Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 103/104 (1934)

Heft: 1

Artikel: Regulierversuche am Einrohr- Dampferzeuger der Gebrüder Sulzer A.-G.

Autor: Stodola, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83136

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

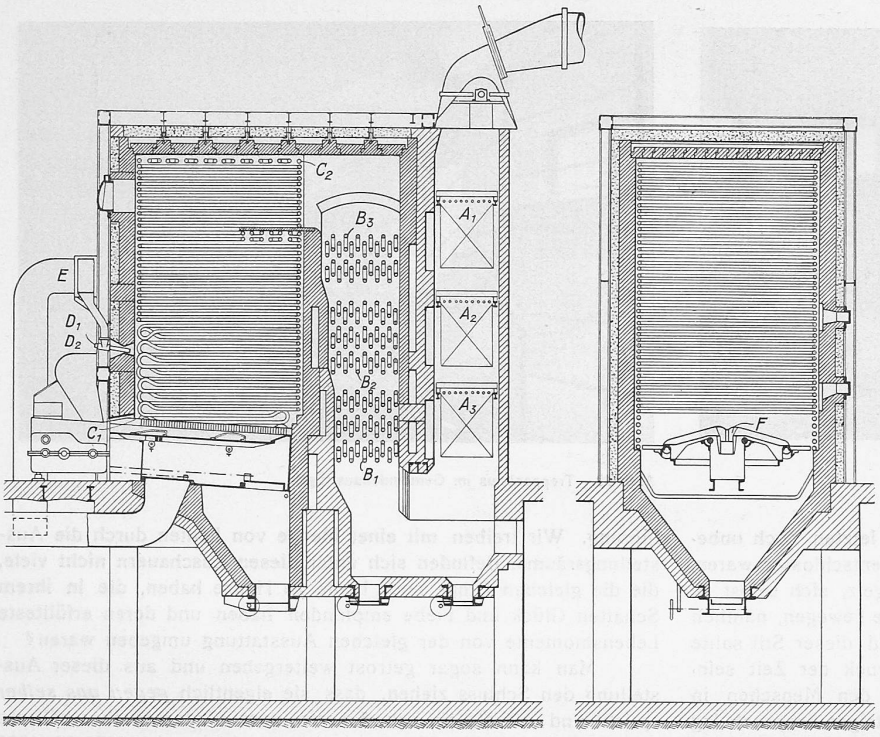
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 04.12.2025

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



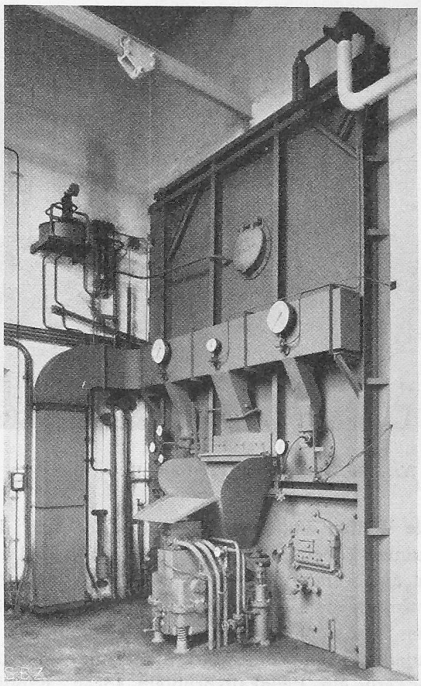


Abb. 2. Vorderansicht des Dampferzeugers.

Abb. 1. Sulzer-Einrohrkessel der A.-G. Carl Weber (Winterthur) für 100 at, 400° C, 7,5 t/h Dampferzeugung. — A_1-A_3 Vorwärmer für das N.-D.-Speisewasser; B_1 Eintritt des H.-D.-Speisewassers; B_2 B_3 Vorwärmzone; C_1 Eintritt in den Feuerraum; C_2 Austritt aus dem Kessel; D_1 D_2 Rohölbrenner; E Erstluftzufuhr für Oelbrenner und Zweitluft für Kohlenfeuerung; F Unterschubfeuerung, links und rechts Schlackenfallen.

Regulierversuche am Einrohr-Dampferzeuger der Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur.

Von Prof. Dr. A. STODOLA, Zürich.

Die Erstausführung des in Nr. 16 vom 15. Oktober 1932 dieser Zeitschrift (Bd. 100, S. 203) beschriebenen Einrohr-Dampferzeugers wurde im Herbst 1932 in der Färberei und Bleicherei A.-G. Carl Weber in Winterthur in Betrieb genommen. Der Kessel hat 195 m² Heizfläche und besteht aus einem Rohrstrang von 1300 m Länge (wovon 425 m im Strahlungsraum liegen) mit zwischen 30 bis 50 mm wechselnder lichter Weite. Der Betriebsdruck ist 100 at, die Ueberhitzungstemperatur 400° C, die stündliche Dampferzeugung 7,5 t. An diesem Kessel, der in Abb. 1 im Schnitt und in Abb. 2 in Vorderansicht dargestellt ist, hatte der Verfasser Gelegenheit, Betriebsbeobachtungen und ausführliche Regulierversuche zu veranstalten, über die kurz berichtet werden soll.

Die Zustandsfolge des längs des Rohres strömenden Inhaltes geht aus Abb. 3 hervor. Die Verdampfung beginnt, wie ersichtlich, fast genau mit dem Eintritt in die Strahlungszone. Die kurz vor Rohrende eingespritzte frische Speisewassermenge betrug 1,97 t/h und lieferte mit der am Rohranfang eintretenden Menge von 5,31 t/h zusammen 7,28 t/h Dampf von 370° C Temperatur am Rohrende. Der Druckabfall zwischen Anfang und Ende beträgt 30 at bei Stromgeschwindigkeiten, die von 1,5 m/sec am Anfang, auf 3 bis 18 m/sec in der Verdampfungszone und auf 25,2 m/sec am Ueberhitzerende ansteigen. Diese hohen Geschwindigkeiten verhindern einerseits das Haftenbleiben von Dampfblasen an der Rohrwand, erhöhen anderseits den Wärmeübergang in wesentlichem Mass.

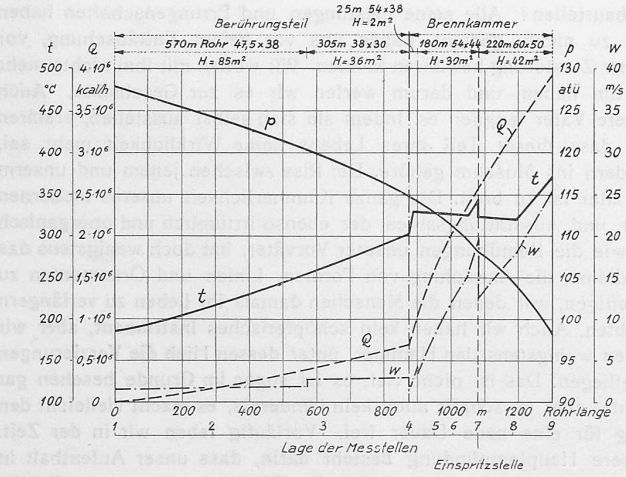


Abb. 3. Verlauf der Zustandsgrössen, der Geschwindigkeit und der Wärmezufuhr, bei rd. 100 at Dampfdruck und 7,28 t/h Dampferzeugung. (Einspritzmenge = 1,97 t/h.). t = Wasser- bezw. Dampftemperatur; p = Druck; w = Wasser- bezw. Dampfgeschwindigkeit; Q = Zugeführte Wärmemenge.

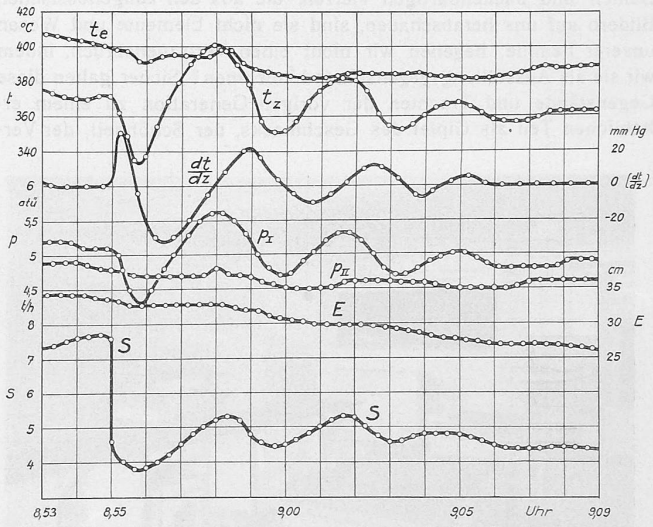


Abb. 4. Regelkurven bei Entlastung von 7,6 t/h auf 4,3 t/h Dampferzeugung. Laständerung um 8.55 h.

Legende zu Abb. 4 bis 6: t_e Dampftemperatur am Ueberhitzeraustritt; t_z Dampftemperatur vor Einspritzstelle; P_I Regelöldruck vom Zwischenthermostaten; P_{II} Regelöldruck vom Endthermostaten; P_e Dampfdruck am Ueberhitzeraustritt; P_z Dampfdruck vor Einspritzstelle; dt/dz Regelöldruck des Differentialreglers; U Umlaufventil-Kraftkolbenhub; E Einspritzventil-Kraftkolbenhub; S Speisewassermenge.

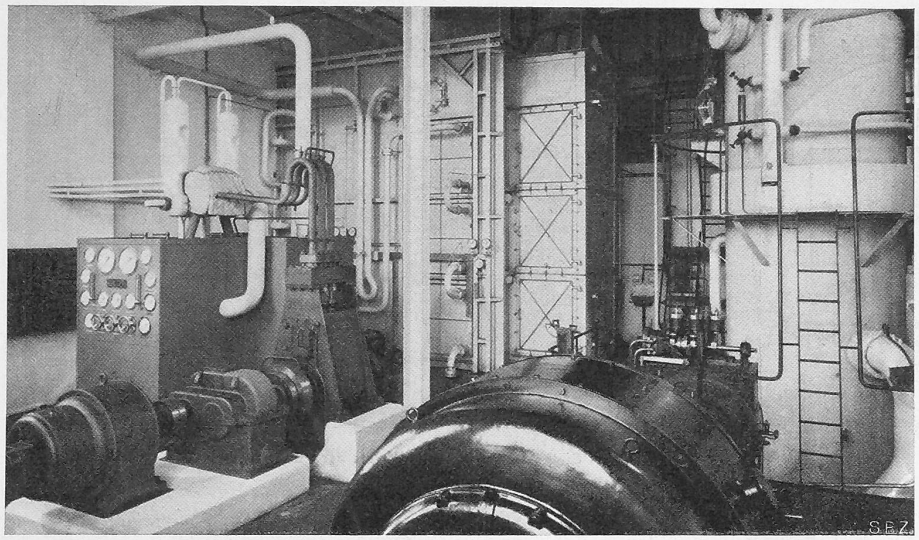


Abb. 7. Links Speisepumpe mit Regeleinrichtung, dahinter der Kessel mit Thermostatschleife.

Die Reguliereinrichtung entsprach grundsätzlich dem l. c. S. 205 dargestellten Schema, ergänzt durch einen Zwischen-Thermostaten, der unmittelbar vor der Einspritzstelle angebracht war und eine „Vorregulierung" der Zwischentemperatur besorgte; die „Feinregulierung" war dann Aufgabe des vom Endthermostaten beherrschten Einspritzreglers. Ausserdem war der Kessel mit einer Vorrichtung für Gleichhaltung des Druckes versehen, die im wesentlichen aus einem vom Dampfdruck beeinflussten hydraulischen Kraftgetriebe besteht, durch welches das zur Verbrauchstelle führende Ventil bei sinkendem Druck gesenkt, bei steigendem Druck gehoben wird.

Den *Regulierversuchen* lag die Auffassung zu Grunde, dass bei einer durch irgendwelche Primärursache angezeigten plötzlichen Belastungsänderung sowohl die Feuerintensität, wie die Grösse der Speisewasserzufuhr am Kessel gleichzeitig durch das selbe Organ in einem bestimmten Verhältnis der Belastung anzupassen sind, worauf die Kesselregelung den endgültigen Ausgleich und die Herbeiführung des Beharrungszustandes übernimmt. Die Speisewasserregelung war demgemäss mit einer Vorrichtung zum plötzlichen Verstellen der Lieferung von Hand versehen, die das selbständige Funktionieren der Regelung im übrigen nicht stören durfte. An der Feuerung konnten plötzliche Intensitätsänderungen durch Anzünden oder Auslöschen von zwei Oelbrennern hervorgerufen werden, während eine schwache, am Rost unterhaltene Kohlenfeuerung eine Art „Grundlast" darstellte. Auf diese Weise wurden die Schaubilder 4 erhalten, die einer Entlastung von 7,6 t/h Dampferzeugung auf 4,3 t/h Dampferzeugung entsprechen, wobei man zwei Brenner auslöschte, die Speisewasserzufuhr jedoch im ersten Augenblick nur auf 4,6 t/h reduzierte. Schaubilder 5 entsprechen einer Belastung von 4,4 t/h auf 7,0 t/h Dampferzeugung durch Zuschalten von zwei Brennern und vorläufige Einstellung der Speisewasserzufuhr auf 6,5 t/h. Wie ersichtlich, überwiegt in beiden Fällen die Wirkung der verhältnismässig stärker geänderten Feuerintensität, indem die Ueberhitzungstemperatur im ersten Fall um 19° C sinkt, im zweiten um 15° C steigt, mit Annäherung an den Beharrungszustand in Form gedämpfter Schwingungen. Da die Belastungsänderung — 43% bezw. + 37% betrug, hat die Regelung ihre Aufgabe, die Zustandsänderung in der 1300 m langen Dampf-Wasser-Säule zu beherrschen, in glänzender Weise erfüllt.

Eine weitere Versuchsreihe betraf die *Akkumulierfähigkeit* des Einrohrkessels. Da der Wasserinhalt des untersuchten Kessels einschliesslich des in der Verdampfungszone enthaltenen Wasserschaumes nur etwa 760 kg ausmacht, wäre man geneigt anzunehmen, dass bei einem *unmittelbaren* Anschluss des Kessels an eine Turbine bei der geringsten Belastungszunahme, wenn durch plötzliches Oeffnen des Turbinenventiles eine Druckabnahme eintritt, der geringe Wasserinhalt „überkochen" und das Heizrohr der Gefahr des Erglühens ausgesetzt würde. Um das Verhalten des Kessels unter solchen Umständen zu prüfen, wurde die künstliche Druckregelung ausgeschaltet und der Einfluss eines Fliehkraftreglers dadurch nachgeahmt, dass man das zu einem Kondenser führende Abflussventil des Kessels plötzlich auf volle Eröffnung anhob. Selbtverständlich wurden im Sinne des eingangs erwähnten Prinzipes der Zuordnung die Feuerintensität und die Speisewasserzufuhr gleichzeitig auf die entsprechende Höhe gebracht.

Abb. 6 veranschaulicht die Vorgänge während einer derartigen Belastung mit einer von 4,3 t/h plötzlich auf 7,7 t/h gesteigerten Dampfentnahme. Der Druck vor dem Abflussventil ist hierbei fast augenblicklich von 98 at auf 90 at gesunken, um innerhalb $1^1/_2$ Minuten wieder auf 98 at zu steigen. Im Augenblick der Belastung war der Ventil-Abflussquerschnitt gross genug, um bei 98 at 7,7 t/h durchzulassen. Infolge der Drucksenkung auf 90 at strömten angenähert bloss $7{,}7 \times 91/99 = 7{,}08$ t/h ab, d. h. auf 7,7 t/h als Einheit bezogen war die Durchflussmenge von 56 % schon im ersten Augenblick auf 92 % gestiegen. Da in der Umgebung des Zustandpunktes $p = 100$ at und $t = 400°$ C bei Kondensationsturbinen, sofern die Temperatur erhalten bleibt, das adiabatische Gefälle innerhalb weiter Druckgrenzen sich nur unerheblich ändert, so bedeutet dieser Versuch, dass der vorliegende Kessel, unter die Herrschaft eines Fliehkraftreglers gestellt, augenblicklich eine Dampfmenge zu liefern vermöchte, die einer plötzlichen Turbinen-

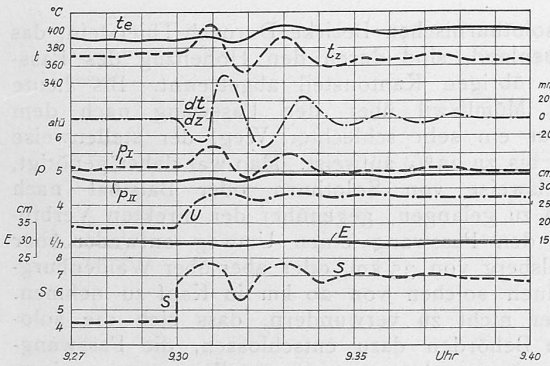


Abb. 5. Regelkurven bei Belastung von 4,4 t/h auf 7,0 t/h Dampferzeugung. Laständerung um 9.30 h.
Legende siehe auf Seite 6 unten (nebenan).

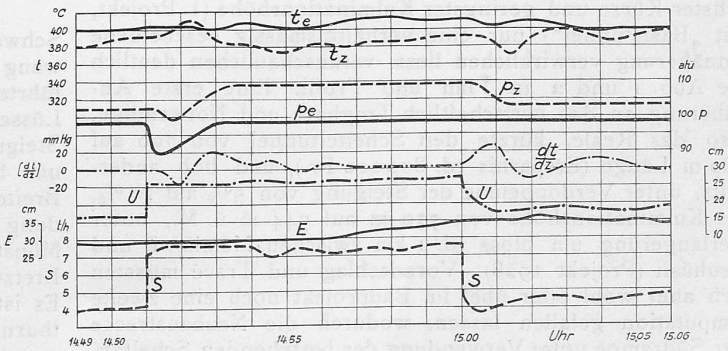


Abb. 6. Regelkurven bei plötzlicher Belastungs-Erhöhung von 4,3 t/h auf 7,7 t/h Dampferzeugung und plötzlichem Anheben des Umlaufventiles, nachfolgend Entlastung von 7,7 t/h auf 4,8 t/h Dampferzeugung. Laständerungen um 14.51 h und 15.00 h.

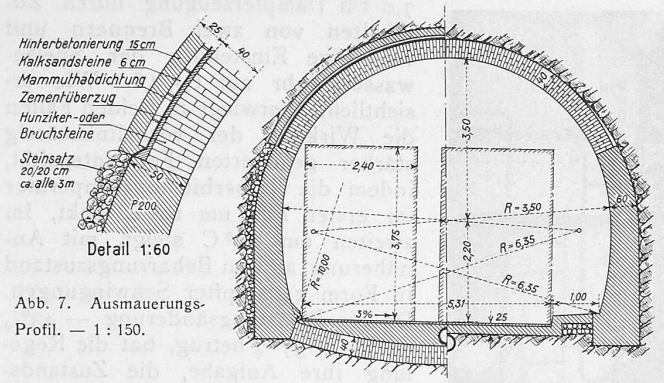


Abb. 7. Ausmauerungs-Profil. — 1 : 150.

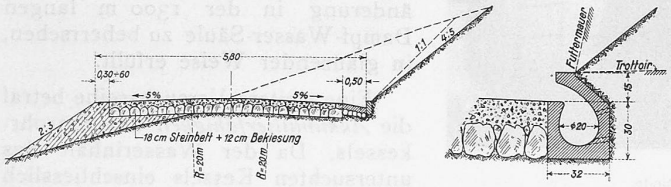


Abb. 8. Normalprofil der Strasse, 1 : 150. Abb. 5. Bordsteinrinne, 1 : 35.

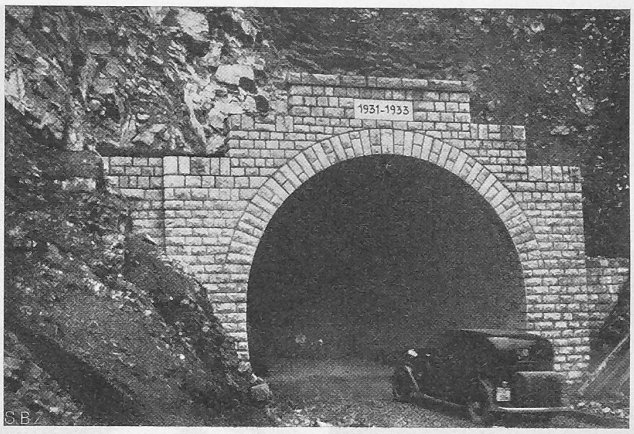


Abb. 6. Südportal des Scheiteltunnels der Passwangstrasse.

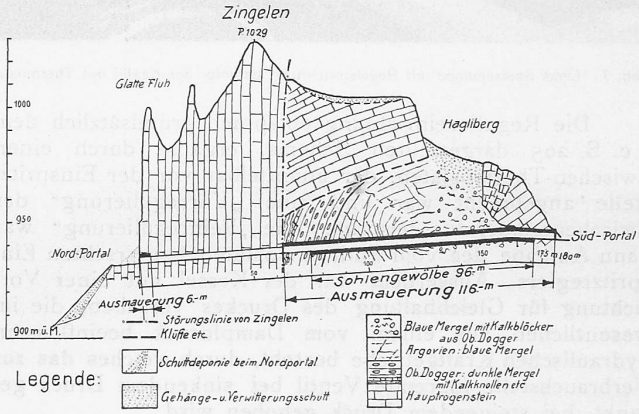


Abb. 5. Geologisches Profil des Zingelen-Tunnels.

belastung von 56 % auf 92 %, d. h. um 36 % der Höchstlast entspricht. Man erkennt aber, dass noch weit höhere Belastungssprünge ohne jede Gefahr eines „Ueberkochens" zulässig gewesen wären, wenn man die Feuerintensität und Speisewasserzufuhr anfänglich höher hätte steigern können. Da mit Forderungen dieser Art bei der vorliegenden Anlage nicht zu rechnen war, erlaubten die begrenzte Grösse der Speisewasserpumpe und der Oelbrenner derzeit die Vornahme solcher Versuche nicht.

Ein sich anschliessender Versuch mit ähnlicher Belastung und einer Drucksenkung von 98 at auf 63 at zeigte ebenfalls keine Spuren von „Ueberkochen" und normalen Temperaturverlauf. Die Schaulinien (6) weisen übrigens mit + 10° C und — 14° C grösster Temperaturabweichung vorzügliche Regelungsergebnisse auf.

Wie Abb. 7 veranschaulicht, kann die Gesamtheit der Regelteile in einem (an den Messgeräten erkennbaren) wenig Raum beanspruchenden Kasten eingeschlossen werden.

Technische Gesichtspunkte zur Beurteilung schweizerischer Verkehrsfragen.

Die neue Passwangstrasse.

In unserer bisherigen Berichterstattung im letzten Jahrgang[1]) hatten wir, ausgehend von der Darlegung der wichtigsten Grundlagen zur Beurteilung der Eisenbahn- und Automobil-Verkehrsverhältnisse, zunächst den in lebhafter Entwicklung begriffenen Ausbau der bestehenden Strassen im hügeligen Mittelland behandelt. Als Uebergang zu den „Bergstrassen" des Alpengebietes folgt hier als nächster Abschnitt die *Passwangstrasse,* als Beispiel eines gemischten Aus- und Neubaues im solothurnischen Jura. Wie sich hier aus der theoretischen Idealforderung möglichster Kürze und geringster Kulminationshöhe (1. Projekt, mit „Basistunnel") nur eine verhältnismässig bescheidene Annäherung verwirklichen liess, veranschaulichen deutlich die Abb. 1 und 2 in Plan und Profil. Eine erste Annäherung an das wirtschaftlich Tragbare und Notwendige, also das Reale, kürzte den Scheiteltunnel von 700 auf 180 m Länge (Ersparnis rd. 800 000 Fr.), und hob anderseits, unter Verdoppelung der Steigung von 5% auf 10 %, die Kulminationshöhe von 770 m auf 944 m ü. M., unter Verlängerung um bloss rd. 1 km zwischen Mümliswil und Neuhüsli (Projekt 1928). Voranschlag und Tracé mussten sich aber wohl oder übel im Bauprojekt noch eine zweite Amputation gefallen lassen, wodurch die Neubaustrecke der Südrampe unter Verwendung der bestehenden Scheltenstrasse (Richtung Delsberg) bis rd. Km. 4,3 eine Reduktion im gleichen Betrage erfuhr. Man wird aber auch in der gegenüber dem Radikalvorschlag ganz wesentlich verbilligten Ausführung noch eine sehr erhebliche und für lange Zeit auch steigerungsfähigen Bedürfnissen genügende Lösung erblicken. Man darf, im Grunde betrachtet, in der gespannten Finanzlage insofern einen Vorteil erblicken, als sie den Techniker zwingt, sich der eigentlichen Ingenieur-Aufgabe zu erinnern: das gesetzte Ziel mit einem Minimum an Aufwand zu erreichen. Betrachtet man die Ausführung in der Abb. 1 und 2, so stellt sie auch räumlich sozusagen den „goldenen Mittelweg" dar zwischen dem bisherigen Zustand und dem Basistunnel-Projekt. Darin ist dieses Beispiel eines rationellen Ausbaues unseres Strassennetzes typisch für das Vorgehen, wie es auch anderweitig sich als das Gangbare erweisen wird. Bemerkenswert ist die neue Passwangstrasse auch deshalb, weil sie in der Schweiz den ersten neuzeitlichen Strassen-Uebergang mit Scheiteltunnel darstellt.

*

Die solothurnischen Bezirke Dornach-Thierstein, das Schwarzbubenland, sind durch den Höhenzug des Passwang vom übrigen Kantonsteil abgetrennt. Bis heute führte von Mümliswil über den Passwang nach dem Lüsseltal nur ein sehr schlechter Weg, der stellenweise Steigungen bis zu 25% aufweist. Man war daher genötigt, um beispielsweise von Solothurn oder Balsthal nach Breitenbach zu gelangen, gegenüber der direkten Verbindung über den Passwang einen Umweg entweder über Münster-Delsberg von 35 km, oder aber über Waldenburg-Bretzwil einen solchen von 20 km in Kauf zu nehmen. Es ist daher nicht zu verwundern, dass sich die solothurnischen Behörden dazu entschlossen, die Passwangstrasse auszubauen, bzw. neu zu erstellen, um so einen gut befahrbaren Juraübergang zu schaffen. Mit den Bauarbeiten wurde im Jahr 1931 begonnen, im Herbst 1933

[1]) Band 101, Seiten 209* und 226* (Mai 1933); Band 102, Seiten 19*, 188*, 212 und 279* (letztmals am 2. Dez. 1933).