Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 7

Artikel: Die elektromagnetische Kupplung von Forster
Autor: Seeberger, O.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-40846

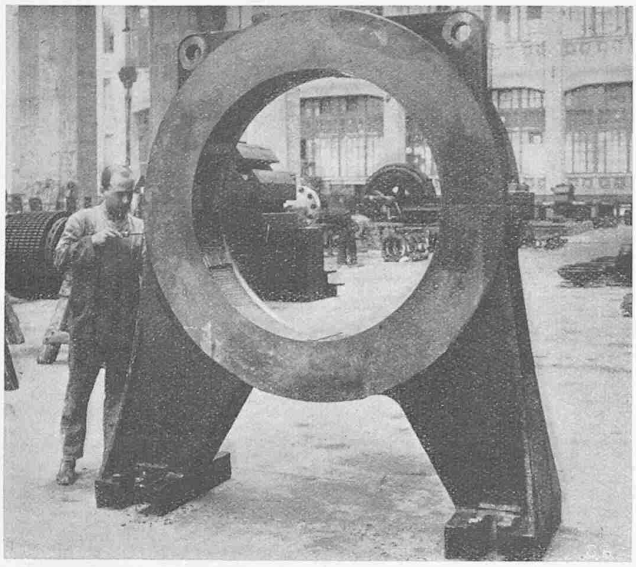
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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

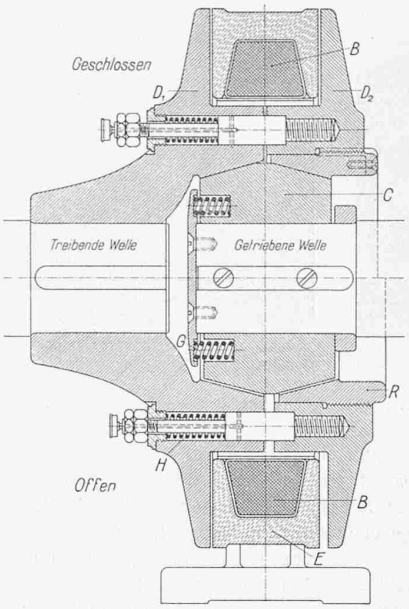
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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



Elektromagnetische Kupplung, Patent Forster, für grosse Leistungen.
Der feststehende Teil mit der Erregerspule.



Schnitt durch die Forster-Kupplung.

Die Verankerung der Gurtwinkel in den Fundamenten erfolgte in einfachster Weise ohne Ankerschrauben durch direktes Einführen in die vorgesehenen Aussparungen, wobei zum Zweck einer Vergrösserung des Haftwiderstandes im Beton auf den Flanschen der Gurtwinkel einige Querwinkel aufgenietet wurden. Die Fundament-Klötze sind für eine $1^1/_2$-fache Standsicherheit bei 1,8 m Tiefe mit 1,6 m breiter quadratischer Grundfläche bemessen.

Gleichzeitig mit dieser Anlage kamen zwei weitere Türme mit gleichen Abmessungen, jedoch mit vier Podesten und 60 m Abstand voneinander, vollständig unabhängig von der Aviatikstation zur Ausführung, nur zu Forschungen und Unterrichtszwecken im Dienste der physikalischen Anstalt der Universität Basel bestimmt. Die Ausführung aller dieser Eisenkonstruktionen erfolgte durch die Basler Eisenbaufirma Lais, Köhli & Cie., die Projektierungen und Berechnungen hingegen durch das Ingenieurbureau des Verfassers.

Basel, im Mai 1925.

Die elektromagnetische Kupplung von Forster.

Von Ing. O. SEEBERGER, Brugg.

In Nr. 3 vom 21. Juli 1923 brachte die „S. B. Z." eine Beschreibung des Schwarzenbachwerkes im Schwarzwald, in der u. a. erwähnt war, dass die für die Akkumulierungsanlage des Werkes bestimmten Pumpen von den als Synchronmotoren arbeitenden Generatoren mittels Zahnradgetrieben und elektromagnetischen Kupplungen betrieben würden. Diese für rund 10000 PS bei 500 Uml/min bestimmten Kupplungen galten damals als die bisher grössten ihrer Art.

Seit einiger Zeit zeigt sich nun in Italien, wo hydro-elektrische Anlagen mit immer grössern Einheiten entstehen, ein wachsendes Interesse für die Anwendung elektromagnetischer Kupplungen, und zwar hauptsächlich seit es dem schweizer. Ingenieur Paul Forster gelungen ist, eine derartige Kupplung zu bauen, die auch für die grössten Leistungen und bei den höchsten vorkommenden Geschwindigkeiten einen absolut zuverlässigen Betrieb sichert. Forster sammelte seine Erfahrungen hauptsächlich an zwei, in Walzenstrassen eingebauten grossen Kupplungen, von denen die eine 6000 PS bei 100 Uml/min, die andere 5000 PS bei 85 Uml/min überträgt. Wie bekannt, stellt die Anwendung in Walzwerken besonders hohe Anforderungen an derartige Organe, einmal wegen der ständig stossweisen Belastung, und anderseits weil sich die Bedienung und Besorgung nicht immer in den Händen von Feinmechanikern befindet. Die insbesonders mit der vorerwähnten 5000 PS-Kupplung gemachten Versuche und Betriebserfahrungen haben die italienischen Elektrotechniker davon überzeugt, dass dieses Kupplungssystem alle Eigenschaften besitzt, um in Elektrizitätswerken Anwendung zu finden.

Die interessanteste Anwendung, und wohl die einzige ihrer Art auf dem Gebiete der modernen Elektrotechnik, wird die elektromagnetische Kupplung in der gegenwärtig im Bau begriffenen hydraulischen Zentrale in Farneta bei Parma erfahren. Es handelt sich um ein Spitzenkraftwerk, das vier Generatorgruppen von je 12000 kVA erhält. Zwei der Generatoren sind für 420 und 500 Uml/min, entsprechend 42 und 50 Perioden vorgesehen, während die beiden andern, diesen Frequenzen entsprechend, mit 504 und 600 Uml/min laufen werden. Zwischen Turbine und Generator jeder der vier Gruppen wird eine elektromagnetische Kupplung, Patent Forster, eingebaut, die im Stande ist, bei 500 Uml/min eine Maximalleistung von 17000 PS zu übertragen. Die Ausschalter der Kupplungen, sowie die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen der Turbinen befinden sich auf dem Schaltpult. Wird einer der Maschinensätze zur Leistungsabgabe nicht mehr benötigt, so wird nach Ausschalten der elektromagnetischen Kupplung dessen Turbine ausser Betrieb gesetzt. Der Generator dagegen wird vom Netz nicht abgeschaltet, sondern läuft als Synchronmotor weiter und wird durch entsprechende Einstellung des Feldregulierwiderstandes mit wattlosem Strom belastet, um so als Phasenkorrektor weiter zu arbeiten. Soll der gleiche Maschinensatz wieder als Generator verwendet werden, so wird zunächst die Turbine leer in Betrieb gesetzt, auf eine etwas höhere Drehzahl als die normale gebracht, und nun durch Einschalten der Kupplung mit dem als Synchronmotor laufenden Generator verbunden. Durch Oeffnen der Turbine und Regulieren des Feldes geht so die Gruppe augenblicklich wieder zur Stromerzeugung über.

Die Zentrale Farneta wird aber noch durch eine andere, ebenfalls neue Disposition interessant. Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass die vier Generatoren, obwohl gleicher Leistung, doch verschiedener Ausführung sind. Zwei Generatoren sind zehnpolig, die beiden andern zwölfpolig. Nun ist je ein Generator des einen Typ mit einem des andern Typ in einer Axe aufgestellt. Beide sind ohne angebaute Erreger und in der vorerwähnten Disposition so zueinander gestellt, dass sich die Wellenenden, auf denen normalerweise die Erreger sitzen, beinahe berühren. Auf diese Wellenenden ist wieder eine elektromagnetische Kupplung gesetzt, die, wenn eingeschaltet, die betreffenden beiden Generatoren zu einem Frequenz-Umformer gestaltet. Auch dieser Uebergang vom Generator oder vom Phasenkorrektor zum Frequenz-Umformer geschieht sozusagen augenblicklich und ohne Handhabung eines Hauptschalters. Angenommen, die beiden Generatoren seien im Moment des mechanischen Zusammenkuppelns als Synchronmotoren und Phasenkorrektoren ans Netz geschaltet, und zwar der zwölfpolige mit 500 Uml/min an das 50 Perioden-Netz, der zehnpolige mit 504 Uml/min ans 42 Perioden-Netz, wobei sie beide genau mit der entsprechenden theoretischen Geschwindigkeit laufen, und es solle 42-periodiger Strom in 50-periodigen umgeformt werden. Dazu wird lediglich der Schalter für die Kupplung geschlossen. Der nun folgende Vorgang ist rein mechanischer Art: Die Kupplung schleift einen kurzen Augenblick, das 42 Perioden-Netz erfährt gewissermassen eine Bremsung und seine Frequenz wird etwas geringer; im Gegenatz hierzu nimmt die des 50 Perioden-Netzes etwas zu und das definitive Zusammenkuppeln der beiden Netze wird dann erfolgt sein, wenn die beiden Generatoren mit 502 Uml/min laufen. Die Frequenzen der beiden Netze werden dann 50,2 und 41,8 betragen. Nach dem Schliessen der elektromagnetischen Kupplung muss durch richtiges Einstellen der Feldregulatoren und der Turbinenregulatoren des 42 Perioden-Netzes die Belastung so eingestellt werden, dass sie einerseits dem Bedürfnis des 50 Perioden-Netzes, anderseits der Disponibilität des 42 Perioden-Netzes entspricht, ganz gleich, wie dies normalerweise beim Zuschalten einer neuen Zentrale stattfindet.

Abb. 6. Durchblick stadtwärts.

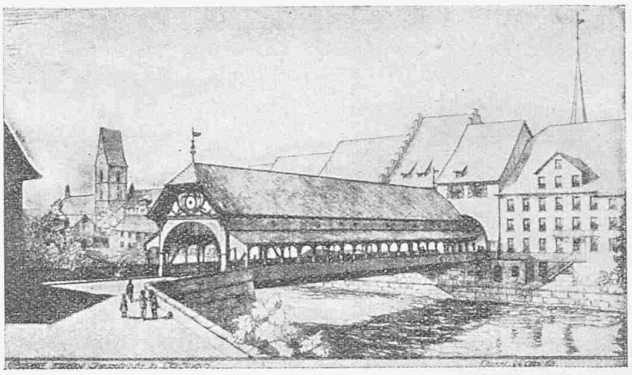


Abb. 1. (Aufgegebenes) Neubau-Projekt für eine gedeckte Brücke.

Abb. 3. Portal der alten Brücke.

In Anbetracht, dass unter Umständen die als Generator laufende Maschine mit cos $\varphi = 1$ arbeiten kann, und um ferner den vorkommenden Ueberlastungen Rechnung zu tragen, sind die beiden bei Frequenzumformung eingeschalteten Kupplungen für je 25000 PS bei 500 Uml/min berechnet. Bemerkenswert ist hier die Art und Weise, auf die verhindert wird, dass bei allfälligen Ueberlastungen die eine oder andere Maschine ausser Tritt falle. Zu diesem Zweck wirken die Maximalrelais der beiden gekuppelten Maschinen auf den Schalter der Kupplung, sodass bei einer abnormalen Belastung die beiden Netze mechanisch getrennt werden; sobald die Ursache der Ueberlastung behoben ist, werden die beiden Netze durch einfaches Schliessen der Kupplung wieder parallel geschaltet.

Das Werk Farneta kann als Grenzzentrale zwischen zwei Zonen angesehen werden. Da das eine Netz (Lombardei 42 Perioden) über mehr Sommerenergie verfügt, während das 50 Perioden-Netz (Emilia) im Winter über mehr hydraulische Kraft verfügt, so können sich die beiden Werke bei der beschriebenen Anordnung gegenseitig die überschüssige Kraft zur Verfügung stellen.

Nicht weniger interessant ist die kürzlich vergebene Zentrale Predaro der Soc. Ozola in Mailand. Die beiden Generatorgruppen dieser Anlage sind auch hier wieder in einer gemeinsamen Axe aufgestellt (siehe Abb. 3). Die Maschinen laufen mit 500 Uml/min. Die asynchrone Maschine ist so gebaut, dass sie als Motor oder als Generator benutzt werden kann; sie hat ausserdem zwei vollständig getrennte Wicklungen für 10 und 12 Pole, um bei ungefähr konstanter Drehzahl (500 bis 504) Strom von 42 oder 50 Perioden aufnehmen oder erzeugen zu können; als Motor kann sie normal eine Leistung von 10000 PS entwickeln und wird mit einem Flüssigkeitswiderstand angelassen, der auch eine geringe Regulierung der Drehzahl ermöglicht. Die Synchronmaschine liefert bei 500 Uml/min 8500 kVA in Drehstrom von 16,7 Perioden für Bahnbetrieb.

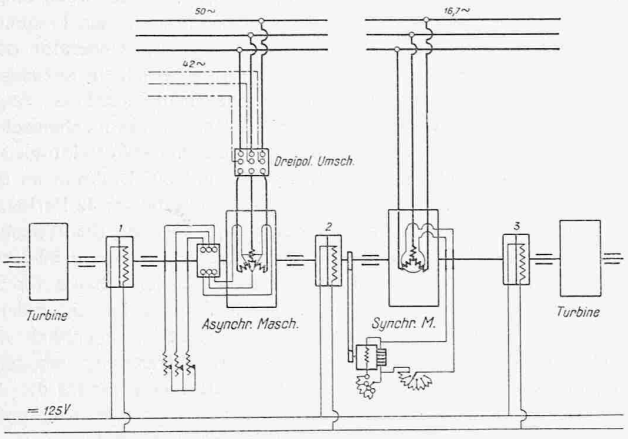


Abb. 3. Schaltungschema der Anlage Predaro. 1, 2, 3 Elektromagn. Kupplungen.

Die angegebene Anordnung erlaubt folgende Kombinationen:

1. Wenn jede der elektrischen Maschinen mit der entsprechenden Turbine mittels der Kupplungen 1 und 3 gekuppelt, die Kupplung 2 zwischen beiden Gruppen aber geöffnet ist, kann jede Gruppe unabhängig als Generatorgruppe arbeiten, und zwar die asynchrone mit 42 oder 50 Perioden, die synchrone mit 16,7 Perioden.

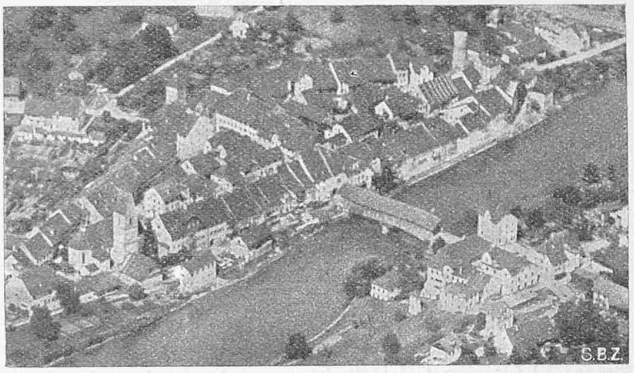


Abb. 2. „Ad Astra-Aero"-Fliegerbild von Mellingen aus Osten.

2. Werden die Kupplungen 1 und 3 geöffnet und die Kupplung 2 geschlossen, so bilden beide Generatoren einen Frequenzumformer, der Strom von 42 oder 50 Perioden in solchen von 16,7 umformen kann oder umgekehrt;

3. Werden die Kupplungen 1 und 2 geschlossen, 3 geöffnet, so treibt die Turbine links beide elektrischen Generatoren an, wobei der asynchrone Generator Strom von 42 oder 50 Perioden, der synchrone Bahnstrom mit 16,7 Perioden liefert.

4. Es kann die Synchronmaschine mit Hilfe ihrer Turbine auf Tourenzahl gebracht und an das Bahnnetz angeschlossen werden, worauf die Kupplung ausgeschaltet und die Turbine abgestellt wird, sodass die Synchronmaschine als Phasenkorrektor arbeitet.

Eines der Hauptmerkmale der Forster-Kupplung, deren einfache Bauart aus Abbildung 1 ohne weiteres zu erkennen ist, ist die feststehende Erregerspule (siehe Abbildung 2). Alle bis jetzt bekannt gewordenen elektromagnetischen Kupplung-Systeme haben rotierende Spulen, wodurch im Gegensatz zur Forster-Kupplung Schleifringe und Bürsten nötig werden. Weitere grosse Vorteile der Forster-Kupplung sind das verhältnismässig kleine Gewicht und der geringe Bedarf an Erregerstrom. Es wiegt z. B. die oben erwähnte 17000 PS-Kupplung nur rund 8000 kg, und zur Erregung braucht sie 2,5 kW Gleichstrom, also nur etwa 3 ‰ der übertragenen Leistung. Der Doppelkonus ist aus unmagnetischem Guss hergestellt.

Da die Reibflächen ausschliesslich metallisch sind, ist die Kupplung auch für hohe Winkelgeschwindigkeiten verwendbar, wie z. B. Dampfturbinengruppen. So hat kürzlich das kommunale Elektrizitätswerk Turin eine derartige Gruppe von 14500 kVA Leistung bei 3000 Uml/min vergeben, bei der Turbine und Generator durch eine leicht demontierbare mechanische Kupplung verbunden sind. Im Sommer, wenn die Dampfturbine nicht benötigt wird, soll diese Verbindung gelöst und der Generator als synchroner Phasenkorrektor verwendet werden. Zu dessen Inbetriebsetzung dient ein in der gleichen Axe montierter Asynchronmotor, der mittels einer elektromagnetischen Forster-Kupplung mit ihm verbunden werden kann. Nach erfolgtem Parallelschalten der Synchronmaschine wird der Asynchronmotor wieder abgetrennt. In Anbetracht des hohen Drehmomentes, das nach längerem Stillstand der Maschine erforderlich sein kann, um ihr den ersten Impuls zu geben, wurde die Leistung der elektromagnetischen Kupplung auf 1500 PS bei 3000 Uml/min festgesetzt.

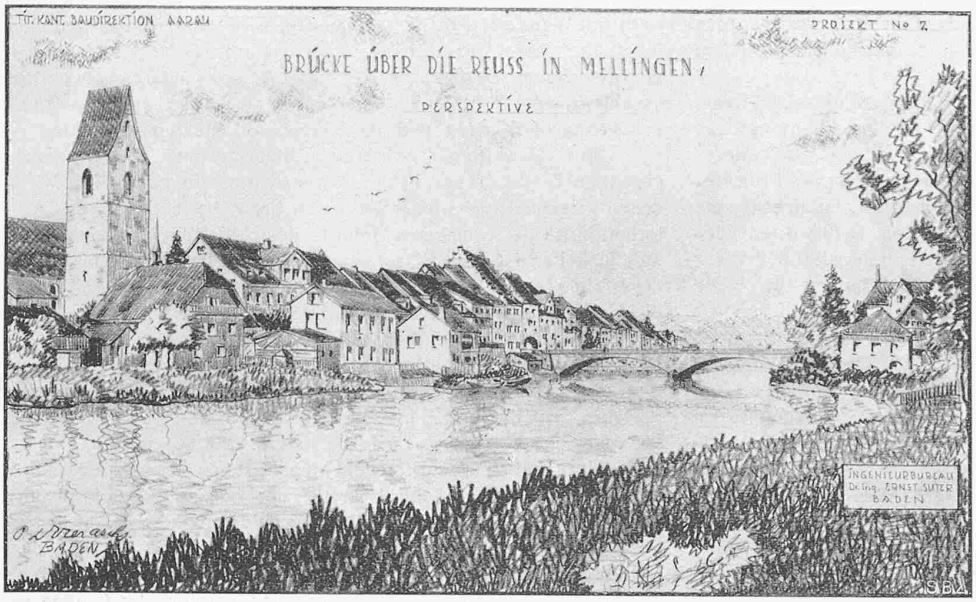


Abb. 4. Bauprojekt (mit *zwei* Oeffnungen) der neuen Brücke, von Dr. Ing. Ernst Suter, Baden.

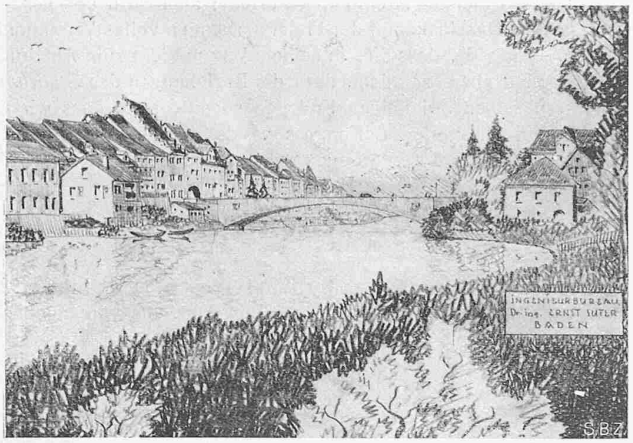


Abb. 5. Bauprojekt-Variante für *eine* Oeffnung von 43,5 m.

Jedenfalls scheint sich durch das Erscheinen der elektromagnetischen Forster-Kupplung ein neues Anwendungsgebiet für den Synchronmotor zu erschliessen in allen jenen Fällen, wo dieser bis jetzt wegen allzu kleinen Anzugsmomentes in seiner normalen Ausführungsart nicht verwendbar war. Allerdings scheint diese Möglichkeit einstweilen an die Bedingung gebunden zu sein, dass die zu kuppelnden Arbeitsmaschinen nicht sehr grosse zu beschleunigende Massen aufweisen.

Zum Neubau der Mellinger Reussbrücke.

Die Leser der „S. B. Z." wollen entschuldigen, wenn wir genötigt sind, nochmals auf diesen Gegenstand [1]) zurückzukommen; allein die Billigkeit erfordert es, keinem der Beteiligten die Gelegenheit zur Rechtfertigung zu versagen. Wir erhalten nämlich nachträglich vom Verfasser des kritisierten Brückenprojektes folgende Aeusserung:

„Nachdem Sie dem so schwer angegriffenen „Heimatschutz" Gelegenheit gegeben haben, sich in der Frage der Mellingerbrücke zu verteidigen, ersuche ich Sie, auch dem beim Brückenprojekt beteiligten Ingenieur ein kurzes Wort zu gönnen.

Der Kritiker schreibt auf Seite 317 der „S. B. Z." (vom 19. Dezember 1925): „Man überlege doch nur: der First der verbreiterten Brücke läge höher als die Gesimshöhe dreistöckiger Häuser; das Städtchen würde von der monströs vergrösserten, geradezu festhallenartigen Brücke förmlich erdrückt." — Dieser Satz zeigt so recht deutlich, dass der Kritiker das Projekt gar nicht kennt, er hat lediglich auf seinen Eindruck von der architektonischen Darstellung abgestellt. Hätte er sich die Mühe genommen, bei den Verfassern über die Grössenverhältnisse der alten und der neuen Brücke Auskunft zu holen, so hätte er erfahren, dass der First der neuen Brücke genau auf die Höhe desjenigen der bestehenden Brücke zu liegen käme; die totale Höhe der neuen Brücke ist aber sogar geringer als bei der alten Brücke, bei der der First 9,15 m über der Unterkante der verschindelten Aussenwände liegt (Brückenmitte), gegenüber 8,75 m bei der umgebauten Brücke. Und da wagt man es, von einer Erdrückung des Städtchens zu sprechen, ganz unbekümmert darüber, ob man damit dem Projektverfasser Unrecht tut oder nicht. Die durch die erforderliche Mehrbreite bedingte Vergrösserung wurde lediglich dadurch bewerkstelligt, dass seitlich Gehstege angehängt wurden.

Abb. 7. Brückentor in Mellingen von der innern Stadtseite.

Ich darf wohl auch bemerken, dass mir sehr viele Leute ihre Freude an dem vorgesehenen Bauwerk bekundet haben, und gestatte ich mir noch heute der Meinung zu sein, dass das Bauwerk besser zum Städtchen Mellingen gepasst hätte, als eine kahle und nüchterne Eisenbetonkonstruktion. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die den modernen Bedingungen angepasste Brücke eine Kostenersparnis von 40 000 Fr. bedeutet hätte, indem die Eisenbetonbrücke auf rund 200 000 Fr. zu stehen kommen dürfte, während unser Projekt 160 000 Fr. vorsah. 40 000 Fr. spielen auch heute noch eine Rolle, und der Ingenieur darf für sich wohl das Recht in Anspruch nehmen, solche Lösungen zu studieren und in Vorschlag zu bringen, auch auf die Gefahr hin, damit das Missfallen dieses oder jenes Architekten einzuheimsen."

Aarau, den 1. Februar 1926. E. Bolleter, Ing.

*

Laut obigem wäre also die Höhe des neuen Brückendaches nicht höher als bei der alten Holzbrücke; dadurch erscheint allerdings die für die ästhetische Beurteilung entscheidende Masstabfrage in einem wesentlich andern Licht und damit der Projektverfasser von der bezüglichen Kritik entlastet, wovon wir gerne Kenntnis geben. Leider sind die richtigen Proportionen aus dem vom „Heimatschutz" veröffentlichten Bilde keineswegs ersichtlich, im Gegenteil. Zum Beweis dafür, und damit zur Entlastung des Kritikers, zeigen wir nochmals (in Abbildung 1) das Bild der „Heimatschutz-Brücke", samt der von uns mangels anderer Photographien zum Vergleich herangezogenen Fliegeraufnahme des gegenwärtigen Zustandes (Abb. 2); der Leser möge selbst beurteilen, ob nicht Abbildung 1 eine das Städtchen erdrückende monströse Vergrösserung der alten Brücke darstellt. Inzwischen sind wir noch in den Besitz eines erst jüngst aufgenommenen Bildes des Brückenportals gelangt, das wir in Abbildung 3 ebenfalls zum Vergleich stellen. Ermittelt man auf Grund der in Abbildungen 1 und 3 beim Portal sichtbaren Personen die Höhe der Krüppelwalm-Traufe über der Strasse, so erhält man für die alte Brücke etwa 6,5 m, für die neue dagegen etwa 9,5 m. Dieser Unterschied entspricht ungefähr einer Geschosshöhe der Altstadt-Häuser, was auch ein Vergleich von Abbildung 1 mit Abbildung 2

[1]) Vergl. Band 86, Seite 316; ferner Seite 48 laufenden Bandes.