

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Band:** 58 (1966)  
**Heft:** 3

**Artikel:** SWV-Studienreise 1966 nach Spanien und Portugal : Wasser- und Elektrizitätswirtschaft der iberischen Halbinsel  
**Autor:** Töndury, G.A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921164>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

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

1. EINLEITUNG

Einer bewährten Tradition folgend, führt der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) alle paar Jahre eine Studienreise ins Ausland durch; in diesem Frühjahr – vom 15. April bis 4. Mai 1966 – wird mit einer solchen nach Spanien und Portugal ein Vorhaben verwirklicht, das schon seit etlichen Jahren geplant war. Die SWV-Studienreisen der letzten 15 Jahre führten nach Mittelitalien (1951), nach Oesterreich und in das österreichisch-bayerische Grenzgebiet (1953), nach dem östlichen Oberitalien (1955), nach Skandinavien (1959), dem Rhein von Basel folgend nach Holland mit Abstechern an die Mosel und nach Luxemburg (1962) und schliesslich dem En/Inn folgend von seinen Quellen bis nach Passau mit anschliessender Donaufahrt bis Wien (1963).

Und wiederum werden wir in Berücksichtigung der gegenwärtig interessantesten Baustellen und wasserwirtschaftlichen Anlagen der iberischen Halbinsel unsere Studienreise so gestalten, dass sich im sehr sorgfältig ausgearbeiteten Besichtigungsprogramm die durchfahrenen Landschaften, der Besuch kunsthistorisch besonders interessanter Städte und Denkmäler und die technischen Bauten wohlproportioniert ergänzen, um eine abwechslungsreiche und vielseitige Schau zu ermöglichen. Dabei werden wir in Spanien neben einigen sehr bekannten und vielbesuchten Stätten (Madrid, Toledo, El Escorial) auf unserer Reise durch Kastilien und Estremadura Routen folgen, die meist weitab vom heute üblichen Reiestrom liegen und ganz besondere Reize bieten werden. Von der fast dreiwöchigen Reise entfallen zehn Tage auf Spanien und acht Tage auf Portugal, so dass es

möglich sein wird, vom westlichsten Land unseres Kontinents einen guten Ueberblick zu erhalten und die bedeutendsten Sehenswürdigkeiten, wenn auch nur flüchtig, zu besuchen.

Die jenseits des hohen und stark zerklüfteten Pyrenäen-kamms gelegene iberische Halbinsel umfasst 582 118 km<sup>2</sup>, wovon 493 510 km<sup>2</sup> oder etwa 85% auf Spanien und 88 608 km<sup>2</sup> oder 15 % auf das westlich vom Atlantik umspülte Portugal entfallen; die spanische Küste misst 3286 km, die portugiesische 850 km. Spanien, das etwa zwölfmal so gross ist wie die Schweiz, zählt heute etwa 31,9 Millionen Einwohner, womit es bevölkerungsmässig den sechsten Platz aller europäischen Länder einnimmt; die Bevölkerungsdichte, die sehr unregelmässig über das Land verteilt ist, erreicht für das ganze Land 65 Einwohner/km<sup>2</sup> (Schweiz 134). Mit einem Bevölkerungszuwachs von 12,5 Promille steht Spanien fast an der Spitze der europäischen Länder. Beschäftigungsmässig verteilen sich 1960 von der damals 11,6 Millionen zählenden aktiven Bevölkerung 41,4 % auf die Landwirtschaft (Schweiz 11,2 % im Jahre 1960) und 58,6 % auf Industrie und Verwaltung. In wenigen Jahren ist in Spanien der Anteil der Landwirtschaft von über 50 % auf 30,1 % im Jahre 1965 gesunken. Portugal, das gut zweimal so gross wie die Schweiz ist, zählt etwa 9 Millionen Einwohner, so dass die Bevölkerungsdichte rund 100 Einwohner/km<sup>2</sup> erreicht. Auch in Portugal überwiegt beschäftigungsmässig die Landwirtschaft bei weitem alle anderen Erwerbszweige, und auch der Fischerei kommt eine grosse Bedeutung zu.

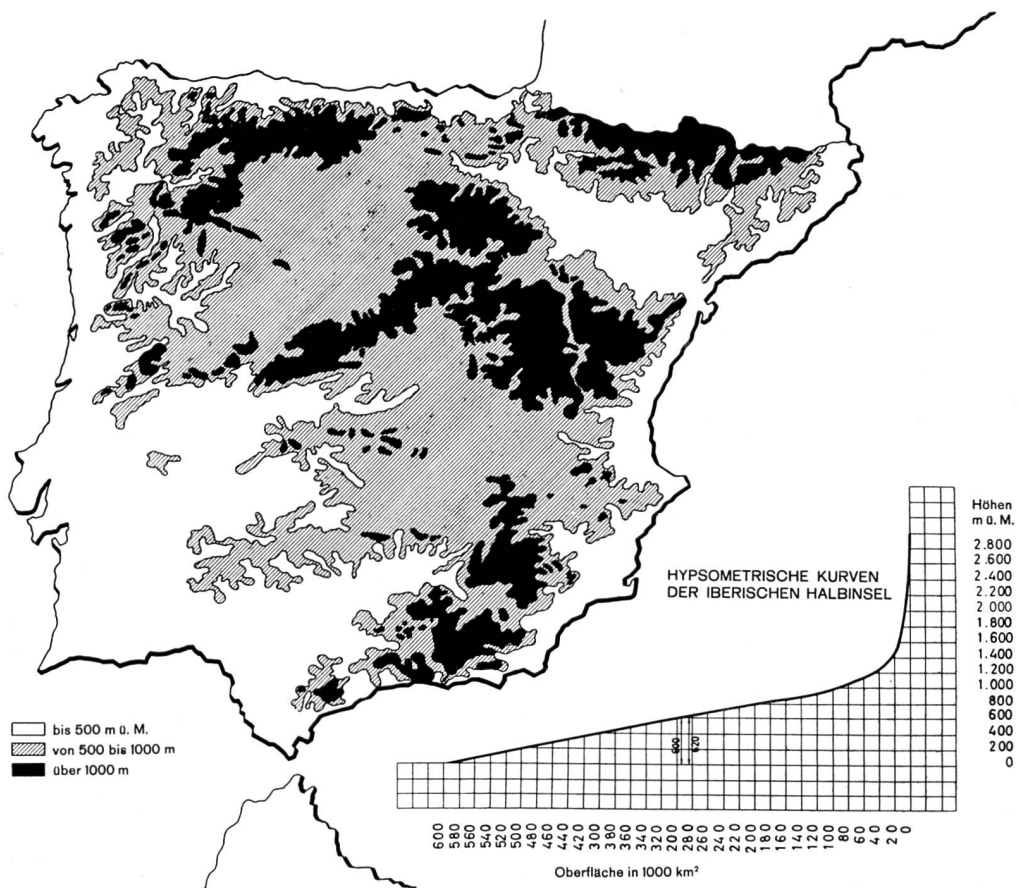


Bild 1  
Höhenkarte  
der iberischen Halbinsel

Land und Klima beider Länder zeigen eine ausserordentliche Vielfalt, wobei vor allem grosse Gebiete Spaniens sehr trocken sind, während das dem Atlantik zugewandte Portugal ein ausgeglicheneres und milderes Klima hat. Die Höhenlage der iberischen Halbinsel ist aus Bild 1 ersichtlich. In der Vegetation sind scharfe Gegensätze oft unmittelbar benachbart, meistens bedingt durch die Wirkung künstlicher Bewässerung. Die Verschiedenheit des Klimas erlaubt sowohl den Anbau der charakteristischen Landwirtschaftsgüter des gemässigten Klimas Mitteleuropas (Getreide, Zwiebeln, Kartoffeln, Zuckerrüben usw.) als auch die Ernte und den Export der ausgesprochenen Produkte der Mittelmeerländer (Südfrüchte, Oliven, Wein, Kork, Tomaten usw.) und sogar die Kultivierung tropischer Gewächse (Datteln, Zuckerrohr, Bananen); in Spanien und Portugal werden auch Reis, Tabak und Baumwolle angepflanzt. Bedeutend sind auch der Bergbau und die darauf basierenden Industrien, sowie die Fischerei.

## 2. WASSERWIRTSCHAFT UND ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNG DER IBERISCHEN HALBINSEL

Die fünf grössten Flüsse der iberischen Halbinsel sind, von Norden nach Süden aufgezählt:

- der 928 km lange Ebro (gesamtes Einzugsgebiet 85 820 km<sup>2</sup>), der im Kantabrischen Gebirge entspringt, im allgemeinen von Westen nach Osten, schliesslich in das Mittelmeer fliesst und nur Spanien berührt, während die anderen vier grossen Flüsse eine im allgemeinen ost-westliche Richtung zeigen und in den Atlantischen Ozean münden, und zwar:
- der 914 km lange Duero/Douro (97 000 km<sup>2</sup>), der in den Iberischen Bergen entspringt und bei der Stadt Porto das Meer erreicht;
- der 1120 km lange Tajo/Tejo (80 950 km<sup>2</sup>), der sehr weit östlich im spanischen Hochland der Sierra de Albaracín entspringt und unweit Lissabon in den Atlantik mündet;
- der 820 km lange Guadiana (67 840 km<sup>2</sup>), der seine Quellen in der östlichen Mancha hat und in seinem Unterlauf streckenweise die Grenze zwischen Spanien und Portugal bildet; und schliesslich
- der 580 km lange Guadalquivir (57 120 km<sup>2</sup>), wie der Ebro ein nur spanisches Territorium berührendes Gewässer, der in der Sierra de Segura entspringt und Andalusien durchfliesst.

Jeder dieser fünf Flüsse hat ein Einzugsgebiet, das bedeutend grösser ist als die Schweiz.

Sehr weite Gebiete der iberischen Halbinsel, vor allem Spaniens, sind, wie bereits erwähnt, ausserordentlich trocken, so dass für die Inkulturnahme einer grosszügigen Bewässerung die grösste Bedeutung zukommt. Die hierfür geschaffenen, sehr zahlreichen, z. T. grossen Speicherbecken sind oft Mehrzweckanlagen und dienen:

- der Abflussregulierung und dem Hochwasserschutz, weil die meisten Flüsse natur- und klimabedingt ausserordentliche Abflussschwankungen aufweisen,
- der Bewässerung grosser Ländereien
- der Wasserkraftnutzung,
- der Wasserversorgung der Städte und grösseren Ortschaften

Unsere technischen Besichtigungen gelten einigen besonders interessanten und repräsentativen Anlagen am Duero (spanisch) /Douro (portugiesisch), und zwar auf seiner Grenzstrecke zwischen Spanien und Portugal, am Cávado

und Rabagão in Nordportugal, am Guadiana und am spanischen Unterlauf des Tajo.

Bei den nachfolgenden Angaben, die leider etliche Lücken aufweisen, die in der kurzen zur Verfügung stehenden Vorbereitungszeit nicht durch Zahlen ersetzt werden konnten, handelt es sich lediglich um einen ganz generellen Ueberblick.

Ueber die Wasserwirtschaft Spaniens haben wir in dieser Zeitschrift (WEW 1961 S. 65/78) aus der Feder von Ing. Domingo Diaz-Ambrona (Madrid), Sekretär des Spanischen Nationalkomitees für Bewässerung und Entwässerung und Direktor der «Confederación Hidrografica del Guadiana», der uns anlässlich der Studienreise in Badajoz persönlich empfangen wird, einen sehr aufschlussreichen und übersichtlich illustrierten Bericht veröffentlichen dürfen, dem ein Teil der nachfolgenden Angaben entnommen ist; damit und aus persönlicher Kenntnis ist der Berichtersteller über Spanien bedeutend besser orientiert und auch in der Lage, mehr auszusagen als über das ihm noch unbekanntere ferne Portugal.

Für ein Land mit den klimatischen Bedingungen Spaniens bildet das Wasser die wichtigste Quelle des Wohlergehens – das Wasser ist Spaniens höchstes Gut. Seit jeher war die Nutzung des Wassers, besonders für Bewässerungszwecke, die grundlegende Basis der spanischen Volkswirtschaft. Es kann dies zurückverfolgt werden bis in die Zeit vor den Römern; von jener fernen Periode blieben eindruckliche Zeugen erhalten. Dann folgte eine Intensivierung, ein weiterer beachtenswerter Ausbau im frühen Mittelalter, und es sei hier an den als erste und letzte Instanz wirkenden Wassergerichtshof von Valencia erinnert, dessen Jahrtausendfeier vor wenigen Jahren begangen werden konnte. Hierüber schreibt der weltbekannte spanische Schriftsteller, liberale Politiker und Philosoph Salvador de Madariaga in seinem sehr interessanten Buch «Spanien – Wesen und Wandlung» folgendes:

«Es handelt sich nicht nur um landwirtschaftliche Ingenieurkunst, wichtig ist vor allem das soziale und traditionelle Element. Ohne die kräftige Tradition, die hinter dem Bewässerungssystem von Valencia und Murcia steht, hätte eine Einrichtung wie das Tribunal de las Aguas nicht der Abnutzung von Jahrhunderten widerstehen können. Diese originelle Institution hat sich, was auch ihr Ursprung sein mag, durch Jahrhunderte gewohnheitsrechtlich erhalten, und ihre Vitalität wurzelt in dem Volk, das die Institution verkörpert und mit ihr lebt. Das Tribunal ist eine Körperschaft mit Gerichts- und Verwaltungsbefugnissen, auf der das ganze Bewässerungswesen ruht. Jeden Donnerstag tagt das Tribunal vor dem Aposteltor der Kathedrale unter freiem Himmel. Sieben Syndici, Vertreter der Nutzniesser der sieben Hauptkanäle der Huerta, bilden das Tribunal, selber hart arbeitende Bauern, von ihresgleichen gewählt und morgen vielleicht dem Urteil des Wählers von gestern unterworfen. Trotz seiner demokratischen Herkunft und Zusammensetzung und seinen schlichten Formen umgibt eine merkwürdige Majestät dieses Tribunal, dessen Autorität von den Männern, über deren Interessen es verfügt, nie bestritten wird. Das Tribunal de las Aguas ist das sprechendste Zeugnis der Fähigkeit des Spaniers, Institutionen zu schaffen und ihnen Leben einzuflössen, wenn der unbedingten Anerkennung des einzelnen als autonomer Einheit kein Eintrag geschieht.»

Die Entwicklung ging weiter bis in die Anfänge der modernen Zeit. Auch im 20. Jahrhundert hörte die planende Regsamkeit nicht auf, und namentlich während der letzten 25 Friedensjahre seit Abschluss des tragischen Bürgerkriegs von 1936/39, wurden besonders grosse und sehr beachtenswerte Werke geschaffen.

Region oder Flussbecken	Oberfläche in km <sup>2</sup>	Mittlere Nieder- schlags- höhe mm	Anzahl Speicher- becken	Speicher- volumen in hm <sup>3</sup> (Mio m <sup>3</sup> )	Regulier- möglich- keit in % der mittl. Zuflüsse	Bewässer- bare Zone in 1000 ha	Wasserkraftnutzung		
							Installierte Leistung MW	Mittlere mögliche Arbeit GWh (10 <sup>6</sup> kWh)	Wasser- kraft- potential in TWh (10 <sup>9</sup> kWh)
1. Nordzone Spaniens	53 430	1330	52	2 640	38	2100,0	2100,6	6722	19,1
2. Ebro-Becken	86 000	594	95	4 460	47	1268,5	1857,5	5944	14,2
3. Oestliche Pyrenäen	16 560	747	6	210	41	67,5	135,9	435	0,7
4. Júcar-Becken und Ostküste	43 090	458	30	1 610	61	220,3	403,4	1291	2,8
5. Segura-Becken	16 160	389	13	870	82	88,7	74,7	239	0,5
6. Südküste Spaniens	20 860	261	9	130	25	62,9	84,7	271	0,4
7. Guadalquivir-Becken	61 060	581	29	2 800	54	351,0	252,0	806	2,7
8. Guadiana-Becken	60 270	495	23	3 250	47	225,0	119,4	382	0,7
9. Tajo-Becken	56 750	571	56	5 710	58	560,0	520,5	1666	8,8
10. Duero-Becken	79 330	465	33	3 220	44	645,0	1487,9	4761	8,7
Spanisches Festland	493 510	609	346	24 900		5588,9	7036,6	22517	58,6

Kein Land Europas errichtete so viele Speicherseen, die z. T. noch aus römischer und arabischer Siedlungszeit stammen und heute noch genutzt werden, wie Spanien, und in der ganzen Welt ist deren Zahl m. W. nur in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Japan noch grösser; wie bereits erwähnt, handelt es sich oft um Mehrzweckanlagen.

Tabelle 1 gibt für das Jahr 1964 nach spanischen Flussgebieten und Regionen unterteilt, für Oberfläche und Niederschlagshöhe, für Anzahl und Kapazität der Speicherbecken und für die Wasserkraftnutzung einen interessanten Ueberblick.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass das Speichervolumen bis Ende 1964 nahezu 25 Milliarden m<sup>3</sup> erreichte (zum Vergleich: 1964 in der Schweiz etwa 2,5 Mrd. m<sup>3</sup> entsprechend einem Energieinhalt von rund 6 Mrd. kWh) und dass mit dem dadurch regulierbaren Wasser topographisch eine Bruttofläche von rund 5,6 Mio Hektaren oder etwa 56 000 km<sup>2</sup> entsprechend rund 11,4% des spanischen Festlandes bewässert werden kann, ein Gebiet, das um rund 36% grösser ist als die gesamte Schweiz; die effektiv künstlich bewässerte Fläche erreichte 1960 allerdings erst etwa 1,85 Mio ha. Es sind auch die wasserwirtschaftlichen Schwerpunkte der einzelnen Regionen gut erkennbar; die bedeutendsten Gebiete für die Wasserkraftnutzung liegen in Nordspanien, im Ebrobecken, im Einzugsgebiet des Duero und nach weiterem Ausbau auch am Tajo und seinen Zuflüssen.

In zeitlicher Folge ist nachstehende Entwicklung für die Schaffung der Speicherbecken besonders erwähnenswert und interessant, wobei sämtliche Becken berücksichtigt sind, die durch mindestens 15 m hohe Ta'sperren geschaffen wurden.

BAUPERIODE	SPEICHER ANZAHL	SPEICHERINHALT in hm <sup>3</sup> (Mio m <sup>3</sup> )
vor 1900	15	110,0
1900–1909	5	28,1
1910–1919	15	332,0
1920–1929	18	511,3
1930–1939	34	2 776,6
1940–1949	25	2 003,3
1950–1959	83	9 601,9
1960–1963	56	9 092,4
Ende 1963 in Betrieb	251	24 455,6
seit 1963 im Bau	63	7 551,2
bis 1969 voraussichtlich in Betrieb	314	32 006,8

Diese Entwicklung zeigt besonders augenfällig die ausserordentlichen und bewundernswerten Anstrengungen der letzten 25 Jahre, sind doch seit 1940 insgesamt 227 Ta'sperren mit einem Speichereinhalte von rund 28,25 Mrd. m<sup>3</sup> erstellt oder in Angriff genommen worden.

Die bedeutendsten Stauräume sind

- am spanischen Unterlauf des Tajo mit dem Speichersee Valdecañas\* (1446 hm<sup>3</sup>) und den im Bau stehenden Speichieranlagen Torrejón (173 hm<sup>3</sup>) und Alcántara\* (3137 hm<sup>3</sup>), also mit insgesamt rd. 4,75 Mrd. m<sup>3</sup> Stauinhalt.
- am Guadiana und am Zújar mit den vier für den «Plan Badajoz» geschaffenen Speichern Cijara (1670 hm<sup>3</sup>), Sola (480 hm<sup>3</sup>), Orellana\* (824 hm<sup>3</sup>) und Zújar (723 hm<sup>3</sup>), mit insgesamt 3,7 Mrd. m<sup>3</sup>;
- am Oberlauf des Tajo mit den kommunizierenden Speicherseen Buendía (1571 hm<sup>3</sup>) und Entrepeñas (891 hm<sup>3</sup>), mit insgesamt rund 2,5 Mrd. m<sup>3</sup>.

Einem von Prof. Dr. H. Grubinger/ETH in der WEW 1964 erschienenen Bericht über die Wasserwirtschaft in Portugal sind nachfolgende Angaben entnommen, die sich auf einen Vortrag des bekannten Ingenieurs L. F. Rebelo Pinto, Generalinspektor für die Oeffentlichen Arbeiten in Portugal, stützen; dieser anlässlich der II. Regionaltagung der «Internationalen Kommission für Bewässerung und Entwässerung» in Lissabon gebotene Vortrag galt einem Ueberblick über die Probleme der Bewässerung in Portugal. Die Westküste und der gebirgige Norden des Landes liegen unter starkem ozeanischem Einfluss, der Norden mit Erhebungen bis 1700 m erreicht dadurch Jahresniederschläge bis 2600 mm. Die ungünstige Verteilung der Niederschläge allerdings bewirkt, dass auch im regenreichen Nordwesten des Landes die Bodenfeuchte während vier Monaten unzureichend ist. Im flachen bis hügeligen Mittelland und Süden werden die mediterranen Klimatelemente massgebend, die Jahresniederschläge gehen bis auf weniger als 600 mm zurück, die unzureichende Bodenfeuchte erstreckt sich über 6 bis 9 Monate und Dürreperioden können 2 bis 4 Monate andauern. Die Abflussverhältnisse sind im ganzen Land extrem, so schwanken die Jahreswasserfrachten im Nordwesten des Landes bis 1:8, im Süden bis 1:40. Man hat die maximal im Lande gewinnbare hydroelektrische Energie mit etwa 16 TWh pro Jahr errechnet, womit der steigende Bedarf noch für die nächsten Jahrzehnte gedeckt werden sollte.

\* wird auf der SWV-Studienreise besucht

1964 umfasste die Bodenbewässerung rund 400 000 ha, davon wurden 345 000 ha aus Quellen, Brunnen und einfachen Bachfassungen gespeist. Weitere 55 000 ha wurden seit Erlass des Meliorationsplanes 1937 neu einbezogen, wobei man grundsätzlich Mehrzweckanlagen (Bewässerung, Hochwasserschutz und Entwässerung) anstrebte. Neueste Untersuchungen ergaben, dass weitere 320 000 ha Land in die Bewässerung einbezogen werden könnten. Etwa die Hälfte dieser Flächen liegt in der Provinz Alentejo, welche einzelne sehr unfruchtbare Regionen mit entsprechend armer Bevölkerung aufweist; da wird die Hydromelioration Teil einer Innenkolonisation. Man denkt vor allem an eine stetige Entwicklung der agrarischen Produktion und der Lebensmittel-

industrie. Die geographische Randlage und der Mangel an Bodenschätzen und Energie lassen eine rasche Industrialisierung nicht erwarten. Das System von Grossgrundbesitz und Pächtern scheint noch ohne grössere Spannungen zu funktionieren, was nicht zuletzt auf die bescheidene und auch gutmütige Mentalität der ganzen Bevölkerung zurückzuführen sein dürfte. Die grossräumigen Bewässerungsanlagen wie auch das mangelnde Betriebskapital der Grundbesitzer und Pächter und die Form der zum Gartenbau überleitenden Bodennutzung in den Meliorationsgebieten geben kaum Anstoss für eine Agrarreform mit dem Ziel der Aufteilung des Grossgrundbesitzes, soweit man das damals feststellen konnte.

ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT DER IBERISCHEN HALBINSEL VERGLICHEN MIT DER SCHWEIZ

Tabelle 2

		Spanien	Portugal	zum Vergleich Schweiz
Territorium in km <sup>2</sup>		493 510	88 608	41 300
Bevölkerung in Mio Einwohner		31,9	9,0	5,5
Bevölkerungsdichte Einw./km <sup>2</sup>		65	102	134
<b>In Betrieb stehende Kraftwerke:</b>				
Installierte Leistung 1963				
– in Wasserkraftanlagen	in MW	6 042 = 70,8 %	1 179 = 82,8 %	7 490 = 97,4 %
– in thermischen Kraftwerken	in MW	2 492 = 29,2 %	244 = 17,2 %	200 = 2,6 %
zusammen	in MW	8 534 = 100,0 %	1 423 = 100,0 %	7 690 = 100,0 %
Energieproduktion 1963				
– in Wasserkraftanlagen	in GWh	21 210 = 81,6 %	3 987 = 93,0 %	21 678 = 98,5 %
– in therm. Kraftwerken	in GWh	4 758 = 18,4 %	298 = 7,0 %	335 = 1,5 %
zusammen	in GWh	25 968 = 100,0 %	4 285 = 100,0 %	22 013 = 100,0 %
Energieverbrauch 1963 (siehe Tabelle 3)	in TWh	24,40	4,24	21,00
Elektrizitätsverbrauch 1963 pro Kopf der Bevölkerung	kWh/E	765	471	3 820
Heutige Kapazität der Wasserkraftnutzung bei mittlerer Wasserführung	MW GWh	7 037 22 517	1 553 6 200	8 257 26 400
<b>Im Bau stehende Kraftwerke (1964):</b>				
Installierte Leistung				
– in Wasserkraftanlagen	MW	3 384	528 (1963/70)	1 550 (1965/72)
– in therm. Kraftwerken (auf Kohle- und Oelbasis)	MW		475 (1963/70)	300 (1965/66)
– in Atomkraftwerken	MW	1 250 (1968/1975)	–	350 (1965/70)
zusammen	MW		1 003 (1963/70)	2 200 (1965/72)
Mittlere Energieproduktion:				
in Betrieb und im Bau stehende Anlagen				
– in Wasserkraftanlagen	GWh	7 655	2 200 (1963/70)	4 200 (1965/72)
– in therm. Kraftwerken	GWh		900 (1970)	1 500 (1965/66)
– in Atomkraftwerken	GWh		–	2 450 (ab 1969/70)
zusammen	GWh		3 100 (1963/70)	8 150 (1965/72)
Geschätztes, wirtschaftlich nutzbares Wasserkraftpotential	in TWh (Mrd. kWh)	59	16	35
Mittlere mögliche jährliche Energieproduktion aus Wasserkraft (1965)	in GWh	22 517	6 200	26 400
Erreichter Ausbaugrad 1965		38 %	39 %	75 %

Betrachtet man ganz generell die Elektrizitätswirtschaft der ganzen iberischen Halbinsel, so gibt Tabelle 2 – im Vergleich mit der Schweiz – Auskunft über einige besonders interessierende Werte; die Angaben sind z. T. den Untersuchungen der Vereinigten Nationen «Situation de l'Energie électrique en Europe en 1963/64 et ses perspectives» entnommen, ergänzt durch neueste Angaben spanischer und portugiesischer Provenienz.

Tabelle 2 zeigt u. a., dass die Elektrizitätsversorgung in Spanien und in Portugal wie bei uns gegenwärtig noch vorwiegend auf der Wasserkraft beruht, betrug doch 1963 deren Energieanteil in Spanien 81,6 %, in Portugal 93 % und in der Schweiz sogar 98,5 %. Der spezifische Elektrizitätsverbrauch – ein Indiz für Industrialisierung und Lebensstan-

dard der Bevölkerung – erreichte 1963 in Portugal nur 471 kWh/Kopf der Bevölkerung, in Spanien 765 kWh/Kopf und in der Schweiz 3820 kWh/Kopf; die höchsten Werte erreichten Norwegen (10 693), Kanada ( ), USA (5325) und Schweden (5244). Der Mittelwert Europas erreichte 1785, derjenige der URSS 1835 und derjenige der ganzen Welt 875 kWh/Kopf der Bevölkerung. Das wirtschaftlich nutzbare Wasserkraftpotential wird für Spanien auf 59 Mrd. kWh geschätzt, für Portugal auf 16 Mrd. kWh (Schweiz 35 Mrd. kWh), sodass 1965 ein Ausbaugrad von 33 % für Spanien und von 39 % für Portugal erreicht wurde, für die Schweiz 75 %. Durch die weiteren inzwischen in Bau genommenen Anlagen wird der Ausbaugrad bis zur Fertigstellung der Bauten bedeutend weiter fortgeschritten sein, so beispielsweise für die Schweiz bis Ende 1972 auf beinahe 90 %.

Betrachtet man noch abschliessend die Aufteilung des elektrischen Energieverbrauchs 1963 auf die verschiedenen Bedarfskategorien, so zeigt sich in Tabelle 3 folgendes Bild:

Tabelle 3

	Elektrizitätsverbrauch 1963 in TWh (10 <sup>9</sup> kWh)		
	Spanien	Portugal	Schweiz
Industrie	14,75 = 60,5 %	2,44 = 57,7 %	7,84 = 37,4 %
Haushalt und Gewerbe	4,78 = 19,6 %	1,04 = 24,5 %	8,84 = 42,1 %
Transport	0,82 = 3,4 %	0,16 = 3,8 %	1,63 = 7,8 %
Pumpenergie und Uebertragungsverluste	4,04 = 16,5 %	0,60 = 14,0 %	2,68 = 12,7 %
zusammen	24,39 = 100 %	4,24 = 100 %	20,99 = 100 %

Hier ist der prozentual hohe Anteil des Energiebedarfs für Haushalt und Gewerbe in der Schweiz (42,1 %) besonders auffällig, der etwa zweimal grösser ist als in den iberischen Ländern.

In Spanien erfolgt die Elektrizitätserzeugung und -Verteilung in überwiegender Masse durch private Unternehmen – in ähnlicher Art wie in unserem Lande –, doch ist der Anteil der privaten Gesellschaften bedeutend höher als bei uns. Da, wie bereits mehrfach erwähnt, die Bewässerung in Spanien eine besondere grosse Rolle spielt, und die Gewässer ausserordentliche Abflussschwankungen aufweisen, müssen die Elektrizitätsgesellschaften in den meisten Speicheranlagen einen gewissen Stauraum für Bewässerungszwecke und für den Hochwasserschutz zur Verfügung stellen.

Der Ausbau der Wasserkräfte Nordspaniens erfolgte im wesentlichen durch private Gesellschaften; hier ist die Energiegewinnung am wirtschaftlichsten, weil – im Gegensatz zu Mittel- und Südspanien – künstliche Bewässerung und Hochwasserschutz keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen. Dort errichtet in der Regel die öffentliche Hand – das «Ministerio de Obras Públicas» – die Stauanlagen, während die Kraftwerke auch da meistens in privater Hand liegen. Aus der grossen Benutzungsdauer der Wasserkraftwerke ersieht man ihre Ausrichtung auf Grundlast; die Spitzenlast wird von den thermischen Kraftwerken gedeckt. Im November 1955 schlossen verschiedene spanische Elektrizitätsgesellschaften mit der Electricité de France einen Vertrag über den Austausch elektrischer Energie ab, der als «Hispanelec» bezeichnet wird; darin verpflichtet sich Spanien, in den Monaten November bis April Strom nach Frankreich zu liefern, während es vom Mai bis Oktober, d. h. in der Trockenperiode, elektrische Energie von Frankreich bezieht.

In der Zukunft werden – voraussichtlich ab 1970 – zunehmend Kernkraftwerke und eventuell auch konventionelle thermische Kraftwerke zur Erzeugung der Grundlast herangezogen werden. Der Spitzenbedarf wird dann von den Wasserkraftanlagen gedeckt werden, wobei deren ständige Betriebsbereitschaft und die Möglichkeit, Energie verlustlos speichern zu können, besonders vorteilhaft sind.

In Portugal ist die Produktion und Verteilung elektrischer Energie wesentlich anders organisiert als in der Schweiz. Ein Unternehmen – «Reparditor Nacional de Cargas» (RNC) – hat die Aufgabe, die Produktion und Verteilung der Energie im ganzen Land vom Werk zum Verbraucher zu koordinieren. Diese Lastverteilstelle, der die meisten Produktions- und Verteilunternehmen angeschlossen sind, kontrolliert 94 % der Landesproduktion und praktisch sämtliche Energiebewegungen in den Hochspannungsleitungen. Die RNC schreibt den Gesellschaften – wie der Hidro-

Eléctrica do Cávado S.A.R.L., der Hidro-Eléctrica do Douro S.A.R.L., der Hidro-Eléctrica do Zézere und der Empresa Termoeléctrica Portuguesa – Belastungsprogramme vor. Dabei wird natürlich den vorhandenen hydraulischen Gegebenheiten und dem Bedarf der Verbrauchszentren Rechnung getragen. Ein grosser Teil der Hochspannungsleitungen, wie z. B. die 220 kV-Leitungen, welche die Kraftwerke am internationalen Douro mit den Städten Porto, Coimbra und Lissabon verbinden, sind Eigentum der 1947 gegründeten «Companhia Nacional de Electricidade» (CNE), die ebenfalls mit der RNC zusammenarbeitet. In ihrer Betriebsführung und finanziellen Leitung sind sie jedoch ziemlich unabhängig und autonom. Der portugiesische Staat übt aber eine Kontrolle aus, da sich ein Teil des Kapitals dieser Gesellschaften indirekt im Besitz der Caixas de Previdencias dos Sindicatos befindet. (Diese Angaben über Portugal entstammen den Ausführungen zur Vorbereitung einer Portugalreise 1962, welche durch die S.A. des Ateliers de Sécheron, Genève, organisiert wurde, und neuesten Angaben der CNE).

In den heute in Portugal in Betrieb stehenden 17 bedeutendsten Wasserkraftanlagen (10 Speicherwerke, 7 Laufwerke) ist gesamthaft eine Leistung von rund 1500 MW installiert, mit einer mittleren jährlichen Produktionskapazität von 6200 GWh, wovon 2800 GWh oder 45 % auf Speicherenergie entfallen; seit 1963 ist eine ausserordentliche Steigerung festzustellen, und man nimmt an, dass der Landesbedarf etwa ab 1968 diese Energiemenge erreichen wird. Dazu kommen drei thermische Kraftwerke mit insgesamt 159 MW installierter Leistung. Seit der 1961 erfolgten Verbindung der 220 kV-Leitung zwischen dem portugiesischen Douro-Kraftwerk Picote und dem spanischen Duero-Kraftwerk Saucelle und insbesondere seit der Inbetriebnahme der Einrichtung für automatische Frequenz- und Leistungsregulierung im Jahre 1964 ist auch das ferne Portugal über Spanien dem bedeutenden europäischen Verbundnetz angeschlossen.

Nach diesem ganz generellen Ueberblick mögen noch einige Angaben über grössere Anlagenkomplexe folgen, von denen auf der SWV-Studienreise 1966 einige besonders repräsentative Anlagen besucht werden.

### 3. VERSCHIEDENE GRUPPEN BEDEUTENDER WASSERWIRTSCHAFTLICHER ANLAGEN

#### 3.1 Die Kraftwerkette am internationalen Duero/Douro

Der Duero/Douro ist auf der iberischen Halbinsel der Fluss mit dem grössten Einzugsgebiet; es misst rund 97 000 km<sup>2</sup> und befindet sich zu etwa 78 % auf spanischem und zu 22 % auf portugiesischem Territorium. Von seinem 914 km langen Lauf entfallen rund 590 km auf Spanien, 112 km auf die hier besonders betrachtete Grenzstrecke des internationalen Duero/Douro und 213 km auf Portugal.

Die Wasserkraftnutzung in diesem grossen Flussgebiet erfolgt in Spanien und auf dem spanischen Nutzungsteil der Grenzstrecke am Duero vor allem durch die im Jahre 1944 durch Fusion der Gesellschaften Hidroeléctrica Ibérica und Saltos del Duero gegründete Iberduero SA mit Sitz in Bilbao, auf dem portugiesischen Nutzungsteil der Grenzstrecke am Duro und in Portugal durch die 1954 gegründete Hidro-Eléctrica do Douro S. A. R. L. mit Sitz in Porto.

Die Ausbaupotentialität der Wasserkraftanlagen am spanischen Duero und seinen Zuflüssen, deren wichtigste der Rio Esla, der Rio Tera, der Rio Tormes, der Rio Huebra und der Rio Agueda sind, wird auf insgesamt 8,70 Mrd. kWh geschätzt, wovon heute Anlagen für 4,76

Kraftwerk	Fluss	Inhalt der Speicherbecken hm <sup>3</sup>	Max. Brutto-Gefälle in m	Nutzwassermenge m <sup>3</sup> /s	Inst. Leistung MW	Mittlere Energieerzeugung GWh	In Betrieb seit
Omaña	Omaña	76			13		Projekt
San Roman	Duero	2			7		Projekt
Villalcampo	Duero	61	39	270	96	550	1949
Castro	Duero	38	39	266	80	550	1952
Aldeadávila*	Duero int.	115	140	615	718	2440	1964
Saucelle	Duero int.	169	62	468	285	1050	1956
Cernadilla	Rio Tera	255	69	50	28	51	im Bau
Valparaiso	Rio Tera	23	40	32	10	32	Projekt
Ricobayo	Rio Esla	1184	88	240	133	575	1935/47
Villarino*	Rio Tormes	2475	402	140	500	1020	im Bau
Bermellar	Rio Huebra	390			32		Projekt
Hinososa	Rio Huebra	20			279		Projekt
San Felices	Rio Agueda	300	215	42	21		Projekt

\* wird auf der SWV-Studienreise besucht

WASSERKRAFTANLAGEN IM PORTUGIESISCHEN EINZUGSGEBIET DES DOURO

Tabelle 5

Flusslauf	Anzahl Wasserkraftanlagen	Inhalt der Speicherbecken hm <sup>3</sup>	Inst. Leistung MW	Mittlere Energieerzeugung GWh	
Douro Internacional	3	40	602	3000	z.T. in Betrieb
Douro Nacional	5	39	640	2600	projektiert
Tâmega	7	840	209	1000	projektiert
Tua	3	1450	233	670	projektiert
Sabor	2	3220	330	450	projektiert
Paiva	2	830	124	470	projektiert
Côa	3	810	181	490	projektiert
	25	7229	2319	8680	

Mrd. kWh in Betrieb und solche für 1,84 Mrd. kWh im Bau sind. Den Hauptteil der Anlagen und Konzessionen besitzt, wie bereits erwähnt, die Iberduero SA mit den in Tabelle 4 aufgeführten Werken.

Die zwölf der Iberduero gehörenden, in Tabelle 4 aufgeführten Anlagen werden nach Vollausbau über das ansehn-

liche Speichervolumen von mehr als 5 Mrd. m<sup>3</sup> und über eine mittlere jährliche Produktionskapazität von rund 7 Mrd. kWh verfügen; im übrigen betreibt die Iberduero SA weitere Wasserkraftanlagen am oberen Ebro, im Quellgebiet des Rio Cinca in den Pyrenäen, einem Zufluss des Ebro, eine thermische Anlage in Burceña im Verbrauchszentrum der Eisenindustrie bei Bilbao und plant ein thermisches Kraftwerk Velilla de Guardo und ein Atomkraftwerk Bilbao-Ebro, dieses mit einer Produktionskapazität von 2 Mrd. kWh.

Ueber die Ausbaupotentialität der Wasserkraftanlagen am portugiesischen Douro gibt Tabelle 5 Auskunft, wobei hier die Anlagen für den Hauptfluss und die bedeutendsten Zuflüsse zusammengefasst sind.

Auch auf portugiesischem Territorium bietet das Einzugsgebiet des Douro aussergewöhnliche Möglichkeiten für Speicheranlagen, die dann neben der Erzeugung besonders hochwertiger elektrischer Energie auch der grosszügigen Bewässerung dienen werden.

Im gesamten spanisch-portugiesischen Einzugsgebiet von Duero/Douro weist man eine Ausbaupotentialität von 11 bis 12 Mrd. m<sup>3</sup> Stauraum und von mehr als 15 Mrd. Kilowattstunden nach, womit die ausserordentliche Bedeutung dieses Flussgebietes deutlich wird.

Unsere Betrachtungen wenden sich nun der ca. 118 km langen internationalen Flussstrecke des Duero/Douro zu, auf der im Laufe des letzten Jahrzehnts fünf bedeutende Kraftwerkstufen gebaut und z. T. erst kürzlich in Betrieb genommen wurden; es handelt sich, in Flussrichtung, um drei portugiesische (Miranda, Picote, Bemposta) und um zwei spanische (Aldeadávila, Saucelle) Kraftwerkstufen, worüber Tabelle 6 näheren Aufschluss gibt (siehe auch Bilder 2 und 3).

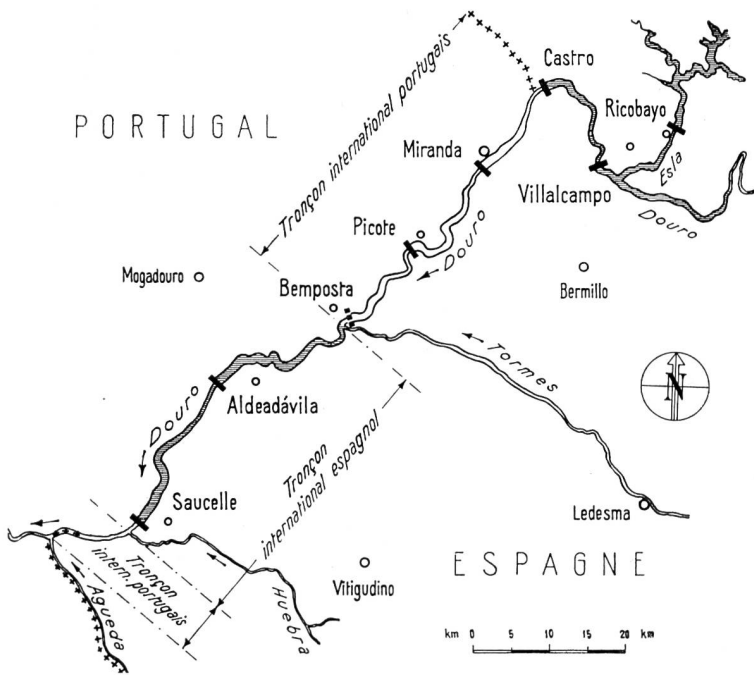


Bild 2 Lageplan der Wasserkraftnutzungen an der portugiesisch-spanischen Strecke des Douro/Douro (Plan aus WEW 1961, Nr. 1/3)

Name der Anlage	Speichersee				Talsperre			Nutzwasser- menge	max. Brutto- gefälle	Inst. Leistung	Mittlere Jahres- arbeit	In Betrieb seit	
	Stauziel m ü. M.	Länge km	Speicherinhalt total hm <sup>3</sup>	Speicherinhalt nutzbar	Typ <sup>1</sup>	Höhe über Fundament m	Länge auf Kronen- höhe m						Kubatur 1000 m <sup>3</sup>
spanisch-portugiesisch { Miranda Picote* Zemposta*	528,05	14	28	6	Pf	80	263	253	375	57	172	900	1960
	471,00	21	63	13	B	100	94	205	340	69	200	1000	1958
	402,00	21	128	21	BG	87	297	317	450	69	230	1100	1964
spanisch-portugiesisch { Aldeadávila* Saucelle	327,83	30	115	57	BG	140	250	848	615	140	718	2440	1964
	188,00	24	170	56	G	83	160	234	468	62	285	1050	1956
		110	504	153				1857		397	1605	6490	

\* wird auf der Studienreise SWV 1966 besucht      <sup>1</sup> Talsperrentypen      Pf = Pfeilerstaumauer      BG = Bogengewichtsstaumauer  
 B = Bogenstaumauer      G = Gewichtsstaumauer

Auf der meist in tiefen, wilden und unzugänglichen Schluchten verlaufenden Grenzstrecke dieses grossen Flusses erfolgte die Wasserkraftzuteilung durch eine im Jahre 1927 abgeschlossene spanisch-portugiesische Konvention. Im Gegensatz zur klassischen Wasserkraftnutzung eines Grenzflusses, wie beispielsweise am Hochrhein zwischen Deutschland und der Schweiz, wo die Nutzung international in gemeinsamer Anlage mit dem Grenz- und Gefällsverlauf entsprechenden Nutzanteilen erfolgt, ist die 118 km lange spanisch-portugiesische Grenzstrecke in eine 52 km lange obere portugiesische Nutzungsstrecke und in eine anschliessende 54 km lange spanische Nutzungsstrecke aufgeteilt – diese Reihenfolge wohl vor allem wegen des grossen spanischen Zuflusses Tormes am Uebergang der Nutzungsstrecken –, und schliesslich folgt noch eine restliche 12 km lange portugiesische Nutzungsstrecke. Damit ist es jedem der beiden Staaten möglich, die eigenen Anlagen selbst zu betreiben, wie wenn sie ganz auf eigenem Territorium gelegen wären. Für die zweckmässige Anwendung der obenerwähnten zwischenstaatlichen Konvention und für zu lösende Fragen der Betriebsführung wurde eine spanisch-portugiesische Kommission gebildet. Ein Hauptmerkmal dieser internationalen Nutzungsstrecke bilden das relativ grosse Gefälle der einzelnen Stufen und vor allem die erforderliche Schaffung der Möglichkeit, auf sehr beschränkter Talsperrenbreite zusammen mit den Grundablässen gewaltige Hochwasserspitzen abführen zu können,

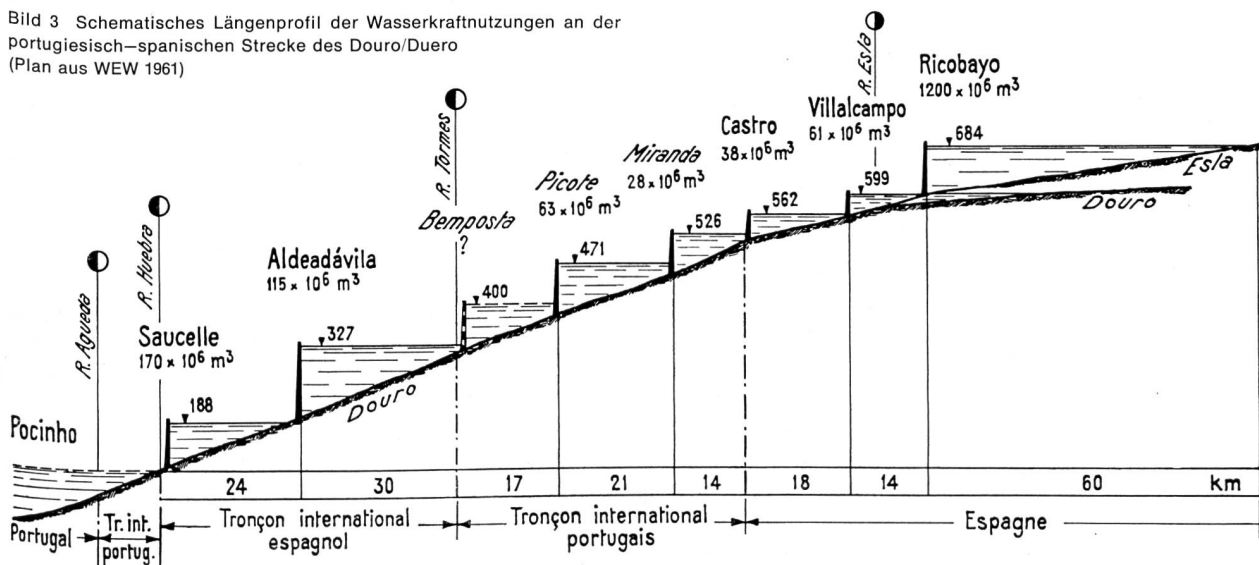
die für etwa 11 000 bis 12 000 m<sup>3</sup>/s dimensioniert wurden. und im Vollbetrieb ein imposantes Schauspiel bieten werden. Die Kraftwerkzentralen, z. T. in Felskavernen errichtet, befinden sich bei allen fünf Kraftwerkstufen in unmittelbarer Nähe der Talsperre. Die mittlere Produktionskapazität dieser fünf in Betrieb stehenden Wasserkraftanlagen der internationalen Fluss-Strecke beträgt mehr als 6,5 Mrd. kWh oder nahezu 45 % der Ausbauproduktion im gesamten spanisch-portugiesischen Einzugsgebiet des Douro/Douro. Das spanische Kraftwerk Aldeadávila gehört zu den bedeutendsten Wasserkraftanlagen Europas.

Die portugiesischen Kraftwerke, die der Hidro-Electrica do Douro S. A. R. L. gehören, können mit etwas mehr als 3 Mrd. kWh-Produktionskapazität gut 50 % der gesamten heutigen portugiesischen Produktionskapazität aus Wasserkraft erzeugen; für diese Kraftwerke lieferte die S.A. des Ateliers de Sécheron/Genève die Generatoren.

3.2 Die grosse spanische Wasserkraftanlage Almendra-Villarino am Tormes

Der Rio Tormes, der ein gesamtes Einzugsgebiet von 7100 km<sup>2</sup> hat, gehört zu den grössten spanischen Zuflüssen des Douro; er durchfliesst die Stadt Salamanca und mündet bei Villarino in den Douro, etwa an der Grenze zwischen der portugiesischen und spanischen Nutzungsstrecke des internationalen Douro/Douro.

Bild 3 Schematisches Längenprofil der Wasserkraftnutzungen an der portugiesisch-spanischen Strecke des Douro/Douro (Plan aus WEW 1961)





Am Tormes ist kürzlich bei Almendra, etwa 15 km oberhalb seiner Mündung in den Duero, mit dem Bau einer imposanten Talsperre begonnen worden; die Erschliessungsarbeiten haben im Januar 1965 eingesetzt, und anlässlich unseres Besuches im April 1966 werden die Installationen noch in Montage begriffen sein. Es handelt sich beim Hauptobjekt um eine Bogenstaumauer von 200 m Höhe, etwa 700 m Kronenlänge und 2 Mio m<sup>3</sup> Betonvolumen. Anschliessend an diese Bogenmauer ist auf der rechten Talseite ein max. 30 m hoher, 1500 m langer Steinschüttdamm von 800 000 m<sup>3</sup> Inhalt und auf der linken Talflanke eine Pfeilerstaumauer von 30 m Höhe und etwa 1,5 km Länge mit einem Betonvolumen von einigen hunderttausend m<sup>3</sup> vorgesehen. Diese gewaltige Talsperre schafft einen 37 km langen Stausee von 2475 Mio m<sup>3</sup>, wovon 2400 Mio m<sup>3</sup> nutzbar sein werden. Da die Krone der Bogenmauer höher liegt als das Terrain an den Widerlagern, sind die Ankerkonstruktionen der Kabelkrane sehr hoch; so befinden sich die beweglichen Ankerpunkte der Tragkabel 55 m über Schienenoberkante, während die fixen Ankerpunkte auf 200 m hohen, abgespannten Türmen angeordnet sind. Für Projektierung und Bau dieses bedeutenden Bauwerks war u.a. auch unser bekannter, im Dezember 1965 verstorbener Kraftwerkingenieur Dr. ing. h. c. A. Kaech als Oberexperte tätig. Der Berichterstatter wurde von Dr. Kaech auf den Besuch dieser Anlage besonders aufmerksam gemacht. Der Bau dieser Talsperre wurde einer Arbeitsgemeinschaft vergeben, in der die schweizerische Bauunternehmung Aktiengesellschaft Conrad Zschokke mit zwei spanischen Unternehmungen zusammenarbeitet.

Von der Staumauer führt ein 15 km langer Druckstollen von 50 m<sup>2</sup> Querschnitt zum Wasserschloss, und das Nutzwasser gelangt dann durch zwei Vertikalschächte zur unterirdischen Zentrale, die das Wasser bei Villarino in den Duero abgibt; auch hier sind die Arbeiten bereits im Gange. Einige Angaben dieses Kraftwerks sind aus Tabelle 4 ersichtlich. Bei einem max. Bruttogefälle von 402 m und einer Nutzwassermenge von 140 m<sup>3</sup>/s werden 500 MW installiert, mit einer mittleren jährlichen Produktionskapazität von 1020 GWh.

### 3.3 Die portugiesische Kraftwerkgruppe am Cávado

Der Rio Cávado mit seinem Zufluss Rabagão im Quellgebiet ist einer der nördlichsten Flüsse Portugals; sein Einzugsgebiet misst an der Sperrstelle der untersten Stufe Caniçada 783 km<sup>2</sup>. Er entspringt in der Serra de Larouco und erreicht

nach einem 120 km langen Lauf den Atlantik etwa 40 km nördlich der Stadt Porto.

Neben dem bereits erwähnten Douro und dem im mittleren Portugal gelegenen Rio Zezere, an welchem im Zeitraum 1946/55 bedeutende Talsperren und Kraftwerke errichtet wurden, gehört der Cávado für die bisherige Wasserkraftnutzung zu den bedeutendsten Flüssen Portugals. Der Bau der Wasserkraftanlagen durch die im Jahre 1945 mit Sitz in Porto gegründete Hidro Eléctrica do Cávado S. A. R. L. (HICA) erfolgte im Laufe der letzten 20 Jahre in einem System von sechs Speicherbecken mit vier Kraftwerkstufen, worüber auch Tabelle 7 und Bild 4 Auskunft geben.

Die bedeutendste Anlage der ganzen Werkgruppe, der kürzlich in Betrieb genommene Speicher Alto Rabagão, wurde durch ein ansehnliches Sperrbauwerk geschaffen, das aus einer Zwillingsbogenstaumauer mit anschliessenden bedeutenden Flügelmauern – einer Pfeilerkonstruktion und einer Gewichtstaumauer – besteht.

In der Kraftwerkgruppe am Cávado/Alto Rabagão mit der beachtlichen Speicherkapazität von rund 1 Mrd. m<sup>3</sup> – der zuletzt geschaffene Speicher Alto Rabagão mit 559 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt und einer Milliarde Kilowattstunden Energieinhalt ist bei weitem der grösste – können im Mittel mehr als 2,5 Mrd. kWh oder gut 30 % der gesamten heute aus portugiesischen Wasserkraftanlagen erzeugbaren Energie gewonnen werden.

### 3.4 Grossräumige Wasserwirtschaft im spanischen Flussgebiet des Guadiana – der «Plan Badajoz»

Ueber diese grosse Anlage, die zu den bedeutendsten, mit ausserordentlicher Grosszügigkeit konzipierten spanischen Werken seit Beendigung des Bürgerkriegs gehört, haben wir in dieser Zeitschrift bereits ausführlich berichtet (WEW 1961 S. 45/52), woraus einige Angaben entnommen sind. In einem weiten Gebiet des Flusses Guadiana ist mit dem sog. «Plan Badajoz» seit 1952 ein gewaltiges Bewässerungs- und Siedlungswerk in der Verwirklichungsphase begriffen, wobei heute die Speicheranlagen – bis auf eine – vollendet sind, das Kanalnetz und die Bewässerungsflächen etwa zur Hälfte erstellt bzw. bewässert. Auf Dekret des spanischen Staatschefs General Franco wurde am 7. April 1952 die Realisierung dieses Werkes beschlossen, um derjenigen spanischen Provinz, welche die grössten sozialen Probleme stellte, eine weitgehende staatliche Hilfe und Förderung zu

WASSERKRAFTNUTZUNG AM CAVADO/RABAGAO

Tabelle 7

Name der Anlage	Speichersee			Talsperre			Kubatur 1000 m <sup>3</sup>	Nutzwasser- menge m <sup>3</sup> /s	mittleres Brutto- gefälle m	Install. Leistung MW	Mittlere mögliche Jahresarbeit inkl. Speicher GWh	In Betrieb seit
	Stauziel m ü. M.	Länge km	nutzbarer Speicher- inhalt hm <sup>3</sup> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Typ <sup>3</sup>	Höhe über Fundament m	Länge auf Kronen- höhe m						
Alto Cávado	901,5	2,0	3,3	G	28	206	33	–	–	–	–	1964 <sup>1</sup>
Alto Rabagão*	880,0	10,5	559 <sup>2</sup>	B + G	94	1880	1085	50	184	72	1088	1964
Paradela (Rio Cávado)	740,0	6,5	159	SD	110	540	2700	16	429	140	382	1957
Venda Nova (Rio Rabagão)	700,0	10,0	95	BG	97	294	228	28,5	395		493	1951
Salamonde	280,0	6,5	57	B	75	284	93	42	112	39	248	1953
Caniçada*	162,0	12,5	144	B	76	246	90	64	109	62	348	1955
zusammen			1017,3							313	2559	

\* wird auf der SWV-Studienreise 1966 besucht

<sup>1</sup> Speicherwasser wird dem Speicher Alto Rabagão zugeleitet (4,9 km)

<sup>2</sup> Energieinhalt des Speichers 1013 GWh!

<sup>3</sup> Talsperrentypen:

G = Gewichtstaumauer

BG = Bogengewichtstaumauer

B = Bogenstaumauer

SD = Steinschüttdamm

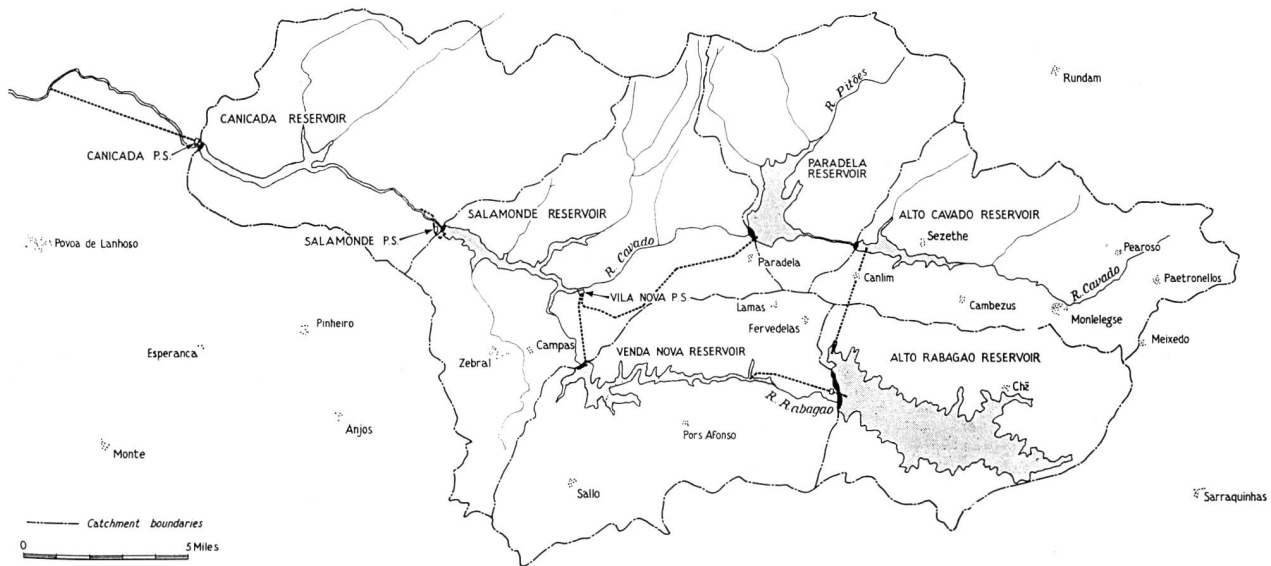


Bild 4 Speicherseen und Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet des Cávado (Plan aus «Water Power» Januar/Februar 1959)

gewährleisten; die Provinz Badajoz – die grösste Spaniens – umfasst 21 657 km<sup>2</sup> und zählt heute etwa eine Million Einwohner (siehe Bild 5).

Der Plan von Badajoz stellt den Menschen und seine unmittelbaren Bedürfnisse in den Vordergrund; er soll für die Kolonisatoren Bebauungszonen schaffen und vielen Bauern und Arbeitern würdige Unterkunft und Arbeitsmöglichkeiten bieten. Die bedeutendsten Ziele des grossen Meliorationswerkes können folgendermassen umrissen werden:

- Weitgehende Abflussregulierung des Rio Guadiana und zweier Seitenflüsse;
- Schaffung fruchtbarer Bebauungszonen im grossen Flussbecken durch ein weitverzweigtes Bewässerungssystem;
- Kolonisierung der meliorierten Gegenden;
- Aufforstung bestimmter Zonen, insbesondere im Gebiet der Speicherseen;
- Anpassung des Verkehrsnetzes an die neuen Besiedlungen und an die gesteigerten Verkehrsbedürfnisse;
- Industrialisierung der durch die Bewässerung gewonnenen Produkte und der natürlichen Bodenschätze der Provinz;
- Elektrifizierung der Provinz

Der Rio Guadiana ist wie die meisten spanischen Flüsse durch sehr unregelmässige und ganz extreme Wasserführung

charakterisiert; bei einer mittleren Abflussmenge von 100,7 m<sup>3</sup>/s im Jahr 1947 schwankten die Abflüsse von 4 m<sup>3</sup>/s bis 10 000 m<sup>3</sup>/s! Der mittlere jährliche Abfluss der Beobachtungsperiode 1936–1955 erreichte 2476 Mio m<sup>3</sup> oder 78,5 m<sup>3</sup>/s. Hier eine grundlegende Aenderung durch weitreichende Regulierung der Abflüsse zu schaffen, war erste und wichtigste Forderung. Diese wurde durch ein System von vier grossen Speicherseen am Mittellauf des Hauptflusses und an einem linken Zufluss oberhalb der Fluss-Strecke Mérida-Badajoz verwirklicht; ein kleinerer Speicher Alange ist noch am Rio Matachel geplant, einem linken Zufluss, der unweit Mérida in den Guadiana mündet. (siehe Bild 5 und Tabelle 8).

Der oberste, grösste Staausee Cijara mit 1670 Mio m<sup>3</sup> ist als Kernstück des ganzen Reguliersystems bereits seit 1956 in Betrieb; der anschliessende Speicher García de Sola hat den Hauptzweck, das Bewässerungssystem von der Wasserkraftnutzung in der Zentrale am Fuss der Staumauer Cijara unabhängig zu machen; das in dieser Zentrale genutzte Wasser ergiesst sich in den Stausee García de Sola, der vor allem die Funktion der Wasserbewirtschaftung für die Bewässerungsbedürfnisse während der Sommerperiode hat. Das Kraftwerk García de Sola kann durch die damit erfolgende Dotierung des anschliessenden Stausees Orellana in der Regel während langen Perioden Konstantenergie liefern. Der Stausee

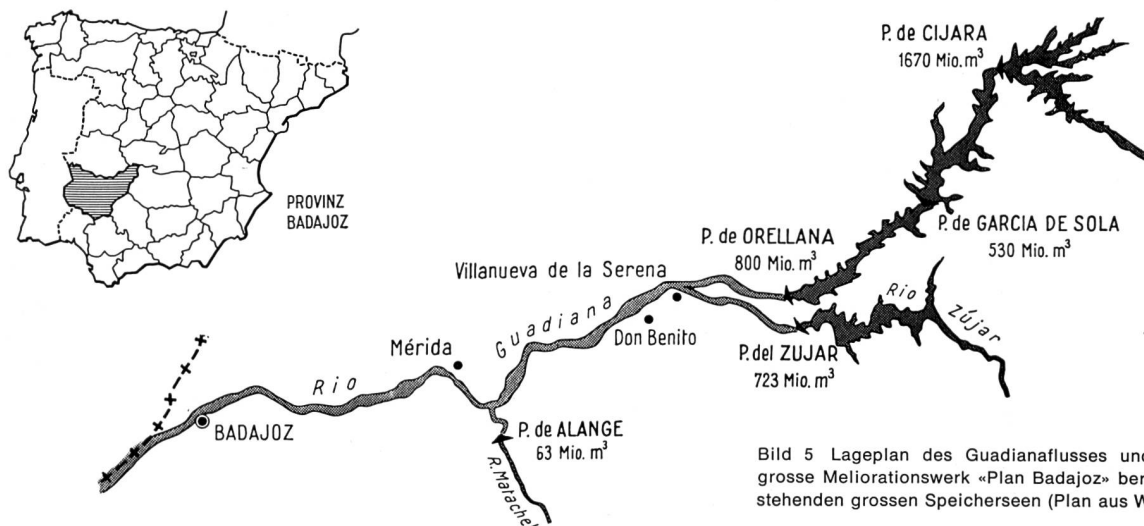


Bild 5 Lageplan des Guadianaflusses und der für das grosse Meliorationswerk «Plan Badajoz» bereits in Betrieb stehenden grossen Speicherseen (Plan aus WEW 1961)

Name des Speicher-sees	Flusslauf	Staumauer (durchwegs Gewichtsstaumauer)			Speichersee				Kraftwerke					In-betrieb-nahme
		Höhe	Kronen-länge	Beton-kubatur	Stauziel	Länge	See-ober-fläche	Speicher-inhalt (für Kraft-nutzung)	Hoch-wasser-ent-lastung für m³/s	Nutz-wasser-menge	Brutto-gefälle	Install. Leistung	mittlere mögliche Energie-produktion GWh	
Cijara	Guadiana	80,5	295	368	427,5	45	6350	1670 (1470)	4760	94	59	34340	92	1956
García de Sola	Guadiana	64,9	245	259	362,6	35	3550	555 (333)	4700	150	44	55590	102	1961
Orellana*	Guadiana	63,5	737	476	318,0	37	5550	824 (478)	3200	61	46	24380	69	1961
Zújar	Zújar	60	350	367	320	35	4524	725 (603)	3600	55	46	28560	30	1965
Alange	Matachel	32,2	247	71	?	10	1066	?	1000	?	?	?	?	Projekt
				1541				21040	3774 (2884)				142870	293

\*wird auf der SWV-Studienreise besucht

Orellana, den wir auf der SWV-Studienreise besuchen werden, ist beim Austritt des Rio Guadiana aus der gebirgigen Zone gelegen. Die besonderen Funktionen dieses Speichers sind folgende:

- Bewässerung der Zone von Orellana, der 78 592 ha umfassenden «Vegas altas» durch den hochgelegenen, sehr langen, am rechten, nördlichen Hang des Flussbeckens verlaufenden «Canal de Orellana» und das diesem angeschlossene Bewässerungssystem. (Für die Bewässerungszone südlich des Rio Guadiana dient der vom Stauee Zújar dotierte, noch längere «Canal de Zújar»);
- Dotierung des natürlichen Flusslaufes und der für die Bewässerung der grossen, zwischen den Städten Mérida und Badajoz gelegenen Zone «Vegas bajas», die 41 373 ha misst.

Das ganze Seensystem mit einer gesamten Oberfläche von 210 km² hat heute eine Speicherkapazität von 3,8 Mrd. m³.

Für beide Fallhöhen, d. h. bis zum hochgelegenen Bewässerungssystem und für die Flussdotierung, dient das Bewässerungswasser vorerst der Kraftnutzung in getrennten Zentralen.

Unterhalb der Stadt Mérida wurde am Rio Guadiana die 3,1 km lange Damm- und Wehranlage mit der Wasserfassung Montijo gebaut, von der aus nördlich der 70 km lange «Canal de Montijo», südlich der 50 km lange «Canal de Lobón» abzweigen, die für das Bewässerungsgebiet «Vegas bajas» dieselbe Rolle spielen, wie die Hauptkanäle Orellana und Zújar für die «Vegas altas». Diese Hauptkanäle, welche die Bewässerungszonen abgrenzen, geben das Wasser an ein sekundäres Kanalnetz ab, in dem die Wasserteilung erfolgt; von hier gehen die Bewässerungsabzweigungen in weiteren Rigolen und Gräben ab, welche das Wasser schliesslich auf die zu bewässernden Parzellen leiten. Um eine solche sog. Einstau-Bewässerung aber erfolgreich, d. h. ohne zu grosse Verluste und ohne Ueberschwemmungen oder Erosionen durchzuführen, ist es erforderlich, den zu bewässernden Terraincarrés zuvor durch sehr sorgfältige Planierung das nötige Gefälle zu geben, was durch modernste Materialbewegungsgeräte erfolgt.

Die Hauptkanäle sind gesamthaft 446 km lang, wovon bis Ende 1964 insgesamt 178 km oder 40 % in Betrieb waren; vom sekundären Bewässerungsnetz mit einer geplanten gesamten Länge von 4637 km waren 1964 insgesamt 2198 km oder 47,6 % in Betrieb, 103 km im Bau und 2336 km im Projektstadium. Von der rd. 120 000 ha bewässerbaren Zone

werden seit Ende 1964 insgesamt 58 031 ha oder 48 % bewässert, ein Kanalsystem für 11 534 ha ist im Bau, und das Kanalnetz für die Bewässerung der restlichen 50 400 ha ist im Projektierungsstadium.

Durch das im Entstehen begriffene Werk soll der Bodenswert der bewässerten Zone um das Acht- bis Zehnfache steigen; die Inkulturnahme des Bodens erfolgt nach dem Kolonisations- und Bodenverteilungsgesetz vom 21. April 1949. Bedeutende Anforderungen werden durch die Inkulturnahme auch an die völlig neuen Verkehrsbedürfnisse gestellt; so wurden bis 1964 bereits 314 km neuer Strassen erstellt und 303 km bestehender Strassen verbessert, während gegenwärtig 80 km im Bau sind. Zudem wird eine 168 km lange neue Eisenbahnlinie gebaut, wovon 57 km bereits erstellt und 86 km im Bau sind.

Für die Industrialisierung der Gegend umfasst der «Plan Badajoz» die Entwicklung besonderer Industrien für die Verarbeitung der landwirtschaftlichen Produkte (Gemüse- und Fruchtkonserven, Leinen- und Hanffabrikation, Seidenspinnerei, Wollwäschereien, Textilfasern, Milchverarbeitung, usw.) und für die Nutzung der regionalen Bodenschätze (Calciumoxyd, Stahlwerke, Zementfabriken, Keramikprodukte, Superphosphate usw.), wovon die meisten Anlagen im Betrieb sind. Auch die Elektrifizierung dieser Gegend schreitet rasch vor sich.

### 3.5 Wasserwirtschaft am Tajo in Spanien

Am Oberlauf des Tajo wurde in einem Gebiet 70 bis 80 km östlich von Madrid durch die Schaffung der beiden grossen kommunizierenden Speicherseen Buendía (1571 hm³) und Entrepeñas (891 hm³) die sehr unausgeglichene Wasserführung bereits weitgehend reguliert; dieser Speicherkomplex von nahezu 2,5 Mrd. m³ dient in erster Linie dem Hochwasserschutz, der Wasserregulierung und in der anschliessenden fünfstufigen Kraftwerkgruppe der «Union Eléctrica Madrileña SA» (UEM) auch der Elektrizitätserzeugung. Hierüber haben wir in dieser Zeitschrift bereits eingehend berichtet (WEW 1961 S. 25/29).

Am eigentlichen Mittellauf des Tajo – die Spanier sprechen hier bereits vom unteren Tajo –, d. h. auf der 300 km langen Strecke von Talavera de la Reina in der Provinz Toledo bis zur spanisch-portugiesischen Grenze, ist seit beinahe einem Jahrzehnt eine mächtige Kraftwerkgruppe mit bedeutenden Speicherseen im Entstehen begriffen. Die erforderlichen Wasserrechtsverleihungen wurden vom Staat am 3. April 1956 der 1907 gegründeten «Hidroeléctrica Española SA» verliehen; diese private

Gesellschaft verfügte bei ihrem 50jährigen Bestehen über 30 Wasserkraftanlagen und 4 thermische Elektrizitätswerke mit einer gesamten Leistung von 681 MW, wovon 314 MW in thermischen Anlagen und 367 in hydroelektrischen Anlagen, letztere mit einer mittleren jährlichen Produktionskapazität von rd. 1,1 Mrd kWh. Sie zählte damals mehr als eine Million Abonnenten elektrischer Energie mit einem jährlichen Strombedarf von weit mehr als 2 Mrd kWh. Das Versorgungsgebiet dieser Gesellschaft umfasst die Gegend von Toledo und Umgebung, einen Teil der Landeshauptstadt Madrid und eine Zone im Nordwesten der Hauptstadt, vor allem aber auch das Küstengebiet Castellón de la Plana—Valencia—Alicante am Mittelmeer. Ende 1964 verfügte die Hidroeléctrica Española SA in ihren Kraftwerken über eine installierte Leistung von 2495 MW, wovon 1631 MW in hydraulischen und 864 MW in thermischen Anlagen; sie produzierte damit eine Energiemenge von 2144 GWh in hydraulischen und 959 GWh in thermischen Anlagen, also insge-

samt rd. 3,1 Mrd. kWh. Die Zahl der Abonnenten für elektrischen Strom ist auf etwa 1,5 Millionen angestiegen.

Die Kraftwerkgruppe am mittleren Tajo umfasst vier Stufen mit einer Produktionskapazität von 3,2 Mrd kWh (siehe Bild 6 und Tabelle 9); dazu kommt noch eine zweistufige Kraftwerkgruppe (Gabriel y Galan und Valdeobispo) am Rio Alagón, einem rechten Zufluss des Tajo, der in das zukünftige Staugebiet von Alcántara münden wird, mit einer Produktionskapazität von weiteren 275 GWh, sowie ein Kraftwerk Vallat mit 50 GWh. Auf der an Alcántara anschließenden spanisch—portugiesischen Grenzstrecke des Tajo/Tejo können schliesslich weitere 750 GWh gewonnen werden. Es handelt sich hier also um eine siebenstufige Kraftwerkgruppe mit einer gesamten jährlichen Produktionskapazität von 4,3 Mrd. kWh. Die bedeutendste Kraftwerkstufe ist die kürzlich begonnene Anlage von Alcántara, deren 130 m hohe Talsperre wenig oberhalb der berühmten römischen Brücke errichtet wird; da die in

SPEICHER- UND KRAFTWERKGRUPPE AM MITTLEREN TAJO

Tabelle 9

Name des Speichersees bzw. Kraftwerks	Staumauer Typ <sup>1</sup>	Höhe m	Kronenlänge m	Betonkubatur 1000 m <sup>3</sup>	Stauziel m ü. M.	Länge km	Spiegelschwankung für Kraftnutzung m	Speicherinhalt in hm <sup>3</sup> = 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>			Kraftwerk				
								total	Nutzinhalt	Hochwasser-schutzraum	Nutzwasser-menge m <sup>3</sup> /s	Max. Brutto-gefälle m	Total Install.-Leistung MW	Mittl. jährl. Energie-erzeugung GWh	Inbetriebnahme
Azútan	Pf	54	400	170	354,0	31	9,0	85	58	44	750	32	180	300	im Bau
Valdecañas*	B	98	290	270	315,0	54	25,0	1446	1176	159	414	75	225	750	1964
Torrejón	Tajo G	68	300	248	242,5	43	2,5	166	24	10	324	49	132	450	1966
	Tietar G	34	227	50	220,0	5	2,0	7	5	—	—	—	—	—	—
Alcántara*	M	130	570	850	218,0	91	48,0	3137	2114	196	1172	108	800	1700	im Bau
zusammen:				1588				4841	3377	409			1337	3200	

\* wird auf der SWV-Studienreise 1966 besucht <sup>1</sup> Talsperrentypen: B = Bogenstaumauer Pf = Pfeilerstaumauer G = Gewichtsstaumauer M = aufgelöste Staumauer / Typ Marcello

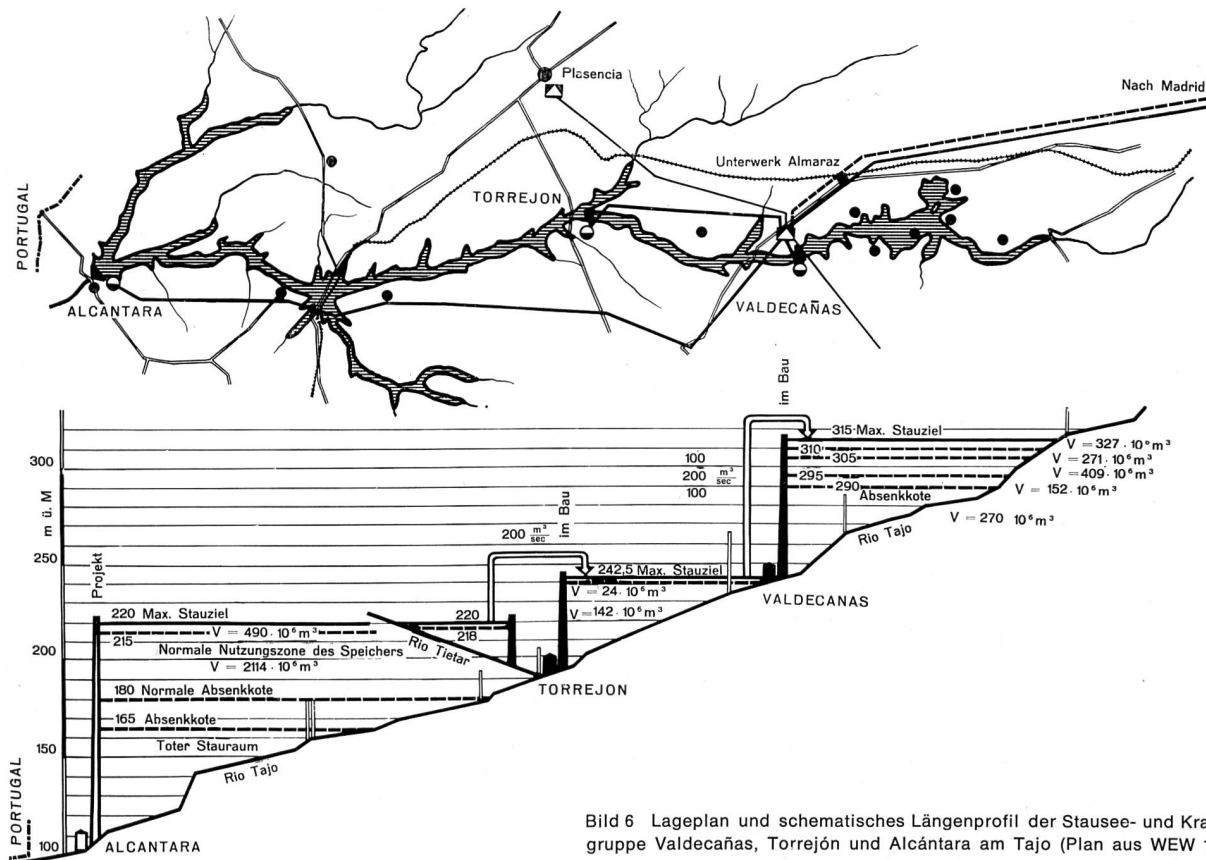


Bild 6 Lageplan und schematisches Längenprofil der Stausee- und Kraftwerkgruppe Valdecañas, Torrejón und Alcántara am Tajo (Plan aus WEW 1961)

der engsten Schluchtstelle befindliche altehrwürdige Brücke vom Staat als schützenswertes Kulturdenkmal erklärt wurde, musste an der etwas abseits davon erlaubten Sperrstelle als Talsperrentyp wegen des sich stark verflachenden Geländes im oberen Teil eine Pfeilerkonstruktion Typ Marcello gewählt werden.

Ein interessantes Werk stellt die bald vollendete Anlage Torrejón dar, welche mit einer höheren Talsperre den Tajo aufstaut, mit einer kleineren den Seitenfluss Tietar und mit einer Pumpanlage zwischen den beiden Speichern mit einer Spiegeldifferenz von 22,5 m das Wasser des Nebenflusses in den Hauptfluss befördert. Auch zwischen den Speichern Torrejón und Valdecañas sieht man einen Pumpbetrieb vor, und es wurden hierfür in der Zentrale Valdecañas vertikalachsige Deriaz-Turbinen installiert; es handelt sich um die grössten Einheiten dieses Typs, und zwar um

drei kombinierte Turbinen-Pumpen-Aggregate von je 110 000 PS mit hohem Wirkungsgrad auch bei stark wechselndem Gefälle und Pumpenbetrieb, 150 Umdrehungen/min mit einer zwischen 75,0 und 47,5 m variierenden Fallhöhe und einer Schluckfähigkeit von je 138 m<sup>3</sup>/s.

Diese wenn auch nur fragmentarischen Angaben über bedeutende wasser- und energiewirtschaftliche Anlagen, von denen wir auf der SWV-Studienreise 1966 etliche Werke besichtigen werden, zeigen, dass es sich um sehr bedeutende Bauten handelt, die auch unser volles Interesse verdienen. Schon hier danken wir den spanischen und portugiesischen Behörden und Gesellschaften, die uns die Möglichkeit bieten, einige ihrer Anlagen zu sehen, und uns ihre sehr geschätzte Gastfreundschaft in Aussicht gestellt haben.

#### BENÜTZTE LITERATUR:

- Spanien, Wesen und Wandlung; Salvador de Madariaga 1955
- L'usine hydroélectrique de Caniçada/Portugal, SA des Ateliers de Sécheron
- Aprovechamientos del río Duero, salto de Aldeadávila; Iberduero SA 1959
- Recent construction on the Cávado; «Water Power» 1959 pg. 1/20
- Iberduero 1960
- Situation de l'industrie de l'énergie électrique au Portugal continental, juin 1960
- Principais aproveitamentos hidroeléctricos e hidroagrícolas em Portugal; Ministério de obras públicas, 1960
- Sistema Cávado–Rabagão; Hidro Eléctrica do Cávado S.A.R.L., Porto
- Die Wasserwirtschaft Spaniens; Ing. D. Diaz-Ambrona in «Wasser- und Energiewirtschaft/Cours d'eau et énergie (WEW)» 1961 S. 65/78, mit mehrfarbigen Faltblättern
- Weltkraftkonferenz, 13. Teiltagung Madrid 1960; Ing. F. Chavaz und Ing. G. A. Töndury, in WEW 1961 S. 1/3, S. 22/62
- Le Douro et ses affluents; Hidro-Eléctrica do Douro S.A.R.L.

- Voyage au Portugal 21./26.5.1962 par S.A. des Ateliers de Sécheron, Genève
- Companhia Nacional de Electricidade (CNE) 1947–1962, Portugal
- «Catálogo oficial de las presas de embalse con altura superior a los 15 metros en 1º de enero de 1964; Ministerio de Obras Publicas 1964
- Regulación de los rios españoles, Ministerio de Obr. Publ. 1964
- El aprovechamiento hidroeléctrico del Tajo inferior y las centrales de Bombeo; Prof. Dr. M. Castillo, Revista de Obras Publicas 1964, pgs. 349/362
- Wasserwirtschaft in Portugal; Prof. Dr. H. Grubinger/ETH in WEW 1964 S. 351/357
- Situation de l'énergie électrique en Europe en 1963/64 et ses perspectives, Nations Unies, New York 1965
- Spaniens Elektrizitätswirtschaft – ein Ueberblick, Prof. A. Reisser, in «Elektrizitätswirtschaft» 1965 S. 302/309
- Wasserkraftanlagen Spaniens, Stand 1965; Oesterreichische Elektrizitätswirtschafts AG
- Repartidor Nacional de cargas/RNC 1965 (Portugal)
- Plan Badajoz, Presas y zona regabla; Ministerio de Obras Publicas agosto 1965

## DIE VERUNREINIGUNG DER SIHL

### Bericht über die limnologischen Untersuchungen vom 5./6. Oktober 1965

von K. H. Eschmann, Kantonschemiker, Zug

DK 628.31

#### A. Einleitung

Nachdem wir vor drei Jahren in Zusammenarbeit mit den Zuger Nachbarkantonen unseren westlichen Grenzfluss, die Reuss, einer eingehenden Untersuchung unterzogen haben, war es selbstverständlich, dass wir eine Gemeinschaftsarbeit, wie sie die limnologische Untersuchung der Sihl darstellt, voll unterstützten und förderten. Dies nicht nur aus kantonalem Interesse heraus, sondern schon allein aus heimatkundlichen Gründen, da das Sihltal in mancher Beziehung eine Besonderheit darstellt.

Jede gute topographische Karte zeigt deutlich, dass das Sihltal geographisch in zwei Abschnitte von verschiedenem landschaftlichem Charakter zerfällt. Der Oberlauf der Sihl mit den wichtigsten Nebenflüssen Minster, Stille Waag, Alp und Biber liegt im Gebiet der Schwyzer Alpen. Die Quellbäche der Sihl entspringen am Druesberg, genauer im Talkessel, der von den markanten Gipfeln des

Twäribergs (2117 m), Mieserenstock (2199 m) und Fläschen- spitz (2073 m) eingerahmt wird. Eine Besonderheit im Quellgebiet ist die Quelle auf der Alp Obersihl, der Austrittsstelle des unterirdisch abfliessenden Wassers des Sihlseeli unterhalb des Saasbergerpasses. Zu den Quellbächen gesellen sich von beiden Flanken her bald noch einige Wildbäche, die vereinigt vorerst ein schluchtartiges Tal durchfliessen. Vom Schwyzerplätz an wird dieses zusehends breiter und geht in einen breiten Talboden über, der den ersten Siedlungen Platz bietet. Damit ändert sich auch der Charakter der Sihl, ist doch aus dem jugendlichen Wildbach ein zahmfließender, heute grösstenteils kanalisierter Talfluss geworden, der bei normaler Wasserführung auf rund 3 km Länge (Ochsenboden) unterirdisch fließt. Aehnliche Verhältnisse herrschen bei den genannten grösseren Seitenflüssen, der Minster, Waag und Alp.

Von Studen bis zum Etzel ist das Sihltal ein typisch voralpines, breites Hochtal, früher durch sein Hochmoor vor allem botanisch gut bekannt, seit 1937 durch den Stausee ausgefüllt. Vor dieses Hochtal, das westlich durch eine flache Wasserscheide vom Alptal getrennt ist, legt sich der Höhenzug Etzel–Hohe Rone. Dieser bedingt die plötzliche

NB. Analoge Untersuchungen wurden für nachfolgend genannte Flüsse durchgeführt und die Berichte über deren Ergebnisse mit einer Ausnahme in dieser Zeitschrift veröffentlicht: Aare (1952) WEW 1954 S. 75/92; Rhein, Bodensee–Karlsruhe (1956) WEW 1957 S. 115/126, 247/267, 289/295; Linth–Limmat (1959) WEW 1961 S. 275/300; Reuss (1962) WEW 1963 S. 177/198; Birs (1962) Bulletin SVGW 1963 S. 221/234, 272/283