

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 70 (1952)  
**Heft:** 49

**Artikel:** Der Ausbau der Wasserkräfte im Oberhasli  
**Autor:** Juillard, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59721>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

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

## Der Ausbau der Wasserkräfte im Oberhasli

Von Obering. H. JUILLARD, Bern

### Zuleitung Oberraar-Zentrale Grimsel

Der Zulaufstollen führt die relativ kleine maximale Wassermenge von  $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Er erhält mit Ausnahme der oberen, durchgehend verkleideten 1275 m langen Strecke einen kreisförmigen Querschnitt von 2,60 m Durchmesser und ein Gefälle von  $3,4 \text{ ‰}$ . Die Wassergeschwindigkeit beträgt nur 1,4 m/s. Ein kleinerer Stollenquerschnitt hätte keine Verminderung der Baukosten, dafür aber im Betrieb eine spürbare Steigerung der Reibungsverluste zur Folge gehabt. Die Sohle ist durchgehend mit einem Betonbankett versehen. Die Dichtheit des Felsens würde die Ausführung einer Verkleidung erübrigen. Da aber der Stollen parallel zur Schichtung verläuft, besteht stellenweise die Gefahr von Steinablösungen. Um solche zu vermeiden, wird ungefähr die halbe Stollenlänge streckenweise mit Beton verkleidet.

Die Wasserfassung und die ersten 60 m der Zuleitung wurden mit Rücksicht auf die Geländegestaltung in die Staumauer verlegt. (Bild 43, S. 680). Der Einlauf liegt auf Kote 2223, mehr als 10 m über dem Bett des Oberraarbachs, und ist mit einem von der Mauerkrone aus bedienbaren Dammbalkenabschluss ausgerüstet. Der Einlaufabschluss befindet sich in der Staumauer, in einer als Kammer ausgebauten Mauerfuge; er besteht aus einer Drosselklappe von 1,75 m Durchmesser. Die Leitung kreuzt noch zwei Sperrenblöcke, bevor sie in den Fels des Sperrenfundamentes eintritt. Sowohl durch die Staumauer, als auf einer Stollenstrecke bis zum ersten Baufenster bei Km. 0,332 ist die Leitung mit einer für den

DK 621.311.21 (494.24)

Fortsetzung von Seite 682

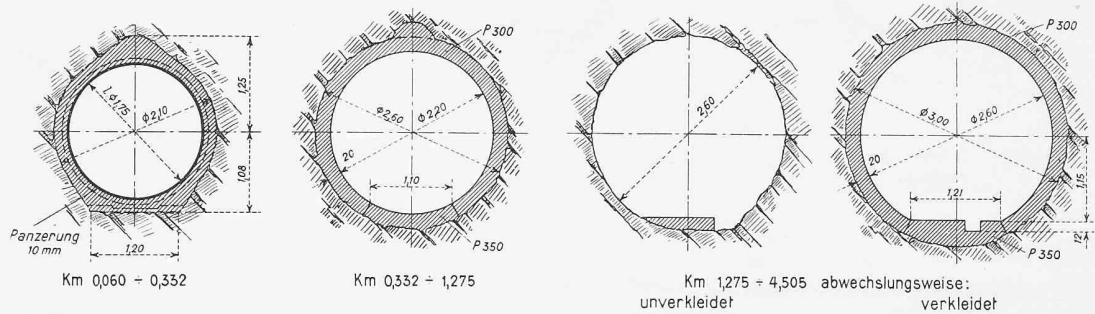


Bild 48. Querschnitte des Zulaufstollens, Masstab 1:100

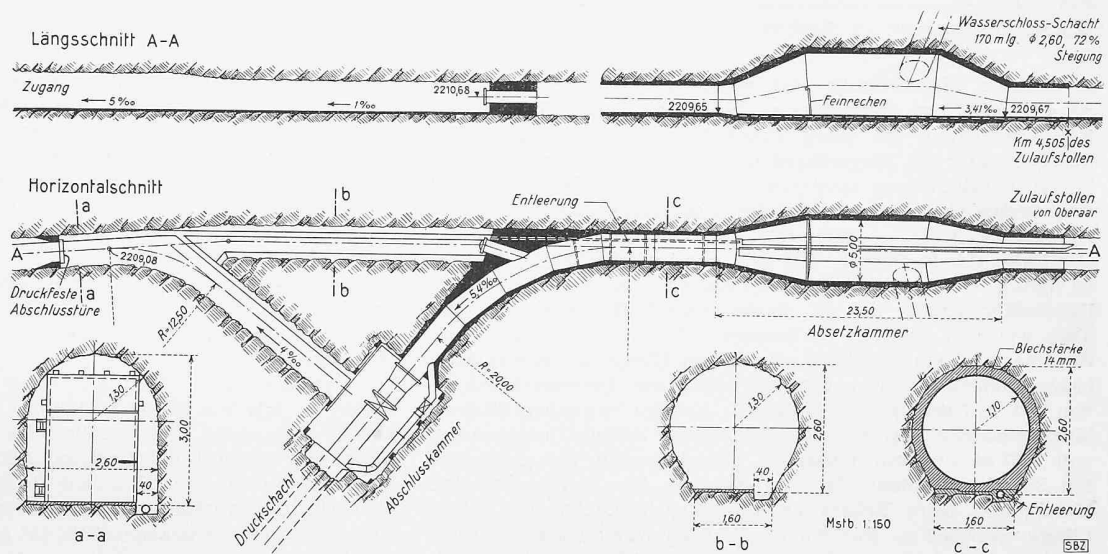


Bild 49. Zuleitung; Uebergang vom Zulaufstollen zum Druckschacht 1:600, Querschnitte 1:150

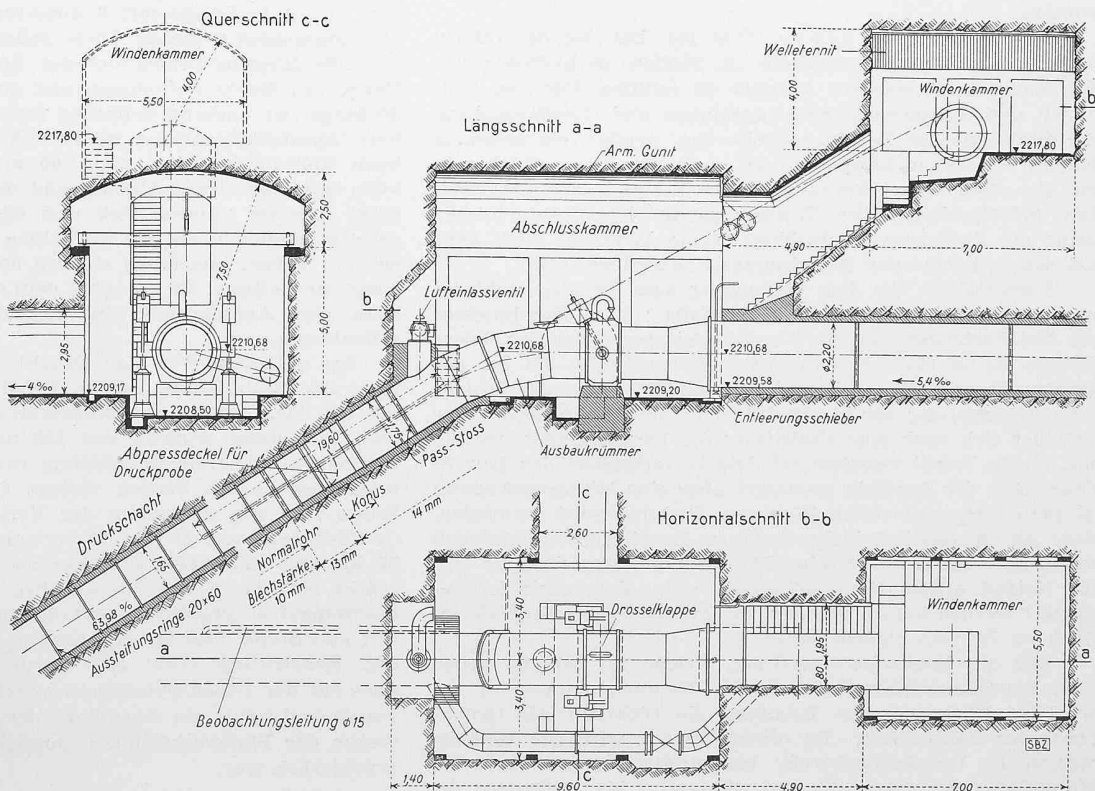


Bild 50. Abschlusskammer beim Wasserschloss, Masstab 1:250

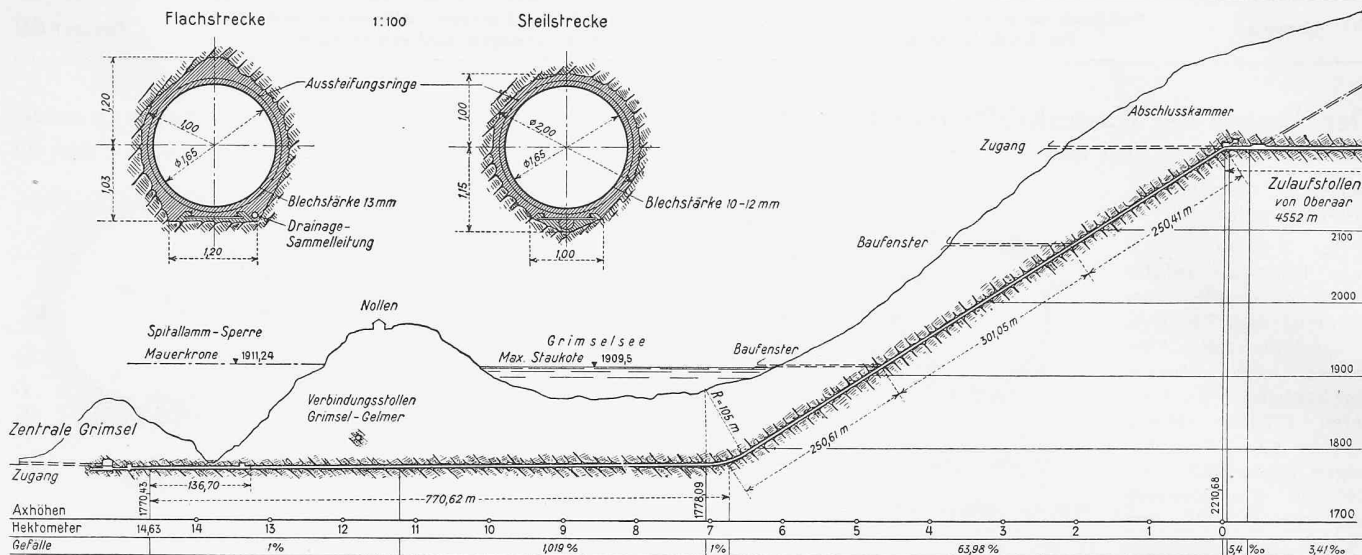


Bild 51. Druckschacht des Kraftwerks Oberaar, Längenprofil 1:10 000, Querschnitte 1:100

maximalen Wasserdruck des Stausees bemessenen Panzerung von 1,75 m Durchmesser versehen (Bild 48), weil die Felsüberdeckung für einen Druckstollen nicht genügt. Bei der Kreuzung der Mauerfugen ist die Rohrleitung mit beweglichen Verbindungen ausgerüstet. Vom Einlaufabschluss bis zum ersten Baufenster steigt die Stollensohle um 1 m. Diese Anordnung gestattet einerseits, den Stolleneinlauf möglichst tief unter der im Winter auf dem See befindlichen Eisschicht zu halten und andererseits bei Stollenrevisionen den Verlust des Drosselklappenabschlusses direkt unterhalb dieses Organs ohne weiteres ableiten zu können. Nach der gepanzerten Strecke folgt ein Abschnitt von 953 m Länge mit einem Ausbruchdurchmesser von 2,60 m und einer Betonverkleidung von 2,20 m Durchmesser (Bild 48). Auf der restlichen Stollenslänge sind alle Verkleidungen mit einem lichten Durchmesser von 2,60 m ausgeführt worden. Einschliesslich der gepanzerten Strecke erreicht der Zulaufstollen bis zum vertikalen Knickpunkt beim Uebergang zum Druckschacht eine totale Länge von 4552 m. Für die Ausführung war ausser den Baufenstern unterhalb der Sperre und beim Wasserschloss noch ein drittes Fenster von 320 m Länge in der Nähe der Wasserfassung und des Zuleitungsschachtes des Trübtensees erstellt worden.

Das Wasserschloss (Bild 49) hat bei der relativ kleinen Wassergeschwindigkeit im Stollen in hydraulischer Beziehung keine schwere Aufgabe zu erfüllen. Für den Ausgleich der Wassermengenschwankungen und Gewährleistung der Stabilität der Turbinenregulierung genügt ein schräger Kamin von 170 m Länge und 2,6 m Durchmesser, welcher in ein als obere Wasserkammer ausgeweitetes Fenster mündet. Der Schrägschacht der Wasserfassung des Trübtensees dient als Zwischenwasserschloss; seine Wirkung blieb aber bei den hydraulischen Berechnungen unberücksichtigt.

Unmittelbar vor dem Uebergang zum Druckschacht ist eine zweite Drosselklappe von ebenfalls 1,75 m Durchmesser als Notabschlussorgan der Wasserzuleitung vorhanden. Diese Klappe ist in einer Felskammer untergebracht, die bei der Bauausführung für die Einführung und Montage der Druckschachtpanzerung diente (Bild 50). In der Abschlusskammer befindet sich noch eine Umleitung der Drosselklappe, welche mit einem Ventil versehen ist. Dieses verhindert den Durchfluss nach der Zentrale, gestattet aber eine Wasserbewegung in der entgegengesetzten Richtung. Dadurch wird vermieden, dass ein unzulässiger Ueberdruck im Druckschacht entstehen kann, falls durch ein falsches Manöver die Drosselklappe (die im Notfall automatisch schliessen soll, aber auch ferngesteuert werden kann) zugehen, die Pumpe in der Zentrale jedoch im Betrieb bleiben sollte.

Mit der Beobachtungsleitung, welche im Bild 50 neben dem Druckschachtanschluss in der Kammer dargestellt ist, wird bei Revisionen der Zuleitung die Dichtheit des Druckschachtes kontrolliert. Zu diesem Zweck wird der Wasserspiegel im Druckschachtrohr bis unmittelbar unterhalb des Kammerbodens abgesenkt und während 1 bis 2 Stunden die Wasserspiegellage in der Beobachtungsleitung registriert;

gleichzeitig werden allfällige Verluste der Abschlussorgane in der Zentrale gemessen. Ähnliche Kontrollen werden bei den übrigen Druckschachtanlagen im Oberhasli in Zeitabständen von  $\frac{1}{2}$  bis 3 Jahren durchgeführt; bei diesen muss aber im Gegensatz zu der hier beschriebenen Anlage die Wasserspiegellage im Rohrrinnern beobachtet werden. Durch solche Messungen können Wasserverluste von 0,1 bis 0,2 l/min wahrgenommen werden.

Oberhalb der eigentlichen Abschlusskammer befindet sich schliesslich der Raum, in welchem die Montagewinde des Druckschachtes steht, die später für Revisionen dieser Anlage dienen wird.

Der Druckschacht (Bild 51) besteht aus zwei Strecken, eine von 802 m Länge mit 64 % und eine solche von 636 m Länge mit 1 % Gefälle. Der lichte Durchmesser der Panzerung beträgt durchgehend 1,65 m. Auch hier wäre ein kleinerer Leitungsdurchmesser theoretisch wirtschaftlicher, aber für die Ausführung ungünstig gewesen. Die Ausführungsart dieses Druckschachtes ist genau gleich wie diejenige der bestehenden Druckleitungen der KWO. Die Blechstärke der Rohre in SM-Qualität I wächst von 10 mm am oberen Ende bis 13 mm auf der Flachstrecke. Ferner sind die Rohre von rd. 10 m Länge mit 6 äusseren, angeschweissten Aussteifungsringen versehen. Diese sollen in erster Linie die auftretende Biegebungsbeanspruchung bei der Hinterfüllung der Rohre mit Beton aufnehmen und gestatten, auf das bei der Montage der anderen Schächte verwendete innere verschiebbare Aussteifungsgerüst zu verzichten; dieser Einbau hätte beim Rohrdurchmesser von 1,65 m die Arbeitsverhältnisse allzu sehr erschwert. Ferner sind die Aussteifungsringe von 80/25 mm im unteren Teil und 60/20 mm im oberen Teil selbstverständlich an der Aufnahme der Belastung der Panzerung, sowohl von innen als von aussen, beteiligt. Die Führung der Leitung 135 m unter dem Grimselseespiegel nötigte dazu, dem Aussendruck eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken<sup>1)</sup>.

Im untersten Teil der Druckleitung, bei der Unterfahrung der Spitalamm, ist die Felsüberdeckung ungenügend, um den Hauptanteil des Wasserdruckes aufnehmen zu können. Auf dieser Strecke von 140 m Länge bis zur Verteilung ist eine freie Rohrleitung von 1,40 m Durchmesser in einem begehbaren Stollen verlegt (Bild 52). Die einzelnen Rohre sind wie diejenigen der Verteilung aus Stahl mit Cr-Cu-Zusatz von 50 bis 60 kg/mm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit und 32 kg/mm<sup>2</sup> minimaler Streckgrenze hergestellt. Ihre Wandstärke beträgt 28 mm. Diese Rohre wurden in der Werkstatt spannungsfrei gegläht, ebenfalls die Montagerundnähte an Ort und Stelle. Das Uebergangsstück zwischen Druckschacht und Rohrleitung (Bild 53) wurde deshalb so ausgebildet, dass auf der Druckschachtseite weiches Blech M I verwendet wurde und somit ein Ausglühen der Montageschlussnaht, das wegen der Platzverhältnisse unmöglich gewesen wäre, nicht erforderlich war.

<sup>1)</sup> SBZ 1952, Nr. 32 bis 34, S. 451\* ff.

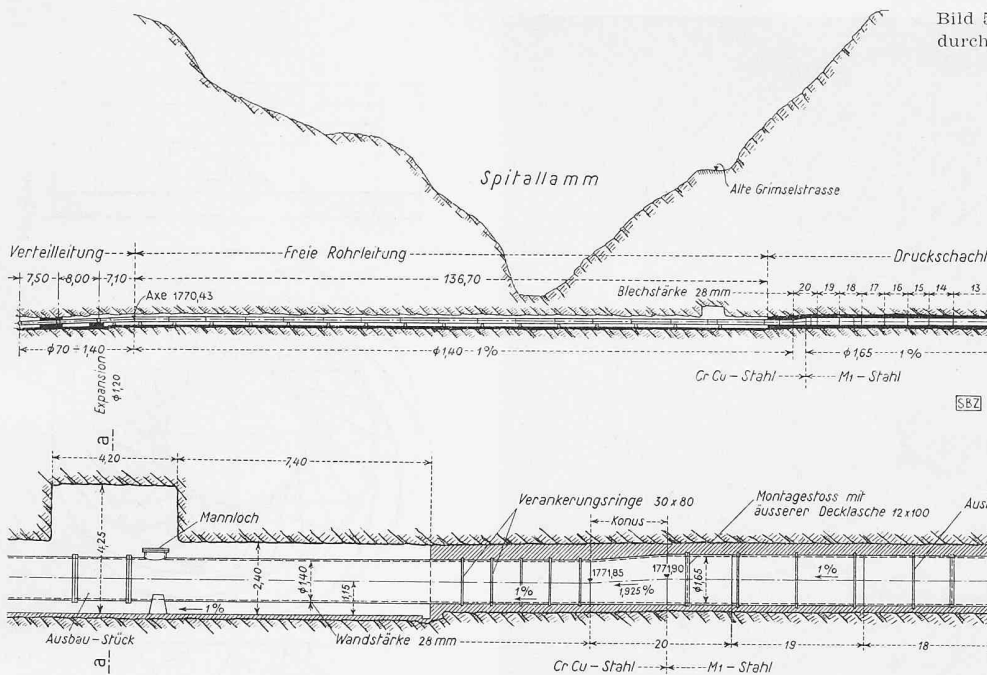


Bild 52 (links). Unterfahrung der Spitallamm durch die Druckleitung, Masstab 1:1500

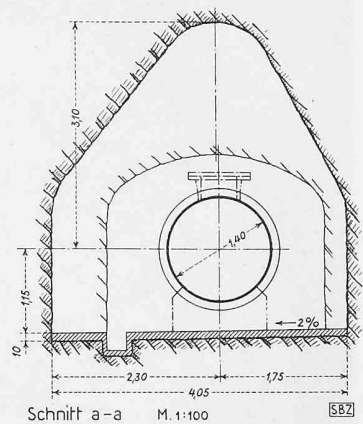


Bild 53. Uebergang vom Druckschacht auf die freie Rohrleitung, Längenschnitt 1:250, Querschnitt 1:100

Der Schachtausbruch auf den oberen zwei Dritteln der Steilstrecke erfolgte von zwei Baufenstern aus; das eine liegt direkt über dem Grimselseespiegel, das andere auf mittlerer Höhe. Hingegen konnte die lange flache Strecke mit dem anschliessenden untersten Teil des Schrägschachtes bis zum unteren Baufenster nur von der Zentrale aus vorgetrieben werden. Die Traversierung des Grimselnollens, des natürlichen Abchlusses des Grimselsees zwischen der Spitallamm- und der Seeufereggsperr, rd. 40 m unter dem Druckstollen, welcher vom Grimsel- zum Gelmersee führt, und diejenige des Gebietes unter der Geländemulde des ehemaligen Grimselospizes erfolgte mit besonderer Vorsicht zum Zeitpunkt des niedrigen Grimselseestandes. Der minimale Abstand zwischen dem Felstrog des Grimselsees und dem Schacht beträgt 85 m. Der Wasserandrang im ausgebrochenen Stollen war minim. Vor der Einführung der Panzerrohre wurde mittels einer systematischen Felsdrainierung die Entstehung eines statischen Druckes entsprechend dem Grimselseespiegel hinter der Panzerung verhindert, obwohl die satt einbetonierten

Rohre ohne Gefahr diesem Aussendruck standhalten könnten. Um eine einwandfreie satte Umhüllung der Panzerung zu gewährleisten, sind nach der Einbetonierung systematische Hochdruckzementinjektionen zwischen dem Rohr und dem Beton, bzw. zwischen dem Beton und dem Fels unerlässlich. Die sorgfältige Vornahme der Felsdrainierungen gibt die beste Gewähr für den Erfolg der Injektionsarbeiten.

Nach Vollendung der Montage nahm man die Druckprobe des Druckschachtes mit 900 m WS vor. Die freie Leitung und die Verteilung, die gegenwärtig in Montage sind, sollen mit dem gleichen Druck entsprechend einer Ringbeanspruchung von 2250 kg/cm<sup>2</sup> in den normalen Rohren abgepresst werden. Der Ueberdruck von 367 m gegenüber dem maximalen statischen Druck von 533 m ist im Vergleich zu den gewöhnlich bei Druckleitungen gestellten Bedingungen als hoch zu betrachten, er wurde aber mit Rücksicht auf die Druckschläge beim Pumpenbetrieb festgelegt; dieses Problem war der Gegenstand einer sehr eingehenden Untersuchung.

Schluss folgt

## Ideen von Leonardo da Vinci zur Ausnützung der Wasserkräfte

Von Prof. ROBERT DUBS, Zollikon

DK 92:93

In der Ausstellung der «Ambrosiana», die Ende 1946 in Luzern stattfand, befand sich eine dem «Codex Atlanticus» entnommene Schaufelradstudie von Leonardo da Vinci, die im Ausstellungskatalog unter Nr. 132 als Skizzen und Entwürfe zu «Turbinen» bezeichnet war. Die Originalzeichnung zeigt jedoch weder Titel noch Text, noch findet sich ein Hinweis, der eine Erklärung über den Zweck und die Bedeutung der Skizzen bieten könnte. Die Redaktion der «Neuen Zürcher Zeitung» gelangte damals an den Verfasser mit dem Ersuchen, eine Deutung der Skizzen von Leonardo zu finden, wobei sie ihm eine photographische Verkleinerung (Bild 1) einer solchen Skizze zur Verfügung stellte. In der NZZ vom 9. Oktober 1946 äusserte sich dann der Verfasser wie folgt:

«Da bekannt ist, dass Leonardo da Vinci sich auch als Baumeister betätigte und in dieser Eigenschaft unter anderem auch verschiedene Untersuchungen über die Ausnützung der Wasserkraft durchführte, liegt es nahe zu vermuten, dass die Skizze eine Studie über eine Radialturbine darstellt. Die zwischen den beiden äussersten Kreisen gezogenen Linien (Gerade wie Bogen) können die Schaufeln des Laufrades einer Radialturbine vorstellen. Eine solche Radialturbine ist aber erst im Jahre 1827 von Fourneyron (einem Schüler Burdins) verwirklicht worden. Die Linien zwischen dem innersten und dem zweitäussersten Kreis würden dann die Schaufeln des Leitrades darstellen. Wenn diese Vermutung zutrifft, hätten wir hier einen ersten Vorschlag, vor dem Laufrad einer Turbine ein Leitrad anzuordnen. Die in der Skizze dargestellten 'Austrittswinkel' des 'Leitrades' ergeben bei einer Dreh-

bewegung des 'Laufrades' relative Eintrittswinkel im Laufrad, welche mit den gezeichneten 'Laufradwinkeln' wenigstens qualitativ übereinstimmen. Die Annahme, dass es sich hier um eine Studie für die Konstruktion einer Wasserkraftmaschine handelt, wird dadurch unterstützt, dass sich im Innern der Skizze eine fragmentarische Darstellung einer Mühle befindet, die damals durch Wasserkräfte betrieben wurden. Wenn die Vermutungen zutreffen, wäre das sehr interessante Ergebnis festzuhalten, dass Leonardo da Vinci die Zweckmässigkeit eines Leitrades sowie die Relativbewegung schon erkannt hatte. Leider sind in der Skizze keine Geschwindigkeitsdreiecke gezeichnet, die allein eine sichere Beurteilung des Inhaltes der Skizze ermöglichen würden.»

Der Verfasser erhielt im November 1946 eine Zuschrift von Dipl. Ing. Max Ruoff (Kilchberg), der sich speziell mit den Arbeiten von Leonardo auf hydraulischem Gebiete beschäftigt hatte und die Ansicht vertrat, dass die Skizze (Bild 1) wohl eher ein überschlächtes Wasserrad mit äusserer und innerer Beaufschlagung darstellen dürfte, wie es etwa 400 Jahre später von Kirchbach unter dem Namen «Hydrovolve» praktisch ausgeführt, aber in der Folge wieder verlassen worden ist. In einer im April 1947 verfassten, ausführlichen Studie, die er als «Diskussionsbeitrag» bezeichnete, versuchte M. Ruoff den Nachweis zu bringen, dass Leonardo mit seiner Skizze an ein überschlächtes Wasserrad gedacht hätte und nicht an eine Radialturbine. Da der Verfasser die Ansicht von M. Ruoff nicht teilen konnte, einigte man sich dahin, nach Zeichnungen, die M. Ruoff auf Grund der Skizze