

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 84 (1966)  
**Heft:** 51

**Artikel:** Einfluss des Aufschweißens von Bolzen auf das Grundmaterial  
**Autor:** Roshardt, Werner  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-69047>

#### **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:** 08.01.2026

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

hier mitunter als Selbstgefälligkeit empfunden werden. Gewiss sind die Erkenntnisse der neuesten Zeit in bezug auf das indirekte Licht zu beherigen und womöglich zu vertiefen, denn sie sind nicht ans Material gebunden und helfen vielmehr, über das allzu Baustoffliche hinwegzusehen. Man sollte sie aber in übersichtlichen, auch konstruktiv sinnvollen Wand- oder Dachgebilden zu verwerten trachten. Darüber hinaus müsste man allgemein zu einfachen, naheliegenden Gestaltungsmitteln greifen, so z. B. der Orgel als natürlichem Schmuckstück und Wahrzeichen des Gemeindegesanges den gebührenden Platz im Blickfeld der Kirchgänger zuweisen und sie nicht verschämt und erzwungen seitlich oder gar zuhinterst anordnen. Vor allem gehören Kirchenchor und allfällig ein Orchester dem Zuhörerkreis sichtbar angegliedert, so dass wirklich alle Gläubigen um Kanzel und Abendmahlstisch versammelt sind.

So wäre man zumindest auf die einfachste Art der Sorge entbunden, Gebrauchsgegenstände, wie Kanzel und Abendmahlstisch es sind, als Schaustücke hinzustellen oder eben Nischenbildungen, romantischen Lichteinfall oder sonst malerische Requisiten zu Hilfe zu ziehen, um nicht die Kirchgänger in die Leere blicken zu lassen. Vieles Problematische würde aus unseren Kirchenräumen verschwinden, wenn diesem Zwang zu persönlicher Gestaltung ohne verbindlichen Anhaltspunkt entgangen werden könnte. Zudem darf man nicht vergessen, dass die Kirche in erster Linie durch den Menschen selber lebendig wird und dass die Versammlung der Gläubigen zum Gottesdienst immer eindrucksvoller sein wird als die beste architektonische Schöpfung.

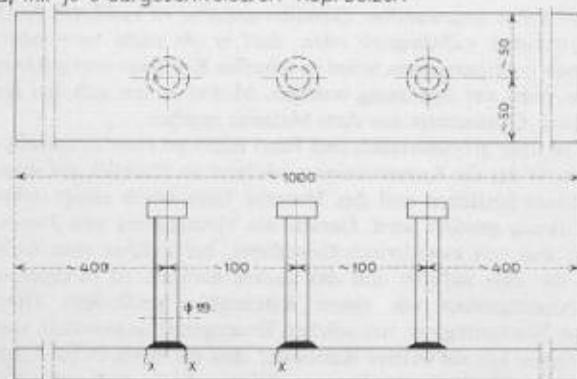
Adresse des Verfassers: Robert R. Barro, dipl. Arch., Seestrasse 7, 8002 Zürich.

## Einfluss des Aufschweißens von Bolzen auf das Grundmaterial

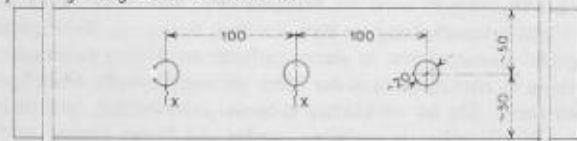
Von Werner Roshardt, dipl. Bauing. ETH, Brugg

DK 621.791:624.014.25

a) mit je 3 aufgeschweißten Kopfbolzen



b) mit je 3 gebohrten Löchern



c) volle Probestäbe

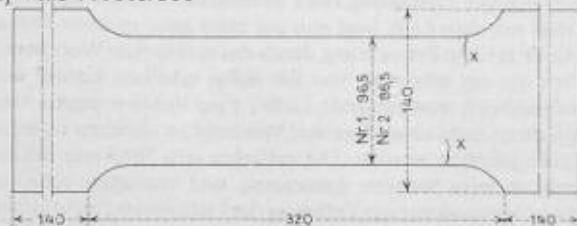


Bild 1. Form der Probestäbe für Ermüdungsversuche, Maßstab 1:50.

### 1. Anwendungsbereich

Das Bestreben, durch Mechanisieren der Bearbeitung den Stahlbau leistungsfähiger zu gestalten, führte unter anderem zum Einsatz von Geräten, mit welchen in rascher Folge Bolzen auf Stahlträger aufgeschweißt werden können. Diese Anlagen bestehen im wesentlichen aus einer leistungsstarken Stromquelle (Gleichrichter, Umformer), einem Steuergerät und einer Pistole zum Halten des aufschweißenden Bolzens. Das Steuergerät dirigiert den Schweißvorgang, nämlich Zünden des Lichtbogens, Anheben des Bolzens während der Brennzeit auf die erforderliche Distanz und schliesslich Eintauchen desselben in das aufgeschmolzene Material. Der ganze Vorgang dauert rund  $0,5 \div 0,8$  s.

Derart aufgeschweißte Bolzen dienen als Verdübelungselemente zwischen Stahl und Beton von Verbundträgern des Hoch- und Brückenbaus, zur Befestigung von Kranbahnen, von Wandelementen an die Stahlkonstruktion usw. Der Anwendungsbereich kann sich also vom rein statisch beanspruchten Bauteil bis zu solchem mit Wechselbeanspruchung grossen Spannungssamplituden und hoher Lastwechselzahlen erstrecken. Die Frage der Tragfähigkeit der Bolzen selbst ist speziell für den Verbundträger anderweitig untersucht worden und soll hier nicht berührt werden [1, 2, 3, 4, 5].

### 2. Problemstellung

Es erhebt sich noch die Frage, wie das Aufschweißen von Bolzen die Festigkeitseigenschaften des Grundwerkstoffes beeinflusst und welche Schlussfolgerungen für die Dimensionierung bei den einzelnen Bauwerkskategorien zu ziehen sind. Wir gehen von der Überlegung aus, dass die Bruchgefahr eines Werkstückes mit aufgeschweißten Bolzen abhängt von

- den Festigkeitseigenschaften des unbeeinflussten Grundwerkstoffes
- der chemischen Analyse und der Erschmelzungsart des Grundwerkstoffes
- der Form des Überganges Grundwerkstoff/Bolzen, einschliesslich allfälliger Bindefehler
- Spannungssamplitude
- Anzahl der Lastwechsel.

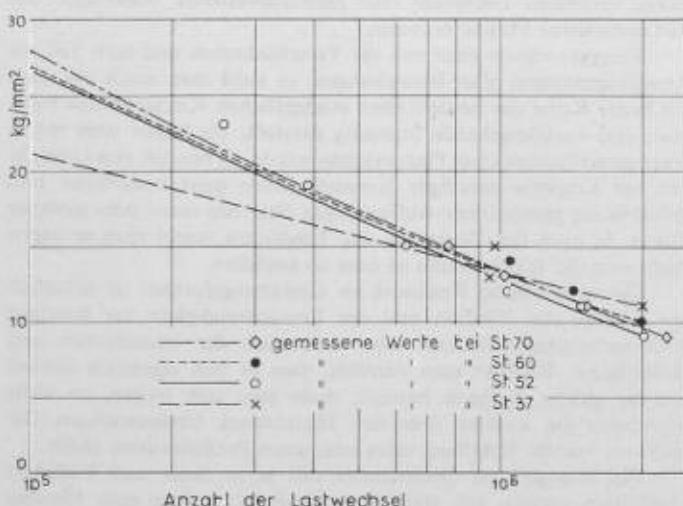
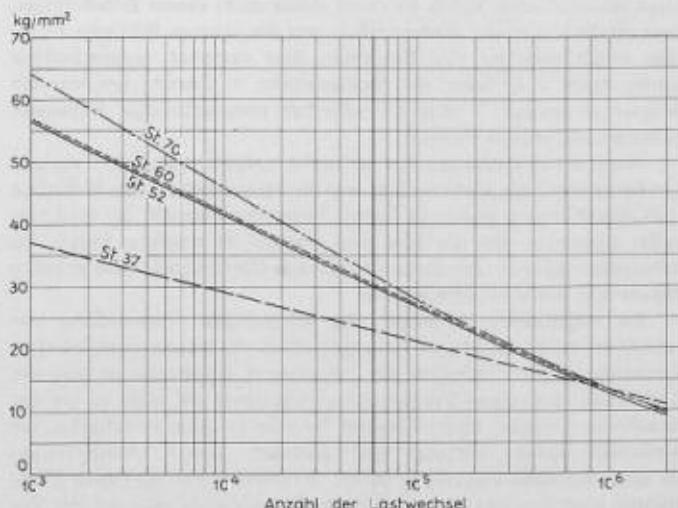


Bild 2. Vergleich der Ursprungsfestigkeiten für Stähle verschiedener statischer Festigkeit mit je drei aufgeschweißten Kopfbolzen. Links: Gemessene Werte, Rechts: Auf Grund der gemessenen Werte ermittelte Ursprungsfestigkeiten





Reizvoll passt sich die Bergkirche in die Landschaft ein. Ansicht von Nordosten

Photos von O. Bitterli

### Reformierte Bergkirche in Braunwald

Architekt Oskar Bitterli, Zürich

Blick gegen die inzwischen mit einem Bildteppich geschmückte Kanzel und den Abendmahlstisch





Das mit sparsamen Mitteln verwirklichte kirchliche Zentrum von Kriegstetten von Osten gesehen

### Reformierte Kirche in Kriegstetten / SO

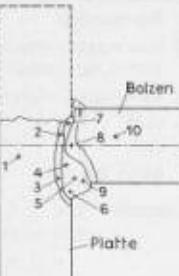
Architekt **Benedikt Huber**, Zürich

Blick gegen die Kanzel mit seitlich einfallendem Licht



Photos F. Maurer,  
Zürich

Tabelle 1. Bestimmung der Härte nach Vickers HV, Belastung 5 kg

Bezeichnung	Stelle	Härtezahl HV kg/mm <sup>2</sup>	Anordnung der Eindruckstellen
WB HB 3614	1	145	
	2	246	
	3	254	
	4	376	
	5	367	
	6	376	
	7	227	
	8	150	
	9	234	
	10	193	

Mit Rücksicht auf die Anwendung bei den verschiedenen Bauwerksklassen interessiert uns in erster Linie die Bruchgefahr für Baustähle der in Frage kommenden Festigkeitsstufen in Funktion von Spannungsspannungsamplitude und Lastwechselzahl. Die angestellten Versuche und Vergleiche erheben denn auch nicht Anspruch auf eine vollständige Abklärung des komplexen Sachverhaltes. Unser Augenmerk richtet sich in erster Linie auf den St. 52, da sich bei diesem Stahl der Formeinfluss und die Gefügeveränderungen bekanntlich viel stärker auswirken als beim St. 37 und andererseits Stähle mit noch höherer Festigkeit seltener verwendet werden.

### 3. Versuche und Ergebnisse

Es erscheint uns wichtig, den mit Bolzen versehenen Stab im Verhalten zum vollen und gelochten Querschnitt beurteilen zu können. Daher haben wir verschiedene Probekörper untersucht, deren Aufbau in Bild 1 dargestellt ist. Die dabei verwendeten Materialien weisen folgende Festigkeitseigenschaften auf:

Qualität <sup>1)</sup>	Profil	Streckgrenze	Zugfestigkeit
	Blech		
	mm	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
U St. 37	24	24	40
R St. 52	20	38,5	56,6
R St. 60	15	45,1	56,8
R St. 70	25	49,2	64,2

Herstellung der Proben: 1. Stäbe in Walzrichtung aus dem Blech brennen, 2. Brennschnittfläche schmirlgeln, 3. Richten, 4. Sandstrahlen, 5. Bolzenlage anknöpfen, 6. Aufschweißen der Bolzen nach Vorwärmung auf 100 – 200 °C, bei einer Stromstärke von 2400 A und einer Schweisszeit von 7/10 s.

Mit den Probekörpern (Bild 1) wurden zur Ermittlung der Ursprungsfestigkeit Zug-Ermüdungsversuche im Pulsator an der EMPA durchgeführt. Für St. 52 wurde zudem noch die Wechselfestigkeit im Bereich w/2 ermittelt (untere Lastgrenze ist gleich der halben oberen Lastgrenze).

In Bild 2 werden die Ursprungsfestigkeiten der Stähle verschiedener Festigkeitsgrade mit aufgeschweißten Bolzen verglichen. Daraus ist ersichtlich, dass im Bereich nach rund 600000 Lastwechseln für alle untersuchten Stähle praktisch die selbe Ursprungsfestigkeit zu erwarten ist.

Bild 3 zeigt für St. 52 den Vergleich vom Stab mit aufgeschweißten Bolzen mit dem vollen und gelochten Stab. Dabei ist zu beachten, dass die Löcher wie im Stahlbau üblich gebohrt und entgratet wurden. Für polierte Löcher kann die Ursprungsfestigkeit bis 10 kg/mm<sup>2</sup> höher liegen [6].

Die erreichte Ursprungsfestigkeit liegt eindeutig unter derjenigen des vollen oder gelochten Stabes. Der Bruch liegt beim gelochten Stab jeweils in der Lochaxe, beim bolzengeschweißten jedoch am Ansatz der Schweißwulst (Bild 1). Die metallographische Untersuchung einer Bruchstelle zeigt, dass sich das porenarme, strahlig erstarrte Schweißgut und die beiden Grundwerkstoffe nicht überall gut miteinander verbunden haben. Der Bruchausgang liegt im Bereich eines Bindefehlers. Dort war auch nur eine schwach ausgebildete, schmale Wärmezone zu erkennen (Tabelle 1). Die Aufhärtung erreicht in der Wärmezone der Platte unmittelbar neben der Bindestelle hohe Werte. Die durch den Bindefehler gebildeten scharfen Kerben, verbunden

<sup>1)</sup> Die Qualitätsbezeichnungen sind hier frei gewählt, «U» bedeutet unberührter Stahl, «R» bedeutet aluminiumberühriger Feinkornstahl. Streckgrenze und Zugfestigkeit wurden an Hand eines statischen Qualitätszerrissversuches bei der Werksabnahme ermittelt.

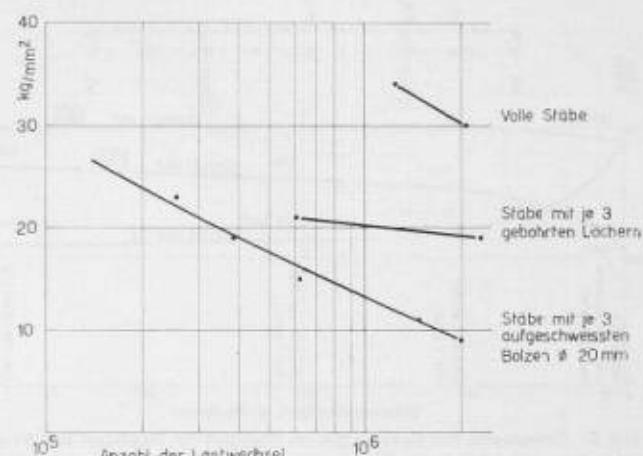


Bild 3. Ursprungsfestigkeiten von Stahl St. 52 mit aufgeschweißten Bolzen und Vergleich mit dem vollen und gelochten Stab

mit der Aufhärtung, führen zum Verschwinden jeglichen Plastifizierungsvermögens im Grundmaterial und müssen als Ursache der niedrigen Ursprungsfestigkeit des betreffenden Stabes angesehen werden (Bruch nach  $1,44 \cdot 10^6$  Lastwechseln bei  $+11/-1 \text{ kg/mm}^2$ ). Trotz aller Sorgfalt bei der Arbeit, wird bei jedem Werkstück mit solchen Mängeln gerechnet werden müssen.

Wie verhält sich nun die Ursprungsfestigkeit bei zunehmender Blechdicke? Nach den Versuchen von Roß und Eichinger [6] sind mit zunehmender Werkstückgröße kleinere Zug-Ursprungsfestigkeiten zu erwarten. Versuche an 50 mm dicken Blechen ergeben aber etwas höhere Werte. Allerdings ist das Programm der durchgeführten Versuche ungenügend, um quantitativ in dieser Hinsicht etwas aussagen zu können.

### 4. Vergleich mit den Bemessungsgrundlagen

Grundlage für die Festsetzung der zulässigen Spannungen nach den schweizerischen SIA-Normen bildet die Zug-Ermüdungsfestigkeit des vollen und gelochten Flachstabes, und zwar für den Zug wie für den Druckbereich. Die erhöhte Zeitfestigkeit des Druckbereiches wird nicht ausgenutzt. Aufgrund der erzielten Versuchsergebnisse fragen wir uns, wie weit die zulässigen Spannungen gemäß SIA-Normen auch für bolzengeschweißte Konstruktionen angewendet werden dürfen. Zunächst müssen wir festhalten, dass diese Frage grundsätzlich für jede geschweißte Konstruktion gilt. Die Usanzen in der Schweiz lassen aber den Form- und Kerbeinfuss bei der Er-

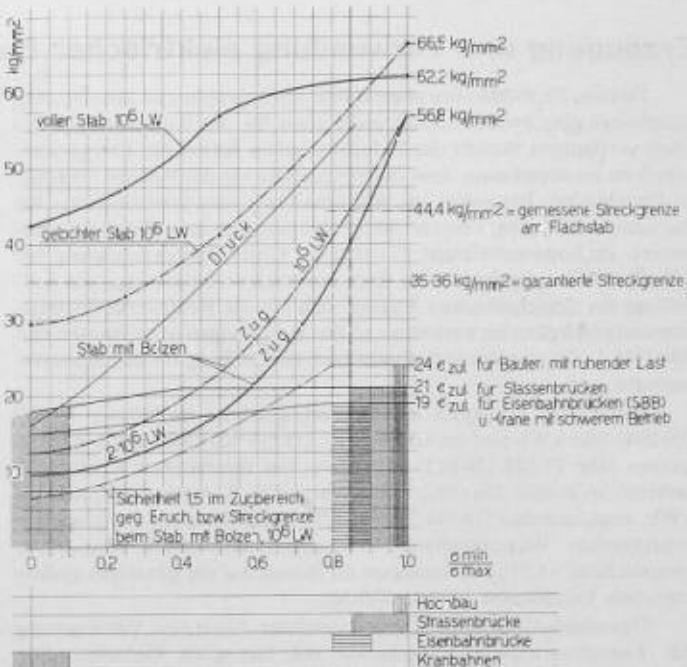


Bild 4. Ermüdungsfestigkeit von Stahl St. 52 mit aufgeschweißten Bolzen in Funktion des Spannungsverhältnisses bei  $10^4$  Lastwechsel und Vergleich mit dem vollen und gelochten Stab

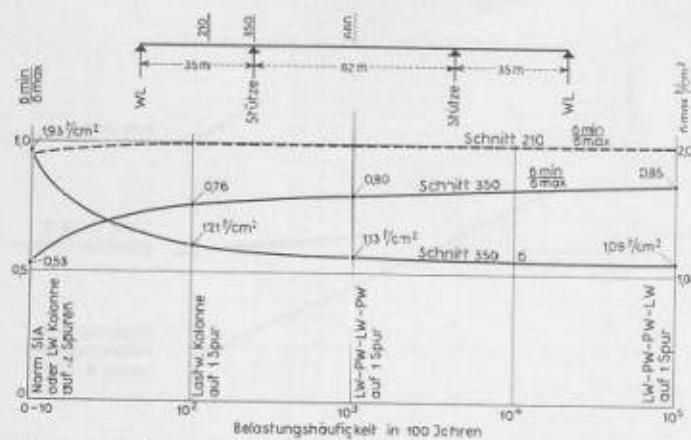


Bild 5 Grenzwerte der Spannungen im Oberrand für Dauerlast und Verkehr unter Berücksichtigung der Belastungshäufigkeit für eine Straßenbrücke

mittlung und Begrenzung der Spannungen, selbst bei Stählen mit Bruchfestigkeiten von  $52 \text{ kg/mm}^2$  und mehr außer Betracht.

Bild 4 zeigt die Zeitfestigkeit des bolzen geschweißten Stabes im Vergleich zu den Bemessungsgrundlagen für St. 52. Ausserdem wurde hier der praktisch vorkommende Schwellbereich von Bauteilen mit aufgeschweißten Bolzen für vier wichtige Bauwerkskategorien einge tragen. Daraus erkennt man, dass für ruhende Last keine Einbusse der Festigkeit zu verzeichnen ist. Für die untersuchten Stahl-Verbund brücken liegen die Spannungsverhältnisse  $\sigma_{min}/\sigma_{max}$  zwischen -0,8 und +1,0. Für diese Verhältnisse kann mit genügender Sicherheit mit den normalen zulässigen Spannungen gerechnet werden, da die Zeitfestigkeit in diesem Bereich über der Streckgrenze liegt. In bezug auf die Strassenbrücken ist noch zu erwähnen, dass die normen mässige Last im allgemeinen wesentlich über einer zu erwartenden Verkehrslast liegt und für einen Ermüdungsbruch des Stahles ohne Bedeutung ist.

Um sich über die Häufigkeit der zu erwartenden Belastungen und deren Bedeutung für die Ermüdungsgefahr ein Bild zu machen, haben wir für die kritische Zone einer dreispurigen National-Strassenbrücke (alle 3 Spuren für die gleiche Fahrtrichtung) die in Tabelle 2 aufgeführten Verkehrsänderungen in Rechnung gestellt.

In Bild 5 sind die oberen Spannungsgrenzen und die Spannungsverhältnisse in Funktion der Häufigkeit aufgetragen. Daraus ist ersichtlich, dass für ein praktisch zu erwartendes Verkehrsband das Verhältnis der Spannungsgrenzen über + 0,8 liegt.

Anders liegt der Sachverhalt zum Beispiel bei Kranbahnen mit aufgeschweißten Bolzen für die Schienbefestigung. Je nach Be-

Tabelle 2. Verkehrsänder auf einer dreispurigen Nationalstrassenbrücke

Belastung	Wahrscheinliche Häufigkeit	Lastzahl in 100 Jahren
1. Normenlast	1mal in 100 Jahren	1mal
2. Lastwagenkolonne auf 2 Spuren, Fahrzeugabstand 2 m	1mal in 10 Jahren	10mal
3. Lastwagenkolonne auf 1 Spur	1mal pro Jahr	100mal
4. $(LW + PW + LW) n$ auf 1 Spur	1mal pro Monat	1.200mal
5. $(LW + PW + PW + LW) n$ auf 1 Spur	10mal pro Tag	365.000mal

Legende: LW = Lastwagen 15 t  
 PW = Personenwagen 2 t  
 $n = 1, 2, 3, \dots$  ungünstigste Anzahl Wiederholungen des Lastschemas

triebsbedingungen können solche Konstruktionen eine ungenügende Sicherheit gegen Ermüdungsbruch aufweisen.

Bei Spannungsverhältnissen unter  $+0,7$  im Zugbereich bzw. etwa  $+0,1$  im Druckbereich erscheint es angezeigt, von Fall zu Fall die zulässige Spannung auf Grund der zu erwartenden Häufigkeit und Höhe der Laststufen festzulegen. Dabei ist eine möglichst konstante Sicherheit für alle Laststufen anzustreben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei überlegtem Konstruieren, sorgfältiger Auswahl des Stahles (wenig härzend, rissfestagend) und ebensolcher Bearbeitung die Anwendung von aufgeschweißten Bolzen zu technisch und wirtschaftlich interessanten Möglichkeiten führt, ohne die Qualität des Bauwerkes zu beeinträchtigen.

## Literaturverzeichnis

- [1] *K. Sattler*: Betrachtungen über neuere Verdübelungen im Verbundbau. «Der Bauingenieur» 1962, Nr. 1 u. 2.
  - [2] *K. Sattler*: Ergänzungen zu den Normen über Verbundkonstruktionen. Arbeitsausschuss für Verbundbau des Österreichischen Stahlbauverbandes, 1963.
  - [3] *K. Kunert*: Prüfung von Kopfbolzendübeln. «Der Bauingenieur» 1963, Nr. 9.
  - [4] *B. Thürlmann*: Fatigue and static strength of stud shear connectors. Lehigh University, 1958.
  - [5] *B. Thürlmann*: Fatigue and static strength of stud shear connectors. «Journal of the American Concrete Institute», Vol. 30, 1959.
  - [6] *M. Ros und A. Eichinger*: Die Bruchgefahr fester Körper. EMPA-Bericht Nr. 173, 1950.

Adresse des Verfassers: *W. Roshardt*, dipl. Ing., Wartmann & Cie. AG., 5200 Brugg.

Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz 1965/66

DK 620.9

Das am 30. September abgelaufene hydrographische Jahr brachte durchwegs gute Produktionsmöglichkeiten für die Wasserkraftwerke. Dem vorläufigen Bericht des Eidgenössischen Amtes für Energiewirtschaft ist zu entnehmen, dass die Wasserführung des Rheins, ermittelt in Rheinfelden, besonders im Winterhalbjahr sehr reichlich war. Sie erreichte 140% (im Vorjahr 89%) des langjährigen Durchschnittswertes, im Sommerhalbjahr 121 (142)%. Unter Berücksichtigung des günstigen Wasserzuflusses und einer «normalen» Entleerung und Auffüllung der Speicherbecken ergaben sich für die Kraftwerke Produktionsmöglichkeiten im Verhältnis zu den langjährigen Mittelwerten von 106 (93) % für das Winterhalbjahr und 104 (102) % für das Sommerhalbjahr.

Tatsächlich erzeugten die Wasserkraftwerke im Winter 11 709 (10 094) Mio kWh und im Sommer 15 735 (13 921) Mio kWh, also im ganzen Jahr 27 444 (24 015) Mio kWh; die thermischen Kraftwerke lieferten im Winter 378 (303) Mio kWh und im Sommer 140 (144) Mio kWh, insgesamt also 51,8 (44,7) Mio kWh. Die bedeutende Zunahme der tatsächlichen Wasserkraftwerk-Produktion von 3 429 Mio kWh, entsprechend 14,3 %, ist besonders im Winter auf die günstigen hydrologischen Verhältnisse zurückzuführen.

Das abgelaufene Jahr ist gekennzeichnet durch eine Verringerung der Energieverbrauch-Zuwachsrate auf fast allen Gebieten. Der Landesverbrauch ohne Speicherpumpen und Elektrokessel belief sich im Winter auf 11 622 (11 296) Mio kWh, im Sommer auf 11 069 (10 861) Mio kWh, im ganzen Jahr also auf 22 691 (22 157) Mio kWh. Dies entspricht einer Zunahme von 2,9 (4,4) % im Winter und 1,9 (5,1) % im Sommer, ganjährig also um 2,4 (4,8) %.

Tabelle 1. Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz im Jahre 1965/66 in Mio kWh und Zunahmen gegenüber dem Vorjahr.

	Umsatz 1965/66			Zunahme Jahr	%
	Winter	Sommer	Jahr		
<b>Energiebeschaffung</b>					
Wassererkraftwerke	11 705	15 735	27 444	3 429	14,3
wovon Speicherwasser <sup>1)</sup>	(4 387)				
therm. Kraftwerke	378	140	518	71	15,9
Landeseigene Erzeugung	12 087	15 875	27 962	3 500	14,3
Einfuhr	1 528	276	1 804	-1 609	-47,1
Erzeugung und Einfuhr	13 615	16 151	29 766	1 891	6,8
<b>Energieverwendung</b>					
Haushalt, Gewerbe					
und Landwirtschaft	5 411	4 691	10 102	227	2,3
Industrie, davon	4 155	4 330	8 485	139	1,7
allgern. Industrie	(2 303)	(2 148)	(4 451)	(128)	3,0
bes. Anwendungen <sup>2)</sup>	(1 852)	(2 182)	(4 034)	(11)	(0,3)
Bahnen	872	825	1 697	26	1,6
Übertragungsverluste	1 184	1 223	2 407	142	6,3
Landesverbrauch netto <sup>3)</sup>	11 622	11 069	22 691	534	2,4
Elektrokessel	31	221	252	95	61,5
Speicherpumpen	35	547	582	83	16,6
Ges. Landesverbrauch	11 688	11 837	23 525	713	3,1
Ausfuhr	1 927	4 314	6 241	1 178	23,3
Verbrauch und Ausfuhr	12 615	16 151	29 766	1 891	6,8

<sup>3)</sup> Elektrochem. -metallurg. und -therm. Anwendungen

<sup>3)</sup> ohne Elektrokompressor und Speicherpumpen