


70824

ING. THEODOR SCHENKEL

KARSTGEBIETE UND
IHRE WASSERKRÄFTE

KARSTGEBIETE UND IHRE WASSERKRÄFTE.

EINE STUDIE AUS ÖFFENTLICHEN VORTRÄGEN
DES VERFASSERS ÜBER DIE AUSNÜTZUNG UND
VERWERTUNG DER WASSERKRÄFTE IN DEN
KARSTLÄNDERN DER ÖST.-UNG. MONARCHIE.

VON

THEODOR SCHENKEL,

BEHÖRDLICH AUTORISIRTER ZIVIL-INGENIEUR U. ST. BEEID. SACHVERSTÄNDIGER.

MIT 125 ABBILDUNGEN.



WIEN UND LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1912.

(ALLE RECHTE VORBEHALTEN.)

Vorwort.

Mit jedem Tage wächst der Wert jener Energiequellen, welche an den günstigen Gefällsstufen der Wasserläufe zum Ausbaue von Kraftwerken einladen.

Da in dem größten Teile der mitteleuropäischen Flußgebiete vielfach Ausnützungsstellen bestehen und zahlreiche neuere Wasserrechte zu Gunsten staatlicher Betriebe oder der Großindustrie, nicht minder für kommunale Zwecke schon erworben wurden, so liegt das Bestreben an der Hand, unbekannte und wenig in Anspruch genommene Wasserläufe zu untersuchen und vorbedachten Aufgaben dienstbar zu machen.

Die auffallenden Wechsel zwischen Tiefständen und katastrophalen Hochwasserableitungen der Flüsse in den Karstländern waren bisher einer zielbringenden Spekulation insoferne nicht günstig, als sich der Laie von solchen Verhältnissen abgeschreckt fühlt, die eine Einstellung großer kalorischer Reserven „scheinbar“ bedingen.

Letztere Ergänzung größerer Kraftwerke zu Zeiten schlechter Wasserführung oder gar des Versiegens unterbrochener Flüsse stößt nun auf verschiedene Schwierigkeiten, darunter hauptsächlich: Mangel an Kohle oder Rohöl, Mangel an passenden Eisenbahnen oder Zugverbindungen oder an günstigen und vollwertigen Straßen.

Im folgenden gibt nun der Verfasser einen Auszug seiner vieljährigen Studien über die Wertigkeit von Flüssen als Energiequellen, deren Einzugsgebiet ausgesprochenen Karstcharakter aufweist und somit die Bedingung periodischer Schwankungen der Wasserführung, der Inundation der gänzlichen Trockenlegung — durch geologische und klimatische Verhältnisse zugewiesen — in sich trägt. Er versucht hierin nicht nur eine vollkommene Klärung über Entstehen und Werden von Karstabflüssen, wie deren Theorie ja vielfach in der Literatur zerstreut und oft der reinen mechanischen Grundlagen entbehrend behandelt wurde, übersichtlich zu geben, sondern auch jene Mittel an Hand von Beispielen und persönlich ausgeführten Projekten zu erörtern, die geeignet sind, das ungünstige Bild über die Verwendungsfähigkeit solcher Wasserläufe zu Kraftzwecken zu verwischen.

Hiebei war der Leitstern vollkommener Ehrlichkeit festzuhalten, weil ja in den letzten Jahren eine vielfach ungesunde Spekulation sich in derartige Projekte eingelassen hat und zur Verklärung ihrer Resultate übertriebene Zahlen brachte, wie auch kaufmännisch ganz unbrauchbare Vorlagen zeitigte.

Ausgesprochene Absicht aber des Verfassers liegt in dieser Schrift vor, die gleichzeitig notwendige und wünschenswerte Hebung der landwirtschaftlichen Ertragnisse in Karstgebieten durch eine gesunde Wasserwirtschaft zu fördern. Auch will er die Aufmerksamkeit der staatlichen Behörden dahin lenken, in der Erteilung neuer Wasserrechte für Kraftwerke so vorsichtig zu sein, daß die größtmögliche, wirtschaftlich sichergestellte Ausnützung gewährleistet, Hand in Hand aber auch die Anrainer oder andere Interessenten von den Schäden des Raubbaues oder freibeuterischer Grundverwertung bewahrt werde.

Dieser Publikation liegen sachliche öffentliche Vorträge des Verfassers zu Grunde; die später namhaft gemachte Literatur bot ihm viel Wissenswertes; einzelne Mitglieder von Höhlenforschervereinen haben ihm in selbstloser Weise Mitteilungen und Illustrationen zur Verfügung gestellt, wofür ihnen hiemit der beste Dank gesagt wird. Ein Großteil der Skizzen und Ansichten stammt aus eigenen Entwürfen und Aufnahmen des Verfassers, einige kleinere Bilderbeiträge aus literarischen Werken und manches wurde durch Handzeichnungen ergänzt.

Wenn durch diese Arbeit dem sehr lehrreichen und interessanten Stoffe etwas gedient ist und hiedurch auch das ausländische Kapital auf die vorzüglichen Kraftwerke des österreichischen Karstes aufmerksam gemacht wird, so erscheint der Zweck vorliegender Studien erfüllt.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	III
Verzeichnis der Abbildungen	VII
Literaturverzeichnis	XI
Einleitung:	
A. Ältere Talbildungen	2
B. Jüngere Talbildungen	3
Die Wasserführung und -Verteilung	28
Besprechung einzelner Karststufen	49
I. Beispiele aus nördlichen Karstflüssen	49
Die Traun	49
Traunzuflüsse	49
Der Gosaubach	50
Die untere Traun	51
Die Steyr	51
Die Enns	51
Die Salza	53
II. Beispiele aus südlichen Karstflüssen	55
Die Save und einige ihrer Hauptzuflüsse in Krain	55
Die Laibach	56
Die Gurk	58
Der Themenizbach	58
Die Kulpa	59
Die Reka	59
Die Rečina	64
Die Dobra	65
Die Mrežnica	67
Gačka und Lika	69
Lika	71
Die Ričica und ihre Nebenflüsse	77
Die dalmatinischen Binnenlandflüsse	78
Die Kerka	79
Die Čikola	80
Die Cetina	81
Die bosnisch-dalmatinischen Poljenabflüsse	82
Die Trebinjčica	88

Verzeichnis der Abbildungen.

		Seite
	Die südösterreichischen Karstländer	20
Abb. 1.	Beispiel einer Wertverteilung nach Längenprofil und Einzugsgebiet . .	2
"	2. Beispiel eines ausgebildeten älteren Längenprofils	3
"	3. Beispiele abgeleiteter Kraftwerte	3
"	4. Talbildung in einer Querkluft (Vorarlberger Karst)	4
"	5. Längenprofile skandinavischer Flüsse mit ausgesprochenem Alpencharakter (kurze Steiltäler)	5
"	6. Längenprofile skandinavischer Flüsse (lange Mittelgebirgstäler)	6
"	7. Beispiel am typischen Karstflusse. Längenprofil mit eingeschalteten perio- dischen Seen	7
"	8. Höhlenbach im Silur (Lurbach im Grazer Karst)	7
"	9. Das Höhlengebiet der Punkva in seiner Lage zum Formationswechsel .	8
"	10. Obere Punkvaquelle (Vrelo im mährischen Karst)	9
"	11. Ausgebildetes Längenprofil mit Hauptbruchpunkten an der Mündung der Höhlenflüsse	10
"	12. Beispiel zum ausgebildeten Längenprofile eines typischen Karstflusses .	10
"	13. Erste Rekaschwinde in St. Canzian	11
"	14. Vrelo am Doberdosesee (Triestiner Karst)	11
"	15. Bunaquelle (Flußquelle) im herzegowinischen Karst	11
"	16. Ausfluß (Vrelo) des Punkvahöhlenbaches (oberhalb Flansko im mähr. Karst)	12
"	17. Ungleichaltrige Schwindenstufen (I., II. der Reka)	12
"	18. Stufenförmige Absenkung des Tales	13
"	19. Verlassene Flußhöhle der Punkva	13
"	20. Bildungen in verlassener Flußhöhle (mährischer Karst)	14
"	21. Bildungen in verlassener Flußhöhle (mährischer Karst)	14
"	22. Bestehende jüngere Höhlenflußstrecke der Reka	15
"	23. Höhlenflußstrecke der Reka in St. Canzian	15
"	24. Beispiel zur Korrosion in devonischen Kalken (Sloup im mähr. Karst) .	15
"	25. Entstehung der Dolinen	16
"	25a. Riesendoline am Nordrand des Lipovo-poljes	16
"	26. Schwemmlandtrichter, entsprechender Dolinen am Polje des Doberdosesee	17
"	27. Übergang des Höhlenflusses in seine Einsturzdoline (Reka)	17
"	28. Punkvavrelo und Ponor in der Mazocha (mähr. Karst)	18
"	29. Die „Mazocha“ im mährischen Karst (Einsturzdoline)	18
"	30. Verriegelung des Doberdo-poljes „a“	19
"	31. Der Westkrainer und Görzer Karst	19
"	32. Der Ostkrainer und Istrianer Karst	21
"	33. Der Likaner Karst	21
"	34. Der Ragusaner Karst	22

	Seite
Abb. 35. Schnitt durch die Felsenlandschaft des dalmatinisch-bosnischen Karstes	22
„ 36. Flußcañon und Höhleneinsturz bei St. Canzian an der Reka	23
„ 37. Übergang vom Höhlenflusse zum Cañonflusse (die Rappenlochschlucht im Vorarlberger Karst)	23
„ 38. Flußcañon der Reka (Triestiner Karst)	23
„ 39. Cañon des Ebnit im Vorarlberger Karst	24
„ 40. Beispiel eines noch nicht vollendeten Flußcañons an der Reka (Triestiner Karst)	25
„ 41. Beispiel zur Talbildung aus der gemeinschaftlichen Tätigkeit von Erosion und Korrosion (steiermärkischer Saantaler Karst bei Tüffer)	25
„ 42. Naturbrücke am Rakbache (Krainger Karst)	26
„ 43. Naturbrücke am Rakbache (Krainger Karst)	26
„ 44. Naturbrücke am Rakbache (Krainger Karst)	26
„ 45. Naturbrücke bei Sloup im mährischen Karst	27
„ 46. Naturbrücke im Punkvagebiete (mährischer Karst)	27
„ 47. Tal der Trebižat (herzegowinischer Karst)	27
„ 48. Vergleich eines älteren ausgebildeten Alpenflusses und eines Karstflusses an gemeinschaftlicher Wasserscheide	29
„ 49. Vergleich eines südlichen Karstflusses „Plouča“ mit der Mur in den Ostalpen	29
„ 50. Beispiel zu einem räumlich sicheren Niederschlagsgebiete eines ausgebildeten Alpenflusses	30
„ 51. Beispiel eines Vertikalzuflusses aus dem Triestiner Karst	32
„ 52. Die Lindnergrotte: Höhlenflußstrecke der Reka II an der Einmündung des Trebičschachtes	33
„ 53. Schema zur Entstehung und Entwässerung der Poljen	34
„ 54. Unterlage eines periodischen Karstbeckens	34
„ 55. Funktionswechsel der Schlinger und Speier	34
„ 56. Regen und Abfluß an alpinen, hochliegenden Zubringern (Mürzquellbäche)	34
„ 57. Vergleich von Regen und Abfluß (Mur); Regenkurve für den Schwerpunkt des Einzugsgebietes; Abflußkurve für den Ausgangspegel des Einzugsgebietes	35
„ 58. Vergleich von Regen und Abfluß (Drau); die Regenkurve für den Schwerpunkt des Einzugsgebietes; die Abflußkurve für den Pegel am Ausgang des Einzugsgebietes	35
„ 59. Vergleich von Regen und Abfluß (Save); die Regenkurve für den Schwerpunkt des Einzugsgebietes; die Abflußkurve für den Pegel am Ausgang des Einzugsgebietes	36
„ 60. Vergleich von Regen und Abfluß (Traun); für den Regen: der Schwerpunkt des Einzugsgebietes; für den Abfluß: der Ausgangspegel des Einzugsgebietes	36
„ 61. Vergleich von Regen und Abfuhr (Laibach); für die Regenkurve der Schwerpunkt des Einzugsgebietes; für die Abflußkurve der Ausgangspegel des Einzugsgebietes	37
„ 62. Regen und Abfluß am Istrianer Karste (Arsa)	37
„ 63. Regen und Abfluß am dalmatinisch-bosnischen Karste (Cetina)	38
„ 64. Beispiel von Gefällskonzentrierung an Längenprofilen von Karstflüssen (Enns)	38
„ 65. Gefällsstufe der Trebižat bei Kravica	39
„ 66. Gefällsstufe an den Plitvitzerseen (Likaner Karst)	39
„ 67. Vergleich zwischen nördlichen und südlichen Karstflüssen (Enns—Cetina)	41

	Seite
Abb. 68. Vergleich zwischen südlichen Karstflüssen geograph. verschiedener Gebiete gleicher Seehöhen (Unz—Cetina)	41
„ 69. Ponormühle an der Gačka bei Otočac	43
„ 70. Schwemmlandtrichterlandschaft an der Gačka (entstanden 1910)	45
„ 71. Schwemmlandtrichterlandschaft bei Sviča an der Gačka (Likaner Karst)	45
„ 72. Verteilung des Abflusses im Jahre; Beispiele für hochliegende alpine Flußläufe (Mürz)	47
„ 73. Aus dem Koppentale (ausgebildetes Cañontal)	49
„ 74. Längenprofil der oberen Traun (Karst des Toten Gebirges)	50
„ 75. Karstlandschaft im Gesäuse	52
„ 76. Karstbild aus dem Gebiete des Hochschwab	52
„ 77. Stromschnellen im Gesäuse	52
„ 78. Stromschnellen im unteren Gesäuse	53
„ 79. Flucañon an der Gams, dem linken Konfluenten der Salza (a. d. Hochschwab-Karste)	54
„ 80. Landschaft aus dem Karstgebiete des Hochschwab	54
„ 81. Verlassene Flußhöhle im Ötscher Karste (Eishöhle)	54
„ 82. Entwicklung des Laibachflusses	56
„ 83. Zirknitzseeausfluß bei Planina	57
„ 84. Schwinde am Rakbache	57
„ 85. Entwicklung des Themenizbaches	58
„ 86. Das Reka-(Timavo-)gebiet im Triestiner Karste	59
„ 87. Verlassene Oberstufe des Höhlenflusses Reka bei St. Canzian	60
„ 88. Marinitzhöhle, zum Schwindenkomplex der Reka bei St. Canzian	60
„ 89. Schmidlgrotte an der Höhlenflußstrecke der Reka bei St. Canzian	60
„ 90. Verlassene Flußhöhle („Tominzgrotte“) der Reka bei St. Canzian	61
„ 91. Reka-(Timavo-)Ausfluß bei St. Giovanni nächst Monfalcone	61
„ 92. Bildungen in verlassenen Flußhöhlen der Reka am Triestiner Karste	62
„ 93. Bildungen in verlassenen Flußhöhlen der Reka am Triestiner Karste	62
„ 94. Die unterirdische Reka bei Trebič	62
„ 95. Projektiertes Kraftwerk an der Reka	63
„ 96. Karstlandschaft an der Reka	63
„ 97. Die Foibaschwinde in Pisino am Istrianer Karste	64
„ 98. Dobracañon vor Ogulin	65
„ 99. Katarakte an der Dobra vor der Schwinde	65
„ 100. Dobraschwinde in Ogulin	66
„ 101. Karstlandschaft in der Mila-glavica	66
„ 102. Dobraflußquelle (Vrelo) in Gojak	67
„ 103. Projektiertes Kraftwerk an der Dobra bei Ogulin	67
„ 104. Projektiertes Kraftwerk an der Mrežnica bei Ostaria	68
„ 105. Projektiertes Kraftwerk am Dretuljabache	68
„ 106. Typus der Likaner Ponormühle	69
„ 107. Die Mühlengruppe an der Svička (Gačka)	69
„ 108. Hauptfall bei Svička	70
„ 109. Der Stephanieponor während der Inundation	70
„ 110. Karstlandschaft am Vratnik (Verriegelung des Senjsko bilo)	71
„ 111. Schwemmlandtrichterlandschaft im Lipovo-polje	72
„ 112. Das Schwindengebiet der Gačka und Lika und die projektierten Kraftwerke daselbst	73
„ 113. Svičafälle mit Svičko-Jezero	74
„ 114. Cañonbildung an der Sluineča im Likaner Karste	75
„ 115. Periodisches Vrelo im Plitvitzgebiete	76

Schenkel, Karstgebiete und ihre Wasserkräfte.

	Seite
Abb. 116. Gefällsstufe im Plitvitzgebiete	76
„ 117. Längenprofil zu den Kraftwerken Ričica—Zermanja	77
„ 118. Projektierte Kraftwerke in dem Ričicagebiete gegen die Zermanja	77
„ 119. Die Kerkaquellfälle oberhalb Knin	79
„ 120. Die Kraftgruppen im bosnisch-herzegowinischen Karste	83
„ 121. Längenprofil zu den projektierten Kraftgruppen im bosnisch-herzegowinischen Karste	83
„ 122. Die Tihaljinafußquelle „Peć“ am Fuße des Ploučapasses	86
„ 123. Die Kravicafälle des Trebižat	87
„ 124. Projektierte Kraftwerke an der Trebinjéica	89

Einschlägige und teilweise benützte Literatur.

- Mühlhofer F., Leutnant: „Der mutmaßliche Timavotschluß.“ Globus, Bd. XCII, Nr. 1. Triest 1907.
- „Der Lindener Timavo.“ Globus, Bd. XCIV, Nr. 4. 1908.
- „Die Erforschung des Magdalenenschachtes.“ Globus, Bd. XCI, Nr. 19. 1907.
- „Über Knochenfunde in den Diluvialschichten des Triester Karstes.“ Globus, Bd. XCII, Nr. 7. 1907.
- „Die Riesengrotte bei Triest“ (mit G. A. Perko). Triest 1906.
- Perko G. A.: „Der Zirknitzersee.“ Prometheus, Nr. 976, Bd. XIX, Nr. 40; Nr. 978, Bd. XIX, Nr. 42. 1908.
- „Die Noegrotte usw.“ Prometheus, Nr. 968, Bd. XIX, Nr. 32 und Nr. 969, Bd. XIX, Nr. 33. 1908.
- „Das Karstphänomen.“ Der Naturfreund, Heft 11. 1909.
- „Im Karst ist kein Grundwasser.“ Laibacher Zeitung, Nr. 176, 177, 178. 1908.
- Moser Karl, Dr., Prof.: „Einst bewohnte Felshöhlen des Karstes usw.“ Globus, Bd. LXIX, Nr. 19. 1906.
- „Die neue Knochenhöhle von Gabrovica usw.“ Globus, Bd. LXX, Nr. 11. 1896.
- „Der Karst.“ Jahresbericht des k. k. Gymnasiums. Triest 1890.
- „Der Karst und seine Höhlen.“ Triest 1899.
- Boegan Eugenio, Ing.: „La cavità sotterreanea etc.“ Triest 1909.
- „La grotta e il castello di S. Servolo.“ Triest 1911.
- „Le sorgenti d'aurisina“ (mit der Societa alpina delle Giule). Triest 1906.
- „La grotta Trebiciano.“ Triest 1910.
- Ghirra A., Ing.: „L'acquedotto combinato Trebiciano—Recca etc.“ Triest 1910.
- Pfreimbtner A., Prof.: „Der Čepičsee.“ Adria, Jahrg. II, Heft 6. 1910.
- Verein für Höhlenkunde in Österreich: „Mitteilungen für Höhlenkunde.“ Jahrg. 1908, 1909, 1910, 1911.
- Cvijič, Prof.: „Die Karstpoljen.“ Abhandlung der k. k. geograph. Gesellschaft in Wien, Bd. III, Nr. 2. 1901.
- Grund A., Dr., Prof.: „Karsthydrographie.“ Geograph. Abhandlung von Dr. Penck. Bd. VII, Heft 3. 1903.
- Penck A., Dr.: „Das Karstphänomen.“ Schrift des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Bd. XLIV. 1903/04.
- „Geomorphologische Studien aus der Herzegowina.“ Zeitschrift des deutschen und österr. Alpenvereines, Bd. XXXI. 1900.
- Kraus F.: „Über alpine Höhlen.“ Separatabdruck der Jahrbücher des österr. Touristenklub. Bd. XI, Heft 2.
- „Höhlenkunde.“ Wien 1894.
- Ballif Philipp, Baurat: „Wasserbauten in Bosnien und Herzegowina.“ Wien 1896.

- Unbekannt: „Zur Amelioration der Karstländer.“ Österr. landwirtschaftl. Wochenblatt, Nr. 8. 1897.
- Endriß K., Prof.: „Die Donauversinkung.“ Neues Tagblatt, Stuttgart, Nr. 225. 1907.
- „Der Friedinger Versenkversuch usw.“ Neues Tagblatt, Stuttgart, Nr. 276. 1908.
- „Die Grundlegung für die geplante große Kochsalzversenkung bei Friedingen.“ Neues Tagblatt, Stuttgart, Nr. 245. 1908.
- „Die Versinkung der oberen Donau.“ Stuttgart 1900.
- „Der gegenwärtige Stand und die voraussichtliche Zukunft der Donauversinkung.“ Kosmos, Heft 7. 1907.
- Makowsky Al., Prof., mit Rzehak Ant., Prof.: „Das Höhlengebiet von Brünn,“ daselbst 1903.
- — „Geologische Karte der Umgebung von Brünn,“ daselbst 1883.
- Wonisch F.: „Hydrologisches vom Lurloch.“ Mitteilungen des deutschen naturwissenschaftlichen Vereines beider Hochschulen. Graz, Heft 2, Bd. XXIV. 1908.
- Stoiser, Ing. Dr.: „Die ältesten Nachrichten und Ansichten über den Zirknitzersee usw.“ Jahresbericht der k. k. Staatsoberrealschule. Graz 1904.
- Krebs Norb., Dr.: „Morphogenetische Skizzen aus Istrien.“ Jahresbericht der deutschen Staatsoberrealschule. Triest 1903/04.
- Urbas W., Prof.: „Die oro- und hydrographischen Verhältnisse Krains.“ Zeitschrift des deutsch-österr. Alpenvereines. Bd. V, Heft 2. 1874.
- Morstadt, Ing. Dr.: „Zur Geologie Südtirols.“ Zeitschrift des deutsch-österr. Alpenvereines. Bd. VII, Heft 1. 1876.
- Richter E., Prof.: „Das Gletscherphänomen.“ Zeitschrift des deutsch-österr. Alpenvereines. Bd. V, Heft 1. 1874.
- Gstirner A.: „Die julischen Alpen.“ Zeitschrift des deutsch-österr. Alpenvereines. Bd. XXXI. 1900.
- Müller F.: „Die Kačna Jama usw.“ Zeitschrift des deutsch-österr. Alpenvereines. Bd. XXXI. 1900.
- Walter Johannes, Prof.: „Geologie Deutschlands.“ Leipzig 1910.
- Kratzer F., Dr.: „Geologischer Führer von Bosnien und Herzegowina.“ Serajevo 1903.
- Stache G.: „Übersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer von Österreich-Ungarn.“ Wien 1889.
- Credner: „Elemente der Geologie.“ Leipzig 1902.
- Diener: „Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes.“ Wien 1903.
- Kroatisch-slavonische Landesregierung: „Zemaljske Vodogradjevine“. Zagreb 1891, 1893, 1896.
- — „Opažanja Vodostajah.“ Zagreb 1891, 1895.
- K. k. hydrographisches Zentralbureau: „Jahrbücher der Drau 1895/1906, Mur und Raab 1895/1906, Save 1895/1906, Gebiet der Gewässer Küstenlands 1899/1906, Gebiet der Gewässer Dalmatiens 1896/1906, Donaugebiet 1891/1906.
- Hydrographisches Zentralbureau im k. k. Ministerium für öffentl. Arbeiten: „Der Wasserkraftkataster.“ Nr. 18—22 und 34.

Einleitung.

Die Bewertung eines Wasserlaufes zur Ausnützung seiner natürlichen Energie setzt zwei Grundlagen voraus. Die erste — rein technische — die Baumöglichkeit, die zweite — wirtschaftliche — die Bauwürdigkeit.

Die sichere Beurteilung der ersten Voraussetzung erheischt die Lösung zahlreicher Fragen, worunter nicht nur jene rein hydrographischer Verhältnisse einzureihen sind, sondern auch solche geologischen Ursprunges; endlich ist noch das Vorhandensein bestimmter Baumaterialien, die Gangbarkeit der Baustelle, Zufahrtsmöglichkeiten usw. zu beachten.

Die zweite Hauptaufgabe — Feststellung der Bauwürdigkeit — zieht weite Kreise in, dem Techniker oft fremden Gebieten; sie gipfelt hauptsächlich in der Lösung nach Verwertung und in der sicheren Ermittlung der tatsächlichen Kosten, bezogen auf die gelieferte Energie an der Gewinnungs- wie auch Arbeitsstelle.

Gewöhnlich werden diese beiden Hauptgruppen notwendiger Untersuchungen nicht strenge genug behandelt; die Spekulation besonders zerbricht sich über die Verwertungsfrage, d. i. also über das Wirtschaftliche selten den Kopf; sehr viele Techniker aber, welche an den Erhebungen über Baumöglichkeit beteiligt sind, haben ungenügenden Einblick in die wahren Bedürfnisse der Volkswirtschaft.

So wird die Folge unrichtiger Beurteilung entweder häufig ein Verschwenden gebotener Naturkräfte, oder die Außerachtlassung solcher, die sich nicht schon bei einfachen Betrachtungen kurzerhand der Ausnützung aufdrängen. Wir finden daher zahlreiche Flußgebiete, in welchen nur das Beste — ohne Rücksicht auf das allgemeine Wohl — ausgebaut und ausgebeutet wird; kein Wunder, wenn zukünftige Generationen in der Entwicklung ihrer Industrie dadurch empfindlich geschädigt werden.

Maßgebend für eine sichere Beurteilung in jeder Hinsicht sind in erster Linie die hydrographischen Verhältnisse eines Wasserlaufes, der Umfang seiner Wasserführung und die Höhe des auszu-

nutzenden Gefälles. Und gerade in diesen beiden Angelpunkten unserer Betrachtung zeigen sich große Unterschiede in ausgebildeten Tälern und in solchen, welche irgend eine Unterbrechung erleiden. Solche Gegensätze sind aber dann besonders hervortretend, wenn die geologische Beschaffenheit der zu prüfenden Gebiete von Einfluß auf die Wasserführung wird, wenn endlich eigentümliche klimatologische Erscheinungen für die Verteilung der jährlichen Abfuhrmengen ausschlaggebend sind.

A. Ältere Talbildungen.

Im allgemeinen ist von diesen vorauszusetzen, daß sie nach bekannten Regeln Gefälle und Wassermengen von der Quelle bis zur Mündung verteilt enthalten, und zwar im Zuwachse der Menge angenähert proportional der Länge, im Zuwachse des Gefälles angenähert nach logarithmischem Verhältnisse der Entfernungen zwischen Mündung und Quelle. (Abb. 1.)

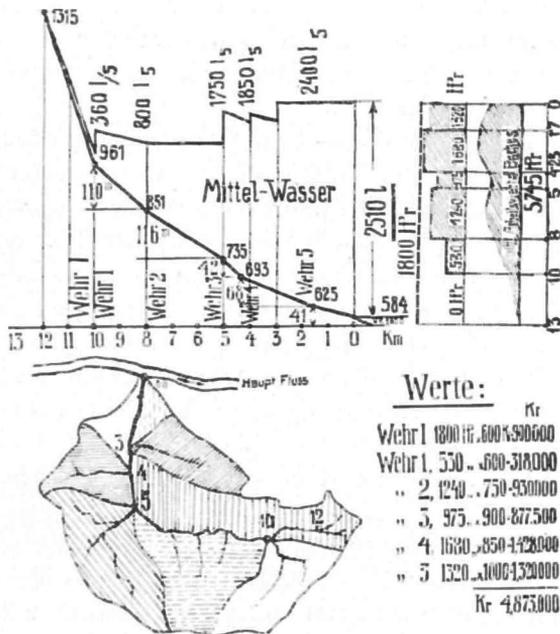


Abb. 1. Beispiel einer Wertverteilung nach Länge und Einzugsgebiet.

Das Einhalten dieser Regel bedingt gleichzeitig eine ziemliche Einförmigkeit der geologischen Formation, zumindestens die bezügliche Abhängigkeit unterer Strecken von den Quellgebieten. Sie fordert aber auch eine gewisse Verteilung der Niederschlagsmenge im Jahre und eine periodische Wiederkehr hervortretender Erscheinungen in der Reihe der Jahre.

Unter solchen Umständen werden auch durchschnittlich die Einzugsgebiete von der Quelle bis zur Mündung proportional an Flächen zunehmen; wir erhalten hiedurch — bei Einschätzung aller Faktoren — unter Zugrundelegung der maßgebenden Regenhäufigkeit, Hauptwindrichtung, der Lage des Tales in geographischer Beziehung (Lichtschatten, Windschatten, Regenschatten), ein genügend klares Bild der verfügbaren Wassermenge, der Hochwasser- und Frosterscheinungen.

Da in älteren schon ausgebildeten Tälern die Änderungen des Längenprofils gleichmäßige, selten sprungweise sind und vor allem im Verflachen der Gefällskurve gegen die Mündung und steten Bestreben nach Tieferlegen des Ursprunges bestehen, beide Prozesse aber längere geologische Zeiträume umfassen als die wirtschaftliche Periode unserer Kultur, so fallen sie

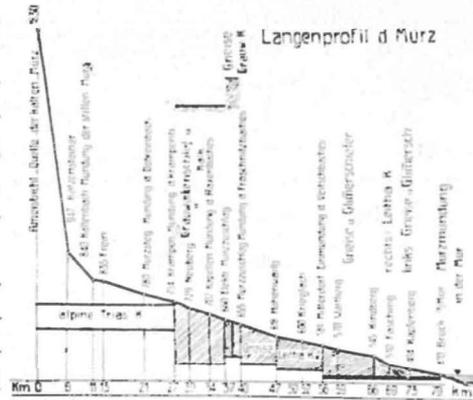


Abb. 2. Beispiel eines ausgebildeten Fluß-Längenprofils.

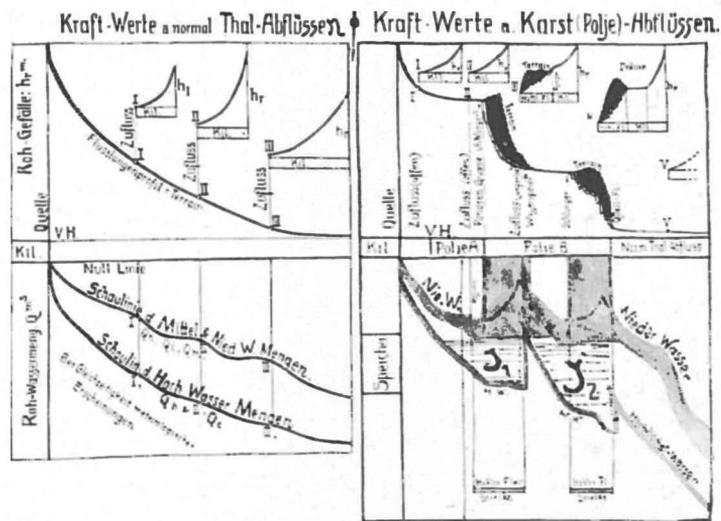


Abb. 3. Beispiel abgeleiteter Kraftwerte.

größtenteils außer Rechnung und bietet die bestehende Gefällskurve genügend sichere Anhaltspunkte richtiger Bewertung. (Abb. 2.)

Geringfügige Änderungen des Längenprofils an bestimmten Punkten, hervorgerufen durch die geologische Beschaffenheit der Sohle, durch Profilenen oder Überweiten, durch Einströmen starker

Konfluenten, können in technischer Beziehung fast immer durch richtig dimensionierte Stauanlagen unschädlich gemacht werden.

Der Wechsel der Wasserführung endlich im Laufe eines Betriebsjahres läßt sich auch bis zu einem gewissen Grade aus einer natürlichen Schaulinie mit gewaltigen Sprüngen in eine solche minderer Unruhe durch Talsperren oder Akkumulierungseinrichtungen bleibend umgestalten.

Die hieraus abgeleiteten Arbeitswerte nun, an jedem Punkte eines theoretisch gerade gestreckten Tales aufgetragen, ergeben für ausgebildete Täler eine gewisse Wertigkeitsfläche, die von der Quelle bis zur Mündung ziemliche Regelmäßigkeit und oft auch genügend gesetzmäßige Zunahme aufweist. (Abb. 3.)

B. Jüngere Talbildungen.

Wir bezeichnen — nur selten im Widerspruche mit der geologischen Periode und Formation — im allgemeinen solche, deren



Abb. 4. Talbildung in einer Querkluft (Vorarlberger Karst).

Gefällskurve wesentliche Unruhen zeigt, und in welchen auch unstetige Wasserführung, oft mit zunehmender Länge des Flußlaufes in abnehmender Weise auftritt.

Ohne Rücksicht nun auf das Bildungsalter der Talsohle können diese Unstetigkeiten aus verschiedenen formgebenden Ursachen, Verwerfungen, Faltungen, Einfluß des Wassers auf das Gestein in mechanischer und chemischer Hinsicht usw. (Abb. 4) abgeleitet werden.

Eine häufig vorkommende Unstetigkeit ist die Unterbrechung der Gefällskurven durch hori-

zonale Äste eingeschalteter Becken, Seen, die ihr Auftreten entweder der Ausschleuerung durch Gletscher in den Eiszeiten, oder Dislokationen, Faltenbildung, auch örtlichen kleinen Einbrüchen des Schichtenkomplexes verdanken. (Abb. 5.)

Sowohl in den Alpen als im nördlichen Europa, Skandinavien, Finnland usw., von anderen Erdteilen abgesehen, kommen Seenterrassen häufig vor. Jeder See spielt eigentlich einerseits die Rolle der Mündung, andererseits die Rolle der Quelle, und nur zwischen den Seen erfolgt eine regelmäßiger Ausbildung der Gefällskurve und der Einzugsgebiete. (Abb. 6.)

Da bei Kleinwasserführung die Verschiedenheit der Profilgröße des Zwischensees, gegenüber der Breite und Abfuhrfähigkeit des

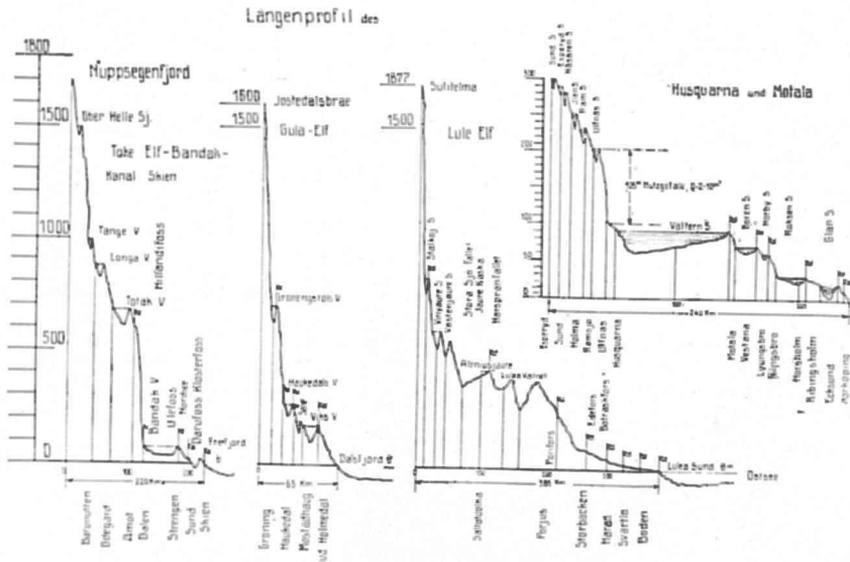


Abb. 5. Längenprofil skandinavischer Flüsse mit ausgesprochenem Alpencharakter (kurze Steiltäler).

Seeausflusses außerordentlich auffallend wird, so sind Seen geeignet, Wassermengen zurückzuhalten; sie geben erst unter Zeitverschiebung an der Seeklause so viel ab, als sie am Einflusse erhalten werden also zeitweise zu Speichern, die wieder — für sich — berufen sind, in Niedrigwasserzeiten die Ausflüsse zu bereichern.

Daher können sie auch in Hochwasserperioden große Wassermengen vom Abflusse aufhalten und die Ablaufzeit solcher Wasser infolge des außerordentlich kleinen Rinngefälles im Seewasserspiegel — für das Unterland günstig — verzögern.

Außerdem bilden Seen durch die große Aufnahmefähigkeit ihrer Profile Rückhaltungsbecken für alle Sedimente, so daß auch die Geschiebeführung des abhängigen Flusses hier sprunghaft Abminderungen erfährt, und die Klärung der Wasser befördert wird.

Sind solche Naturspeicher endlich klimatologisch so gelegen, daß sie regelmäßig mit bleibenden Eisdecken im Winter überzogen werden, so heben sie zum großen Teil die Abfuhr des rinnenden Eises auf; Treibeis, Eisrinnen usw. wandelt sich in konzentriertes Abgehen von Scholleneis um.

So gestalten die Seen alle normalen Verhältnisse der Wasserführung mehr oder minder vollständig um, und zwar nach dem jetzigen Stande unserer Beurteilung und Forderungen in wirtschaftlich nutzbringendem Sinne, wenn es sich um Energiegewinnung handelt.

Auf vielen Punkten der Erde und in verschiedenen geo-

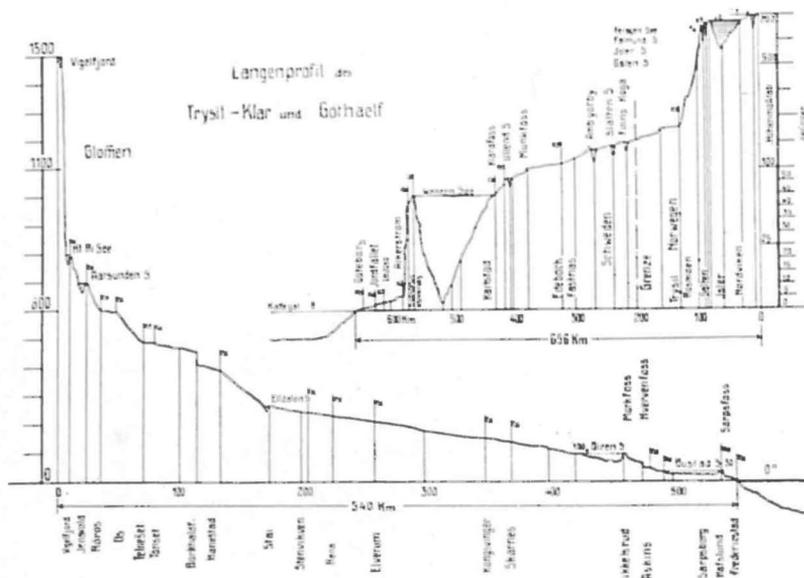


Abb. 6. Längenprofil skandinavischer Flüsse (lange Mittelgebirgstäler).

logischen Zeitaltern wie auch in zeitunterschiedlichen Formationen treten jedoch in wesentlich anderer Bauart unausgebildete Täler auf, deren Längenprofile Unstetigkeiten enthalten, teils ähnlich wie durch eingeschaltete Seebecken hervorgerufen, teils jedoch vollkommen unbekannter Natur.

Ihre Wasserführung zeichnet sich durch eigentümliche Unregelmäßigkeiten aus, und zwar neigen die Flußläufe entweder oberflächlich zu zahlreichen Verteilungen und Verästelungen, oder es wird endlich ihre sichtbare Wasserführung zur Null. Oft weisen auch sie eingeschaltete Seebecken auf, die unter dem Namen „periodische Seen“ bekannt sind und deren Inhalt alljährlich ein oder mehrere Male vom Maximum auf 0 übergeht. (Abb. 7.)

Das Auftreten solcher unausgebildeter Flußtäler finden wir in den sogenannten karstbildenden Formationen an, typisch im süd-östlichen Europa in der Fortsetzung der südlichen Vorlage unserer

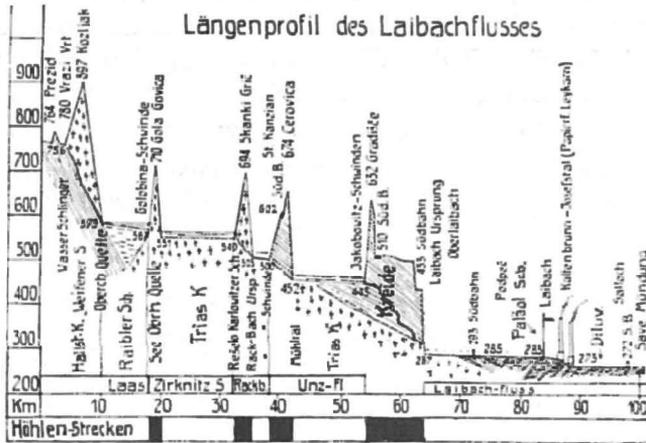


Abb. 7. Beispiel am typischen Karstflusse. Längensprofil mit eingeschalteten periodischen Seen.

Alpen bis an das Kap „Matapan“ im Peloponnes, u. zw. in einem Streifen von fast 200 km Breite längs der Ostküste der Adria und an dem Ufer des Ägäischen Meeres.

Allerdings finden sich ähnliche Erscheinungen auch in Frankreich, im schwäbischen Jura, in Zentralmähren und anderenorts vor, die alle dem eigentümlichen Verhalten des vorhandenen Gebirges zum Wasser ihr Entstehen verdanken.

Ein Teil des Längensprofils dieser Flüsse bildet sich unterirdisch aus; wir können diese Gefällslinien sowohl nach Höhenunterschied, als Wasserführung nur in dem gangbaren Bereiche der Höhlenflüsse beobachten, während sich die Erforschung dieser Erscheinungen durch die Zerteilung nach Spalten und



Abb. 8. Höhlenbach im Silur, Lurbach im Grazer Karst.

Klüften bei eigentlichen Spaltenflüssen völlig unserer Darstellung und häufig auch der Erklärung entzieht. (Siehe Abb. 3.)

Es würde zu weit führen, alle jene Hypothesen vorzubringen, welche das Wesen des Karstes umfassen sollen. (Siehe die eingangs angeführte Literatur.) Im großen und ganzen darf man sagen, daß der chemische Einfluß des Wassers auf einzelne Kalke, z. B. des Silurs und Devons, hauptsächlich aber der jüngeren Kreide ein gebirgsstörender und die Ursache solcher Bildungen ist. (Abb. 8.)

Wenn mit Kohlensäure angereichertes Wasser in die natürlichen Spalten des Gesteines eintritt, so bilden sich größere Hohl-



Abb. 9. Das Höhlengebiet der Punkva in seiner Lage zum Formationswechsel.

räume durch Auflösung, welche Ursache an bloßgelegten (denudierten) Schichten an der Oberfläche — ausartend — zur Einsickerung, im Fortschritte der Entwicklung jedoch zur Versinkung führt.

Vielfach tritt im Karste jene Erscheinung auf, nach welcher längere Strecken hindurch trotzdem ausgebildete Talläufe bestehen; man beobachtet aber dann, daß in den Talsohlen wasserundurchlässige Gesteine vorliegen und immer nehmen die Täler dort ein Ende, wo der Formationswechsel zur durchlässigen und der Korrosion wenig widerstehenden Kreide stattfindet.

Dies kann man fast regelmäßig in ganz kurzen und schmalen Tälern, wie auch in großen und ausgeweiteten beobachten und geben hiefür die Quellflüsse des Zirknitzersees, die Reka bei St. Kanzian, die Foiba bei Pisino, die Lika und Gačka bei Otočac, die Dobra bei Ogulin, die Punkva bei Blansko (Abb. 9) und endlich alle dalmatinisch-herzegowinischen Grenzflüsse lehrreiche Beispiele ab. Hiebei können die undurchlässigen, deckenden Formationen vor-diluvial sein, also dem Eozän oder Neogen angehören, aber auch dem Diluvium oder jüngsten Alluvialbildungen.

Ersterer Gruppe gehören z. B. die Reka, Foiba, zum Teil auch die Wippach, ferner die Abflüsse westbosnischer großer Poljen an.

Jüngere Bildungen liegen in den Obertälern des O-Vrhc am Zirknitzersee, ferner in den Flüssen der Lika, an der Vrlika in Dalmatien und in der Trebinjéica vor.

Hat nun ein Fluß die entsprechende unterirdische Zone durchlässiger Gebirge gequert, so tritt er wieder in tieferen Horizonten zu Tage (Abb. 10), d. i. entweder in Flußtälern auf Unterlagen sehr alter Formationen, oder endlich im Meere.

In letzterem Falle hat er gewöhnlich die ältere undurchlässige Schichte noch nicht gefunden, sondern es stellte sich für den Abfluß der natürliche tiefste Punkt — der Meeresspiegel — ein, welcher Horizont einer weiter gehenden Korrosion nach abwärts selbstredend die Grenze setzt.

Als typische Beispiele für den Übergang in alte Flußtäler gelten die Punkva, obere Zwitterawa, Laibach, Zermanja, Cetina, Narenta und Una (Abb. 11, 12), die alle wieder Konfluenten als unterirdische Höhlenflüsse oder Spaltflüsse besitzen.

Für die zweite Gruppe, mit direktem Abflusse in das Meer, sind als Beispiele anzuführen: der Timavo (im Oberlaufe Reka), die Foiba (im Unterlaufe Lemekanal), die Lika und Gačka, ein Teil des Trebižat mit Abfluß durch den Rastok und Jezero in den „Canale



Abb. 10. Obere Punkvaquelle (Vrelo im mährischen Karst).

di Narenta“, endlich die Trebinjica mit den beiden Hauptabflüssen an der Ombla und in Slano.

Von solchen gleichartigen Bildungen weiter südlich in Albanien,

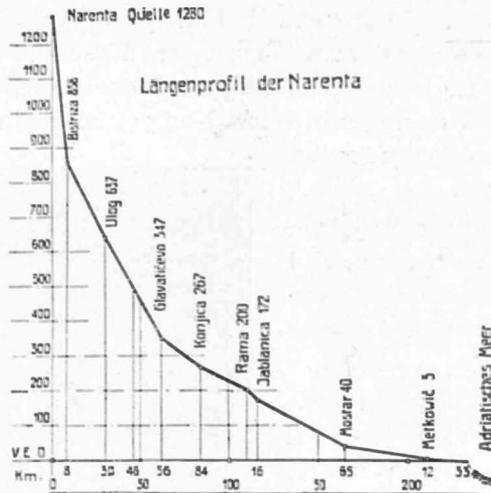


Abb. 11. Ausgebildetes Längenprofil mit Hauptbruchpunkten an der Mündung der Höhlenflüsse.

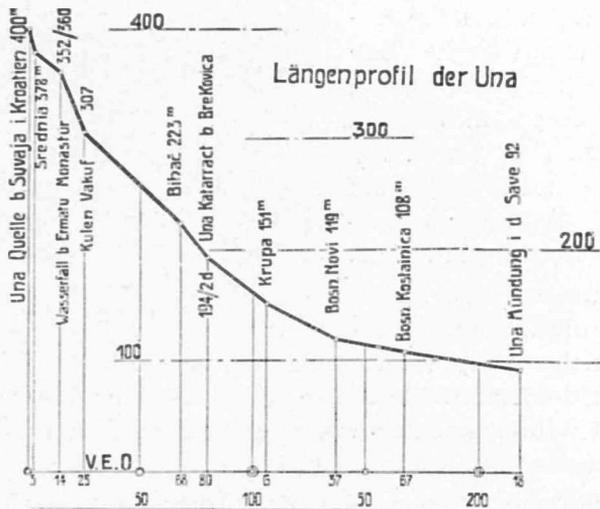


Abb. 12. Beispiel zum ausgebildeten Längenprofile eines typischen Karstflusses.

Griechenland, Kleinasien und am Kaukasus soll vorläufig Abstand genommen werden.

Jenen Punkt, in welchem der regelmäßige Tallauf plötzlich abgeschnitten wird, nennen wir die Flußschwinde (Abb. 13), jenen an welchem der ununterbrochene Tallauf wieder beginnt, die Flußquelle

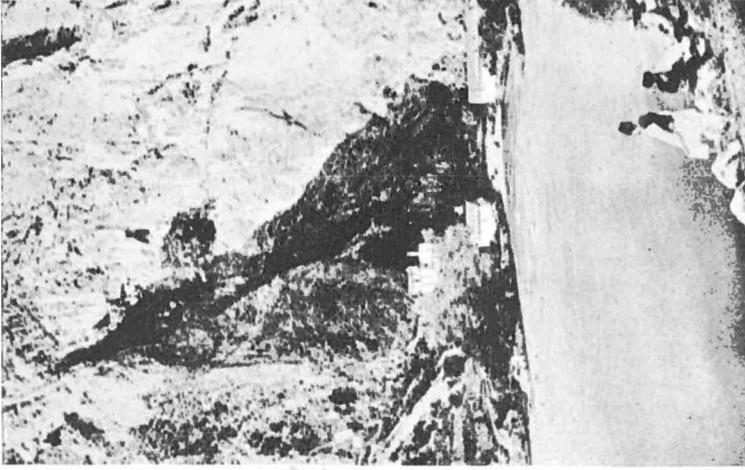


Abb. 10. Bumaquelle (Flußquelle) ans dem herzogowinischen Karste.

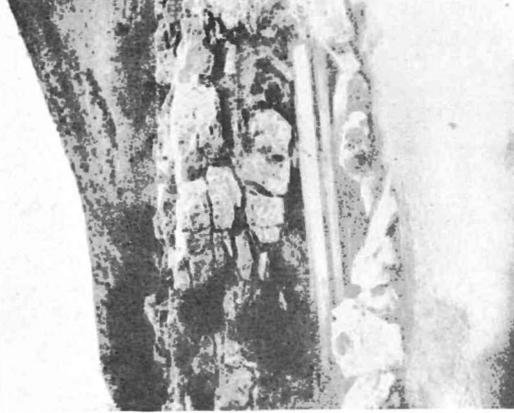


Abb. 11. Vrelo am Doberdo See (Trifstiner Karst).

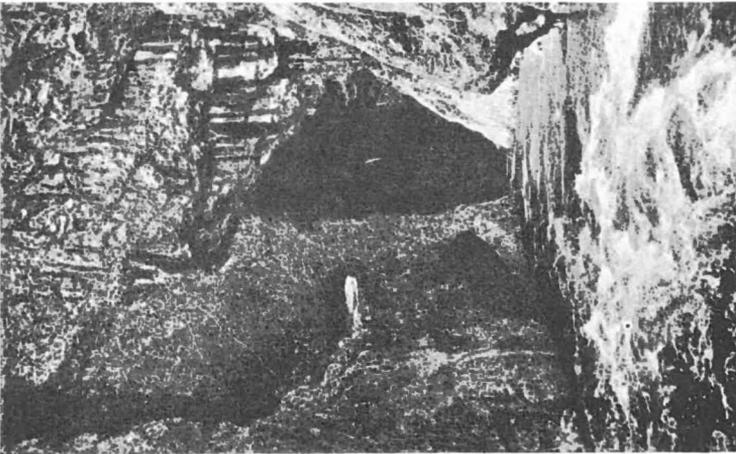


Abb. 13. Erste Relaschwinde bei St. Canzian.

(Abb. 14, 15), obwohl diesbezüglich örtlich und wissenschaftlich überflüssigerweise eine ganze Reihe von Ausdrücken gebraucht wird.



Abb. 16. Der „Vrelo“-Ausfluß des Punkvahöhlenbaches oberhalb Blansko im mährischen Karst.

In unseren österreichischen Karstländern sind diese zwei wichtigen Punkte vollkommen genügend gekennzeichnet durch die slawischen Worte „Ponor“ und „Vrelo“. (Abb. 16.)

Größtenteils finden sich ja alle Karsterscheinungen in slawischen Ländern vor und sind daher diese typischen Bezeichnungen den Slawen am besten zu entnehmen.

Ponore, d. i. Schwinden, entstehen je nach der zunehmenden Erosion der Obertäler in verschiedenen geologischen Perioden, also in verschiedenen Horizonten; die obersten sind die ältesten, die untersten die jüngsten. (Abb. 17.)

Ihre Lage ist jedoch nicht allein abhängig von der Erosion des Obertales, sondern auch vielfach von der Korrosionsfähigkeit des Höhlenabflusses, der ja doch immer



Abb. 17. Ungleichalterige Schwindenstufen I, II. der Reka.

dem tiefsten, durch die undurchlässige Formation gebotenen Horizonte zustrebt. (Abb. 18.)

Die unterirdischen Höhlentäler erfahren daher, nachdem für sie am Vrelo die Erosion des Mündungstales maßgebend wird, eine

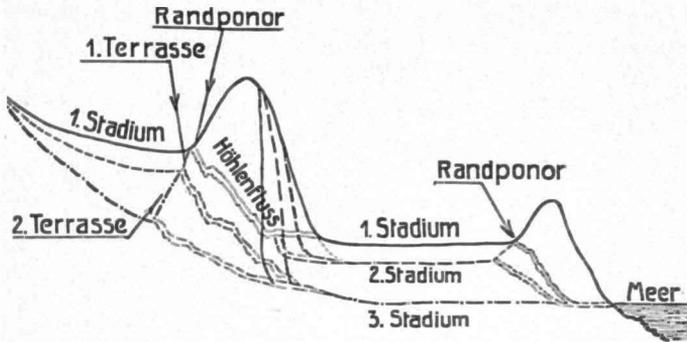


Abb. 18. Stufenförmige Absenkung des Tales.

fortwährende Vertiefung nach stromaufwärts, wodurch sich also auch im Obertale naturgemäß immer tiefer liegende Spalten und Klüfte zu Ponoren oder Wasserschlingern größtenteils im Wege der Korrosion ausbilden können.

So finden wir, wie es ja die bedeutendsten Höhlenforscher durch ihre Aufnahmen festgelegt haben, Höhlengänge und Grotten im Devonkalke oder Kreidestocke etagenförmig, die oberen bereits vom Wasser verlassen (Abb. 19, 20, 21), die unteren noch als Höhlenflüsse tätig. (Abb. 22, 23.)

Die Bildung der Ponore führt uns zum Typus der Dolinen und Trichter.

Gewöhnlich entstehen Ponore an vorhandenen Verwerfungen, häufig auch an den Grenzen verschiedener alter Kreidekalke. In einzelnen Fällen sind sie massenhaft vertreten, an einigen großen Dislokationen zwischen Kreide und Trias; in letzterem Falle, weil die Ab-

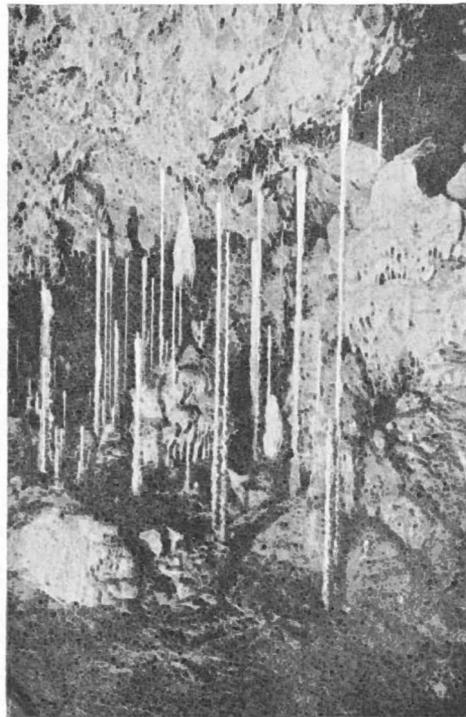


Abb. 19. Verlassene Flußhöhle der Punkva.

flüsse auf stark undurchlässige Triasschichten, z. B. Werfnerschiefer stoßen, verfolgen dann die Wässer diese Dislokationslinie, bis sie



Abb. 20. Bildungen in verlassener Flußhöhle (mährischer Karst).

wieder ein der Korrosion nicht widerstehendes Glied älterer Perioden antreffen; so die Lika und Gačeka im südkroatischen Berglande der Kapella und des Senjsko-Bilo.



Abb. 21. Bildungen in verlassener Flußhöhle (mährischer Karst).

Die Doline läßt hinsichtlich der Erklärung ihrer Entstehung mancherlei Ansichten Raum, ein Tummelplatz der Hypothesen. Viele Autoren, besonders praktische Höhlenforscher, reihen die Dolinen größtenteils den Einsturzerscheinungen zu, viele ausschließlich nur den Korrosionserscheinungen.

Nach des Verfassers eigenen Erfahrungen läßt sich einwandfrei behaupten, daß beide Ursachen Dolinen erzeugen, weit häufiger jedoch und in vielen ausgedehnten Gebieten ausschließlich die Korrosion. (Abb. 24.)

Letztere bedingt eine ausgiebige tief reichende Klüftung der Kalke, wodurch oberirdische

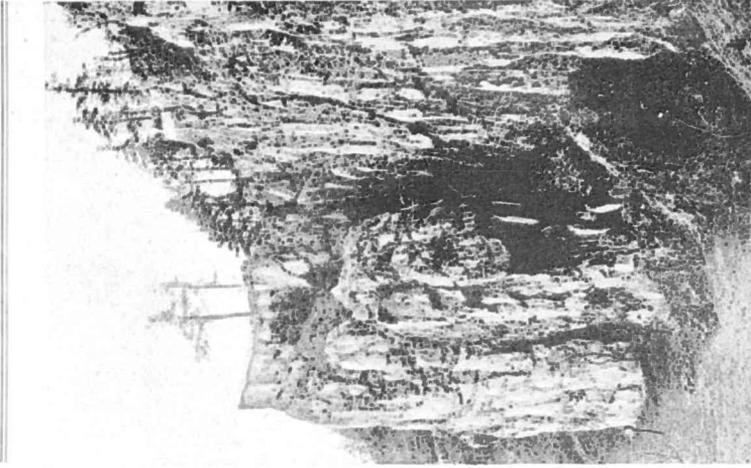


Abb. 24. Beispiel zur Korrosion in devonischen Kalken (Sloup im mährischen Kurs).

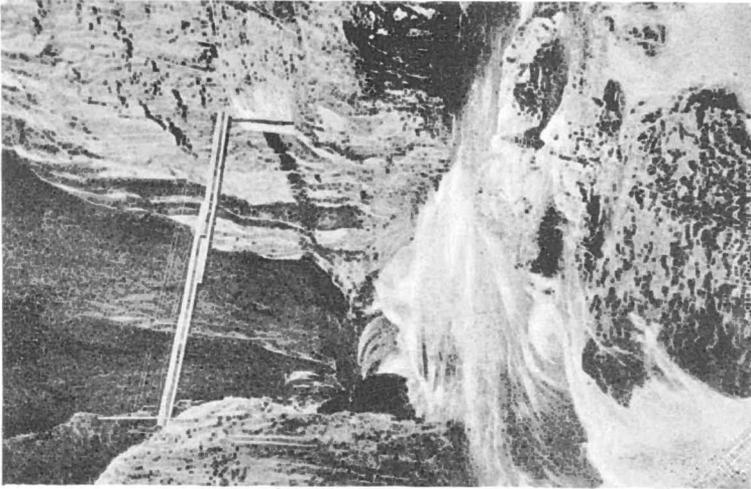


Abb. 23. Höhlenfußstrecke der Reka in St. Canzian.

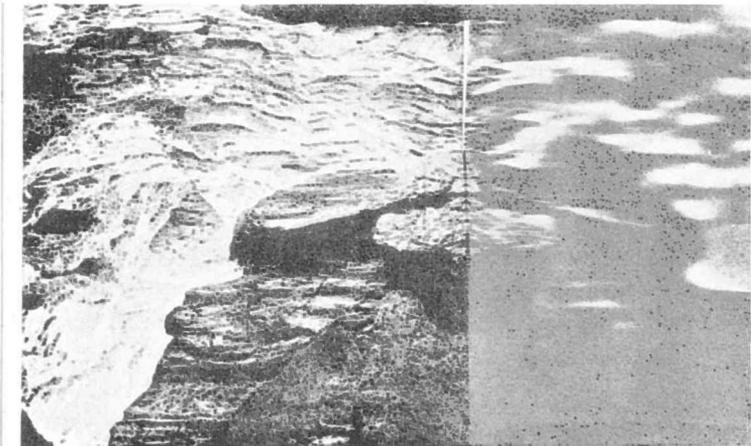


Abb. 22. Bestehende jüngere Höhlenfußstrecke der Reka.

Wässer ihren Abfluß finden, und aufgelöste wie mitgerissene Bestandteile in die Tiefe führen können. (Abb. 25.)

Jede Doline hat daher einen Sohlenspalt, von dem aber nicht angenommen werden muß, daß er zu stark erodierten Hohlräumen

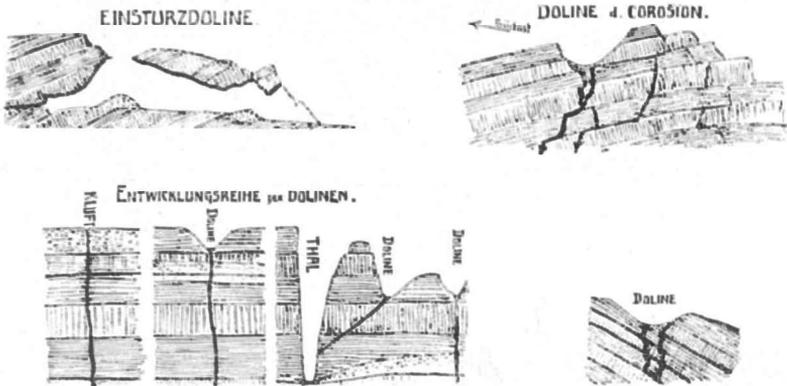


Abb. 25. Entstehung der Dolinen.

führt. Er „kann“ dahin führen und dann ist die Dolinenbildung leichter und häufiger, es kann aber auch nur durch Verästelung allein der Abfluß stattfinden; dann sind die Dolinen weniger dicht, größtenteils aber ausgebildeter in der Form. (Abb. 25 a.)

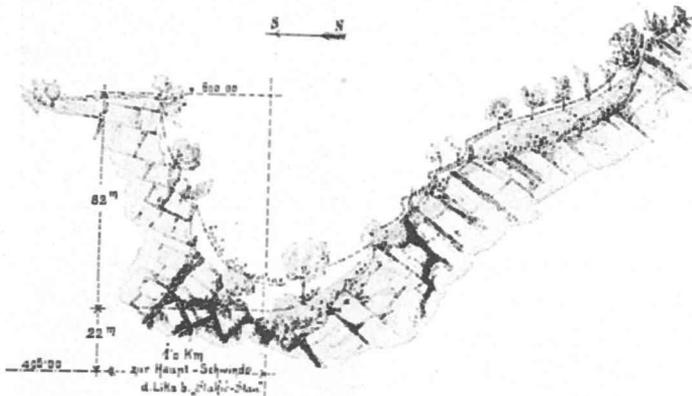


Abb. 25 a. Riesendoline am Nordrand des Lipovo-poljes.

Sowie das Hauptmerkmal der karstbildenden Kalke das Auftreten von Karren, Mulden und Trichtern wie auch Löchern bildet, so entstehen auch an den Schichtköpfen dieselben Korrosionsspuren, u. zw. in ziemlicher Gleichmäßigkeit, um eine gebotene Abflußspalte. (Abb. 26.)

Wie nun der einzelne Schichtenkopf gewöhnlich an der Wetterseite mehr korrodiert und daher zur Steilform wird, so erscheint

auch fast jede Doline gegen die Sonne hin steil, gegen Norden flach gebösch. An der Steillehne häuft sich auch der Schnee, ist die Einwirkung der Auflösung eine längere, und dies ist ein

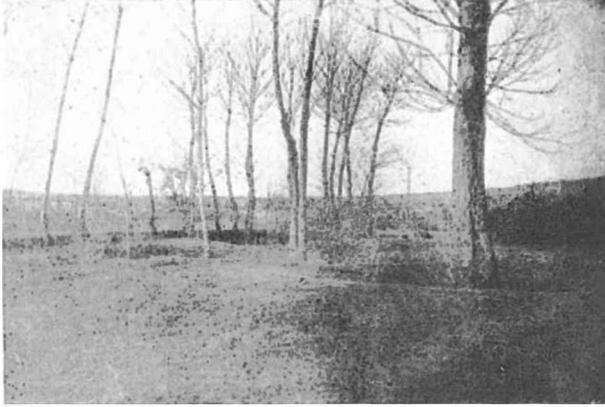


Abb. 26. Schwemmlandtrichter, entsprechender Dolinen am Polje des Doberdoseses.

Hauptmerkmal für den Ursprung der Doline aus chemischem Verhalten.

Eingeschwemmte Körper nun sedimentieren sich am Sohlenpalte; hiezu kommen noch die unlöslichen Bestandteile des Kalkes, wodurch das Auftreten der Terra-rossa oder anderer fruchtbaren Erden genügend erklärt ist.

Daß bei starken Erosionen unterirdischer Klüfte Hohlräume entstehen können (hauptsächlich in den Linien schon vorgebildeter Dolinen) (Abb. 27), in welchen die Spannungen von der Decke ohne Deformation oder Bruch nicht mehr übernommen werden können, ist uns Ingenieuren klar; danach schätzen wir auch die Einsturzdoline ein und können aus dem reihenweisen Vorhandensein derselben auf die Existenz eines Höhlenflusses, eines alten oder aktiven

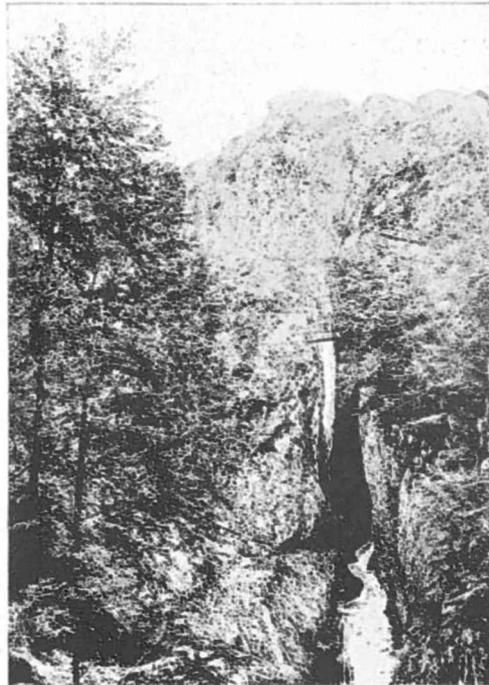


Abb. 27. Übergang des Höhlenflusses in seine Einsturzdoline (Reka).



Abb. 28. Punkvavrelo und Ponor in der „Mazocha“
(mährischer Karst).

und läßt sich bis auf eine Breite

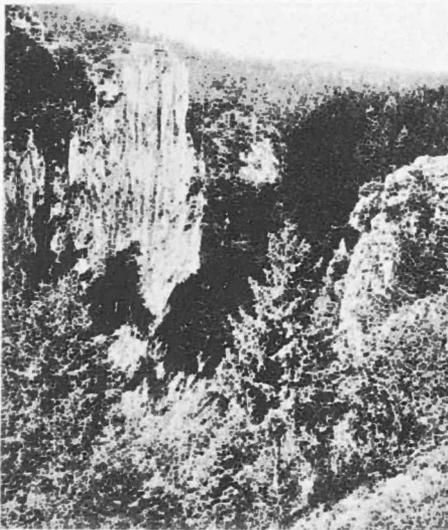


Abb. 29. Die „Mazocha“ im mährischen Karst
(Einsturzdoline).

schließen, so an der Mazocha und in ihrer Umgebung. (Abb. 28, Abb. 29.)

Manche Karst-Schriftsteller nehmen nun die Doline als Ausgangsform sämtlicher Vertiefungen im Karste, also auch als Urform des Beckens oder Poljes an.

Der Verfasser will aber, es für unzutreffend erachtend, nicht so generalisieren, da die mechanischen Vorgänge in der Gebirgsbildung eine solche — gezwungene — Entstehungsweise durchaus nicht rechtfertigen.

Überblickt man das ganze Karstgebiet der alpinen Trias und der Kreide von der Triglavgruppe bis zum Meerbusen von Nauplia, so findet sich ein ausgesprochenes Streichen der Schichten in der Richtung Nordwest-Südost vor.

In diesen Richtungen treten aber auch, bedeutende Erhebungen bildend, ältere Formationen auf von 200 km parallel zur Ostküste der Adria diese Regelmäßigkeit feststellen.

Schließt man sich der sehr wahrscheinlichen Theorie des horizontalen Gebirgsschubes an, so bildete eben dieser — senkrecht auf die Richtung des Streichens — den Anlaß zu den großen Faltenzügen am Karste.

Hiebei ist es gar nicht notwendig, von besonderen Einbrucherscheinungen an der dalmatinischen Inselzone zu sprechen, da dieselben eigentlich für den unbeeinflussten Beobachter nicht vorhanden sind. Es ist ja nicht ausgesprochen, daß jedes Faltenantal und jeder

Faltenberg über Seehöhe herausragen muß, denn der heutige Meeresspiegel ist ja kein in der Geologie maßgebender Horizont.

Eine derartige mechanische Einwirkung auf ein System von Platten, welche der primären Lagerung nach schon eine vorbe-

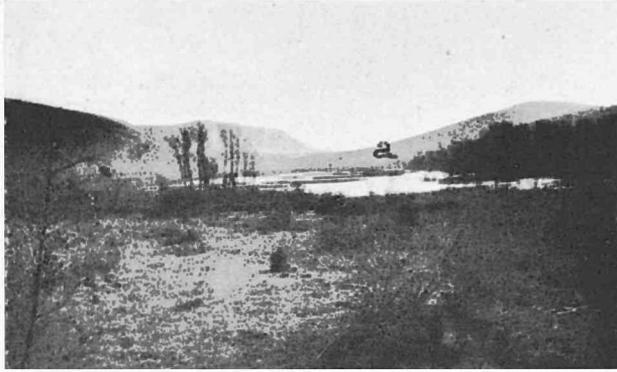


Abb. 30. Verriegelung des Doberdopoljes „a“.

stimmende Neigung gehabt haben können, ruft, wie wir es aus der Mechanik wissen, Schubspannungen quer auf die Belastungsrichtung hervor. Das Material zeigt daher neben den Klüften parallel zum Streichen noch jene transversal schneidend auf, u. zw. nach dem

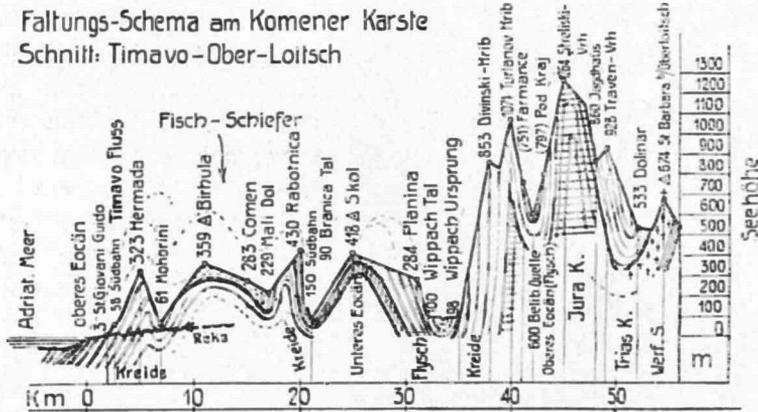


Abb. 31. Der Westkrainer und Görzer Karst.

typischen Verhalten der Kalke oder Dolomite in bestimmten gegenseitigen Neigungswinkeln.

Diese Schubspannungen verursachen ebenso die Bildung sekundärer Querfalten, welche die alten Haupttäler unbedingt verriegelt haben. (Abb. 30.)

Wir können größtenteils voraussetzen, wie es ja auch hervorragende Geologen untersucht und angenommen haben, daß diese

Faltung in den Karstländern eigentlich einer späteren Periode angehört und daß schon die Flysch-Formationen, wie das Neogen, vorher daran teilnahmen, Diluvium und Alluvium aber erst später in die schon verriegelten Täler abgelagert wurden.

So erklärt sich auch, daß die jüngeren Gebilde zum großen Teile die Faltenbildung mitgemacht haben, was besonders deutlich am Istrianerkarst in der Linie Timavo—Loitsch (Abb. 31), ferner in der Transversalen Rovigno—Schneeberg (Abb. 32) und dem Schnitte Jablanac—Otočac—Dabar in der Lika (Abb. 33), die vom Vortragenden persönlich aufgenommen wurden, nachzuweisen ist.

Auch die bezüglichen Konstatierungen von Penck und Cwijić an den herzegowinischen großen Poljen, wie des Verfassers Aufnahme eines Schnittes am Popovo-Polje über Slano, erhärten diese Behauptung. (Abb. 34, 35.)

In der Längenenachse von Poljen finden wir durchwegs entweder ausgebildete bestehende Täler, häufig aber lange Dolinenreihen oder Einsenkungen — also jedenfalls

Erosionsspuren alter durchlaufender Täler, welche es gestatten, die alten Flußläufe gut zu rekonstruieren. (Nebensiehende Karte.)

So ist dieses besonders auffallend im Zuge der Linie „Laas—Loitsch“ für O-Vrch und Unz, in der Linie „Reka—Timavo“,



Die südoststeirischen Karstländer.

geographischer Lage zeigen auch die noch heute aktiven offenen alten Täler der Una, Vrbas und Bosna, wenn auch letztere durch

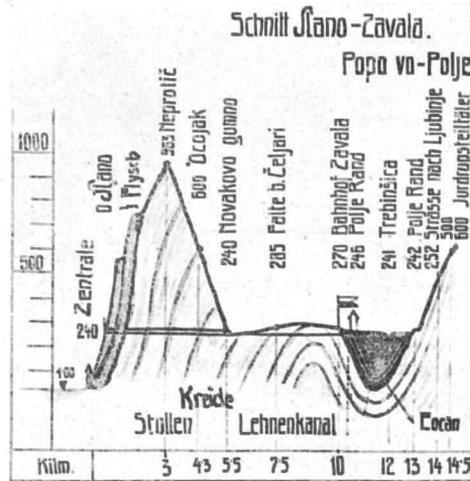


Abb. 34. Der Ragusaner Karst.

die großen Störungen ausgedehnter Eruptivgebiete etwas nach Osten abgelenkt wurden.

Die durch vorerwähnte Faltungen entstandenen Dislokationen

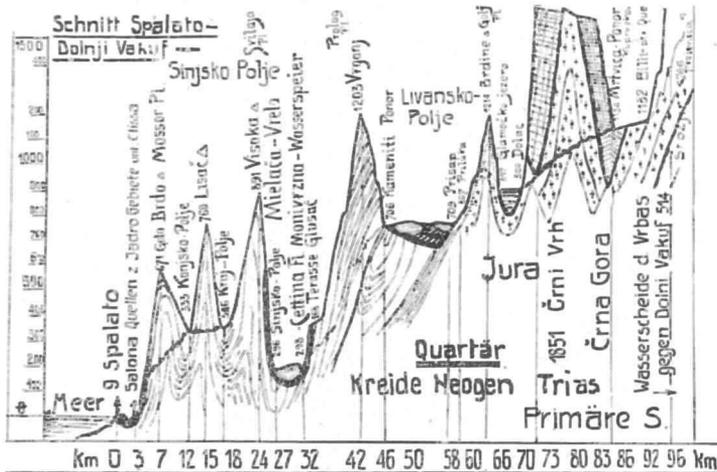


Abb. 35. Schnitt durch die Felsenlandschaft des dalmatinisch-bosnischen Karstes.

in der Richtung des Streichens sind also maßgebend; so entstandene Längsklüfte waren die Angriffsorte der Erosionstätigkeit und Vererbung der Poljen. In ihnen zeigen sich offene regelmäßige Längen-

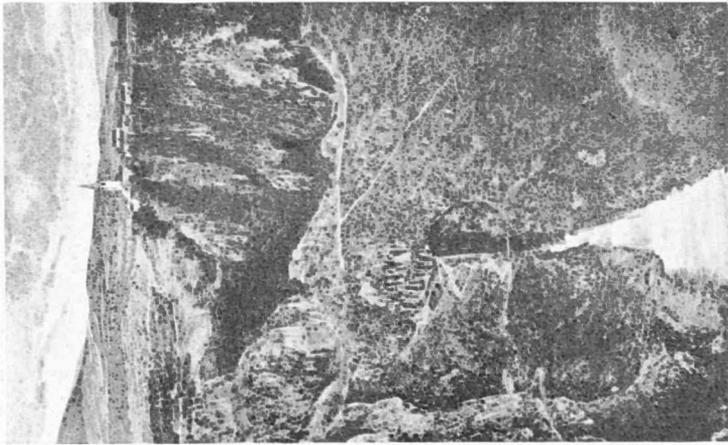


Abb. 36. Flußcañon und Höhleneinsturz bei
St. Canzian an der Reka.

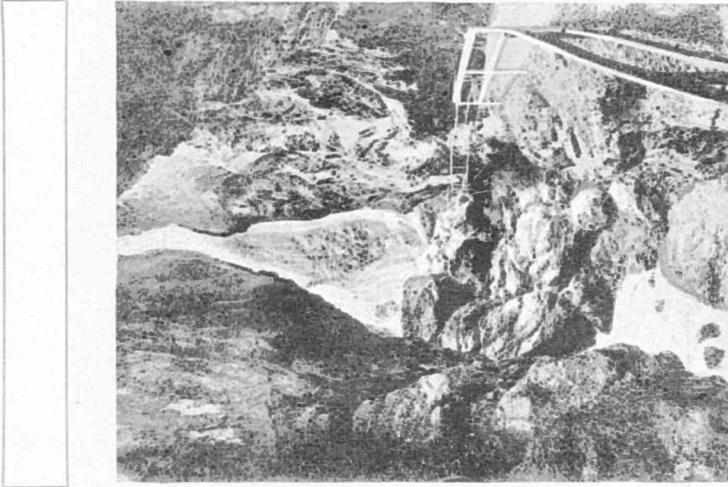


Abb. 37. Übergang vom Höhlenflusse zum Canonflusse
(die Rappenlochschlucht im Vorarlberger Karste).



Abb. 38. Flußcañon der Reka (Trüsterer Karst).

profile, während jene der unterirdischen Poljenabflüsse nur nach Maßgabe der Senkung des letzten Tales oder des Meeresspiegels abgeschätzt werden können. Die Lageänderung der unterirdischen Talsohlen erfolgt vom Wasserspeier zur Wasserschwinde, die Höhlen werden immer höher, das Gebirge erscheint reicher von etagen-

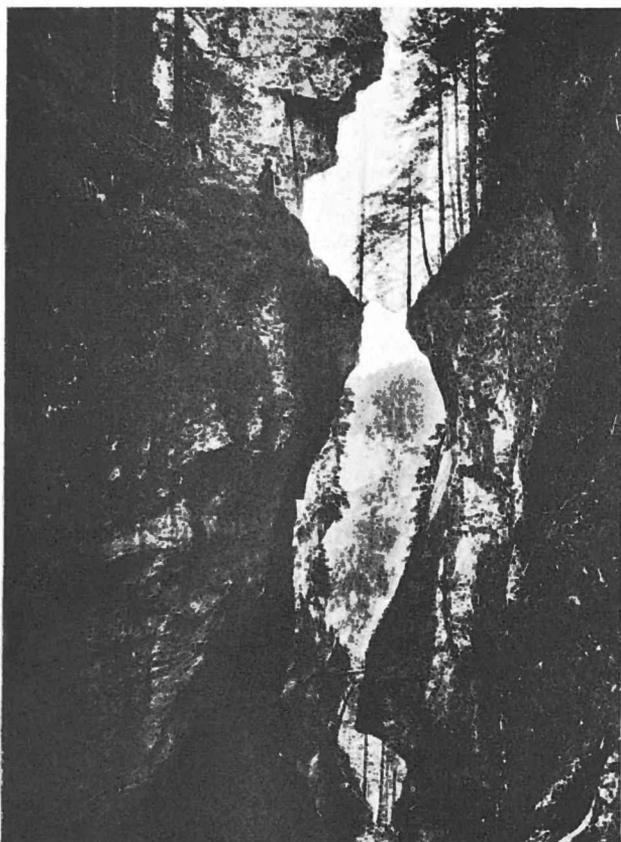


Abb. 39. Canon des Ebnit im Vorarlberger Karst.

förmigen Hohlgängen durchsetzt, bis endlich teilweise oder ganze Höhleneinstürze erfolgen; der Höhlenfluß zum Cañonflusse (Abb. 36 bis 41) und das obere Karstbecken dadurch zum sogenannten aufgeschlossenen Polje wird.

Dann erst erfolgen auch in diesen einschneidende Änderungen der Gefälle und des Gesamtabflusses.

Diese Entstehung zur stufenweisen Fortbildung zeigen heute am deutlichsten der Tallauf Laas—Oberlaibach mit der eingeschalteten Rakbachschlucht (Abb. 42, 43, 44) und andere tief abgesenkte

Wasserläufe, an welchen sich noch Teile der Höhlendecke als freie Naturbrücken vorfinden. (Abb. 45, 46.)

Zu den typischen aufgeschlossenen Poljen, wo dieser Prozeß



Abb. 40. Beispiel eines noch nicht vollendeten Flußcanons an der Reka (Triestiner Karst).

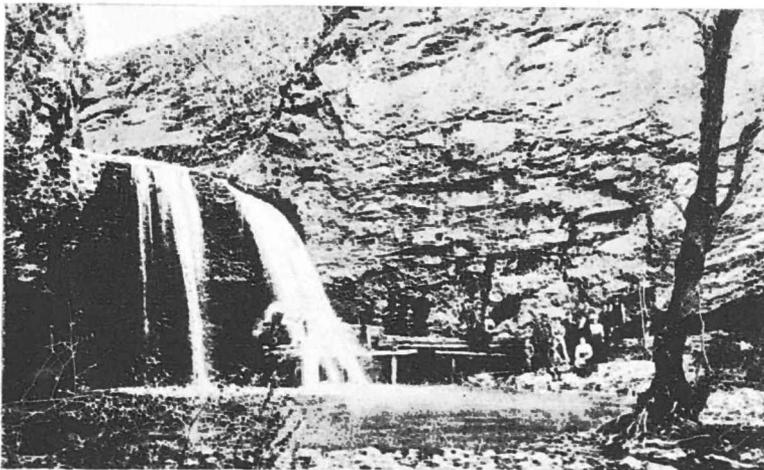


Abb. 41. Beispiel zur Talbildung aus der gemeinschaftlichen Tätigkeit von Erosion und Korrosion (steiermärkischer Sanntaler Karst bei Tüffer).

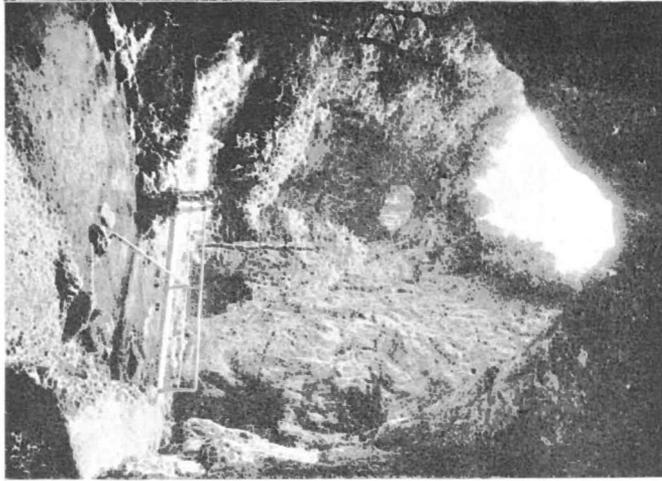


Abb. 42. Naturbrücke am Raackbach (Kraimer Karst).

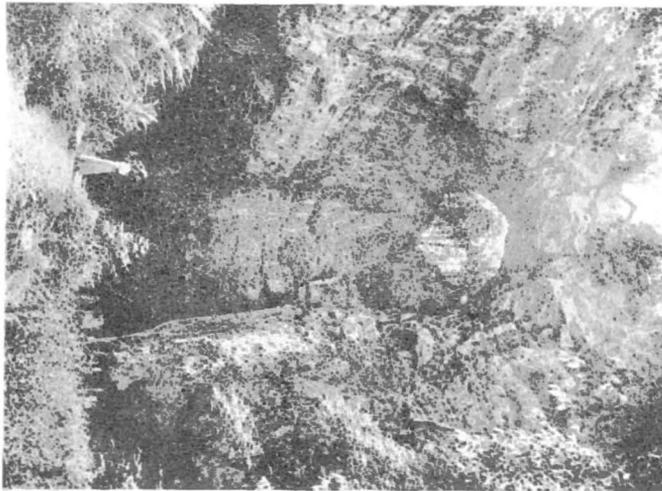


Abb. 43. Naturbrücke am Raackbach (Kraimer Karst).

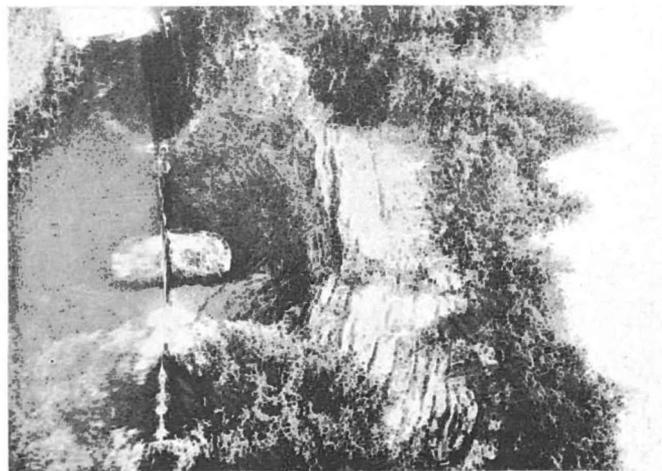


Abb. 44. Naturbrücke am Raackbach (Kraimer Karst).

bereits beendet ist, gehören z. B. das Kninsko-polje, dem der Cañon der Kerka die Entwässerung besorgt; das Sinjsko-polje mit dem



Abb. 46. Naturbrücke im Punkvagebiete (mährischer Karst).

Cañon der Cetina und das Polje der Mlade bei Ljubuški, dem der tief eingeschnittene Trebižat die Wasserabfuhr vermittelt. (Abb. 47.)



Abb. 45. Naturbrücke bei Sloup im mährischen Karste.



Abb. 47. Tal der Trebižat (herzegowinischer Karst).

Die Wasserführung und -Verteilung.

Sie hängt in einem und demselben Niederschlags- oder Einzugsgebiete von der Regenhäufigkeit und von der Regenmenge im allgemeinen ab. Man darf sich nun nicht vorstellen, daß diese Zahlen für den Karst aus klimatischen Gründen anderen Gebieten gegenüber wesentlich eigentümliche sind. Ja sie können auch diesen Anspruch nicht machen, da wir durch die geologischen Eigenschaften der Gebirge gezwungen sind, nördliche und südliche Karstgebiete einzuschalten, zwischen denen die Abflüsse der Zentralalpen das Mittelglied bilden.

Im allgemeinen gelten für die nördlichen Karstflüsse, zu welchen der Verfasser unter anderen auch die Abflüsse des oberbayerischen Hochlandes, die Traun, Steyer, Enns, Ybbs und Erlaf, ferner die Salza aus dem Hochschwabkarste zählt, 94 Regentage und 44 Schneetage, d. i. = 138 Niederschlagstage im Jahre. Für die südlichen Karstflüsse Poik, Reka, Foiba, Arsa 94 Regentage und 14 Schneetage = 108 Niederschlagstage. Für die südlichste Gruppe österreichischer Karstflüsse, d. i. Zermanja, Kerka, Cetina, Trebižat, Trebinjéica mit Einbezug der großen bosnischen Poljenabflüsse von Livno, Kupresch, Glamoč usw. 95 Regen- und 18 Schneetage = 113 Niederschlagstage. Für die großen Flußgebiete der Zentralalpen gelten aber fast gleiche Verhältnisse, z. B.:

für die Mur: 86 Regen- + 34 Schneetage = 120 Niederschlagstage,
Drau: 76 Regen- + 31 Schneetage = 107 Niederschlagstage,
Save: 94 Regen- + 27 Schneetage = 121 Niederschlagstage.
(Vergleiche auch Abb. 48, 49.)

Wir sehen daraus, daß sich eigentlich keine besondere Gesetzmäßigkeit zu Gunsten eines Flußsystemes ausspricht, so daß also die Gesamtwasserführung der erwähnten Einzugsgebiete nur in der Drau und in Istrien einen relativen Minimalwert ergibt.

Die bosnisch-herzegowinischen Karstabflüsse liegen ungefähr im Mittel dieser Aufstellungen. Tatsächlich haben auch alle sorgfältigen Beobachter der Karstgegenden durchaus keinen Wassermangel (siehe auch Abb. 48, 49) — hinsichtlich des Gesamtjahres-

abflusses — konstatieren können. Die Eigentümlichkeit desselben liegt nur in seiner Verteilung im Jahre, wodurch das Schlagwort des „durstigen Karstes“ seine volle Berechtigung erfährt.

Schaulinie z. d. Monats - Niederschlägen
nördlicher und südlicher Karstbezirke

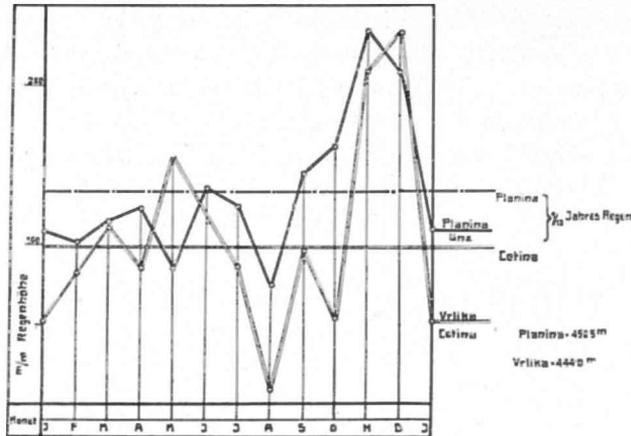


Abb. 48. Vergleich eines älteren ausgebildeten Alpenflusses und eines Karstflusses an gemeinschaftlicher Wasserscheide.

Auch das „violdurstige Argos“, wie es Homer treffend nannte, verdankt diese klassisch kurze Bezeichnung dem ausgeprägten Karstcharakter seiner Landschaft, wie der Regenverteilung im Jahre.

Trotzdem der Jahresniederschlag am Malevos, westlich von Mykenä, bis 700 mm im Jahre beträgt, also dem Mittel am Wr. Neustädter Felde oder jenem der östlichen Steiermark gleichkommt, verwandelt sich die argolische Tiefebene — ein bis zum Meere aufgeschlossenes Polje — nach der Getreideernte, die schon Mitte Juni fällt, in eine wasserlose Wüste.

Durch acht oder zehn Wochen fällt kein Regen; die Sonne erzeugt durch fortwährende ungestörte Bestrahlung am dünnen Löß-

Schaulinie z. d. Monats - Niederschlägen
bei gleicher Seehöhe

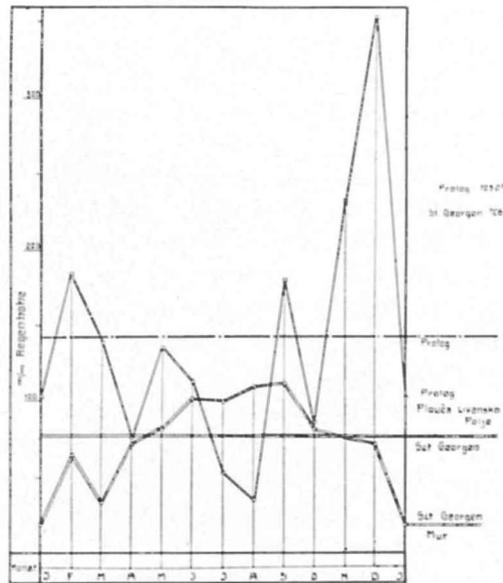


Abb. 49. Vergleich eines südlichen Karstflusses „Plouča“ mit der Mur in den Ostalpen.

boden der Felder wie an den Gesteinen geradezu erstaunliche Temperaturen.

In den Ruinen von Tyrins beobachtete der Verfasser Ende Juni 1909 wiederholt ein Temperaturmaximum von $+43^{\circ}$ C.

Diesem kamen Ablesungen an der Tihaljinaquelle—Wasserspeier „Peč“ im Juli 1910 bis zu $+41^{\circ}$ C. sehr nahe.

Von großer Wichtigkeit ist die räumliche Ausgestaltung des Einzugsgebietes. Während in alten Flußtälern die geographische Umgrenzung des Niederschlagsgebietes gewöhnlich genau genug die Grundlage einer richtigen Beurteilung der Jahreswasserführung bildet (Abb. 50), so ist dies bei echten Karstflüssen ganz ausgeschlossen.

KARTE DER NIEDERSCHLAGSGEBIETE DES MÜRZ



Abb. 50. Beispiel zu einem räumlich sicheren Niederschlagsgebiete eines ausgebildeten Alpenflusses.

Hier hängt dies hauptsächlich von der Entstehung der Gebirgsformen ab und man trifft daher auf ganz widersinnige Entwässerungen durch unterirdische Wasserläufe vollkommen fremder Gebiete.

Es läßt sich sehr schwer nachweisen, wohin einzelne Poljen oder blinde Karstflüsse entwässern, und nur an einzelnen Stellen geben eingetragene Schwemmkörper, Sägespäne usw., die an Wasserspeiern zum Vorschein kommen, oder direkte gelungene Färberversuche Aufschluß über die Herkunft des Wassers.

Ziemlich geordnet und sichergestellt erscheinen unter anderen die Niederschlagsgebiete der Laibach und der Foiba. Außerordentlich unklar sind diese der Wippach und Reka, wie auch jene der Lika und Gačka.

Deutlicher zu übersehen und geologisch zu begründen ist das Einzugsgebiet der Zermanja, insofern es von den Untergebieten an

der Lika, d. i. der Ričica und Otuća abhängig ist. In völliger Unklarheit jedoch befinden wir uns bei einer Untersuchung der Kerka und Cetina, von welchen wohl angenommen werden kann, aber nicht muß, daß das Glamočko- und Livanjsko-polje die Hauptzubringer, d. i. die vielen Flußquellen am Topolje, am Cetinsko- und Sinjsko-polje und in der Talstrecke südlich der Linie „Koljane—Trijli“ speisen.

Ebenso verworren und unklar sind die Einzugsgebiete am Buško-blato, besonders hinsichtlich der Abfuhr.

Man könnte noch hinweisen auf die Flüsse: Vrlika, Mlade, Trebižat und Trebinjčica, deren Gebiete überhaupt bisher eingehend zu wenig untersucht worden sind. Zur Vervollständigung dieser Darstellung muß man außerdem annehmen, daß die unterirdischen Abflüsse selbst sowohl Konfluenten erhalten als auch tatsächliche Spaltungen und Teilungen erfahren. Am Krainer und Istrianer Karste sind diese oberirdischen Zuflüsse oft in so verteilter Weise anzutreffen, daß sie überhaupt keine nennenswerten Wasserläufe bilden, sondern eigentlich nur Sickerbrunnen aus den oberen Verebnungsflächen. Jede kleine Doline stellt ein solches System oder Einzugsgebiet vor; es gibt aber dort ganz gewaltige erodierte Schlünde, bei welchen durch die fortgesetzte Einwirkung gestauter Druckwässer wieder neue Spaltgebiete aufgeschlossen und eingezogen wurden.

Obwohl derzeit wohl nicht mehr in voller Tätigkeit, da bereits weiter östlich die Reka in ihre großen Wasserschlinger versunken ist, stellen die Grotten von Trebič und die benachbarten tiefen Schlünde am Triestiner Karste derartige alte Vertikalkonfluenten vor.

Mit der Einreihung jedoch der wasserführenden Zubringer in eben der Weise, wie es bei ausgebildeten Flußtälern mit Hilfe des Grundwassers möglich ist, kann sich der Vortragende trotz des Versuches einzelner Forscher, eine bestimmte Grundwassertheorie des Karstes aufzustellen, gar nicht befreunden.

Wir können wohl nicht behaupten, daß eine solche Kommunikation der einzelnen Schichtklüfte und transversalen Spalten untereinander derart besteht, wie bei einem dem Diluvium oder Alluvium zugehörigen Grundwasserträger.

Nachdem Spalten und Klüfte eigentlich Rohrsysteme vorstellen, deren Kapazität durchaus nicht wie bei dem Grundwasserträger von der Korngröße des Materiales abhängt, sondern von der tatsächlichen Dimension, so ist es klar, daß bei verschiedenen Wassermengen der einzelnen Zubringer sehr verschiedene Widerstandshöhen in diesem Systeme auftreten müssen.

Wir können daher nicht von einem sogenannten oberen und unteren Karstniveau sprechen, oder es ist dies nur gestattet bei

der sehr willkürlichen Annahme einer mittleren Druckhöhe. Nur in dem einen Falle wird sich dies für den Austrittspunkt einstellen, d. i. dann, wenn sämtliche kommunizierende Gänge an eine Barre undurchlässiger Gesteinsschichten stoßen und das Wasser daher unbedingt diese Überfallsschwelle zu überwinden hat.

Dies finden wir nun häufig an den Verriegelungen der Poljen, wodurch die Abflüsse derselben gezwungen sind, rechtwinkelig auf

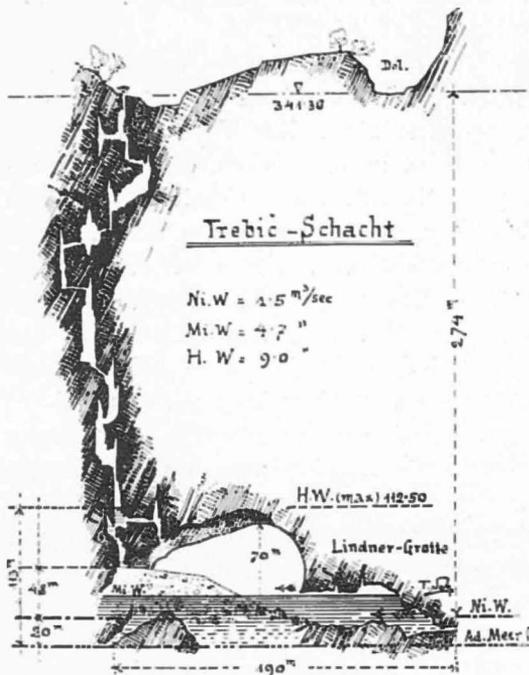


Abb. 51. Beispiel eines Vertikalzuflusses aus dem Triestiner Karst.

ihre Fallrichtung auszuweichen und ein System neuer Gänge aufzusuchen. (Abb. 51.)

In der Grotte von Trebič zum Beispiel (Abb. 52), aus deren Höhlenflüsse die Stadt Triest ihre Wasserversorgung vor Jahren hätte beschaffen sollen, können bei Hochflut der Reka die unterirdischen Wässer sogar auf 90 m und mehr gegenüber dem Mittelwasserstande steigen, ein glänzender Beweis für die Gültigkeit der Gesetze in Rohrsystemen oder geschlossenen Durchflußquerschnitten unter Druck.

Trotzdem dieser natürliche Schachtbrunnen (Abb. 51) keine Spuren auffal-

lender Dislokationen aufweist, die Streichungsklüfte daher geordnet erscheinen, die Transversalklüfte durch den auflagernden Flysch bis an die Meeresküste reichen, hat man in der Höchstwasserperiode keinerlei auffallende Wasseraustritte auf Kote 107 an der Küste zwischen Triest und Aurisina, noch an den Tiefstellen des Rosandrales bemerkt.

Dies läßt den Schluß zu, daß nur sehr verschiedene, ungeordnete Überdruckhöhen in dem weitverzweigten Spaltensysteme maßgebend sind.

Die zwei einzigen sicheren Grundwasserspiegelhorizonte im Triestiner Karste bilden die älteren Unterlagerungen der Kreide und der Meereswasserspiegel. Erstere dürften ungefähr in einem sehr wenig geneigten Horizonte zwischen Kote 4 am Timavo und Kote 20 in der Lindnergrotte liegen.

Ganz nach denselben Grundsätzen baut sich das Wesen der periodischen Überflutungen in den Poljes auf. (Zu letzteren gehört auch der Zirknitzersee, der sich in gar nichts von anderen Becken, auch nicht in der Bildung des geologischen Systemes seiner Unterlage unterscheidet.) Die nordöstlichen Zubringer älterer, größtenteils triassischer Gebirgszüge treten an den Nordosträndern der Poljen in die Kreide oder in leicht zu korrodierende jüngere Schichten der Trias und des Jura ein. Den eingebrochenen oder erodierten tiefliegenden Horizonten der Poljeflächen streben sie in

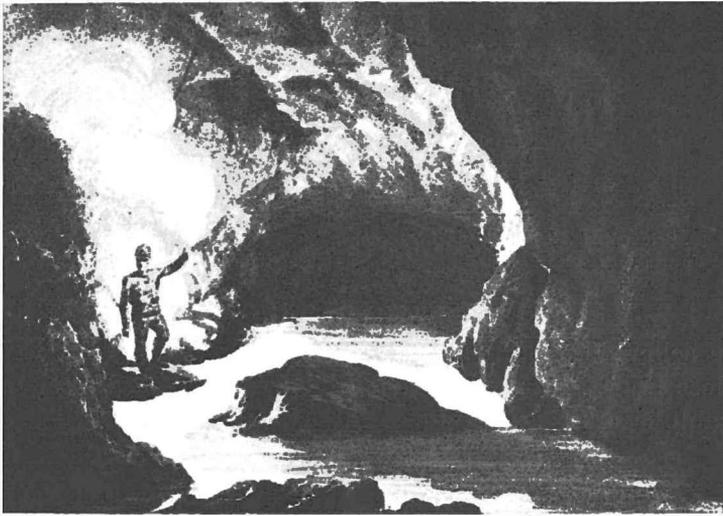


Abb. 52. Die Lindnergrotte: Höhlenflußstrecke der Reka II an der Einmündung des Trebiëschachtes.

der Form verschiedener Quellen (wissenschaftlich nach Charakter bezeichnet und eingereiht) zu, und speisen die im Eozän oder noch jüngeren Ablagerungen eingeschnittenen Längsentwässerungen der Poljen.

An den Verriegelungen dieser endet ihr sichtbarer Lauf und nun wiederholt sich derselbe Prozeß, wie er am Nordostrande auftrat, entweder am Südost- oder Südwestrande zum Abfluß in unterirdischer Form zur nächsten, niederer liegenden Terrasse oder Falte (siehe auch Abb. 53).

Sind nun die Zubringer stärker, als es die einzelnen Kluftgänge vermöge ihrer Schluckfähigkeit vertragen, so müssen sie teilweise Wasser wieder an die Oberfläche abgeben können; sie werden vor Verengungen oder starken Richtungswechseln, welche große Widerstandshöhen bedingen, zu Wasserspeichern, deren ganze Reihen am Zirknitzersee und an fast allen andern Poljen vorkommen. (Abb. 54.)

Können dann die Abflußklüfte die zugebrachten Wassermengen nicht aufnehmen, ohne daß besonders große Widerstandshöhen zur Überwindung der inneren Reibungsverhältnisse geschaffen werden müssen, so beginnt die Inundation der Poljen. (Abb. 55.)

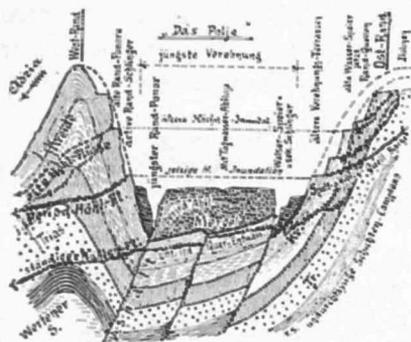


Abb. 53. Schema zur Entstehung und Entwässerung der Poljen.

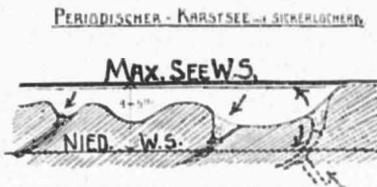


Abb. 54. Unterlage eines periodischen Karstbeckens.

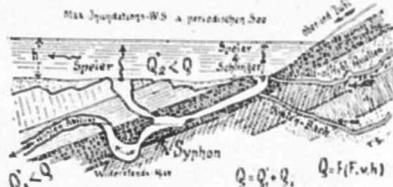


Abb. 55. Funktionswechsel der Schlinger und Speier.

Sie kann zum Teil auch dann eintreten, wenn die Niederschläge in Polje selbst die Abfuhrfähigkeit der Wasserschlänger überbieten.

Diese Betrachtung führt unmittelbar dahin, die Verteilung der Wasserabfuhr unfertiger Talgebiete zu beleuchten.

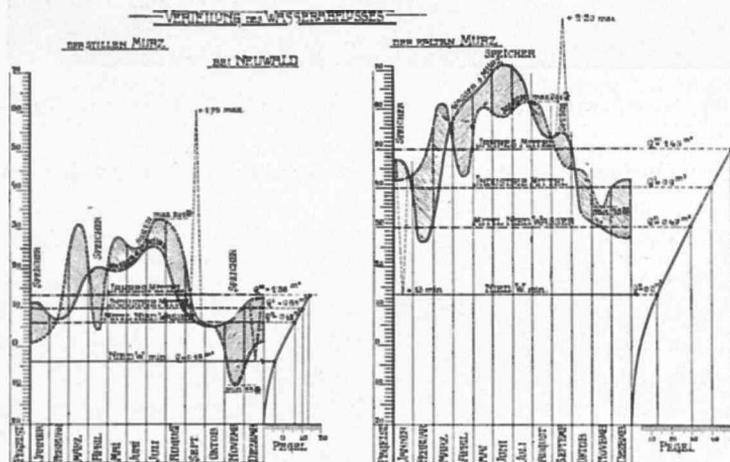


Abb. 56. Regen und Abfluß an alpinen, hochliegenden Zubringern (Märzquellbäche).

Vor allem liegt fest, daß zu Zeiten der Überflutung und der größtenteils darauffolgenden eintretenden Periode der Regenarmut nicht die wahre Hochwassermenge, sondern eine wesentlich verminderte, d. i. starke Mittelwassermenge von den Abflußponoren aufgenommen und in die tiefsten Horizonte abgeführt wird.

Während bei älteren ausgebildeten Flüssen nur die Frosterscheinungen eine zeitweise Zurückhaltung des Niederschlages gegenüber dem Abflusse bedingen (Abb. 56), außerdem bei ausgebildeten Talläufen nördlicher Karstflüsse, wie z. B. der Traun und der Abflüsse der Nordtiroler Alpen gegen die Donau auch noch die Rückhaltung in Seen Verschiebungen bewirkt, liegen wesentlich andere Ursachen der Nichtübereinstimmung von Niederschlag mit Abfluß in den südlichen nichtausgebildeten Talläufen des Karstes vor.

Nur in den höchstgelegenen Poljen übt der Frost einigen Einfluß aus, in den meisten andern Fällen aber die mangelhafte Kapazität der Abfuhrpore.

Betrachten wir z. B. zum Vergleiche die Schaulinien des Niederschlages und der Abfuhr a. d. Mur, Drau und Save (Abb. 57, 58, 59), so finden wir in den Monaten Dezember, Jänner, Februar und März, ja selbst noch im April eine größere Niederschlagsmenge für das Gebiet vor, als die gleichzeitige Abfuhr beträgt.

Dies rührt davon her, daß die Niederschläge im Winter in Form von Schnee auftreten, daher nicht zum Abfluß gelangen können, daß die Frosttiefe des Bodens und die Eisbildung in den Quellfäden die Quellergiebigkeit auf ein Minimum reduzieren. (Grundeisbildung in den Quelltälern, Wasserverluste durch Teilung an den Aus-

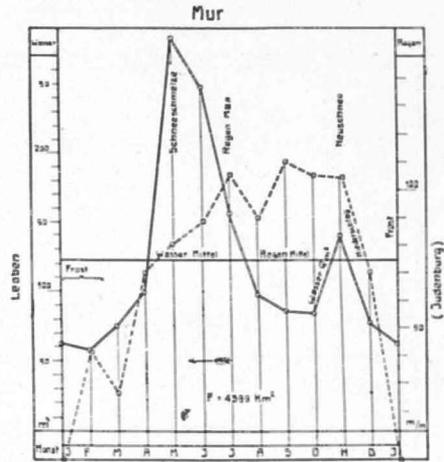


Abb. 57. Vergleich von Regen und Abfluß (Mur); Regenkurve für den Schwerpunkt des Einzugsgebietes; Abflußkurve für den Ausgangspegel des Einzugsgebietes.

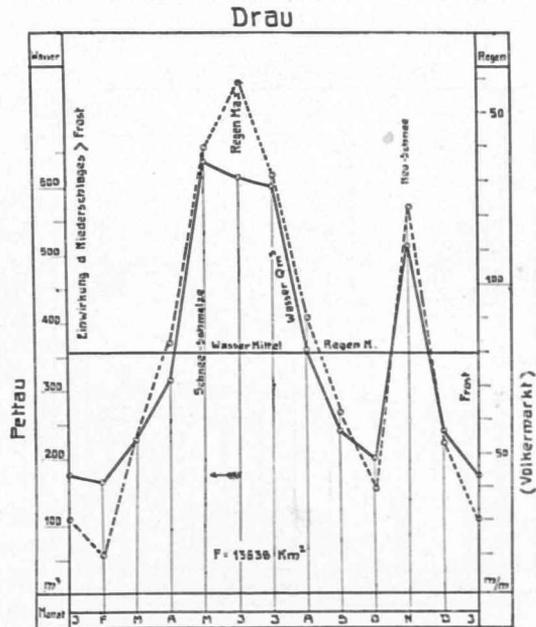


Abb. 58. Vergleich von Regen und Abfluß (Drau); die Regenkurve für den Schwerpunkt des Einzugsgebietes; die Abflußkurve für den Pegel am Ausgang des Einzugsgebietes.

trittsstellen, Bildung von Ansammlungen und Stauerscheinungen.)

Im Monate Mai, Juni und Juli ist aber regelmäßig die Abfuhr-

menge größer, als sie dem Niederschläge entspräche; dieser Umstand wird im Mai der Schneeschmelze und den dieselbe befördernden alpinen warmen Winden zu verdanken sein.

Im Monate Juni und Juli treten gewöhnlich Regenmaxima auf; mit ihnen ziemlich gleichzeitig oder nur gering verschoben Abflußmaxima.

Dasselbe Bild haben wir im November zur Zeit des Neuschnees; nur zeigt die Mur im Sommer Minima an Abflußmengen bei ziemlich hohen Niederschlägen, was darin seine Ursache hat, daß der reiche Waldbestand und die Bildungsform der Seitentäler zurückhaltend wirken. (Abb. 57.)

Als unmittelbar dem raschen Wechsel meteorologischer Erscheinungen folgend, zeichnet sich die Drau aus; diesen Zustand bedingen die rasche Abfuhr in den steilen Längenprofilen ihrer Zubringer und die ausgebreiteten, vollkommen unproduktiven Fels- und Schneelandschaften ihrer Quellgebiete. (Abb. 58.)

Einigermaßen ändert sich dieses Bild bereits an der Save, deren Schaulinien aber zur Zeit der Schneeschmelze und des Neuschnees aufweisen. (Abb. 59.)

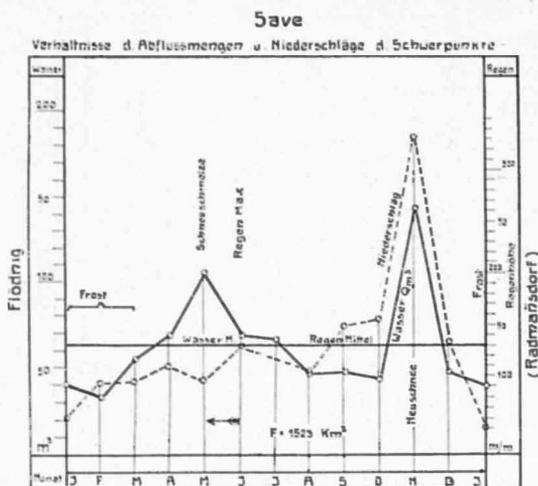


Abb. 59. Vergleich von Regen und Abfluß (Save); die Regenkurve für den Schwerpunkt des Einzugsgebietes; die Abflußkurve für den Pegel am Ausgang des Einzugsgebietes.

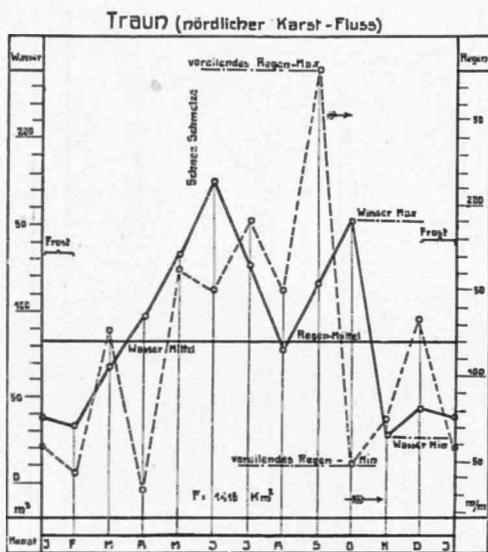


Abb. 60. Vergleich von Regen und Abfluß (Traun); für den Regen: der Schwerpunkt des Einzugsgebietes; für den Abfluß: der Ausgangspegel des Einzugsgebietes.

noch die hervorstechenden Sprünge

Gehen wir zu den nördlichen Karstflüssen über, von welchen die Traun als typisch bezeichnet werden muß, so finden wir an ihr die Frostzurückhaltung im Februar, die starke, den Niederschlag überwiegende Abfuhr zur Zeit der Schneeschmelze, jedoch schon die parallele Verschiebung der Regen- oder Abfuhrminima und -maxima zur Zeit der Sommer- und Herbst-Hoch- und -Niederwässer.

Die unterirdischen Zubringer am Toten Gebirge und Dachstein wirken mit den eingeschalteten Seenbecken für die Herbstmaxima rückhaltend ein, so daß wir dort von voreilem Regenmaximum sprechen können.

Die Aufbesserung der Niederwässer durch die Karst- und Seenspeicher verschieben hier das Oktoberminimum des Regens zum Abflußtieferstande im November. Wir haben es also auch hier mit einem voreilem Regenminimum zu tun. (Abb. 60.)

Zu südlichen Karstflüssen übergehend, muß besonders auf die Laibach hingewiesen werden. In ihrem Gebiete treten ebenfalls im Sommer dem Maximum des Abflusses voreilende Regen auf, im Herbst aber fällt die Neuschneekurve übereinstimmend mit Hochwasserabfluß zusammen. (Abb. 61.)

Am Istrianer Karste sind ähnliche Verschiebungen außer-

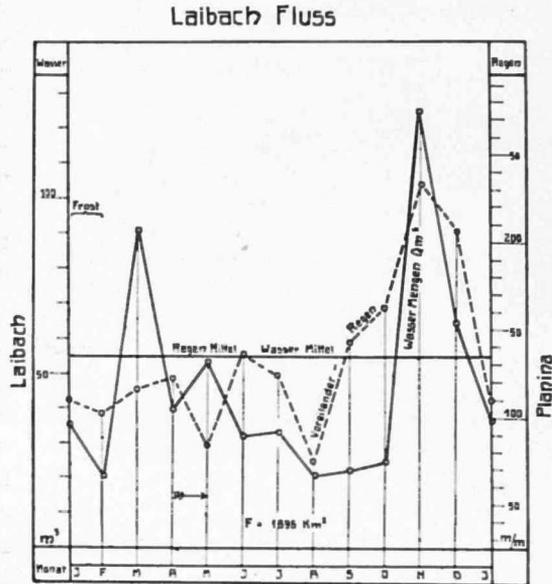


Abb. 61. Vergleich von Regen und Abfuhr (Laibach); für die Regenkurve der Schwerpunkt des Einzugsgebietes; für die Abflußkurve der Ausgangspegel des Einzugsgebietes.

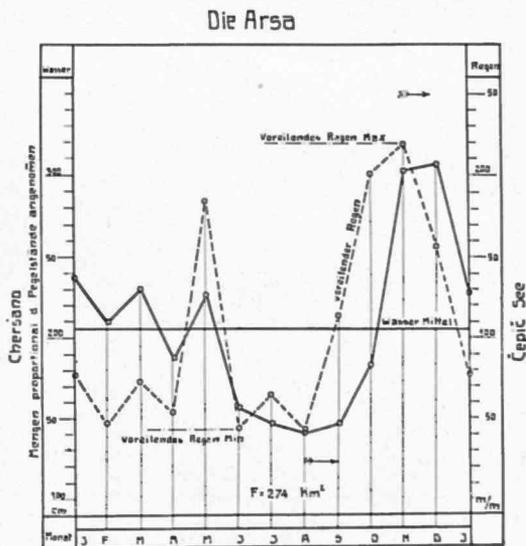


Abb. 62. Regen und Abfluß am Istrianer Karste (Arsa).

ordentlich deutlich wahrzunehmen — dies besonders in den Wintermonaten, in welchen trotz andauernder Regenminima, wie an der

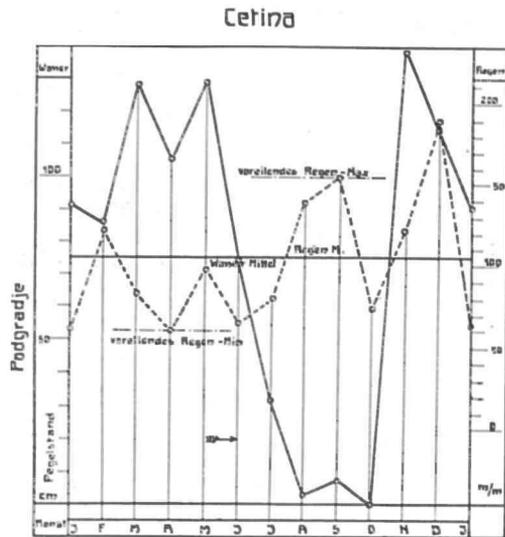


Abb. 63. Regen und Abfluß am dalmatinisch-bosnischen Karste (Cetina).

Arsa —, imVerhältnisse hierzu gleichzeitig günstigere Wasserstände imFlußschlauche auftreten. (Abb. 62.)

Im Herbst ist bereits die sehr fühlbare Verschiebung des voreilenden Regens gegenüber der winterlichen Talinundation des Dezembers bemerkbar.

Sehr auffallend verhält sich in dieser Hinsicht die Cetina, die mutmaßlich aus dem Livanjsko-polje, also aus großer Entfernung und durch sehr widerstandsreiche unterirdische Zuläufe gespeist wird, aber einen offenen Tallauf dar-

stellt. Trotz bedeutender Niederschlagsminima im April, Juni und Juli, wie auch im Jänner, bleibt der Wasserstand im ersten Halbjahre

weit über das Jahresmittel; obwohl schon im August und September die Neigung zur Ausbildung eines Regenmaximums vorhanden ist, zeigt die Schaulinie gleichzeitig ihre absoluten Minima im August, September und Oktober.



Abb. 64. Beispiel von Gefällskonzentrierung an Längenprofilen von Karstflüssen (Enns).

Die Regenmengen, die aber im September das ganze Niederschlagsgebiet reichlich versorgten, führen erst im November zu Hochwassererscheinungen. (Abb. 63.)

Außerordentlich ähnlich verhält sich der — weiter landeinwärts — verschobene Parallelfluß, die Tihaljina, im Unterlaufe: „Trebižat“ genannt.

Nur erscheint hier, wie überhaupt in der südlichen Herzogovina, das Regenminimum im Juli, das Abflußminimum fällt erst in

den September, um sodann rascher auf Hochwasser, d. i. auf die Überflutungsmenge zu steigen. Dezember und Jänner werden nun durch die Inundationswässer weit reichlicher mit Abfluß versehen, als es die gleichzeitigen Niederschläge bedingen würden.

Diese Eigentümlichkeiten leiten nun zu jener schon von der Natur vorgezeichneten Wasserwirtschaft, an welche sich die Bewohner der Karstländer in landwirtschaftlicher Beziehung notgedrungen anschließen mußten und an welche sich auch die Nutzbarmachung der Karstwasserkräfte mit eigenen Betriebsordnungen zu lehnen haben wird.

Schon bei Erörterung der Längenprofile wurde erwähnt, daß ältere Täler eine angenähert regelmäßige Verteilung der Gefälle zeigen. Große konzentrierte Gefällsstufen weisen aber alle — auch die nördlichen — Karstflüsse an jenen Stellen auf, an welchen sie noch vor (geologisch) kurzer Zeit Höhlenflüsse waren, wie z. B. die Traun im Koppentale, die Enns im Gesäuse, die Salza bei Weichselboden usw. (Abb. 64.)

Die größten Gefällsstufen stellen uns die südlichen Karstflüsse mit ausgebildeten Tälern immer an ihren alten Wasserschlingern zur Verfügung. So die Zermanja bei Bilišani, die Kerka unterhalb Knin, die Cetina von Trilji am Sinjsko-polje angefangen bis zur Mündung, der Trebižat an den Kravicafällen usw. (Siehe auch Abb. 103 Ogulin-Gojak a. d. Dobra, ferner Abb. 65, 66.)

Unausgebildete südliche Karstflüsse besitzen aber in den unterirdischen Strecken die größten Gefälle: so die Poik bei Adelsberg,



Abb. 65. Gefällsstufe der Trebižat bei Kravica.

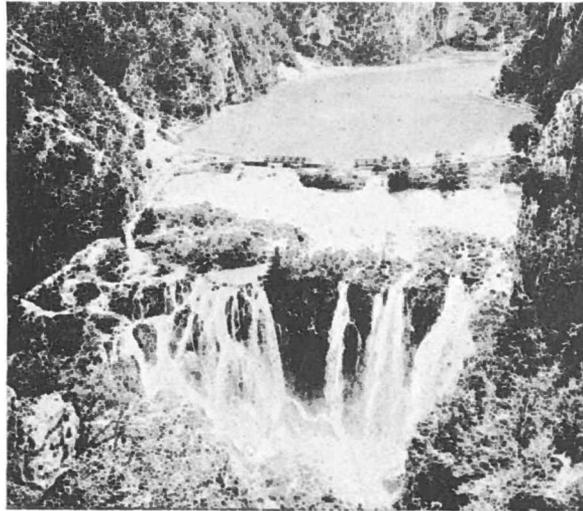


Abb. 66. Gefällsstufe an den Plitvitzerseen (Likaner Karst).

die Unz zwischen Planina und Oberlaibach, die Reka bei St. Kan-
zian, die Foiba bei Pisino, die Gačka und Lika bei Otočac, die
Tihaljina am Peć, die Trebinjčica bei Slano. Auch stellen sich große
Gefälle bei der Entwässerung eines oberen Poljes in das untere ein,
z. B. die Plouča am Kamenitiponor in Livanjsko-polje, die Ričica
am Buško-blato, beide im Abflusse gegen die Cetina; die Šuica
vom Duvanjsko-polje zum Buško-blato; der Miljačbach vom
Kupreschko-polje in das Livanjsko-polje; die Brina-Spila vom Posuschje-
polje zum Imotski-polje; die Vrljika von Bielo-polje zum Peć (Quell-
tal der Tihaljina) und endlich die Trebinjčica vom Popovo-polje zur
Narentaebene bei Metković. (Siehe auch Abb. 121. C_V—C_{VII} und
Abb. 124 zur Ombla.)

An diesen Punkten also ist es jedenfalls rationell, Kraftanlagen
mit sehr hohen Gefällen auszuführen, d. h. vom Standpunkte dieses
Energiefaktors aus; vom Standpunkte jedoch der Wasserführung
handelt es sich rein theoretisch um die verfügbaren Wassermengen
und praktisch um die Ablaufmöglichkeiten.

Was die Abfuhrmengen und die Verteilung derselben im
Jahre betrifft, wurde schon im vorhergehenden auf ihre Abhängig-
keit von den Niederschlägen hingewiesen, wie auf den Unterschied
der Wertkurven zwischen ausgebildeten Flußläufen und Karstflüssen.
Bei ersteren betragen z. B. die sogenannten mittleren Niederwässer
in älteren geologischen Formationen, bei guter Bewaldung und
genügender Schneehöhe im Quellgebiete, 7 bis 9 Lit./Sek. per km^2
Einzugsgebiet und 1 *m* Jahresregenhöhe. Die niedrigstwässer sinken
bei säkularen Tiefständen bis ungefähr 47 % dieses Maßes herab,
alljährlich jedoch fast sicher um 30 %.

Die Mittelwässer zeigen sich in solchen Gebieten proportional
der mittleren Jahresregenhöhe und dem Einzugsgebiete, abhängig
von einem bestimmten Kulturkoeffizienten, in welchem rein geo-
graphische und geologische Eigentümlichkeiten auch mit einbezogen
werden müssen; ein Umstand, dem in allen sogenannten „theoreti-
schen Bestimmungen der Abflußmengen“ bisher durchaus nicht
Rechnung getragen wurde. Ihr Wert, wie ihre Bedeutung und
Brauchbarkeit erscheint daher für den Ingenieur als Projektanten
von Kraftwerken und Irrigationsbauten sehr herabgesetzt, in der
Anwendung sogar oft bedenklich. Die Feststellung solcher Koeffi-
zienten erfordert viele Beobachtungen, Erfahrungen und Vergleiche,
hauptsächlich aber in den Quellgebieten, welche Voraussetzungen
bisher weder durch staatliche, noch private Anstalten und Ein-
richtungen geboten sind.

Bei Mittelwasserständen entspricht im allgemeinen in den
Ostalpen eine Abflußmenge von 17 bis 20 Sek./Lit. dem km^2 Nieder-
schlagsgebiet. Andere Wasserstände sind für Kraftwerke nicht von

Belang, außer sie würden für Akkumulierungen in irgend einer Form bei kleineren Flußläufen oder Hochdruckanlagen ausersehen sein.

Die nördlichen Karstflüsse zeigen hierin wesentlich abnehmende

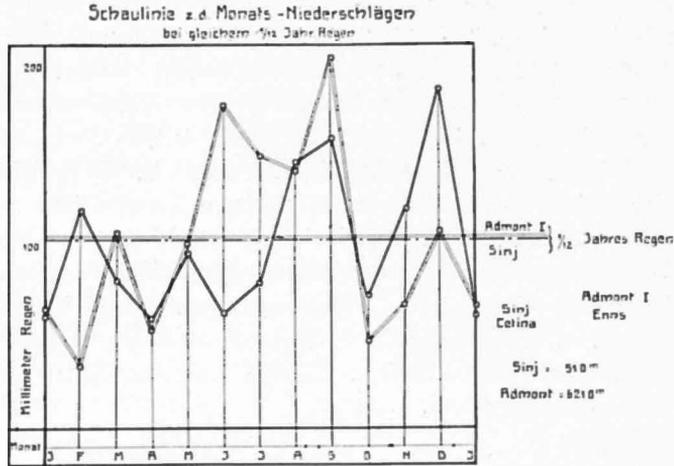


Abb. 67. Vergleich zwischen nördlichen und südlichen Karstflüssen (Enns—Cetina).

Größen; ihr Quellmaß, bezogen auf 1 m Jahresregenhöhe, sinkt gewöhnlich auf 5 bis 6 Sek./Lit., die äußersten Tiefstände fallen häufig bis auf 40% dieses Maßes; es können, wenn ihre Quell-

Schaulinie z. d. Monats-Niederschlägen
a. d. Drau & Save b. gleicher Seehöhe. —

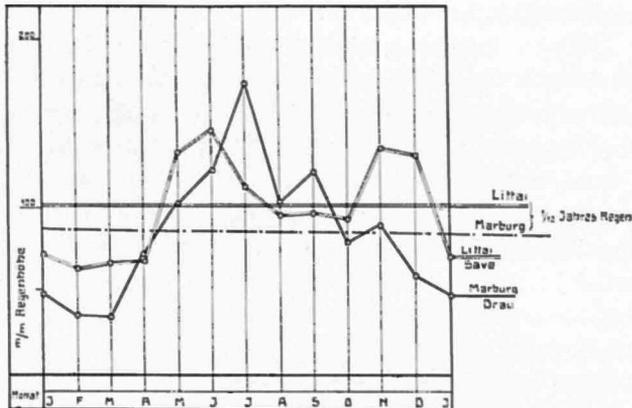


Abb. 68. Vergleich zwischen südlichen Karstflüssen geograph. verschiedener Gebiete gleicher Seehöhen (Unz—Cetina).

gebiete nicht Hochgebirgen großer Seehöhen angehören, schon Spuren eines Jahresminimums im Hochsommer auftreten; die Hochwassererscheinungen beginnen bereits exzessiv auszuarten. (Abb. 67.)

Bei den südlichen Karstflüssen jedoch steigt das wirkliche Quellmaß selten über 3·5 bis 5 Sek./Lit. bei 1 m Jahresregenhöhe; die Mittelwässer nähern sich allerdings nördlicheren Verhältnissen, weil die Regenmengen am Karste durchaus nicht geringer sind als bei uns in den nördlichen Ostalpen (eher noch größer); es treten aber Minima bis zu Null bei sehr vielen Karstflüssen auf, Abminderungen von 60 bis 70% des Niederwassers sind keine Seltenheit. (Abb. 68.)

Die große Gesetzmäßigkeit nun in ausgebildeten Flüssen, welche sich durch eine durchführbare Integration der Wertkurven — aus den Elementen Gefällseinheit und Mengeneinheit aufgebaut — auszeichnet, verläßt uns vollkommen am Karste. Wir können daher nicht Gefälle und Wassermengen als gleichwertige Energiefaktoren in die Rechnung einführen, sondern müssen den Gefällswerten einen weit höheren Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen zuschreiben.

Während bei unseren ausgebildeten Tälern für das Betriebsjahr mit einer bestimmten Minimalwassermenge gerechnet werden kann und während wir verhältnismäßig leicht gewisse Ergänzungen von Kleinstwasser auf Beharrungswasser durch Talsperren, Grundwasserstauung, eingeschaltete natürliche oder künstliche Seebecken, endlich Hochdruckakkumulierungen vornehmen können, müssen wir unbedingt bei allen Karstanlagen sogar die Vorsicht gebrauchen, die vorhandenen Minimalwässer technisch sicher an die Turbinen zu bekommen; d. h. es kann vorkommen, daß Anlagen durch Tage und Wochen bei nicht sachgemäßem Baue überhaupt kein Betriebswasser zugeleitet erhalten.

Wenn man nun dieses Mißliche der Karstanlagen durch entsprechende technische Maßnahmen überwunden hat, so kommt in noch erheblicherer Weise die Frage nach Aufbesserung der lang andauernden Minimalwässer, die sich überdies bestimmt zweimal im Jahre einstellen, zu lösen.

Diese zweite Frage steht nun häufig im Widerspruche mit den herrschenden Wasserrechten der Bevölkerung. Letztere sind aber sowohl nach dem Kulturzustande der Karstfelder, als auch nach der wirklichen Erwerbsart der Berechtigten etwas genauer zu eichen, als bei uns.

Die große Trockenheit, die zur Zeit der Sommerminima auftritt, fordert sowohl in ausgebildeten flachen Talläufen als in den Poljen die Verteilung vorhandenen Kleinwassers für Bewässerung der notwendigen Kulturen.

Ebenso sind auch die kleinen Mühlwerke, auf welche die Landbevölkerung immer mangels größerer gleichwertiger Industrien, wie auch mangels brauchbarer Kommunikationen angewiesen ist,

bei ihrem primitiven Ausbaue und großer Wasserverschwendung sehr wichtige Faktoren.

So besonders alle Ponormühlen, die zur Zeit der Inundationen und der absoluten Minima vollkommen außer Betrieb gesetzt werden. (Abb. 69.)

Würde man aber selbst an einem oberen Polje alle diese Hindernisse überwinden, so stellt sich bei Abarbeiten auf ein tieferes Polje ein arges Mißverhältnis ein, d. i. Schaffung künstlicher Hochwässer in der Unterstufe, wenn daselbst nicht für unbeschränkte Abfuhr vorgesorgt wird.

In Poljen, wo die Inundationen ungefähr vom November bis Mai dauern, ist die Bevölkerung ohnehin in den landwirtschaftlichen Betrieben außerordentlich gehindert. In hochgelegenen Orten, wie an der Lika, am unteren Livanjsko-polje, Sinjsko-polje, Buško-blato, Duvansko-polje, Bielo-polje bei Drinovce und Popovo-polje bedeutet ein spätes



Abb. 69. Ponormühle an der Gačka bei Otočac.

Aufhören der Inundation ein vollkommenes Mißjahr, weil die Aussaat zu spät erfolgt, die Reife besseren Sommergetreides, der Kartoffel und des Mais nicht mehr erfolgen kann.

Bisher wurden viele Meliorationsarbeiten in dalmatinischen und bosnischen Poljen durch die bezüglichen Regierungen durchgeführt, die zum großen Teil unbestrittenen Erfolg hatten. Doch stellte sich auf manchen Poljen der obenerwähnte Übelstand heraus, daß die in der Jahreszeit frühere, d. i. also beschleunigte Entwässerung der Oberstufe eine Erhöhung der Inundation in der Unterstufe, verbunden mit verspätetem Ablaufe, verursacht.

Auch die Regulierung von Flüssen aus offenen Poljen hat einerseits zum Teil wohl die Inundationsdauer verkürzt, die frühe Anbaumöglichkeit hergestellt, jedoch oft eine dauernde Senkung des Grundwasserspiegels in den Alluvionen des Poljes hervorgerufen, wodurch die Sommertrockenperiode um so empfindlicher auf den Saatenstand wirkte.

Nach modernen Begriffen sind derartige Regulierungsbauten, wie sie z. B. an der Kerka und in dem Hochlande Lika an der Gačka durchgeführt worden sind, unbedingt mit Schleusenwehren,

bei genügend tiefliegenden Fachbäumen, zu versehen. Das ist allerdings sehr kostspielig, erfüllt aber dann sicher den Zweck, weil hierdurch zu jeder Zeit der Grundwasserstand geregelt werden kann.

Die künstliche und rasche Entwässerung des Laibacher-poljes (Karst-Einbruchgebiet am Laibachermoor) hat wegen Mangelhaftigkeit aller regelnden Hilfseinrichtungen geradezu das Gegenteil des ursprünglich vorgesehenen Zweckes, d. i. Hebung der Landwirtschaft, bessere Bebauung und Erhöhung der Bodenrente, hervorgerufen. Die Inundationen haben allerdings aufgehört, das Moor ist aber steril geworden und jetzt müssen zur Sanierung des Mißerfolges (fast in der Mitte der Stadt Laibach) neue moderne Schleusenwehre zwecks Hebung des Grundwasserstandes auf sein altes Niveau und Regelung desselben erbaut werden.

Die richtige Ausnützung nun der nicht geringen Wasserkräfte in unserem Karste hat immer derart zu erfolgen, daß die größte und kürzeste Gefällsstufe mit künstlicher Ableitung zu versehen ist, die in allen Fällen entweder zum nächsten Unterpolje oder zum Meere in Form von künstlichen Höhlenflüssen, d. i. Stollen, führen muß. (Siehe auch Abb. 121 C_I—C_{VI}, Abb. 112, 124 zu den Zentralen A und B, Abb. 103 zur Zentrale Gojak.)

Diese sind so zu dimensionieren, daß sie womöglich drucklos als Freispiegelstollen sicher die wirtschaftlich notwendige Wassermenge ableiten können.

In stark verdrücktem Gebirge und solchen Kreidekalken oder Flyschformationen, an denen man eine arge Korrosion oder Wasserdurchlässigkeit befürchten muß, wird unser moderner Eisenbetonbau ausgezeichnete Verwendung zu Verkleidungen finden.

Die hohen Gefälle gestatten gewöhnlich die Anwendung bedeutender Rinngefälle von 0·6 bis 1 0/0 in den Stollen, wodurch sie also auf ein bescheidenes Ausbruchmaß gehalten werden können.

Einen sehr wichtigen Teil dieser Kraftanlagen betrifft die eigentliche Zuleitung.

Um sowohl die größten Wassermengen nach Ausdehnung des Niederschlagsgebietes als auch die kürzesten Stollenlängen in Rechnung stellen zu können, ist es notwendig, den Ausgangspunkt oder den Wassereinbezug in die Nähe der Hauptwasserschlinger zu verlegen.

In solchen Gegenden aber, wie z. B. kennzeichnend an der Gačka, Lika und Dobra bei Ogulin, ist die ganze Poljensohle stark klüftig und mit alten Schlünden versehen, die von Diluvium oder späteren Alluvionen verschlossen und überdeckt wurden.

Zu denselben führen häufig, wie es gerade bei den beiden Flüssen in der Lika deutlich ausgeprägt erscheint (so auch an der Trebinjica und an der Vrlika), Schwemmlandtrichter durch die

mächtigen Alluvionen; darunter solche, die schon sehr lange bestehen und in denen starke Wirbelbildungen bei höheren Inundationen die anschließenden Pongänge freihalten, oder solche, welche durch Verstopfungen letzterer lahmgelegt wurden, d. h. mit Sedimenten ausgefüllt, überdeckt und so nach einer Reihe von Jahrzehnten überhaupt unsichtbar geworden sind. (Abb. 70, siehe auch Abb. 26.)

Alljährlich eröffnen sich daher an der Gačka an verschiedenen, oft nicht geahnten Punkten große Schwemmlandtrichter (Abb. 71) in sehr wechselnder Entfernung vom Hauptponore. Es muß daher in solchen Fällen an den Poljenabflüssen eine jede Schleusenwehranlage, die schon aus Rücksicht für die Bedürfnisse der landwirtschaftlichen Bevölkerung unbedingt gefordert wird, ziemlich weit stromaufwärts des Hauptschlingers verlegt werden, und zwar an Baustellen, wo entweder sichtbare Felsponore, d. i. Rand- oder Terrassenponore, auftreten oder wo die geringen Alluvionen das Vorhandensein verdeckter Schwemmlandtrichter nicht befürchten lassen.

So schließt an dieses Hauptglied, also an das Wehr, noch eine längere Niederdruck-, bzw. offene Kanalleitung an, die an den Hängen des Poljes entwickelt, nach den üblichen Bauweisen nirgends

unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnet.

Wie bereits erwähnt, sind die Verteilungen der Wassermengen im Jahre am Karste sehr sprunghaft und zeichnen sich

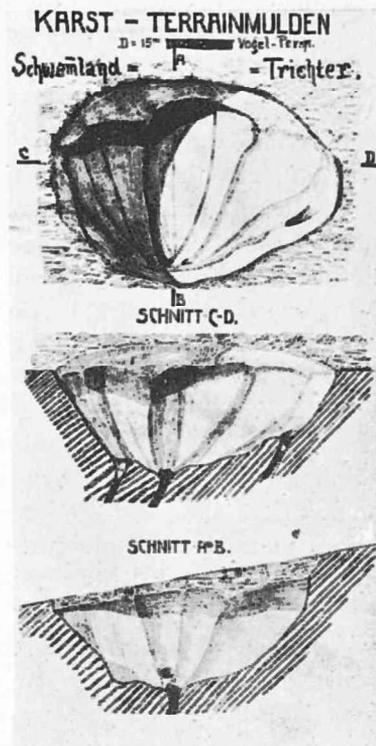


Abb. 70. Schwemmlandtrichter an der Gačka (entstanden 1910).



Abb. 71. Schwemmlandtrichterlandschaft bei Sviča an der Gačka (Likaner Karst).

durch das Auftreten zweier Minima aus. Werden diese aber infolge der Beschaffenheit der Poljesohle effektiv „Null“, so würde die Errichtung einer jeden Kraftanlage an diesem Umstande scheitern. (Siehe auch Abb. 68.)

Das längere Währen von Inundationen aber zeigt uns den Weg zur Aufbesserung der Energiequellen, und zwar in solchem Maße, daß sie mit den größten Kraftwerken ausgebildeter alter Talläufe mit Erfolg konkurrieren können.

Schafft man an den Poljen, und zwar an solchen Punkten, an denen die Landwirtschaft ohnehin keinen nennenswerten Ertrag liefern kann, z. B. an Mooren, wo bleibende Sumpfbildungen die Wasserundurchlässigkeit der Sohle einwandfrei beweisen, große Sammelbecken, aus welchen zur Zeit der Dürre den umliegenden Kulturen überdies ausreichende Bewässerung aufrecht erhalten werden kann, so hat man eigentlich dasselbe erzielt, was durch den Bau von Talsperren für Kraftwerke bezweckt wird. Das Eigentümliche solcher Speicher liegt nur darin, daß sie zur Zeit der Inundation oder der Poljenhochwässer automatisch volllaufen, dann aber von dem umliegenden Wasserkörper abgesperrt werden müssen und in der Folge einen See mit überhöhtem Wasserspiegel darstellen.

Diese Art der Speicherung entspricht vollkommen jener der projektierten Flutwerke an Meeren mit hohen Gezeitenständen, nur ist die Füllung eine ein- bis zweimalige oder mindestens periodische im ganzen Betriebsjahre, statt einer täglichen.

Nach Untersuchungen des Verfassers an verschiedenen möglichen Speicherungen genügt in aufgeschlossenen Poljen der notwendige Grunderwerb und der Bau von mäßig hohen Schleusenwehren und sind für nördliche Karstflüsse von ihm schon mehrere derartige Anlagen projektiert worden.

Bei nicht aufgeschlossenen Poljen sind diese künstlichen Seen mit Dämmen und eigenen Schleusenwerken zu versehen, deren Fundierung allerdings unter Umständen sehr schwierig und unsicher sein kann.

Da aber die einzuschaltenden Torwerke sehr bescheiden dimensioniert werden müssen und können, nachdem zur Füllung der Sammelteiche eine Zeit von mehreren Monaten, d. i. die Periode der ansteigenden Inundation, vorliegt, so belasten diese Bauten nur stark das Konto „Kubatur der Dammschüttungen“; sie werden aber, auf 1 m^3 Speicherwasser bezogen, bedeutend billiger als die meisten unserer Talsperren.

Aber auch letztere können eine vorzügliche Verwendung finden, wenn man es mit cañonartigen Flußtälern in den Poljen zu tun hat.

Diesbezüglich sind bereits Studien an der Lika, an der Dobra, an der Zermanja, an der Cetina usw. vom Verfasser durchgeführt worden, wie sich auch mehrere hervorragende Baufirmen Österreichs mit Erfolg damit beschäftigt haben.

Hiebei handelt es sich darum, das Speichergebiet in jene geologische Formation zu verlegen, welche wir als Neogen- oder Eozändecke bezeichnen, da in denselben die Cañons oft genug wasserdicht sind, auch leichter undurchlässig erhalten werden können oder sich selbsttätig verschlämmen.

Aus der Reka z. B. ergibt sich unter diesem Gesichtspunkte oberhalb Britof die Möglichkeit, ein kombiniertes Kraft- und Wasserversorgungswerk zu gewinnen, das für die Stadtgemeinde Triest nicht ohne Interesse bleiben kann.

Die gleiche Ausführungsart ist besonders für eine schöne Kraftanlage an der Dobra oberhalb Ogulin zu empfehlen; sie kann endlich auch mit Vorteil an der Mreznica gute Anwendung finden.

Maßgebend für die Bemessung dieser Speicher in Karstgebieten ist die Verteilung der Wassermengen und die Größe der Exzesse im Niederschlagsgebiete hinsichtlich der Trockenheit und des Katastrophenhochwassers.

Bei ausgebildeten Talläufen, wie z. B. jenen der Mürz und ähnlich liegender Konfluenten größerer Niederschlagsgebiete, ist ersichtlich, daß ungefähr durch sieben Monate des Jahres ein sogenanntes „Jahresmittelwasser“ überschritten wird.

Ja selbst bei kleinen Zuflüssen, wie es die Schaulinien an der „stillen“ und „kalten“ Mürz nachweisen — für welche Niederschlagsgebiete kein sehr günstiger Waldkulturstand herrscht — sinkt die Dauer des Jahresmittelwassers nicht unter $6\frac{1}{2}$ Monate. Auch zeigen diese Aufstellungen, daß die Tiefstände höchstens, u. zw. im ungünstigsten Falle $2\frac{1}{2}$ Monate dauern, in welchen Nieder- und Niedrigstwasser inbegriffen sind. (Abb. 72.)

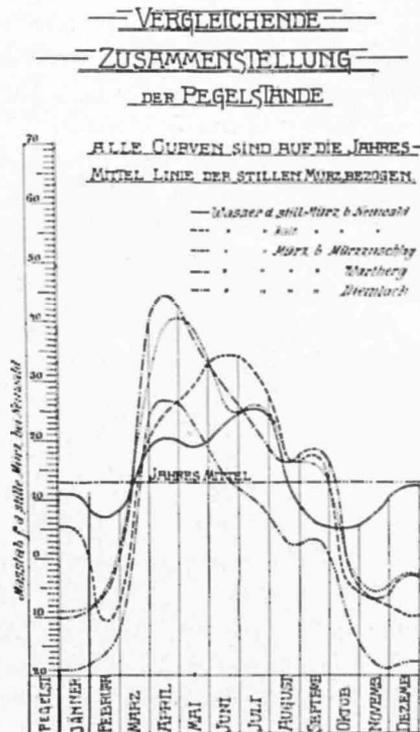


Abb. 72. Verteilung des Abflusses im Jahre; Beispiele für hochliegende alpine Flußläufe (Mürz).

Für größere Flüsse ausgebildeter Alpentäler kann man als Mittelwerte der Dauer annehmen:

Minimalwässer durch $\frac{1}{2}$ Monat,
 Niederwässer durch 2 Monate,
 Mittel- und normale Übermittelstände 9 Monate,
 Summe aller Hochwassererscheinungen $\frac{1}{2}$ Monat.

In den Karstflüssen sind die Verhältnisse wohl ungünstiger. Hier dauern:

		Min.-	Nieder-	Mittel-	Hochwässer
an der Cetina	durch	2	3	5	2
" " Laibach	"	2	2	5	3
" " Reka	"	3	3	5	1
" " Trebinjéica	"	3	1	6	2
" " Tihaljina	"	3	2	5	2
" " Vrlika	"	4	4	3	1 Monat.

Aus dieser Zusammenstellung, der 15jährige Beobachtungen zu Grunde liegen, erhellt, daß die Dauer der Minimalwasserstände wächst, u. zw. mit der südlichen Lage des Karstflusses wie mit seiner Herkunft aus offenen oder geschlossenen Poljen. (Siehe auch Abb. 68.)

Die Cetina und der Laibachfluß entstammen offenen, die übrigen Wasserläufe geschlossenen Poljen. —

Die Cetina z. B. hat nur zwei geringfügige Poljen in ihrem Oberlaufe, die sie offen durchfließt und für welche sie leicht die Bewässerungsmengen aufbringt. Ihr gesamter jährlicher Niederwasserstand währt durch 5 Monate.

An der Vrlika und Tihaljina, die sehr stark für Bewässerungszwecke in Anspruch genommen werden und von welcher letzterem Flüsse außerdem durch die Teilung am Parillokanale in Vitina für den Rastok und Jezerac in Dalmatien gegen die Narentamündung Betriebs- und Irrigationswasser abgeleitet wird, dauern die gesamten Niederwasserperioden 5 bis 8 Monate. Die Verhältnisse an der Trebinjéica sind noch ungünstigere, da die Niedrigstwässer — ohne Unterbrechung — in vielen Jahren durch 3—4 Monate anhalten.

Die Ursache liegt aber nicht allein in der Verwendungsart der Kleinwässer, sondern auch in dem Umstande, daß keinerlei Vorkehrungen getroffen sind, die oft gar nicht so unergiebigem Quellzuflüsse in geordneten Kanälen zu sammeln, um sie vor dem Verschlingen durch Ponore oder Schwemmlandtrichter zu bewahren.

Wird dieses bei der Schaffung von Karstkraftwerken nicht außer acht gelassen und die Anlage richtig disponiert, so kann man überall mit 4 Monaten Niederwasserstand bestimmt rechnen und alle jene Fälle, in welchen bisher die Abfuhrskurven Null zeigen, vollkommen beseitigen.

Besprechung einzelner Kraftstufen.

I. Beispiele aus nördlichen Karstflüssen.

Die Traun.

Dieselbe ist in ihrem Oberlaufe bisher sehr wenig ausgenützt und es empfiehlt sich daher eine gründliche Studie im Koppentale, wobei die Schwierigkeiten der Aufspeicherung am Ausseer- und Grundlsee nicht außer acht zu lassen sind. Die Wassermengen wurden schon häufig genau untersucht; der Niedrigstwasserstand betrug — nach wiederholten Messungen — an der Ödensee-Traun bei U. Kainisch für Sommerminima 1.6 Sek./m^3 . Das verfügbare Nutzgefälle beträgt rund bei Berücksichtigung des Hallstätterseewasserspiegels als Unterwasserspiegel 100 m . Infolge der in den Speichergebieten vorliegenden Wasserrechte und der zahlreichen Kleinbetriebe an der Grundlsee-Traun ist von einer besonderen Regelung der Niederwässer vorläufig noch keine Rede und kann nur etwas Speicherung durch ein talsperrenartiges Wehr unterhalb Kainisch, sowie durch weiter aufwärts gelegene Sammelteiche an dem Ödenseemoore, woselbst wieder teure Torfgewinnungsplätze abgelöst werden müssen, erzielt werden.

Es wurden schon vor einem Jahrzehnte durch den Verfasser Studien gemacht, das unsicher begrenzte Quellgebiet am „Toten Gebirge“ sowohl für Akkumulierungs- als Kraftanlagen nutzbar zu machen; die Wirtschaftlichkeit solcher Hilfsanlagen war jedoch sehr gering. Im Mittel Laufe erscheint die Traun durch

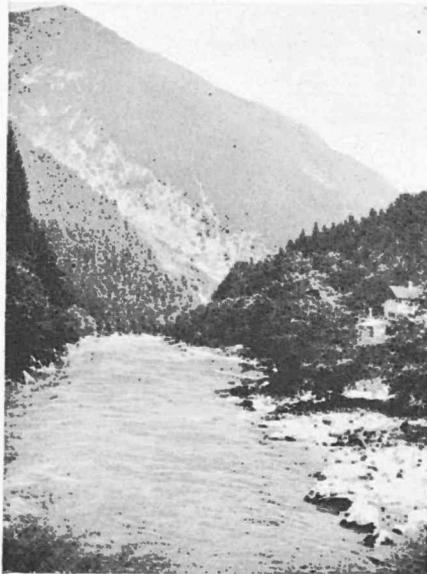


Abb. 73. Aus dem Koppentale (ausgebildetes Canontal).

neue Stufenwerke gut ausgenutzt — hier ist aber der Karstcharakter durch die eingeschalteten Seenbecken bereits überwunden. Siehe hiezu Abb. 73, 74.

Traunzuflüsse.

Der Gosaubach.

Die einzige, wirtschaftlich mögliche Anlage daselbst wurde bereits durch die Firma Stern und Hafferl in Wien ausgebaut; auch an diesem Abflusse des Dachsteinmassives ist eine typische Karstbildung durch die vorgelagerten Gosauseen nicht mehr anzunehmen.

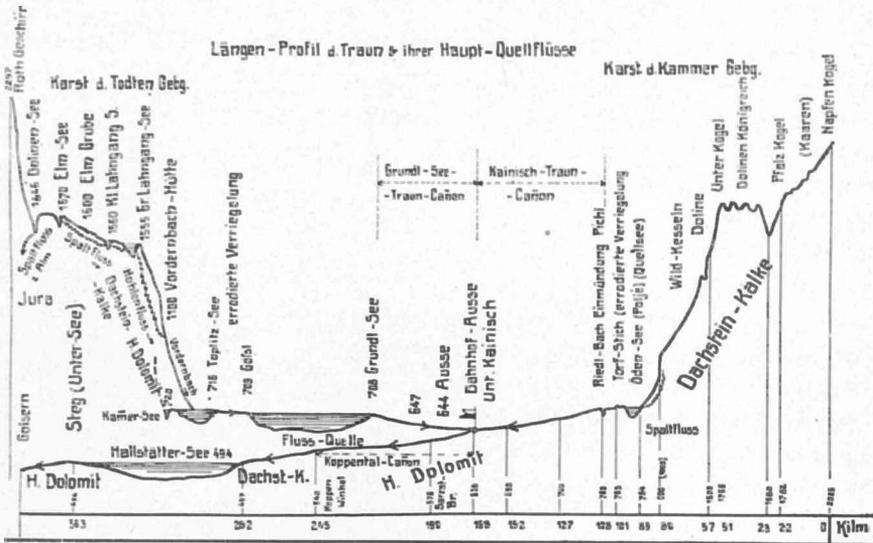


Abb. 74. Längsprofil der oberen Traun (Karst des Toten Gebirges).

Zahlreiche Projekte beschäftigten sich im vergangenen Jahrzehnte mit den Konfluenten: Rettenbach, Weißenbach, Mitterweißenbach, mit dem Schwarzenseegebiete usw., die, mit Ausnahme des letzteren (bereits in Betrieb stehende Überlandszentrale), an gleichen unabweisbaren Übeln kranken. Sichere und ausgiebige Speicheranlagen sind nicht einzustellen, und wenn, so hindern ältere Rechte, besonders aber Jagdrechte, deren Ausführung. Die Geschiebebildung in sämtlichen Formationen des Rhaet wie der alpinen Trias sichern keine langdauernde Vollwertigkeit der geschaffenen Speicheranlagen, da eine Ausfüllung derselben in einigen Jahren zu befürchten ist. Räumungen aber bedingen Kosten, welche sich weit über das wirtschaftlich Zulässige, hinsichtlich jährlicher Betriebs- und Erhaltungsbeiträge, erstrecken müssen.

Die untere Traun.

Dieselbe ist in ihrer Niederdruckzone an mehreren Stellen nach den Prinzipien einfacher Niederdruckwerke streckenweise ausgenutzt oder auch mit Vorteil auszubauen und wurden bereits größere Projekte hierfür stromabwärts von Wels mit sorgfältiger Beachtung der kostspieligen Regulierungsbauten und der vielfachen Wasser- teilung für die bestehende Industrie durchgeführt. Diese Anlagen sind bei entsprechender Ausrüstung auch bezüglich der Nieder- wassermengen empfehlenswert, weisen jedoch keine, sie von der üblichen Bauart unterscheidenden Merkmale auf.

Die Steyr.

An derselben wurden zahlreiche Studien durchgeführt. Der praktische Ausbau des sogenannten Steyrdurchbruches für die Zementfabrik nach Kirchdorf bewies die Eignung des Flusses zu seiner Ausnützung für Mitteldruckanlagen. Größere Speicher sind leider wirtschaftlich nicht durchführbar. Auch die Eignung für weitere große Kraftwerke gegen Steyr zu muß dem Flusse größtenteils abgesprochen werden, da besonders die zahlreichen beschränkenden Betriebswasserrechte, Trift, Floßfahrt usw., wie auch die geringen Niederwassermengen, die Wirtschaftlichkeit von Großkraftanlagen nach dem jetzigen Geldwerte, bzw. Marktwerte der elektrischen Energie in Frage stellen.

Die Enns.

So eigentümlich es erscheinen mag, zählt der Verfasser die Enns zu den nördlichen Karstflüssen. Darum mit Recht, weil die gesamten linken Einzugsgebiete der Konfluenten Gebirgen vorwiegend nördlichen Karstcharakters angehören.

Niemand wird den Karst der Dachsteingruppe, des Toten Gebirges, der Pyhrngruppe, des Buchstein- und Tamischbach-Stockes leugnen können. Eine oberflächliche Besichtigung genügt, um die häufige Dolinenbildung nachzuweisen, ebenso wie Wasserschlinger und Wasserspeier, wenn auch ausgedehnte Poljenbildungen infolge der vorherrschenden Querbrüche fehlen. Besonders deutlich aber wird dem Beobachter der Karstcharakter der Enns in ihrem Durchbruche Admont—Klein-Reifling, in welcher Strecke sämtliche Konfluenten rechts und links Gebirgen vorwiegender Karsttype entspringen. (Abb. 75, 76, 80.) So ist hauptsächlich die Salza — als maßgebender Nebenfluß — aus triassischen Karstgebieten des Hochschwabs, ferner aus den rhätischen Schichten des Hochkar entwickelt, wenn auch die Prozesse fast abgeschlossen sind und einer weit älteren Periode der Erdgeschichte angehören.

Es ist bekannt, daß der Verfasser für eine hohe Amtsstelle ausgedehntere Studien an der Enns durchzuführen hat und erscheint



Abb. 75. Karstlandschaft im Gesäuse.

es begreiflich, daß, insolange diese der Öffentlichkeit nicht übergeben werden, eine detailliertere Besprechung ausbleiben muß.



Abb. 76. Karstbild aus dem Gebiete des Hochschwab.

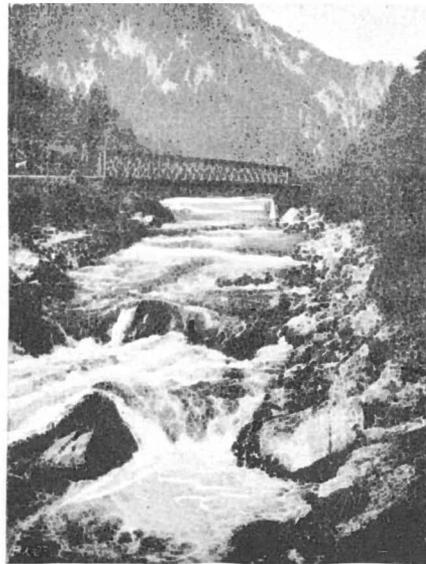


Abb. 77. Stromschnellen im Gesäuse.

Diese Projekte haben den spezifischen Charakter des Karstausbaues, weil das Längenprofil des Flusses im Gesäuse bei kurzer Entwicklung ganz bedeutende Sprünge und ungeordnete Linien-

führung aufweist. (Abb. 77, 78.) Die Lösung der Aufgabe beruht auch hier auf ausgedehnte Stollenführungen, Schaffungen von Sammelstellen, worunter auch das alte tief verebnete und offene Polje um Admont, das aber zum Unterschiede von südlichen Karstbecken großenteils seine Entstehung der Glazialperiode verdankt, eine hervorragende Rolle spielen kann.

Die vollkommen bekannten und sorgfältig beobachteten Wasser- verhältnisse an der Enns sind, ohne weitläufig zu werden, durch 16 Sek./ m^3 Niedrigstwassermenge bei einem maßgebenden Niederschlagsgebiete von 2680 km^2 oder durch das auffallende minderwertige Ergebnis von 3·8 Sek./Lit. bezogen auf 1 m Jahresregen gekennzeichnet.

Hiebei beträgt die mittlere Jahresregenhöhe des Einzugsgebietes bis Wengg 1560 mm . (Siehe auch Abb. 64, 67.)

Die praktisch zu verwertenden sekundlichen Mittelwassermengen betragen 40 Sek./ m^3 . Die Verteilung im Jahre umfaßt ungefähr 3 Monate Niederwasserstände, 8 Monate Mittelwasserstände, 1 Monat Hochwassererscheinungen, wodurch sich dieser Fluß gegenüber anderen — derzeit Abflüsse älterer Formationen — wie Mur und Drau, ungünstiger stellt. Das gesamte wirtschaftlich auszubeutende Nutzgefälle im Gesäuse beträgt 210 m . Die Wasserkräfte an der Enns gehören nicht zu den wirtschaftlich vorteilhaftesten in Österreich, sondern sind, trotz der hohen konzentrierten Nutzgefälle, in die Gruppe teurer Hochdruckanlagen einzureihen. —

Ihre Verwertung ist an einen Zeitpunkt höherer Kohlenpreise gebunden, als sie heute selbst im Industrie- und Verbrauchsgebiete der Stadt Wien, dem sie räumlich noch wirtschaftlich nahe genug liegen, maßgebend sind.

Die Salza.

Durch die Inanspruchnahme ihres Niederschlagsgebietes für die Wasserversorgung der Stadt Wien hat dieser Fluß seine Rolle für Kraftwerke eigentlich ausgespielt. Es sind im Unterlaufe nur noch mäßige, aber ziemlich teure Anlagen auszubauen, denen keine anderen Reserven zur Verfügung stehen, als jene vom Speicher-



Abb. 78. Stromschnellen im unteren Gesäuse.

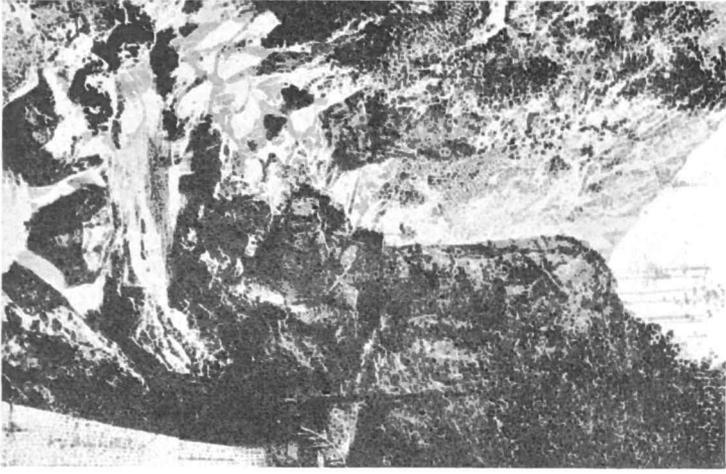


Abb. 79. Flugcanon an der Gams, dem linken Konfluenten der Salza (a. d. Hoheischwab-Karste).



Abb. 80. Landschaft aus dem Karstgebiete des Hoheischwab.

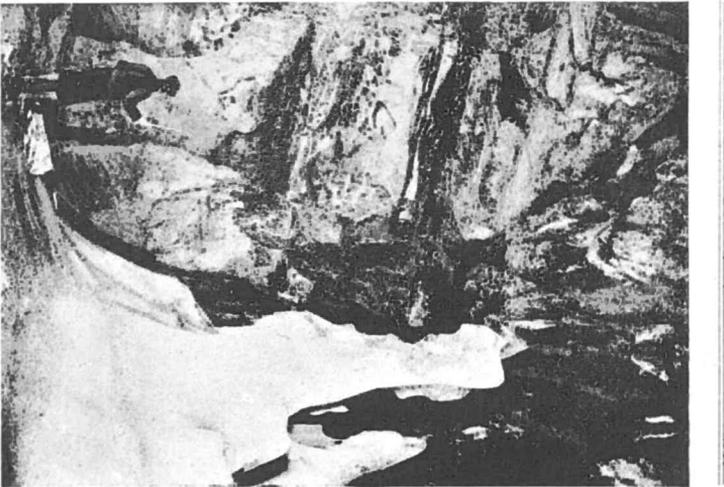


Abb. 81. Verlassene Flußhöhle im Ötztal Karste (Eishöhle).

inhalte im Flußcanon. Außerdem sind auch die Wasserrechte der Trift und Floßfahrt außerordentlich hindernd. (Hiezu typisch für die Beschaffenheit ihres Einzugsgebietes Abb. 79, 80.)

In ähnlicher Weise könnte noch über die Erlaf (teure Kraftwerke für den elektrischen Betrieb der Maria Zeller-Lokalbahn im Baue) und ihre Konfluenten — (Lassingfall-Kraftwerk) — über die Abflüsse des Ötscher (Abb. 81), der Schneealpe des Rax- und Schneeberggebietes nach beiden Hauptabzugsrichtungen berichtet werden. Im allgemeinen sind alle Wasserkräfte dieser kleineren Gebiete nicht streng nach dem Systeme der Karstflüsse zu behandeln; sie leiden durchwegs an der Schwierigkeit, günstige und ausreichende Speicher billig herzustellen, wie auch an ganz bedeutenden Wintertiefständen, welchen nur mit Aushilfe kalorischer Reserveanlagen begegnet werden kann.

Für die mittleren Ortsindustrien bilden sie jedoch hervorragende Kraftquellen von großem Werte; für Fernleitung der Energie auf größeren Aktionsradius und Verwendungen für Großkraftanlagen halten sie einer streng sachlichen Kritik durchaus nicht stand. Alle diese Flüsse wurden schon vielfach untersucht und sind die meisten großen Projekte abgelehnt worden. Es ist wahrscheinlich, daß ein jedes, die ausgebauten Kraftwerke nicht ausgenommen, primär wenigstens, noch lange wirtschaftlich passiv sein muß.

II. Beispiele aus den südlichen Karstflüssen.

Die Save und einige ihrer Hauptzuflüsse in Krain.

Übergehend zu dem Süden der Monarchie, wäre als ausgesprochener Karstfluß die Laibach mit ihren oberen Poljenstrecken zu behandeln. An der Save sind allerdings ausgezeichnete Kraftstufen ausbauwürdig; dieser Fluß kann aber nach seiner Entwicklung, Stetigkeit in der Ausbildung der Gefällslinie und mit seinem sehr ergiebigen hochalpinen Niederschlagsgebiete konstanter Zunahme technisch zu den Karstflüssen nicht gerechnet werden. Im Mittel Laufe, d. i. ungefähr bei Flödnig, betragen die sicher wiederkehrenden Mittelwässer 20 Sek./ m^3 bei 1580 km^2 Niederschlagsgebiet. Dies ergibt sogar etwas mehr als 10 Sek./Lit. per km^2 . Allerdings fällt das absolute Minimum für 3 Tage im Jahre in zehnjährigem Durchschnitte auf 10 m^3 = 6.4 Sek./Lit.; dies ist unbedingt vorteilhafter als an der Enns, deren südliches Spiegelbild die Save eigentlich darstellt. Die Jahresmittelwässer erhöhen sich hier auf 55 m^3 , die Dauer derselben beträgt 8 Monate. Im Unterlaufe der Save, solange sie auf österreichischem Gebiete fließt, sind noch mehrere vortreffliche

Kraftstufen bei großer Wassermenge und günstiger Verteilung im Jahre auszubauen. (Siehe auch Abb. 48, 59.) Sie alle sind jedoch typische Niederdruckkraftwerke und es können ihnen nur geringfügige Speicherreserven zuerkannt werden.

Die Laibach.

Sie bietet das erste vollwertige Beispiel der Verwendung eines Karstflusses (siehe auch Abb. 7), der nach zwei Richtungen, was hier nicht außer acht gelassen werden muß, zur Energiegewinnung auszubauen wäre. Bis zu einem gewissen Grade bildet nicht nur

der Zirknitzersee eine bestimmte, nicht zu unterschätzende Reserve, sondern sind auch die von Wasserschlengern freien Gebiete des Laaser Beckens bei entsprechender Einlösung hie-

für auszunützen. Es handelt sich hiebei immer um das gegenseitige Abwiegen der landwirtschaftlichen Vorteile und derjenigen, welche die Kraftverwertung dem Lande bringen kann. Hiezu Abb. 42, 43, 44 und 83, 84 hinsichtlich des Charakters der ganzen Flußentwicklung, Abb. 61 und 68 hinsichtlich der Wasserführung.

Es ist jedenfalls klar, daß ein Eingreifen in die eigentümlichen

Wasserrechte des Adelsberger Grottenbezirkes von absolut negativem Erfolge begleitet ist, sowie auch eine Speicherung in dem Polje von Planina wohl nur im kleinen Maßstabe ausführbar erscheint. Bei dieser Anlage ist daher der Poikfluß gänzlich auszuschalten, der Adelsberger Grottenbezirk in keiner Weise in Mitleidenschaft zu ziehen. Somit erscheinen, begrenzt im Werte, 2 Hauptanlagen durchführbar, von welchen es sich lohnt, sie näheren Studien zu unterziehen. Die kleinere Anlage betrifft die Ausnützung der Poik nach Verlassen der Adelsberger Grotte, also eigentlich der Unz bei gründlicher Regulierung der Wasserverhältnisse in Planina. (Abb. 82.)



Abb. 82. Entwicklung des Laibachflusses.

Dieses Polje ist fast alljährlich überschwemmt, u. zw. nicht zum Vorteile in landwirtschaftlicher Beziehung; eine bezügliche Regelung der Verhältnisse liegt auch im Interesse der Bodenergiebigkeit und Gleichmäßigkeit, hauptsächlich der Futterernte.

Durch Ausnutzung der grossen Gefällsstufe zwischen Planina und Oberlaibach läßt sich ein in absehbarer Zukunft noch rentables Kraftwerk herstellen.

Das Arbeitsgefälle beträgt 150 m ; der Oberwasserstollen wird 9.8 km lang. Bezüglich der Wassermengen sind sichere Zahlen derzeit nicht zu geben. Die Anlage selbst rangiert unter den teureren und heute noch wirtschaftlich weniger günstigen. Sie kann außerdem ohne kalorische Reserve überhaupt nicht bestehen.

Bessere Erfolge kann man durch das Abarbeiten des gesamten Einzugsgebietes des Laaser- und Zirknitzerbeckens gegen Franzdorf, wo ein absolutes Nutzgefälle von 253 m zu erzielen ist, erwarten. Bei Anwendung von 11 km Stollen, 3 km Lehenkanälen und entsprechend aufzusuchenden Speichergebieten am Zirknitzersee (Zadni Kraj) läßt sich eine nennenswerte Energie in großer Nähe der Landeshauptstadt gewinnen. Der Seeboden ist aber selbst sowohl nach Zahl als Art der Ponore wie

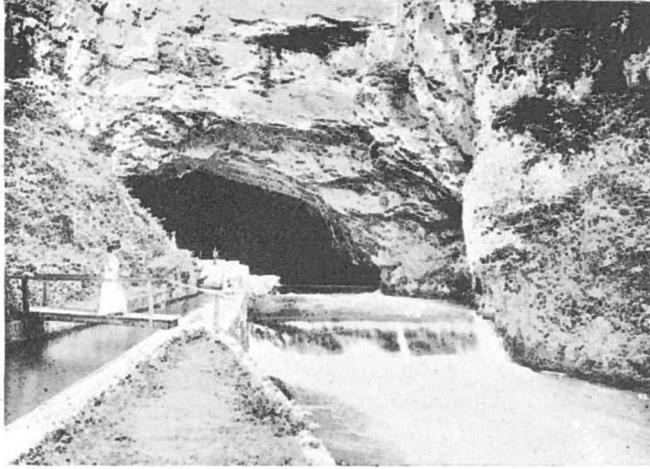


Abb. 83. Zirknitzerseeausfluß bei Planina.



Abb. 84. Schwinde am Rakkbache.

Schwemmlandtrichter sehr unverlässlich. (Siehe auch Abb. 54, 55.) Bei teilweise gut gefülltem Seebecken zeigte der Rakbach als kontrollierbarer zusammenhängender Abfluß des Zirknitzerpoljes kaum mehr als 1·5—2·1 Sek./m³ Wasserführung. Daraus muß geschlossen werden, daß weit verästelt unter dem Polje von Rakek — jeder Schätzung der Lage und Mächtigkeit nach entzogen — ausgiebige Adern die Entwässerung des Zirknitzer-Beckens besorgen. Den gleichen, wahrscheinlich nicht zu lösenden Fragen unterliegt auch die Bewertung eines Stufenwerkes Zirknitzersee—Rakek—Planina. —

Alle diese Anlagen gehören nicht zu den vorzüglichsten des Karstes, sondern nur zu denjenigen, die in späterer Zeit unter Beziehung großer calorischer Hilfsanlagen bei höherem Kaufwerte der elektrischen Energie nicht zu vergessen sind, weil hiemit auch — bisher noch ausständige landwirtschaftliche Meliorationen — zum Vorteile aller Interessengruppen verbunden werden können.

Die Gurk.

Dieser Fluß, obwohl vollkommen dem Karste entstammend, zeigt nirgends die Möglichkeit, ihn anders als nach dem Systeme von Mitteldruckanlagen auszubeuten.

Seine — nicht selten kilometerlangen — Cañons, die zum großen Teil in wasserundurchlässigen jüngeren Bildungen, aber wohl auch in der Kreide liegen, ermöglichen es, in ihm selbst durch hohe Schleusenwehre ausgiebige Speicherungen zu schaffen.

Das Studium dieses Flusses kann dem Lande Krain empfohlen werden, da sich hier hauptsächlich für kleinere Industrieanlagen in der Zukunft noch wertvolle Schätze heben lassen, wenn auch das mittlere Rinngefälle ein verhältnismäßig kleines ist.

So z. B. beträgt dieses auf der Strecke Obergurk—Weißkirchen 130 m, bei 48 km Stromentwicklung = 2·7 ‰.

Der Themenizbach.

Als sogenanntes Schulbeispiel erregt noch dieser kleine Nebenlauf der Gurk einiges Interesse.



Abb. 85. Entwicklung des Themenizbaches.

In dem lieblichen Polje von Treffen zeigt er bei 103 km² Einzugsgebiet und 720 Sek./Lit. Niederwasserführung seinen ersten Schlinger, im Volksmunde Risanta — bei Ponikve, um nach 2 km

kurzem unterirdischen Laufe im Polje von Hönigstein als Quellfluß wieder zu erscheinen.

Zahlreiche Ponore und Schwemmlandtrichter bemächtigen sich nun bei Jablan wieder der Wässer, die erst in der Pečna bei Schloß Luegg, dem landschaftlich schönsten Punkte im oberen Gurktale, wieder zu Tage treten. Bei einer Gesamtwanderung von 9 km kann man hier die Karstflußtype in allen Einzelheiten wie an einer Miniatur studieren. Das Gesamtnutzgefälle des Baches in den unterirdischen Strecken beträgt 85 m in Stufen von 1 : 2. (Abb. 85.) Seine Ausnützung für ein Kraftwerk ist unbedingt nicht lohnend.

Die Kulpa.

Sie hat einen der Gurk ähnlichen Charakter, verfügt jedoch im Mittel über ein geringeres Rinngefälle. Speicherungen sind nur im Flußcanon möglich, stellenweise in längeren Strecken, weil das Flußbett größtenteils in älteren Triaskalken, im Oberlaufe in Karbon-



Abb. 86. Das Reka-(Timavo-)gebiet im Triestiner Karste.

schiechten eingeschnitten ist, die Dichtigkeit solcher Becken aber — als ziemlich verläßlich — eingeschätzt werden kann.

Nur in der Flußentwicklung zwischen Pribranci und Möttling sichern die in der Sohle und an den Gehängen anstehenden Kreidekalke die Beständigkeit der Speicherung nicht in ähnlichem Maße.

Das mittlere Rinngefälle beträgt $1\frac{3}{100}$, die Niederwassermengen sinken an der Möttlingerbrücke bis auf $3\frac{6}{100}$ Sek./m³.

Schöne Talsperrenanlagen mit angeschlossenen Zentralen lassen sich bei Kuselj, Mawerz und Mocile ausführen; eine günstige Kraftstufe hat sich die Stadtgemeinde Karlstadt bereits zur Gewinnung elektrischer Energie bei Ozalj ausgebaut.

Die Behandlung der westlicheren Karstflüsse Krains als Idria, Wippach und Konfluenten, würden in vorliegendem Falle, da sie wenig ausbauwürdig sind, zu weit führen.

Die Reka.

Zur Charakteristik (Abb. 86 bis 93).

Neuerdings wurde in Triest der Ausbau der Reka für Kraftzwecke, besonders für die Hebung des Wassers zur städtischen

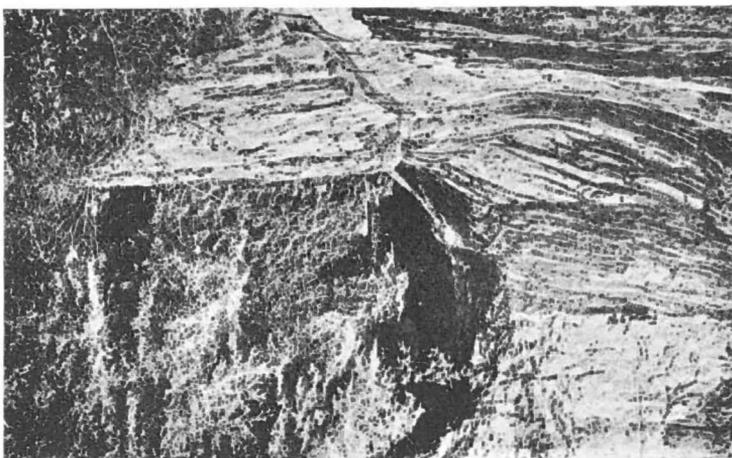


Abb. 87. Verlassene Oberstufe des Höhlenflusses
Reka bei St. Canzian.

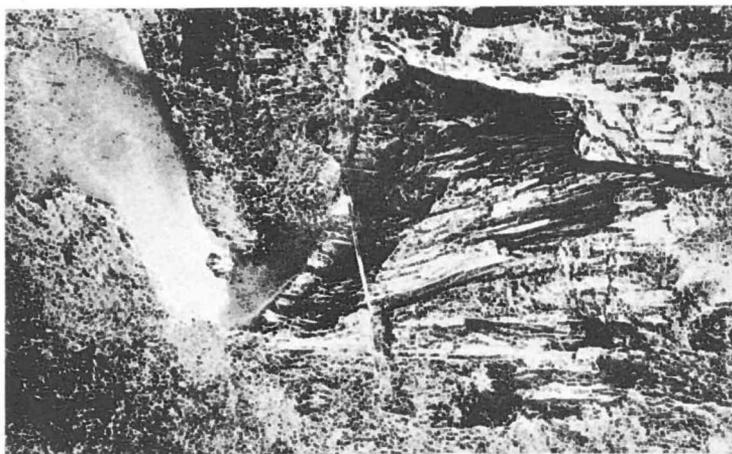


Abb. 88. Mariäschöhle, zum Schwirndenkmal
der Reka bei St. Canzian.

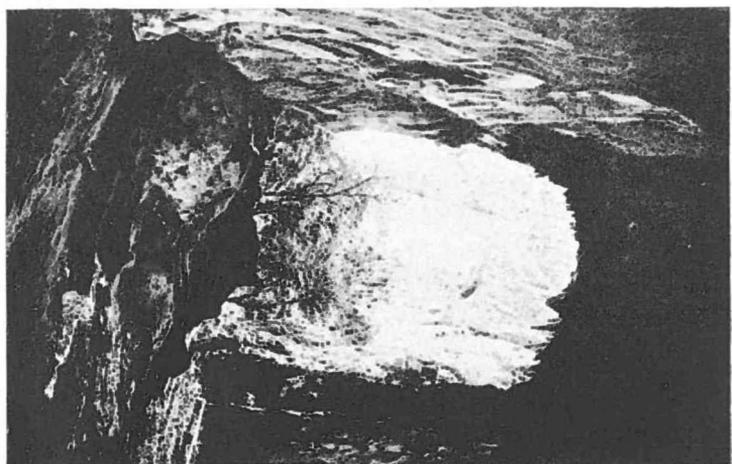


Abb. 89. Schmittlerotte an der Höhlenfußstrecke
der Reka bei St. Canzian.

Wasserversorgung in Anregung gebracht. Dieser Ausbau ist wohl auch durchführbar mit Herstellung einer Talsperre oberhalb Britof, ungefähr 3 km von St. Canzian stromaufwärts. Eine hiedurch ge-

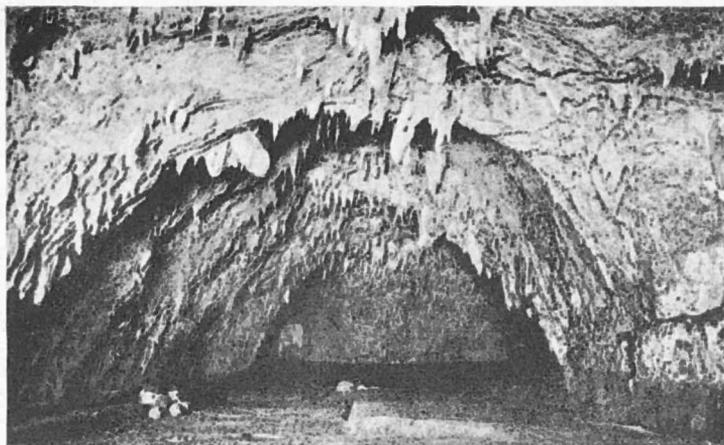


Abb. 99. Verlassene Flußhöhle („Tominzgrotte“) der Reka bei St. Canzian.

schaftene Speicherung liegt durchwegs im Eozän und ist ein Wasserverlust aus dem Sperrenbecken nicht sehr zu befürchten. Zur Ableitung ist ein 12,2 km langer Stollen von 7,7 m² nutzbarem Ausbruche notwendig, bei Anlage eines Wasserschlosses in der Nähe der Eisenbahnstation Boršt a. d. Linie Triest—Herpelje. Von hier führt eine 1,875 km lange Rohrleitung gegen die Bucht von Zaule zur projektierten Zentrale im Tale der Rosandra und ein 1,8 km langer Unterwassergraben besorgt die Abfuhr der Betriebswässer. (Abb. 95.) Das zu erzielende Nutzgefälle beträgt 316 bis 320 m nach Abzug aller Widerstände. Die Niederwässer der Reka sinken bis zu einem jährlichen Minimum von 2,0 m³. Vorübergehend wurde vom Verfasser an der Meßgasse in Gr. Urjem 1,4 m³ wiederholt im Hochsommer konstatiert.

Nachdem die Betriebswassermengen nachweislich durch 157 Tage des Normaljahres sicher mit 10 Sek./m³ angenommen werden können, Niederwassermengen von 4 Sek./m³ durch 103 Tage, kleine Mittelwässer bis 7 Sek./m³ durch 83 Tage wahren, so kann diese Anlage mit 24.500 HP bewertet werden, bei verhältnismäßig einfacher Dis-

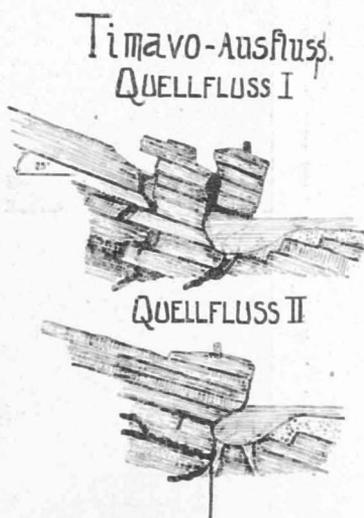


Abb. 91. Reka (Timavo)-Ausfluß bei St. Giovanni nächst Manfalcone.

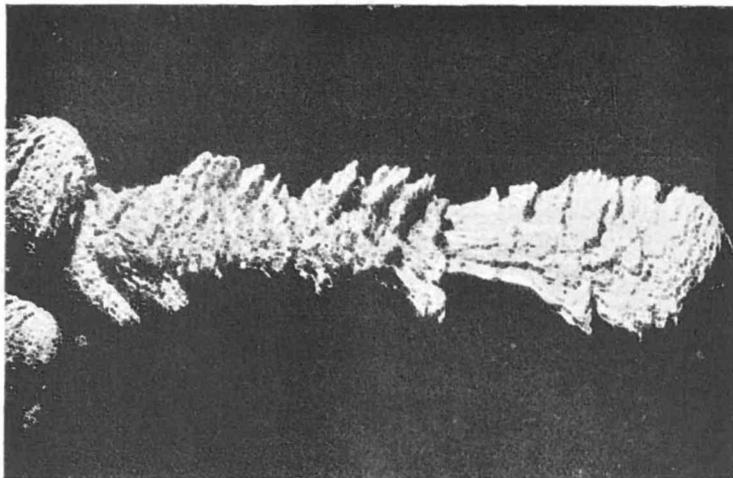


Abb. 98. Bildungen in verlassenen Fluhhöhlen der
Reka am Triestiner Karste.

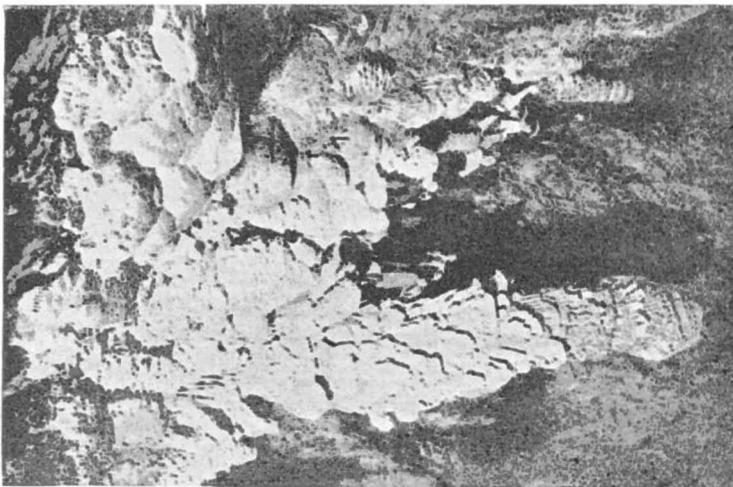


Abb. 99. Bildungen in verlassenen Fluhhöhlen der
Reka am Triestiner Karste.

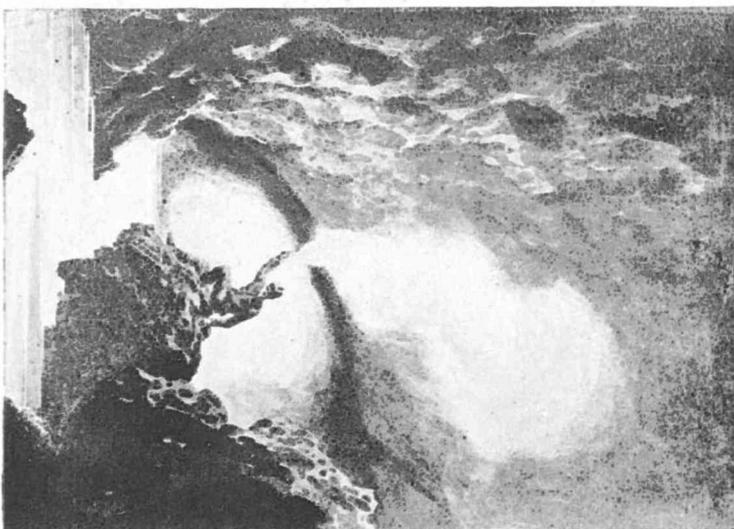


Abb. 91. Die unterirdische Reka bei Trebis.

position. Die mutmaßlichen Investitionen überschreiten allerdings etwas den Betrag von 14 Millionen Kronen oder 600 Kronen bei effektivem Jahresmittel-HP am Schaltbrette der Zentrale.

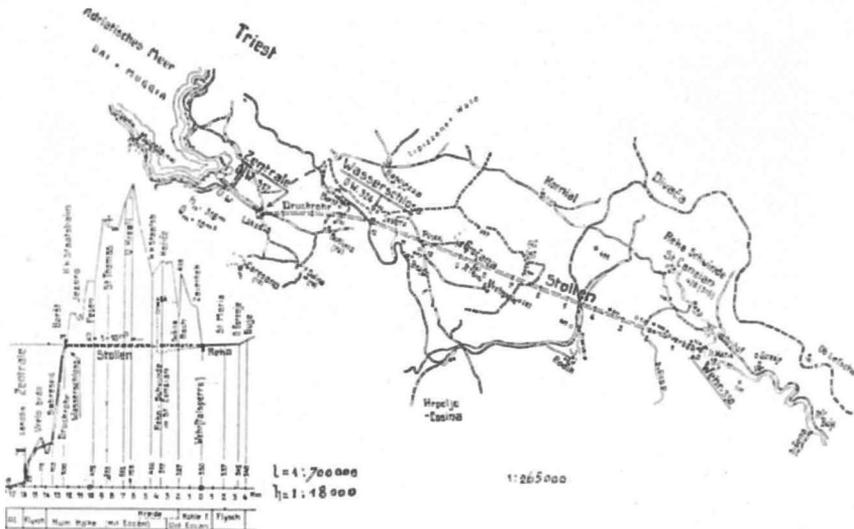


Abb. 95. Projektiertes Kraftwerk an der Reka.

Die Stadtgemeinde Triest findet wohl mit diesem Werke allein nicht das Auslangen, da die Niedrigleistung stark gegen das wirtschaftlich zu empfehlende Mittel abfällt und eine zeitweise Dampf-



Abb. 96. Karstlandschaft an der Reka.

aushilfe notwendig erscheint; immerhin kann sie aber ein wertvoller Behelf für gemeinnützige Unternehmen werden.

Rosandra, Foiba (Abb. 97), Quieto und Arsa eignen sich in gar keiner Weise zur Auswertung von Kraftwerken irgend einer

Bedeutung, da teils ihre absoluten Gefälle, teils auch die kleinen Niederwassermengen, wie auch die Lage der wichtigsten Gefällsbrüche zur See, sie nicht mehr ausbauwürdig gestalten.



Abb. 97. Die Foibaschwinde in Pisino am Istrianer Karste.

Die Rečina (Fiume).

Von diesem, schon häufig untersuchten Karstflusse, der in den Hafen von Fiume mündet, ist wenig Zweckentsprechendes zu melden. Sein absolutes Gefälle ist allerdings groß und bietet eine 290 m hohe Nutzstufe in unmittelbarer Nähe des Hafens; nur ist die Wasserführung eine sehr unklare. Die Herstellung des Wehres müßte im Gebiete des vom Wildbache erodierten Eozäns nicht weit von seinem Quellaustritte noch auf österreichischem Gebiete stattfinden (zirka bei Kukuliani oder etwas unterhalb). Die Ableitung muß durch einen Stollen bis ungefähr in die Nähe von Hosti geschehen; die Zentrale liegt dann hart am Meere, ungefähr bei der Torpedofabrik. Die Stollenlänge bei Einschaltung eines Siphons unterhalb der Vela-Strascha beträgt rund 4 km, Rohrleitung über Plasse und St. Nicolo wird 2.6 km lang. Die Anlage ist mit 2000 HP Mittelleistung zu bewerten, wenn eine Speicherung im Hochtale der Rečina durch einige, wenn auch niedere, stufenweise angeordnete Talsperren erfolgt. Im allgemeinen ist dieses Kraftwerk teuer und weniger ausbauwürdig. Der Unterlauf der Rečina ist häufig — durch Wochen hindurch — vollkommen trocken.

Die Dobra.

(Nebenfluß der Kulpa.)

Sie ist neben der Foiba der interessanteste Karstfluß, der nach Verlassen der Region älterer Triaskalke am Klekstocke, im Be-



Abb. 98. Dobracanon vor Ogulin.

reiche der Stadt Ogulin, in die Kreide eintritt und daselbst in einem 40 m tiefen Cañon seine Schwinde in dieser Formation ausgebildet hat. (Abb. 98 und Abb. 99, 100) 4½ km südöstlich verläßt der Höhlenfluß mit einem siphonartigen großen Quellaustritte (Abb. 102) in unverminderter Mächtigkeit das Massiv der Mila-glavica in der Gemeinde Gojak. (Abb. 101.) Die in der unterirdischen Strecke erzeugte Gefällsstufe beträgt gerade 100 m Nutzwert.

Durch Einbau eines Wehres 1 km südlich von Ogulin, fundiert auf den älteren Triaskalken, ist ein Speicher von mehreren km Längen und fast 2 Millionen m³ Inhalt gesichert. (Abb. 103.)

Die Niedrigstwässer betragen zuversichtlich 2 m³, die ausnützbaren Mittelwässer mindestens 7 m³. Durch Anlage eines Stollens von 4·9 km gegen Gojak in Ver-



Abb. 99. Katarakte an der Dobra vor der Schwinde.

Schenkel, Karstgebiete und ihre Wasserkräfte.

bindung mit einer kurzen Druckrohrleitung ist eine Anlage von rund 5400 HP mittlerer Jahresleistung im ungefähren Kapitalaufwande von 450 K per HP an der Turbinenwelle zu erzielen. Die Anlage gehört zu den guten und sehr bauwürdigen. Ihr Wert



Abb. 100. Dobraschwinde in Ogulin.

erhöht sich durch die unmittelbare Nähe der Station — Ogulin — des zukünftigen Anschlußpunktes der Lika-Bahn über Otocač—Gospic—Gračač nach Knin.

Infolge der hohen Ufer des Cañons im Unterlaufe der Dobra ergeben sich noch zwei wirtschaftlich vortreffliche Speicheranlagen,



Abb. 101. Karstlandschaft in der Mila-glavica.

u. zw. eine oberhalb Lipa mit 7 Millionen m^3 , eine oberhalb Crkvenoselo mit 9 Millionen m^3 nutzbarem Inhalte und 32, bzw. 13 m Nutzgefälle. Diese Anlagen sind sehr preiswert auszubauen und bieten gleichzeitig eine bedeutende Werterhöhung für die noch zwischen Novigrad und der Mündung des Flusses bei Pokupje betriebenen oder möglichen Niederdruckwerke.

Die Mrežnica.

(Nebenfluß der Korana-Kulpa.)

Sie zeichnet sich durch ausgedehnte und charakteristische Cañonbildung im Großteil ihres Laufes aus. 1 km unterhalb Ostaria verläßt sie — wie die Dobra — die ältere Triasformation und tritt durch vielfache Ponore, Schwemmlandtrichter und Dolinen am Fuß des Krpel in die Kreide ein.

Nach ungefähr 3 km Höhlenflußentwicklung unter dem Caprotinenstock von Krpel tritt sie als Schlundfluß, Rudnica genannt, bei Matesić wieder zu Tage.

Das auszunützende Nettogefälle beträgt 100 m, die Nieder- und Mittelwässer sind ungefähr gleich jenen der Dobra. Die Anlage erfordert jedoch bei günstiger Einlösung niedere Sumpfspeicher oberhalb Otok, verlangt bei Ostaria ein mittelhohes Schleusenwehr, eine 3 km lange offene Oberwasserableitung, einen 2,5 m langen Stollen und kurze Druckrohrleitungen. Sie ist mit 5000 HP zu bewerten und stellt sich noch billiger wie jene der Dobra, obwohl die Verlässlichkeit der Wasserführung



Abb. 102. Dobraflußquelle (Vrelo) in Gojak.

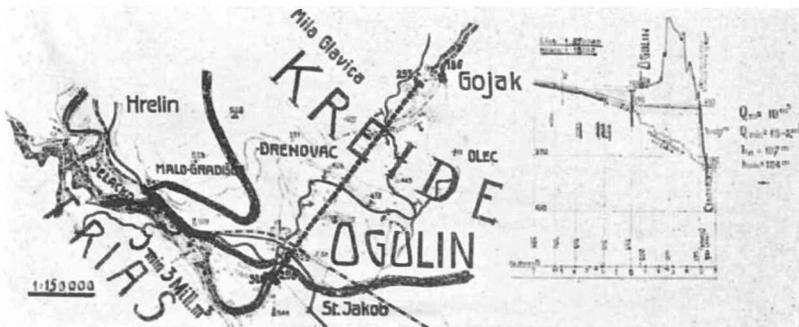


Abb. 103. Projektiertes Kraftwerk an der Dobra bei Ogulin.

und Dichtigkeit der Speicher nicht in demselben Maße angenommen werden kann. Dieser Anlage kommt die Nähe der königl. ung. Staatsbahnlinie Karlstadt—Fiume sehr zu Gunsten. (Abb. 104.)

Eine ähnliche, ebenso wertvolle Anlage ist an der Höhlenflußstrecke des Dretuljabaches unterhalb Plaški ausführbar. Bei Einhaltung

der gleichen Type mit möglicher Speicherung im Flußschwindenfelde „Draga“ sind gegen den Ort „Mrežnica“ am zweiten Quellflusse der Mrežnica 104 *m* Nettogefälle billig auszubauen. Die

Wassermengen sind jedoch heute noch nicht genügend festgestellt. (Abb. 105.)

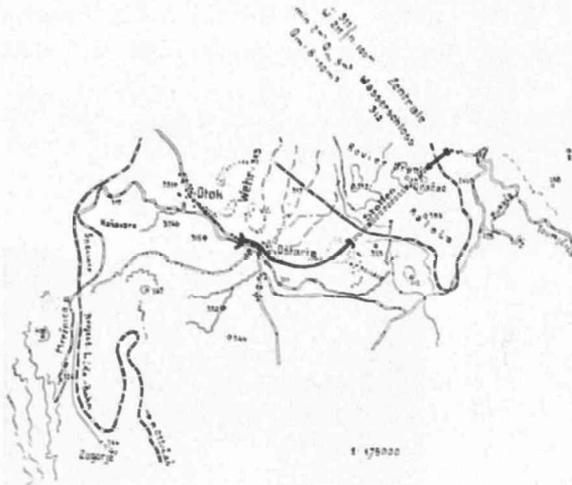


Abb. 104. Projektiertes Kraftwerk an der Mrežnica bei Ostaria.

m^3 Speicherinhalt; oberhalb Belavičselo (Haltestelle Zvečaj) 12 *m* Nettogefälle an der Sperre mit ihrem Stauinhalt von 8 Millionen m^3 .

Die große Spinnfabrik Dugaresa bei Karlstadt nützt weiter stromabwärts — allerdings nicht ganz vorteilhaft ausgebaut —

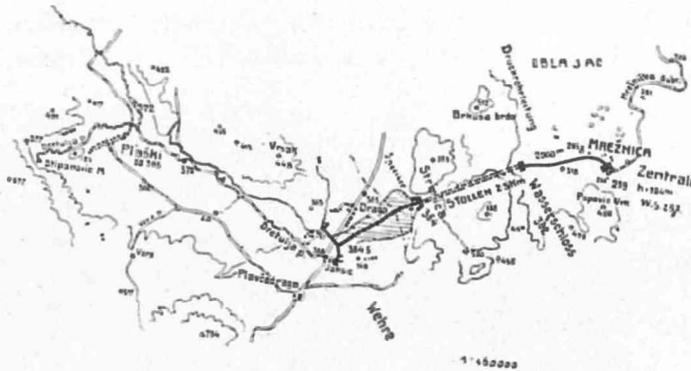


Abb. 105. Projektiertes Kraftwerk am Dretuljabache.

zirka 4 *m* Nutzgefälle aus, womit größere Werke an der Mrežnica erschöpft sind.

In ähnlicher Weise kann auch noch die Korana behandelt werden, obwohl sie in ihrem ganzen Laufe ein vollkommen ausgebildetes Cañontal aufweist, daher nur Nutzstufen an einzubauenden Talsperren ins Auge zu fassen sind.

Erwähnenswert sind noch die Kraftstufen an den Plitwitzer Seen, wie an der Sluinića, obwohl hier etwas veränderte Bedingungen vorliegen und diesen Werken durchaus nicht jener Wert zukommt, als es Spekulanten und Laien ruhmredig ausgerufen haben.

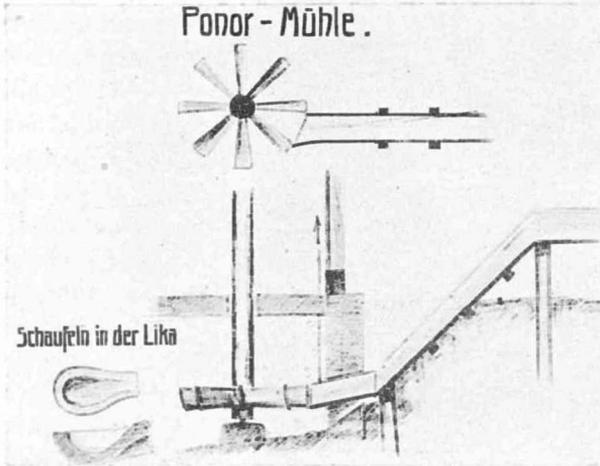


Abb. 106. Typus der Likaner Ponormühle.

Die größten und wertvollsten Wasserkräfte aber sind in der Lika dem Volksvermögen nutzbar zu machen, u. zw. an den Poljenabflüssen des Karsthochlandes, das von den Gebirgszügen Senjsko-bilo-Velebit im Westen, der kleinen Kapella und Pleševica-planina im Osten begrenzt wird.

Gačka und Lika.

Die Gačka entspringt am südöstlichen Rande des Gačkopolje an der Wasserscheide gegen die Lika schon als starker Quellfluß am Fuße des Vre-nac. Mutmaßlich war in älterer geologischer Zeit jedenfalls ihre Tal-ausbildung in der Linie Otocač-Brlog am Ostfuße des Senjsko-bilo durch die Senjska-draga zum Meere, von welcher nach Hebung der Küstenfalte drei Ponorgebiete, u. zw. um Otocač und am Komacevo-Jezero bei Kompolje, wie am Gusićpolje bei Brlog, Zeugnis abgeben.



Abb. 107. Die Mühlengruppe an der Svička (Gačka).

Durch landwirtschaftliche Aufgaben, Entsumpfung und Bewässerung bedingt, wurde in jüngster Zeit von Otopčac aus ein



Abb. 108. Hauptfall bei Svičca.



Abb. 109. Der Stephanieponor während der Inundation.

während geräumt, vertieft und zu einem künstlichen Kanale umgestaltet wurde. Von diesem Punkte an geschieht der Abfluß

Kanal mit einem hölzernen Schleusenwehr zu den Hauptponoren am Svičko-Jezero geführt, wodurch eine Wasserteilung und Regulierung der drei Hauptabflüsse, nämlich bei Svičca, Serbsko-Kompolje und Gusić-polje ermöglicht erschien. Auf dem Felde bei Otopčac aber treten noch drei andere Gabelungen auf, die in Seitenponoren, u. zw. an der Grenze der Kreide ihre unterirdischen Abflüsse finden. Durch sie werden dort 5 Ponormühlen (Abb. 69, 106) getrieben. Bei Svičca, 5 km östlich von Otopčac, liegt eine 27 m hohe Stufe — durch Katarakte und Wasserfälle (Abb. 108) genommen

— vor, an welchen 13 Mahlmühlen und 2 Sägewerke angeschlossen sind. (Abb. 107.) Der unterirdische Ablauf findet durch das Seebecken Svičko-Jezero statt, dessen Sohle zahlreiche Ponore, darunter die Hauptschwinde „Stephanieponor“ aufweist. (Abb. 109.) Eine Reihe sehr interessanter Schwemmlandtrichter und Ponore zieht sich noch über 2 km westlich des periodischen Sees in der Talfalte hin.

Zu diesen großen Ponorgruppen am Fuße des Senjsko-bilo führte seinerzeit ein natürliches, tief eingeschnittenes schmales Rinnal von 1,5 km Länge, das von den Landleuten zur rascheren Absenkung des Svičko-Jezero fort-

nach der querenden Kluft, der Krasanska-Falte nordwestlich von Krasno, um entlang der undurchlässigen Werfnerschiefer-Aufbruchlinie am Velebit ungefähr bei St. Georgen in das Meer — vielverzweigt — auszutreten.

Die zweite nördliche Ponorgruppe liegt bei Serbsko-kompolje fast auf gleicher Höhe und zeigt in einer Dolinenreihe nach Süden den wahrscheinlichen Zusammenhang mit dem Abflusse des Svičko-Jezero. Die dritte Flußschwinde bildete sich bei Brlog im Gusičpolje aus (Abb. 112); es läßt sich dort eine Dolinenreihe gegen den Schiefereaufbruch am Vratnik nachweisen, wie auch in einzelnen tiefen Dolinenschlünden bei Žuta-lokva Wasser in beiläufiger Höhe des Gusič-poljes konstatiert wurde.



Abb. 110. Karstlandschaft am Vratnik (Verriegelung des Senjsko bilo).

Die ganze Bildung der Poljestufen läßt darauf schließen, daß vor Hebung der ersten Küstenfalte und vor Durchbruch der Triaskalke durch jüngere Eruptivgesteine in der Senjska-draga den wahren Tallauf der Gačka dieses Zenggertal als Mündungsstrecke bildete. Durch Verriegelung nun dieses Tales am Vratnik (Abb. 110) und Bildung der Querfalte an der Žutalokva war die Gačka gezwungen, teils in den Kreidestock westlich abzufallen, teils durch Querklüfte den triassischen Grundstock als mehrfachen Höhlenfluß zu queren.

Sehr ähnliche Verhältnisse weist nun die

Lika

auf. Sie entspringt in den triassischen Formationen am Vaganjski vrch und wurde wahrscheinlich durch die Bildung des Querriegels am Sattel von Raduč, der durch die hervortretenden Kuppen des Lataša—Bukova-glava—Zir—Kik—Debeljača und Klanac deutlich gekennzeichnet ist, zur Umkehrung der Abflußrichtung gezwungen. Von dieser Verriegelung des natürlichen ganzen Lika-poljes an wird nun ein Teil der Abflüsse durch die Radučica—Obćenica und Ričica gegen Graćač an dem südlichen Velebitkamm in der alten natürlichen Fallrichtung abgeleitet. Der Oberlauf der Lika zeigt wenig Karstcharakter und läßt ihn erst deutlicher nach beiläufig 18 km Länge

beim Eintritt in die Kreide erkennen. Ihre hauptsächlichsten Nebenflüsse sind rechts die Glamočnica, die Jagova, bei Gospić links die Novčica und die Otešica. Erstere mehr Karstflüsse, letztere ausgebildete ältere Abläufe des Hochkammes am Velebit.

Schon in dem ganzen vielfach durchfurchten Polje um Gospić tief eingeschnitten, bildet die Lika einen großartigen Flußcañon, hauptsächlich aber in der Strecke Klanac—Kosinj reich an besonderen Naturschönheiten und lehrreichen Details, aber wild und sehr schwer zugänglich. Sie betritt hierauf das Lika-polje, eigentlich im Volksmunde



Abb. 111. Schwemmlandtrichterlandschaft im Lipovo-polje.

genannt, nahe des Svičko-Jezero, d. i. 10 km südlich hiervon, fällt daselbst durch zahlreiche Schwemmlandtrichter und Ponore in die Kreide des Nadjak-bilo, des linken Hanges der Krasanska-Falte. (Abbildung 111.)

Ihre weitere wahrscheinliche Entwicklung ist ein geteilter Spaltfluß unter Krasno längs des Werfnerschiefer-Aufbruches gegen St. Georgen (Torrente Rača); es zeigen die zahlreichen Quellaustritte am Lande, an der Küstenstrecke St. Georgen—Lukovo und auch die nachgewiesenen submarinen Austritte das gemeinsame Mündungsgebiet der Gačka und Lika an. Jedenfalls hat die große Faltung des Lika-hochlandes die Ursache zur Störung des seinerzeit bestandenen einheitlichen südöstlichen Hauptflusses gegeben, da sowohl rein plastische als auch geologische Kennzeichen hierfür sprechen.

Der Höhenunterschied als Netto-, d. i. Nutzgefälle vom Svičko-Jezero bis nach St. Georgen beträgt 375 m, das Rohgefälle der Lika bis zur Küste 496 m. (Abb. 112.)

Was die Wassermengen anbelangt, so sind dieselben an der Gačka mit außerordentlicher Vorsicht in Rechnung zu stellen. Des Verfassers eigene Simultanmessungen ergaben zu Niederwasserzeiten im Mittel am Gusič-polje bei Brlog 3 m³, im Abflusse gegen Serbsko-kompolje 0.7 bis 1.2 m³, am rechtsseitigen Abflusse von Otočac, durch die Betätigung der Schleusenwerke beeinflusst, 5 bis 6 m³, gleichzeitig am Franz-Karl-Kanal 16.8 m³ per Sekunde. Von diesem Punkte an jedoch verliert die Gačka an vielen nicht nachweisbaren Punkten ganz bedeutende Wassermengen, so daß die

Simultanmessung vor der Ortschaft Sviča nur mehr noch 8 bis 9 m^3 aufwies. Die unter dem Wasserspiegel liegenden Ponore des Svičko-Jezero wirkten aber derart, daß der letzte gleichzeitige Abfluß zu den Schlußponoren nur noch 120 Sek./Lit. betrug.

Man sieht daraus, wie vorsichtig die Anlage an der Gačka zu behandeln ist, und es ist, obwohl ein Ausnützungsprojekt wenigstens generell schon von einer französischen Gesellschaft behandelt wurde, doch notwendig darauf hinzuweisen, daß nur sehr gediegene Projekte, welchen besonders aber Studien geologischer Natur zur Grundlage dienen müssen,

Aussicht auf jenen Erfolg haben, der vor einem unausbesserlichen Fehlgriffe bewahren kann. Mit oberflächlichen Spekulationsprojekten kann es hier nur zu einer Diskreditierung der österreichischen Wasserkräfte im Süden unserer Monarchie und zu einem Zurückziehen fremden Kapitaless kommen. Gerade diese Anlage wurde von dem Verfasser sorgfältig studiert und es wird im vorliegenden ein Bild der möglichen und wirtschaftlich brauchbaren Lösung gegeben, weil in Erfahrung gebracht wurde, daß man vorerst auf die Schaffung von ausgiebigen Speicherungen keine Rücksicht genommen hat. Dies wahrscheinlich infolge eines Verkennens des wahren Charakters der Gačka und der von ihr abhängigen landwirtschaftlichen Bedürfnisse ihrer Anwohner. Diese selbst sind durchwegs einfache Menschen, welche die Folgen leichtsinniger oder übergroistischer Auswertung der reichen Naturkraft nicht zu übersehen vermögen und durch schlechte Verträge, nicht vollkommene Vertretung und nicht einwandfreien Rat leicht empfindlich und dauernd geschädigt werden können.

Unbedingt ist das Hauptwehr am Ziegelofen westlich von Otočac einzulegen und erscheint es notwendig, einen Lehnenkanal von 6 km Länge gegen Westen anzulegen. Diesem kann, um die Interessen der Wasserwerksbesitzer am Svičko-Jezero möglichst zu schonen, eine Zwischenzentrale in Sviča selbst eingelegt werden, aus der die im Orte befindlichen Kleinindustrien billigen oder



Abb. 112. Das Schwindengebiet der Gačka und Lika und die projektierten Kraftwerke daselbst.

kostenlosen Strom beziehen könnten. Kann dies durch irgendwelche Finanzoperationen entfallen, so ist die erste Stufe von 27 m Nutzgefälle am Fuße der Deriknava auszubauen, und zwar vorteilhaft hier für eine vorausgesetzte reichere Stromverteilung in der mittleren Lika selbst. Von hier aus, nachdem man eventuell die

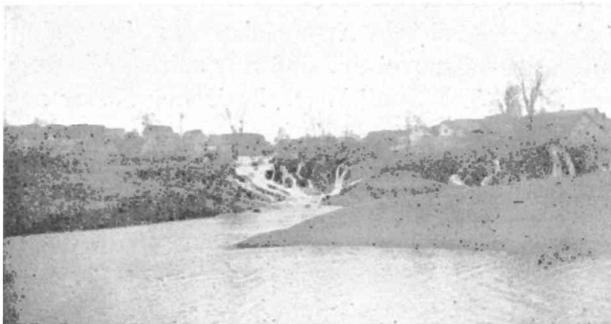


Abb. 113. Svičafälle mit Svičko-Jezero.

noch freien Wasser des Brloger Abflusses oder einer dort anzulegenden Speicherung mittels Lehenkanal und kurzem Stollen zugeleitet hat, wird ein 15,3 km langer Stollen unter dem Senjsko- und Javorovo-bilo gegen St.

Georgen zu treiben sein. Mit kurzem Lehenkanal, eingeschaltetem größeren Wasserschlosse, verhältnismäßig sehr kurzer mehrfacher Rohrleitung ist am Hafen von St. Georgen, der gute Fahrwassertiefe aufweist, die Zentrale mit 375 m Nutzgefälle zu errichten. Da nun der Brloger Abfluß einen Großteil des Niederwassers übernimmt, die vielen Wasserrechte in Otočac und Sviča berücksichtigt werden müssen, sowie die Möglichkeit einer der Jahreszeit nach früheren Senkung der Inundationswässer, wie auch die Bewässerung im Sommer nicht außer acht gelassen werden darf, so ist diese Anlage in rechtlicher Beziehung wesentlich schwieriger durchzuführen als in technischer. Sie wird aber erst dann zu einem vollen Erfolge führen, wenn die unter geringeren öffentlichen Ansprüchen abfließenden Wasser des Likaflusses, wie es der Verfasser projektiert hat, einbezogen werden.

Auch in dieser Hinsicht ist das Terrain der Höhenlage nach sehr vorteilhaft, da das Lipovo-polje ungefähr 80 m höher liegt, als der Svičko-Jezero. Ungefähr in der Mitte dieser 10 km langen Trennungsstrecke der beiden Hauptponorengelbiete liegt die Faltung an der Kuturevska-kosa. Bei Kuterovo erreicht sie ihre größte Senkung, die so tief liegt, daß der Verbindungsstollen hier mit zwei Zwischenangriffspunkten bequem betrieben werden kann. Es ist darum die Stollenführung von der Lika zur Gačka trotz 10,5 km Länge eine außerordentlich günstige, auch hinsichtlich der Materialdeponie; sie ermöglicht die Herstellung einer Zentrale — für Bahntraktion oder andere industrielle Zwecke — von 80 m Nutzgefälle, 1 km westlich des Svičko-Jezero mit Likawasser, den Einbezug ihres Unterwassers in den Hauptstollen nach St. Georgen und bietet daher

ein bequemes Mittel, die mittleren Betriebswassermengen an dieser Zentrale zum Großteil des Jahres auf mindestens 25 m^3 per Sekunde zu halten.

So erhalten wir in St. Georgen die größte Wasserkraftanlage, die überhaupt in zentralisierter Weise in Österreich-Ungarn möglich ist, und zwar im Energiebetrage von sicher 120.000 HP im Jahresmittel. Die von dem Verfasser schätzungsweise erhobenen Kosten, an Hand sorgfältiger Begehung des gesamten Terrains und unter der Berücksichtigung bemessen, daß die viel umworbene, bishin wohl fertiggestellte Likabahn die Transportkosten vieler Baumaterialien und der Maschinensätze wesentlich herabsetzen könne, stellen sich auf 420 Kronen per effektive HP.

Trotzdem die Gačka selbst bei guten Baudispositionen am Svičko-Jezero und noch an anderen Punkten, wo die Ablösung billig oder erschwinglich ist, Gelegenheit zur Bildung von bedeutenden Speichern gibt (Abb. 113), wird diese Riesenanlage vortrefflicher und viel wertvoller, wenn die Lika in ihrer, durch ganz junge Bildungen stellenweise ausgezeichneten, Klamm bei Klanac durch eine Talsperre in ein Staubecken verwandelt würde. In jener Strecke sind fast gar keine Grund- und Wasserrechte von Bedeutung einzulösen und es gestattet die Höhenlage des Wasserspiegels bei Klanac, bis wohin die Staukurve unbestritten reichen darf, gegenüber der Höhe des kleinen Poljes bei Ober-Kosinj die Abarbeitung von 70 m Nutzgefälle bei sehr billiger kurzer Stollenanlage durch den Malivrh.

Hier sind allein zwischen 8000 u. 10.000 HP mit Sicherheit abzubauen und beträgt der Inhalt der Klamm je nach Höhe der gewählten oder zulässigen Talsperre 8 bis 12 Millionen m^3 . Auch diese



Abb. 114. Canonbildung an der Sluineica im Likaner Karste.

Anlage sucht in ganz Mitteleuropa ihresgleichen, besonders, wenn man ihren Wert für die Hauptanlage in gebührende Rechnung zieht.

In diesen großen Werken an den Hauptflüssen des Berglandes Lika liegt — sowenig man es heute von maßgebender Seite vielleicht

erkennt und würdigt —, ein großer Teil des kroatischen Nationalvermögens und es kann der Regierung dieses Königreiches nur



Abb. 115. Periodisches Vrelo im Plitvitzgebiete.

empfohlen werden, ja nicht das üble dalmatinische Beispiel planloser Konzessionserteilung und dieses zweifellosen Raubbaues, welche die Wasserkräfte jenes Kronlandes zum großen Teile für die Zukunft entwertet haben, als Richtschnur einer wasserwirtschaftlichen Politik anzunehmen. Die Verwaltung des Königreiches wolle nur solche Projekte konzessionieren, die ihrem gediegenen Studieninhalte nach beweisen, daß wohl



Abb. 116. Gefällsstufe im Plitvitzgebiete.

anfangs — dem Bedürfnisse folgend — kleinere Werke ausgebaut werden können, jedoch immer so, daß eine Maximalausnützung unbedingt ohne Betriebsstörungen oder eingetretene Entwertungen, in der Zukunft frei gehalten werde und daß die elektrische Traktion des zukünftigen Likabahnnetzes unter allen Umständen gewahrt bleibe.

Bei sorgfältiger Auswahl noch der vielen kleineren und doch auch günstigen Kraftstufen in der Lika (Abb. 114, 115), beim Ausbaue endlich der Plitwitzer-Seengruppe (Abb. 66, 116) mit eingeschätzten 5000 HP im Jahresmittel (die allerdings auf 1500 HP im Minimum sinken), und endlich bei Ausbeutung der südöstlichen Abflüsse an der großen Gefällsstufe gegen die

Zermanja, kann ein Teil des Nationalvermögens der Landschaft Lika mit wenigstens 200.000 sicheren Jahresmittel-HP eingeschätzt werden, was bei einem durchschnittlichen 12 %igen Betriebskoeffizienten — selbst bei Schleuderpreisen — einen jährlichen Umsatz von 15 Millionen Kronen darstellt.

Man sieht daraus, wie notwendig es ist, daß das Königreich Kroatien schon hinsichtlich des Steuerertrages den Wert erteilter Konzessionen richtig und sachgemäß beurteile.

Die Ričica und ihre Nebenflüsse.

Trotz geringer Wassermengen derselben sind auch im Süden der Lika noch ziemlich gute Speicher zu errichten und stehen

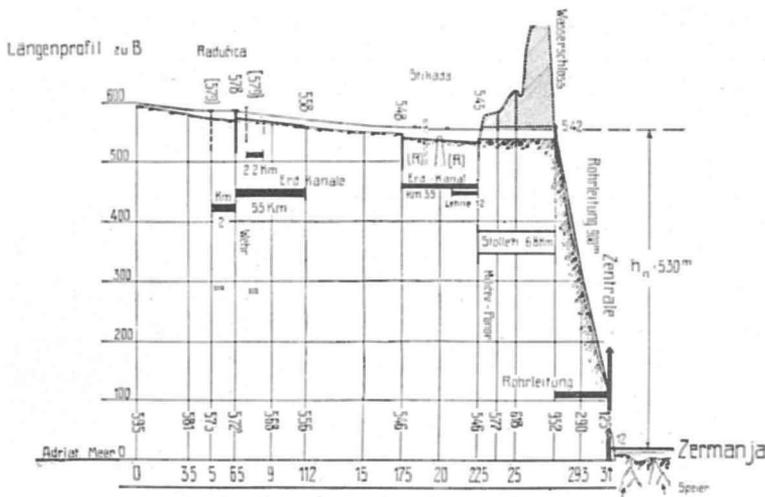


Abb. 117. Längsprofil zu den Kraftwerken Ričica—Zermanja.

daselbst in der Stufe zur Zermanja Gefälle zwischen 515 bis 530 *m* zur Verfügung. (Abbildung 117.)

Ihr Ausbau wird so billig, daß 1 HP kaum auf 400 *K* Kapitalanspruch (selbst bei Aufrechnung hoher Löhne und starker Reserven) zu stehen kommt.

Die Sammelbecken in der Cerje, Štikada,

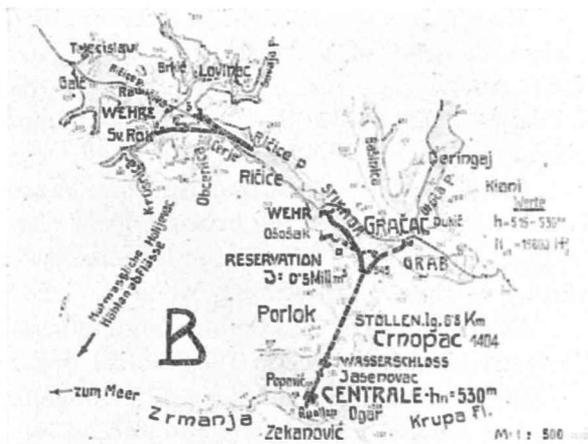


Abb. 118. Projektierte Kraftwerke in dem Ričicagebiet gegen die Zermanja.

am Grab usw. können bis zu 2 Millionen m^3 Inhalt anstandslos durch die jährlichen Inundationen, die nicht selten zweimal eintreten, gefüllt werden. Auch in dieser Hinsicht sind ziemlich detaillierte Studien gepflogen worden, die aber derzeit noch nicht veröffentlicht werden können. (Abb. 118.)

Der Arbeitswert der Anlagen in der südlichen Lika ist sicher mit 15.800 HP im Jahresmittel anzunehmen.

Die dalmatinischen Binnenlandflüsse.

Die Zermanja, Butišnica, Kerka und Čikola, Cetina betreffend, liegen infolge des offenen Charakters ihres Tallaufes für verschiedene Ausnützungsformen dieser Karstflüsse schon zahlreiche Projekte vor.

Im allgemeinen erfahren diese Anlagen nur Speicherungen hinter höheren Schleusenwehren in den steilrandigen Flußtälern selbst — längere Ableitungen an den Hängen und geben in den noch verfügbaren Stromstrecken Nutzgefälle zwischen 14—70 m zur Auswertung.

An der Zermanja weisen an den besten Ausnützungspunkten die bemerkenswerten Messungen und Erhebungen auf:

	Ort: Pagjene	Mokropolje	Ervenig	Žegar		Dauer
Niedrigstwasser . .	1.2	1.4	1.6	2.6	Sek./ m^3	5 Wochen
Niederwasser . . .	1.6	1.7	1.8	3.8	"	8 "
Betriebsmittelwasser	3.4	4.1	4.3	6.3	"	16 "
Betriebsmaximum .	5.0	6.0	6.0	7.0	"	23 "
Nutzgefälle	46	55	66	14	m	
Speichermengen .	1.0	—	—	8.0	Mill. m^3	
Jahresmittelleistung	1500	2360	3000	2150	HP	
Kosten per 1 HP	1120	572	780	760	K Kapital.	

Hier möge berücksichtigt werden, daß die Wassermessungen infolge örtlicher Durchlässigkeit der Flußsohle (Kluftponore des Kreidestockes) in der Strecke Pagjene—Krupamündung, woselbst Talhänge und Sohle in undurchlässigen Flysch übergehen, oft widersprechende Resultate geben.

Sichere Zahlen erhält man an den Wasserfällen von Ogar 8 km östlich des Hafens von Obbrovazzo.

An der Butišnica sind nur 2 nennenswerte Kraftstufen ausbaufähig — ihre Ausgestaltung ohne Speicheranlage ist eine normale.

Die Tiefstände des Sommerminimums sind durch 1.0 Sek./ m^3 , die Betriebsmaxima durch 4.0 Sek./ m^3 gekennzeichnet.

Die Proportionalität der Abflußmengen und ihre Verteilung im Jahre entspricht jener der oberen Zermanja, mit der sie sich im Niederschlagsgebiete an dem Kreidemassive der Konjska-glava teilt. Die zu erzielenden Nutzgefälle schwanken zwischen 42—63 m

— die Kapitalkosten der ausgebauten Nutzpferdekraft — am Schaltbrette der Zentralen beurteilt, überschreiten nicht 430 Kronen. Im allgemeinen sind aber die vorhandenen oberen Wasserrechte sehr zu berücksichtigen.

Die Kerka.

(Abb. 119.)

Nur noch Reste der schönen Kraftstufen regen zur Ausnützung an. Dieser Fluß besitzt in den seebeckenartigen Erweiterungen seines Cañons natürliche Speicher, die aber in ihrer Wirksamkeit und Mächtigkeit durch die Meliorationsbedürfnisse am Kninsko-polje sehr beeinträchtigt werden. Eine wirtschaftliche Sanierung



Abb. 119. Die Kerkaquellfälle oberhalb Knin.

dieses Mißstandes ist nur durch die Anlage eines modernen Schleusenwehres 2 km westlich von Knin möglich.

Dieser Einbau würde die von der Landbevölkerung so sehr gewünschte Regelung der Abflußverhältnisse um Knin befördern — die einseitige oft schädliche Senkung des Grundwasserstandes, wie es die durch eine unvollständige Regulierungsaktion vorbedachte Sohlenvertiefung allein bezwecken würde, nach agrarischem Bedürfnisse beschränken und die Aufbesserung der Niedrigwasserstände durch eine selbsttätige Grundwasserspeicherung in denkbar billigster Weise ermöglichen.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung sind nur die Stufen am Bilušić-Buk — Wasserfälle und Stromschnellenausbildung von zusammen 22 m Höhe —, ferner ein Teil des Kerkafalles „Roski-Slap“ mit 16 m Nutzgefälle für Großanlagen in Rechnung zu stellen.

Die kleinere Gefällsstufe am Kloster St. Archandjel bei Kistanje mit 7 m Nutzwert setzt eine ausgiebige Speicherung in der Talspalte

gegen die Manailovacfälle, die bereits ausgebaut sind, voraus. Da die Kerka drei Hauptfalten des dalmatinischen Karstes durchquert und Sohle wie Talhänge in sehr verschiedenen Formationen liegen, ist ein übergroßes Vertrauen auf die Dichtigkeit von Talspeichern nicht zu setzen. Die Angaben über die Wassermenge der Kerka sind sehr verschiedene und größtenteils von den zahlreichen Spekulanten, welche sich mit diesem ausgebildeten Karstflusse beschäftigt haben, sehr übertrieben worden.

Es stehen zur Verfügung:

O r t	Größter Tiefstand	Niederwasser	Mittleres Betriebswasser	Wirtschaftliches größtes Betriebswasser
am Bilušić-Buk.....	2·5	4·2	10·3	15·0 Sek./m ³
in St. Archandjel.....	3·7	6·8	16·7	25·0 „
am Roski-Slap.....	4·2	7·4	17·6	25·0 „
durch.....	5	7	18	22 Wochen

Die Anlagekosten der Krafteinheit (HP) dieser noch verfügbaren Stufen schwanken nach eingehenden Untersuchungen des Verfassers zwischen 500 und 730 Kronen am Schaltbrette der betreffenden Zentralen bemessen.

Die Čikola.

Nur die bedeutende Gefällsstufe von Drniš bis zur Mündung — 150 m Rohmaß — und die Möglichkeit einer ausgiebigen Speicherung von 6,000,000 m³ hinter einer 50 m hohen Talsperre 3·6 km westlich der genannten Stadt läßt diesem Nebenfluß der Kerka einige Bedeutung als Energiefaktor.

Der Kerka gleich, durchquert dieser Abfluß der Moseć-Planina die Hauptfalten des dalmatinischen Binnenlandes. Der ihrem Quellgebiete vorliegende Höhenzug Radiuje bildet die Verriegelung des älteren Tallaufes, d. i. des Petrovo-poljes über Prisoje zur Cetina und zwang jedenfalls die Čikola zur Umkehr der Abflußrichtung.

Oberhalb Drniš liegt der Fluß ausschließlich im Quartär und dem jüngeren Tertiär bei dichter Sohle — die Wässer fallen aber unterhalb der Reichsstraßenbrücke in die Ponore der Kreide, so daß zu manchen Zeiten der untere Flußcañon fast trocken gelegt erscheint.

Dies würde auch bei Anlage eines Speichers, der allerdings einen aktiven Inhalt von 6,000,000 m³ erreichen könnte, besonders zu berücksichtigen sein. —

Die Wasserführung der Čikola ist in Drniš gekennzeichnet durch:

	Minimum	Niederwasser	Betriebsmittelwasser	Betriebsmaximum
	0·8	1·2	3·3	6·8 Sek./m ³
durch.....	5	7	16	24 Wochen

Das wirtschaftlich einzustellende Nutzgefälle beträgt 95 bis 118 *m*, die mittlere Jahresleistung 4000 HP bei 750 Kronen Kapitalkosten der Krafteinheit am Schaltbrette einer Zentrale in Zonetič.

Die Cetina.

Dieser Abfluß zweier offener Poljen, und zwar des Cetinsko und Sinjsko-poljes, zeigt ein verhältnismäßig ausgeglichenes Längenprofil von seinem Vrelo in Cetnica bis zu den Skeičmühlen.

Von hier aus beginnt eine Reihe von Katarakten und Wasserfällen, den Durchbruch der Mosorplanina bezeichnend, in der kurzen Entwicklung von kaum 36 *km*, die ein Arbeitsgefälle von 225 *m* ergeben. —

Ein Teil dieser Gefällsstufe wurde bis nun schon ausgebaut, leider bei einseitiger Disposition, und es verbleiben nur minderwertigere und teurere Anlagen im Oberlaufe. — Der Ausbau setzt die typischen Karstspeicherungen in den unteren Poljen bei Vuletič, Dragovič und Trilj voraus, von welchen längere Oberwasserleitungen zu Zentralen in Koljane, Kulesa und Matic führen. Die zu erzielenden Nutzgefälle betragen daselbst 32, 24, beziehungsweise 23 *m*.

Für die Wasserführung der Cetina sind folgende Werte maßgebend:

a) Werke oberhalb Dabar

	Minimum	Niederwasser	Betriebsmittelwasser	Betriebsmaximum
	3·0	4·5	6·5	8·0 Sek./m ³
durch.....	6	8	13	25 Wochen

b) Werke unterhalb Trilj

	Minimum	Niederwasser	Betriebsmittelwasser	Betriebsmaximum
	9·0	16·0	22·0	24·0 Sek./m ³
durch.....	6	10	12	24 Wochen

c) Werke unterhalb der Skeičmühlen

	Minimum	Niederwasser	Betriebsmittelwasser	Betriebsmaximum
	10·0	18·0	30·0	45·0 Sek./m ³
durch.....	5	9	14	24 Wochen

Es weist die Zentrale Koljane 2000 HP mittlerer Energiegewinnung bei 900 Kronen, jene von Kulesa und Matic — als Stufenwerke ausgebaut — 10.600 HP zu 785 Kronen Anlagekosten der Einheit auf.

Eine wesentliche Sanierung der volkswirtschaftlich nicht besonders günstigen Verhältnisse an der unteren Cetina würde die

vielfach besprochene Anlage „Marquet“ gestatten, nach welcher die große konzentrierte Stufe durch einen Stollen in der Richtung Culić—Almissa im letzteren Hafenorte zur Kraftgewinnung herbeigezogen würde. —

Nach diesem Projekte, gegen welches nur die geologische Beschaffenheit der zu unterfahrenden Mosor-planina, wie die Länge der nur von den Endportalen zu betreibenden Stollenstrecke von 8.5 km teilweise begründeten Einwand gestatten, würden 217 m Nutzgefälle bei 74.000 HP mittlerer Jahresleistung gewonnen werden.

Im Wege elektrischer Verteilung würden die bisher konzessionierten oder ausgebauten Werke versorgt werden können.

Es muß betont werden, daß in dieser Gruppe dalmatinischer Flüsse die bisherigen Konzessionsverleihungen durchaus nicht streng wasserwirtschaftlichen Grundsätzen entsprochen haben. Zu diesem deutlich ausgesprochenen Raubbaue griffen weniger einheimische, mehr aber ausländische Gesellschaften, teils besser, teils schlechter durch Strohmänner gedeckt, die nun für mindestens 2 bis 3 Generationen eine vollwertige Ausnützung dieser Flüsse zum Wohle des Staatsganzen einigermaßen behindern.

Hiedurch ist nicht nur ein beträchtlicher Vermögensbestandteil des Landes Dalmatien in Verlust — oder, deutlicher gesagt, in Frondienst — geraten, der nicht so leicht einzulösen ist, sondern es wurde auch fremden Aspirationen auf Festsetzung an der Ostküste der Adria wesentlich Vorschub geleistet.

Die bosnisch-dalmatinischen Poljenabflüsse.

Wertvolle Ausnützung der Wasserkräfte im bosnisch-herzegowinischen Karste bedingen nun folgende generelle Projekte, die sich mit den bosnisch-dalmatinischen Grenzflüssen beschäftigen und die Frucht mehrjähriger Studienreisen des Verfassers sind.

Denselben liegt die Idee zu Grunde, die Melioration der stark versumpften Poljen, wie sie ja schon in den Jahren 1890—1900 von der Landesregierung der Okkupationsländer mit großem Erfolge begonnen und teilweise durchgeführt wurde, in der Zukunft so zu leiten, daß die durch dieselbe gewonnenen Wässer der Oberpoljen auf die unteren für Kraftwerke geleitet werden, ohne daß der Fehler, das Unterpolje damit zu belasten und dessen Inundationen zu vermehren, zum Nachteil agrarischer Interessen auftreten könne.

Diese Projekte befassen sich mit der Flußgruppe: Miljač, Šujica-Drina, Ričina, Brina-spila, Suaja, Vrlika, Tihaljina, Mlade-Trebižat. (Abb. 120 und Abb. 121.)

Der Ausgangspunkt ist hiebei ein Teil des mutmaßlichen Quellgebietes zur Tihaljina—Trebižat, das man mit großer Sicher-

heit auf das Kupreško-polje — $34^{\circ} 35' - 44^{\circ}$ n. Br. in Bosnien verlegen kann. Durch entsprechendes Zusammenfassen und die Regulierung des Wildbettes läßt sich das Einfallen des Miljačbaches am Rilič-polje in die Ponorgruppen Kupa und Rivine vermeiden.

Hier kann man — nach Anlage einiger kleinerer sekundärer typischer Karst-speicherungen — durch einen die Höhe von Malovan anscheidenden Lehnkanal, wovon ein Teil unter der Široka-Kosa als Stollen geführt werden muß, in der Gesamtbaulänge von 5 km ein Nutzgefälle von 200 m erzielen.

Die Mindestwassermenge beträgt immer 1 Sek./m³ Wasser; diese steht sogar zur Zeit intensiver Bewässerung zur Verfügung, wenn vorsichtshalber alle Ponorzuflüsse vor dem Verschwindungspunkte in einen Kanal zusammengezogen werden. Hierbei ist es gar nicht notwendig, auf ausgedehntere und kostspieligere Sammelbecken überzugehen.

In der Fortsetzung dieses durch mehrere Querriegel getrennten Poljenzuges nun erscheint es notwendig, den von den genannten Oberpoljen abhängigen Quellfluß, d. i. die Šujica, nach Regelung ihres offenen Laufes über Šujica, Caič, Mokronoge,



Abb. 120. Die Kraftgruppen im bosnisch-herzegowinischen Karste.

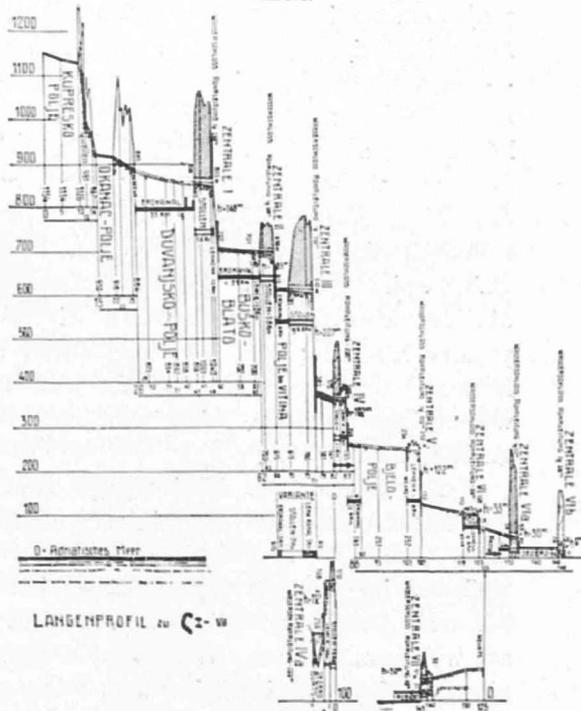


Abb. 121. Längenprofil zu den projektierten Kraftgruppen im bosnisch-herzegowinischen Karste.

Letka, wenigstens mit dieser Minimalwassermenge weiter zu leiten, bis sie im Duvanjsko-polje die nordwestlichen Abflüsse der Vranplanina und die widersinnig laufende Drina aufnimmt.

Nach Einbezug sämtlicher in dieses, jährlich inundierte, Polje tretender Abflüsse, wovon mehrere das ganze Jahr hindurch nicht versiegen, andere überhaupt vom Versinken leicht bewahrt werden können, ist am Ponor „Krivodol“, der Hauptschwinde dieses Beckens, eine Ableitung gegen das Buško-blato durchzuführen.

An der östlichen, fjordartig eingeschnittenen Bucht dieses Poljes — ist bei Prisoje eine Zentrale für 148 *m* Nutzgefälle und 3 Sek./*m*³ Niedrigstwasser herzustellen, woselbst noch mit Vorteil 10 Sek./*m*³ im 16wöchigen Betriebe abgearbeitet werden können. Dies wenn die Inundationszeit des Duvanjsko-poljes berücksichtigt, außerdem unter Einrechnung von Grundwasserstauung in der Vukovčevina und bei Schaffung von Sumpfspeicherungen 2 *km* oberhalb Ponor-Krivodol-Wasserreserven, welchen infolge der absolut tiefsten Lage Bewässerungsentnahmen nicht mehr schädlich sein können — vorgesehen wird.

Durch eine systematische Melioration am unteren Buško-blato, Regulierung der Ričina, Verbauung an den westlichen Ponorgruppen, Bildung einer Speicherung in den versumpften Teilen des Begovo-poljes am südlichsten Ende dieses Karstbeckens, Vornahmen, welche hohe landwirtschaftliche Werte in sich begreifen, läßt sich eine — gegenüber der Ričina — vermehrte und ständige Wassermenge durch einen 2.2 *km* langen Stollen in das Vinice-polje bei Aržano leiten und an 83 *m* Nutzgefälle abarbeiten.

Die weitere Entwicklung führt, zu Beginn als Unterwasser in der Längsachse dieses Poljes, teils durch Stollen, teils durch Lehnenkanäle in das Wildbett der Ričina, im Oberlaufe bei Vinjani, Brina spila genannt. Diese trocknet allerdings zu Zeiten, bleiben die Verhältnisse so ungeordnet wie bisher, durch einzelne Sohlenponore fast aus; was jedoch erhalten werden kann, ist durch einen kurzen Lehnenkanal in das Unterwasser der Zentrale Ričice, ohne wesentliche Verluste beizuziehen, um die Wassermenge der nächsten Anlage zu mehren.

Die Stufe vom Vinica-polje zum Laufe der Ričina, am Knie des Tales (bosnisch-dalmatinische Grenze) beträgt 227 *m*, woselbst also, ohne die Verhältnisse in irgend welcher Hinsicht zu übertreiben, im Beharrungszustande 35.000 HP. gewonnen werden können. Somit gelangt man nunmehr in das Becken von Imotski, auf welchem vielfache Wasserspaltungen, nordwestlich in das Jezero-blato, südlich in die Vrlika zum Bielo-polje, stattfinden, jedoch auch neue Zubringer aus den Sohlenquellen bei Proložac, als auch offene Wasserläufe, wie die Šipovača — als das ganze Jahr wasserführende

offene Quellbäche —, die Verhältnisse in der Wasserbringung sowohl der Dauer als der Menge nach wesentlich aufbessern.

Die weitere Entwicklung dieser Kraftanlagen setzt aber ein vollkommen einverständliches Verfahren der landwirtschaftlichen Melioration in beiden Staatsgebieten voraus, weil die bosnisch-dalmatinische Grenze dieses lange Polje in der Linie Gorica—Runovič in zwei Arbeits- und Erwerbsfelder teilt.

Vor Eintritt in dieses fast gleichmäßig verebnete Becken ist ein Nutzgefälle von 102 *m* bei Postranje abzarbeiten.

Außerdem kann dort mit Vorteil bei Wasserüberschuß eine Ersatzanlage gegen den Jezero-blato gestattet werden. Sie bedingt bei stärkeren Mittelwässern eine Wasserteilung, Ansammlung der Unterwässer in diesem periodischen See, von dem aus eine teilweise Regelung der Bewässerung gegen Süden zu vorgenommen werden kann. Hiebei können kleinere Wasserhebungen durch elektrische Pumpwerke besorgt werden.

Was nun von den so gesammelten und wirtschaftlich durch die Irrigation des Imotskifeldes verteilten Wässern am Bielo-polje übrig bleibt, bildet zum Teile schon heute die große Inundation am Ponor Nuge und wird in der Zukunft reiches Material zur ständigen Speicherung ergeben.

Der Verfasser hat durch einige Jahre noch im Monate Juni am Ponor Nuge bei Drinovce nicht unbedeutende Inundationen vorgefunden, vielfach verteilte auch noch weiter östlich in der Kongora, woraus auf einen durchaus nicht vollkommenen Wasserverbrauch aus der Vrlika zu schließen ist. Wenn man bedenkt, daß in diesem ungefähr 25 *km* langen Polje nur teilweise durch die Tätigkeit beider Regierungen einige Ordnung in Wasserverteilung und Abfuhr geschaffen würde und schon heute die Wasserführung an der Tihaljina richtig einschätzt, so wird man von einer bedeutenden Besserung der bestehenden Verhältnisse vollkommen überzeugt werden.

Südlich des Ponor-Nuge, der großen Vrlika-Schwinde nun, liegt eine der interessantesten Stellen des gesamten Karstes da vor, wo kaum 2 *km* von der Einfallsstelle entfernt — an den Milič-Mühlen — der kurze Höhlenfluß der Vrlika, neugeboren, als Tihaljina in großartiger Talquelle — im Peč — entspringt. (Abb. 122.) Ein ganz kurzer Lehenkanal und ein Stollen durch den Querriegel — die Plouča genannt — angelegt, ergibt die Möglichkeit, ein Nutzgefälle von 120 *m* zu gewinnen und im Beharrungsmittel bis zu 27.000 HP in der Zentrale „Peč“ auszunützen.

Diese Stufe stellt unter allen bisher projektierten, mit ihren ausgemittelten Kapitalkosten von 225 Kronen per Pferdekraft die billigste Karstanlage überhaupt vor.

In der weiteren Fortsetzung der Tihaljina ergeben sich keine Schwierigkeiten zur Ausnützung derselben in ganz normaler Bauweise. Ein höheres Schleusenwehr in Klobuk vor den dortigen Fällen, wobei die Speicherung als bereits im ganzen Gebiete der Ober-Poljen wirksam durchgeführt vorauszusetzen ist, ermöglicht



Abb. 122. Die Tihaljinaflußquelle „Peć“ am Fuße des Ploučapasses.

der Bau einer Zentrale bei Vitina am Übertritte des Flusses in das Ljubuški-polje.

Hier, wo er den Namen „Mlade“ erhält, ist eine Gefällsstufe von 33 m bei 8000 HP Beharrungsleistung auszubauen, ohne die sehr wichtigen Bewässerungsverhältnisse im unterhalb liegenden Polje im geringsten zu beeinflussen.

Bei Vitina erhält die bosnisch-herzegowinische Landesregierung eine ständige Ingenieur- und landwirtschaftliche Station, die schon viel Dankenswertes an der Mlade geschaffen hat.

Etwas südlicher bei Otok findet eine Wasserteilung statt, und zwar durch den sogenannten Parilokanal auf

österreichischem Gebiete in den Rastok, bzw. Jezerac, welche beide — stufenförmig an einer Karstfalte liegende — Poljen gewöhnlich bis Mai inundiert sind und welchen jedenfalls eine Regelung der Abzugsverhältnisse zu besonderem Vorteile gereichen kann.

Im Parilokanale konstatierte der Vortragende mehrere Male bei offener Schleuse in Otok im Sommer bis zu 5 m³ Wasser, so daß es sich also mit Einbezug der neu angeregten Wasserzuführungen am Rastok ganz gut lohnt, bei billigem Ausbaue, der dort sehr leicht möglich ist, 30 m Nutzgefälle bei 1800 HP Beharrungsleistung auszubauen. Dasselbst ist auch eine Speicherung von 1.6 Millionen m³ ohne wesentliche Beeinträchtigung der Landwirtschaft ausführbar.

Eine ähnliche Anlage kann noch in der weiteren Abflußfolge am Jezero durch Regelung der Matica, Schaffung eines kleinen Sammelbeckens in der letzten Stufe gegen das Meer zu, erzielt

werden. Auch sie ergibt bei vorteilhaften Bedingungen für die Landwirtschaft noch 2400 HP Mittelleistung.

Für örtliche industrielle oder agrarische Zwecke kann noch der Lago di Bačina, bei dem nunmehr erhöhten Wasserzuflusse mit 8 m Nutzgefälle und sehr leichter Ausführungsart an einer Zentrale „Bara“ in das Meer abgearbeitet werden. —

Obwohl diese projektierten, auf dalmatinischem Gebiete liegenden Zentralen gerade nicht mit übermäßigen Energiezahlen bedacht



Abb. 123. Die Kravicafälle des Trebižat.

sind, so würde es dennoch einen ganz erheblichen Wert für den Hafen in Gradac bedeuten, da durch sie die Möglichkeit industrieller Ansiedlung geboten ist.

Die Hauptwässer der Mlade aber unter Ljubuški fließen endlich in vollkommen ausgeglichenem Tallaufe als Trebižat gegen die Narenta.

Ungefähr 6 km südlich von Ljubuški sind die schönen Kravicafälle, die schon eine große Wassermenge und das hierfür ansehnliche Nutzgefälle von 30 m bei 6500 HP Beharrungsmittel aufweisen. (Abb. 123.) Auch diese Anlage ist unter Vervollständigung durch ein sammelndes Schleusenwehr und einen Lehnkanal am Hange der Zagorje außerordentlich billig auszubauen und wurde vom Verfasser mit 400 Kronen Baukosten per 1 HP am Schaltbrette der Zentrale „Baristja“ bewertet.

Durch diese schöne Reihe von systematisch angeordneten Stufenwerken ist, ohne Anlehnung an die Münchhausenwerke vieler Spekulanten, bei Belassung — sogar auch noch Verbesserung der notwendigen Irrigationswässer, eine gesamte Beharrungsleistung von 120.000 und eine Jahresmittelleistung von 183.000 HP zu erzielen, wobei die effektiven Kosten der ausgebauten HP-Einheit, die

Meliorationsarbeiten, welche die Staaten zu tragen haben, abgerechnet, auf 430 Kronen im Mittel kommen.

Auch hier ist, wie bei der Lika erwähnt wurde, von allem Anfange eine Disposition festzuhalten, welche nach Ablauf von Jahrzehnten und nachdem die Kulturbedürfnisse der Karstbewohner gestiegen sein werden, die beste Ausbeute, den größten Nutzen für Staat und Länder sicherstellt. —

Die Trebinjčica.

Abseits dieser Projektsreihen sei noch zur Vervollständigung die Trebinjčica erwähnt, für deren Ausnützung schon einige Wiener Bauunternehmungen ausführlichere Projekte vorgelegt haben.

Bezüglich der Gefälle lassen sich zwei fast gleichwertige Stufen, und zwar gegen die Ombla und gegen Slano ausarbeiten, bei ziemlich einheitlichem Nutzgefälle von 240 *m*.

Die Wasserführung der Trebinjčica wurde schon vielfach untersucht und sind durch mehrere Monate hiedurch am Arslan-Agič-most oberhalb Trebinje, Niederwässer von kaum 5 Sek./*m*³ gemessen worden. Dieselben können, trotz mehrfacher Zubringer, durch die starke Inanspruchnahme der Bewässerung unterhalb Trebinje noch wesentlich sinken, so daß man ohne besondere Speicherungen gerade keine sehr vorteilhaften Anlagen ausbauen kann.

Die Wasserführung wird am besten durch folgende Beobachtungen gekennzeichnet werden können, die an der Arslan-Agič-brücke nächst Dolovi vorgenommen wurden.

Pegelstand <i>cm</i>	Wassermenge Sek./ <i>m</i> ³	Dauer in Wochen
+ 10 (Minimum)	2·5	9
+ 20 (Niederwasser).....	4·3	8
+ 30 (9 Monate Mittel).....	9·0	3
+ 40	14·0	3
+ 50	19·0	2
+ 62	25·0	4
+ 79 (Mittel des Jahres)	42·0	22
+ 200 (Hoch).....	310·0	4—7 Tage
+ 520 (Maximum).....	1500·0	3—7 „

Daraus ist abzuleiten, daß durch 9 Monate des Jahres sicher 9·0 Sek./*m*³ Wildwasser zur Verfügung stehen, die sich nach Abzug des Bewässerungsbedarfes bei Trebinje auf 8 Sek./*m*³ Betriebswassermenge verringern.

Für die Niederwasserperiode ist daher mit Rücksicht auf die landwirtschaftlichen Bedürfnisse der Bevölkerung eine Speicherung von wenigstens 50,000,000 *m*³ vorzusehen, damit auch in den Trockenperioden 8 Sek./*m*³ Betriebswasser den Werken zur Verfügung stehen können.

Mit den verfügbaren Nutzgefällen gerechnet, ergäbe sich dann ein Mindestwert der Anlagen (bei Verwendung guter Turbinen) von 22.000 HP, der sich — allerdings unter Einschätzung der wirtschaftlichen Ausnutzungsgrenzen — bei 56 Sek./m³ Aufschlagswasser auf 112.000 HP hebt, im Jahresmittel aber 73.000 HP nicht übersteigt.

Die von manchem Projektanten vorgeschlagene größte Ausnutzung von 100.000 HP für zirka 5 Monate des Jahres, ist wirtschaftlich sehr schwach begründet, da es keine Industrien gibt, ebensowenig einen Komplex solcher, die derartige Schwankungen in der Erzeugung und Lieferung kaufmännisch ertragen könnten. Solche Zahlen sind entweder willkürlich angenommen, oder auf falsche Voraussetzungen gebaut.

Für den Fall aber, als sie vielleicht die Aufgabe hätten, den Wert der Anlagen vor den Augen der Kapitalisten zu heben — wirken sie auf die Entwicklung der Kraftwerke im Süden der Monarchie eher schädigend als fördernd ein. —

Nachdem zu Zeiten der Minimalwasserstände die Trebinjčica schon ungefähr 4·0 km unterhalb der Stadt Trebinje durch zahlreiche kleine Schwinden ihr Gesamtwasser den Karsthöhlen und Spaltenflüssen abgegeben hat, die im großen und ganzen die Ombla bei Ragusa als Mündungsvrelo besitzen, so muß die Verwertung dieses Flußgebietes für Kraftwerke auf zweifache Art geschehen. —

Die obere Anlage mit Wehrstelle bei Trebinje, Speicherungen im Fluß — Cañon und in den Niederungen zwischen Dolovi und Bilek — erhält Aufschlagswasser von 5 bis 16 Sek./m³ für eine an der Ombla bei Ragusa gelegene Zentrale. (Abb. 124.)

Aus den Reserven hinter Talsperren oder Flächenweihern sind

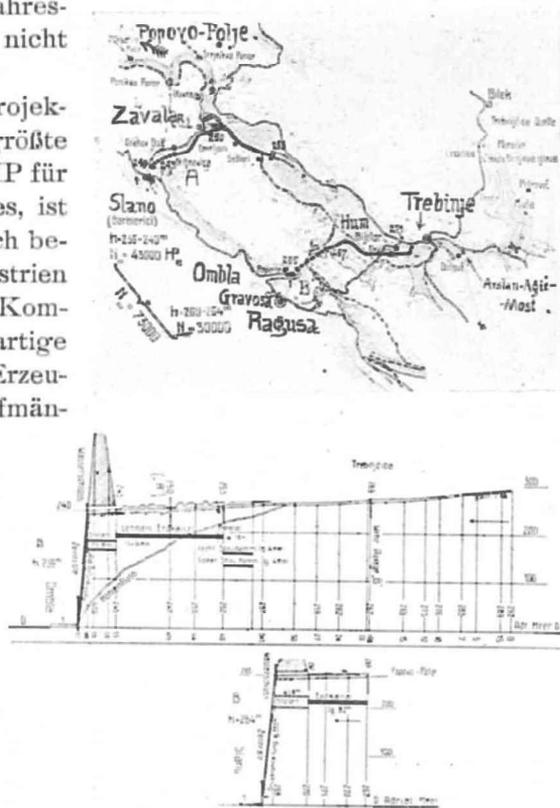


Abb. 124. Projektierte Kraftwerke an der Trebinjčica.

einschließlich des Bedarfes für die Bewässerung der Kulturgründe um Trebinje rund 20,000.000 m^3 für 17 Betriebswochen der Trockenperiode zu entnehmen.

Die untere Anlage, ebenfalls vom Verfasser generell studiert, könnte allerdings in den Monaten Juli, August und September nur wenig Betriebswasser aus dem Flusse beziehen, da zu dieser Zeit die Abfuhr des Hauptrezipienten durch die Ponorgruppe bei Bjelač und Dražin—Do größtenteils der Ombla zufällt. Wohl aber geben ausgedehnte mögliche Speicherungen an abgegrenzten weniger produktiven Flächen bei Zavala, Ravno und Gmrljani die volle Gewähr, durch 20 Wochen je 3 Sek./ m^3 Beaufschlagung zu erhalten. —

Diese Anlage erhielt ein niederes festes Wehr bei Sedlari und einen offenen Kanal längs des Ostri-vrh bis Orahov-dol; der Höhenrücken Dubravica an der Landesgrenze erfordert die Anlage eines 3·5 km langen Stollens, an den sich Wasserschloß, Druckrohrleitungen und die Zentrale in Barbierici bei Slano naturgemäß schließen.

Die beiden so geschilderten Anlagen können gleichzeitig nebeneinander bestehen; über ihren wasserwirtschaftlichen Wert möge folgende Tabelle Aufschluß geben:

Zentrale	Betriebswasser in Sek./ m^3		Nutzgefälle km	Leistung HP	Dauer in Wochen
	mit Speicherhilfe oder Hilfe der Inundation	ohne Speicher- hilfe			
I Rogiatto (Ombla).	5	—	264	14.000	20
	—	10	262	27.000	5
	—	16	260	42.000	27
II Barbierici (Slano).	3	—	240	8.000	20
	15	—	238	38.000	5
	—	30	236	70.000	27

Die wirtschaftlichen Eigenschaften der Zentrale I sind trotz der geringen mittleren Ergiebigkeit günstigere — zweifellos aber bildet die Zentrale II eine überaus wertvolle Ergänzung.

Der Ausbau einer oder beider dieser Anlagen würde gleichzeitig einen Fortschritt auf dem Gebiete der Melioration darstellen, da, abgesehen von der Trockenheit der Kulturgründe bei Trebinje, das mittlere und untere Popovo-polje zum Nachteile der Bevölkerung normal bis Mai — aber häufig zwischen Ravno und Turkoviči selbst bis Anfang Juli — inundiert ist.

Der Verfasser hat diesen Zustand und jenen nachwirkender Versumpfung schon mehrere Male angetroffen. Treten außerdem noch sekundäre Inundationen in den Monaten Mai und April in nassen Jahren, wie es nicht selten geschieht, auf (Ursache sind die starken Frühjahrsniederschläge in den Grenzgebieten gegen Monte-

negro), so kommen Jahre, welche die Bevölkerung geradezu an die Hungersnot bringen, da eine Anbaumöglichkeit vollkommen ausgeschlossen ist oder schon keimende Saaten zerstört werden. —

Bei der Wahl größerer Stollen jedoch erhielt dieses Gebiet zwei künstliche Entlastungen, die Höhe und Dauer der Jahresinundation bedeutend beeinflussen können. —

In ähnlicher Weise ließen sich — besonders in der Herzogwina — noch zahlreiche Anlagen ausbauen zum Vorteile sowohl der Industrie als auch hauptsächlich der — sonst wohl kargbedachten — Landwirtschaft betreibenden Bevölkerung.

Mit dieser Studie wollte der Verfasser nur Mittel und Wege kennzeichnen, Gebotenes sowohl technisch richtig als auch kaufmännisch annehmbar auszunützen, nicht zuletzt auf den notwendigen Einfluß in jeder Hinsicht geschulter Staatstechniker bei Erteilung von Konzessionen im Sinne gleich beanspruchter Kettenglieder eines ganzen volkswirtschaftlich wichtigen Systems — hinzuweisen.



