

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: 28.04.2026

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 beherzigen 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 Gemeindeganges 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 Aufschweisens von Bolzen auf das Grundmaterial

DK 621.791:624.014.25

Von Werner Roshardt, dipl. Bauing. ETH, Brugg

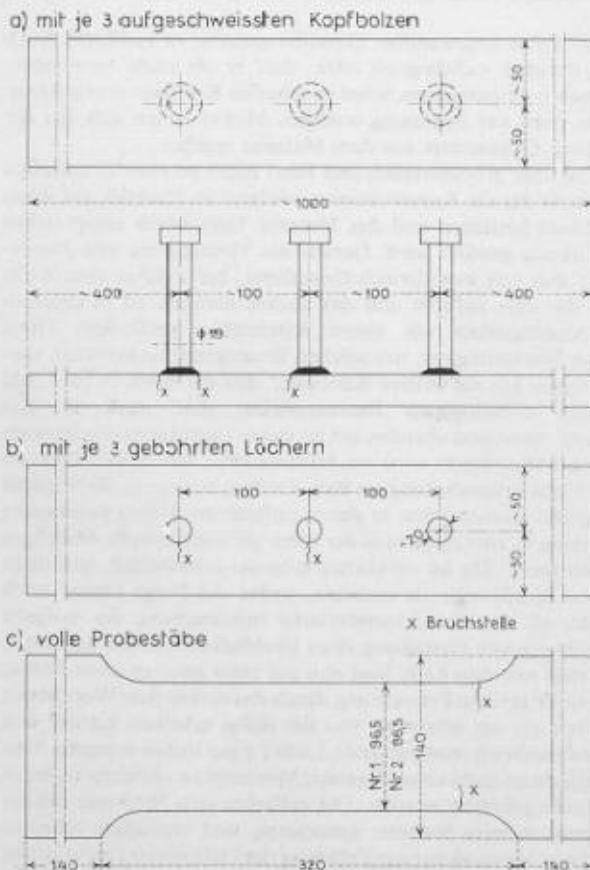


Bild 1. Form der Probestäbe für Ermüdungsversuche, Massstab 1:50

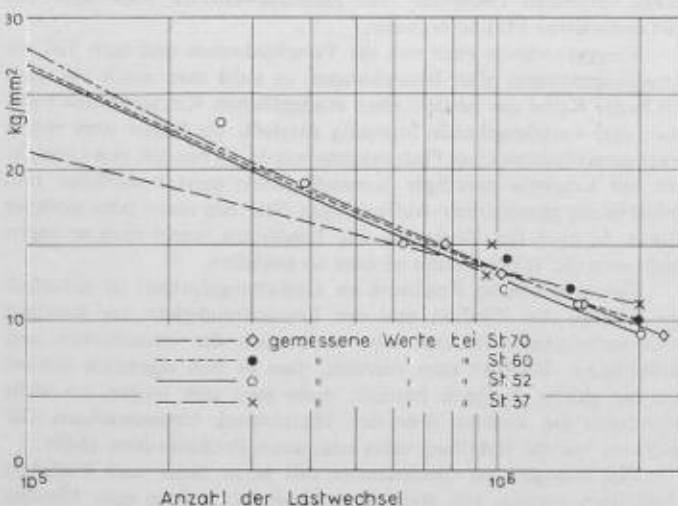


Bild 2. Vergleich der Ursprungsfestigkeiten für Stähle verschiedener statischer Festigkeit mit je drei aufgeschweissten Kopfbolzen, Links: Gemessene Werte, Rechts: Auf Grund der gemessenen Werte ermittelte Ursprungsfestigkeiten

1. Anwendungsbereich

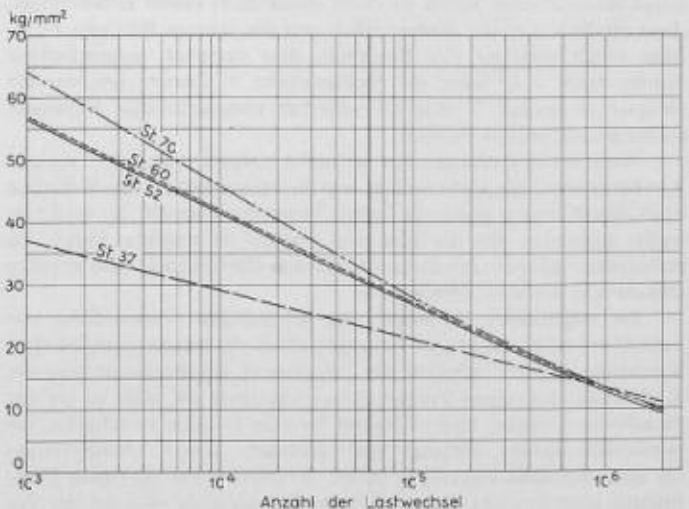
Das Bestreben, durch Mechanisieren der Bearbeitung den Stahlbau leistungsfähiger zu gestalten, führte unter anderem zum Einsatz von Geräten, mit welchen in rascher Folge Bolzen auf Stahlträger aufgeschweisst werden können. Diese Anlagen bestehen im wesentlichen aus einer leistungsstarken Stromquelle (Gleichrichter, Umformer), einem Steuergerät und einer Pistole zum Halten des aufzuschweisenden 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 ÷ 0,8 s.

Derart aufgeschweisste Bolzen dienen als Verdübelungselemente zwischen Stahl und Beton von Verbundträgern des Hoch- und Brückenbaues, zur Befestigung von Kranschielen, von Wandelementen an die Stahlkonstruktion usw. Der Anwendungsbereich kann sich also vom rein statisch beanspruchten Bauteil bis zu solchem mit Wechselbeanspruchung grosse Spannungsamplituden 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 Aufschweisens 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 Grundmaterial
- der chemischen Analyse und der Erschmelzungsart des Grundwerkstoffes
- der Form des Überganges Grundmaterial/Bolzen, einschliesslich allfälliger Bindefehler
- Spannungsamplitude
- Anzahl der Lastwechsel.





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 ²	Anordnung der Eindruckstellen
WB	1	145	
HB 3614	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 Spannungsamplitude 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 ¹⁾	Profil Blech mm	Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²
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 schmirgeln, 3. Richten, 4. Sandstrahlen, 5. Bolzenlage ankrönen, 6. Aufschweißen der Bolzen nach Vorwärmen 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 Wechselstabilität im Bereich $n/2$ ermittelt (untere Lastgrenze ist gleich der halben oberen Lastgrenze).

In Bild 2 werden die Ursprungsfestigkeiten der Stähle verschiedener Festigkeiten 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/mm² 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

¹⁾ Die Qualitätsbezeichnungen sind hier frei gewählt, «U» bedeutet unberuhigter Stahl, «R» bedeutet aluminiumberuhigter Feinkornstahl. Streckgrenze und Zugfestigkeit wurden an Hand eines statischen Qualitätszerreissversuches bei der Werksabnahme ermittelt.

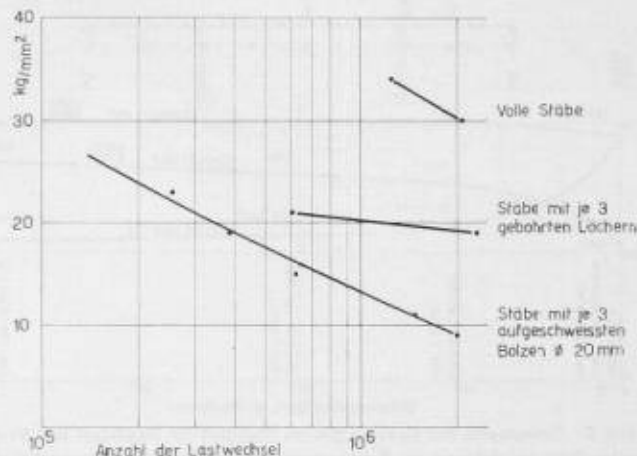


Bild 3. Ursprungsfestigkeiten von Stahl St. 52 mit aufgeschweißten Bolzen und Vergleich mit dem vollen und gelochten Stab

mit der Aufhärtung, führten 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 $+11/+1$ kg/mm²). 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 Ros und Eichinger [6] sind mit zunehmender Werkstückgröße kleinere Zug-Ursprungsfestigkeiten zu erwarten. Versuche an 50 mm dicken Blechen ergaben 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-Ermüdungsstabilität 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 Usancen in der Schweiz lassen aber den Form- und Kerbeinfluss bei der Er-

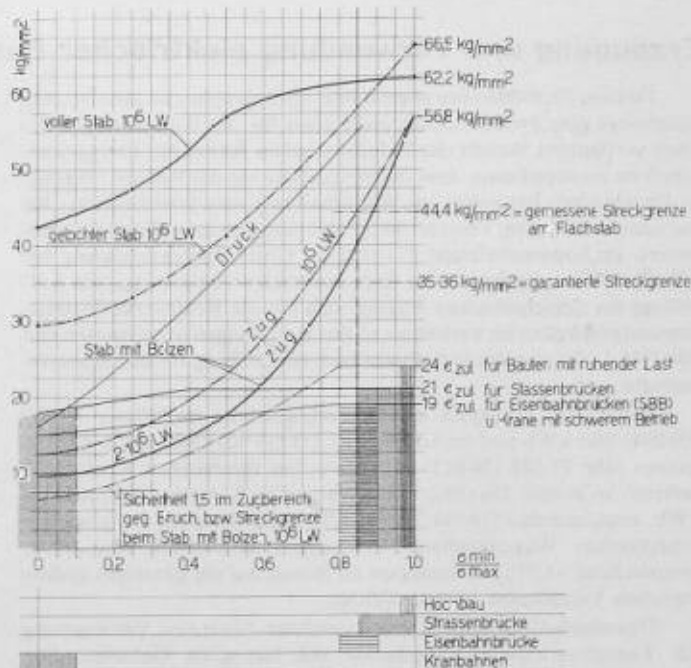


Bild 4. Ermüdungsfestigkeit von Stahl St. 52 mit aufgeschweißten Bolzen in Funktion des Spannungsverhältnisses bei 10⁶ Lastwechsel und Vergleich mit dem vollen und gelochten Stab

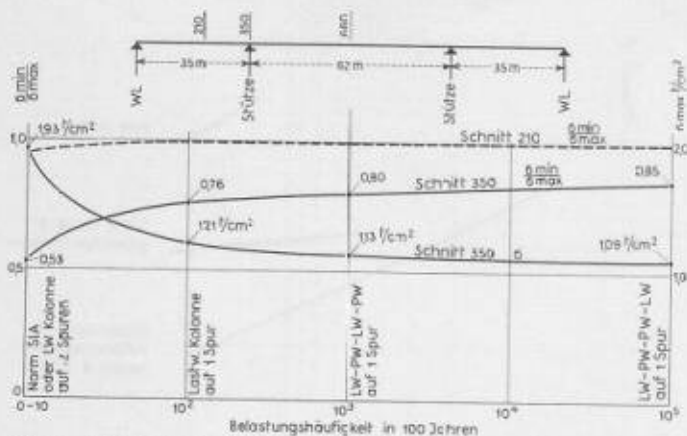


Bild 5. Grenzwerte der Spannungen im Obergurt für Dauerlast und Verkehr unter Berücksichtigung der Belastungshäufigkeit für eine Strassenbrücke

mittlung und Begrenzung der Spannungen, selbst bei Stählen mit Bruchfestigkeiten von 52 kg/mm² und mehr, ausser Betracht.

Bild 4 zeigt die Zeitfestigkeit des bolzengeschweissten 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 eingetragen. Daraus erkennt man, dass für ruhende Last keine Einbuße der Festigkeit zu verzeichnen ist. Für die untersuchten Stahl-Verbundbrücken 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 normmässige 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 Fahrriichtung) die in Tabelle 2 aufgeführten Verkehrsbänder 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 Verkehrsbänder das Verhältnis der Spannungsgrenzen über +0,8 liegt.

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

Tabelle 2. Verkehrsbänder 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	1200mal
5. (LW + PW + PW + LW) n auf 1 Spur	10mal pro Tag	36500mal

Legende: LW = Lastwagen 15 t

PW = Personenwagen 2 t

n = 1, 2, 3, ... 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 härtend, rissefängend) 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. Thürlimann: Fatigue and static strength of stud shear connectors. Lehigh University, 1958.
- [5] B. Thürlimann: Fatigue and static strength of stud shear connectors. «Journal of the American Concrete Institute», Vol. 30, 1959.
- [6] M. Ros³ 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 Rheinfeldern, 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 518 (447) Mio kWh. Die bedeutende Zunahme der tatsächlicher 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-Zuwachsrates 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, ganzjährig 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	
	Winter	Sommer	Jahr	%
Energiebeschaffung				
Wasserkraftwerke	11 709	15 735	27 444	3 429 14,3
wovon Speicherwasser ¹⁾	(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
Energieverwendung				
Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft	5 411	4 691	10 102	227 2,3
Industrie, davon	4 155	4 330	8 485	139 1,7
allgem. Industrie	(2 303)	(2 148)	(4 451)	(128) 3,0
bes. Anwendungen ²⁾	(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 ³⁾	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	13 615	16 151	29 766	1 891 6,8

¹⁾ In Winterhalbjahr

²⁾ Elektrochem.-metallurg. und -therm. Anwendungen

³⁾ ohne Elektrokessel und Speicherpumpen