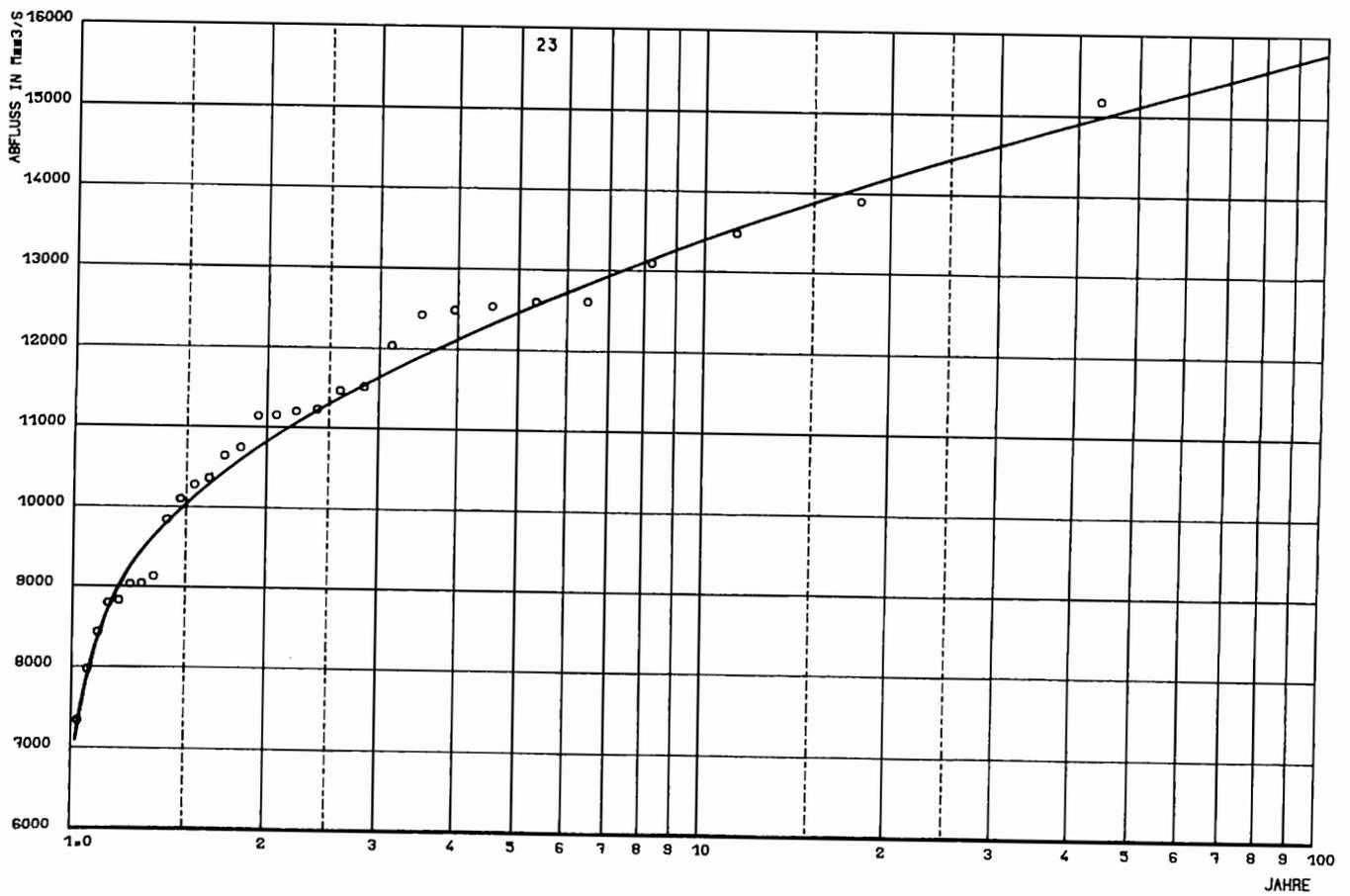
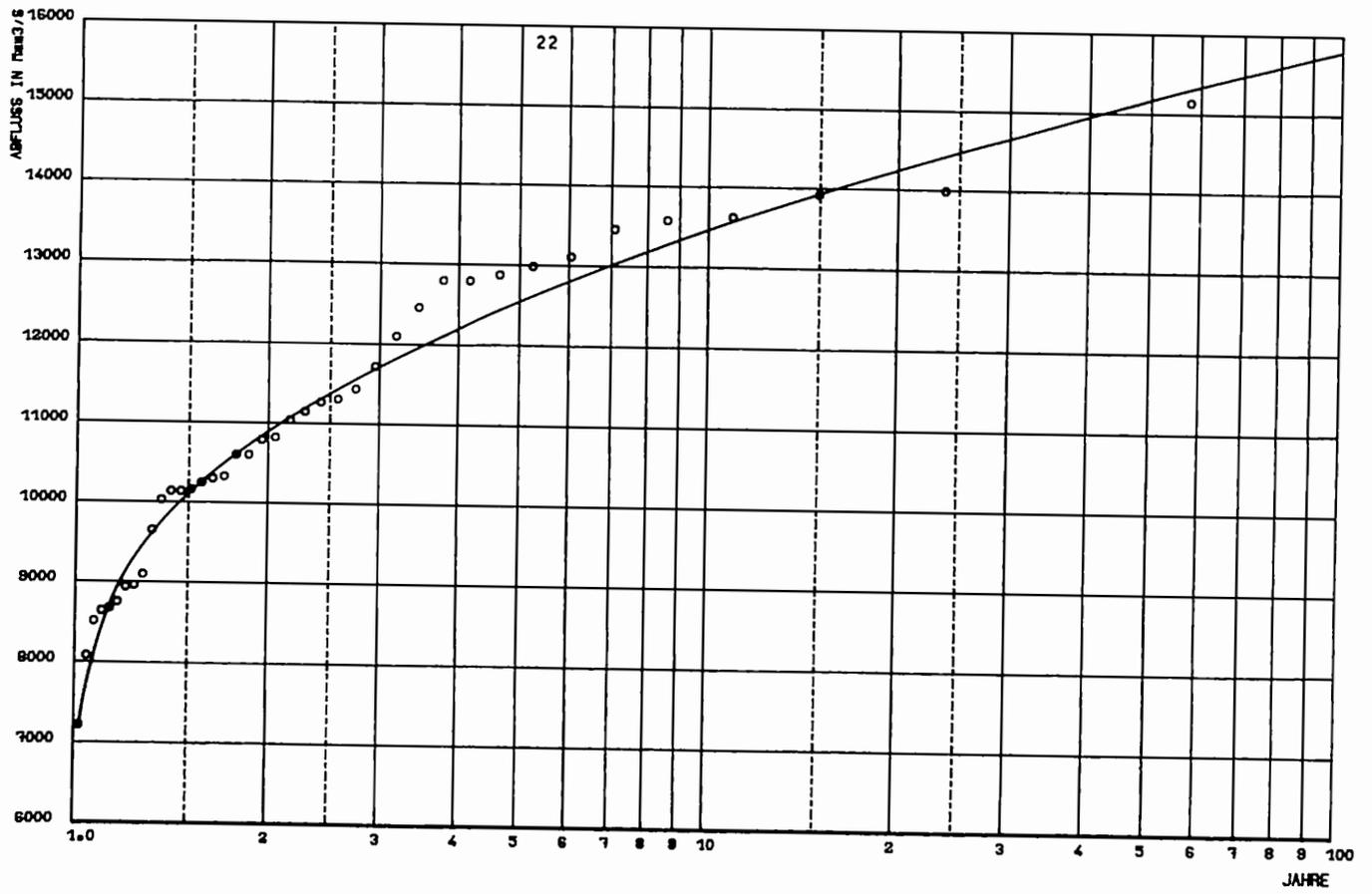


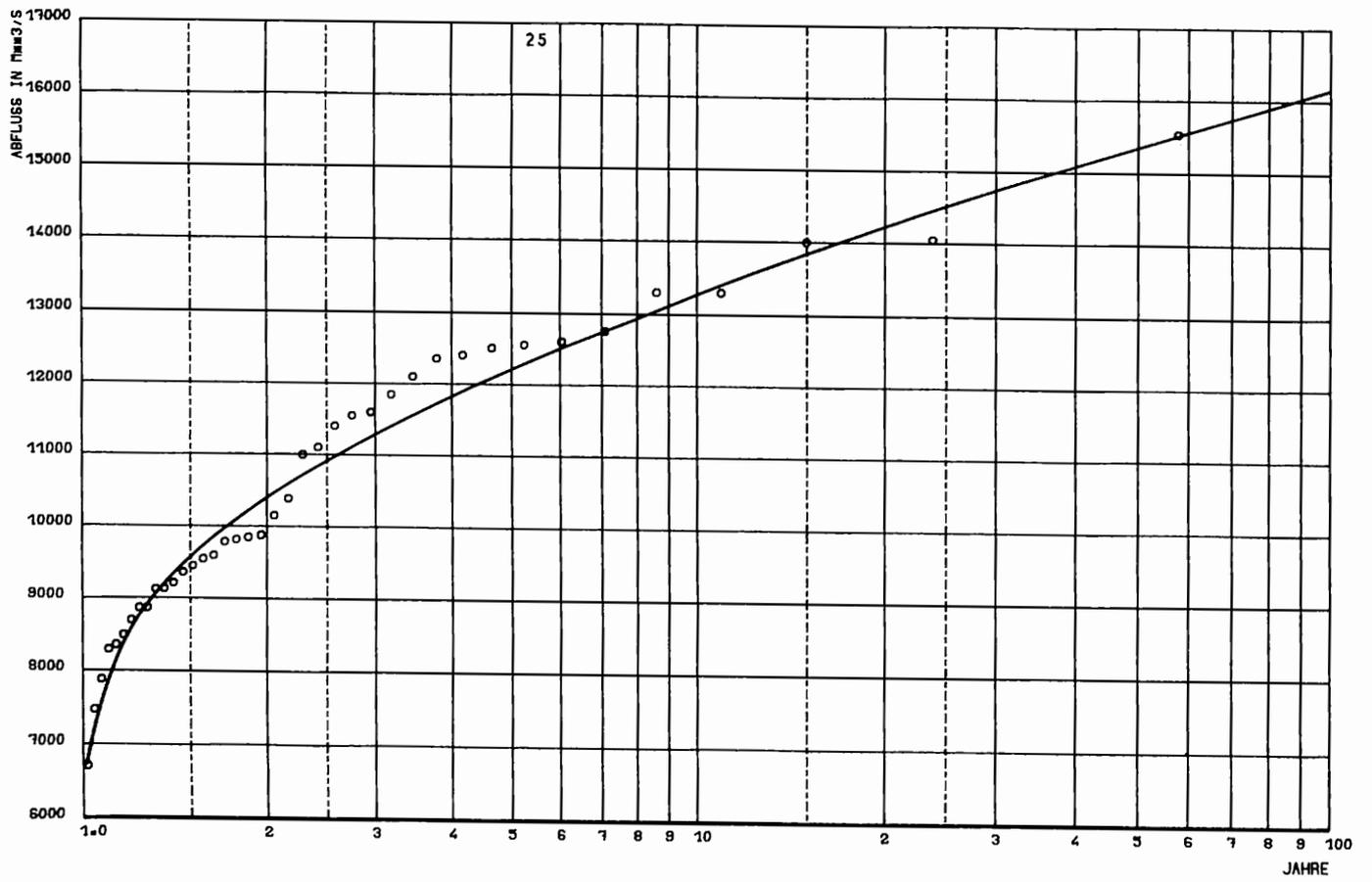
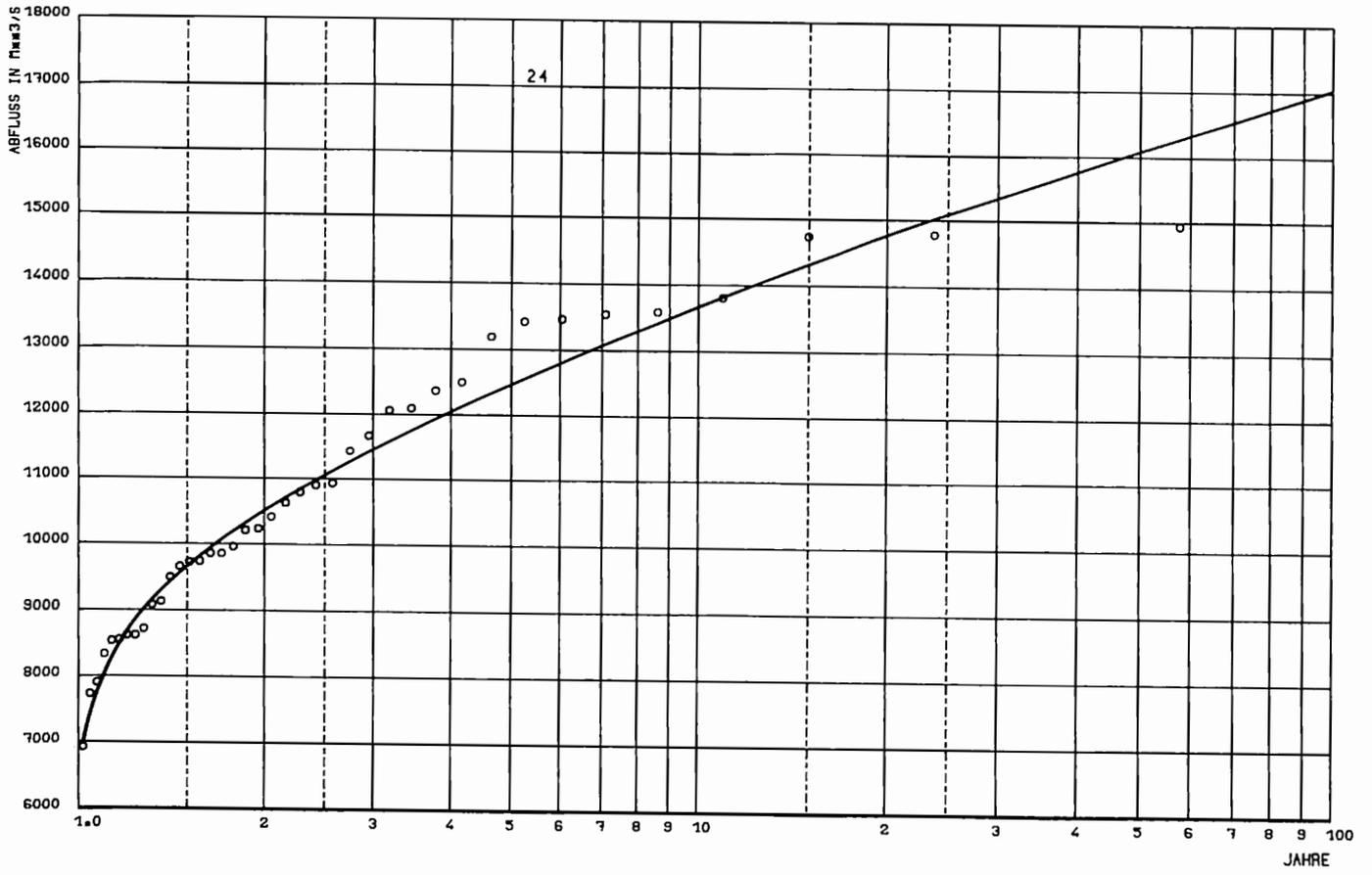


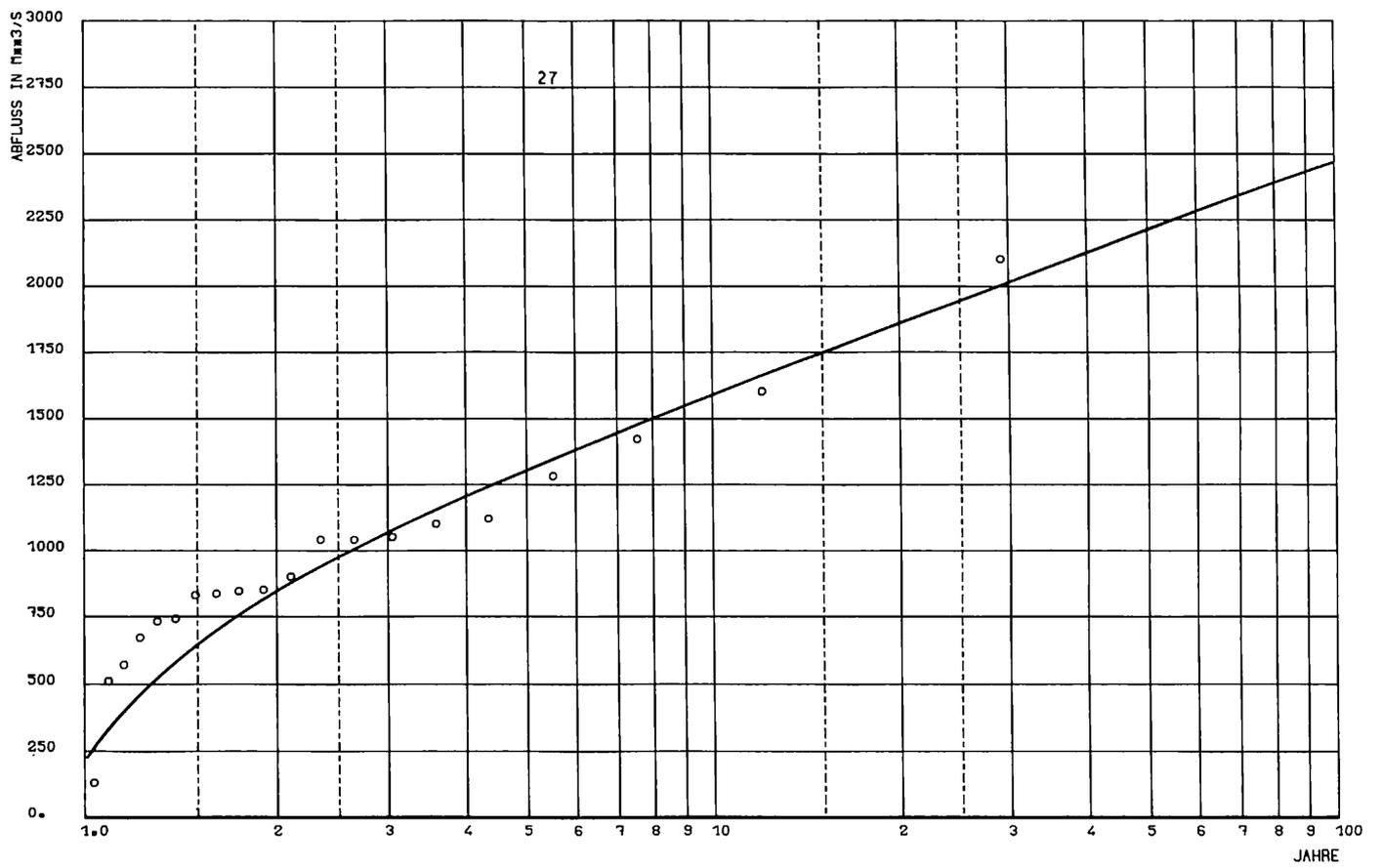
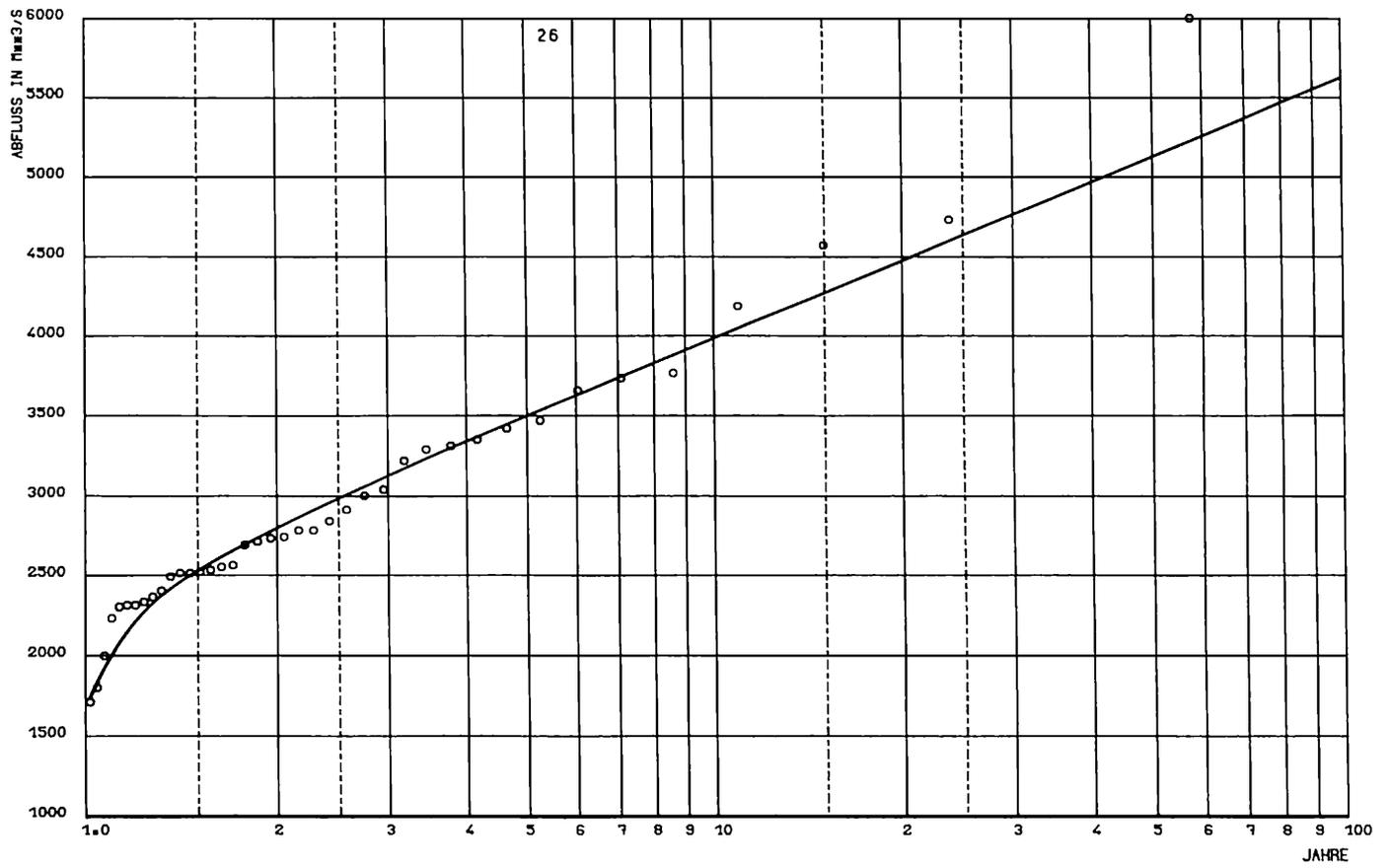


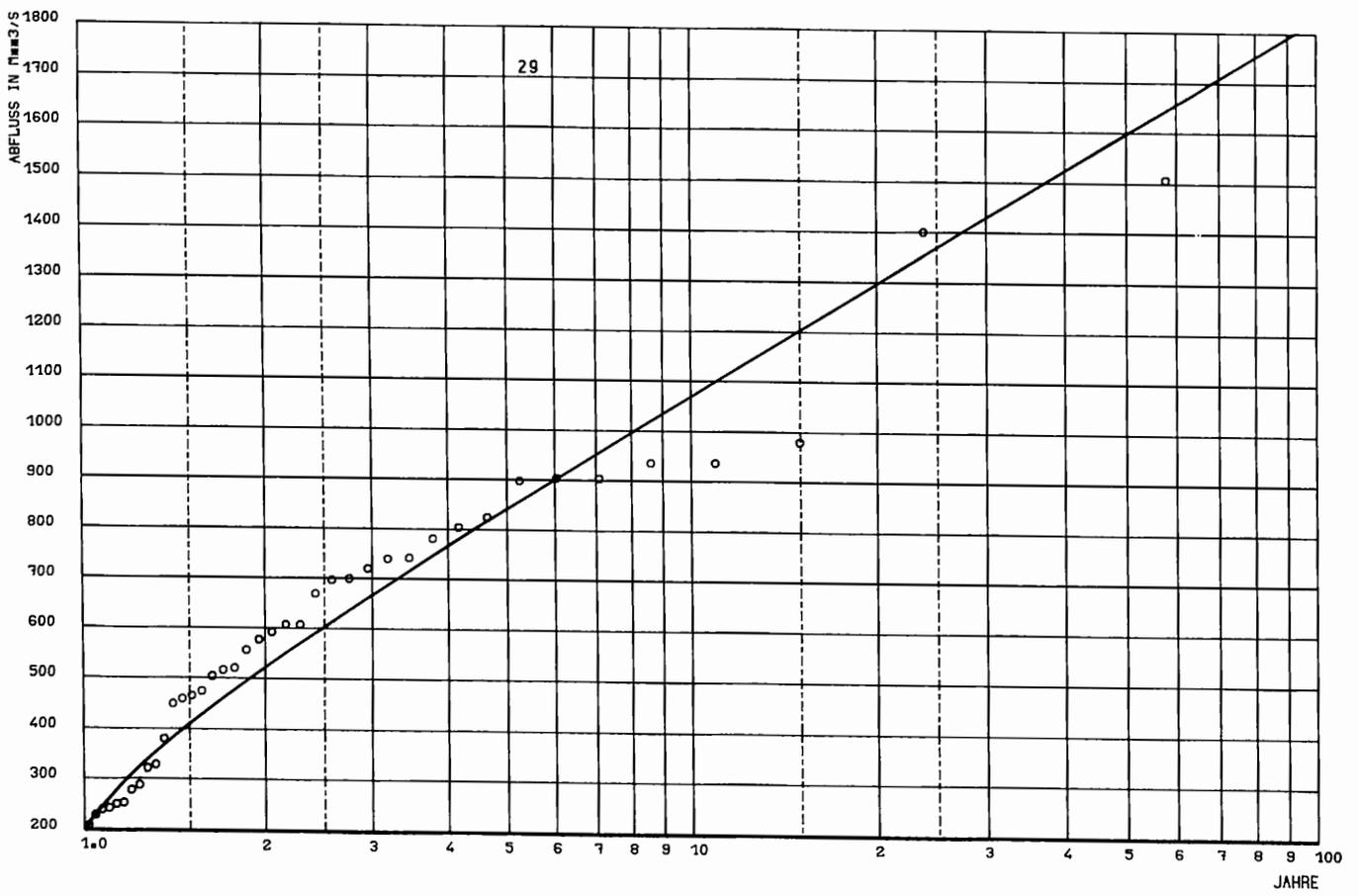
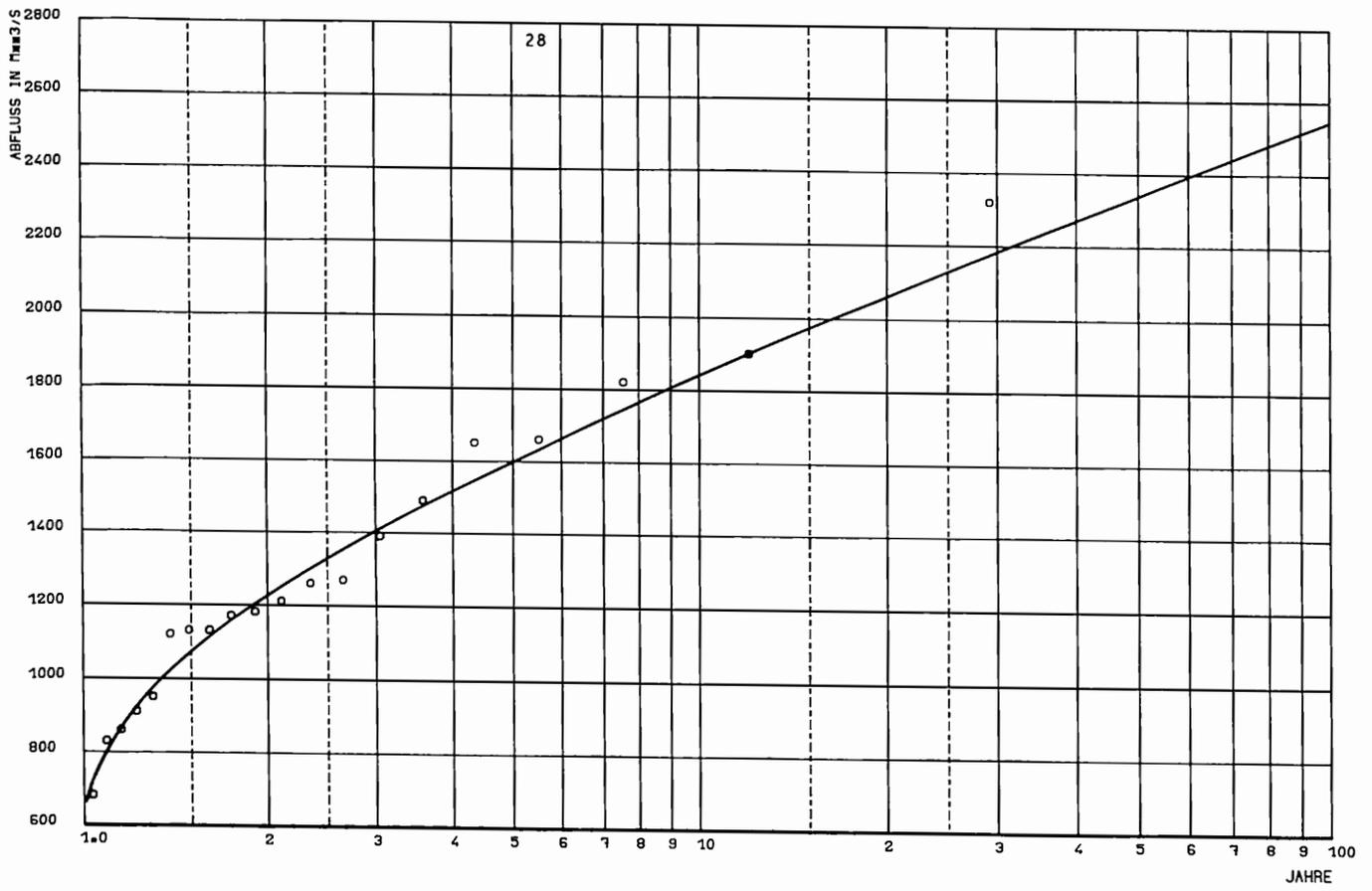


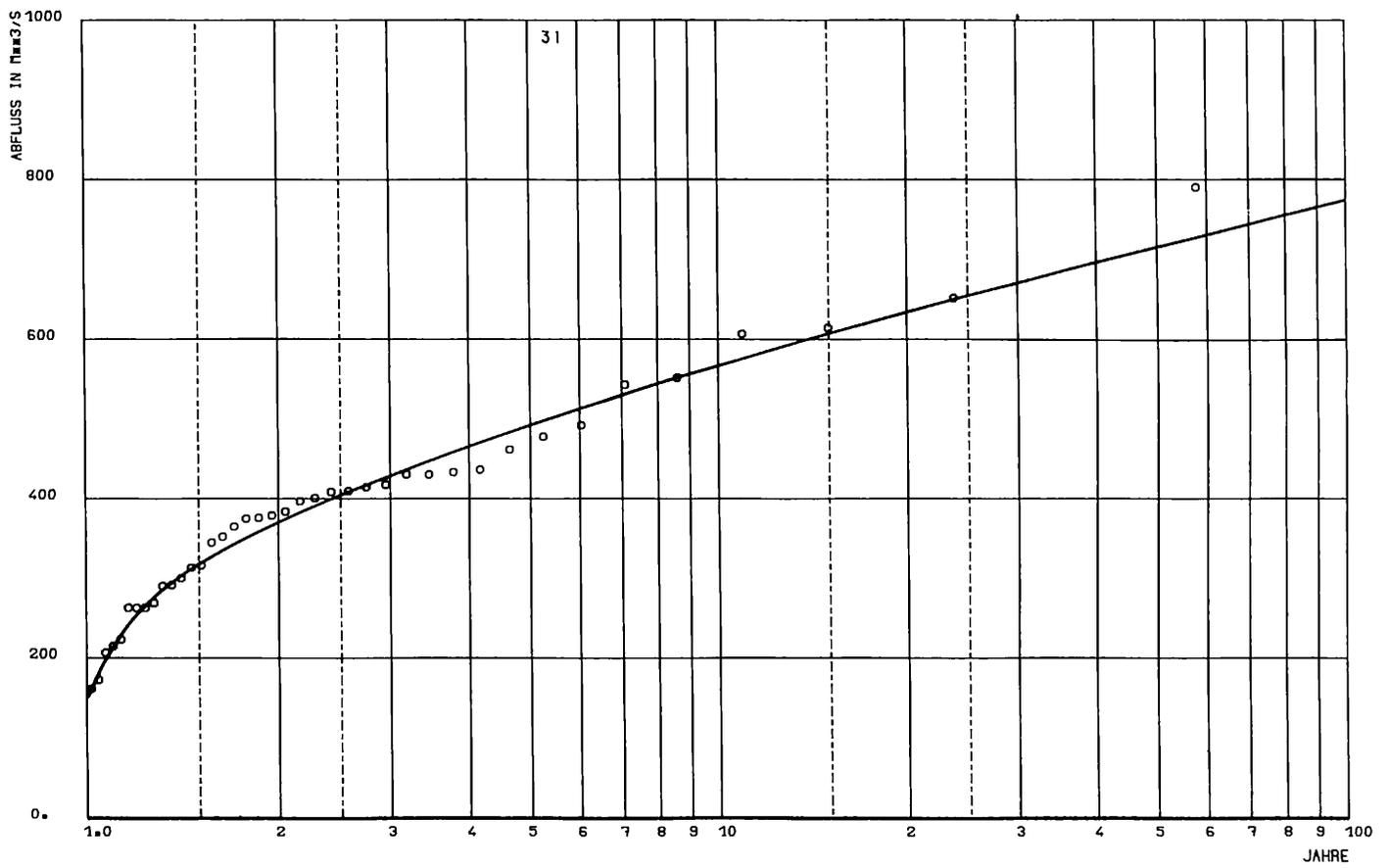
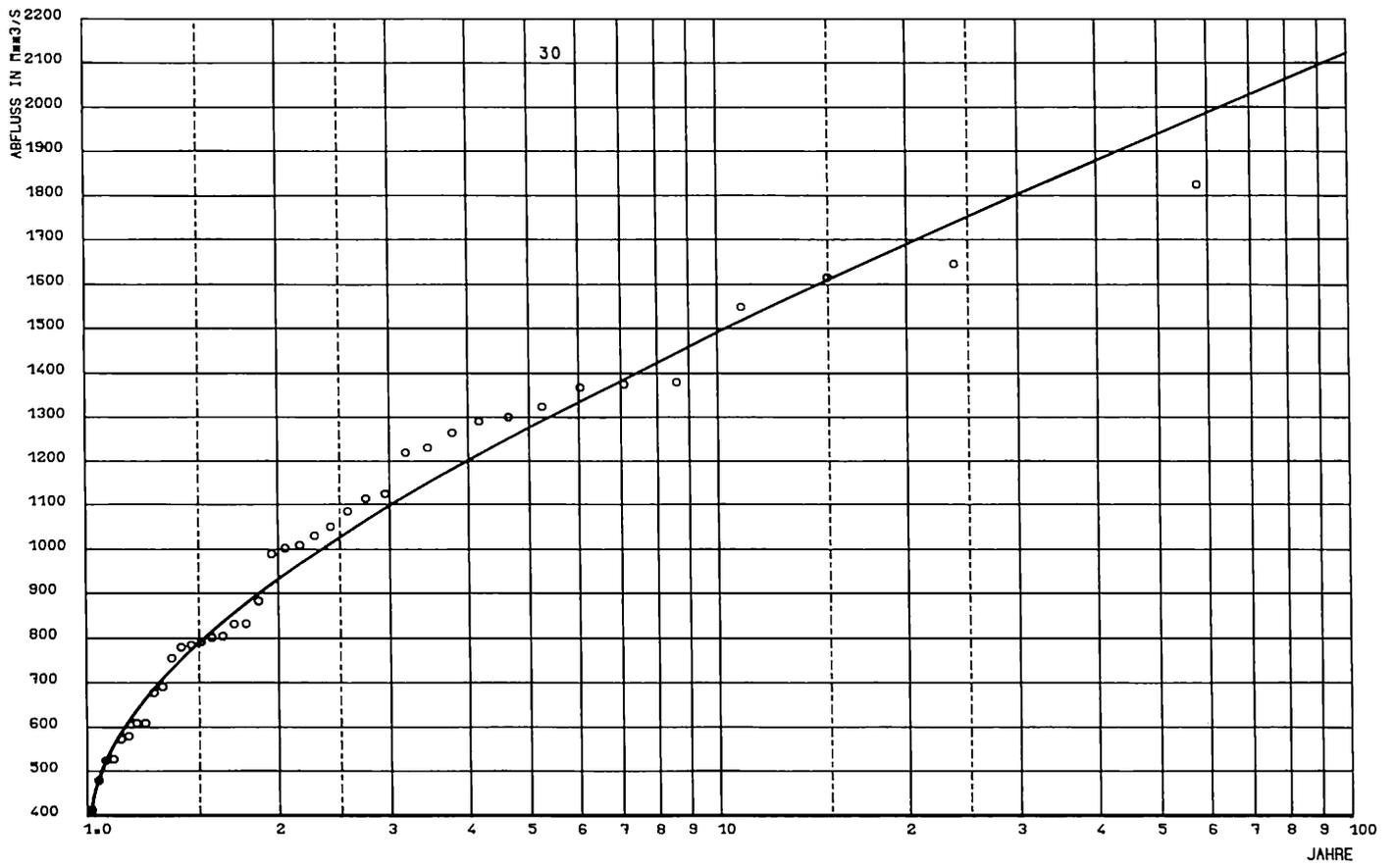


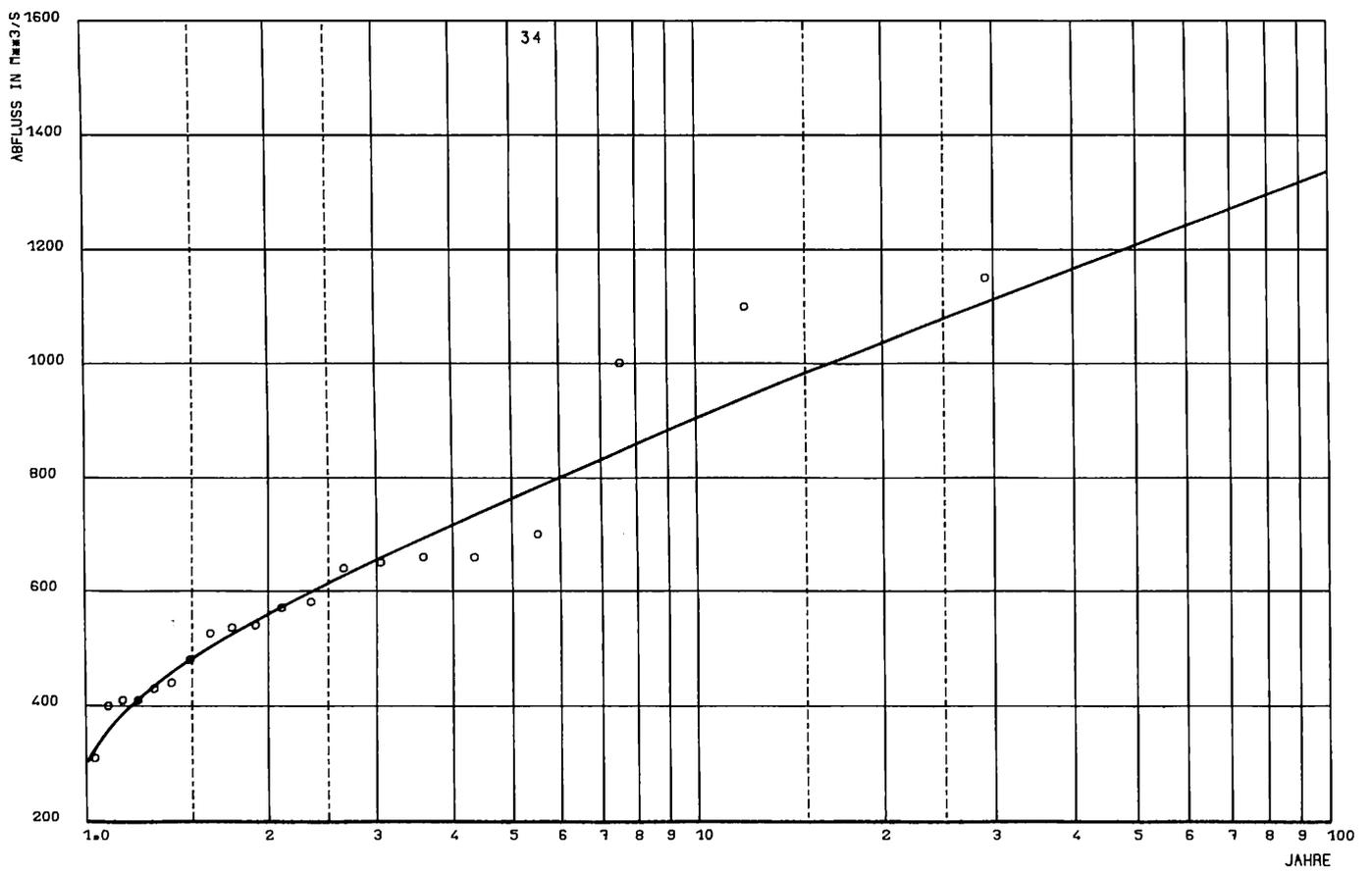
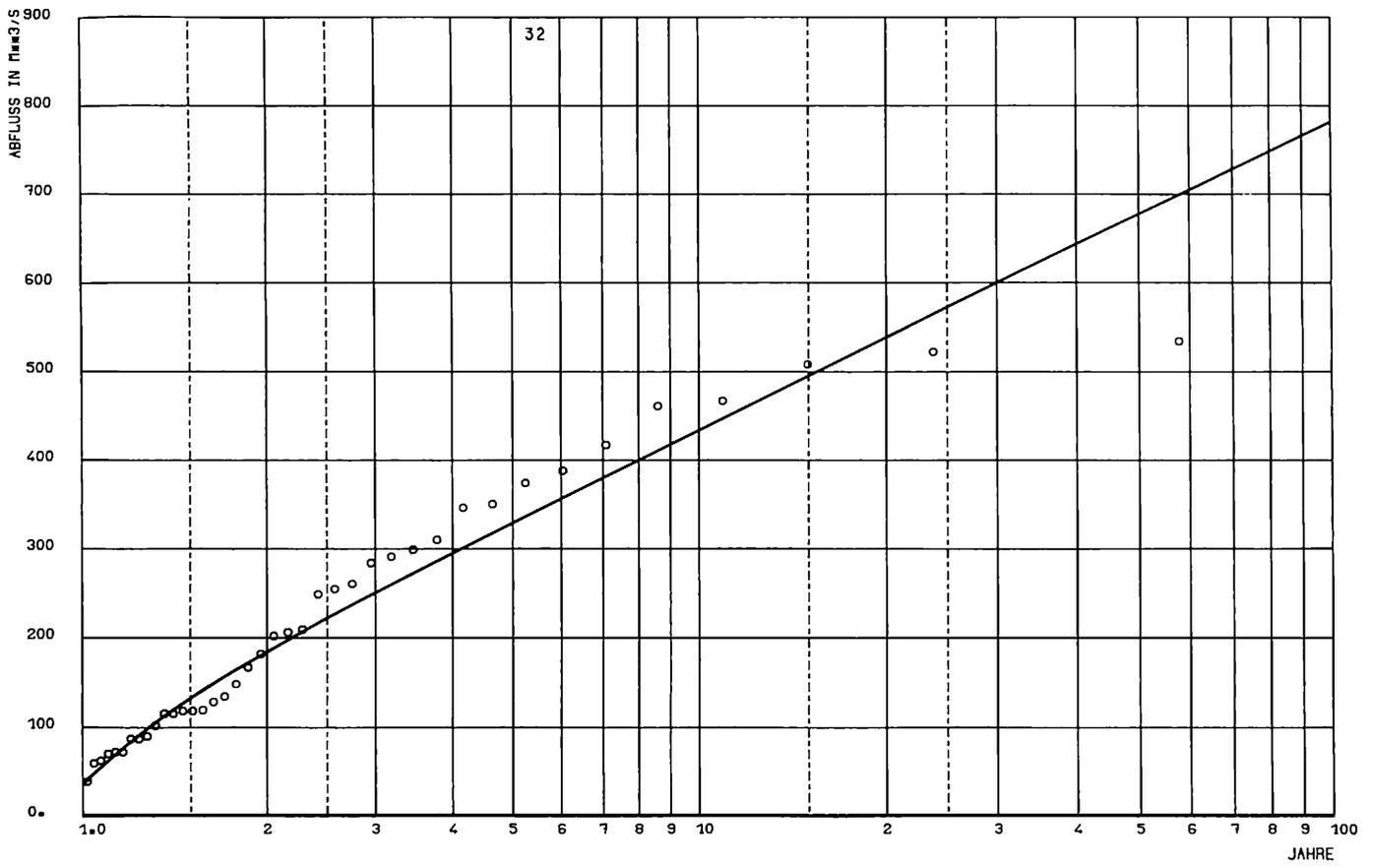


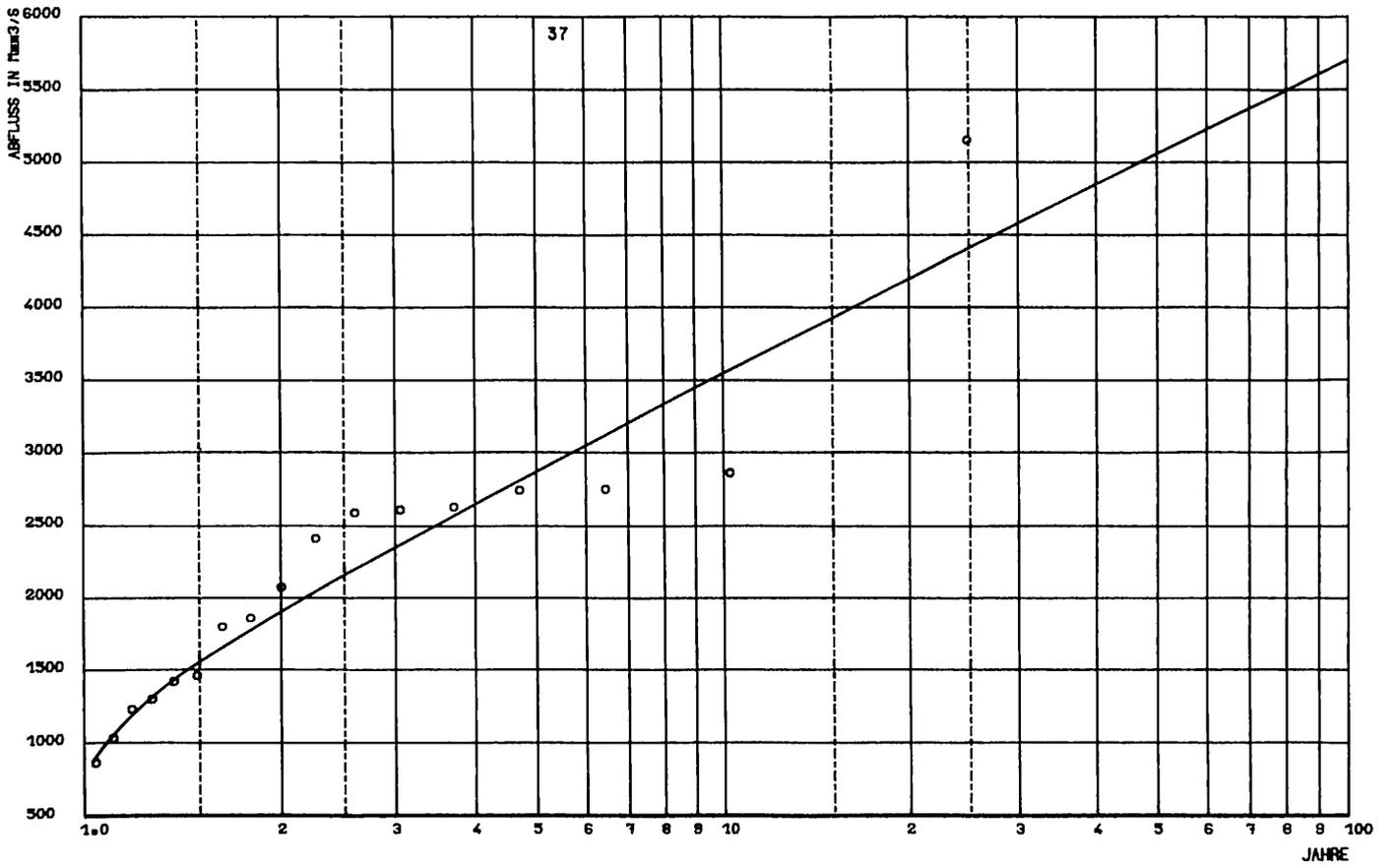
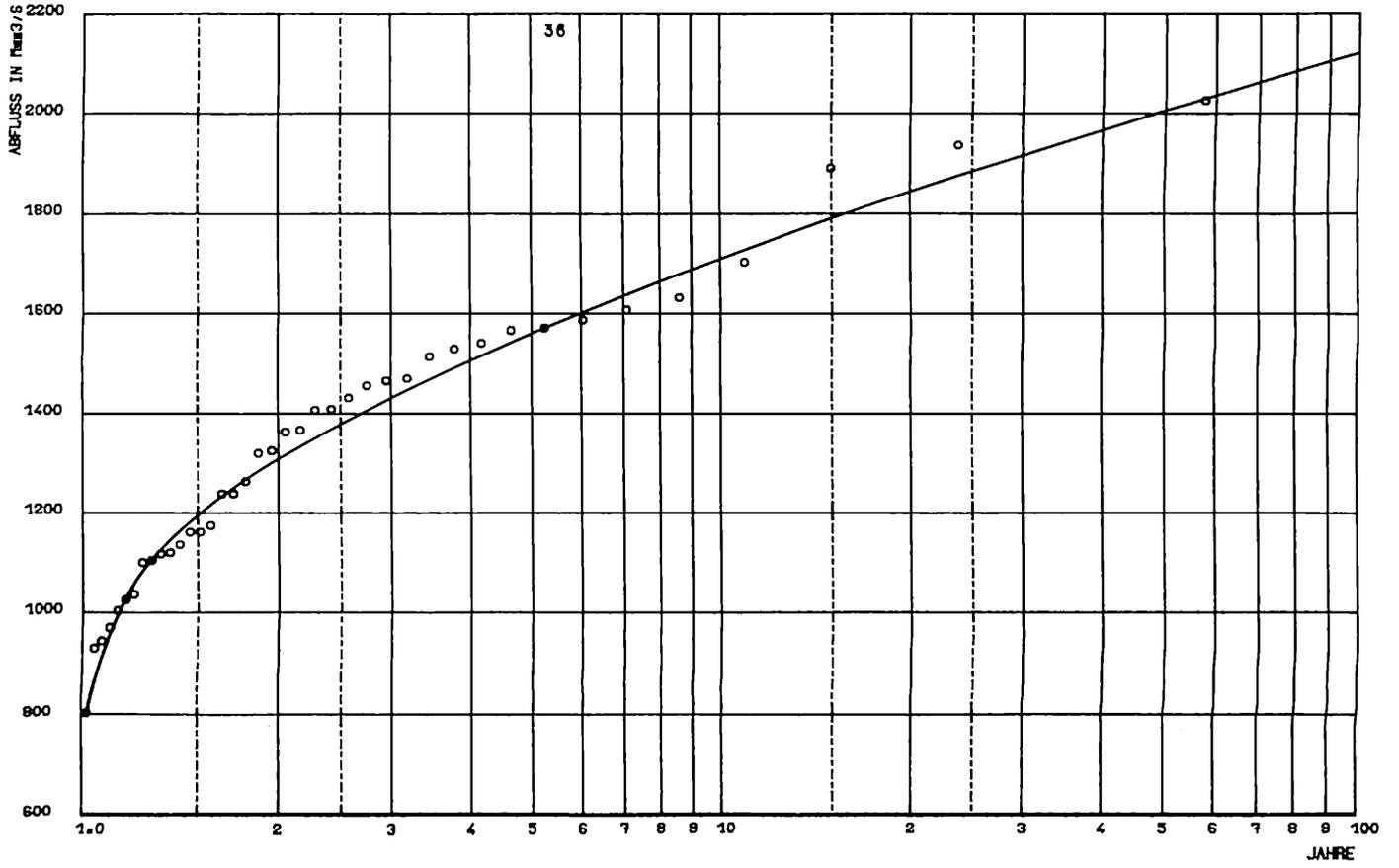


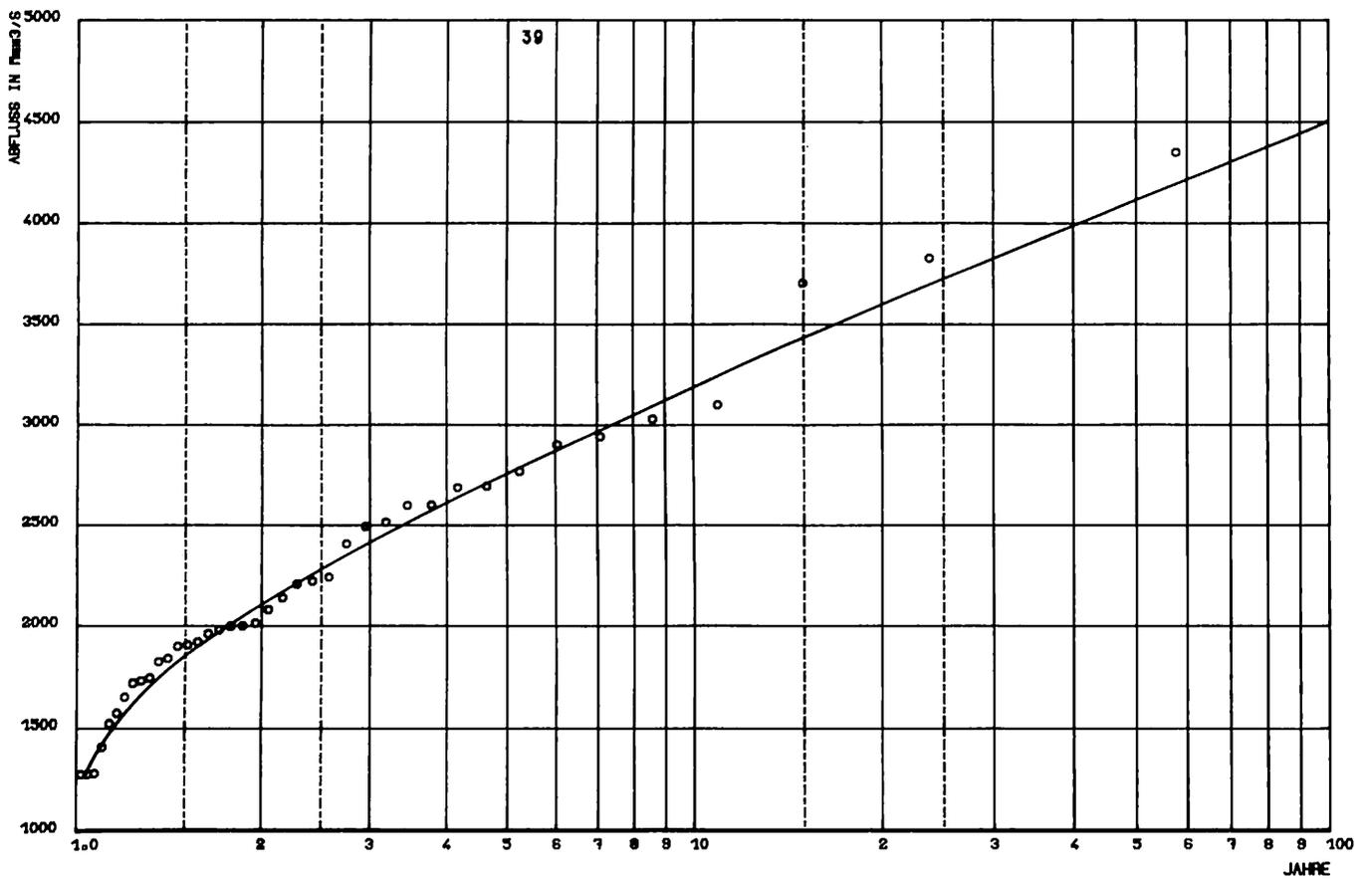
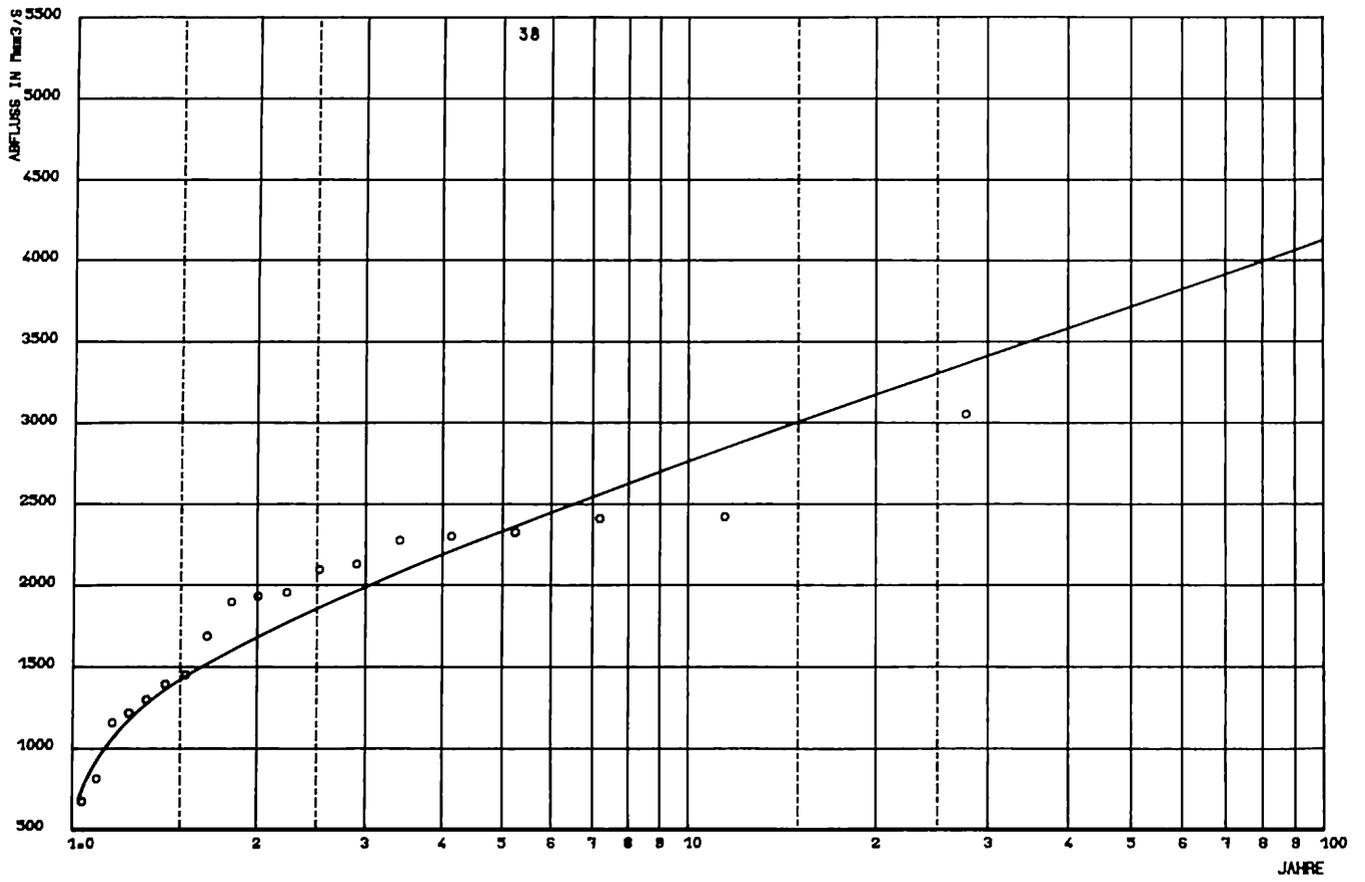


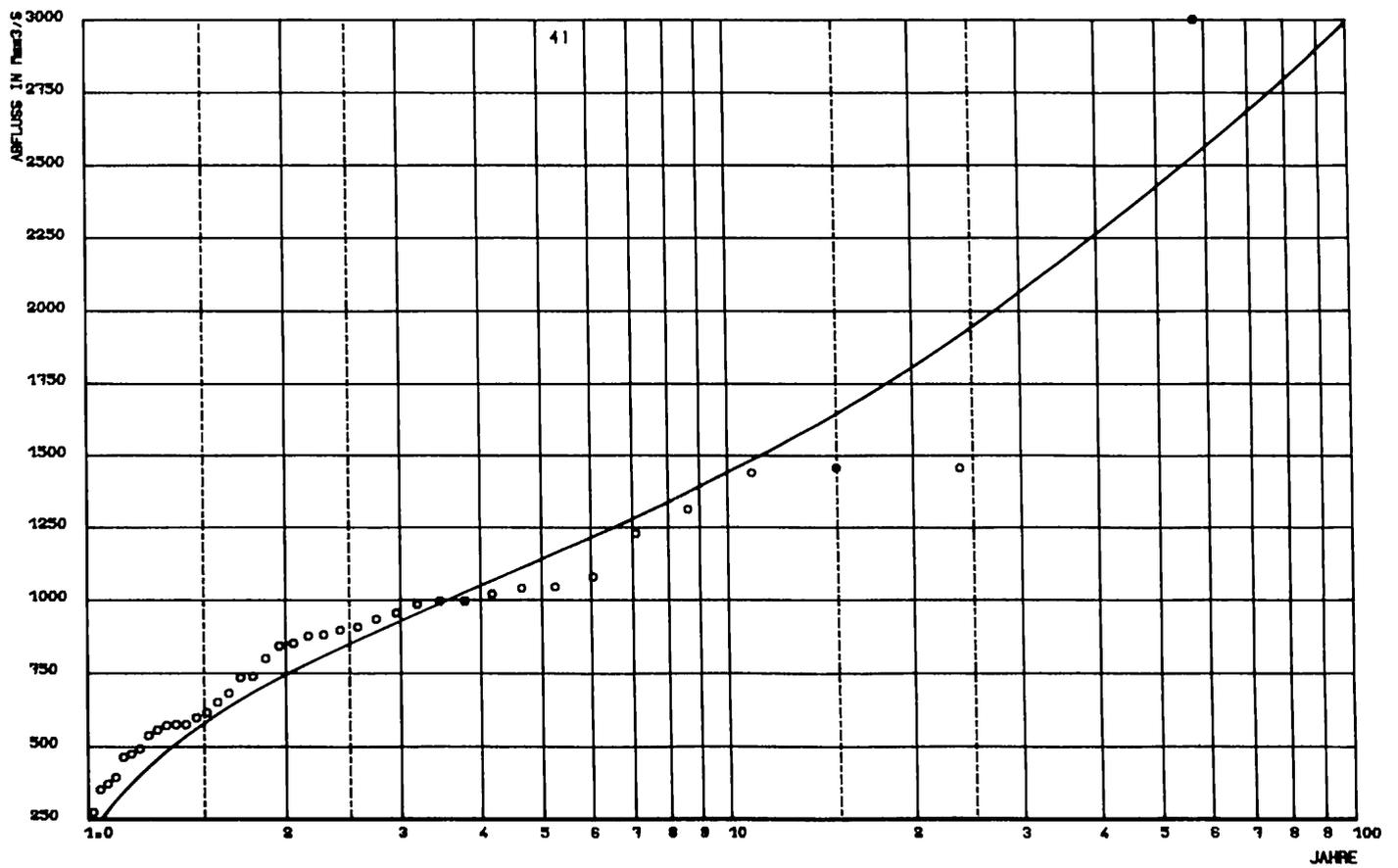
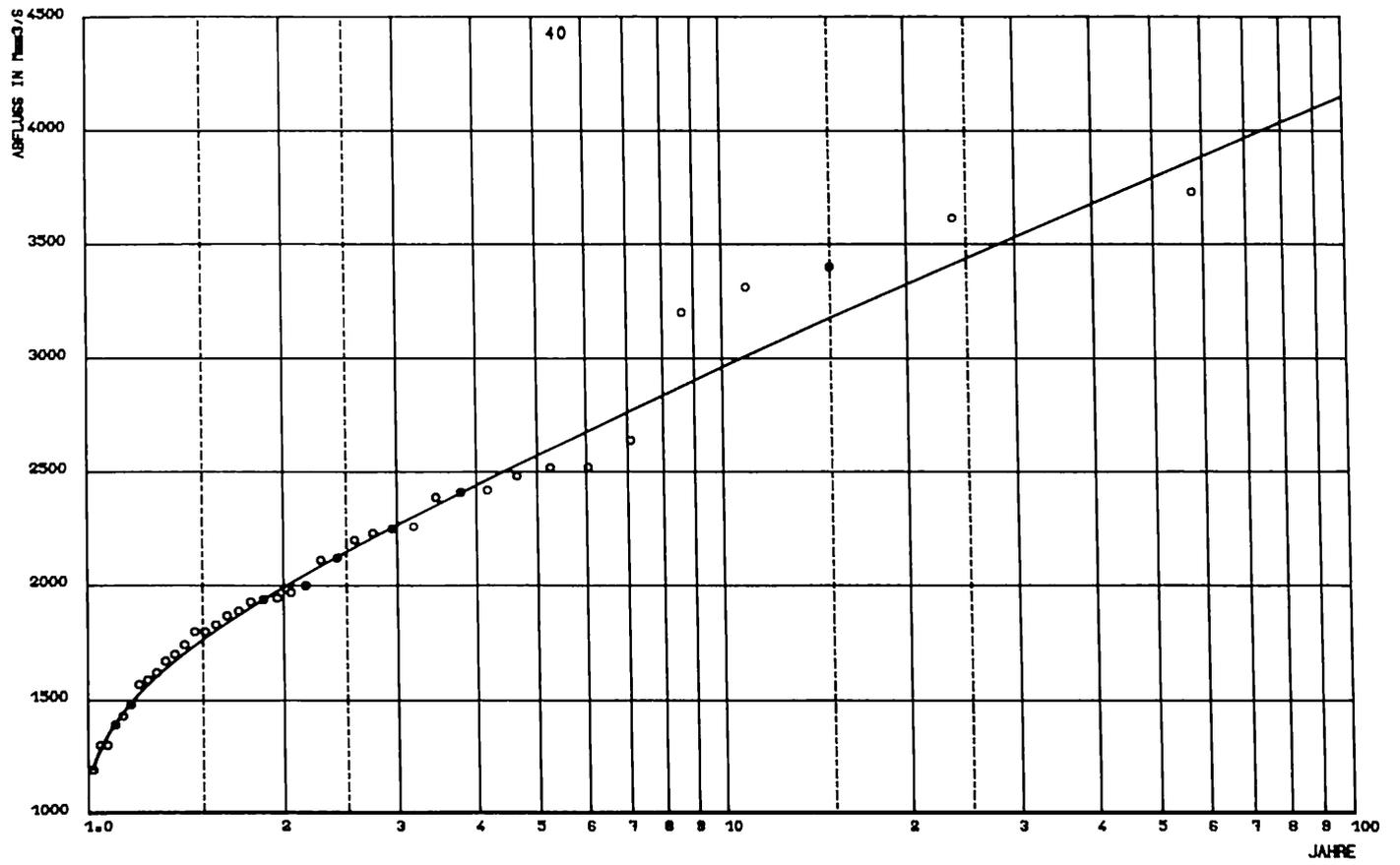


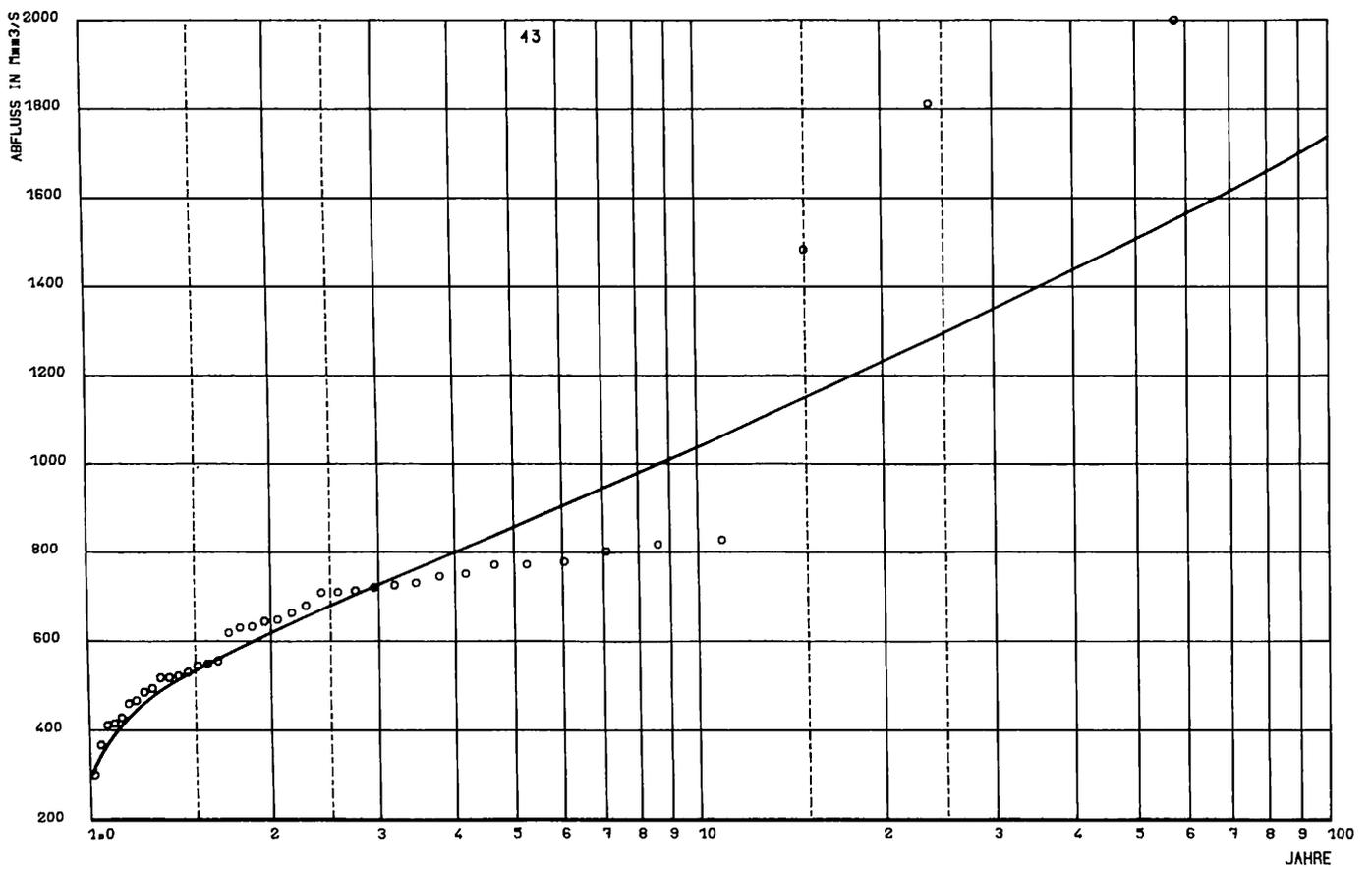
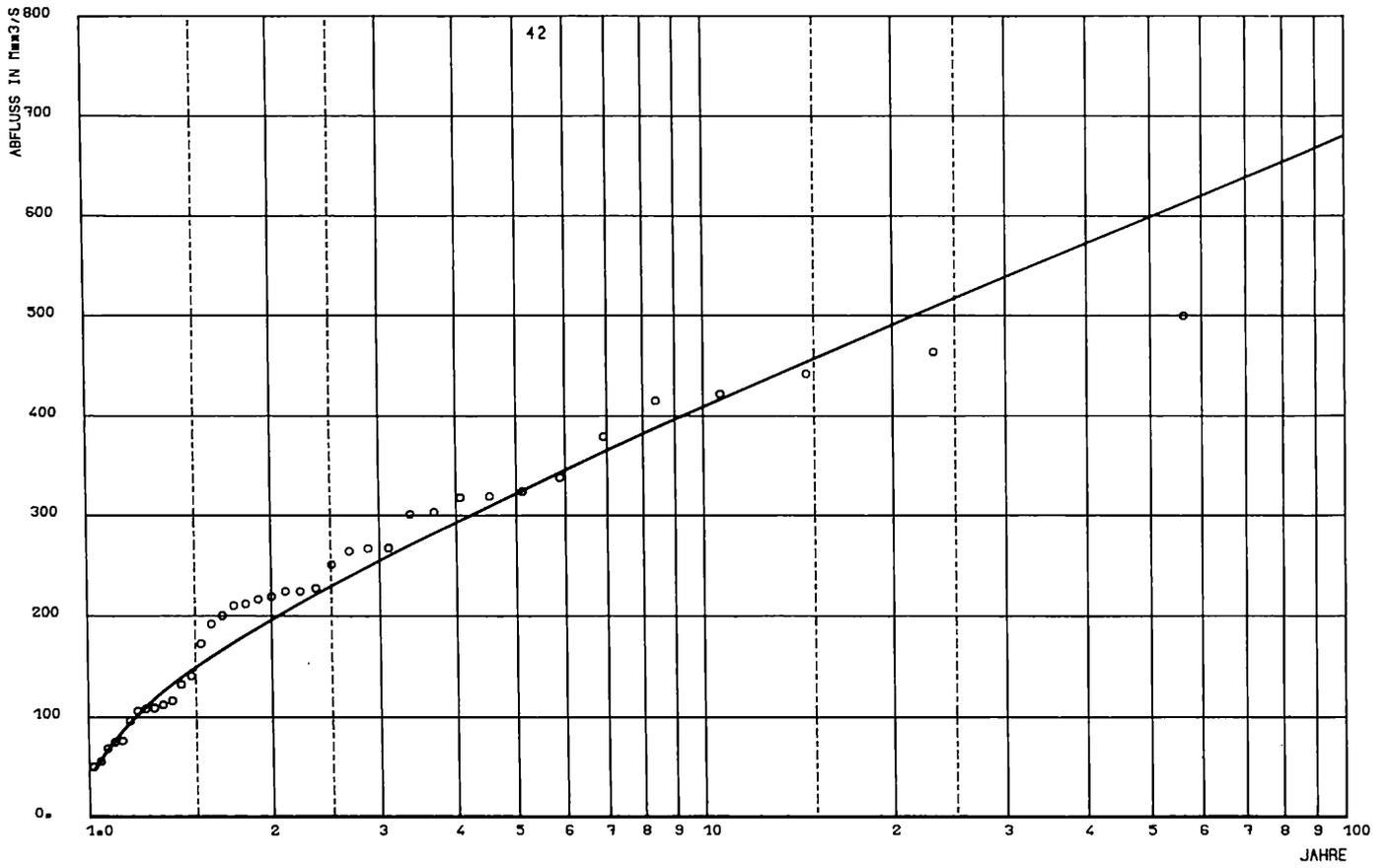


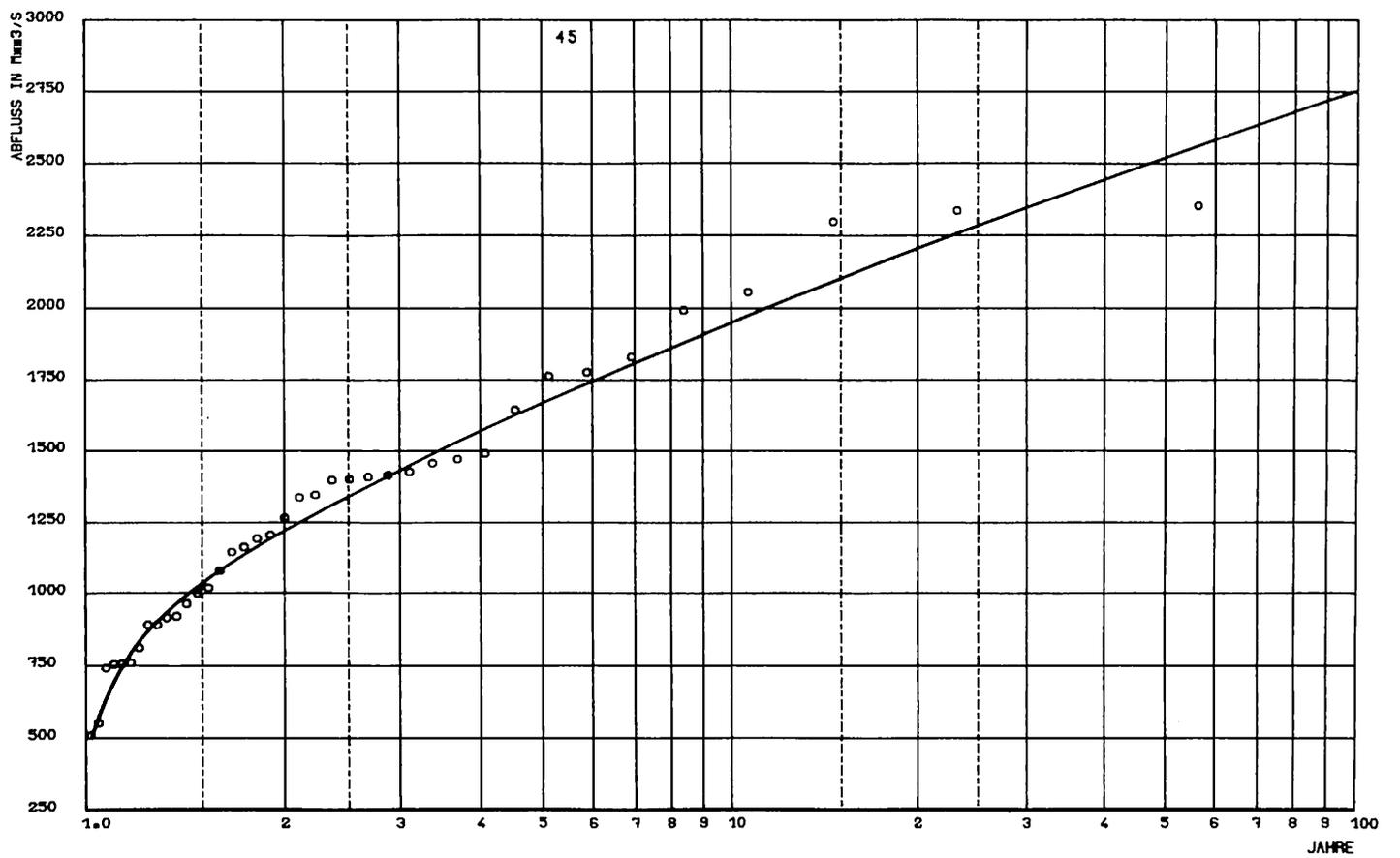
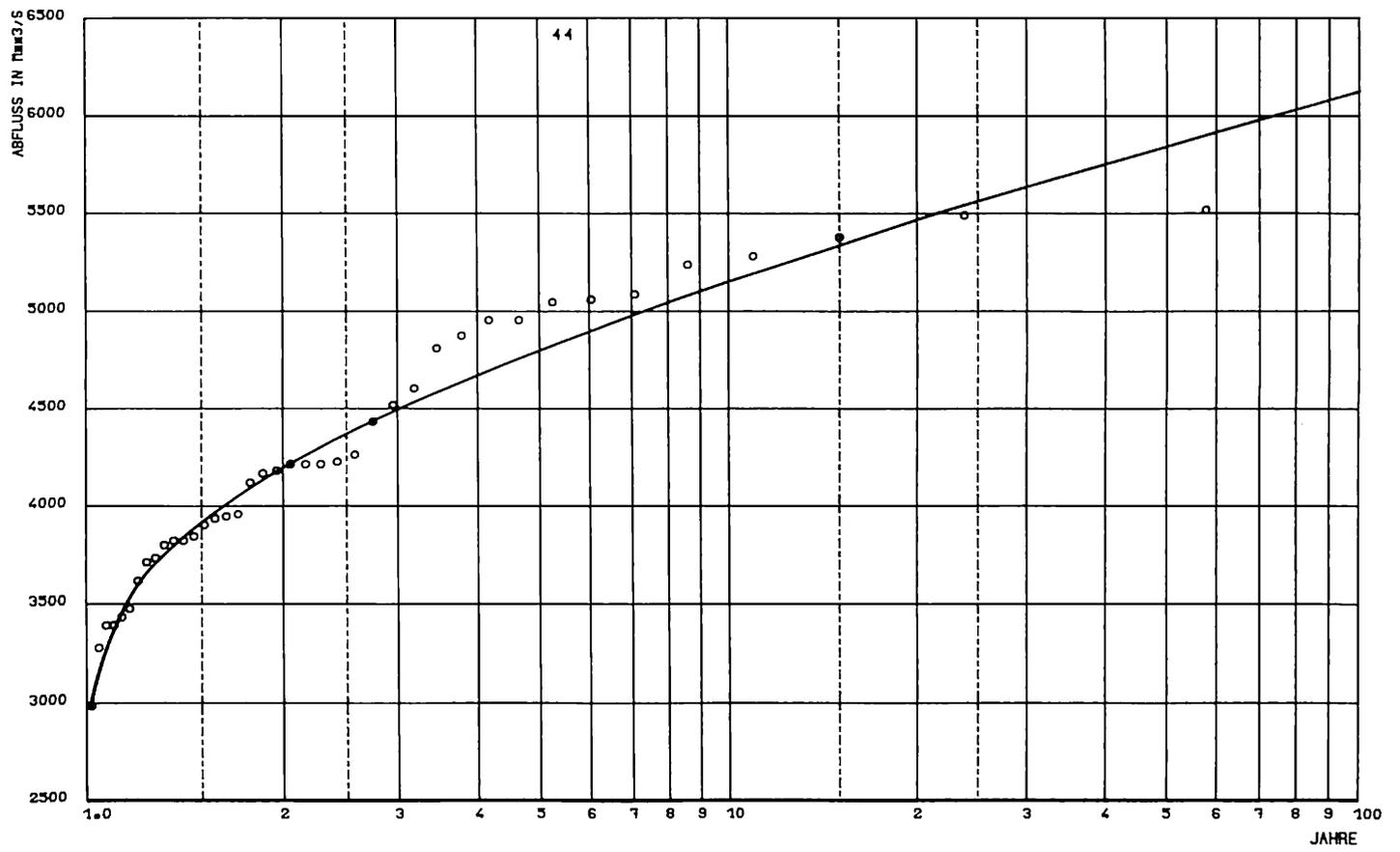


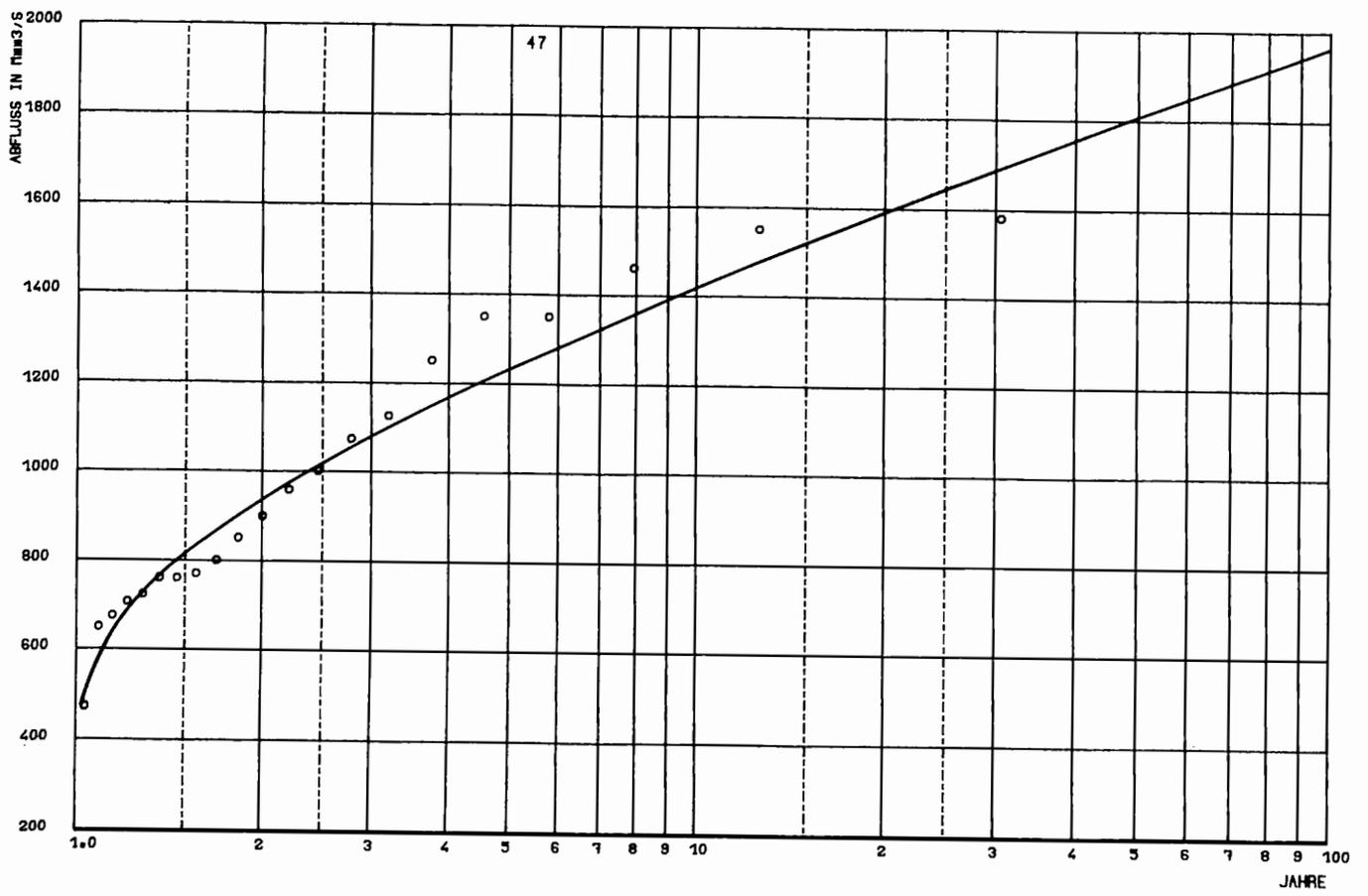
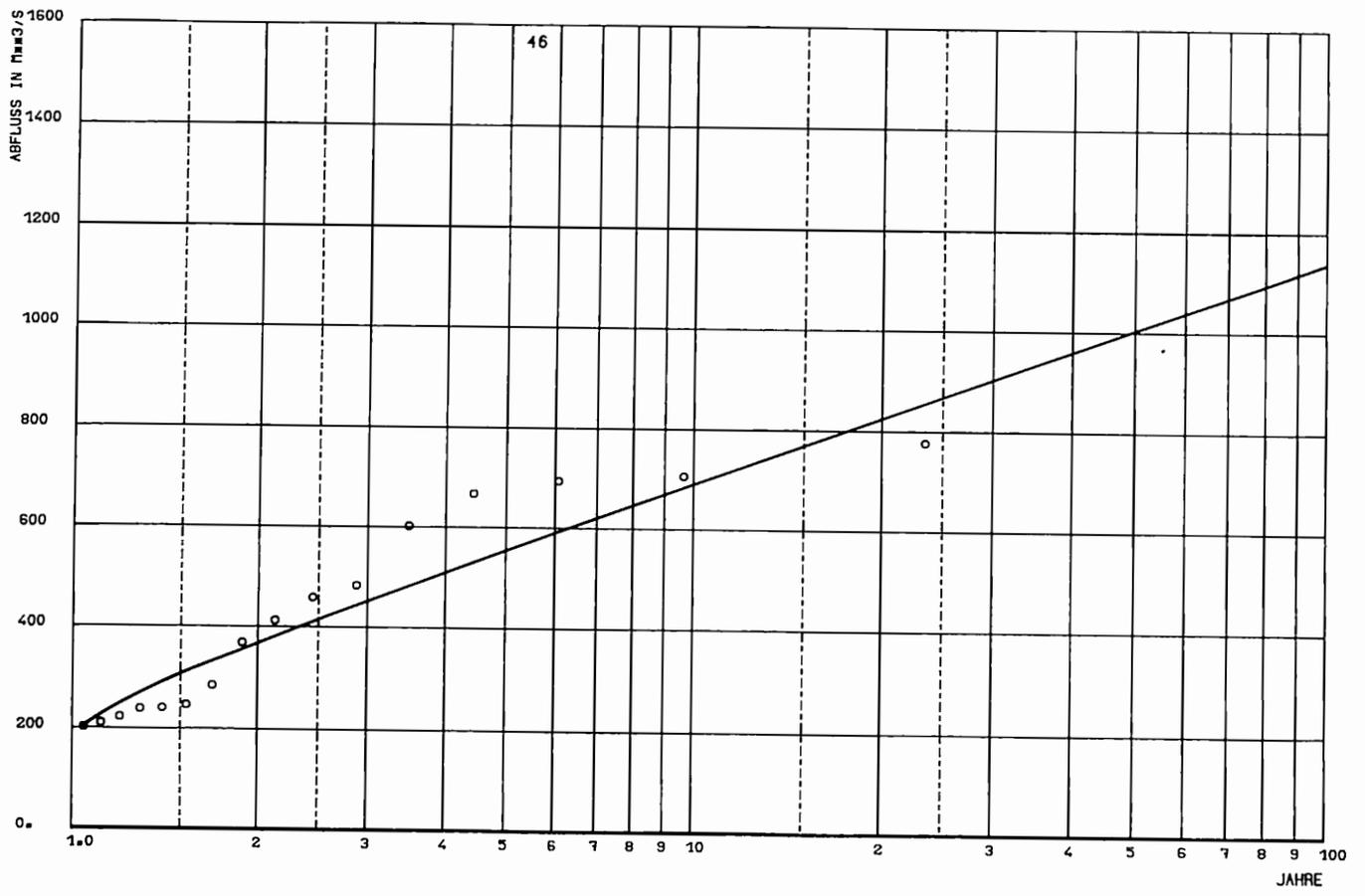


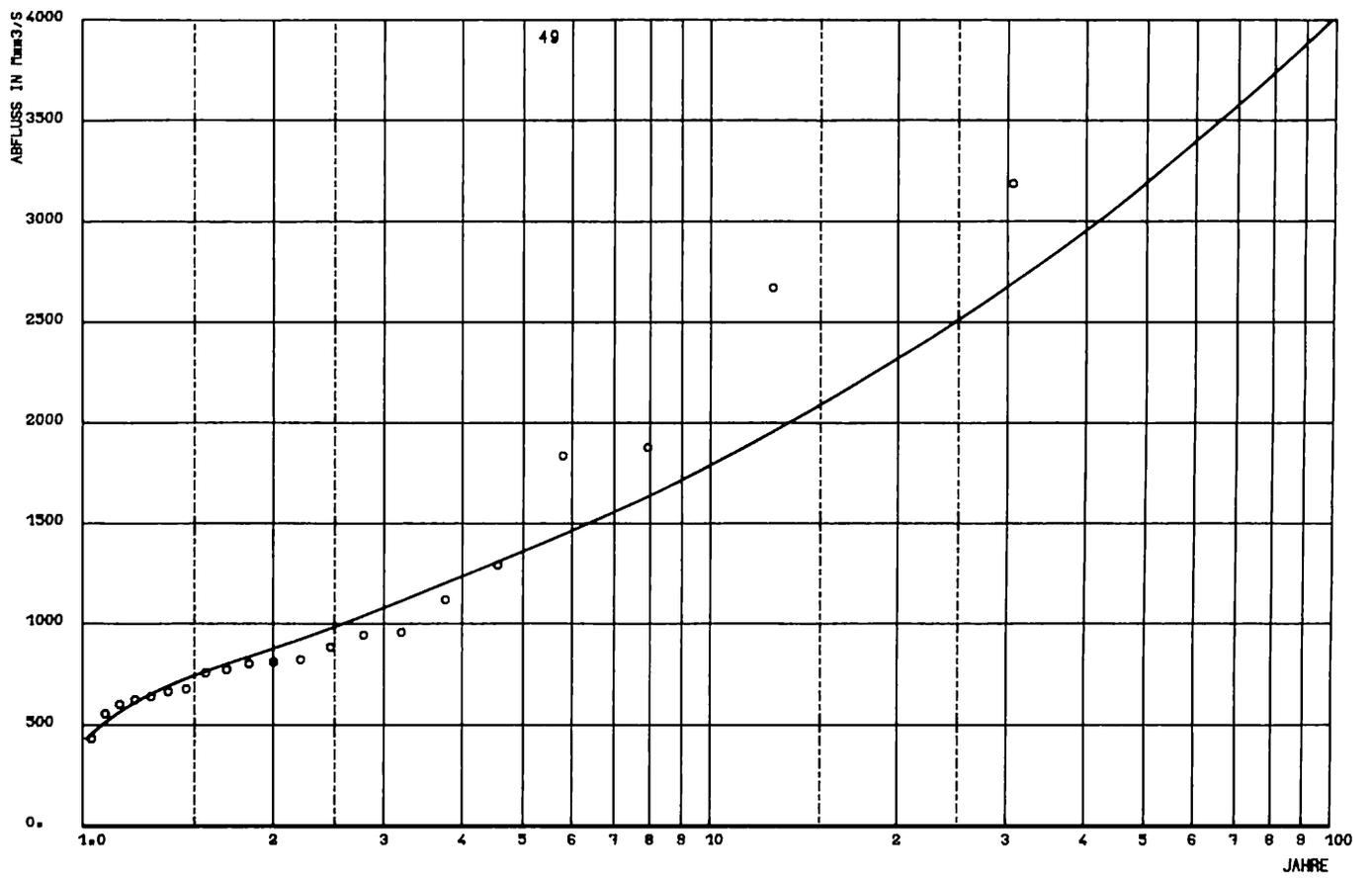
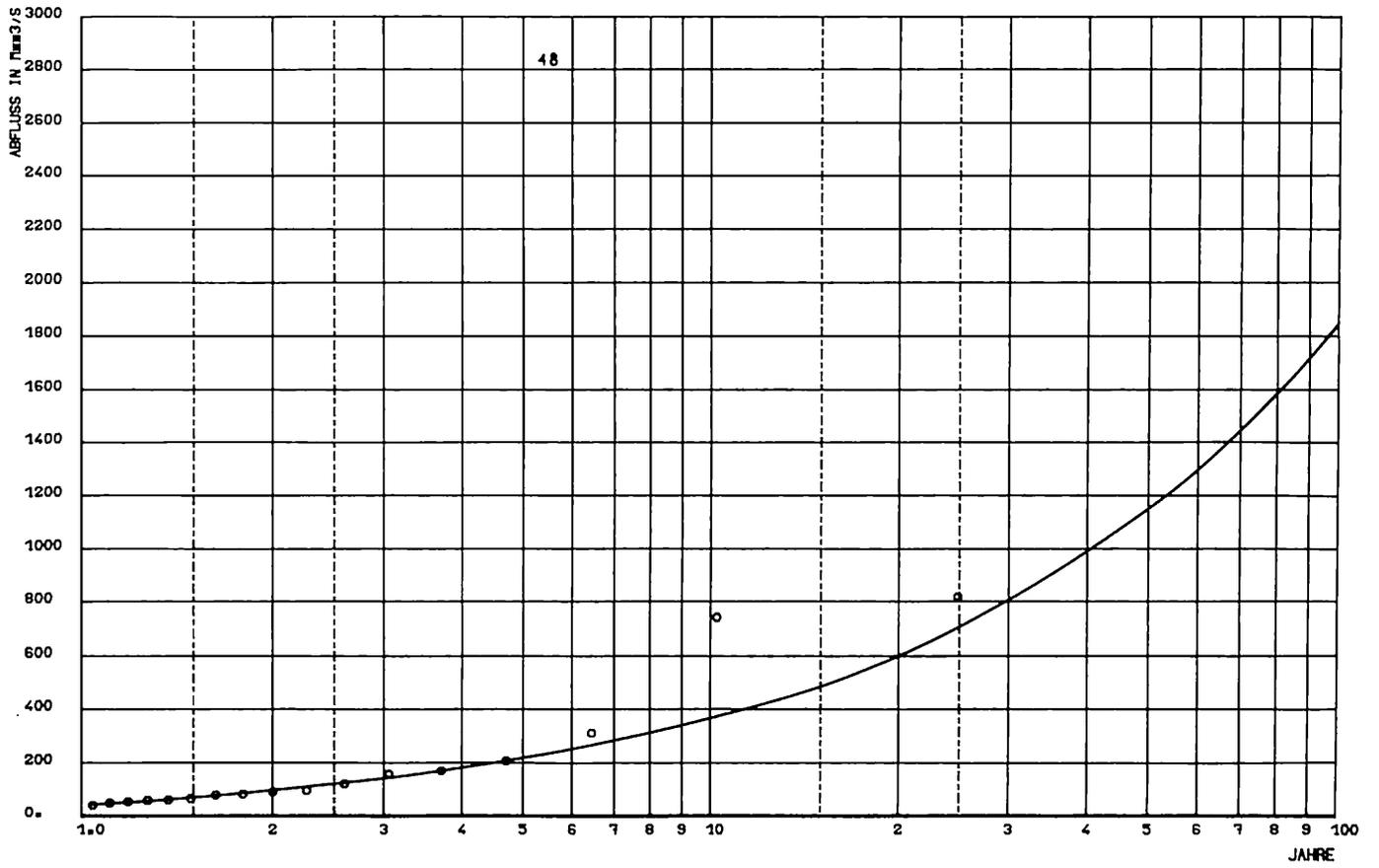


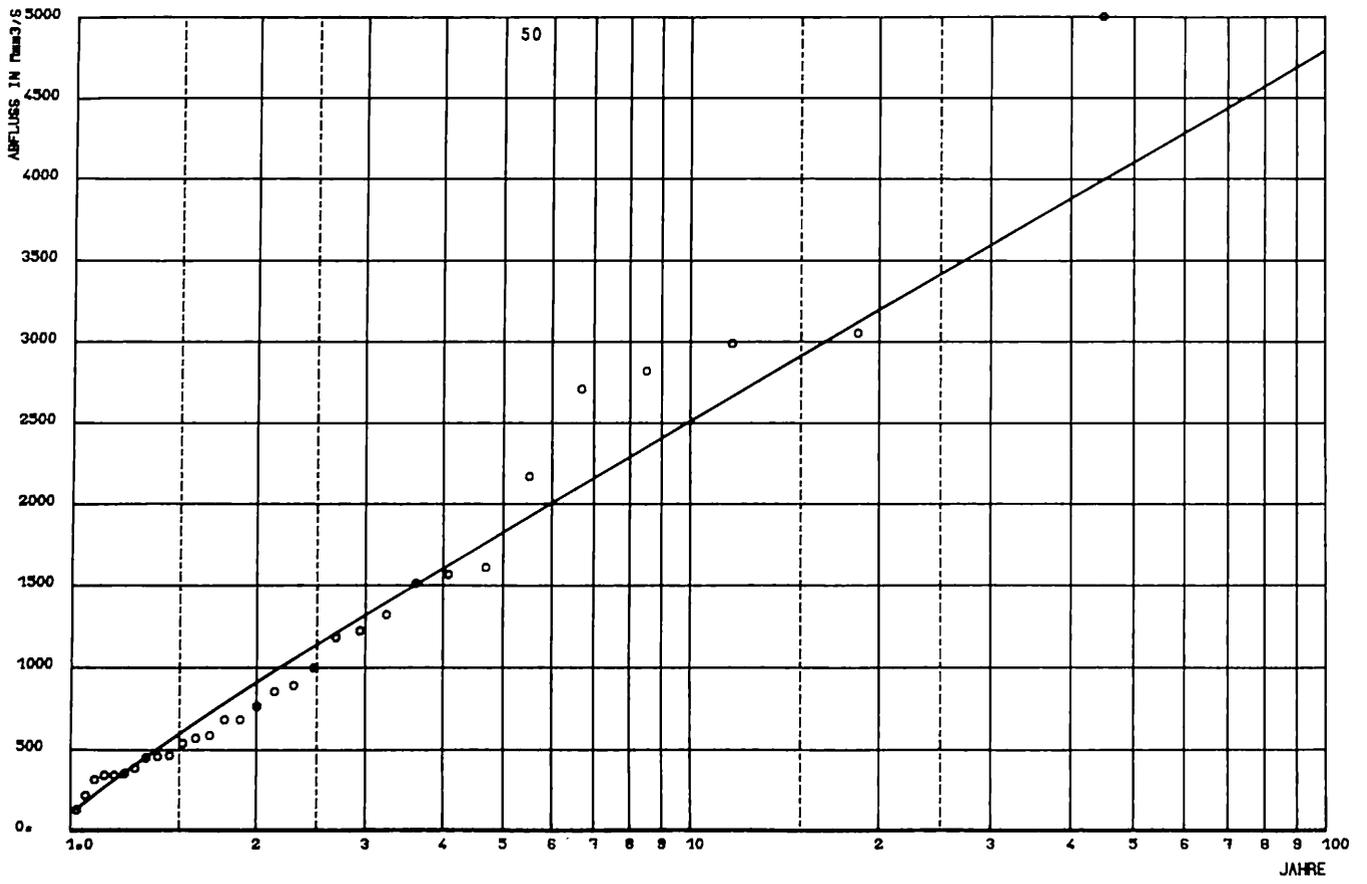












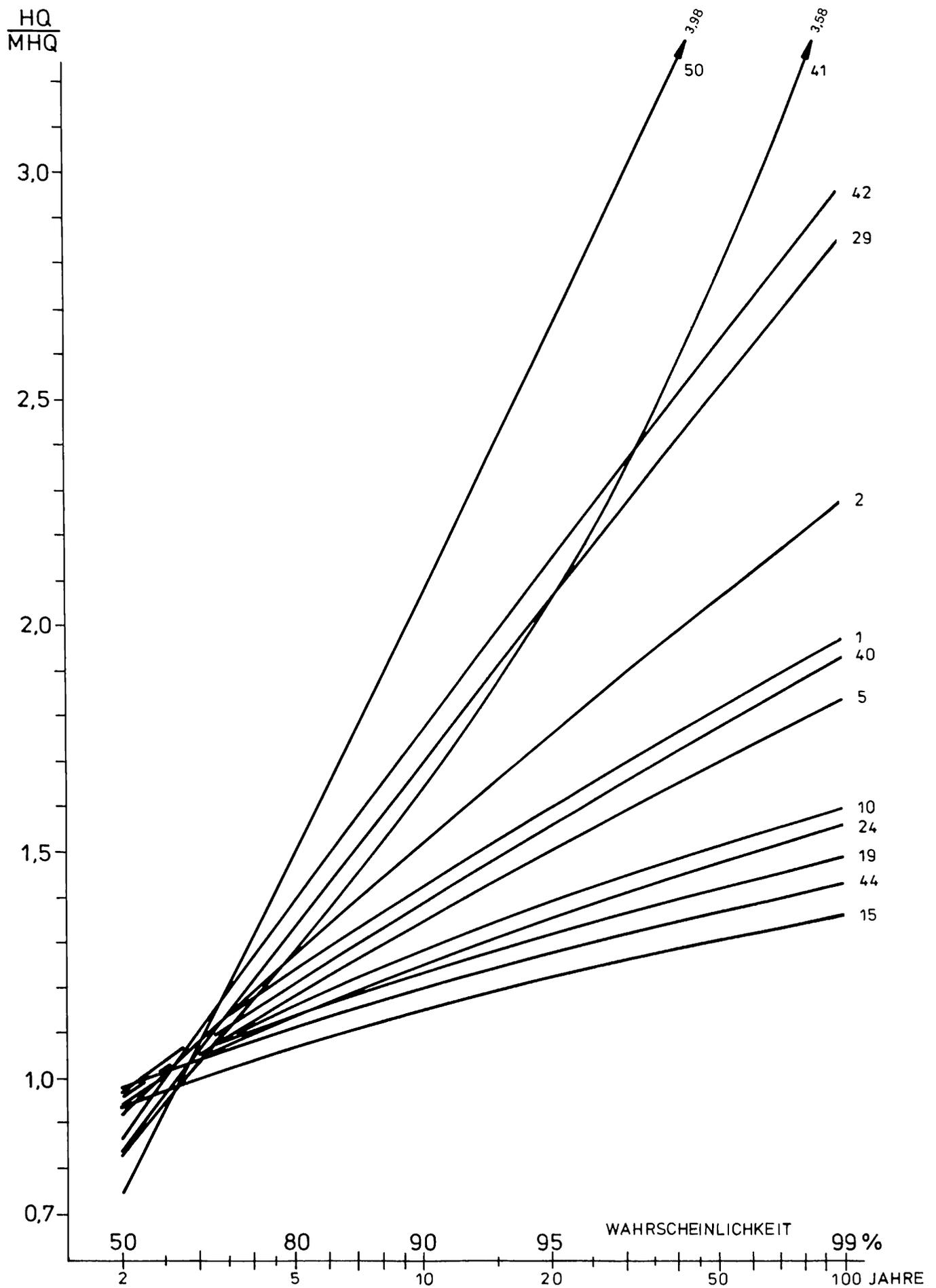


Abb. 2.17 Normierte Verteilungsfunktionen ausgewählter Pegel (Hochwasser)

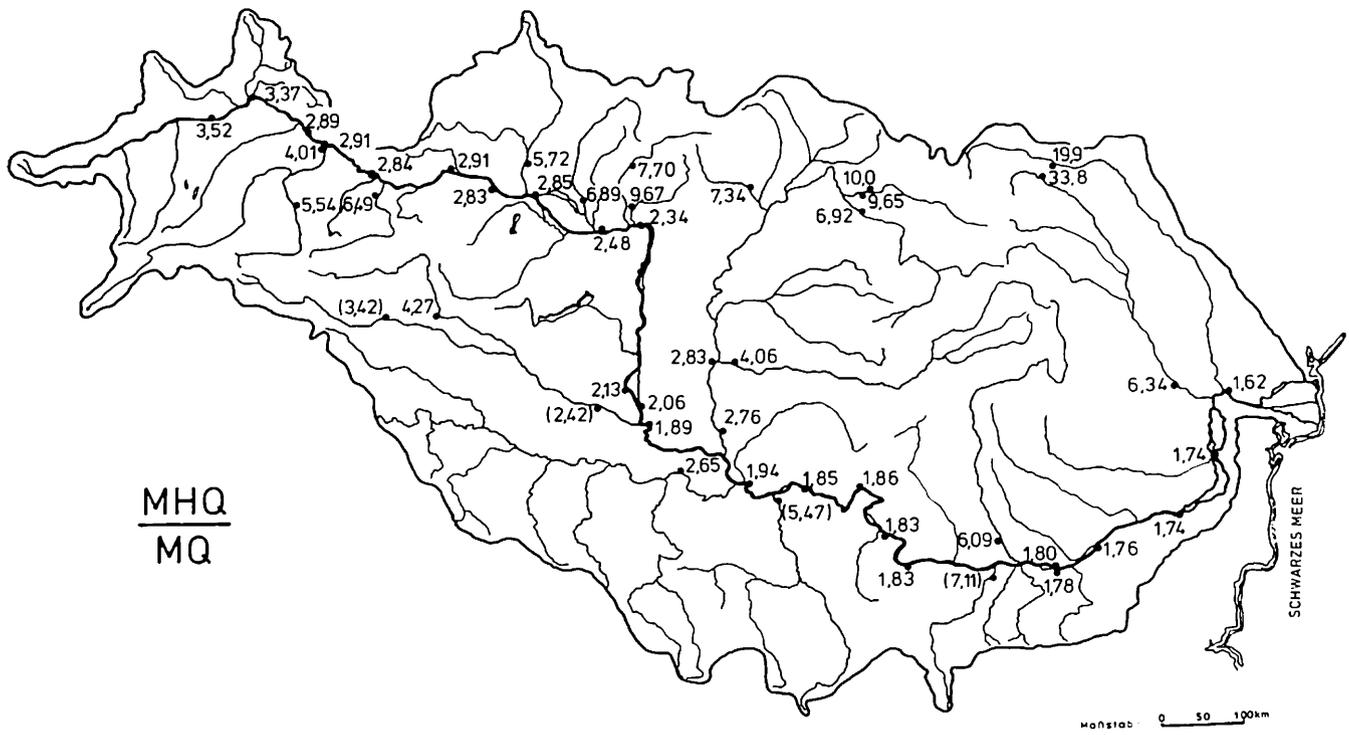


Abb. 2.18 Übersichtslageplan mit Verhältnisswerten MHQ : MQ

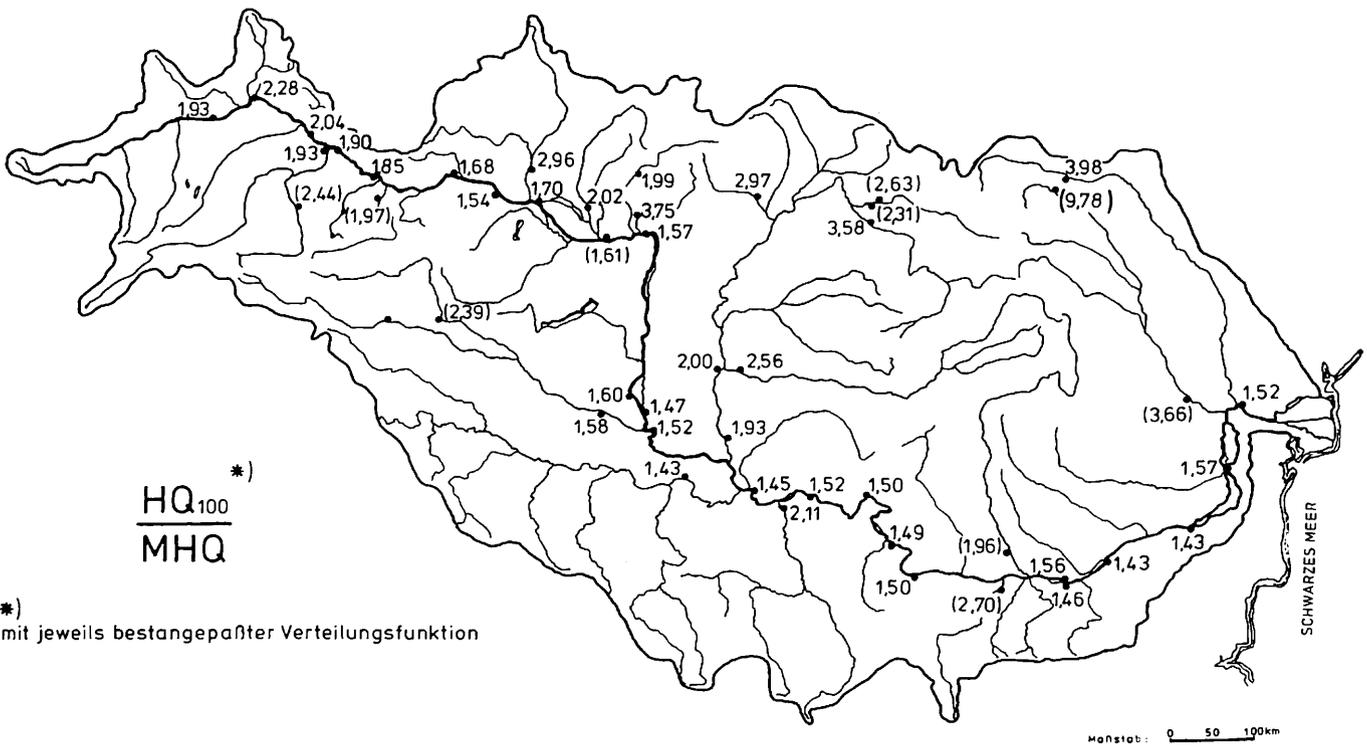


Abb. 2.19 Übersichtslageplan mit Verhältnisswerten HQ₁₀₀ : MHQ

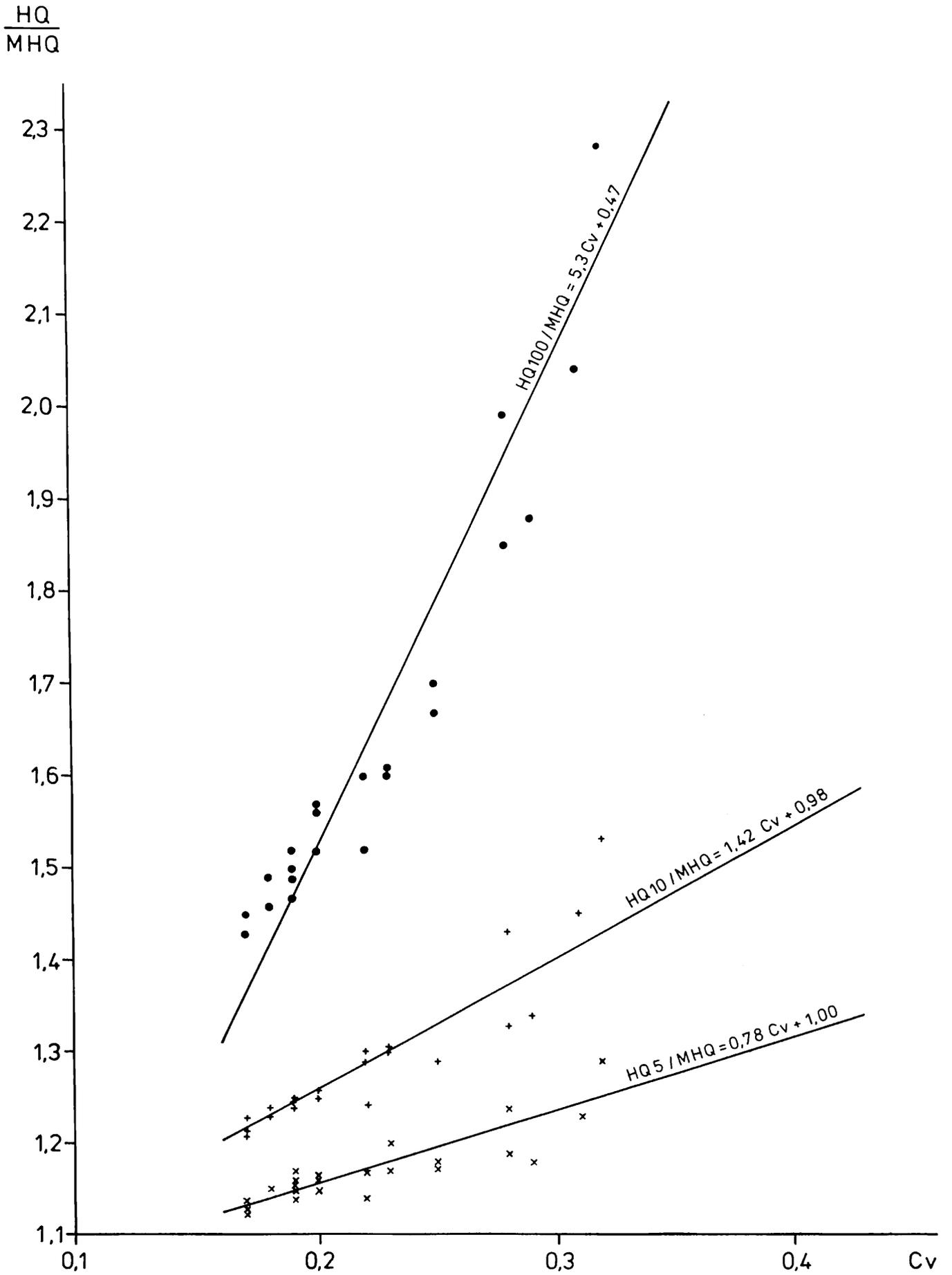


Abb. 2.20 Beziehung zwischen HQ_{100} (HQ_{10} und HQ_5), MHQ und Cv für die Donauegel

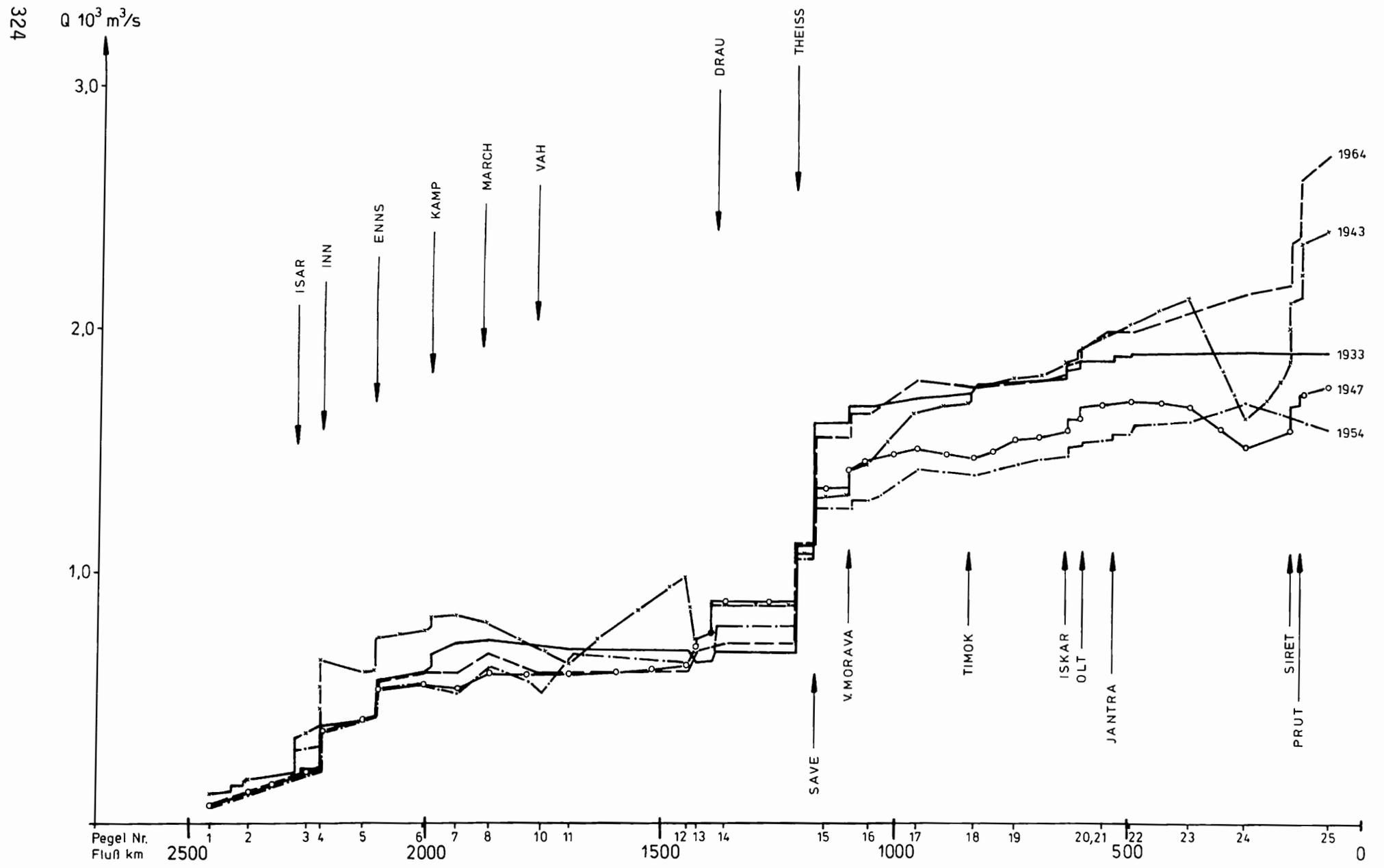
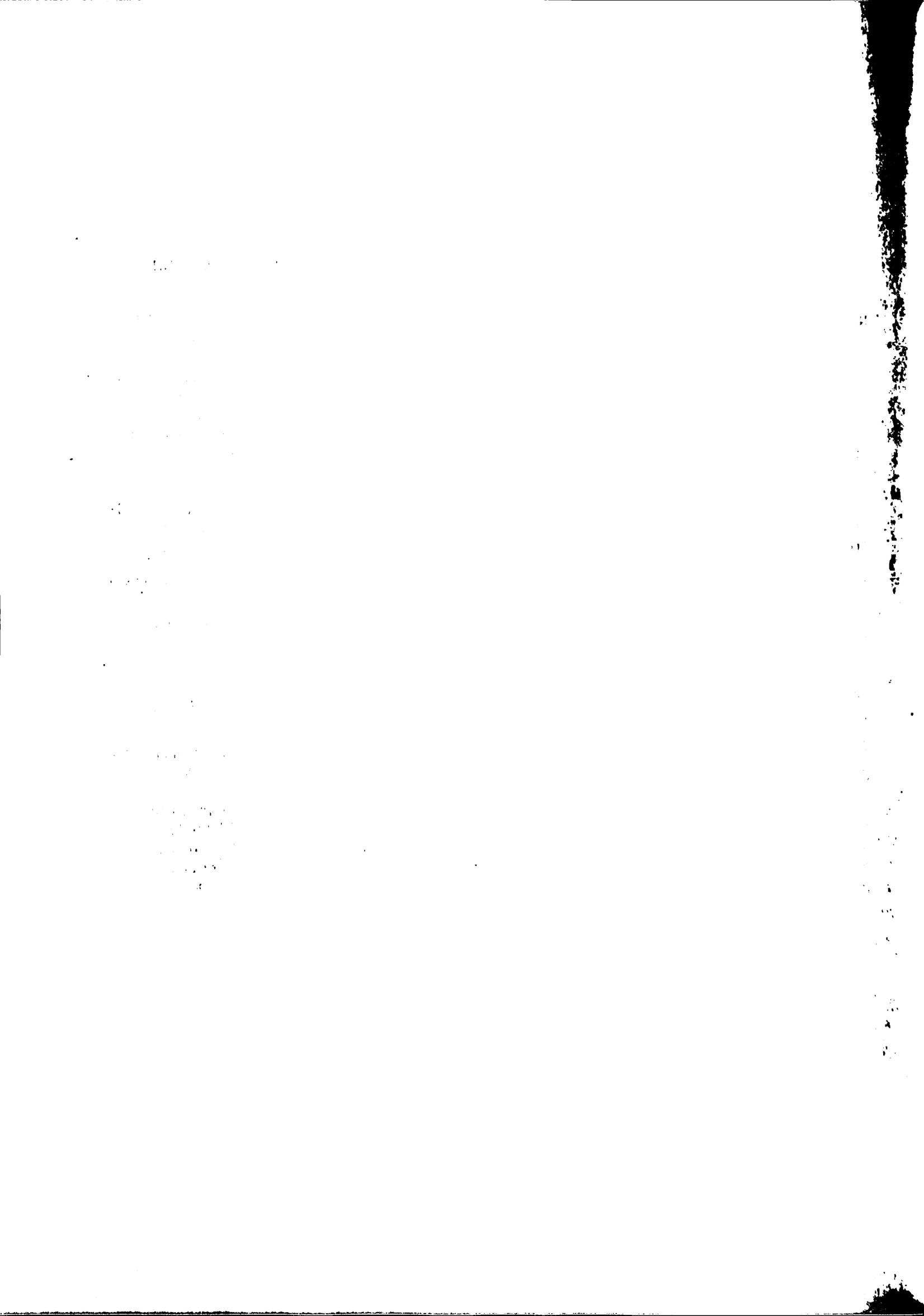


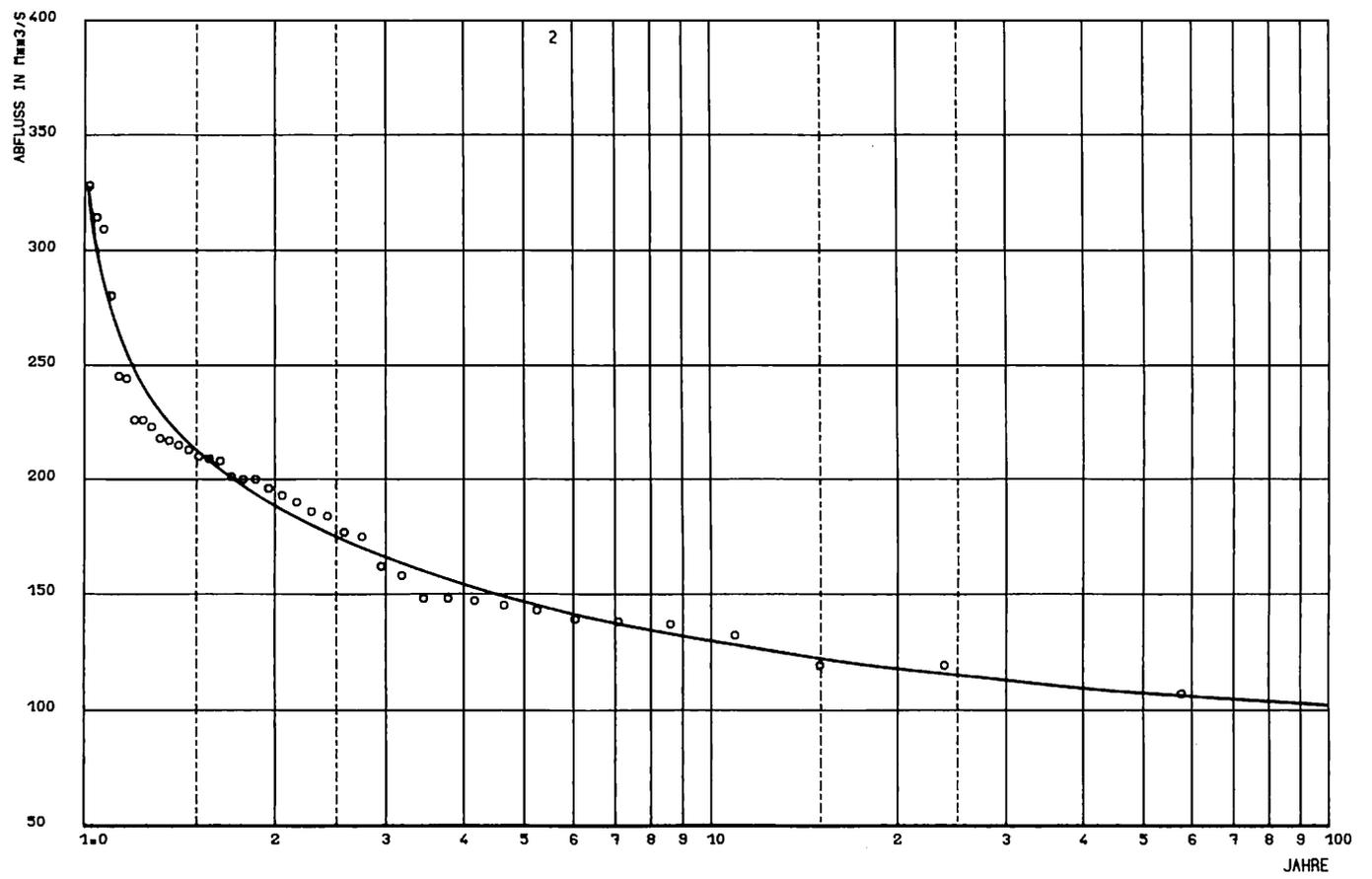
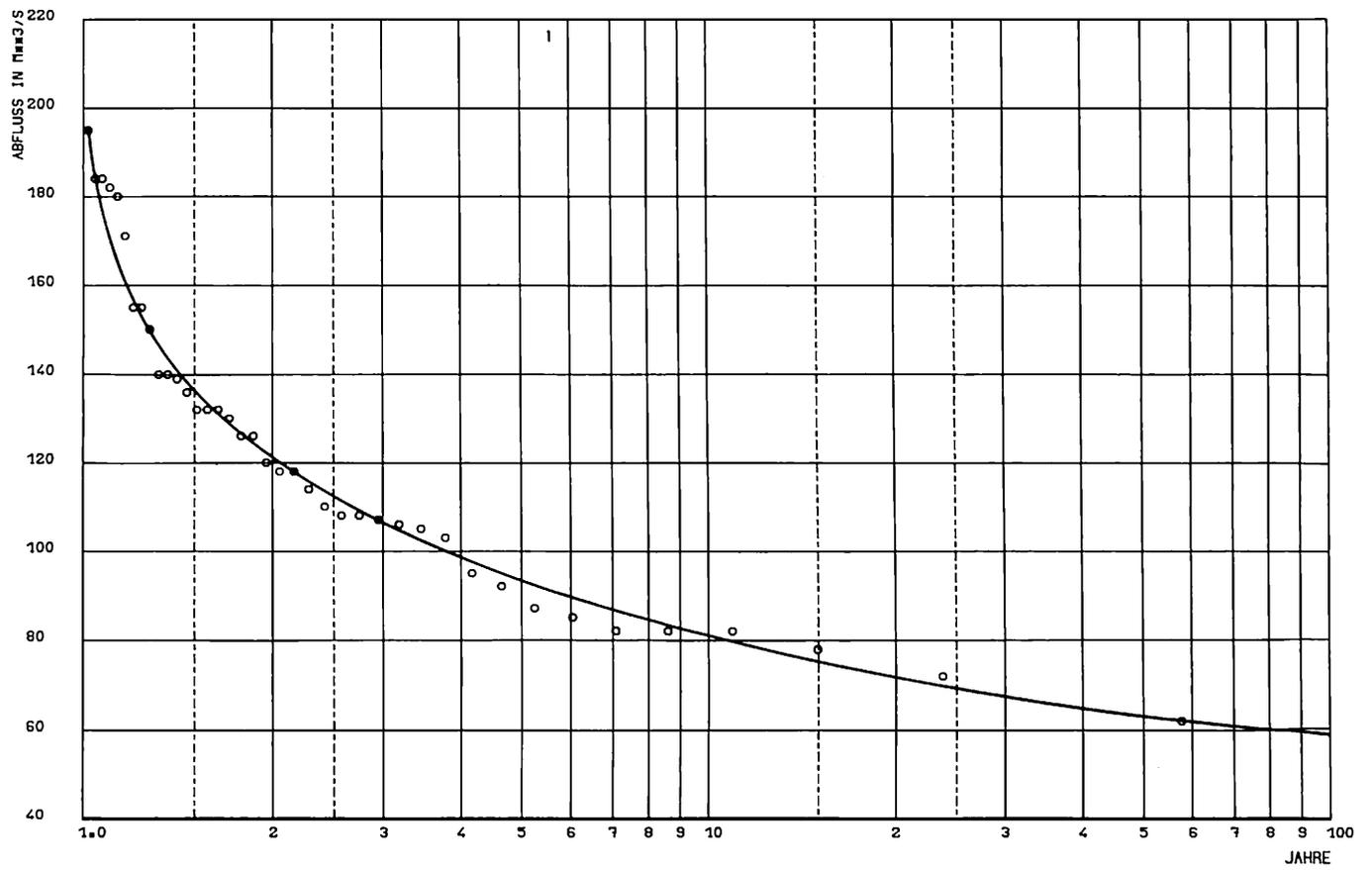
Abb. 2.21 Niedrigwasserabflüsse entlang der Donau für die kleinsten beobachteten Niedrigwasserperioden

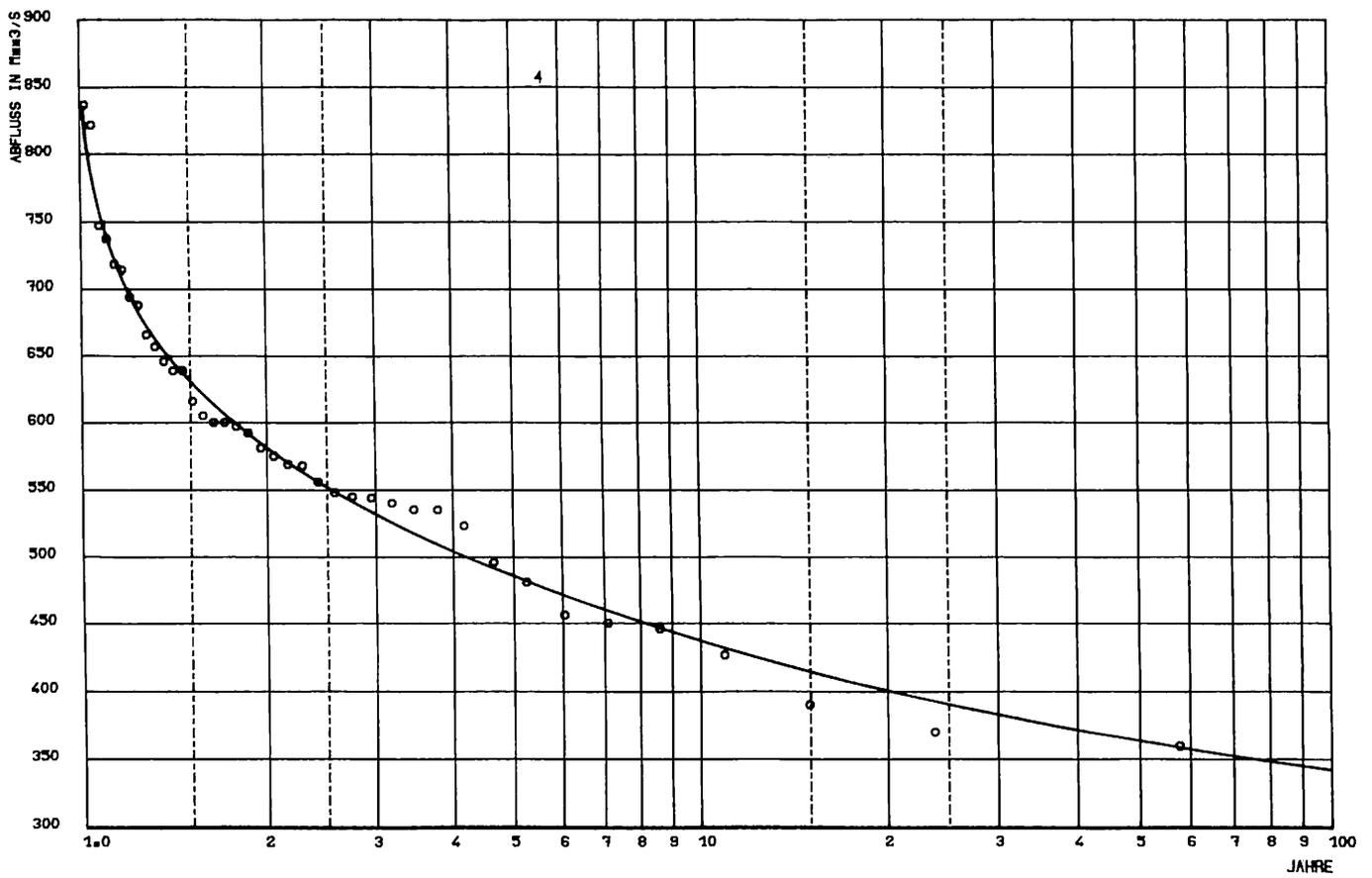
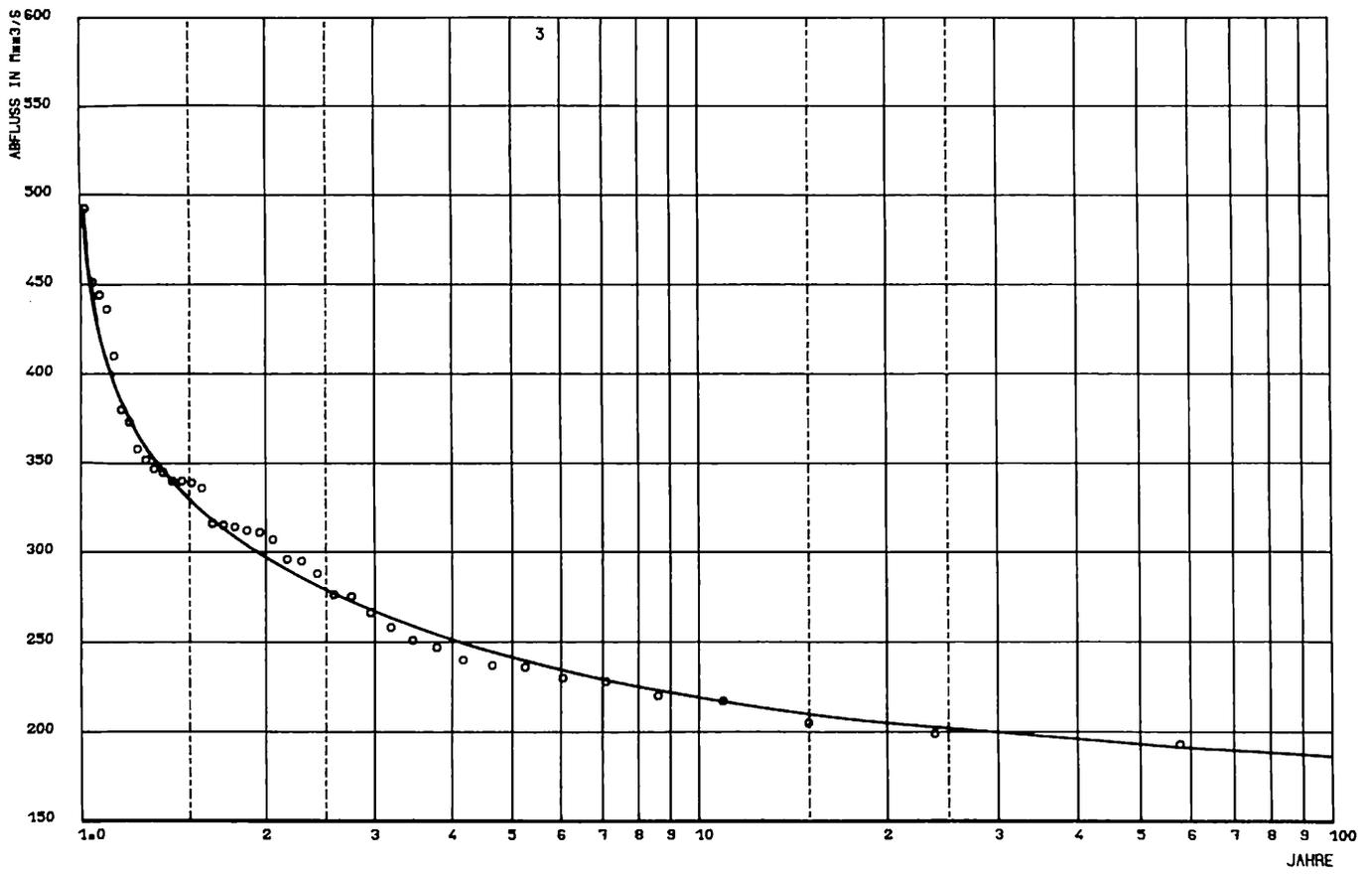
Abb. 2.22

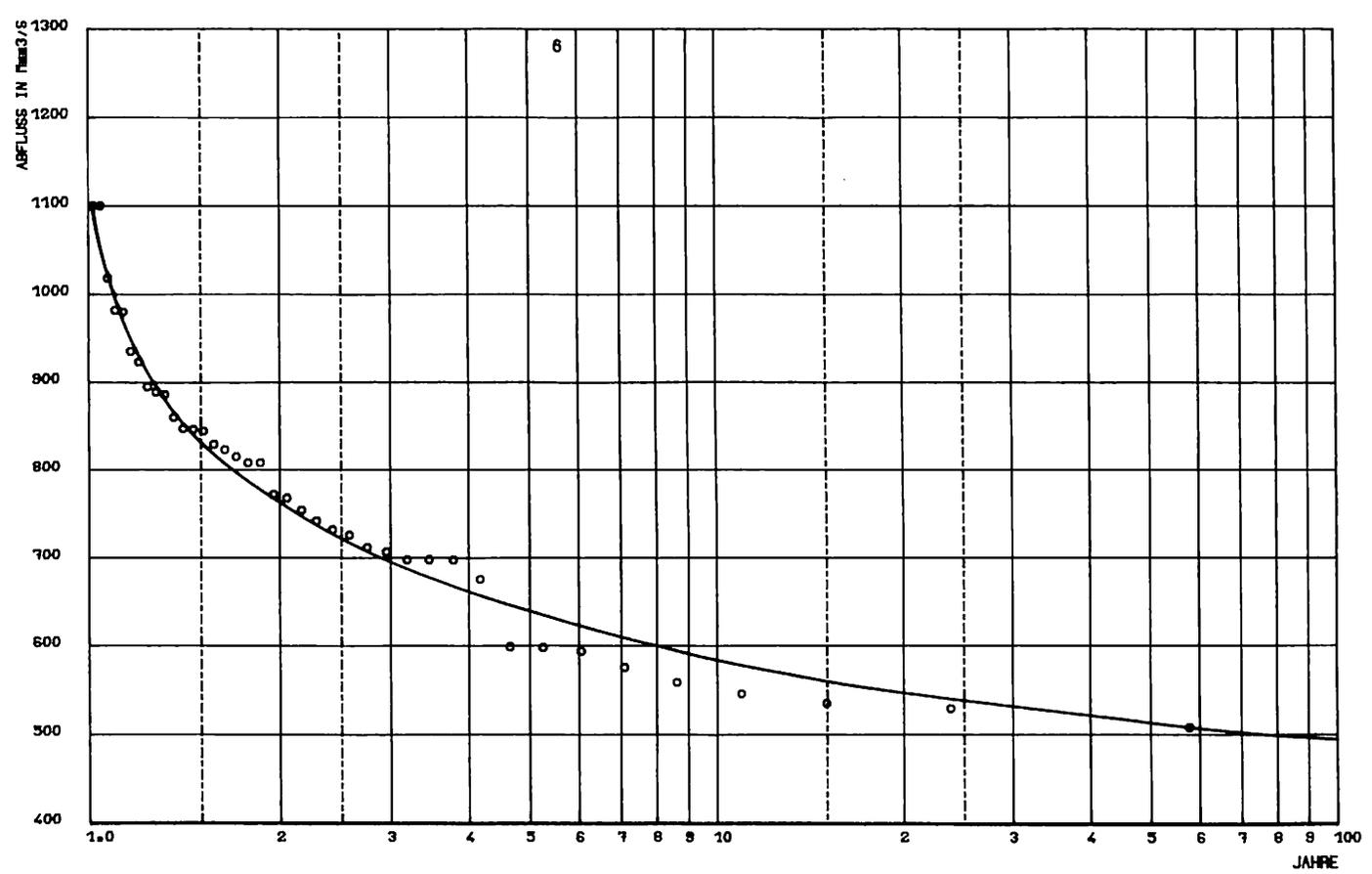
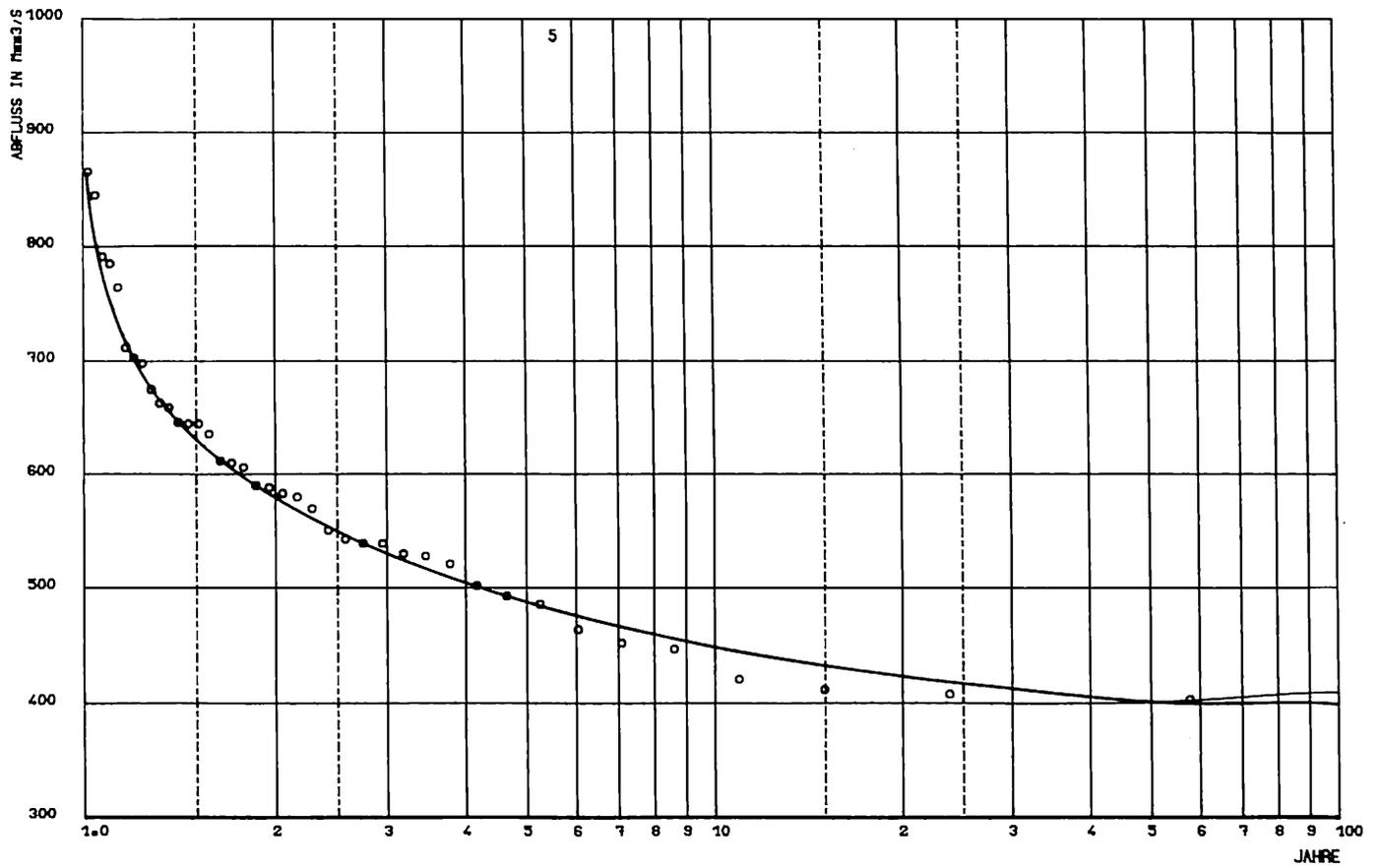
Niedrigwasserwahrscheinlichkeit
(empirische Verteilung und Weibullverteilung – siehe auch Tabelle 2.12)

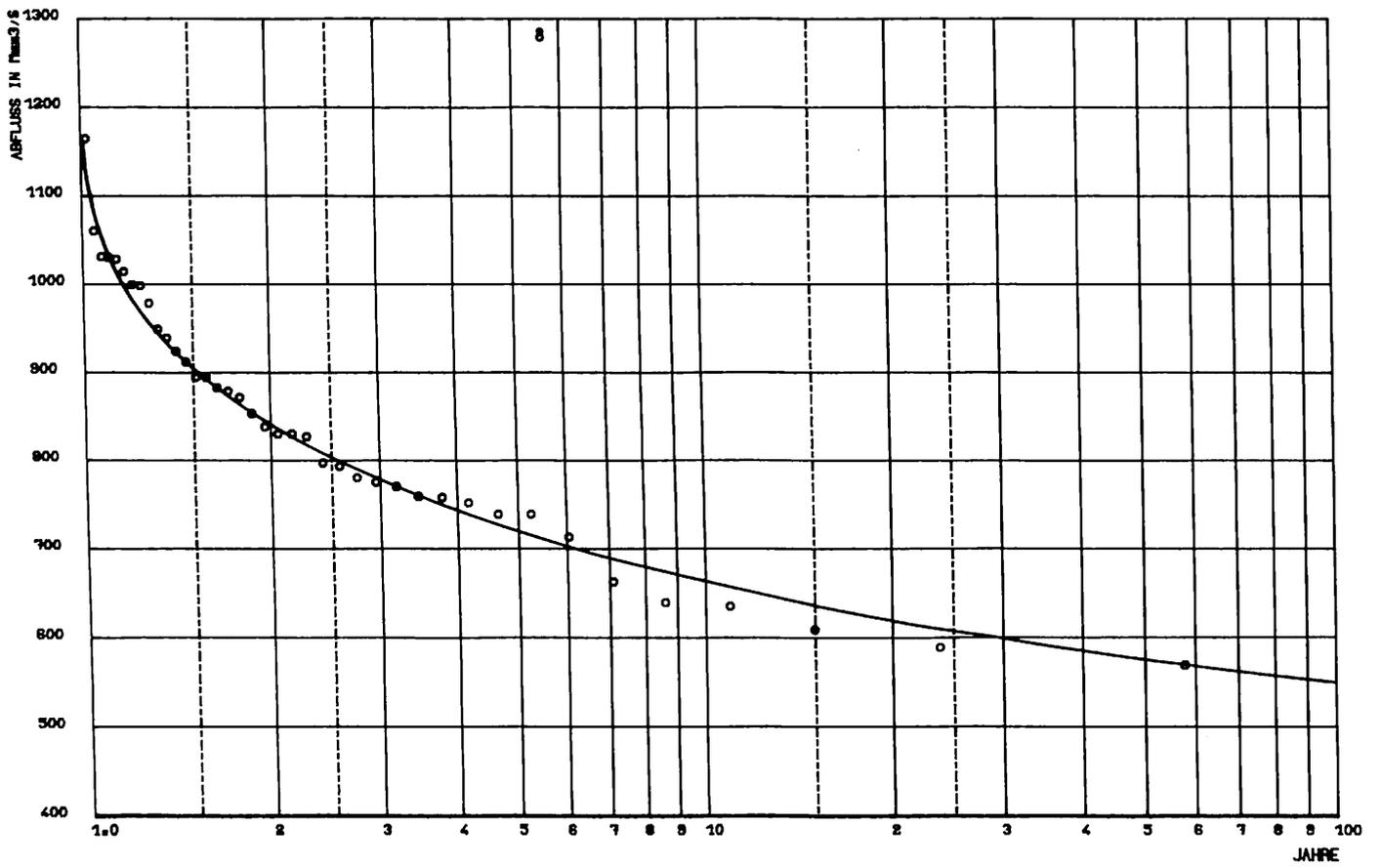
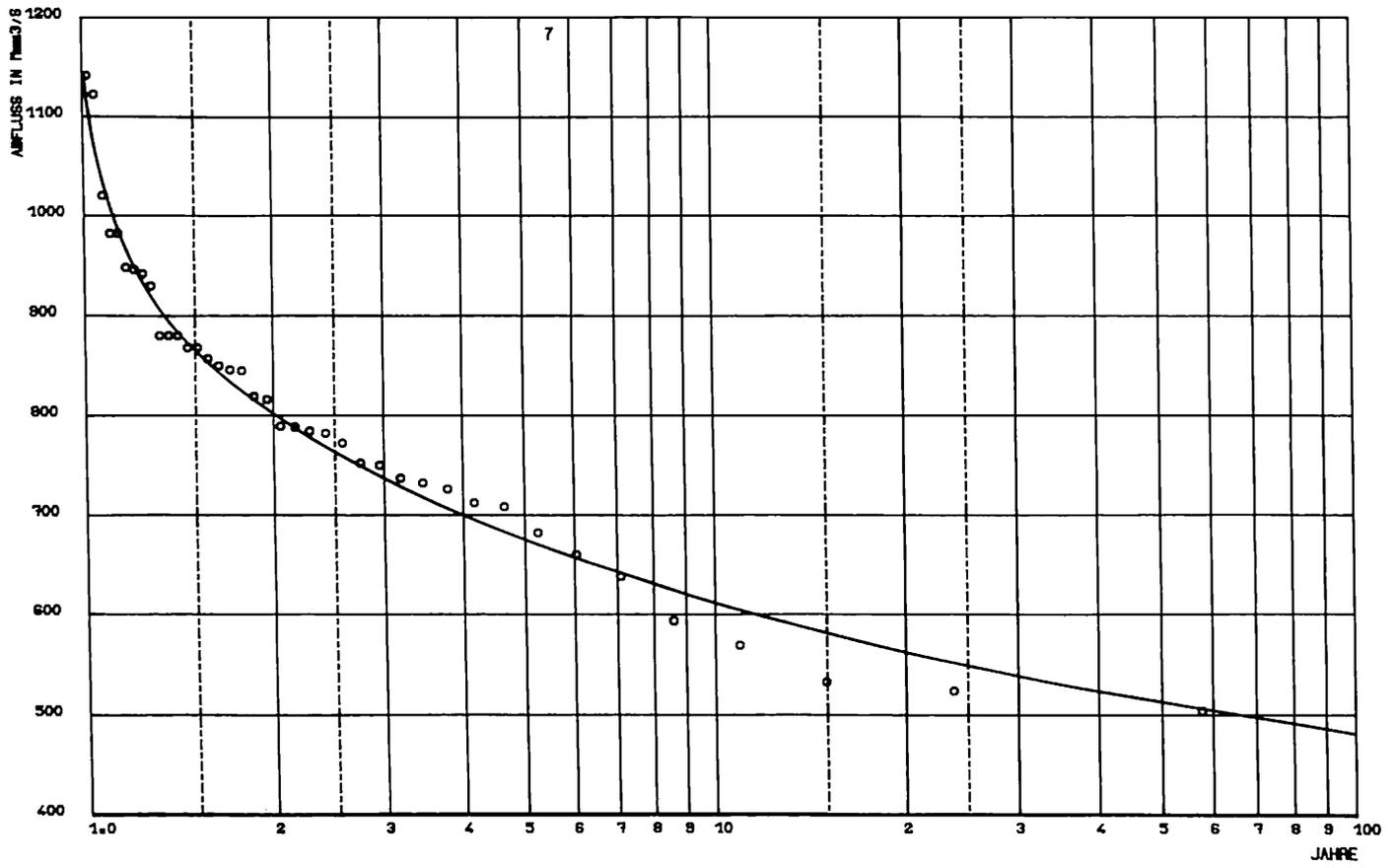
| Nr. | F l u ß | Pegelstelle | Nr. | F l u ß | Pegelstelle |
|-----|---------|------------------|-----|-----------|-----------------|
| 1 | Donau | Ingolstadt | 26 | Inn | Passau-Ingling |
| 2 | " | Regensburg | 27 | Salzach | Salzburg |
| 3 | " | Hofkirchen | 28 | Enns | Steyr |
| 4 | " | Achleiten | 29 | March | Moravsky Jan |
| 5 | " | Linz | 30 | Vah | Sala |
| 6 | " | Stein-Krems | 31 | Hron | Brehy |
| 7 | " | Wien-Nußdorf | 32 | Ipel | Ipelsky Sokolec |
| 8 | " | Bratislava | 33 | Drau | Neubrücke |
| 10 | " | Dunaalmas | 34 | Mur | Landscha |
| 11 | " | Nagymaros | 36 | Drau | Donji Miholjac |
| 12 | " | Mohacs | 37 | Theiß | Vilok |
| 13 | " | Bezdan | 38 | " | Tiszabecs |
| 14 | " | Bogojevo | 39 | " | Szeged |
| 15 | " | Pancevo | 40 | " | Senta |
| 16 | " | V. Gradiste | 41 | Szamos | Csenger |
| 17 | " | Orsova | 42 | Sajo | Felsözsolca |
| 18 | " | Novo Selo | 43 | Maros | Mako |
| 19 | " | Lom | 44 | Save | Sr. Mitrovica |
| 20 | " | Svistov | 45 | V. Morava | Lj. Most |
| 21 | " | Zimnicea | 46 | Iskar | Orahovica |
| 22 | " | Ruse | 47 | Olt | Stoenesti |
| 23 | " | Silistra | 48 | Siret | Storozinec |
| 24 | " | Vadu Oii-Hirsova | 49 | " | Lungoci |
| 25 | " | Ceatal Izmail | 50 | Prut | Cernovci |

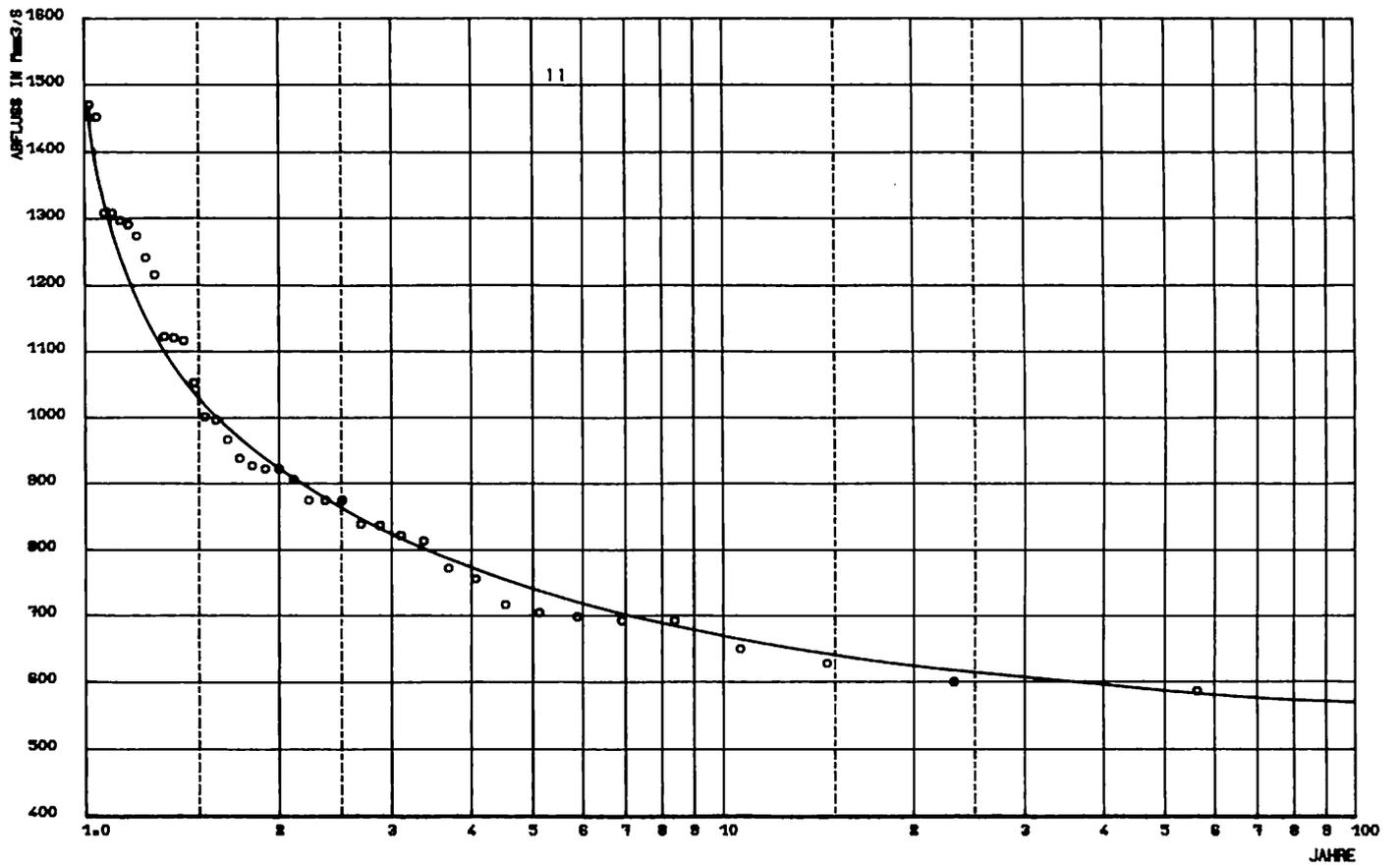
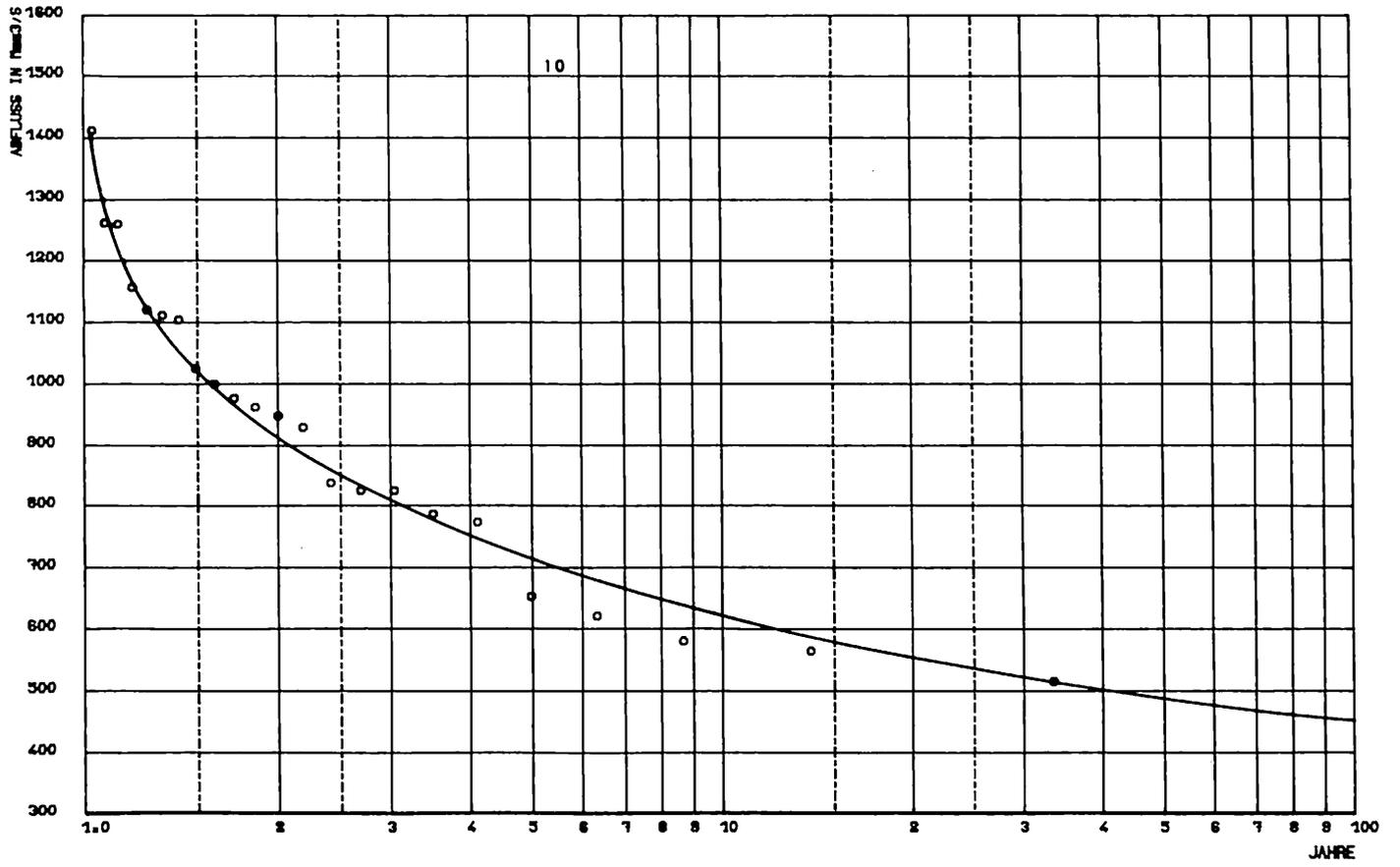


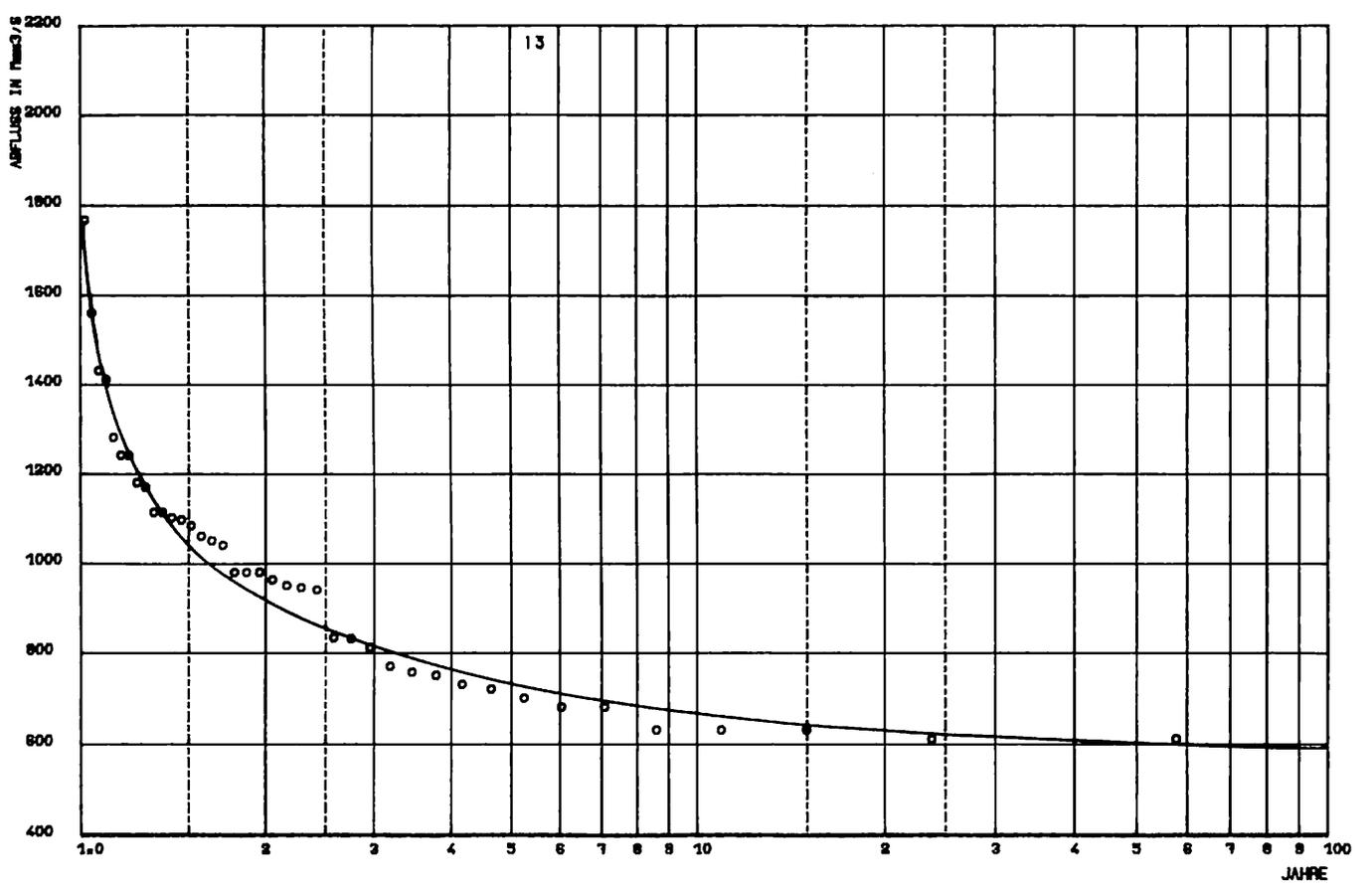
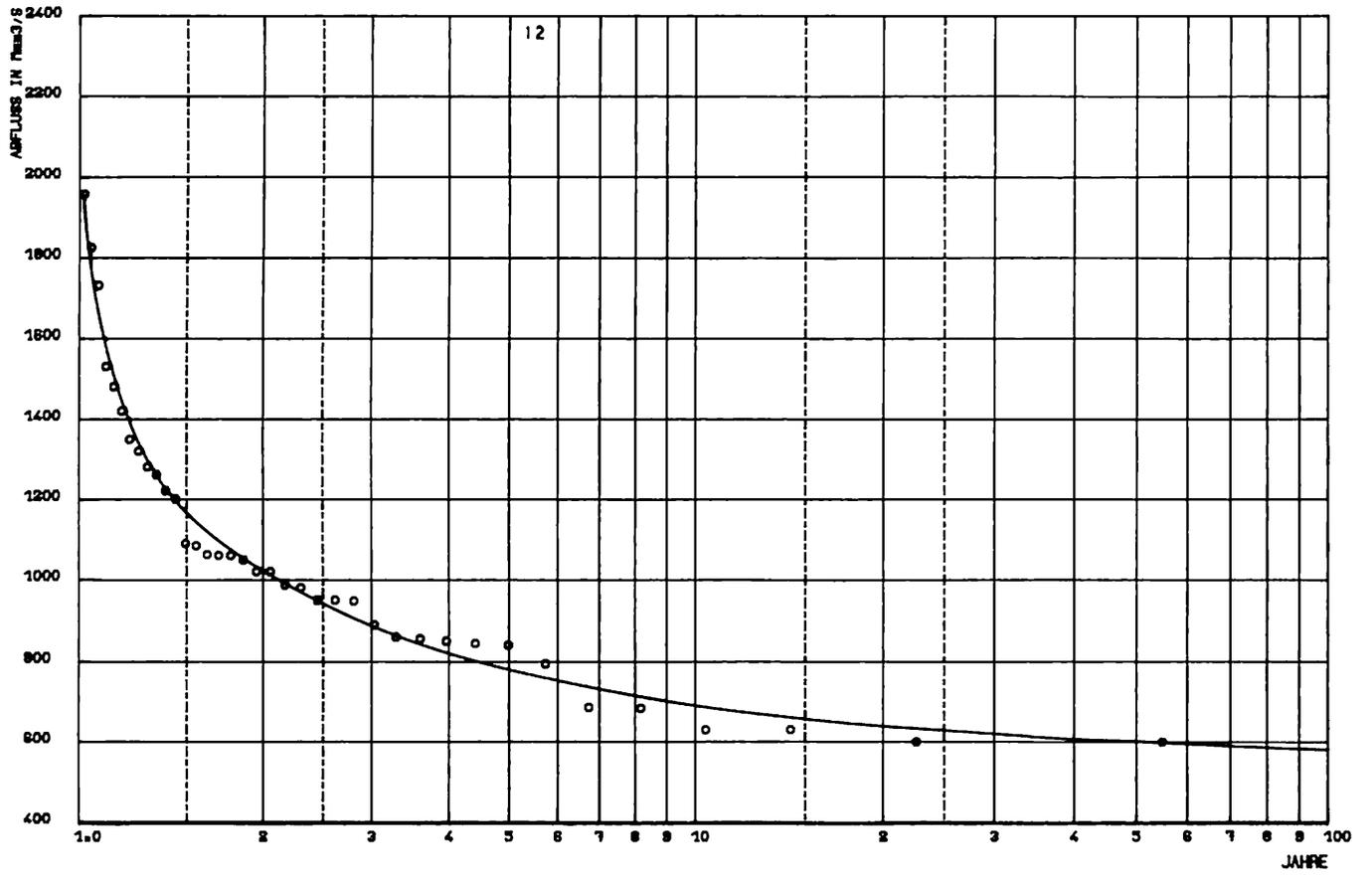


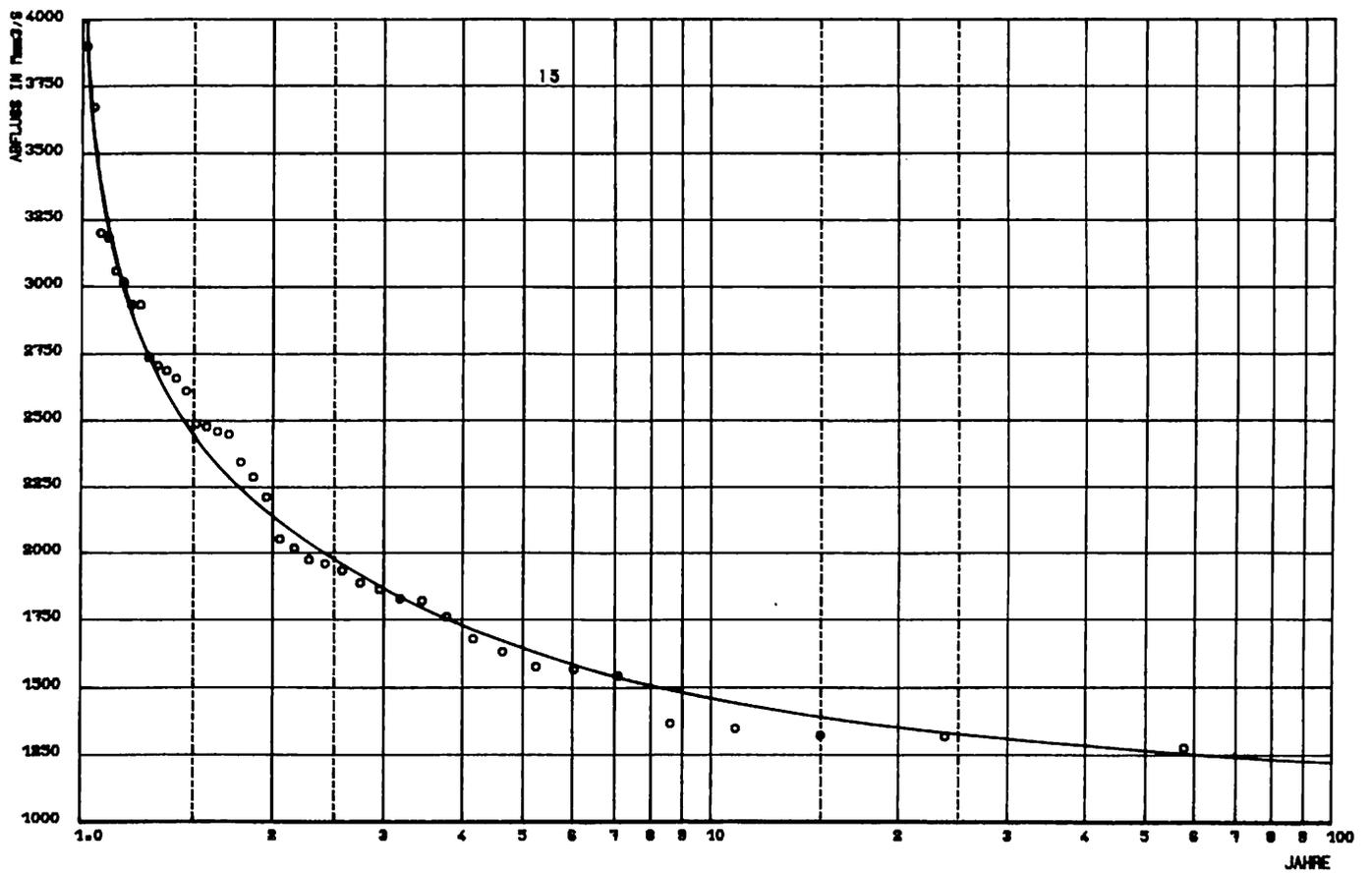
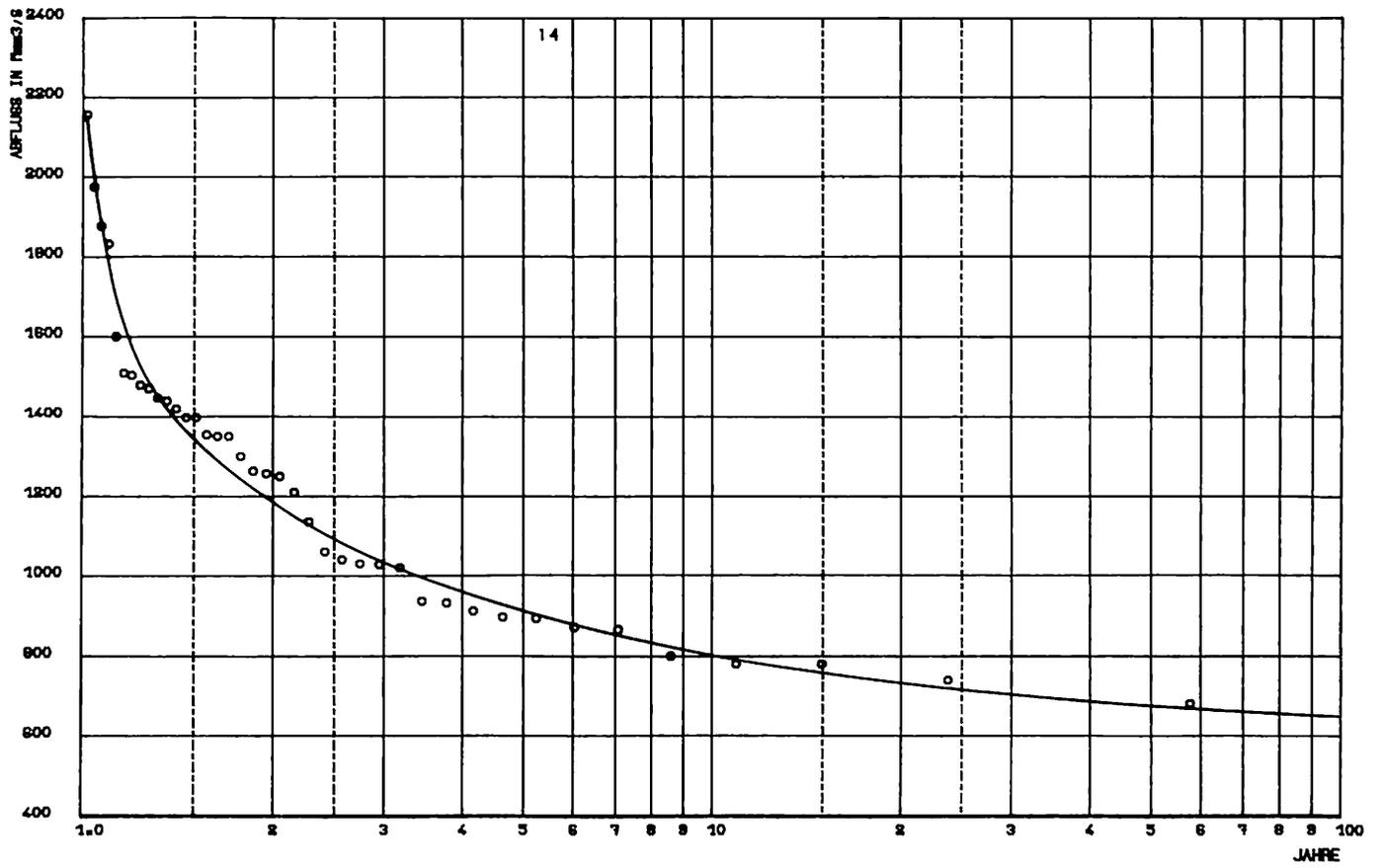


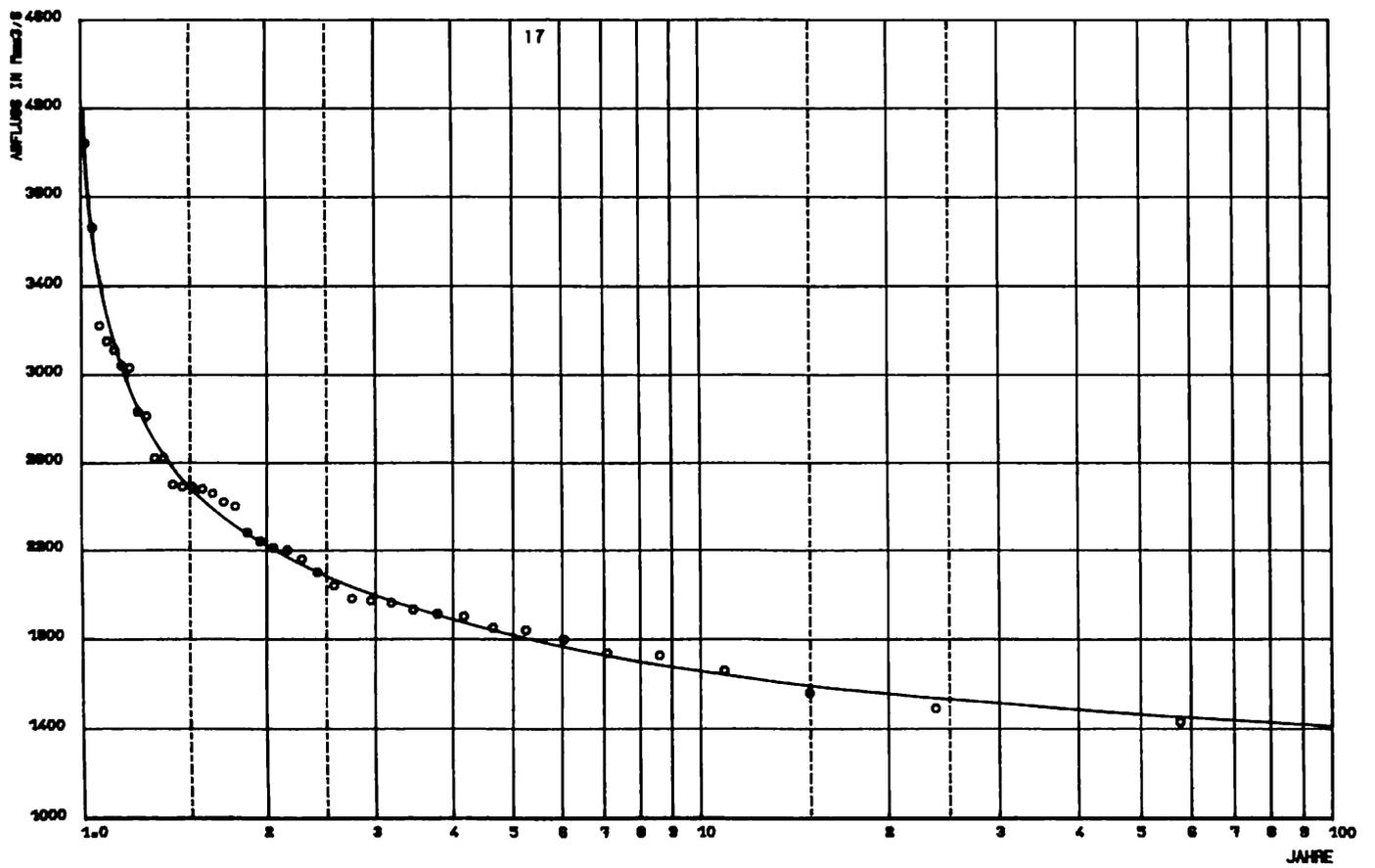
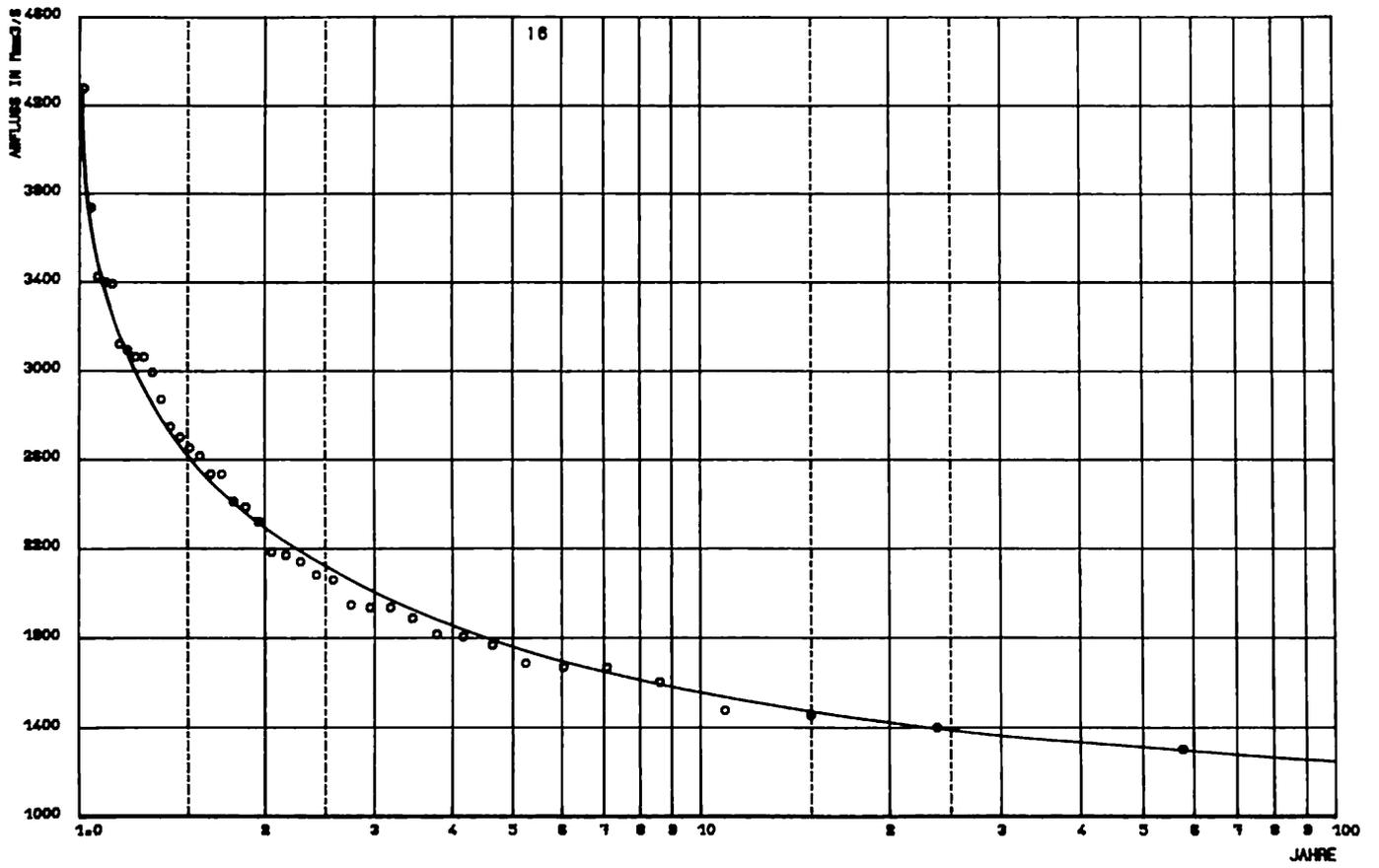


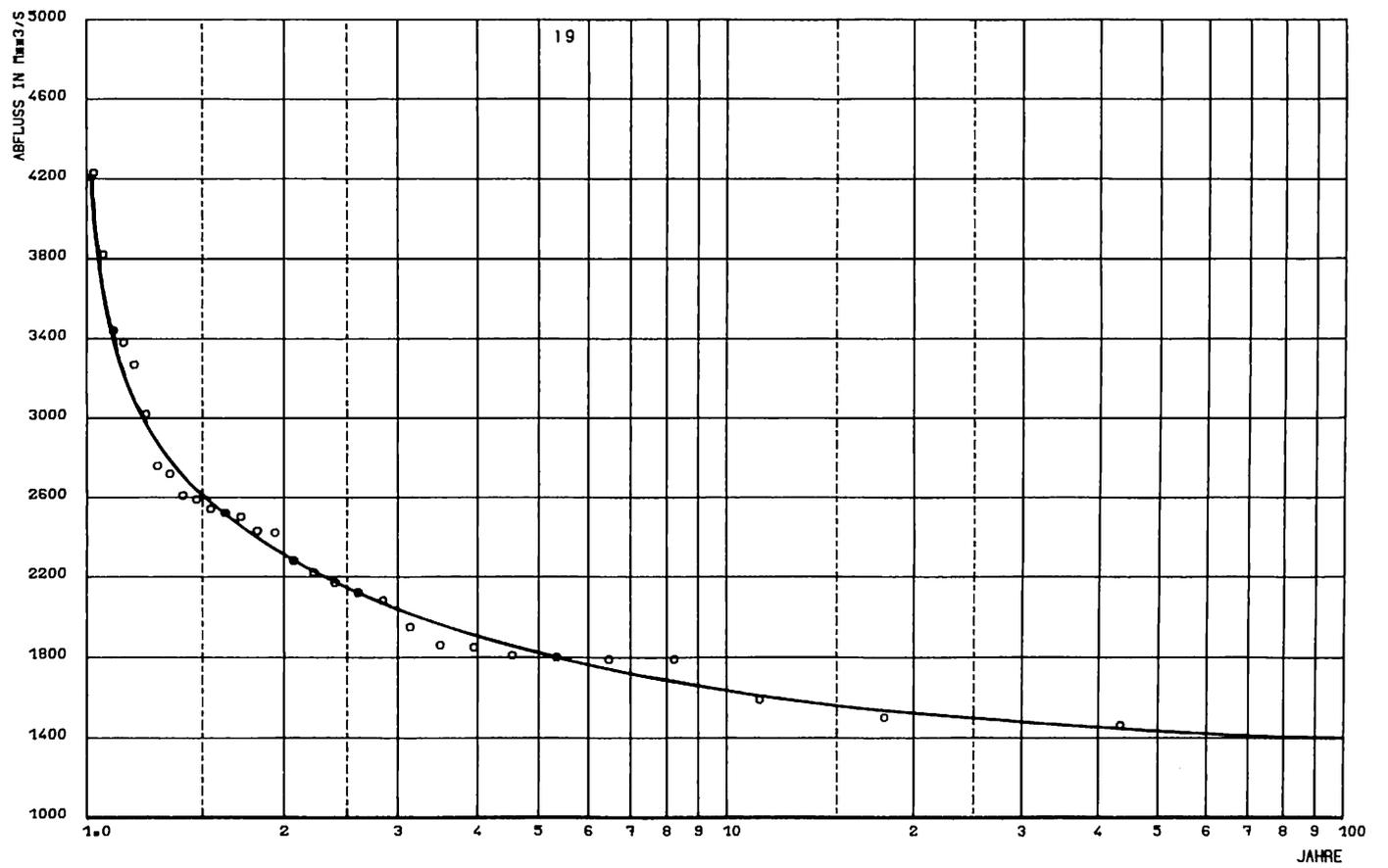
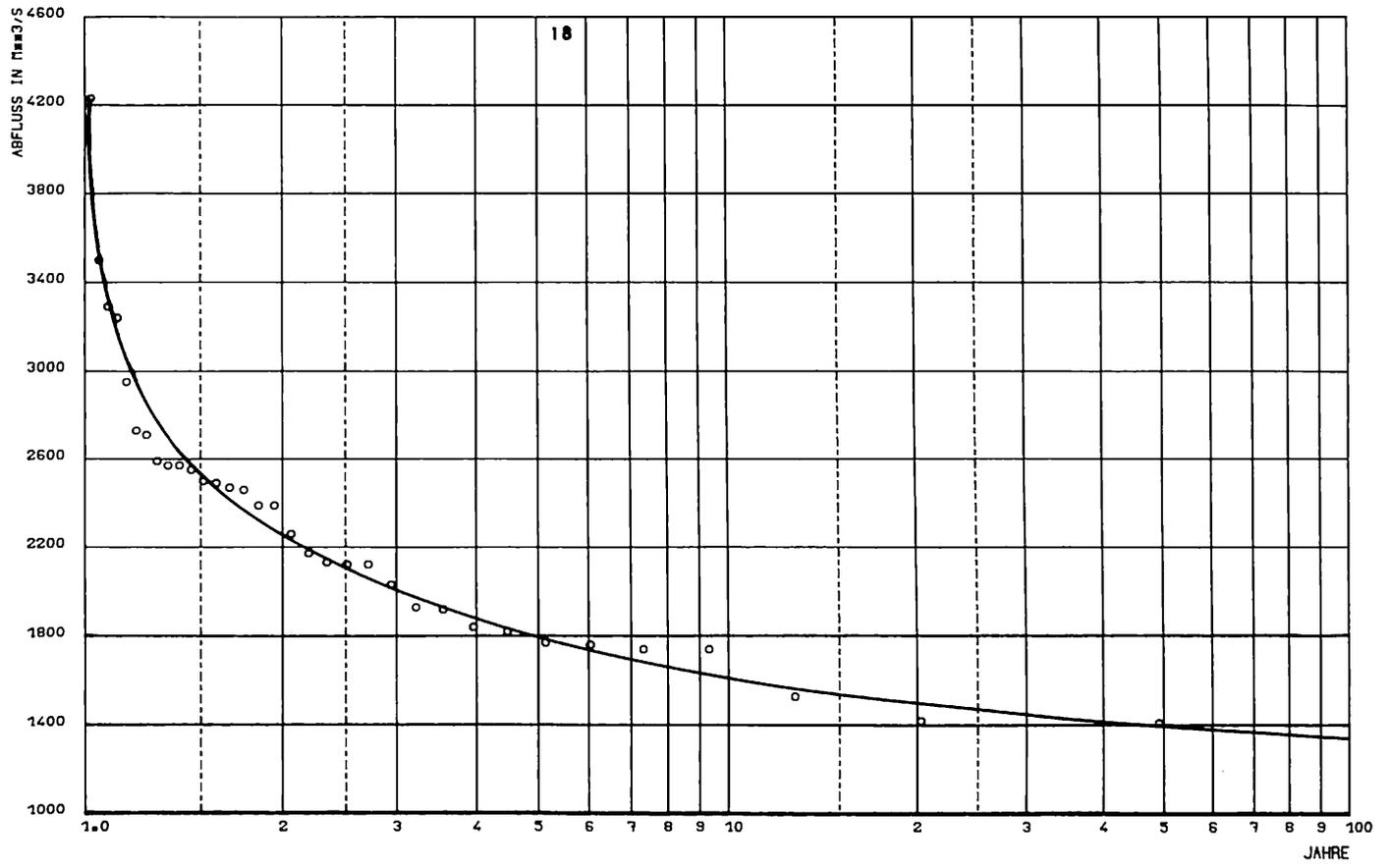


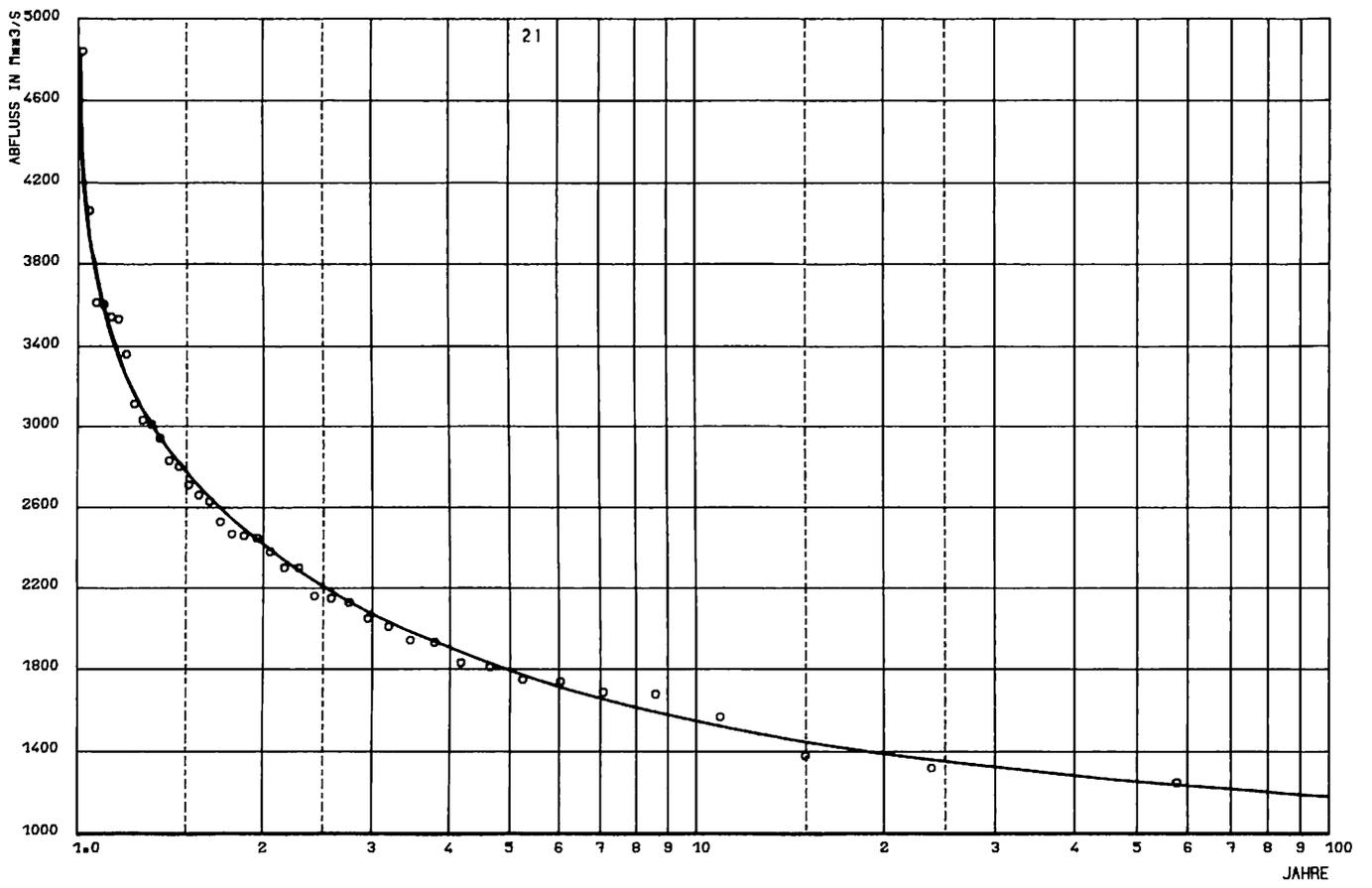
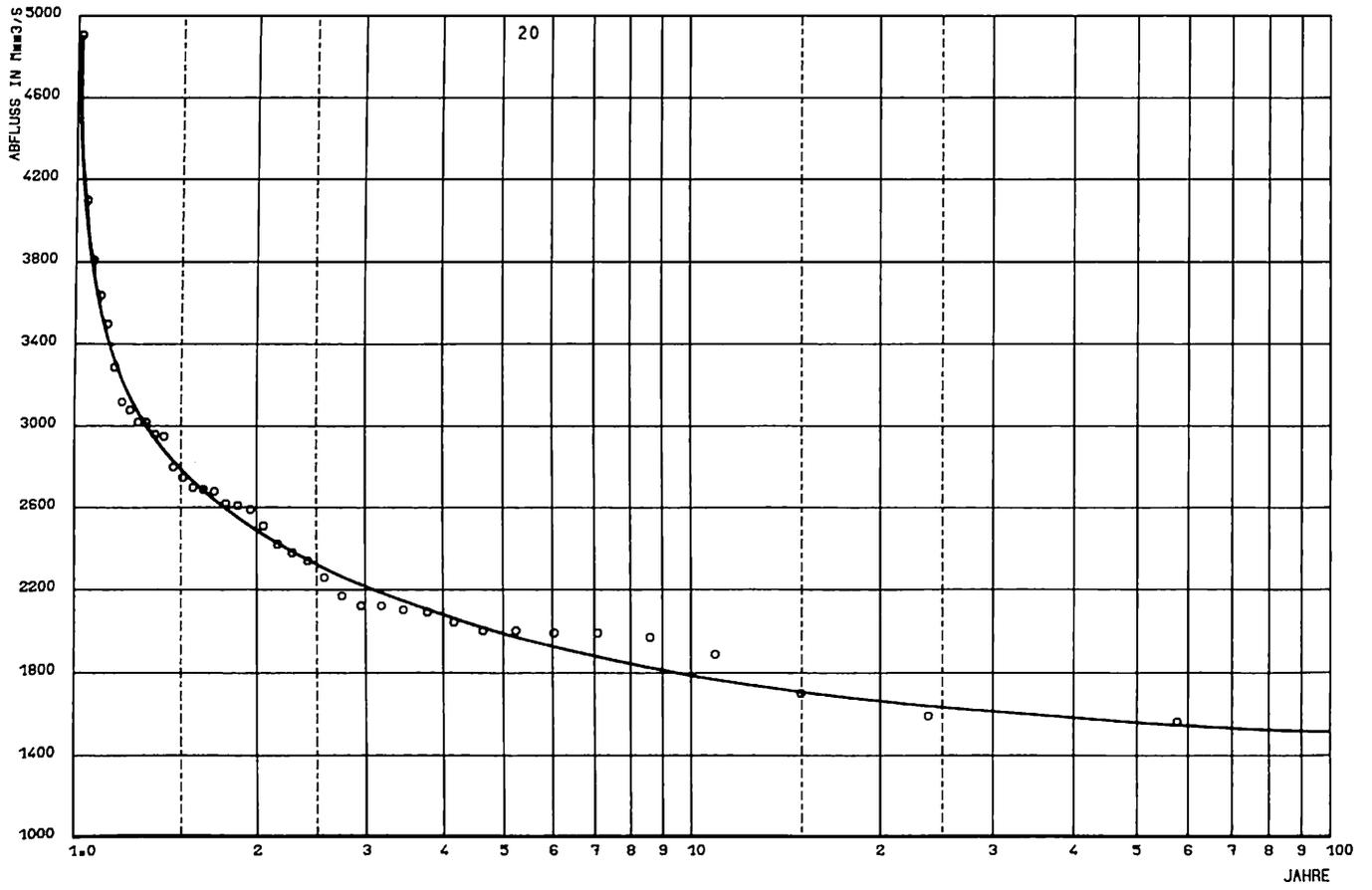


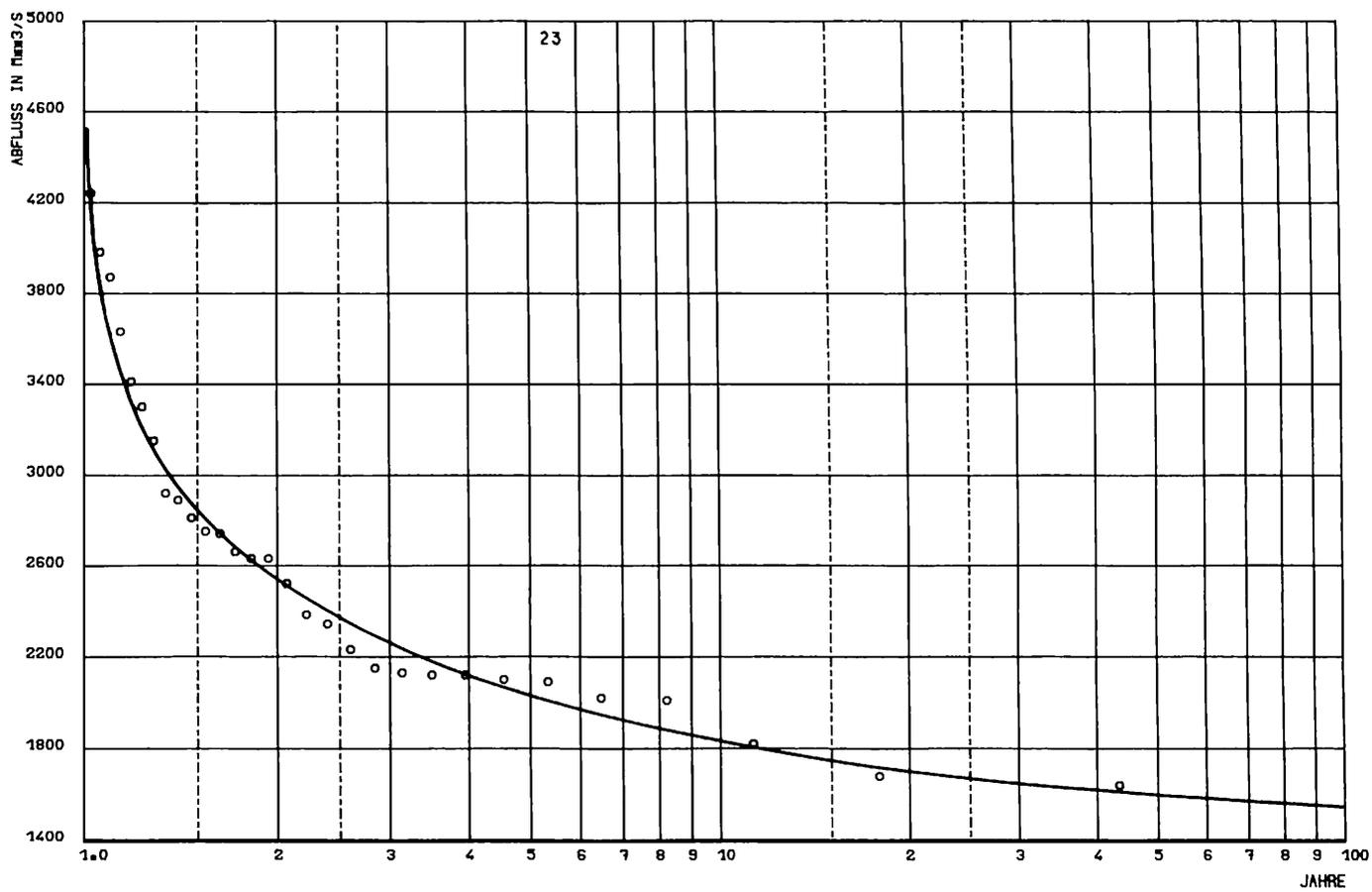
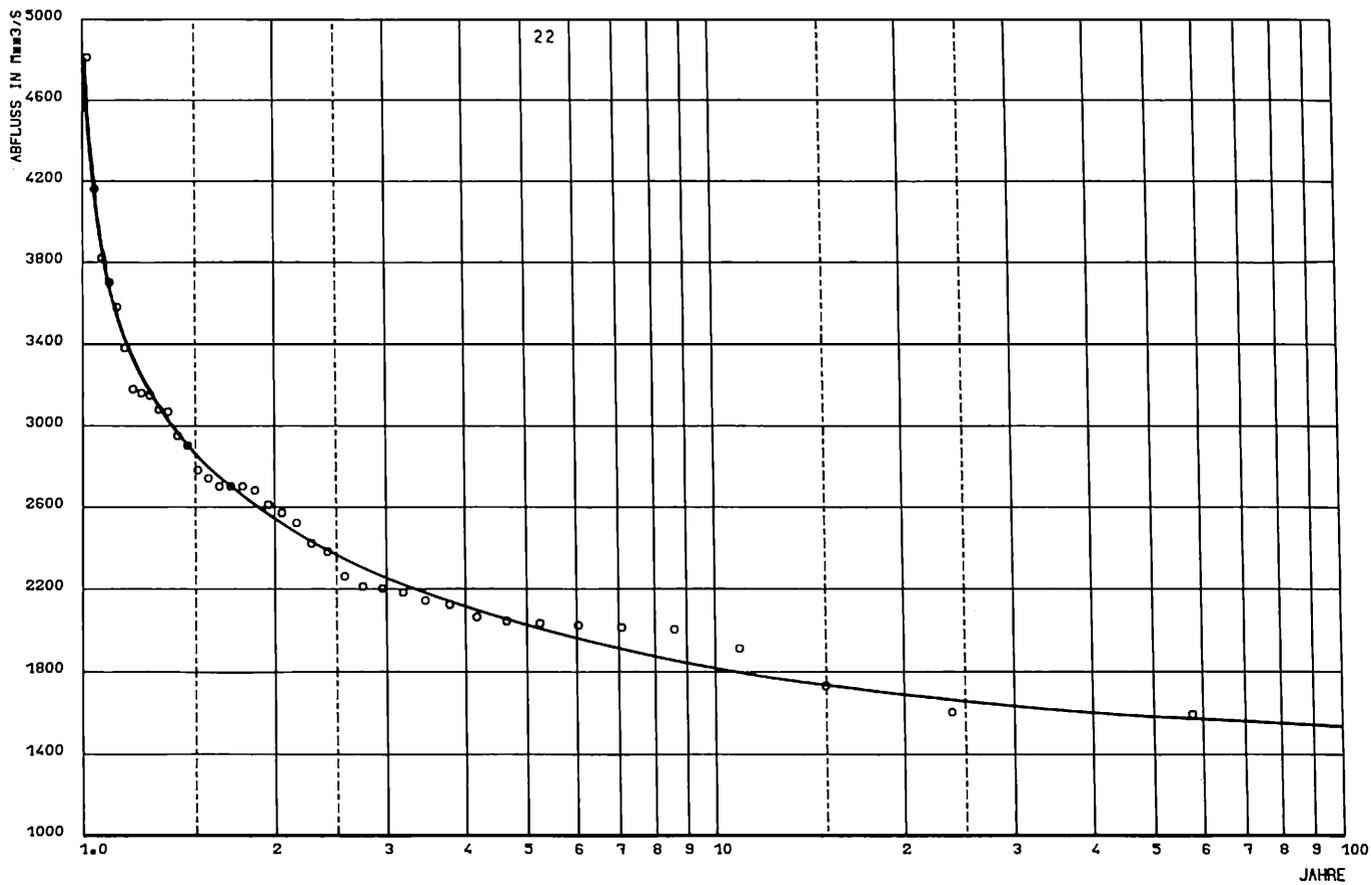


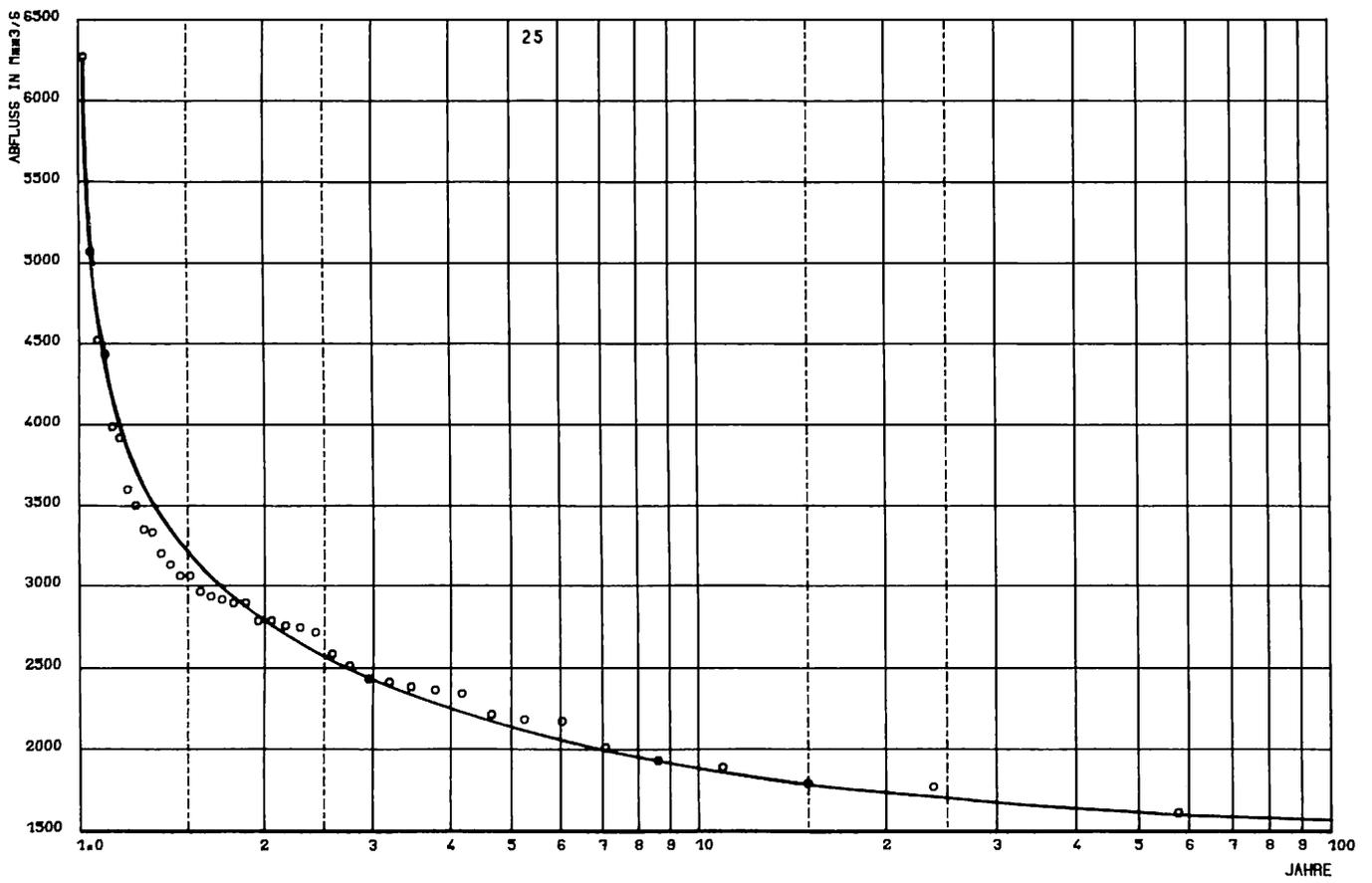
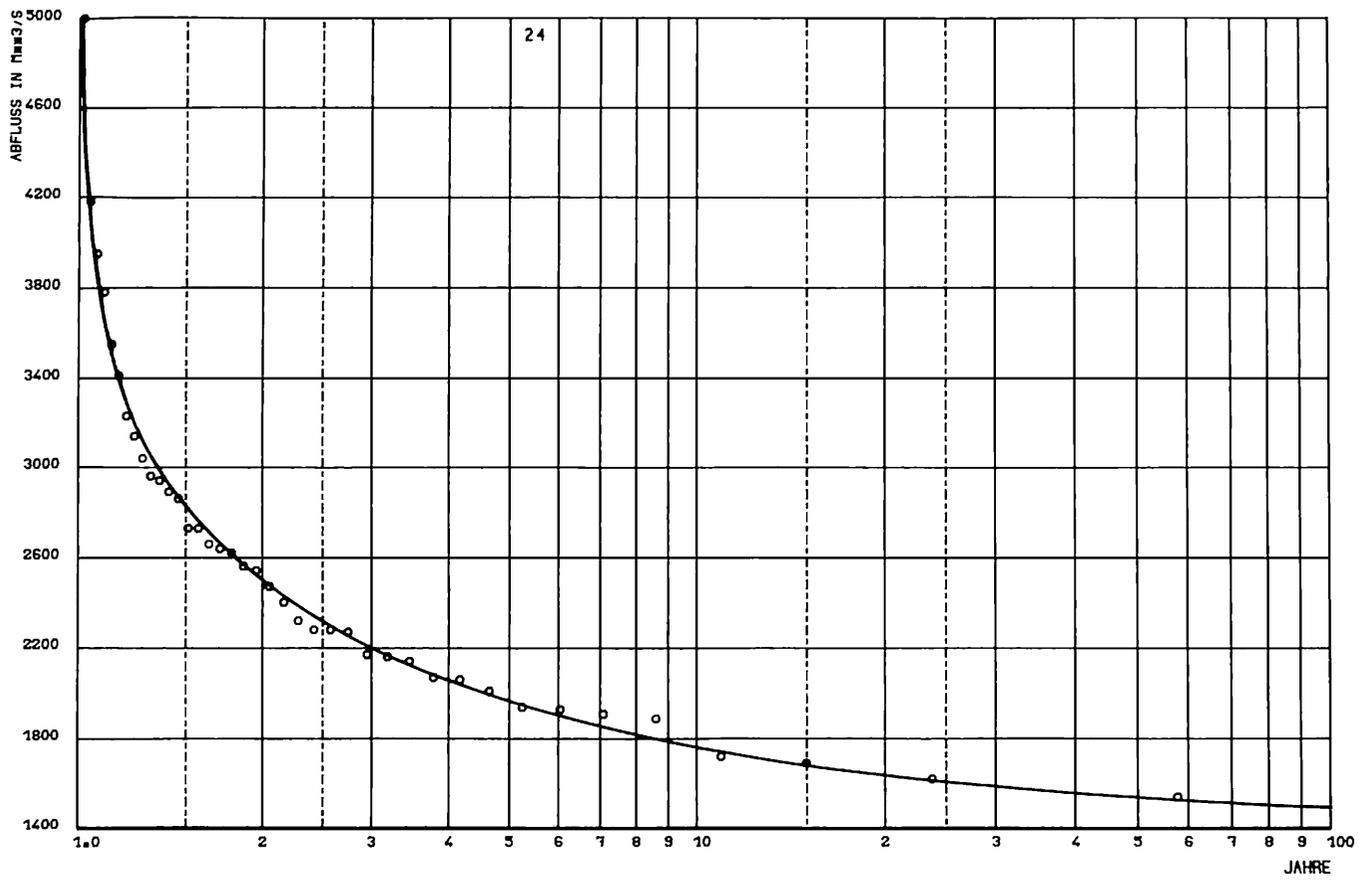


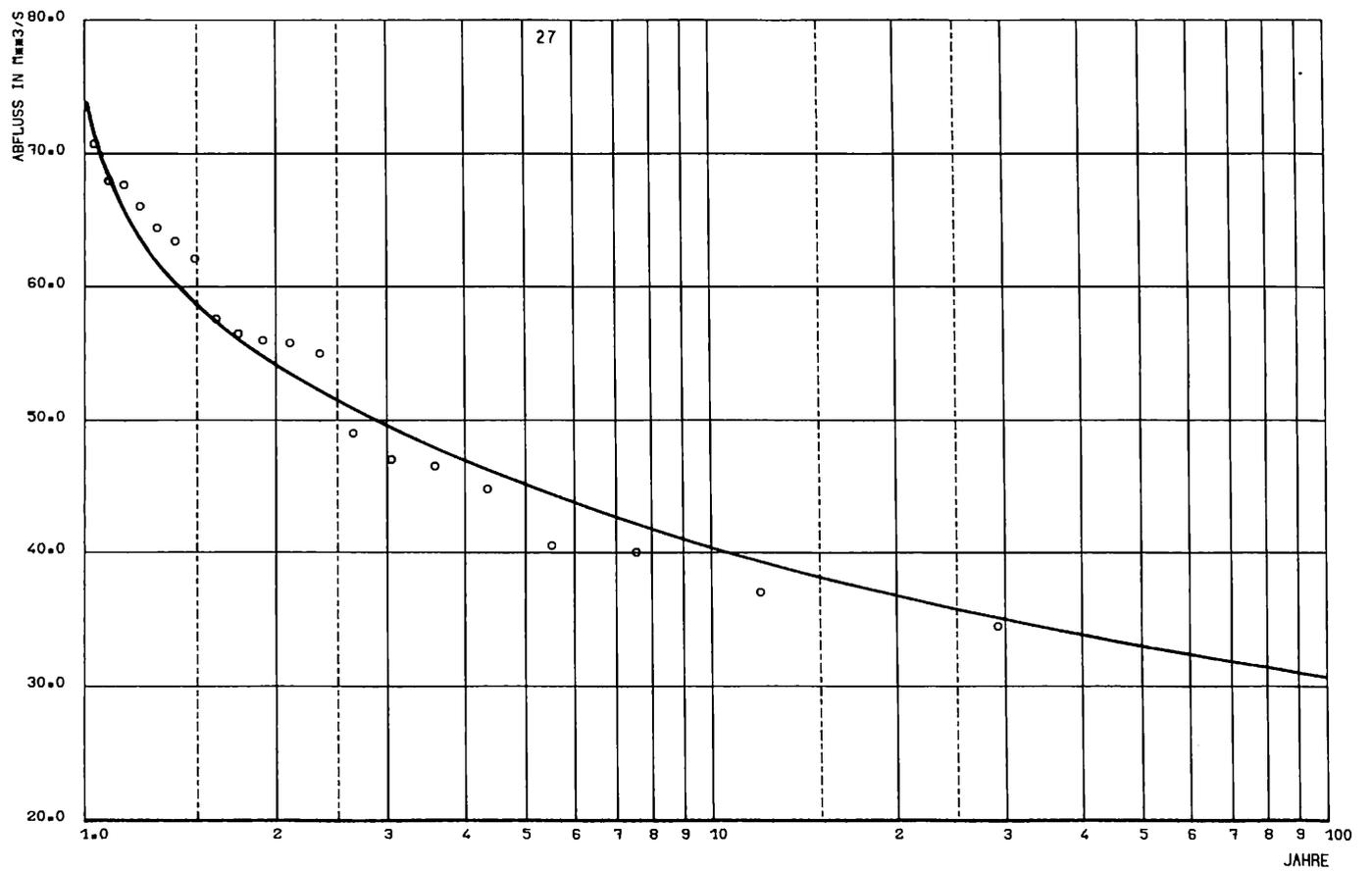
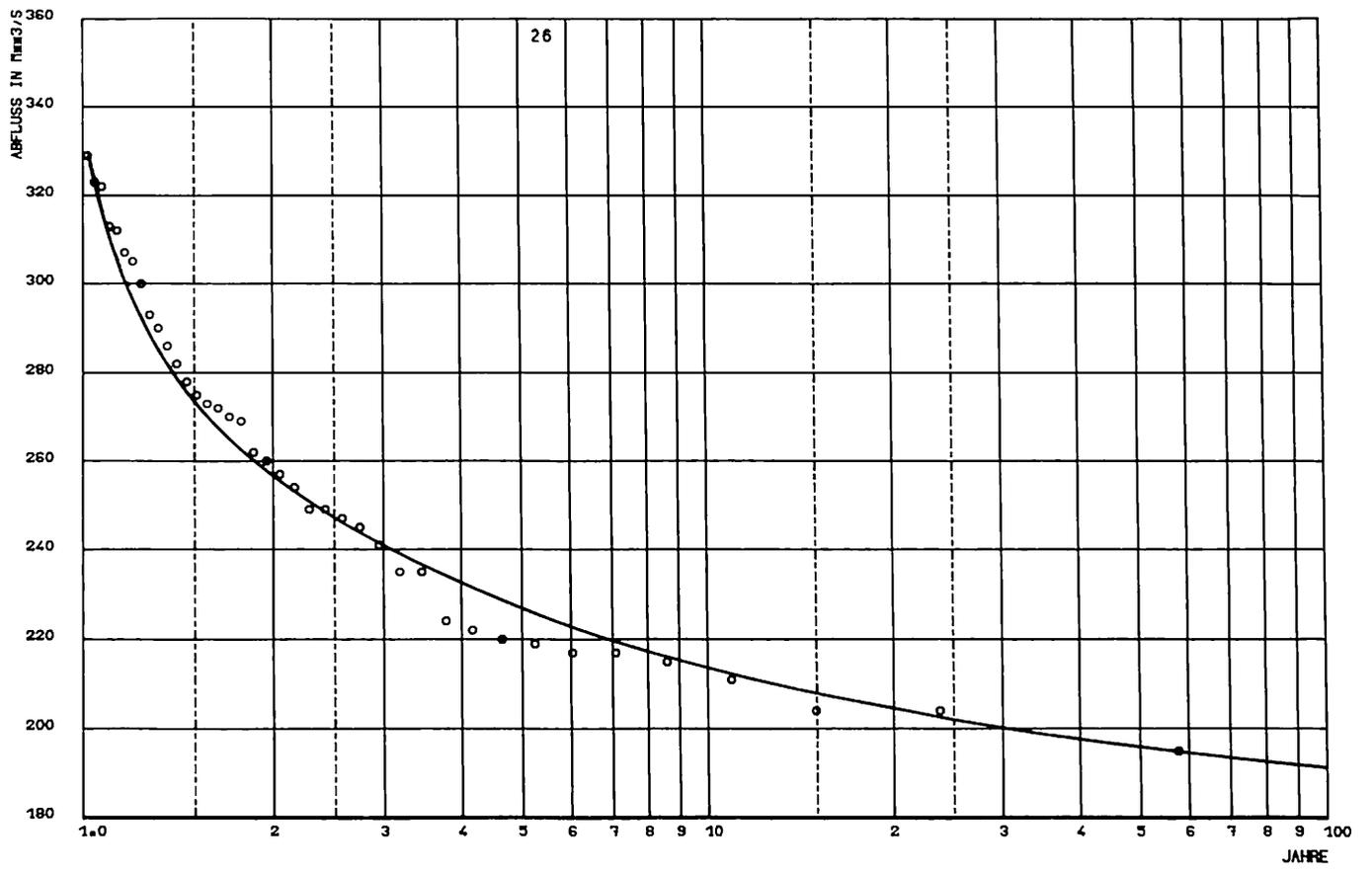


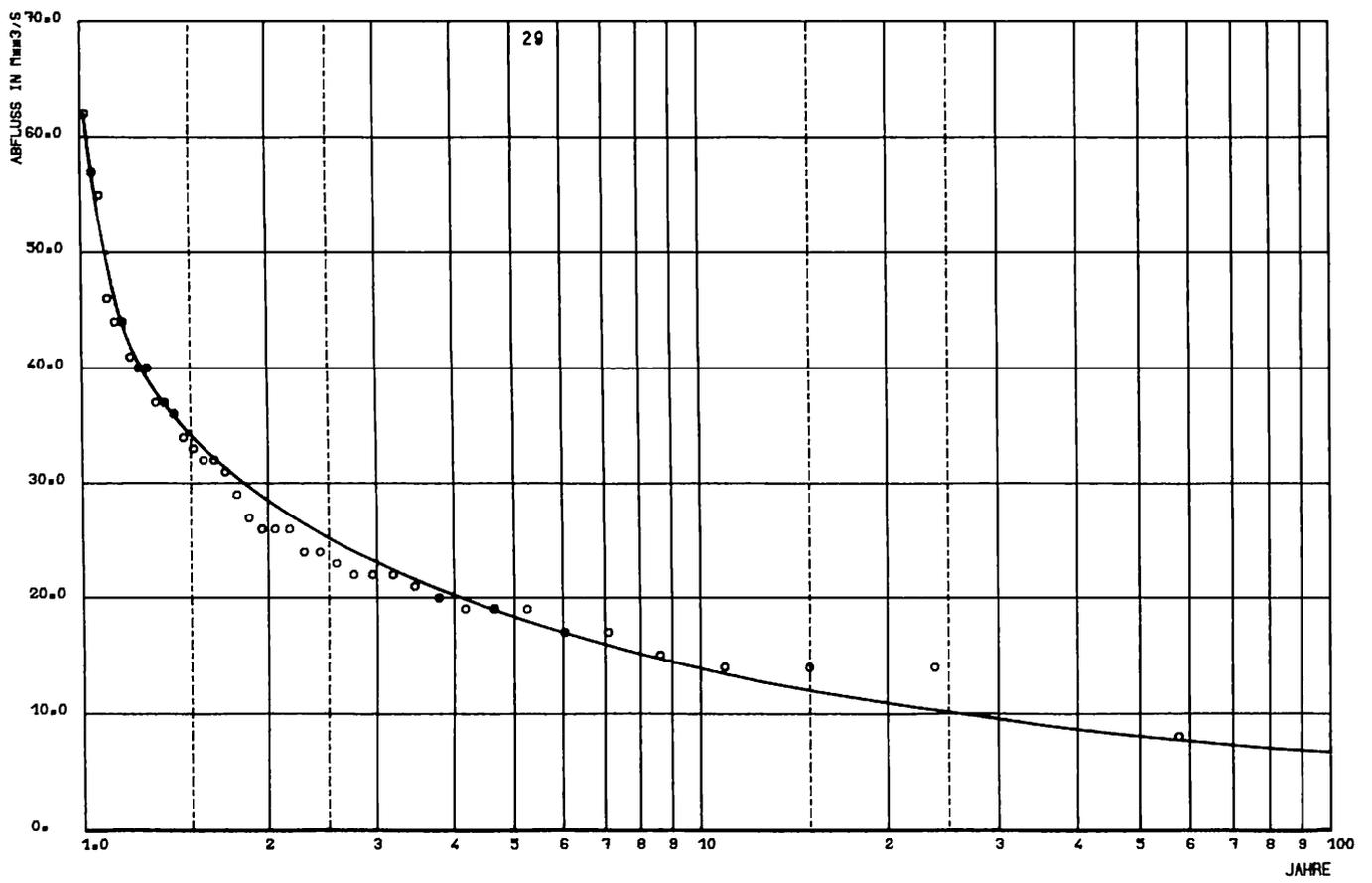
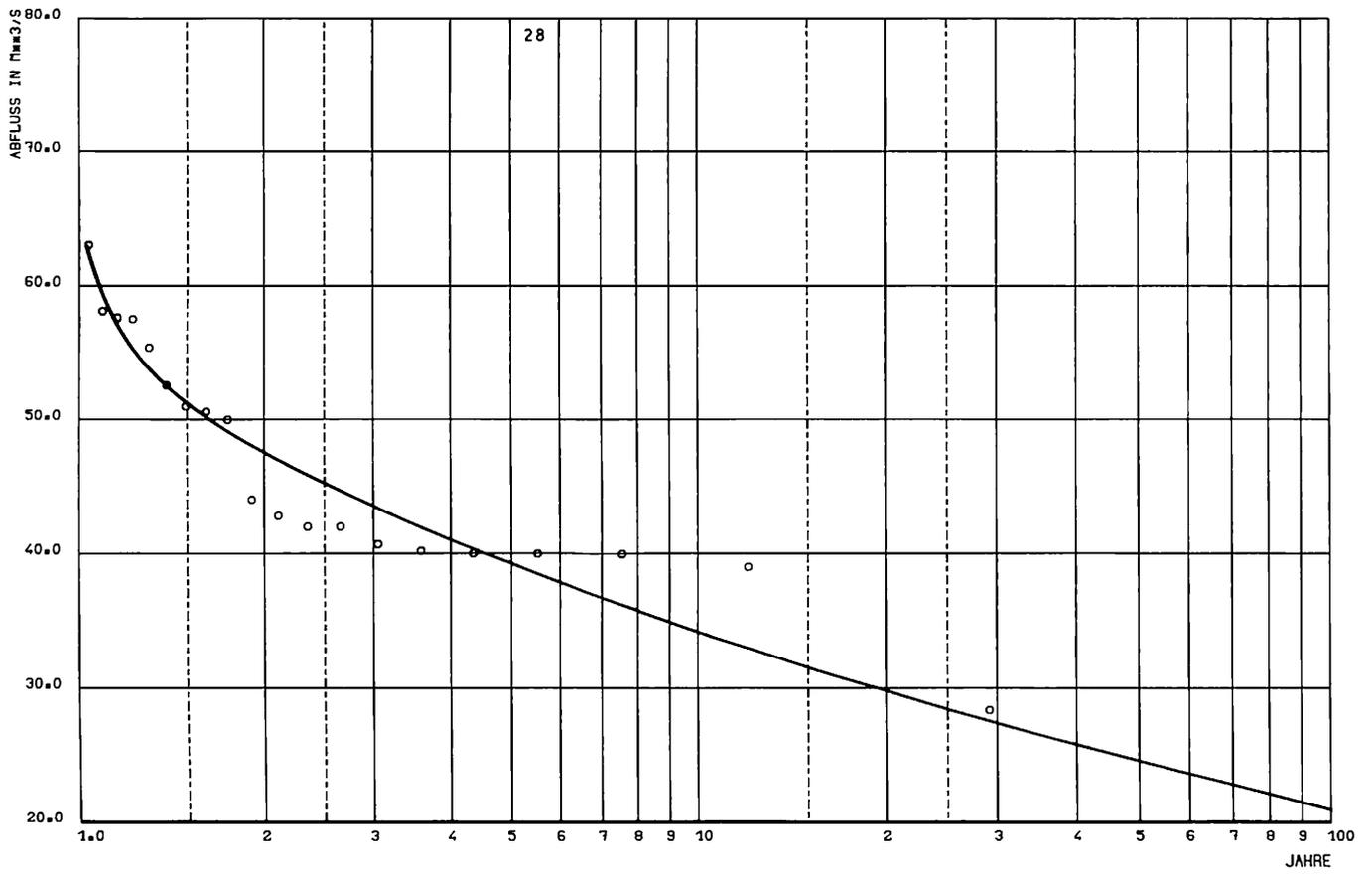


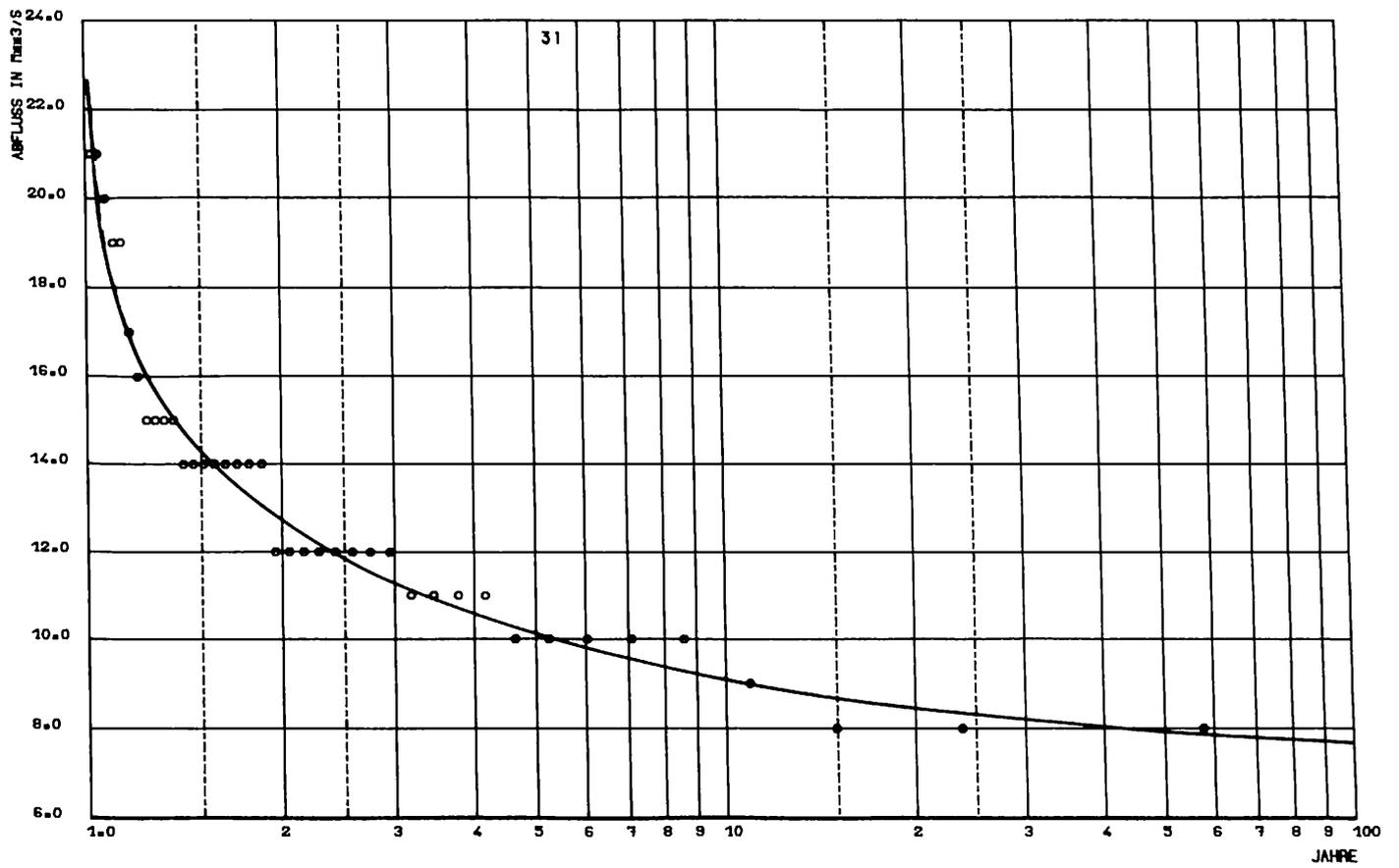
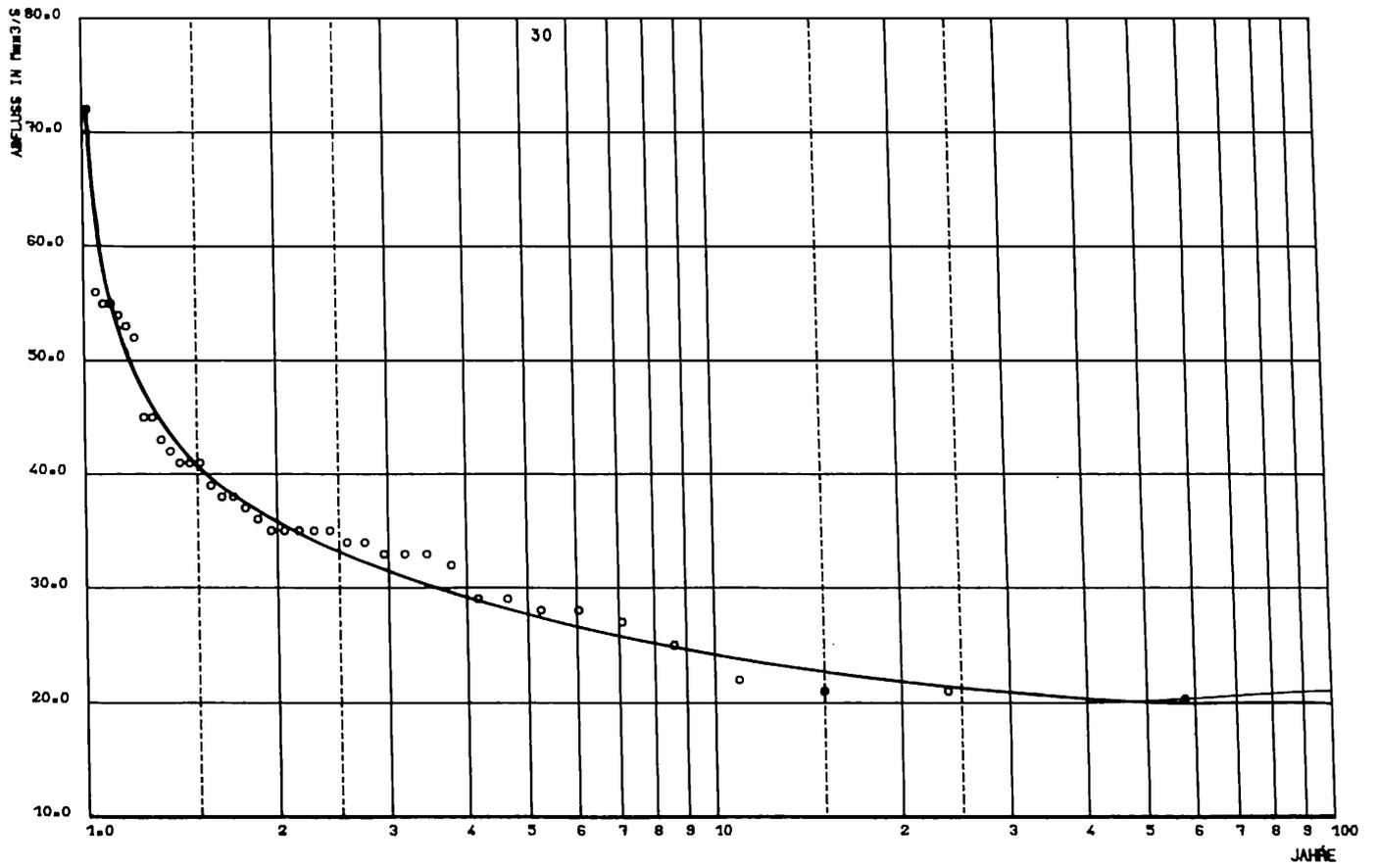


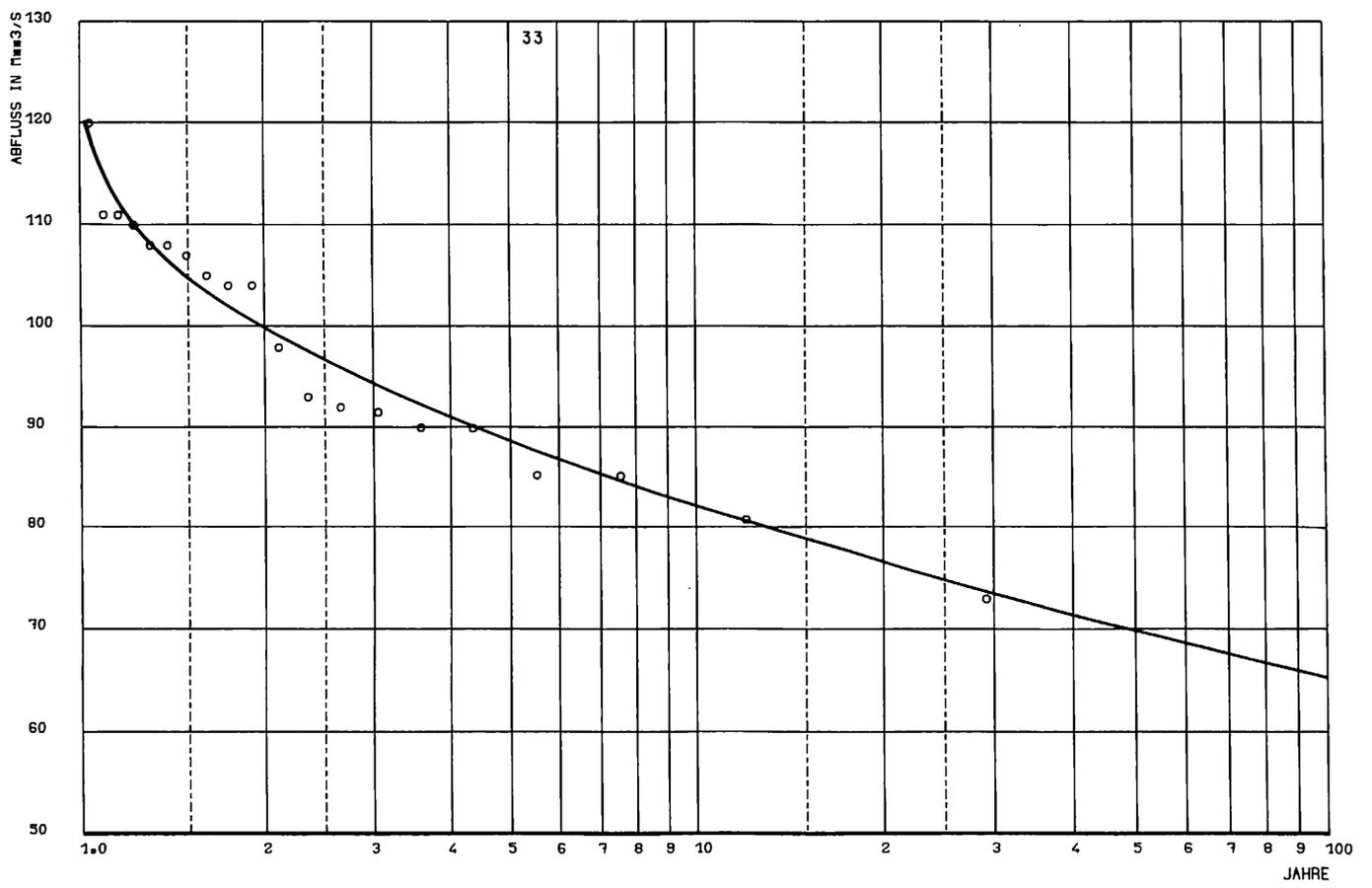
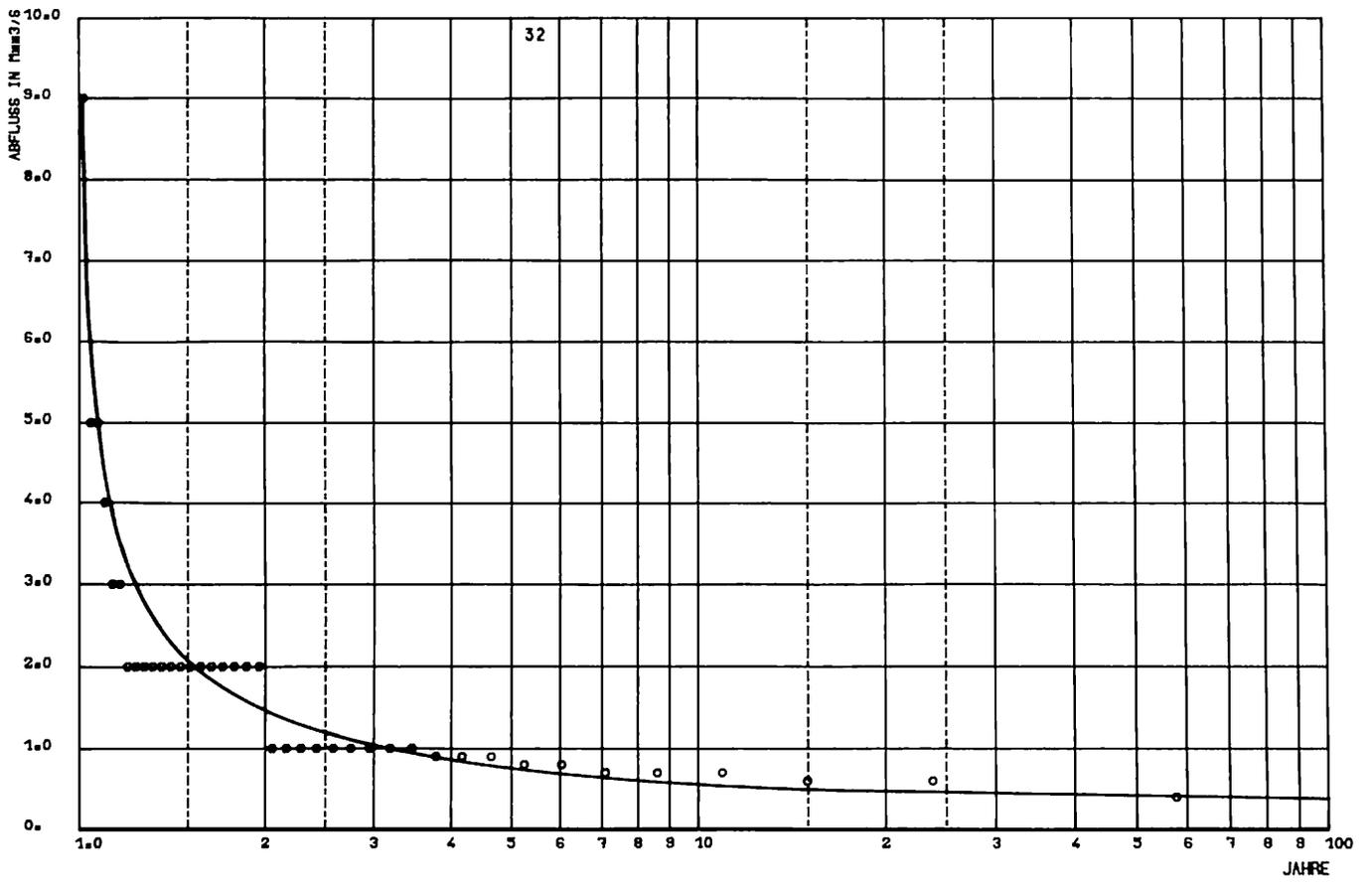


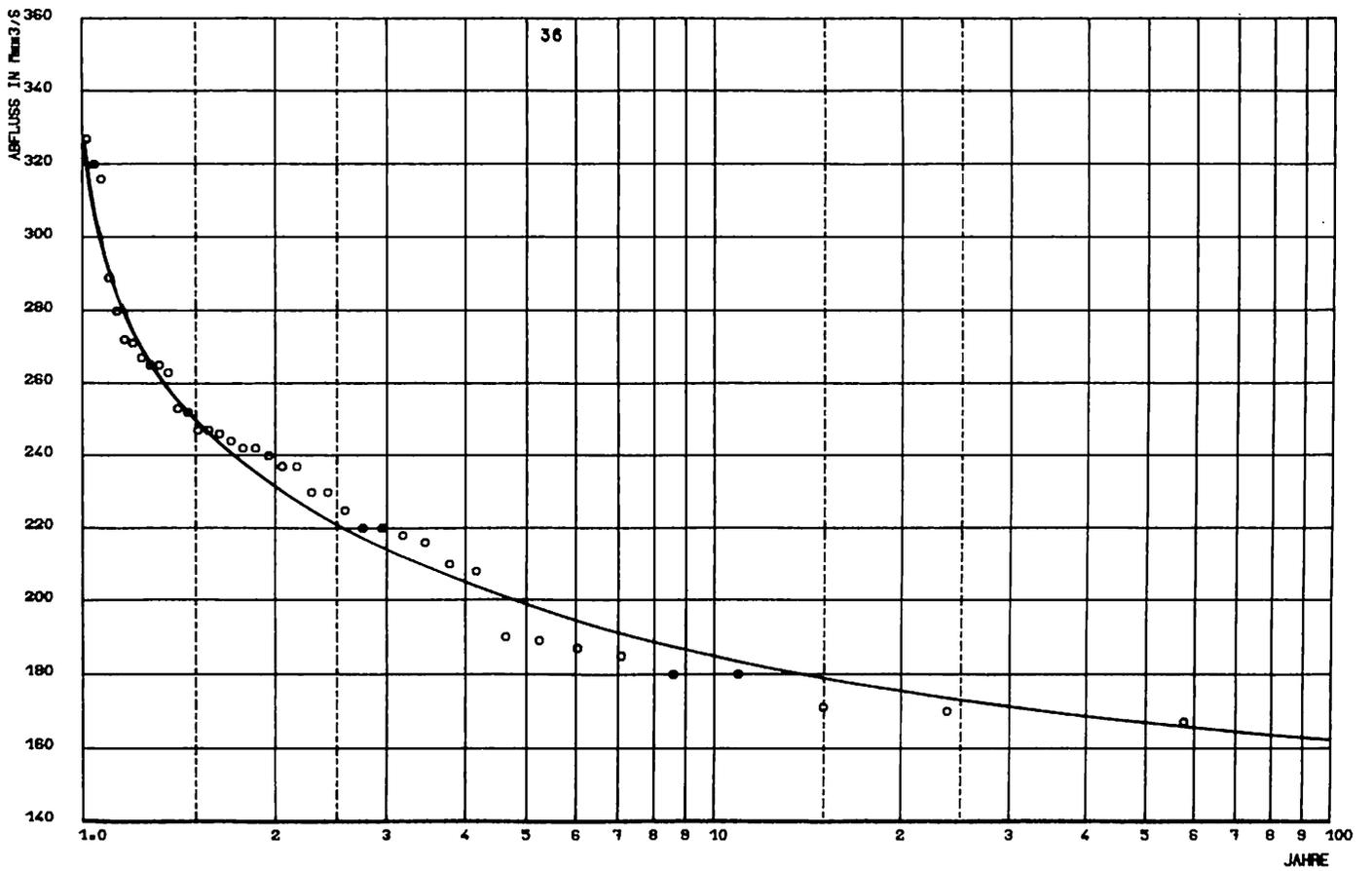
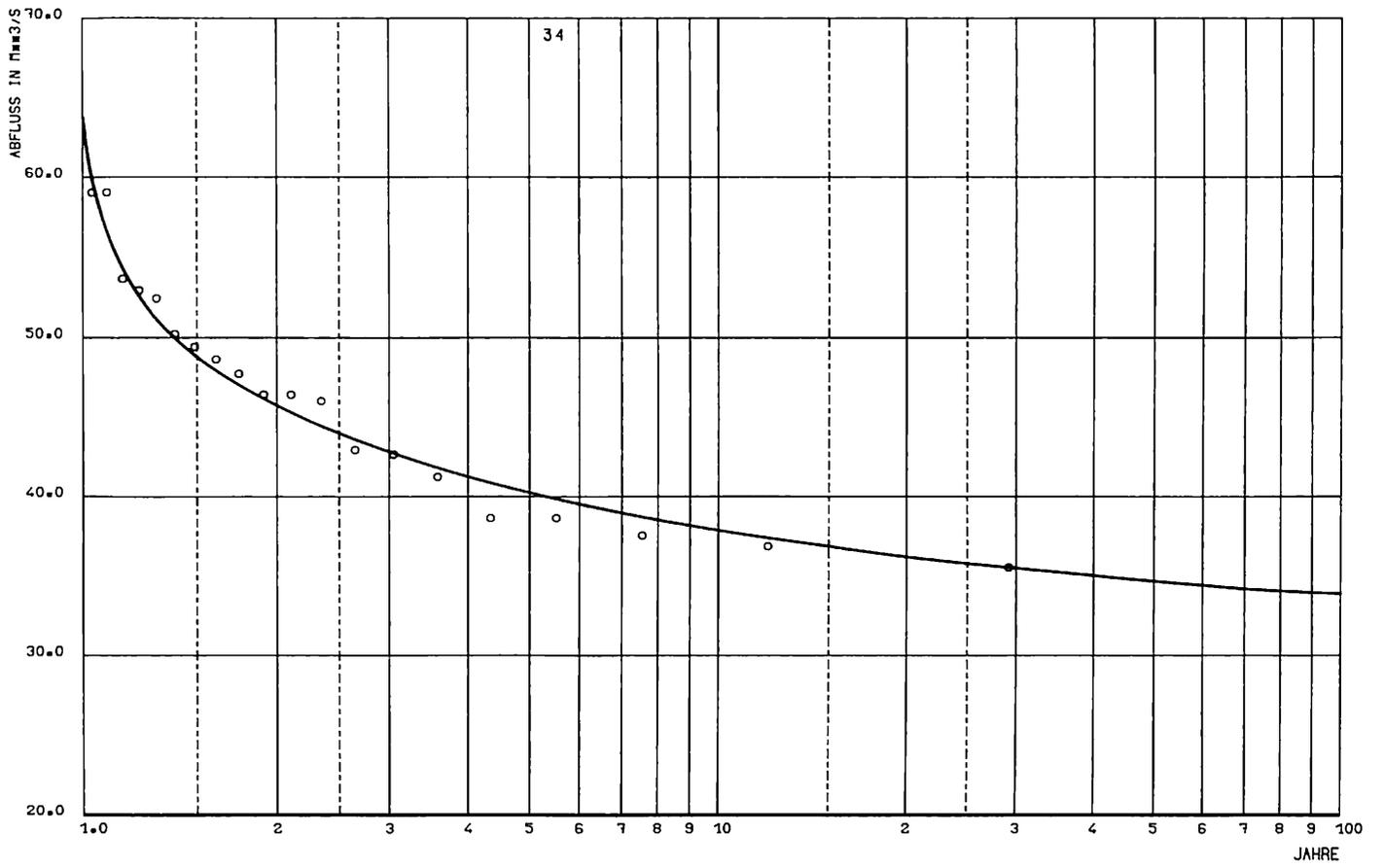


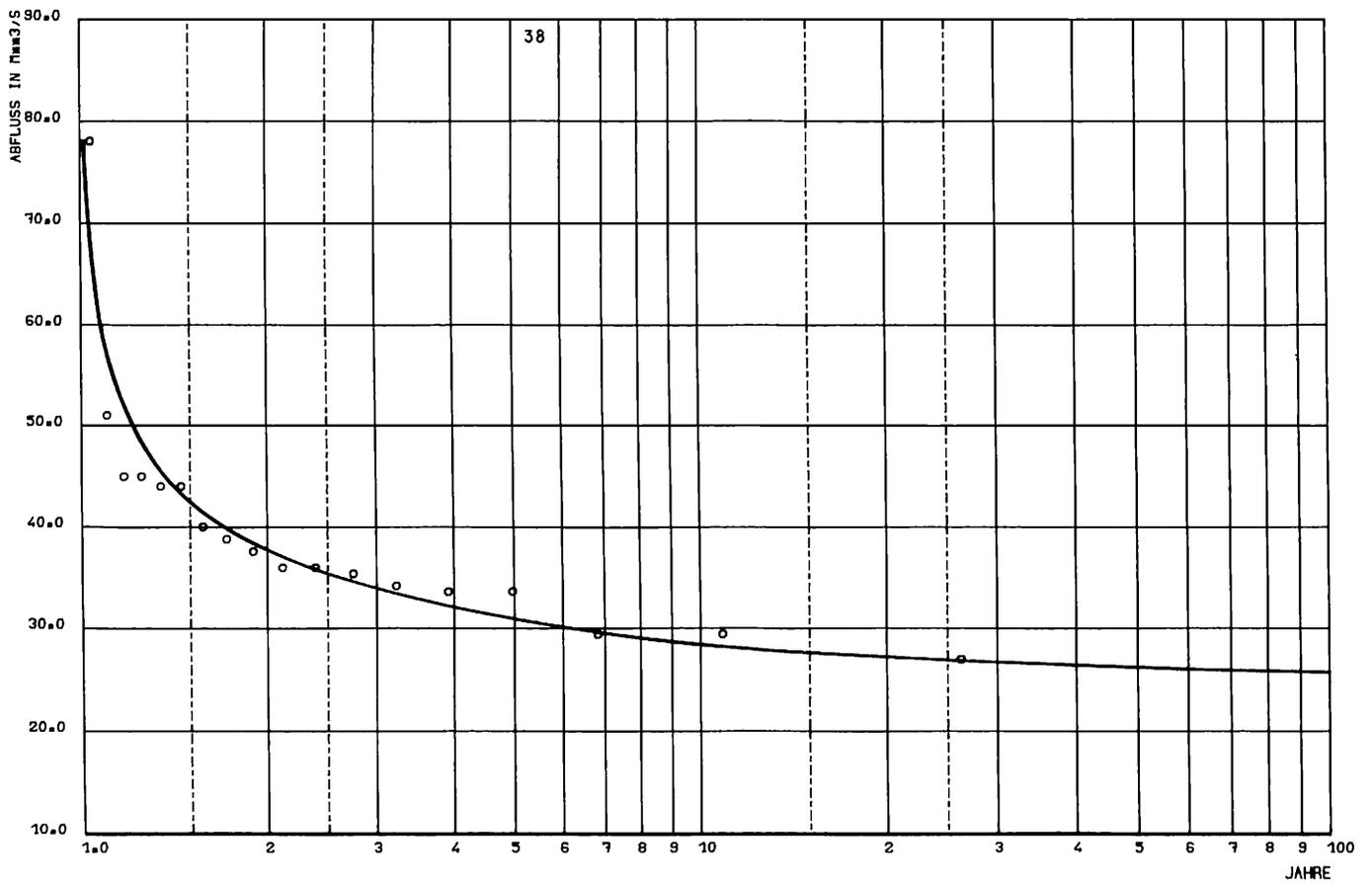
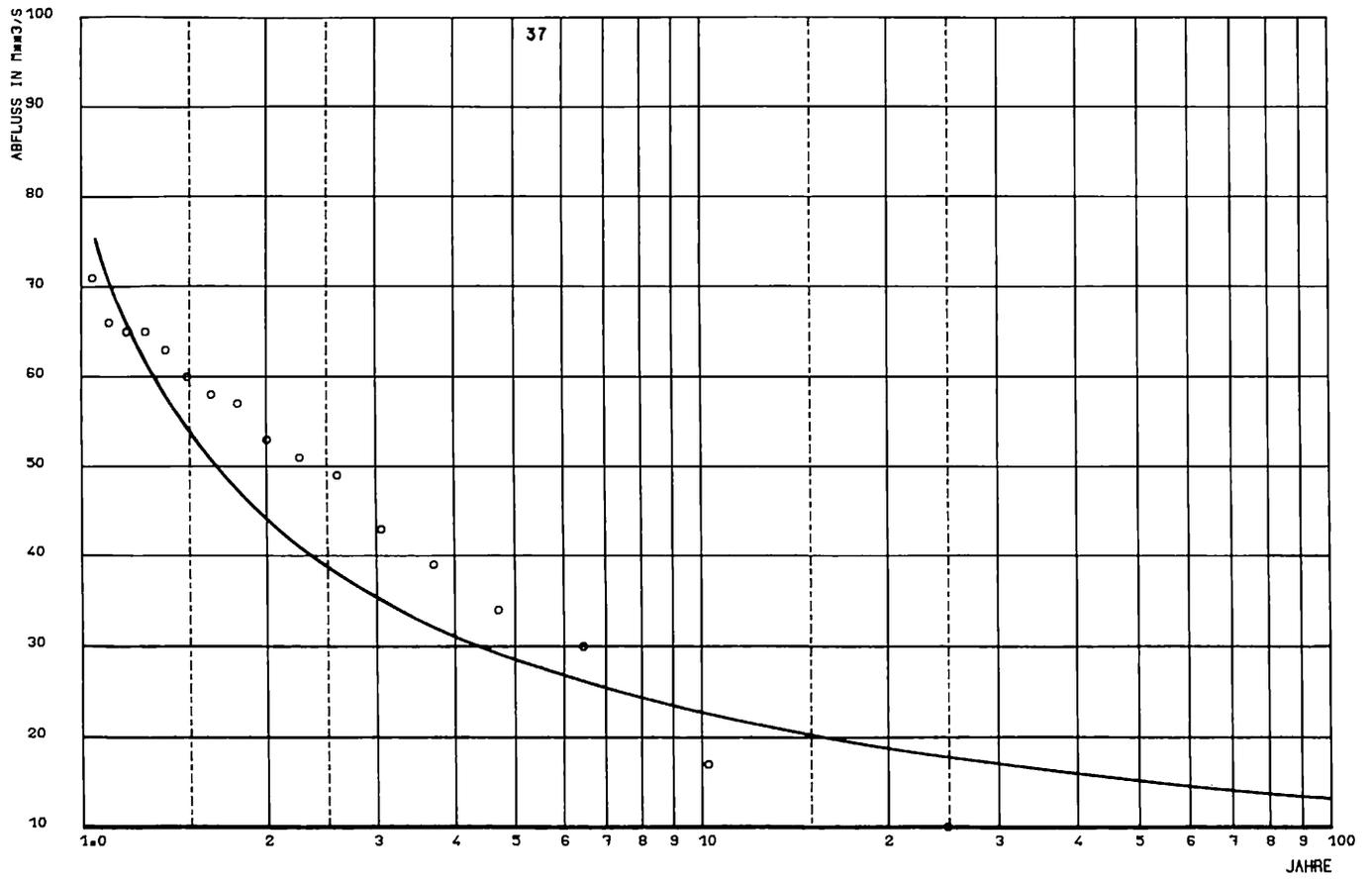


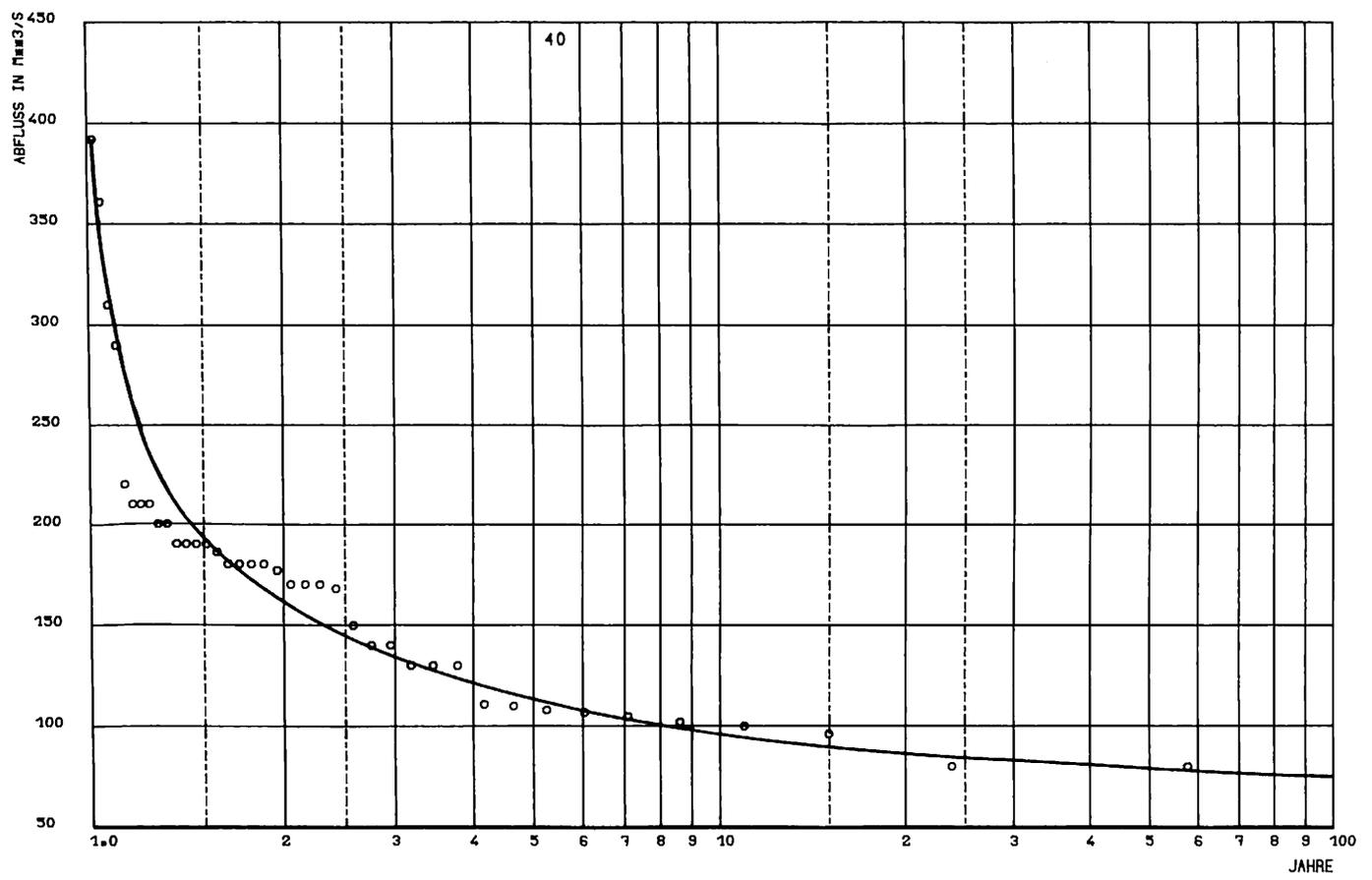
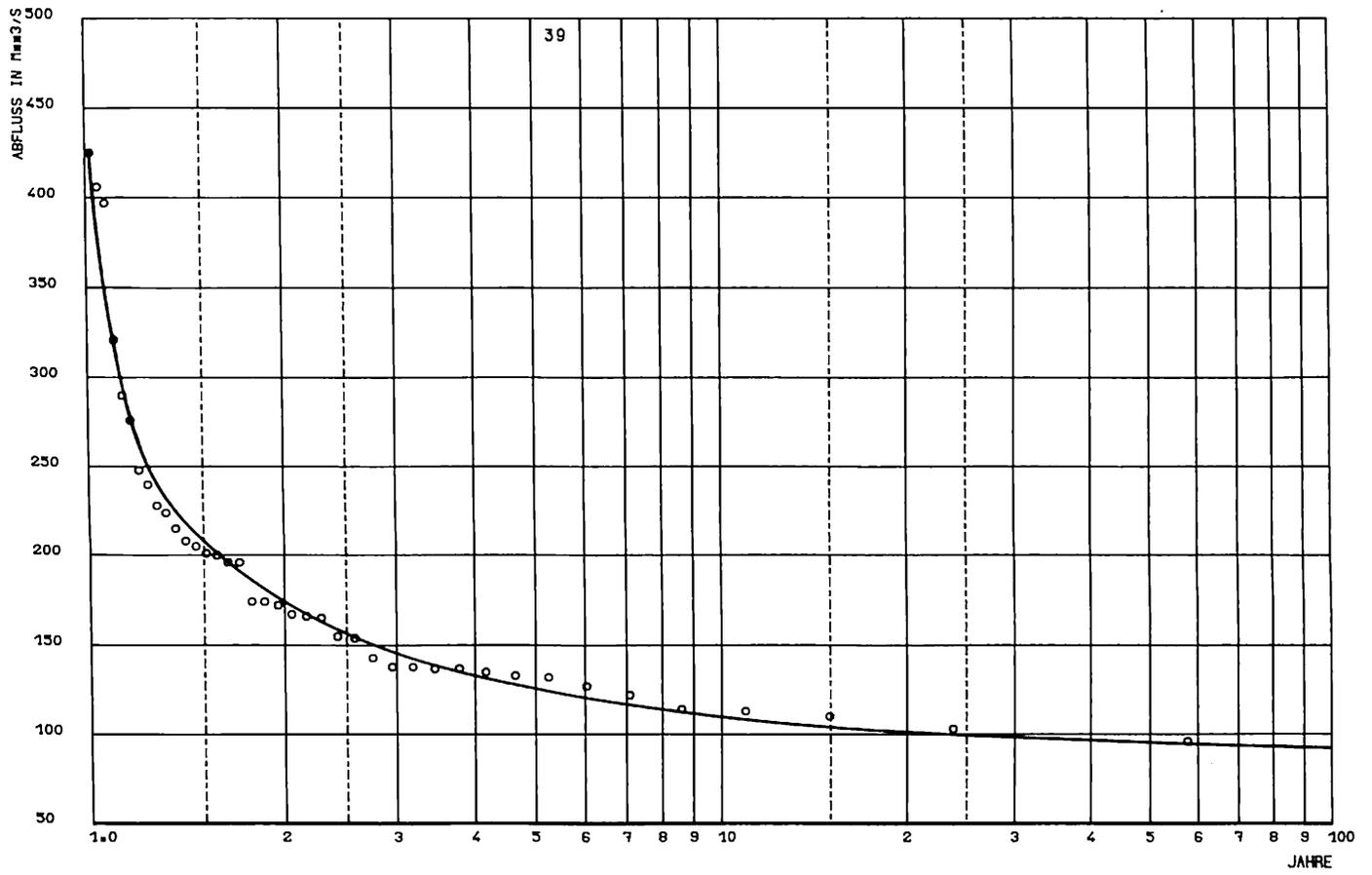


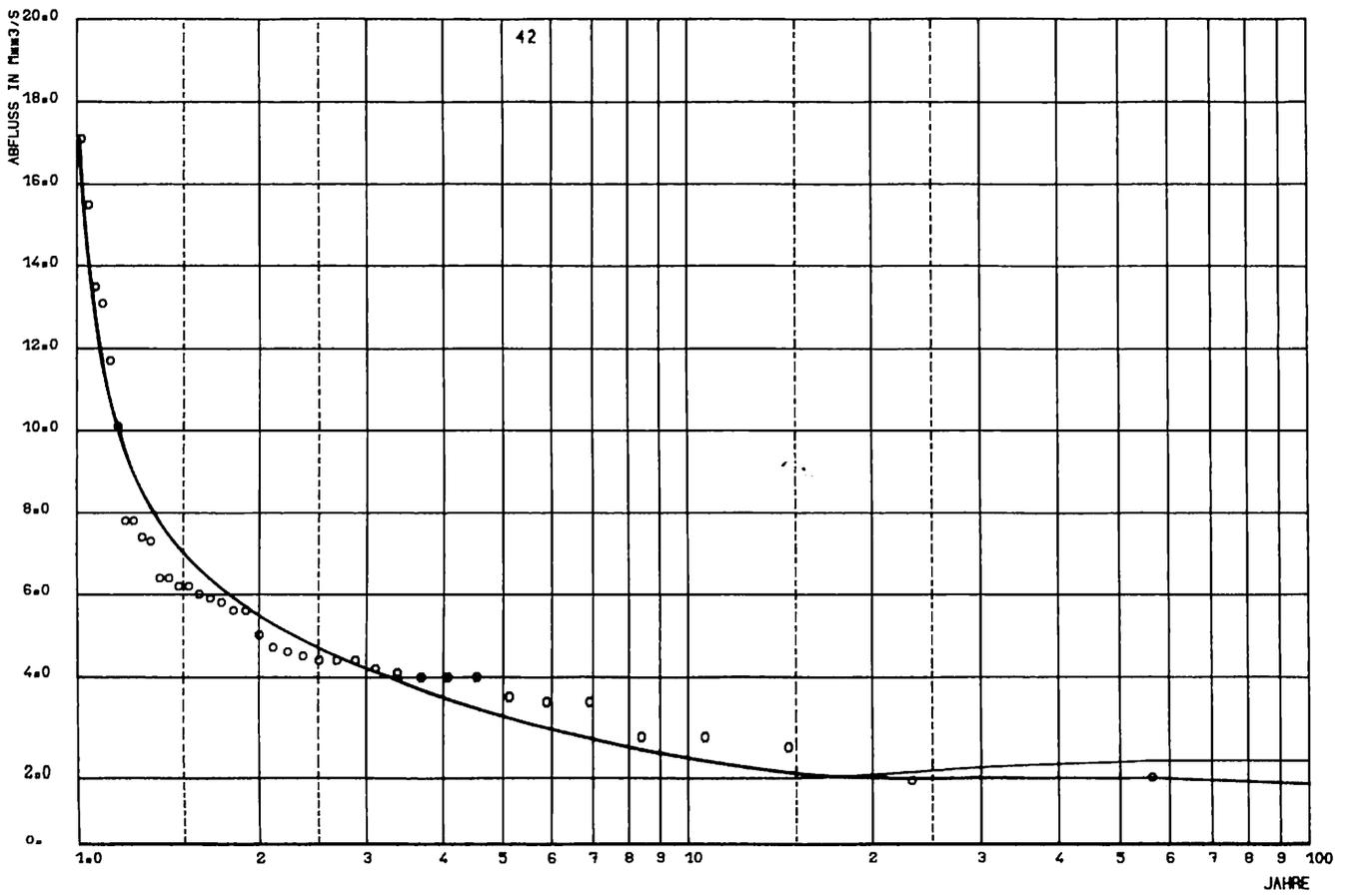
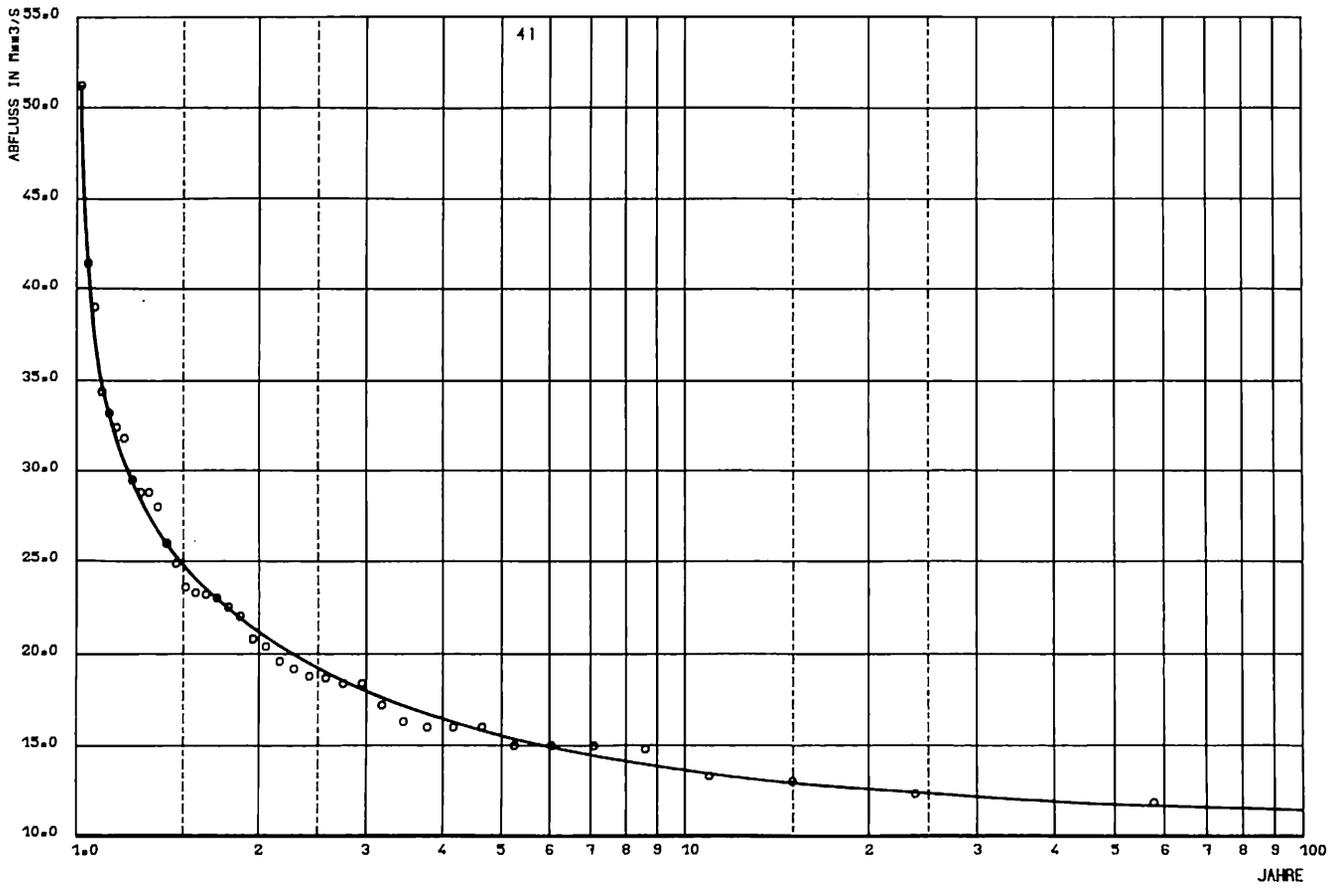


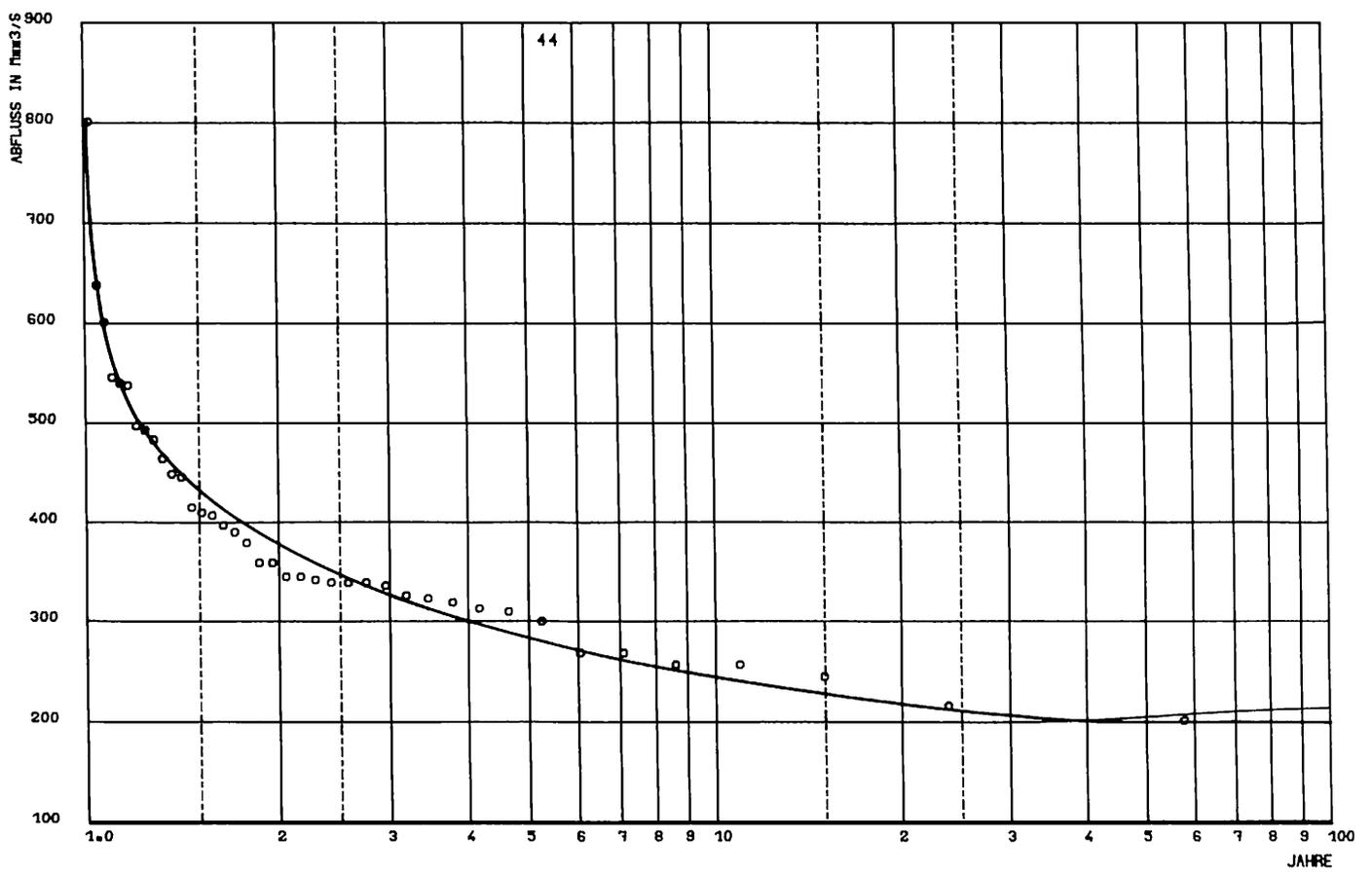
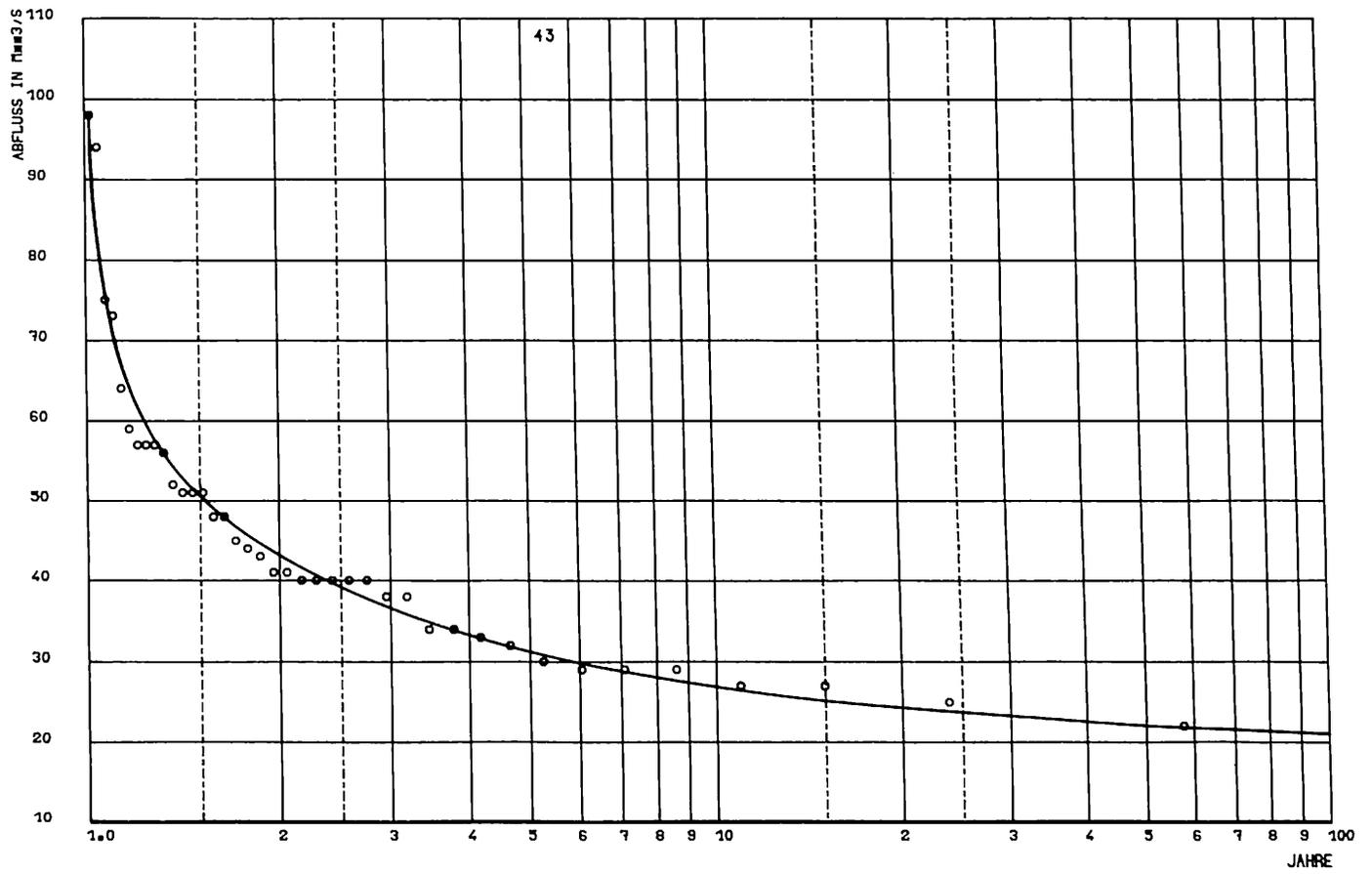


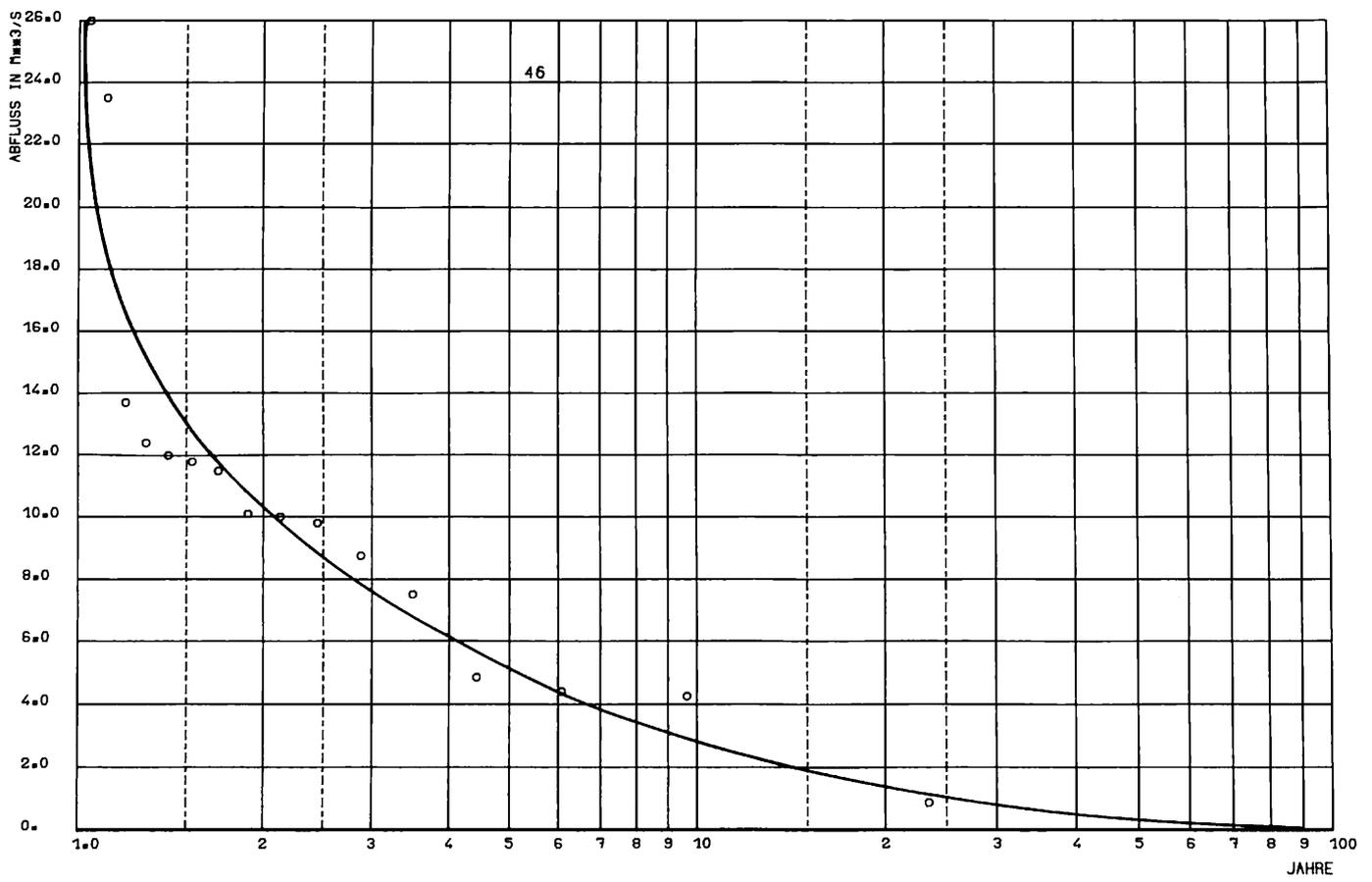
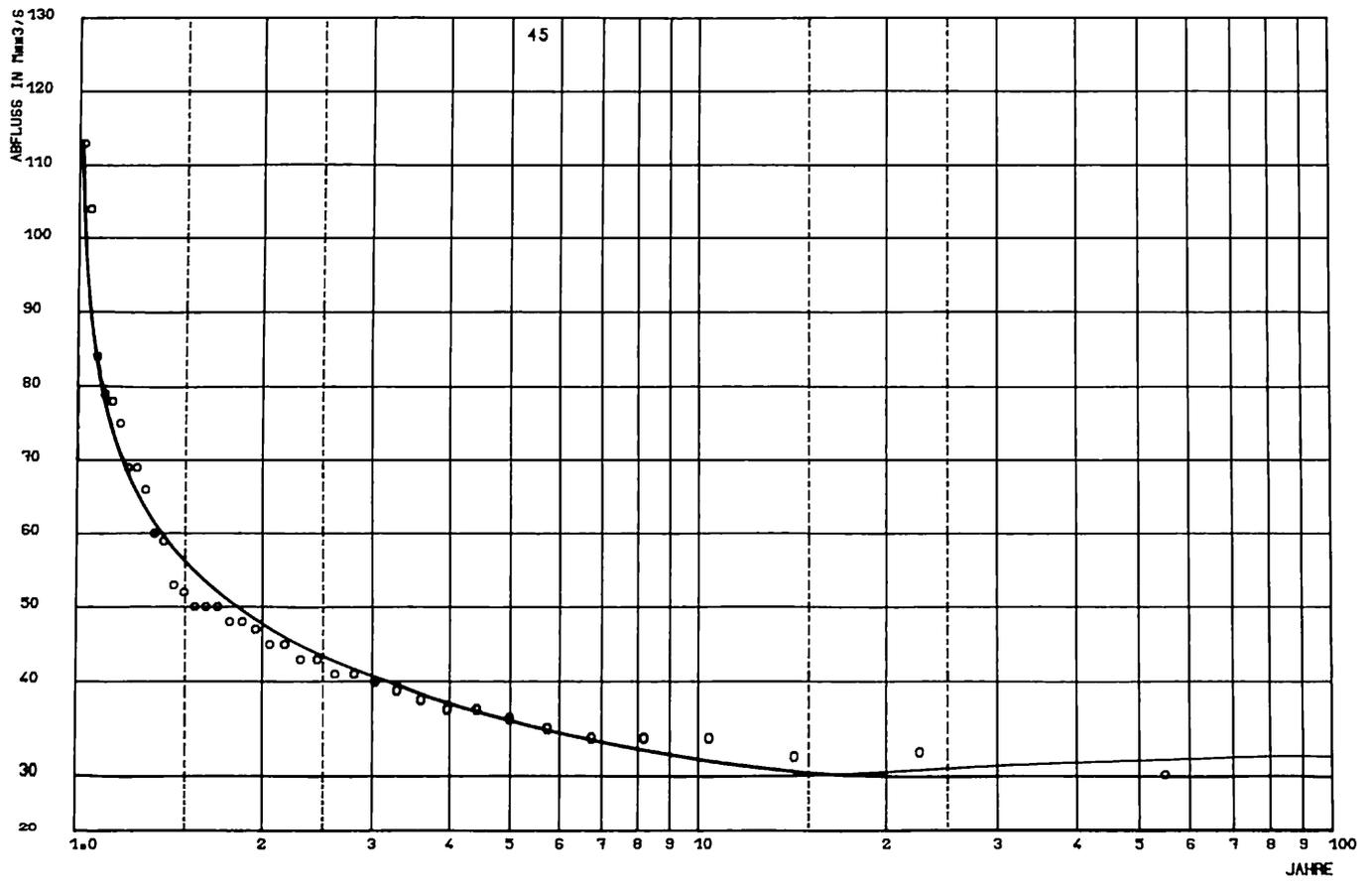


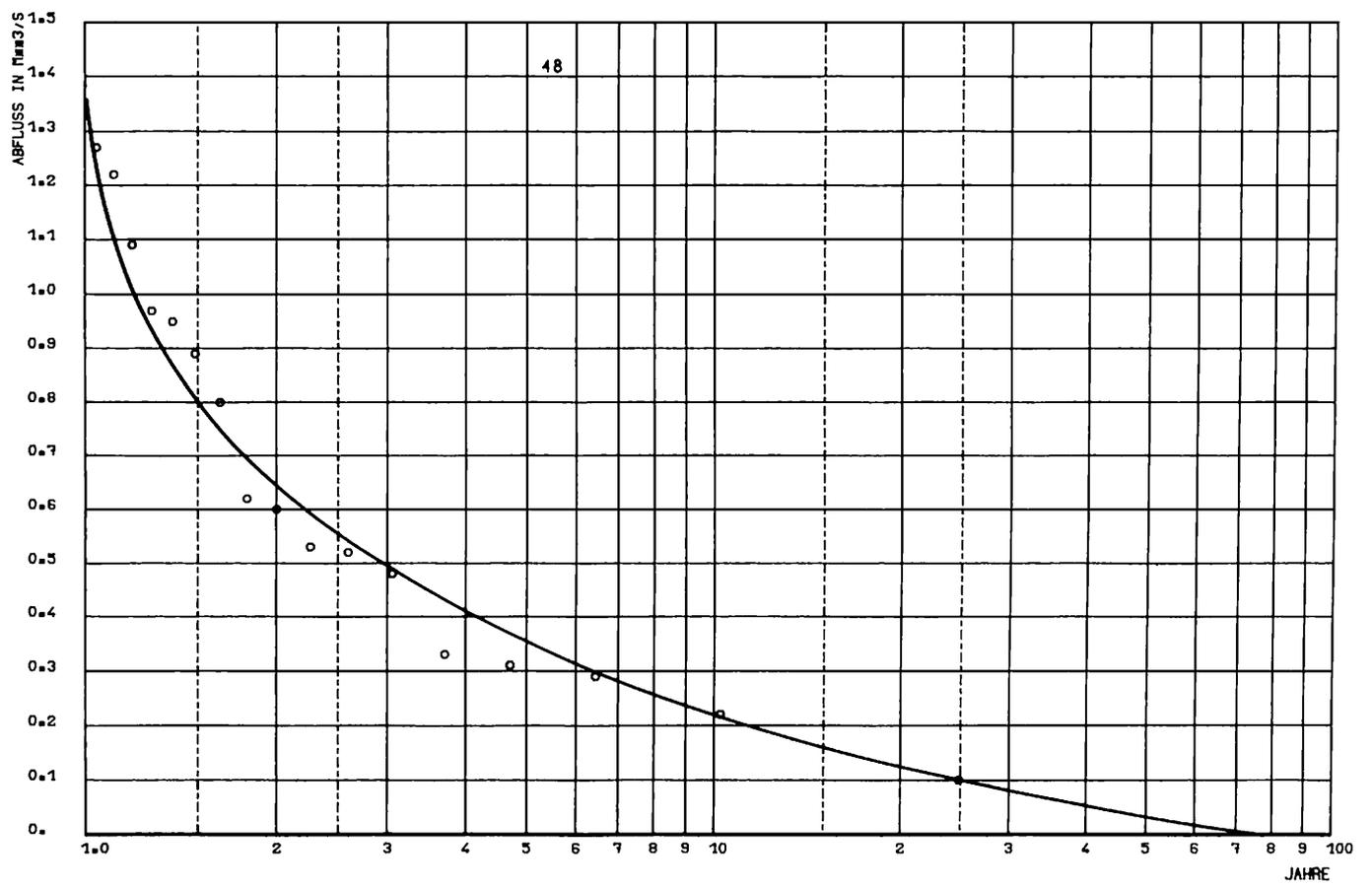
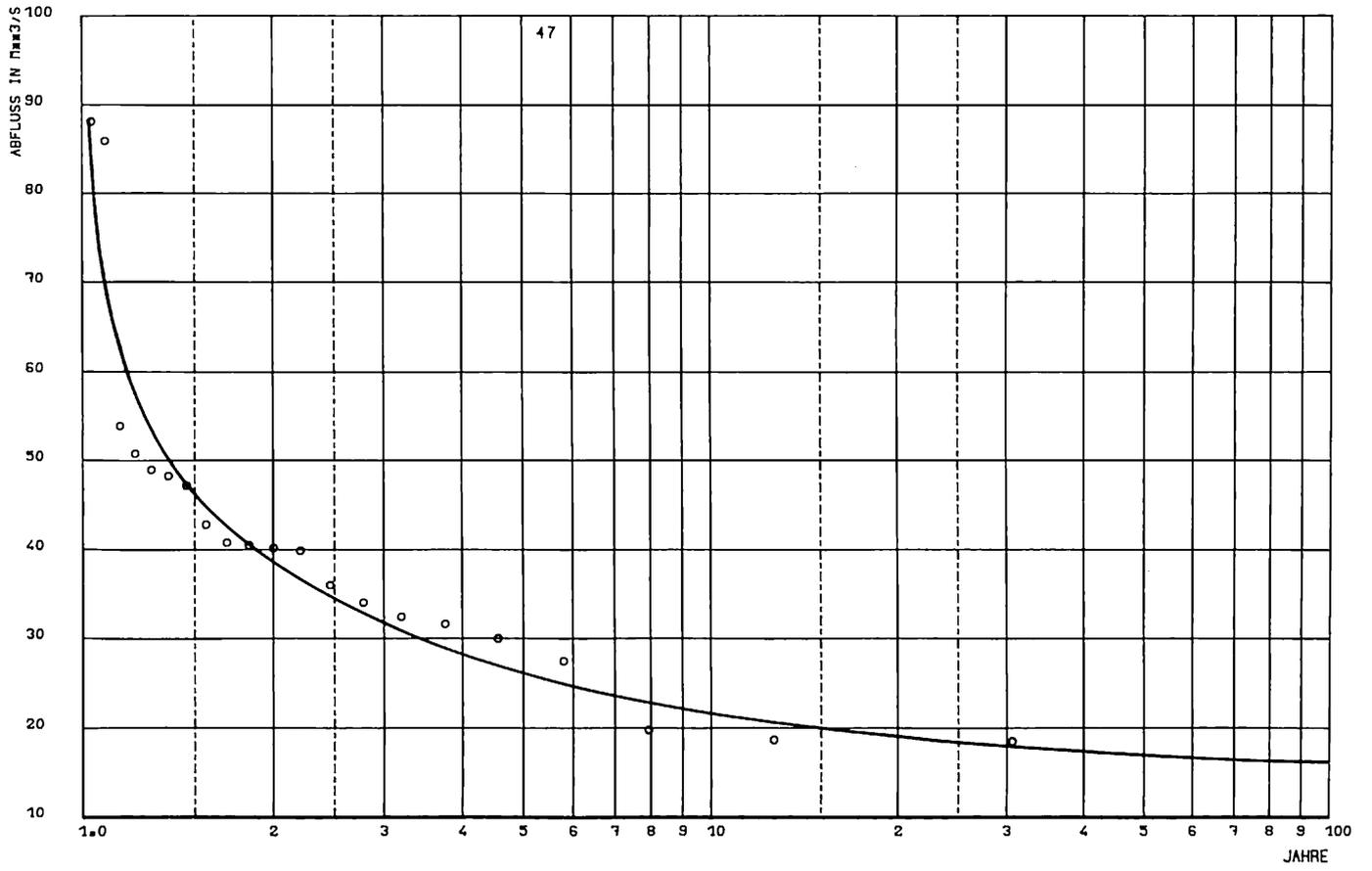


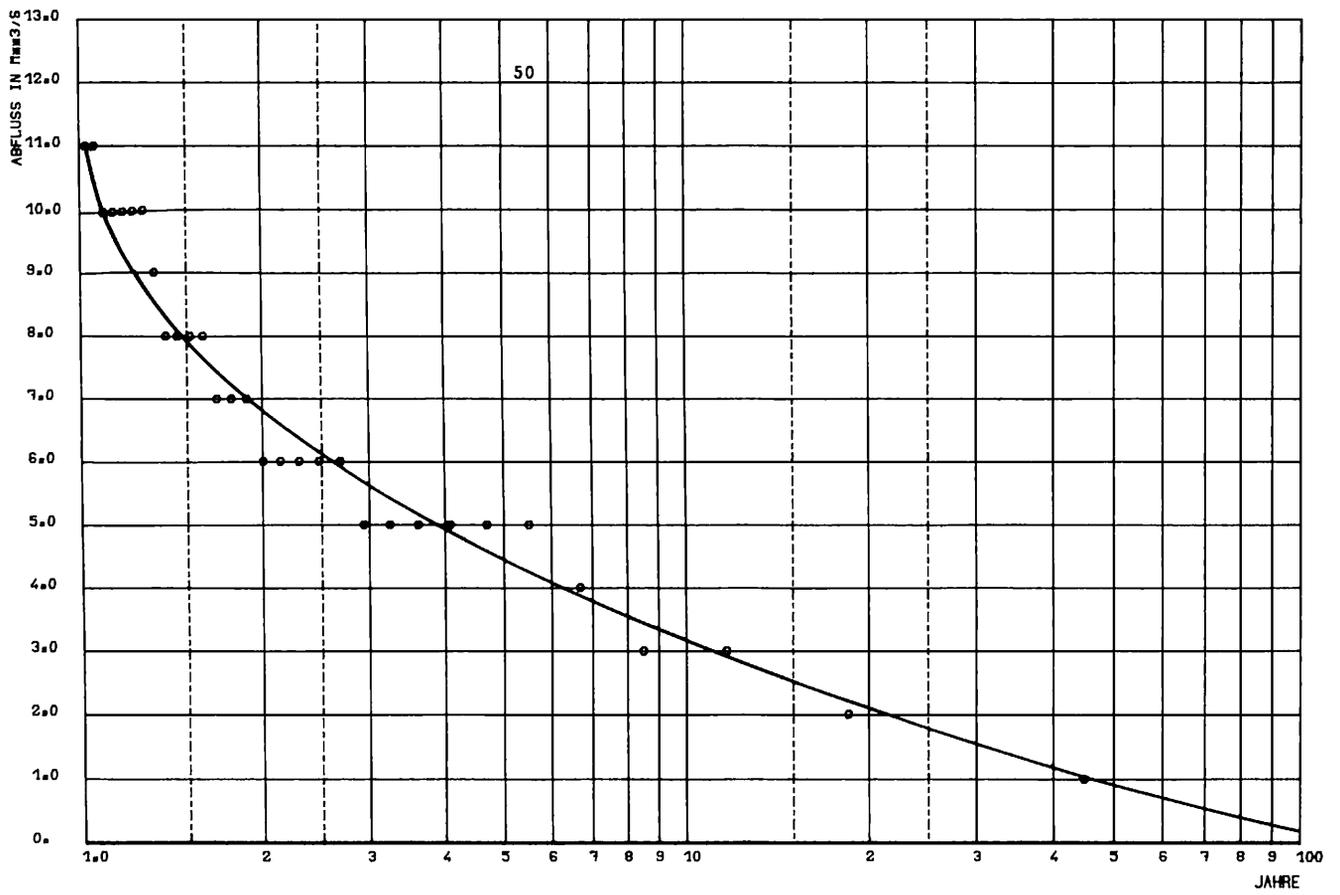
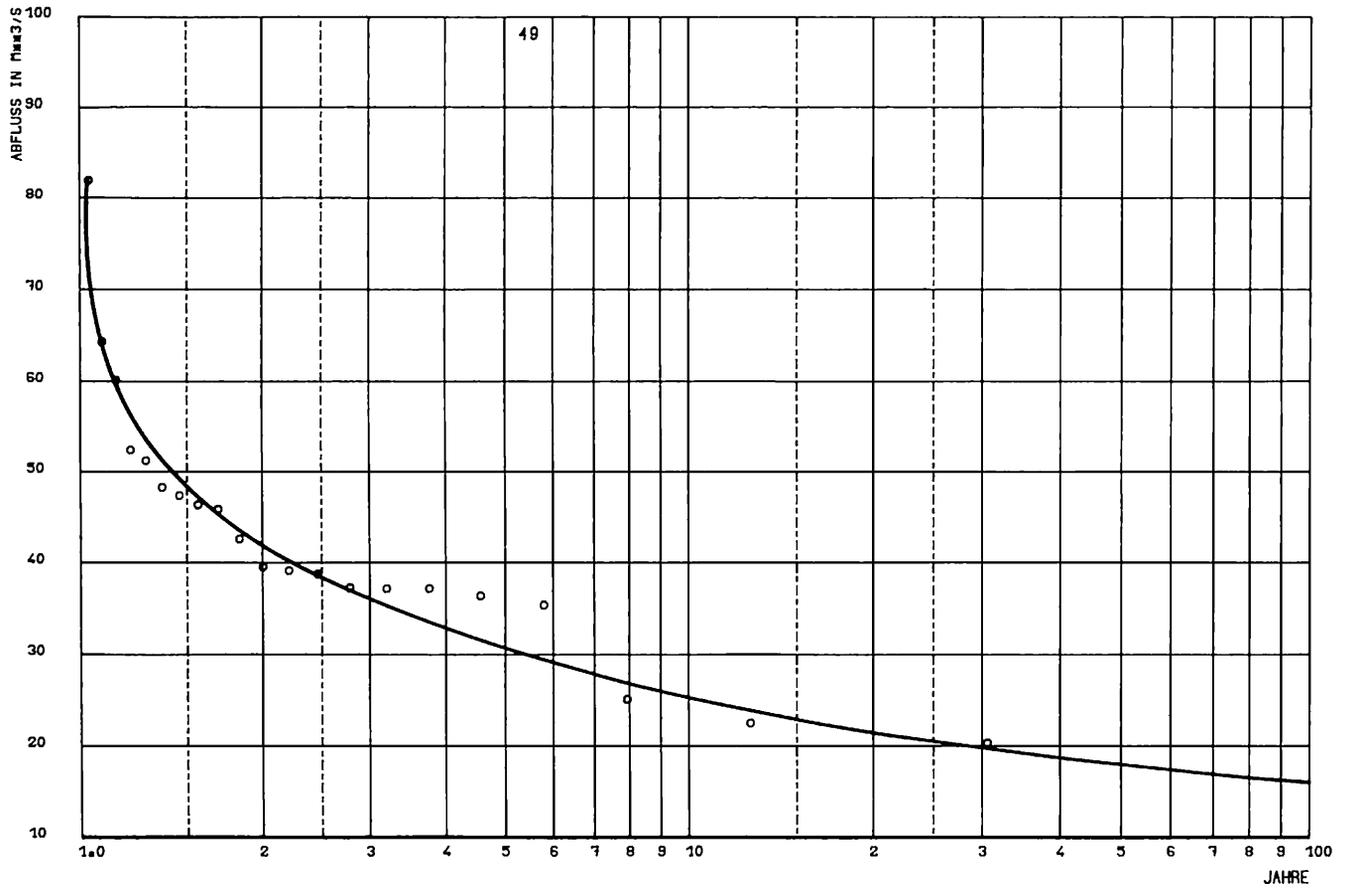












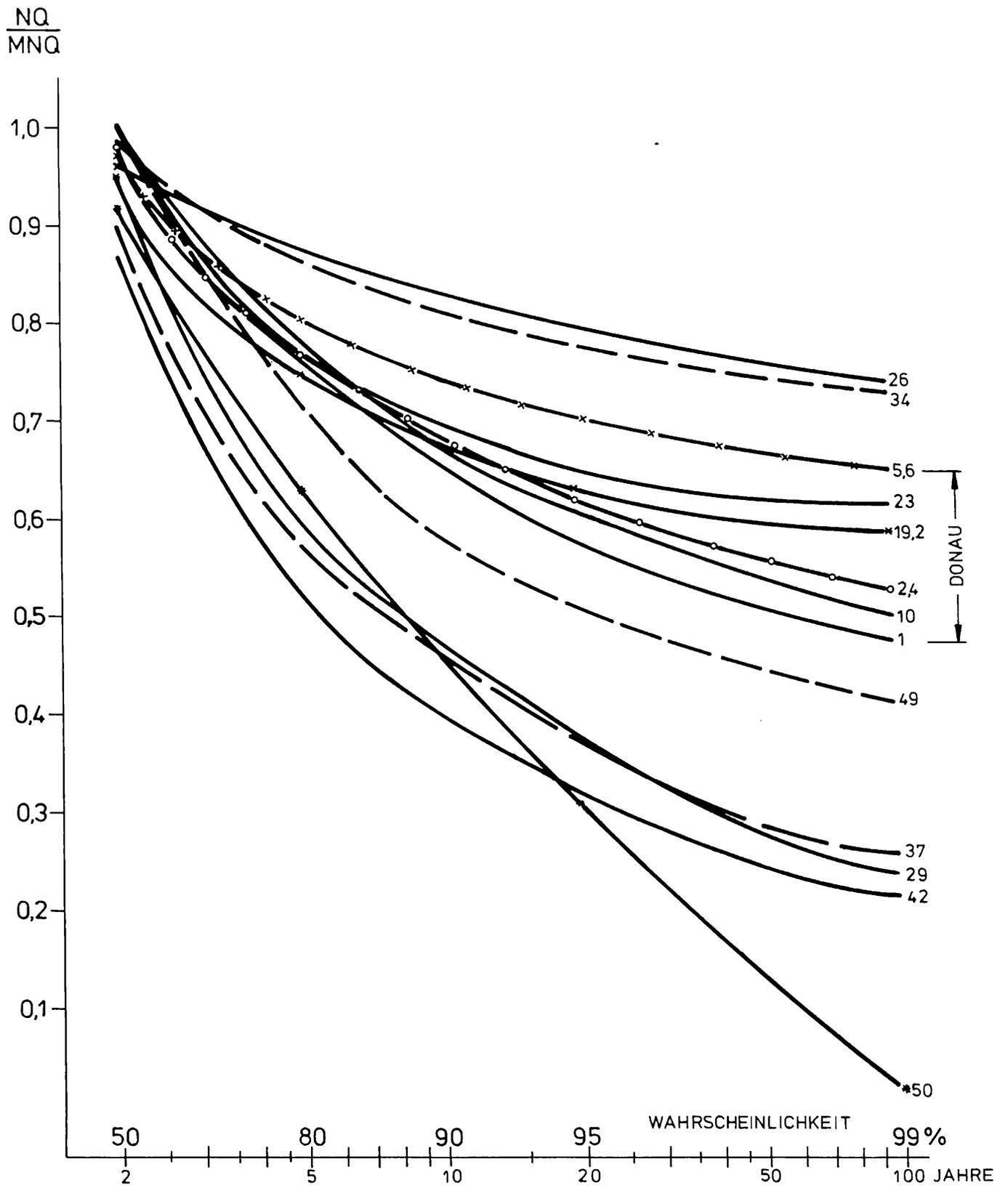


Abb. 2.23 Normierte Verteilungsfunktionen ausgewählter Pegel (Niedrigwasser)

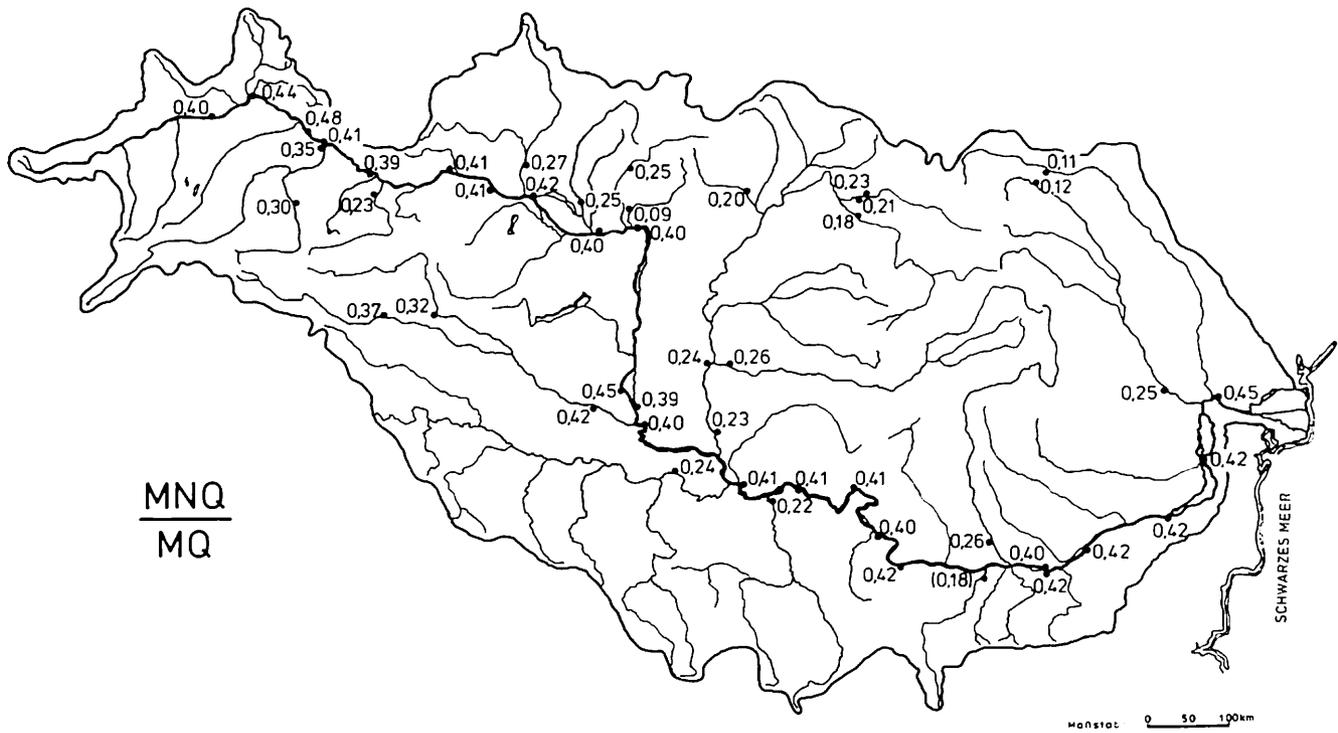


Abb. 2.24 Übersichtslageplan mit Verhältnismerten $MNQ : MQ$

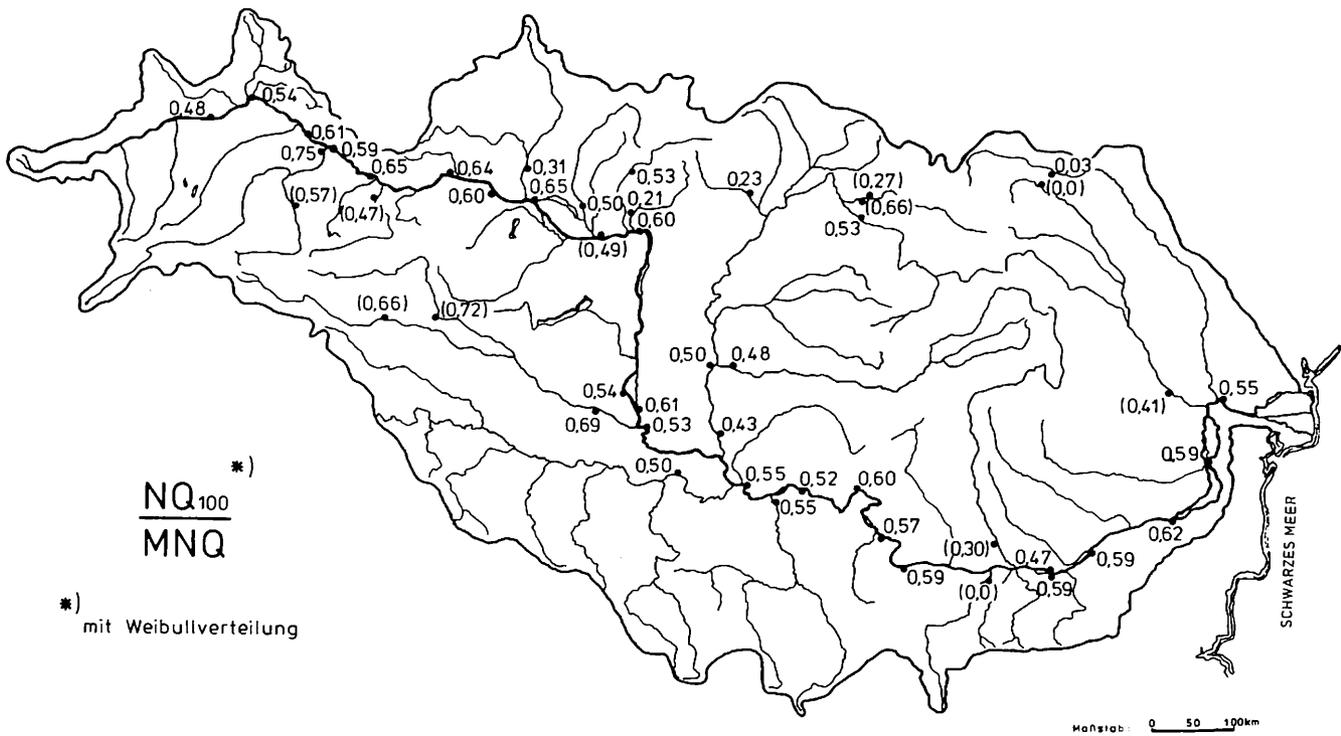


Abb. 2.25 Übersichtslageplan mit Verhältnismerten $NQ_{100} : MNQ$

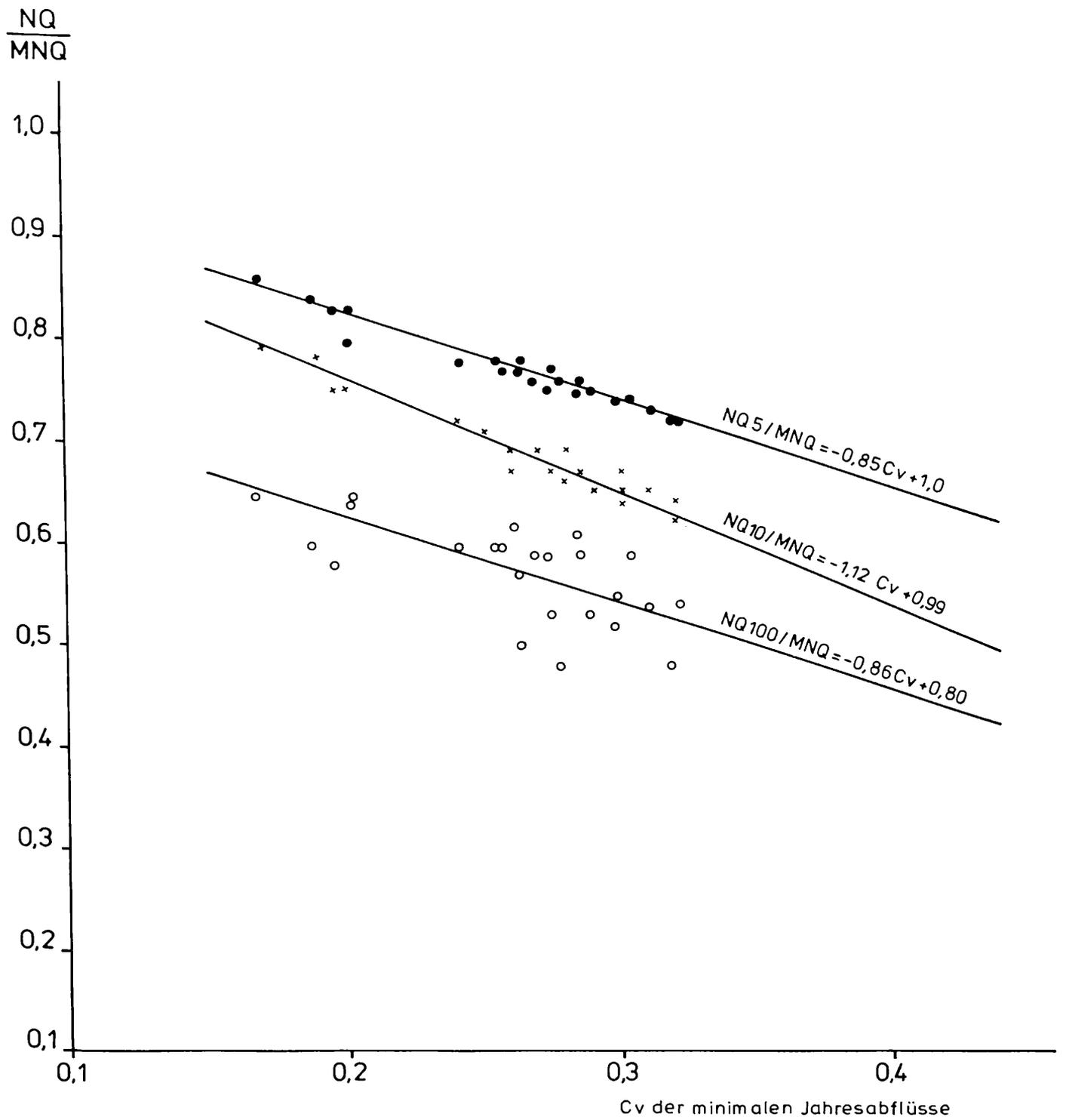


Abb. 2.26 Beziehung zwischen NQ_{100} (NQ_{10} und NQ_5), MNQ und Cv für die Donaupegel

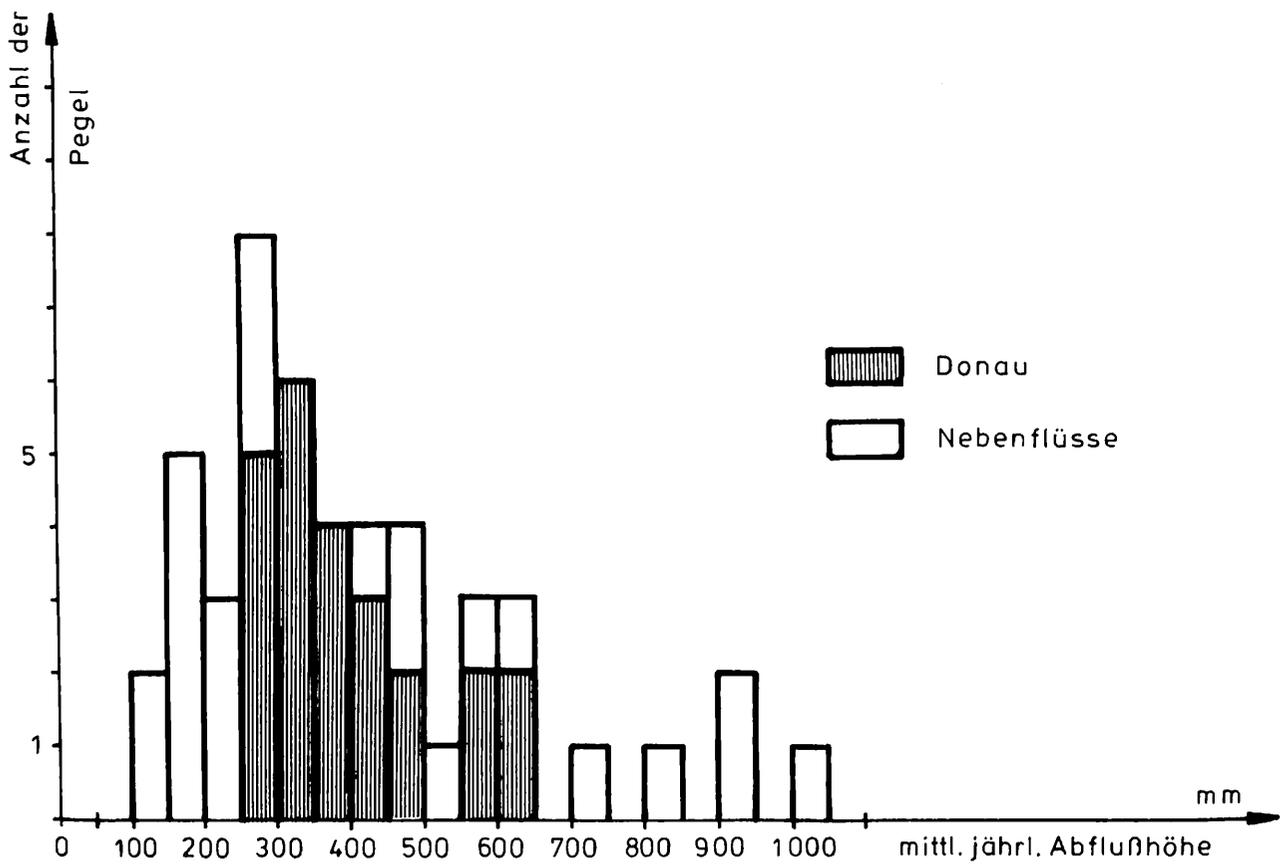
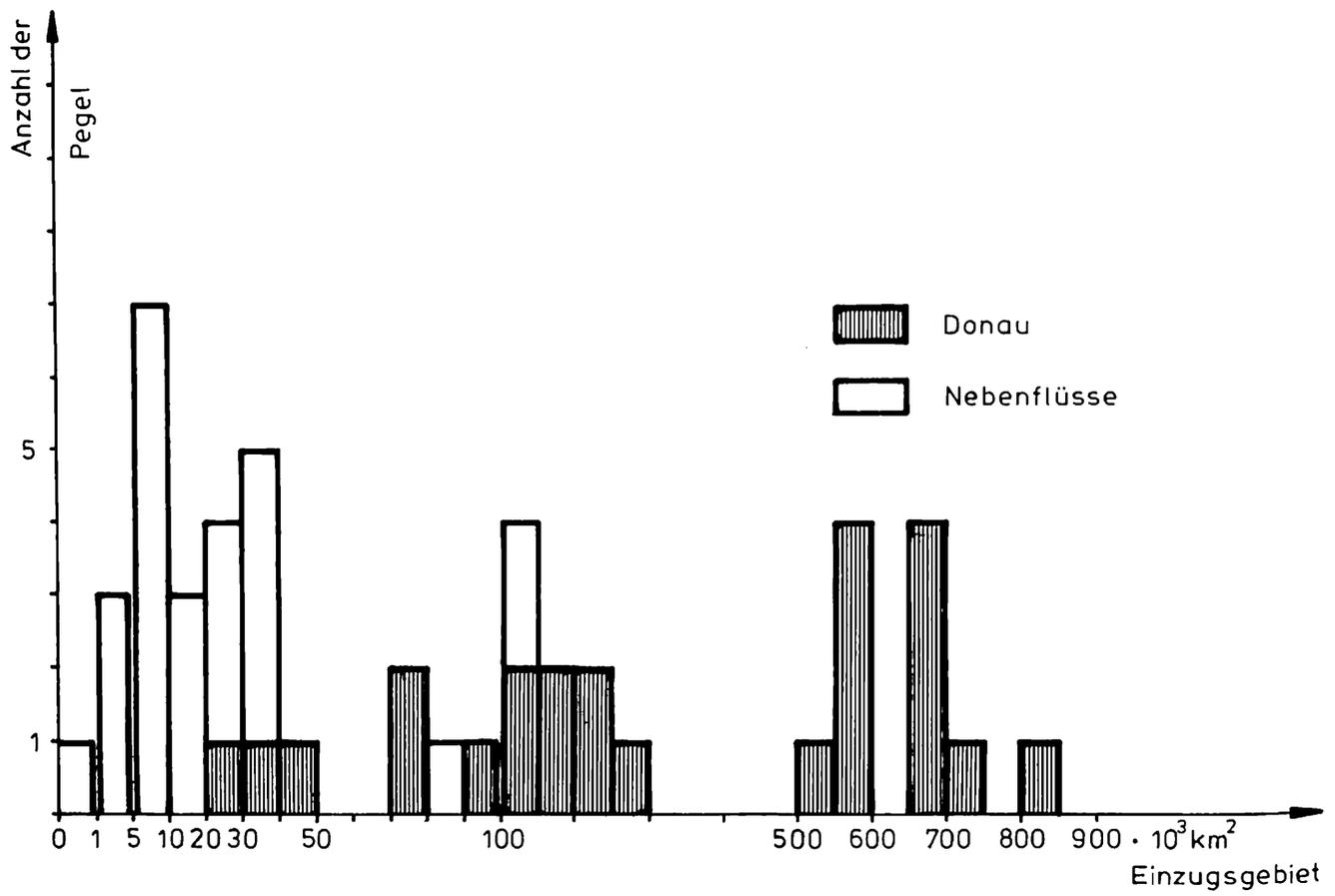


Abb. 2.27 Übersicht der Pegel mit hydrologischen Parametern

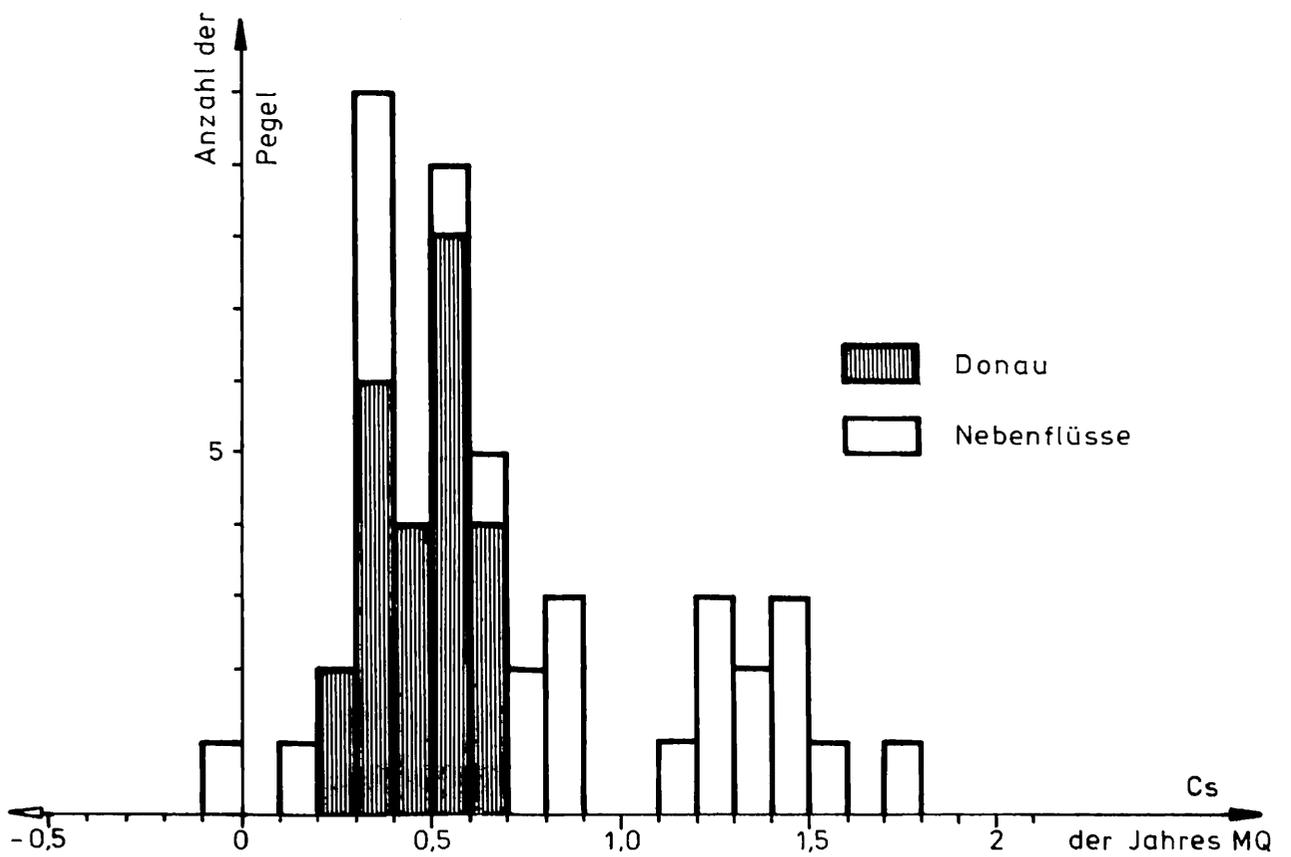
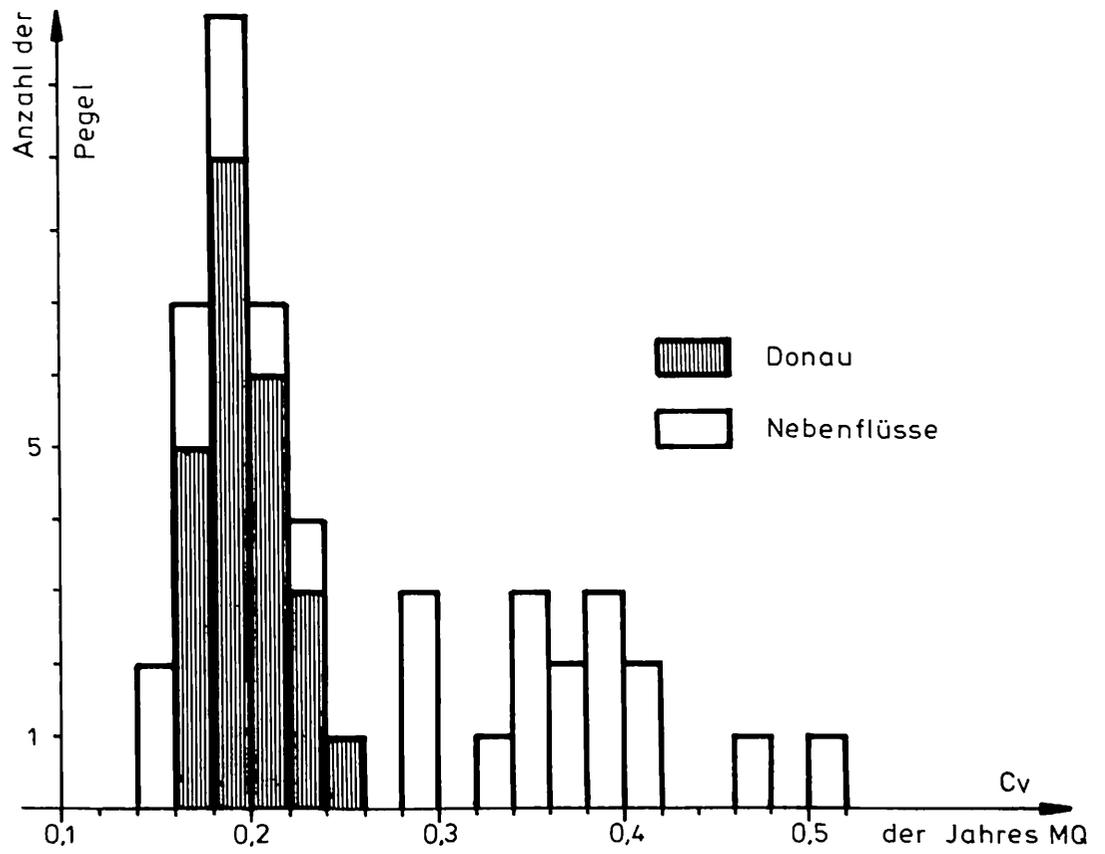


Abb. 2.28 Übersicht der Pegel mit statistischen Parametern

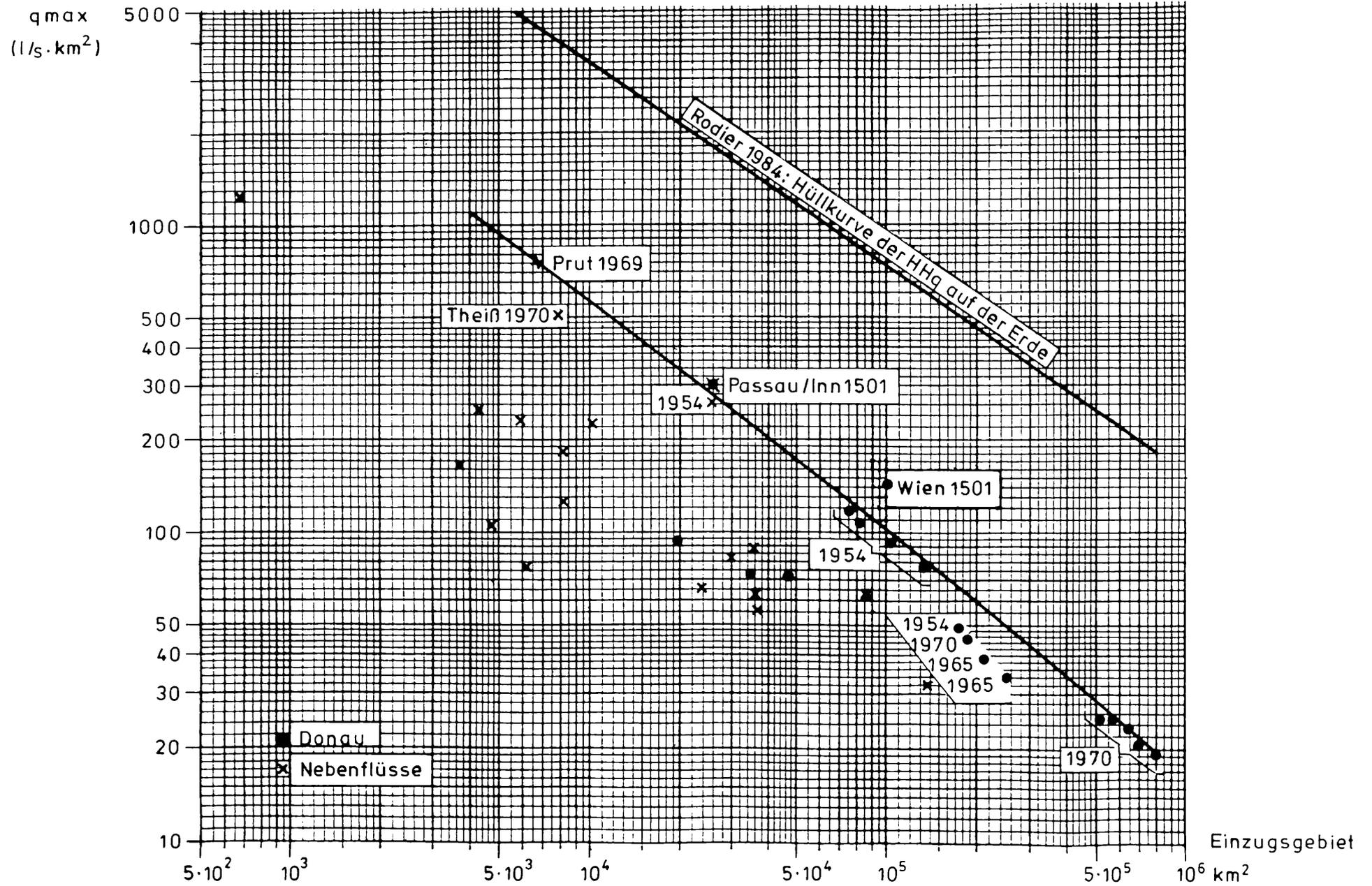


Abb. 2.29 Übersicht über die größten Hochwasserspanden

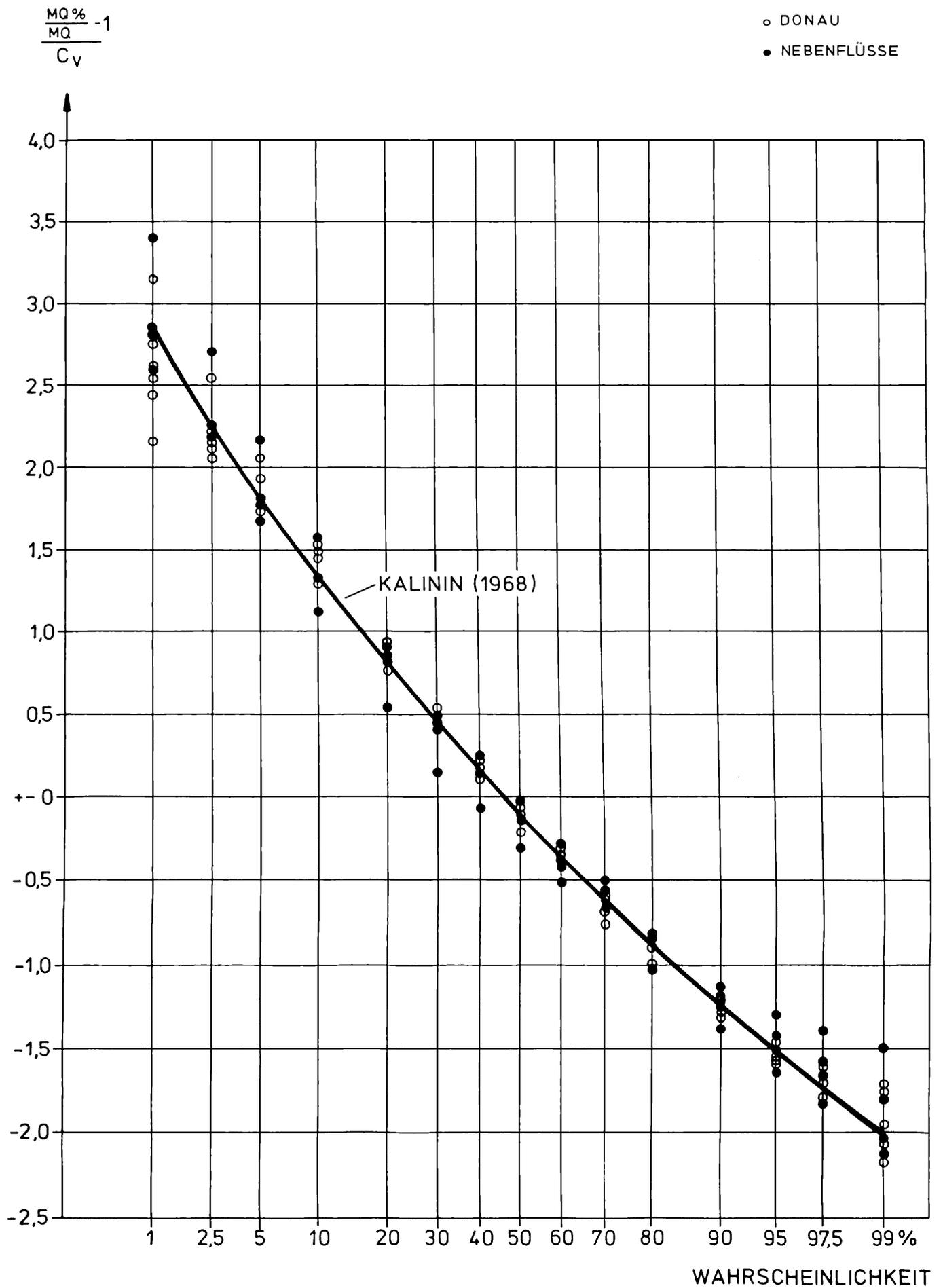
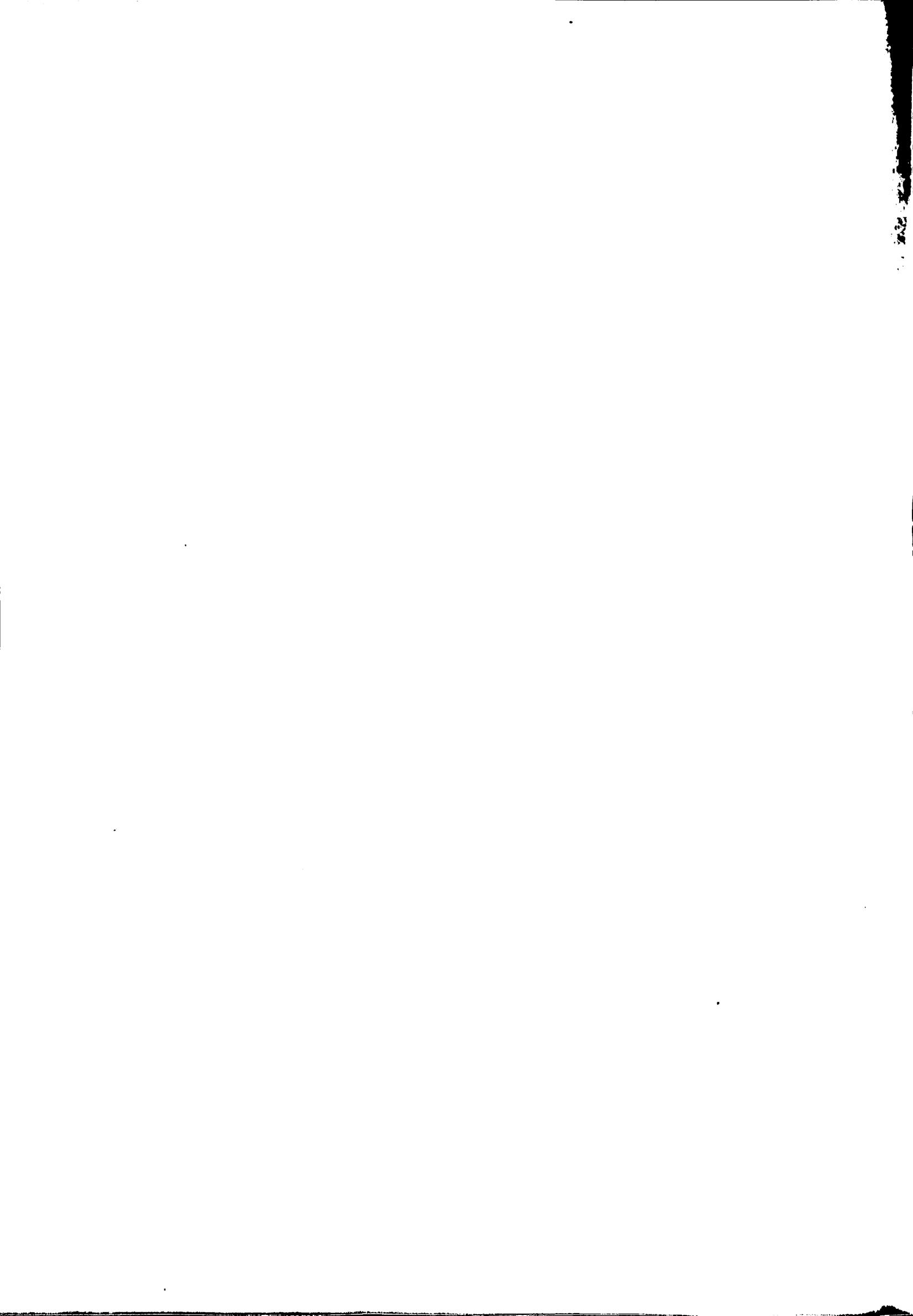


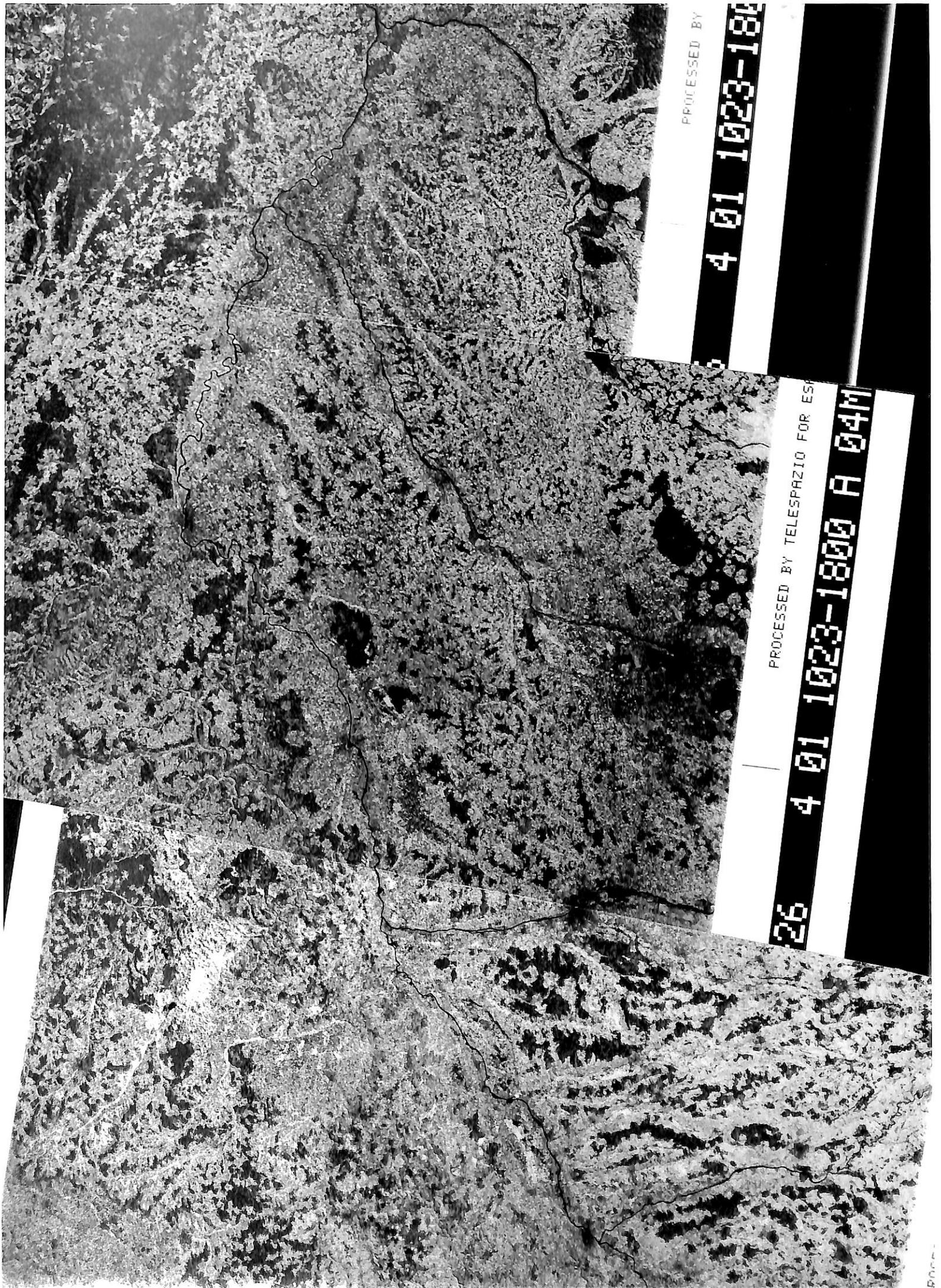
Abb. 2.30 Beziehung zwischen den normierten Monatsmitteln unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit $MNQ(\%)$: $(MQ-1)$ und C_v



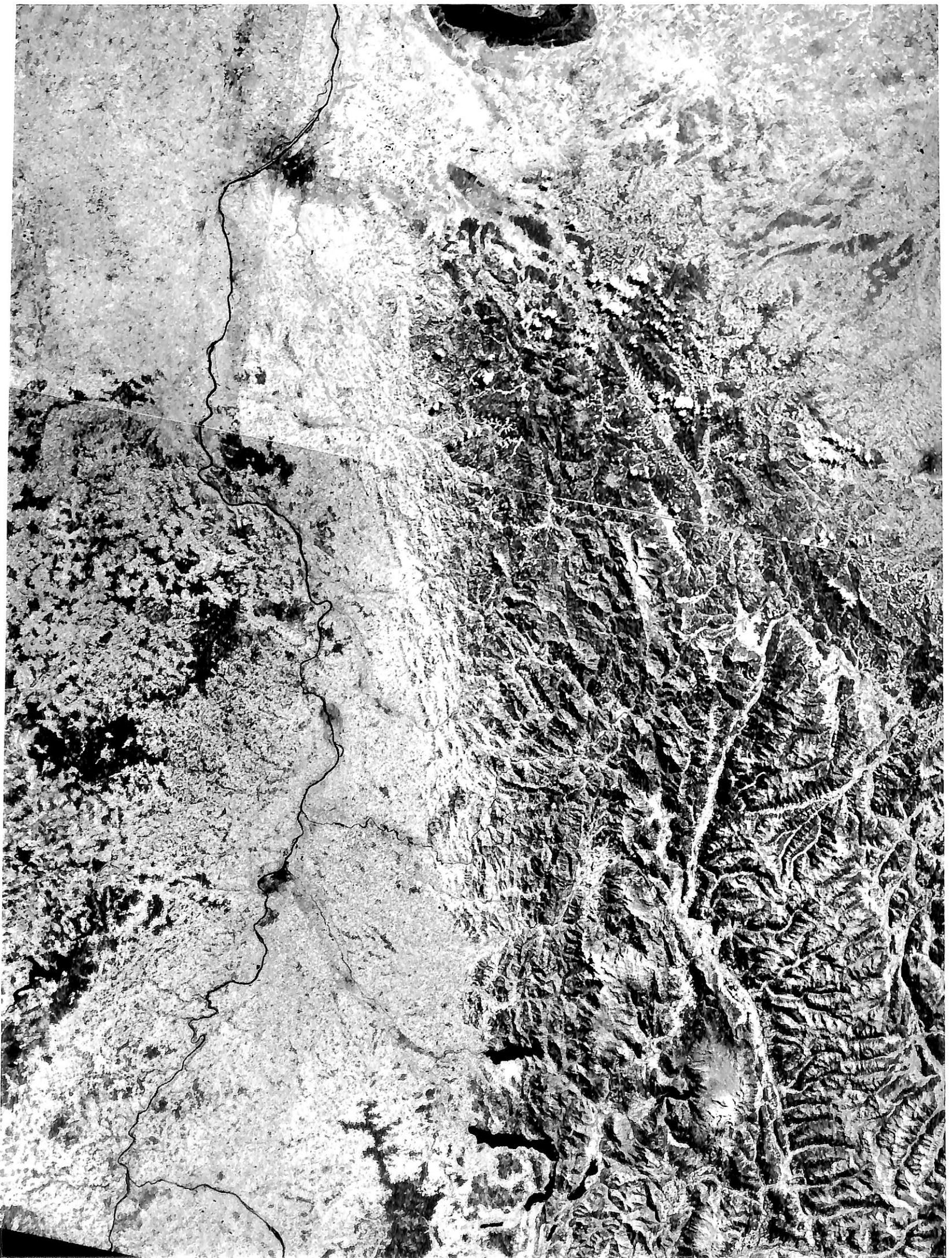
Satellitenbilder

LANDSAT 4/5, MSS, Empfangsstation Fucino
bereitgestellt von der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR)
D-8031 Oberpfaffenhofen

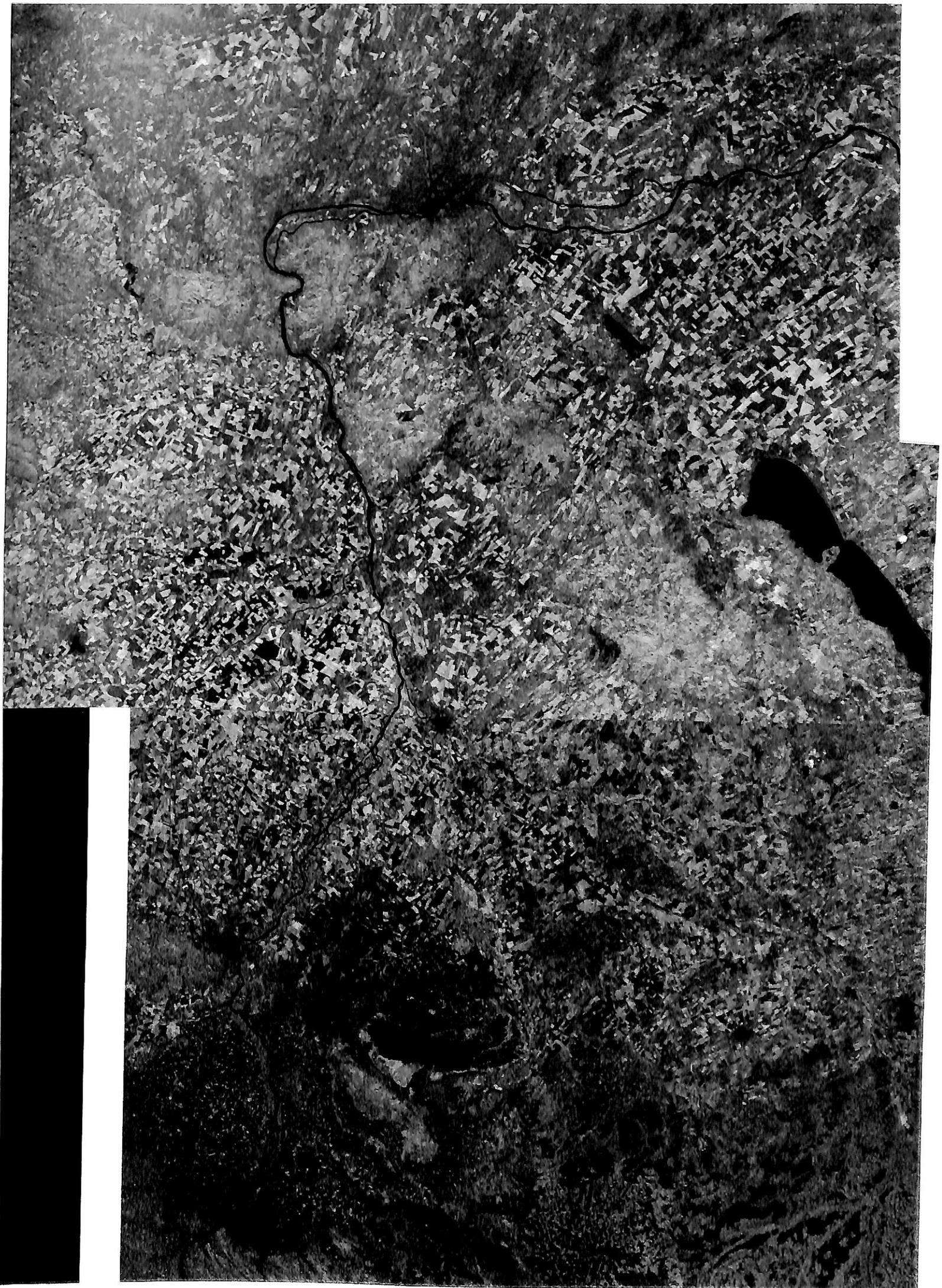




Die Donau von Ulm bis Passau



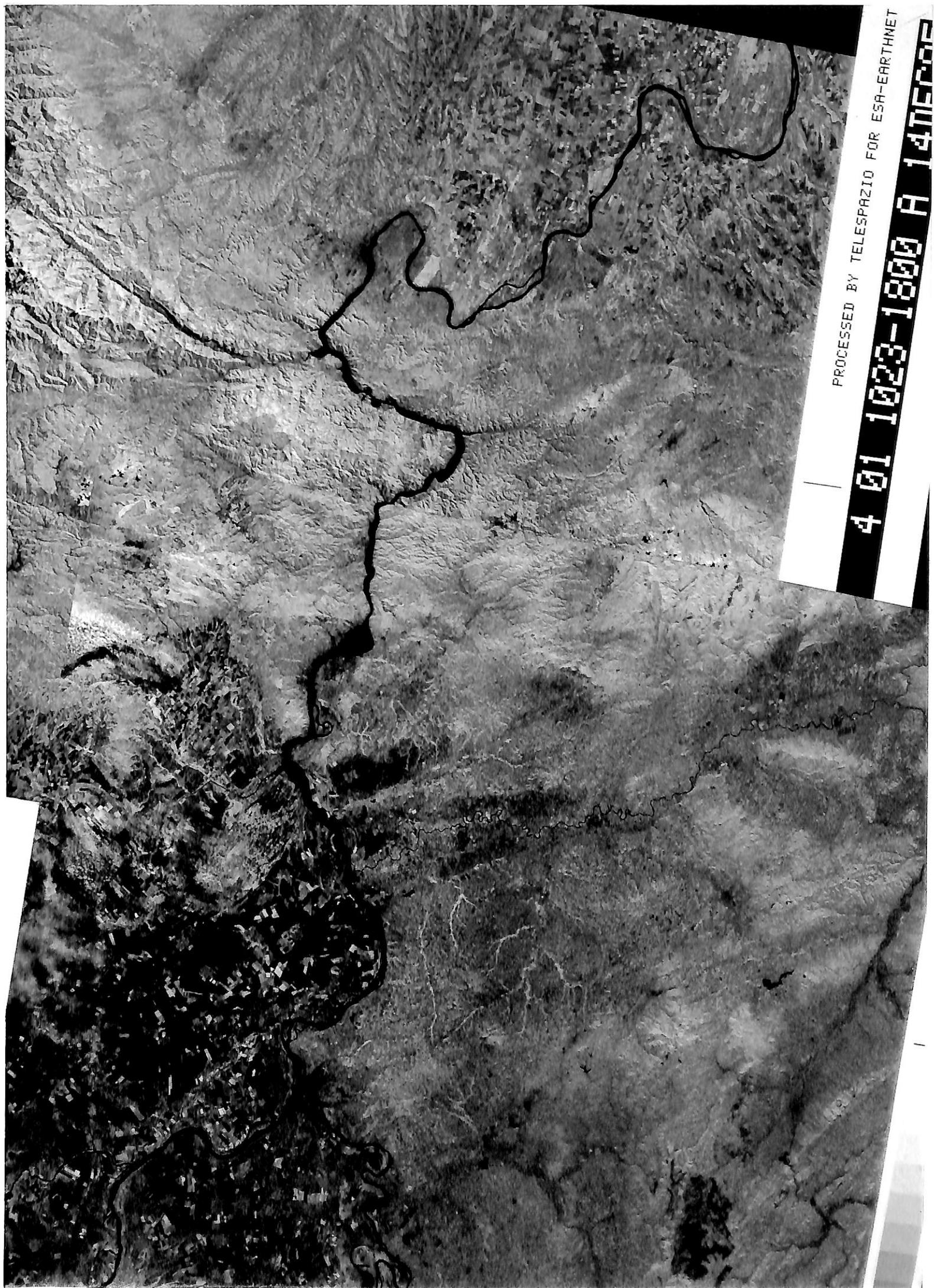
Die Donau von Passau bis Wien



Die Donau von Wien bis Dunaföldvár



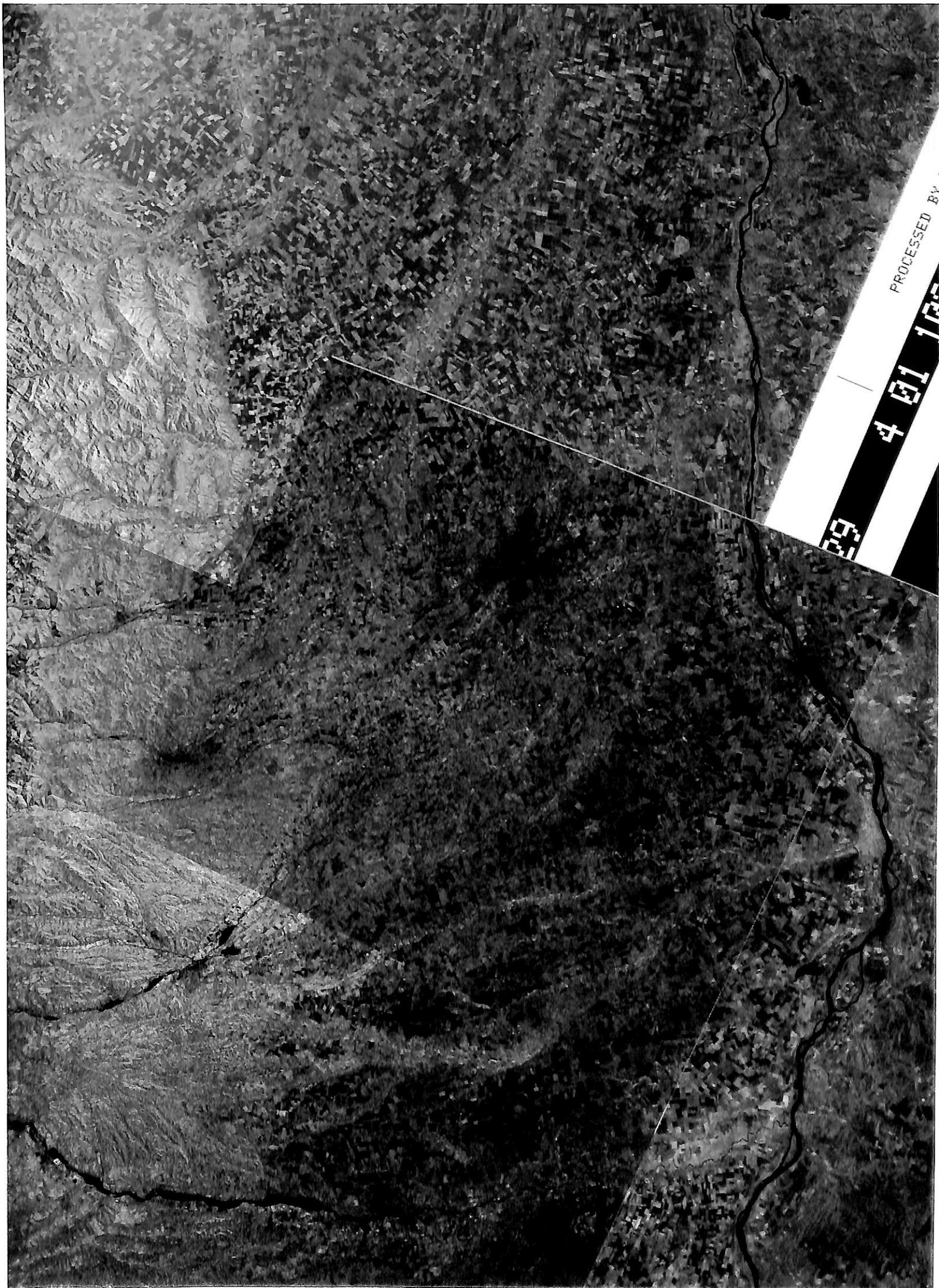
Die Donau von Dunaföldvár bis Belgrad



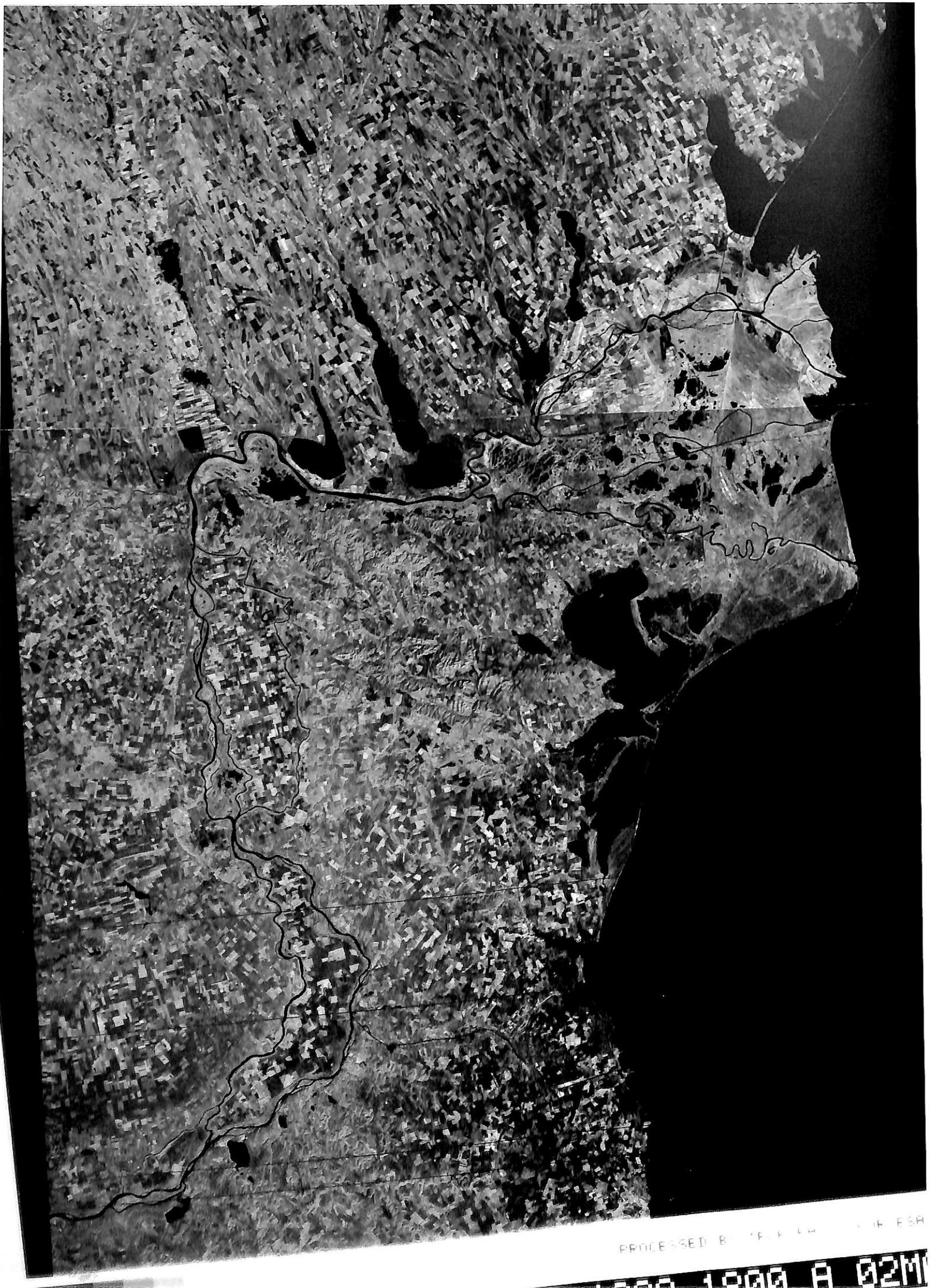
Die Donau von Belgrad bis Vidin



Die Donau von Vidin bis Zimnicea



Die Donau von Corabia bis Silistra

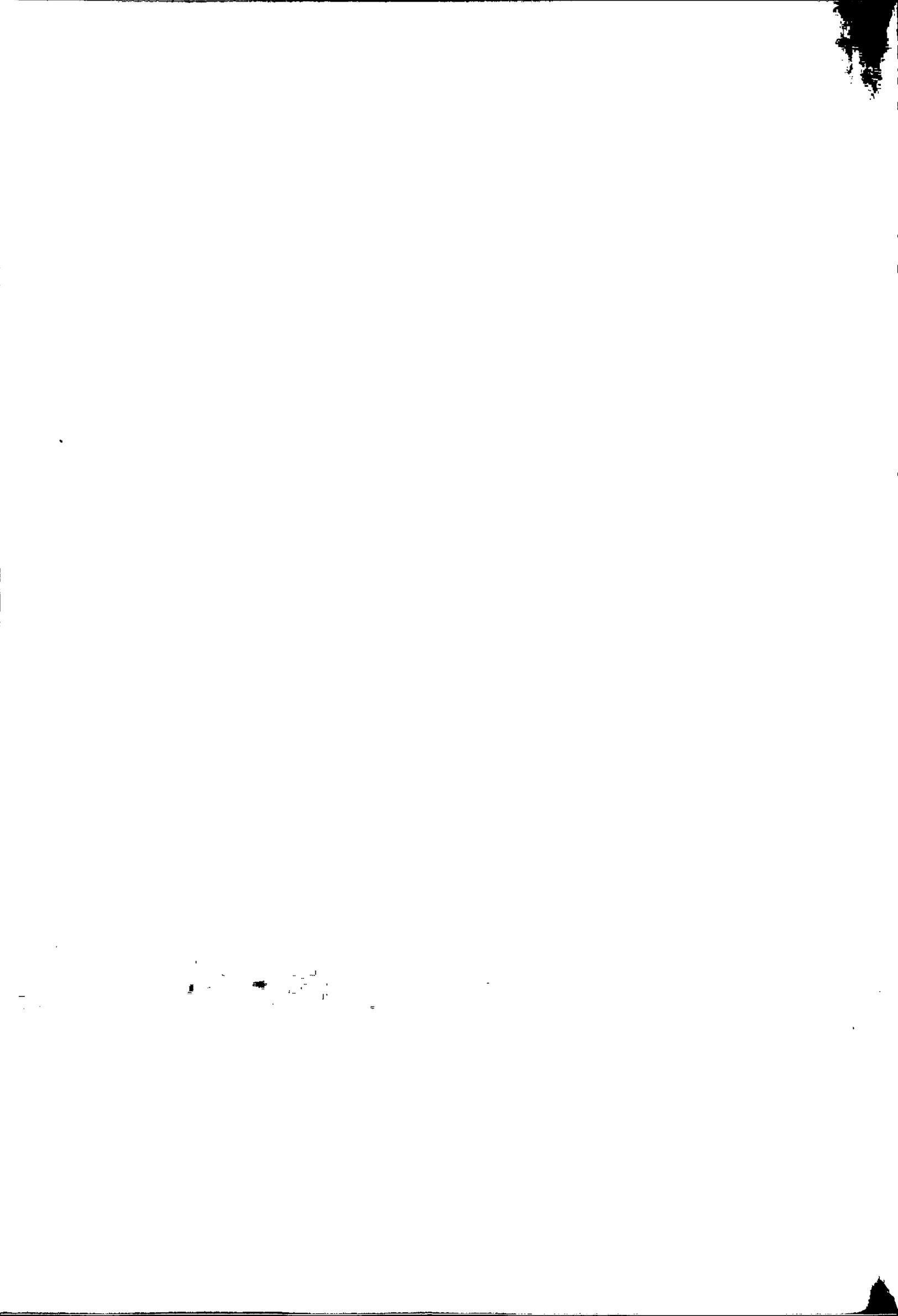


PROCESSED BY THE ESR

1988 1988 A 02M

Die Donau von Silistra bis zum Schwarzen Meer

Photographien

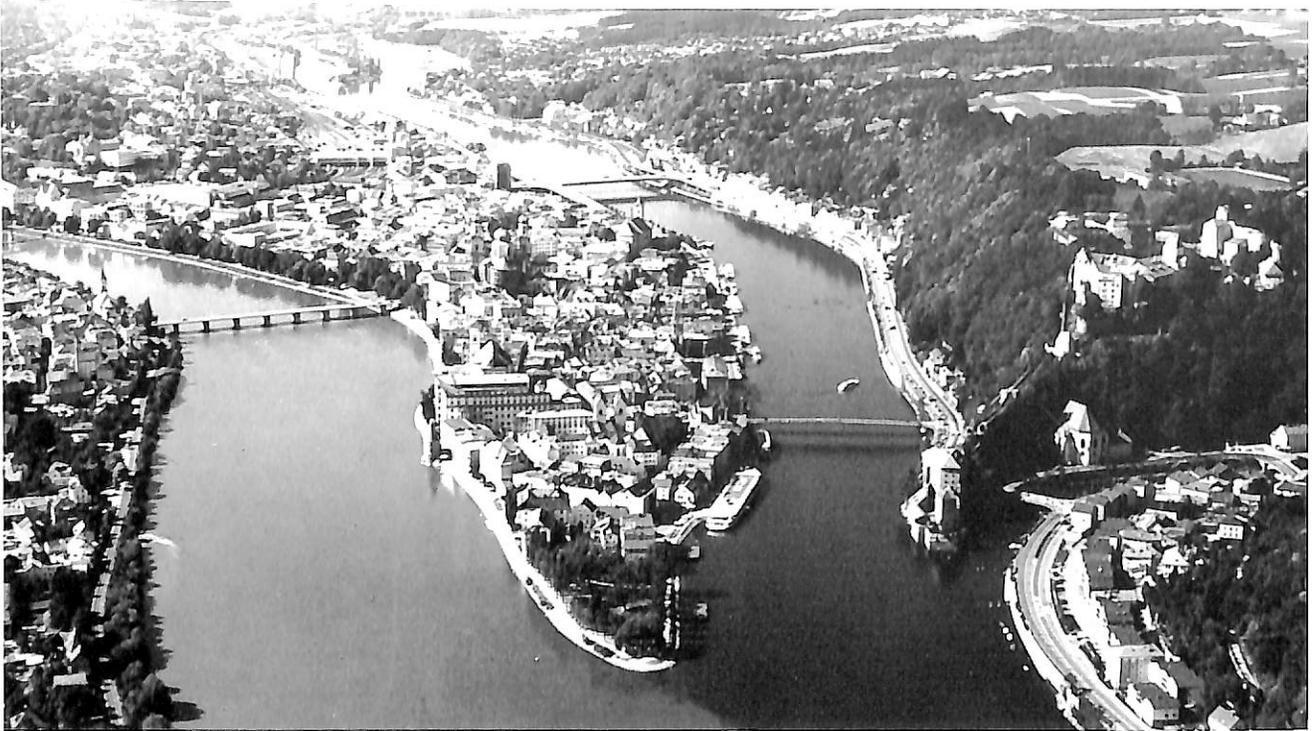




Der Donaudurchbruch bei Weltenburg
Luftbild Bertram, Freigabe Reg. v. Obb.
Nr. G4/30924



Die Donau in Regensburg mit der 800 Jahre alten Steinernen Brücke
Luftbild-Freigabe Luftamt Nordbayern Nr. P 2511/568



Die Donau in Passau mit der Einmündung von Inn (links) und Ilz (rechts)
Luftbild Bertram, Freigabe Reg. v. Obb. Nr. G4/30915



Die Donau bei Aschach (Rückstaugebiet des Donaukraftwerkes Aschach)



Das Donaukraftwerk Melk

Luftbild-Freigabe Österr. Bundesministerium für Landesverteidigung
Zl. 13088/589 - 1.6/85



Die Donau bei Krems



Die Donau in Bratislava



Zusammenfluß von Donau und Mosoner Donau



Die Donau in Budapest



Der Donauegel in Ruse



Die Donau zwischen Ruse (rechtes Ufer) und Giurgiu (linkes Ufer)



Der Hafen von Giurgiu



Im Donaudeelta

