

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 48 (1957)
Heft: 22

Artikel: Wasserkraftnutzung des Inn und seiner Seitenbäche
Autor: Philippin, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058699>

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: 25.12.2024

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

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

ORGANE COMMUN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS (ASE) ET
DE L'UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS)

Wasserkraftnutzung des Inn und seiner Seitenbäche

Mitteilung des Sekretariates der Engadiner Kraftwerke A.-G. (M. Philippin)

620.92 : 621.311.21(494.261.4)

Im nachstehenden Aufsatz wird das Projekt der Engadiner Kraftwerke A.-G. (EKW), genannt «Projekt Ova Spin», beschrieben. Es stellt den Beitrag dieser Gesellschaft zu der vom Bundesrat empfohlenen Verständigungslösung dar.

Dans l'article ci-après, l'auteur décrit le projet d'aménagement des «Usines Electriques l'Engadine S. A. intitulé «Projet Ova Spin». Celui-ci représente la contribution de cette société à la solution d'entente préconisée par le conseil fédéral.

1. Einleitung

Der National- und der Ständerat werden in den nächsten Monaten Stellung nehmen zur Botschaft des Bundesrates vom 28. Juni 1957 betreffend die Genehmigung des schweizerisch-italienischen Abkommens über die Nutzbarmachung des Spöls¹⁾. Die den Räten vorgeschlagene Verständigungslösung ist ein sorgfältig abgewogener Kompromiss zwischen den Versorgungsbedürfnissen des schweizerischen Energiemarktes und den berechtigten Ansprüchen des Naturschutzes auf grösstmögliche Schonung des Nationalparks und des Unterengadins unter Berücksichtigung des unveräusserlichen Rechtes der Engadiner Gemeinden und des Kantons Graubünden auf die Wasserkraftnutzung des Inns und seiner Zuflüsse.

Die Planung der Wasserkraftnutzung der Engadiner Gewässer ist von jeher auf zwei besondere und grosse Schwierigkeiten gestossen, nämlich das Fehlen eines genügend grossen Speicherbeckens auf Schweizer Boden und das Vorhandensein des Nationalparks, der bei der unerlässlichen Nutzung des Spöls, dem grössten Seitenbach des Inns im Unterengadin, tangiert wird.

Da aber ein tauglicher Speicherraum nur im oberen Lauf des Spöls, im italienischen Livignotal, vorhanden ist, sind die hievor erwähnten Schwierigkeiten als zwei Aspekte eines und desselben Grundproblems aufzufassen: der Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöls.

Das zwischen der Schweiz und Italien am 27. Mai 1957 abgeschlossene Abkommen über die Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöls, das der Bundesversammlung zur Genehmigung unterbreitet worden ist, stellt eine glückliche Lösung des ersten, eingangs erwähnten Teilproblems dar. Auf Grund dieses Vertrages stellt Italien der Schweiz einen Stauraum von 180 Millionen m³ zur Verfügung, und diese kann das internationale Livignowerk bauen und betreiben, wie wenn es ausschliesslich schwei-

zerisch wäre. Als Kompensation erklärt sich die Schweiz damit einverstanden, dass Italien oberhalb der Kote 1960 m ein Überleitungssystem im Alto Spöl errichtet, durch welches den italienischen Speichern im oberen Veltlin durchschnittlich 97 Millionen m³ Wasser im Jahr zugeführt werden.

Die Lösung des zweiten Teilproblems, im Grunde genommen eine Ermessensfrage, konnte nur durch einen Kompromiss herbeigeführt werden. Die Verhandlungen zwischen den am Nationalpark interessierten Gemeinden Zernez, S-chanf und Scuol, den Vertretern der Bundes- und Kantonsbehörden, der Nationalparkkommission und der Engadiner Kraftwerke A.-G. hat zu einer Verständigungslösung geführt, die die Zwecke des Nationalparks bestmöglich berücksichtigt. Unter der Voraussetzung, dass das schweizerisch-italienische Abkommen vom 27. Mai 1957 in Rechtskraft erwächst, d. h. dass der Speicher Livigno gebaut werden kann, ist die Engadiner Kraftwerke A.-G. bereit, den Stausee Praspöl (Fig. 1a) von 28 Millionen m³ Nutzinhalt (dessen Bau auf Grund des Nachtrages von 1920 zum Dienstbarkeitsvertrag von 1914 zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Gemeinde Zernez rechtlich nichts im Wege steht) durch ein Ausgleichsbecken Ova Spin (Fig. 1b) zu ersetzen. Unter der gleichen Voraussetzung sind die Gemeinden damit einverstanden, weitere bedeutende, für die Naturforschung wertvolle Gebiete dem Nationalpark zur Verfügung zu stellen.

Die Wasserkraftnutzung der Engadiner Gewässer, im Rahmen der Verständigungslösung, weist folgende wesentliche Vorzüge auf:

- Mit einer jährlichen Energieproduktion von rund 1,5 Milliarden kWh ist sie ein wichtiger Faktor für die kantonale und gesamtschweizerische Volkswirtschaft.
- Der Bau und Betrieb der Werke stellt eine auf die Dauer wirksame Massnahme im Sinne einer Hilfe an die Gemeinden dieses entlegenen Alpenales dar.

¹⁾ Der Nationalrat hat in seiner Sitzung vom 27. September 1957 das Abkommen mit 143 gegen 2 Stimmen genehmigt.

— Das Projekt Ova Spin ist für den Park bedeutend günstiger als die von der Eidgenossenschaft im Nachtragsvertrag von 1920 zugebilligte Nutzung des Spöls. Der Nationalpark erfährt eine Gebiets-erweiterung, und seine rechtliche Grundlage, in-folge der erforderlichen Anpassung der alten Verträge mit den Gemeinden, eine Verstärkung.

b) für den internationalen Ausbau des Spöls:
— die Speicheranlage Livigno, mit Kraftwerk Ova Spin.

Auf italienischem Gebiet sollen Anlagen zur Überleitung des Wassers aus dem Gebiet des sog. «Alto Spöl» in das Flussgebiet der Adda durch die

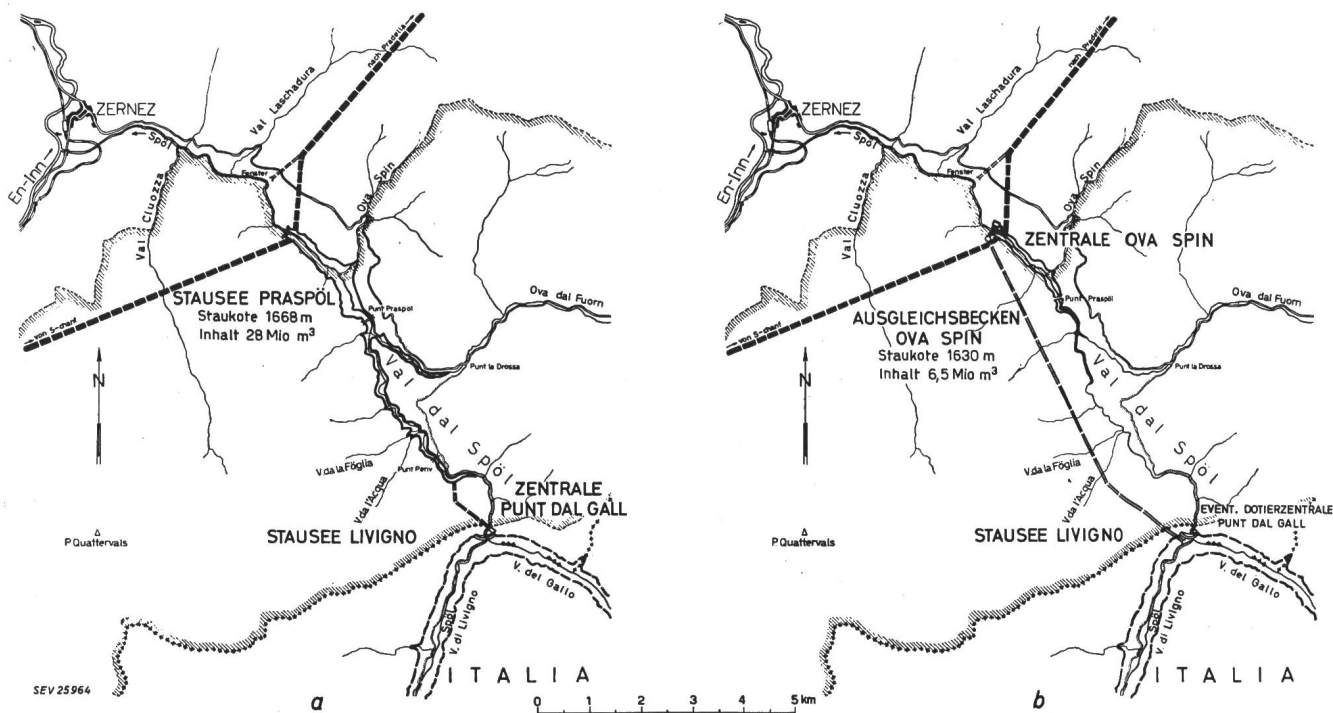


Fig. 1
Lageplan der Projekte Praspöl und Ova Spin

a) Projekt Praspöl

b) Projekt Ova Spin (Verständigungslösung)

- Grenze des Nationalparkes
- Landesgrenze
- kantonaler Ausbau
- internationaler Ausbau

— Sie stellt einen Akt der Solidarität auf dem Ge-biete der Energieerzeugung mit den Nachbar-staaten dar.

Nachstehend wird das Gesamtprojekt für die Nutzbarmachung der Engadiner Wasserkräfte, wie es auf Grund der Verständigungslösung geplant ist, beschrieben.

Dieser Ausbauplan (Fig. 2 und 3), vom März/April 1957, trägt die Bezeichnung «Projekt Ova Spin». Er umfasst die Projekte der Engadiner Kraftwerke A.-G. (EKW), nämlich:

a) für den kantonalen Ausbau des Inns und seiner Seitenbäche:

- die Speicheranlage Chamuera, mit Kraftwerk in S-chanf,
- die Obere Inn-Stufe, mit Ausgleichsbecken Ova Spin und Kraftwerk Pradella,
- die Untere Inn-Stufe, mit Kraftwerk Martina,
- das Laufkraftwerk Tasna, mit Kraftwerk Tasna.

Azienda Elettrica Municipale di Milano (AEM) ausgeführt und betrieben werden.

2. Speicheranlage Chamuera

Die Speicheranlage Chamuera mit Zentrale in S-chanf nutzt das Wasser der Bäche aus Val Burdun und Val Chamuera. Dieses mündet bei La Punt-Chamuesch von Süden ins Inntal. Durch die Erstellung einer Bogenmauer von ca. 120 m Höhe im Val Chamuera (ca. 400 m talabwärts der Einmündung des Val Havirun) ergibt sich für die Staukote 2093 m²) eine Speichermöglichkeit von 55 Millionen m³. Dieser Stauinhalt entspricht in einem Durchschnittsjahr gerade dem ganzen Sommerzufluss. Die Sperrstelle liegt in dem als Allgäuschiefer bezeichneten Lias, einer standfesten und wenig durchlässigen Unterlage. Das Betonvolumen der Staumauer wird rund 680 000 m³ betragen. Die Aus-bauwassermenge der Anlagen von 11,5 m³/s erlaubt, den Speicherinhalt und die Winterzuflüsse während einer Betriebsdauer von 1600 Stunden zu verar-beiten.

²⁾ Alle Koten im Text und in den Abbildungen beziehen sich auf den neuen schweizerischen Horizont R. P. N. 373,60 m.

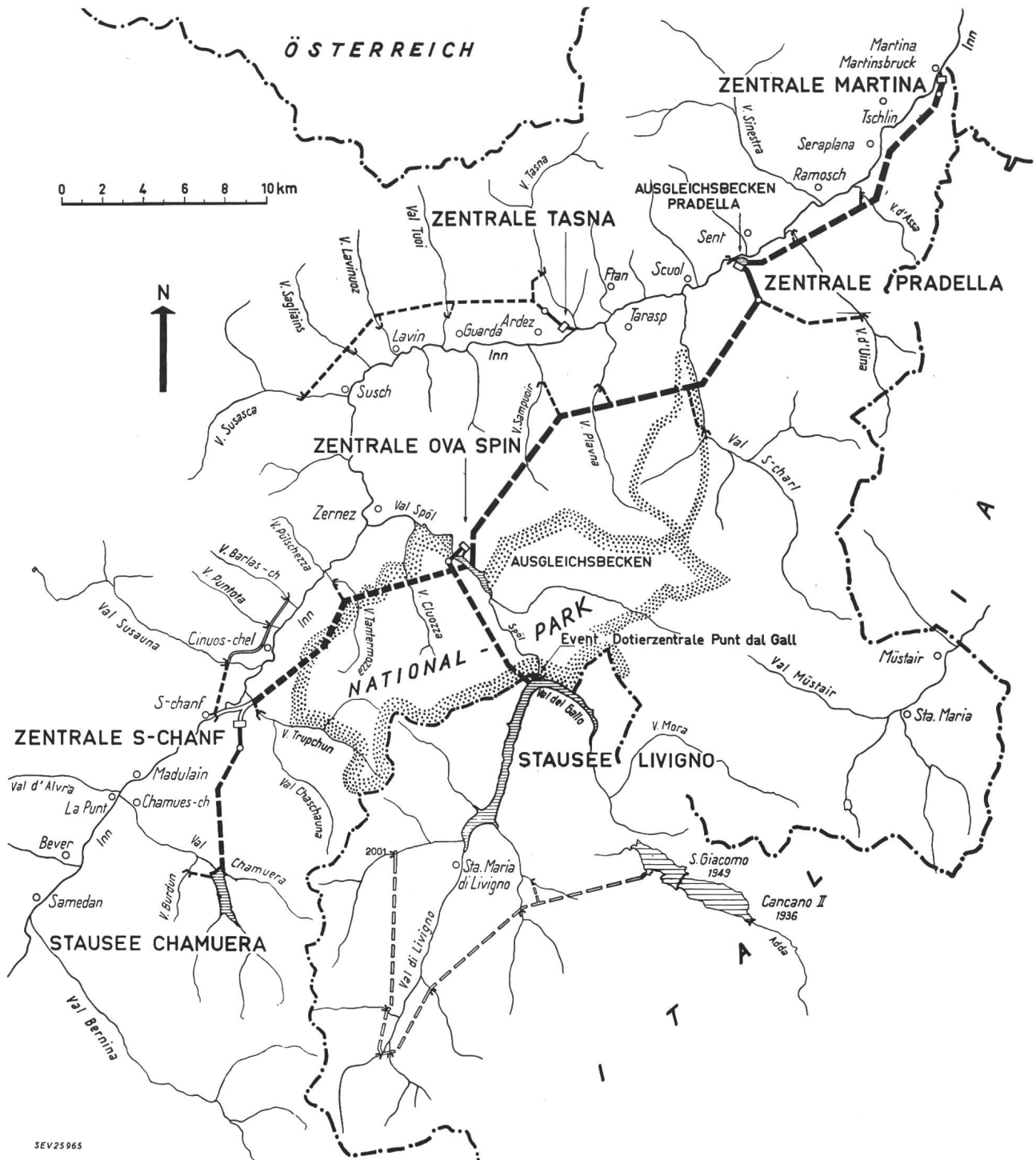


Fig. 2
Projekt Ova Spin
Lageplan

- Freispiegelstollen
- Druckstollen
- Druckleitung
- Hangleitung
- Y Wasserfassung
- o Wasserschloss
- ▨ Grenzen des Nationalparkes
- == Wasserüberleitung der Azienda Elettrica Municipale di Milano (AEM) in das Flussgebiet der Adda

Der wenig oberhalb der Staumauer beginnende Druckstollen (lichter Durchmesser 2,30 m, Länge 7600 m, mit einem Baufenster im Val d'Arpiglia)

führt zum Wasserschloss, von welchem ein rund 1050 m langer Druckschacht das Nutzwasser zu dem östlich von S-charf im Freien gelegenen Maschinen-

haus leitet. Dieses weist eine installierte Leistung von 37 000 kW auf. Die Wasserrückgabe erfolgt bei Bügls auf Kote 1651 m in den Hangkanal S-chanf—Varusch des Kraftwerkes Pradella (Obere Inn-Stufe).

Die energiewirtschaftlichen Daten dieser und der andern, unten erwähnten Kraftwerkstufen sind in Tabelle I zusammengestellt.

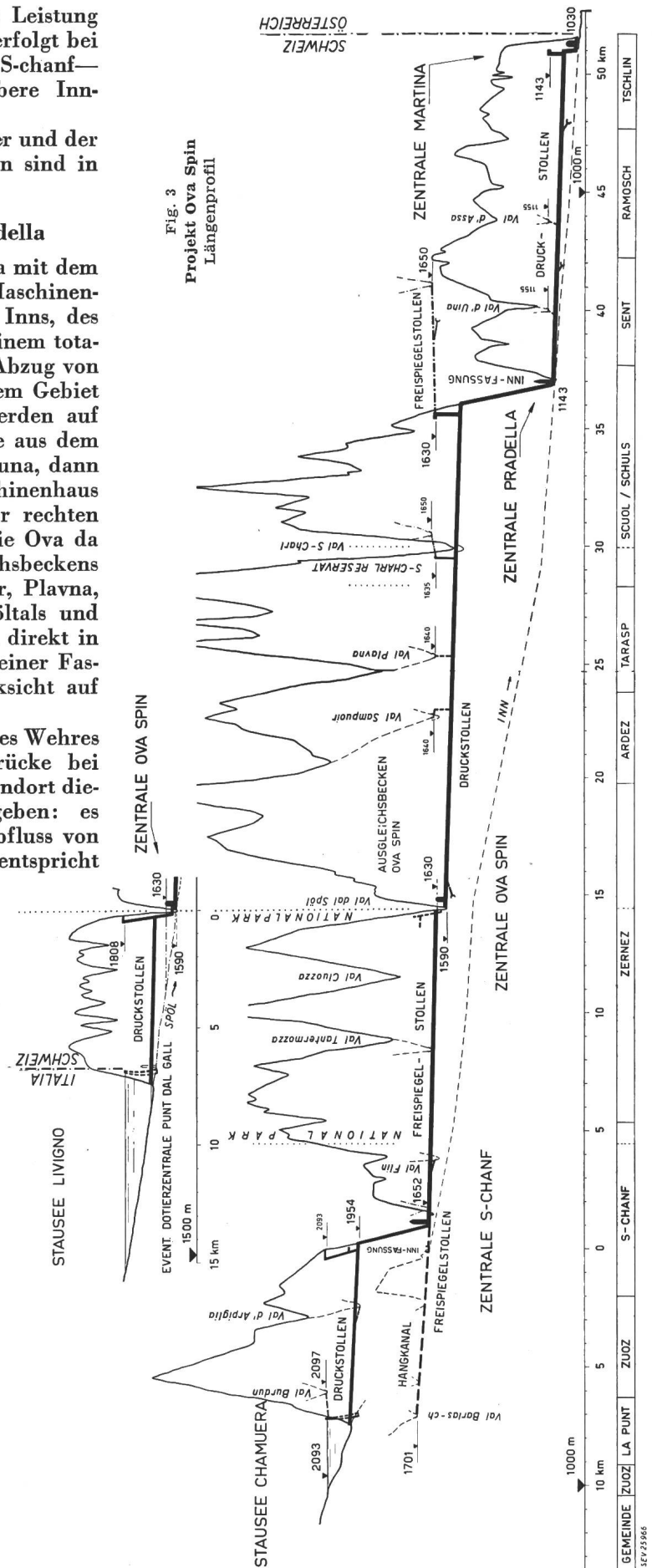
3. Obere Inn-Stufe S-chanf — Pradella

Die Obere Inn-Stufe S-chanf — Pradella mit dem Ausgleichsbecken Ova Spin und dem Maschinenhaus bei Pradella nutzt das Wasser des Inns, des Spöls und einiger ihrer Seitenbäche aus einem totalen Einzugsgebiet von 1185,0 km² (nach Abzug von 104,8 km² infolge der Ableitungen aus dem Gebiet des «Alto Spöl» ins Veltlin). Gefasst werden auf der linken Flanke des Inntales die Bäche aus dem Val Barlas-ch, Val Puntota und Val Susauna, dann der Inn bei S-chanf, das aus dem Maschinenhaus S-chanf fließende Wasser, sowie auf der rechten Talseite des Inns die Ova da Varusch, die Ova da Tantermozza und unterhalb des Ausgleichbeckens Ova Spin die Bäche der Täler Sampuoir, Plavna, S-charl und Uina. Die Zuflüsse des Spöltals und das Nutzwasser der Livignostufe münden direkt in das Ausgleichsbecken Ova Spin ein. Von einer Fassung des Cluozzabaches wurde mit Rücksicht auf den Nationalpark abgesehen.

Die Fassung des Inns erfolgt mittels eines Wehres ca. 500 m unterhalb der steinernen Brücke bei S-chanf auf Kote 1652 m. Den genauen Standort dieses Wehres werden Modellversuche ergeben: es wird auf einen gefahrlosen Hochwasserabfluss von 600 m³/s bemessen. Diese Wasserführung entspricht angenähert dem doppelten bei S-chanf beobachteten grössten Abflusswert. Die Innfassung wird auf 32 m³/s ausgebaut; durch die zwei anschliessenden Entsan-der wird auch das Nutzwasser der linksseitigen Bäche Barlas-ch, Puntota und Valember (Val Susauna) gereinigt. Das Wasser dieser Bäche wird zwischen Val Barlas-ch und Val Susauna in einer Hangleitung gesammelt und gelangt von dort durch einen Stollen und anschliessend durch einen Ducker in den Entsan-der der Innfassung.

Die Restwasserführung im Innbett unterhalb des Wehres von S-chanf wird in den Sommermonaten ohnehin sehr ansehnlich sein, da eine beträchtliche, nicht fassbare Restwassermenge über das Wehr talabwärts fließen wird. Im Winter, da praktisch alles Wasser ausgenützt werden könnte, wird eine minimale, mit den zuständigen Behörden noch festzulegende Dotierwassermenge im Fluss zu belassen sein.

Da ferner talabwärts zahlreiche Seitenbäche überhaupt nicht in die Wasserkraftnutzung einbezogen sind, verbleiben im Sommer bei Lavin 27 %, in Scuol rund 37 %, im Winter 14 % bzw. 27 %



Energiewirtschaftliche Daten des schweizerischen Ausbaues von Inn und Spöl

Nach dem Vollausbau der Engadiner Kraftwerke und bei Ableitung von $97 \cdot 10^6$ m³ Wasser im Durchschnittsjahr aus dem Gebiet des «Alto Spöl» nach Italien (Addagebiet)

Projekt März/April 1957 (Ova Spin)

Speichervolumen in 10^6 m³: Chamuera 55 + Livigno 180 + Ova Spin 6,5 = $241,5 \cdot 10^6$ m³

Tabelle I

Kraftwerke:	S-chanf	Pradella	Martina	Tasna	Ova Spin	Total
Einzugsgebiet km ²	58,6	1185,0 ¹⁾	1673,8 ¹⁾	153,1	190,2 ¹⁾	
Ausbauwassermenge . . . m ³ /s	11,5	66	70	7,5	33	
Pumpwerk m ³ /s					12	
Maximales Bruttogefälle . m	442	487	113	495	178	
Installierte Leistung						
Kraftwerk MW	37	240	56	28	43	404
Pumpwerk MW					28	28
Energieproduktion ²⁾						
Winter GWh	56	433	105	28	60	682
Sommer GWh	0	560	161	90	— 25	786
Jahr GWh	56	993	266	118	35 ³⁾	1468

¹⁾ Nach Abzug des an die «Ableitung Alto Spöl» angeschlossenen Gebietes von 104,8 km².

²⁾ Im Durchschnittsjahr, nach Abzug der Pumpenergie. Den obenstehenden Zahlen liegen gewisse Annahmen über die direkt unterhalb der Fassungen bzw. Stau-mauern in den Flussbetten des Inns bzw. Spöls zu belassenden Dotierwassermengen zugrunde. Deren

endgültige Festsetzung wird jedoch erst später im Einvernehmen mit den zuständigen Behörden erfolgen.

³⁾ Einschliesslich der Produktion eines kleinen Dotierkraftwerkes am Fuss der Staumauer Livigno zur Aus-nützung der im Spöl zu belassenden Dotationswasser-menge.

des natürlichen durchschnittlichen Wasserabflusses im Inn. In diesen Zahlen ist das Dotierwasser nicht inbegriffen.

Die Überleitung des Nutzwassers von S-chanf in das Ausgleichbecken Ova Spin (1630 m) erfolgt durch einen Hangkanal von 1,4 km und von Varusch an durch einen Freispiegelstollen von 12,8 km Länge. Dieser Stollen, dessen Schluckvermögen auf 43 m³/s und unterhalb der Einleitung der Ova da Tantermozza auf 44 m³/s ausgebaut wird, führt an der Randzone zwischen Quattervals-Decke und Silvrettakristallin vorbei. Daher muss sein Tracé voraussichtlich ziemlich tief in den Berg verlegt werden. Zwei Stollenfenster im Val Flin und Val Tantermozza verkürzen die Bauabschnitte.

Die Anlage eines Ausgleichbeckens im Spöltal wird durch den Bau einer Sperre in der engen Schlucht 200 m oberhalb der Einmündung des Val-lun da l'Uors, bzw. 1400 m unterhalb derjenigen der Ova Spin ermöglicht. Es wird eine Bogenmauer von ca. 60 m Höhe und ca. 100 m Kronenlänge erstellt; sie ist von der Ofenpass-Strasse aus nicht sichtbar. Das Ausgleichbecken Ova Spin weist zwischen dem Stauziel von 1630 m und der tiefsten Absenkung von 1600 m einen Nutzinhalt von 6,5 Millionen m³ auf. Bei Vollstau hat das Staubecken eine Länge von rund 4 km und eine Oberfläche von ca. 0,35 km², wo-von ca. 72 Prozent auf das Gebiet des Nationalpar-kes entfallen. Die Sperrstelle liegt im Hauptdolo-mit; das Becken darf nach geologischer Beurteilung als dicht angesehen werden.

Zur Wahrung des bestehenden Spölüberganges bei «Punt Praspöl», der eingestaut wird, ist die Er-

stellung einer neuen Brücke ca. 800 m flussaufwärts der heute vorhandenen vorgesehen. Am linken Ufer des Stausees, unmittelbar oberhalb der Sperrstelle, mündet der Zuleitungsstollen für das Inn-Wasser von S-chanf ein. Mit dem linksufrigen Teil der Stau-mauer sind dies die einzigen Bauwerke auf Park-gebiet. Der Einlauf in den Druckstollen des Kraft-werkes Pradella liegt auf der rechten Talseite, wäh-rend die Hochwasser über einen Entlastungsüberfall abfliessen können. Die Zufahrt zur Sperrstelle er-folgt von der Ofenpass-Strasse aus auf der rechten Talseite; auch der weitaus grösste Teil der Bau-installationen wird daselbst ausserhalb des National-parkes angelegt. Die Deponien für das Aushub- und Ausbruchmaterial der Staumauerwiderlager und der anschliessenden Stollenstrecken werden zum Teil im Staugebiet aufgeschüttet, jedoch so, dass sie auch bei tiefster Absenkung unsichtbar bleiben; zum andern Teil wird das Material ausserhalb des Park-gebietes in einer Mulde an der rechtsseitigen Flanke des Spöltales ca. 1000 m unterhalb der Sperrstelle abgelagert.

Über die unterhalb der Staumauer Ova Spin im Spölbett zu belassenden Dotierwassermengen gilt sinngemäss das weiter oben für die Wasserfassung S-chanf Gesagte.

Der Druckstollen, der das im Stausee Ova Spin gesammelte und unterwegs noch eingeleitete Wasser zum Wasserschloss oberhalb des Maschinenhauses Pradella führt, weist bei einer Ausbauwassermenge von 66 m³/s eine Länge von ca. 21,6 km und einem Innendurchmesser von 5,2 m auf. Geologische und bergmännische Gründe bedingen eine Stollenfüh-

nung mit verschiedenen stärkeren Richtungsänderungen. Baufenster sind in den Tälern Laschadura, Sampuoir und S-charl vorgesehen; im Val S-charl kreuzt der Druckstollen die Talsohle wenig unter der Geländeoberfläche. Die grösste Strecke des kreisförmigen Druckstollens kommt in den allgemein standfesten Hauptdolomit zu liegen. Die Einleitung der Bäche muss im Unterengadin aus topographischen Gründen durch Stollen erfolgen: die Aua da Sampuoir durch das Baufenster, die Bäche Plavna und Clemgia (Val S-charl) durch Stollen und Fallschächte und die Aua d'Uina durch einen Stollen direkt ins Wasserschloss. Von diesem führt die Druckleitung zu dem südlich des Dorfes Sent, auf der rechten Talseite des Inns, im Freien gelegenen Maschinenhaus Pradella hinunter. Im Maschinenhaus werden Francisturbinen mit einer totalen Leistung von 240 000 kW installiert. Die Wasserrückgabe erfolgt auf Kote 1143 m in das Ausgleichbecken Pradella der Unteren Inn-Stufe Pradella-Martina. Die Freiluftschaltanlage des Kraftwerkes Pradella wird auf dem linken Inn-Ufer gegenüber dem Ausgleichbecken erstellt.

4. Untere Inn-Stufe Pradella — Martina

Das Kraftwerk Martina (Untere Inn-Stufe) nutzt das Wasser aus einem totalen Einzugsgebiet von 1673,8 km² (nach Abzug von 104,8 km² infolge der Ableitungen aus dem Gebiet des «Alto Spöl» ins Veltlin). Gefasst werden der Inn, das aus dem Maschinenhaus Pradella fliessende Wasser, und auf der rechten Talseite des Inns die Bäche des Val d'Uina und Val d'Assa. Die Innfassung (auf Kote 1143 m) besteht aus Stauwehr, Einlauf zum kurzen Hangkanal und anschliessender Entsandungsanlage; das Bauwerk befindet sich rund 700 m nordöstlich des Weilers Pradella. Der Entsander ist für eine Wassermenge von 20 m³/s dimensioniert. Auch hier verbleibt wie beim Wehr von S-chanf während der Sommermonate unterhalb der Fassungsstelle eine ansehnliche Restwassermenge im Flussbett; im Winterhalbjahr wird eine minimale, mit den zuständigen Behörden noch festzulegende Dotierwassermenge im Inn belassen werden.

Unterhalb der Fassung von Pradella wird am rechten Innufer ein Ausgleichbecken von 500 000 m³ Inhalt geschaffen, in welches auch die Wasserrückgabe des Maschinenhauses Pradella erfolgt. Wehr, Wasserfassung und Ausgleichbecken kommen auf eine Schotterbank des Inns im Talboden zu liegen. Der anschliessende, 14,1 km lange Druckstollen mit einer Ausbauwassermenge von 70 m³/s und einem Innendurchmesser von 5,30 m durchfährt den Südrand des Unterengadiner Fensters spitzwinklig zum Streichen der Gesteinszonen. Die Hauptstrecke des Stollens liegt in kristallinen Gesteinen, kleinere Abschnitte in Bündnerschiefer, Serpentin und Sedimenten, wie Jurakalk, Quarzit- und Flyschschiefer. Baufenster sind bei Trambai gegenüber Ramosch und bei S. Niclà vorgesehen. Vom Wasserschloss führen 2 parallele Druckschächte zum interirdischen Maschinenhaus Martina, das sich gegenüber dem gleichnamigen Dorf im aus Bündnerschiefer bestehenden südlichen Tal-

hang befindet. Die Wasserrückgabe erfolgt durch einen kurzen Unterwasserstollen in den Inn auf der Kote ca. 1030 m dicht bei der Landesgrenze oberhalb der Strassenbrücke. Auf dem linken Innufer wird zwischen Martina und dem Fluss die Freiluftschaltanlage erstellt.

Anschliessend an die Untere Inn-Stufe Pradella — Martina ist nach dem Projekt der österreichischen Studiengesellschaft Oberer Inn (SOI) der Bau der Stufe Martina — Prutz mit einem Speicherbecken bei Finstermünz vorgesehen. Diese Anlage berührt die Interessen der Schweiz, da der Inn unterhalb Martinas auf eine Länge von 5,75 km die Landesgrenze zwischen Österreich und der Schweiz bildet. Das Gefälle auf dieser Strecke beträgt 42,5 m. Einige technische Merkmale dieses österreichischen Projektes sind: Sperrstelle beim Grenzposten Vinadi mit einem Einzugsgebiet von 2186—105 (Ableitung Alto Spöl) = 2081 km², nutzbarer Speichereinhalt rund 4 Millionen m³, Bruttogefälle 168,5 m, Ausbauwassermenge 72 m³/s, Druckstollen 21,5 km, installierte Leistung 87 000 kW, Energieproduktion im Durchschnittsjahr rund 450 GWh.

5. Laufkraftwerk Tasna

Das Kraftwerk Tasna, ein Laufwerk, nutzt das Wasser von fünf linksseitigen Zuflüssen des Inns im Bereich der Gemeinden Susch bis Ardez. Das gesamte Einzugsgebiet der in den Tälern Susasca, Sagliains, Lavinuoz, Tuoi und Tasna gefassten Bäche beträgt 153,1 km². Der Zuleitungsstollen, in welchen die einzelnen Bäche mit kurzen Stichstollen eingeleitet werden, ist als Freispiegelstollen mit einer Ausbauwassermenge von 7,5 m³/s projektiert. Die Fassungen befinden sich innerhalb der Koten 1758 bis 1736 m. Das ganze Stollensystem weist eine Länge von rund 17,8 km auf und durchfährt vorwiegend Zonen von Gneis, Flysch und Tasna-Kristallin. Vom Wasserschloss führt eine Druckleitung zu dem im Freien bei der Einmündung des Tasna in den Inn gelegenen Maschinenhaus hinunter. Dieses wird mit zwei Einheiten (Pelton) zu je 14 000 kW ausgerüstet. Die Wasserrückgabe erfolgt auf ca. Kote 1236 m in den Inn. Auf eine energiewirtschaftlich günstigere Ausnützung dieser Bäche durch Überleitung in den Druckstollen des Kraftwerkes Pradella wurde verzichtet, um deren Wasser im Gebiet der Unterengadiner Heilquellen im Inn zu belassen.

6. Speicheranlage Livigno

Die Wasserkraftnutzung des Spöls erfolgt am zweckmässigsten in Verbindung mit einer Speicheranlage im Livignotal. Da der Stauraum von Italien zur Verfügung gestellt wird, verlangt es als Gegenleistung eine Ableitung von Wasser aus dem «Alto Spöl» ins Addagebiet, die entsprechend den Bestimmungen des schweizerisch-italienischen Abkommens auf 97 Millionen m³ Wasser im Durchschnittsjahr festgelegt wurde.

Das natürliche Einzugsgebiet des Spöls beträgt bei Punt dal Gall, wo ca. 60 m unterhalb seines Zusammenflusses mit der Acqua del Gallo die Sperre errichtet werden soll, 295 km², von welchen 247 km² auf italienisches und 48 km² auf schweizerisches

Territorium entfallen. Davon ist jedoch das vom Kollektor «Alto Spöl» für die Wasserableitung ins Addagebiet erfasste Gebiet von 104,8 km² in Abzug zu bringen, so dass für das Livignowerk ein total ausnutzbares Einzugsgebiet von 190,2 km² verbleibt. Dieses liefert den grössten Teil des Speicherwassers zur Erzeugung wertvoller Winterenergie im Spölkraftwerk Ova Spin und den weiter unten liegenden Inn-Stufen. Da die Spenden des verkleinerten Einzugsgebietes im Durchschnittsjahr nicht ausreichen, um den Livignostausee (Staukote 1808 m, Nutzhalt 180 Millionen m³) zu füllen, muss nach Berücksichtigung der Speicherverluste im Sommer rund 40 Millionen m³ aus dem Ausgleichbecken Ova Spin (Staukote 1630 m) in den Livignosee hinaufgepumpt werden.

Die Sperre bei Punt dal Gall wird als Bogenmauer ausgebildet, die mit einer Höhe über Talsohle von ca. 124 m und einer Kronenlänge von ca. 490 m ein Betonvolumen von rund 750 000 m³ aufweisen wird. Sie kommt linksufrig auf italienisches und rechtsufrig auf schweizerisches Gebiet, jedoch ausserhalb des Nationalparkes, zu stehen. Der Livignostausee teilt sich hinter der Staumauer in zwei Arme, deren einer bei Vollstau sich 10 km weit in das Valle di Livigno bis zum Dorfe S. Maria di Livigno und der andere 4,5 km weit in das Val del Gallo hinein erstreckt. Die Oberfläche des vollen Sees, der zum grössten Teil auf italienischem Territorium liegt, beträgt 5,2 km². Die Sperrstelle befindet sich im Hauptdolomit; der Mauerfuss taucht noch knapp in Rhätalkschichten ein. Da die Schichten gegen Norden ansteigen, kann das Becken als dicht angesehen werden.

Von der Wasserfassung (auf italienischem Boden im Valle di Livigno) gelangt das Wasser durch einen 7 km langen Druckstollen mit einer Ausbaumassenermenge von 33 m³/s und einem Innendurchmesser von 3,6 m zum Wasserschloss im linken Talhang und von dort durch einen 300 m langen Druckschacht zum unterirdischen Maschinenhaus Ova Spin. Mit Rücksicht auf den Nationalpark soll der Druckstollen fensterlos ausgeführt und das Kavernenmaschinenhaus, in dem auch die Pumpanlage mit einer Ausbaugrösse von 12 m³/s zur Füllung des Stausees Livigno untergebracht ist, in der rechten Talflanke neben der Staumauer Ova Spin angeordnet werden. Daher kreuzt der unterste Teil des Druckschachtes das Spöltal innerhalb der Staumauer. Während nur der Fenstereingang für den Bau des Druckstollens und des Wasserschlosses am Rande des Nationalparkes liegt, befinden sich alle übrigen Bauwerke, wie Zugangsstrasse und -stollen zum Maschinenhaus und auch dieses selbst, ausserhalb des Parkgebietes. Die Bauinstallationen bei Ova Spin können grösstenteils und diejenigen bei Punt dal Gall ganz ausserhalb des Parkes angelegt werden. Die Deponien des Aushub- und Ausbruchmaterials werden an beiden Stellen soweit als möglich in den Staubegebenheiten aufgeschüttet; das restliche, in einer Mulde am rechtsseitigen Talhang des Spöls unterhalb der Staumauer Ova Spin abgelagerte Material wird humusiert und bepflanzt. Der Transport der Installationen und des Zementes für den

Bau der Staumauer Livigno erfolgt über italienisches Gebiet entweder durch das Val del Gallo oder durch das Valle di Livigno. Die jetzt bestehende Verbindung zwischen der Ofenpass-Strasse und dem Valle di Livigno muss aufrechterhalten bleiben. Das Strässchen wird bei Punt dal Gall voraussichtlich über die Mauerkrone führen und in geeigneter Weise an das bestehende Strässchen Punt la Drossa — Punt dal Gall angeschlossen.

Zur Erhöhung der Restwasserführung des Spöls wird am Fusse der Livignostaumauer eine gewisse Dotierwassermenge im Flussbett belassen. Da diese Wassermenge dem Stausee entnommen werden muss, ist deren Ausnützung in einem kleinen Dotierkraftwerk am Fusse der Staumauer vorgesehen. Die Wasserführung im Spöl wird zudem nahe flussabwärts erhöht durch die Zuflüsse aus den Seitenbächen des Val da l'Acqua und des Val da la Fögla.

Mit Rücksicht auf den Nationalpark wurde des weitern auf die Fassung der das Parkgebiet durchfliessenden Seitenbäche des Spöls und deren Zuleitung zum Stausee Livigno, wie sie in früheren Projekten, z. B. für die Ova dal Fuorn, vorgesehen war, ganz verzichtet.

7. Die italienische Ableitung des Alto Spöl

Da für den internationalen Ausbau des Spöls mit dem Speicher Livigno (180 Millionen m³) der Stauraum von Italien der Schweiz zur Verfügung gestellt wird, ist als Gegenleistung eine jährliche Ableitung von Wasser im Umfange von 97 Millionen m³ aus dem «Alto Spöl» ins Veltlin vorgesehen. Ein System von Wasserfassungen und Stollen auf italienischem Boden wird diese Wassermenge dem Stausee San Giacomo di Fraele (Addagebiet) zuführen. Diese Ableitung bildet für Italien einen wertvollen Beitrag zur rationellen Wasserkraftnutzung und für die Bewässerung im Addagebiet.

Durch den Kollektor «Alto Spöl» werden die Täler Federia, Abrie, Forcola, Vago, Tresenda, Vallaccio und Pila mit einem Gesamteinzugsgebiet von 104,8 km² erfasst. Die Wasserfassungen liegen zwischen den Koten 2000 und 1960 m. Der unterste Abschnitt des Überleitungsstollens wird auf 11,6 m³/s auszubauen sein.

Die abgeleitete Wassermenge von 97 Millionen m³ pro Durchschnittsjahr gestattet in allen an der Adda gelegenen Kraftwerkstufen mit einem Nutzgefälle von insgesamt rund 1750 m eine Energieproduktion von annähernd 350 Millionen kWh. Die oberste Stufe wird vom kombinierten System der Stauseen San Giacomo di Fraele (Staukote 1949 m, Nutzhalt 64 Millionen m³) und Cancano II (Staukote 1936 m, Nutzhalt 240 Millionen m³) gebildet. Die AEM hat im Hinblick auf die Nutzung der Wasser des «Alto Spöl» nach Süden durch den Bau einer neuen 173 m hohen Staumauer das Volumen des bestehenden Stausees Cancano von 24 Millionen m³ auf das Zehnfache erhöht. Weitere Zuleitungen aus dem Umbrailegebiet sollen die Füllung dieser grossen Speicher sicherstellen. Nach dem Vollausbau des dazugehörigen neuen Maschinen-

hauses Premadio wird dieses mit einem Bruttogefälle von rund 710 m eine installierte Leistung von 375 000 kW aufweisen, und seine Gesamtproduktion im Durchschnittsjahr wird 540 Millionen kWh betragen.

Auch für die nächstfolgende Kraftwerkstufe ist ein Neubau geplant mit Namen Grosio (400 000 kW). Weitere Stufen wie Lovorno, Stazzona u. a. vervollständigen die Ausnützung der Wasserkräfte im Addagebiet.

8. Anlagekosten und Gestehungspreis der Energie

Die auf der Preisbasis vom Herbst 1956 durchgeführte Preiskalkulation ergibt folgende Anlagekosten:

Speicheranlage Chamuera	111 Millionen Fr.
Obere Inn-Stufe	297 Millionen Fr.
Untere Inn-Stufe	125 Millionen Fr.
Kraftwerk Tasna	47 Millionen Fr.
Speicheranlage Livigno	142 Millionen Fr.
Total:	722 Millionen Fr.

Der Gestehungspreis der Energie im Jahresdurchschnitt beläuft sich auf 3,45 Rp./kWh. Unter der Annahme eines Sommerenergiewertes von 1,75 Rp./kWh beträgt der Gestehungspreis der Winterenergie für den I. Ausbau (Obere Inn-Stufe und Speicheranlage Livigno) 4,7 Rp./kWh, für den Vollausbau 5,3 Rp./kWh.

Adresse des Autors:

M. Philippin, dipl. Ingenieur ETH, Sekretär der EKW, Malzgasse 32, Basel.

Ein neuer Pressgas-Normalkondensator von 1000 pF für Spannungen bis 30 kV

Von K. Meier, Fribourg

621.319.46

Es wird ein neuartiger Pressgas-Normalkondensator für mittlere Spannungen (bis 30 kV) beschrieben. Seine relativ grosse Kapazität von 1000 pF, sowie die Ausführung mit doppelter Abschirmung machen ihn besonders geeignet für die Präzisionsmessung der Kapazität und des Verlustfaktors von Prüflingen mit kleinerer Kapazität. Derselbe Normalkondensator kann aber auch in der normalen Scheringbrücke verwendet werden zur Ausmessung von Kapazitäten bis über 100 μ F.

Description d'un condensateur étalon d'un nouveau genre, à gaz comprimé, pour tensions moyennes (jusqu'à 30 kV). Grâce à sa capacité relativement importante, de 1000 pF, ainsi qu'à son exécution à double blindage, ce condensateur convient tout particulièrement pour la mesure précise de la capacité et de l'angle de pertes diélectriques de condensateurs d'une capacité moins grande. En outre, ce condensateur étalon peut également être utilisé dans un pont de Schering normal, pour la mesure de capacités jusqu'à plus de 100 μ F.

1. Anwendung und Aufbau

Pressgas-Normalkondensatoren werden vorwiegend verwendet für Messungen der Kapazität und des dielektrischen Verlustfaktors, sowie für Messungen von hohen Wechselspannungen als hochspannungsseitige Kapazität im Spannungsteiler. Der hier beschriebene Normalkondensator ist entwickelt worden für Präzisionsmessungen der Kapazität und des Verlustfaktors mit der Scheringbrücke und gestattet Meßspannungen bis zu 30 kV zu verwenden. Damit wird eine Lücke in der Anwendung von Normalkondensatoren geschlossen, wurden doch bis heute für Niederspannungsmessungen (bis max. etwa 3000 V) Luftkondensatoren und für Hochspannung (100...800 kV) die bekannten Pressgaskondensatoren vom Typ Schering-Vieweg verwendet. Der neue Normalkondensatortyp kann selbstverständlich überall dort gebraucht werden, wo ein verlustfreies, abgeschirmtes Normal verlangt wird, so z. B. auch in der Präzisionsbrücke nach Giebe-Zickner [1]¹⁾. Die doppelte Abschirmung macht ihn besonders geeignet für die Verwendung mit einer Potentialsteuerung.

Die drei hauptsächlichsten Forderungen, die an Normalkondensatoren gestellt werden, sind nach Keller [2]: Verlustfreiheit, Unveränderlichkeit der Kapazität und Unabhängigkeit von Aussenfeldern. Diese Forderungen werden von dem gewählten konstruktiven Aufbau (Fig. 1) erfüllt. Es wurde auch ein möglichst grosser Kapazitätswert angestrebt unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Prinzipes der doppelten Abschirmung. Daraus ergab sich eine

Lösung, die erheblich von den üblichen Pressgaskondensatoren des Schering-Vieweg-Typs abweicht [1]. Die von Keller beschriebenen Normalkondensatoren eignen sich vor allem für Messungen mit sehr hohen Spannungen.

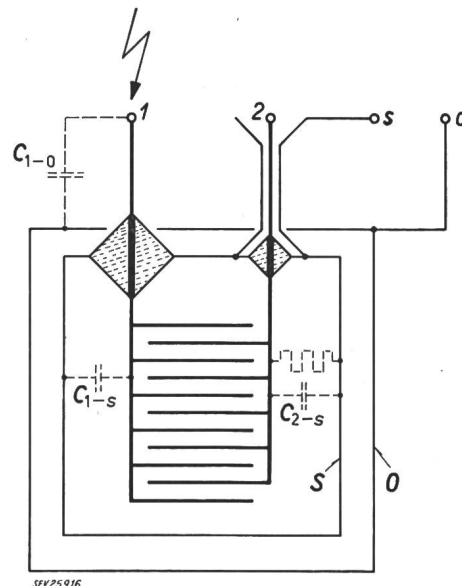


Fig. 1

Aufbau des Normalkondensators

- 1 Hochspannungspol des Normalkondensators
- 2 Niederspannungspol des Normalkondensators
- S Druckgehäuse (= 1. Abschirmung)
- O 2. Abschirmung (normalerweise geerdet)
- C₁₋₀; C_{1-s}; C_{2-s} unwirksame Streukapazitäten

¹⁾ siehe Literatur am Schluss der Arbeit.