

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	119/120 (1942)
<b>Heft:</b>	5
<b>Artikel:</b>	Massnahmen zur Erhöhung der Gestaltfestigkeit von Aluminium-Knotenpunktverbindungen
<b>Autor:</b>	Müller, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-52299">https://doi.org/10.5169/seals-52299</a>

### **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:** 16.01.2026

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

INHALT: Massnahmen zur Erhöhung der Gestaltfestigkeit von Aluminium-Knotenpunktverbindungen. — Zum beschleunigten Ausbau unserer Wasserkräfte. — Wettbewerb für ein Abdankungsgebäude und ein Verwaltungsgebäude im Bremgartenfriedhof, Bern. — Von Bauwerk, Bäumen, Busch und Blumen. — Zur Sicherheit der Seilbahnseile. — Altes und Neues

über die Entwicklung der Uebertragungstechnik in der Telephonie. — Sperrholzplatten als Schalmaterial. — Werkaftung von Architekt und Unternehmer. — Mitteilungen. — Nekrolog: Fritz Locher. — Wettbewerbe: Primarschulhaus Zürich-Wollishofen. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

## Band 119

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 5

## Massnahmen zur Erhöhung der Gestaltfestigkeit von Aluminium-Knotenpunktverbindungen

Von Ing. W. MÜLLER, Neuhausen a. Rhf.

Mitteilung aus dem Forschungslaboratorium der Aluminiumwerke Neuhausen A.G., Neuhausen a. Rhf.

Der Einfluss der Formgebung auf die Dauerwechselbiegefestigkeit geschweißter, gemuffter bzw. genieteter Knotenpunktverbindungen aus verschiedenen Aluminiumlegierungen wird geprüft und mit der Dauerwechselbiegefestigkeit ähnlicher Konstruktionen aus Stahl verglichen.

Im Fahrzeugbau besteht das Interesse, die Fahrzeuge aus Aluminium-Legierungen herzustellen und viele bisher ausgeführten Konstruktionen haben sich gut bewährt. Zur maximalen Ausnützung des Werkstoffes ist es erforderlich zu wissen, wie stark die gewählte Knotenpunkt-Verbindung maximal dauerbeansprucht werden darf. Um Grundlagen hiefür zu schaffen, wurden auf den Knotenpunkt-Schwingungsmaschinen<sup>1)</sup> entsprechende Dauerwechselbiegeversuche durchgeführt. Die Prüfungen ergaben nicht allein für die Praxis brauchbare Zahlenwerte, sondern durch verschiedenartige Ausführung der Verbindungen und durch Beobachtung der dabei auftretenden Brucharten konnten auch Grundlagen für eine schweiss- und nietgerechte Konstruktion geschaffen werden.

Die vorliegend beschriebenen Prüfungen wurden im Jahre 1936, also zu einer Zeit begonnen, in der noch fast keine Richtlinien für die Konstruktion einer dauerfesten Schweissverbindung irgend eines Werkstoffes vorhanden waren. Da die Dauerfestigkeit einer Schweissverbindung mit derjenigen einer Nietverbindung verglichen werden sollte, war es naheliegend, die Schweissverbindung im Aufbau ähnlich wie die Nietverbindung auszuführen. Die von den Aluminiumwerken Neuhausen A.G. ausgeführten Prüfungen an verschiedenen Al-Legierungen haben jedoch, ähnlich wie die andernorts (siehe Literaturangaben) an Stahl-Schweissverbindungen ausgeführten Prüfungen ergeben, dass die Schweisskonstruktion nach vollständig anderen Gesichtspunkten konstruiert werden muss als die Nietverbindung. Somit sind die ersten Prüfungen an Schweissverbindungen lediglich als Tastversuche zu bewerten, die zur Entwicklung einer möglichst dauerfesten Schweisskonstruktion erforderlich waren.

## A. Statische Festigkeit der verwendeten Profile

Zur Herstellung der verschiedenen Knotenpunktverbindungen wurden betriebsmässig hergestellte L-Pressprofile 40/25/2,5 mm und 60/30/4 mm, bzw. I-Pressprofile 60/50/4 mm und Rohre mit einem Durchmesser von 30/25 mm bzw. 25,2/21,8 mm in Legie-

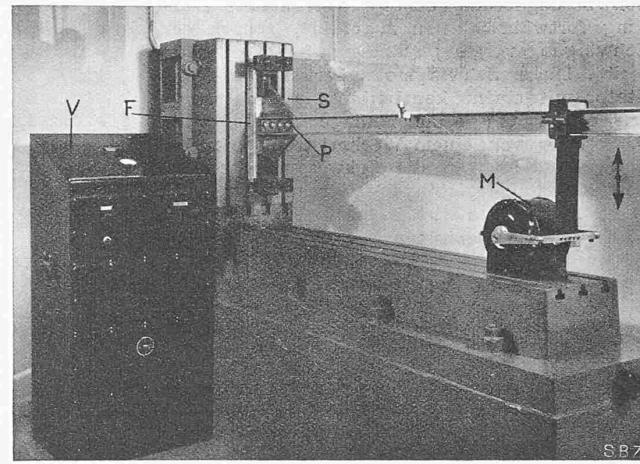


Abb. 1: Knotenpunkt-Schwingmaschine von Ing. E. Schiltknecht (Zürich)

itung Anticorodal B (Gattung nach DIN 1713: Al-Mg-Si), Peraluman 3 (Gattung: Al-Mg) und Avional D (Gattung: Al-Cu-Mg) verwendet, deren Legierungszusammensetzung in Tabelle 1, und deren statische und dynamische Festigkeitswerte in Tabelle 2 zusammengestellt sind. Der Vollständigkeit halber wurden zu den statischen und dynamischen Festigkeitswerten der Aluminiumlegierungen auf Tabelle 2 noch die Festigkeitswerte stumpfgeschweißter Bleche oder Profilschnitte hinzugefügt. Alle Aluminium-Schweissnähte wurden mit einem Azetylen-Sauerstoff-Gasmisch, mit Lumiweld IV-Schweisspulver und mit Schweissstäben der gleichen Al-Legierung wie die Schweissverbindung verschweisst.

## B. Prüfmaschine

Zur Ausführung der Ermüdungsprüfungen an geschweißten bzw. gemufften und gelötenen Knotenpunktverbindungen wurde die auf Abb. 1 wiedergegebene SCHILTKNECHT-Knotenpunkt-Schwingungsmaschine verwendet. Bei dieser Prüfmaschine wird ein Teil der Knotenpunktverbindung (Fuss F) mit Briden starr

<sup>1)</sup> W. Müller: Neue Versuchseinrichtung zur Prüfung der Ermüdungsfestigkeit von genieteten bzw. geschweißten Knotenpunktverbindungen. «Schweizer Archiv» Bd. 3, 1937, Nr. 10.

<sup>2)</sup> W. Müller: Werkstoff-Forschung. «Schweiz. Industrieblatt», 1939, Nr. 19.

Tabelle 1: Zusammensetzung der untersuchten Aluminium-Legierungen

Legierung	Gattung nach DIN 1713	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Al %
Anticorodal B	Al-Mg-Si	0,5 — 1,5	—	—	0,5 — 1,0	0,5 — 1,0	Rest
Peraluman 3	Al-Mg 3	—	—	—	0 — 1	3	Rest
Avional D	Al-Cu-Mg	0 — 1,0	—	3,5 — 5	0,2 — 1,5	0,2 — 1,5	Rest

Tabelle 2: Statische und dynamische Festigkeit der verwendeten Aluminium-Legierungen und der Stahl-Profile (Werte der geschweißten Al-Legierungen ermittelt an 3 mm-Blechen; geschweisst mit Azetylen-Sauerstoff, Schweissraupen unbearbeitet)

Legierung	Zustand	$\sigma_{0,2}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	HB kg/mm <sup>2</sup>	$\delta 11,3 \sqrt{F}$ %	Für geschliffene Rundstäbe $\sigma_{wb}$ 50 kg/mm <sup>2</sup>	Für Bleche mit Walzhaut $\sigma_{wb}$ 10 kg/mm <sup>2</sup>
Anticorodal B	ausgehärtet	27 — 38	32 — 42	90 — 110	8 — 14	10 — 13	8,5 — 9,5
	geschweisst	10 — 12	16 — 18	—	2 — 4	—	7,0 — 8,5
Peraluman 3	weich	10 — 13	22 — 26	50 — 65	18 — 26	12 — 14	9 — 11
	geschweisst	9 — 11	22 — 23	—	15 — 18	—	rd. 8 — 10
Avional D	ausgehärtet	24 — 30	38 — 44	95 — 110	16 — 22	12,5 — 14,5	10 — 13
	geschweisst	18 — 20	27 — 32	—	2 — 6	—	9 — 11
Stahl 37,11 (I-Profil)	ungeschweisst	33	44	125	25	—	—
Stahlrohr	ungeschweisst	110	115	210	3,8	—	—

auf den Maschinensockel (S) aufgespannt, während der andere Teil (Prüfstück P) der Verbindung, der auf Wechselbiegung beansprucht werden soll, als frei schwingender Hebel ausgebildet ist und am äussersten Ende an den Schwingmotor (M) befestigt wird. Die aufgespannte Knotenpunktverbindung stellt ein schwingungsfähiges Gebilde dar, das nach einer einmaligen Schwingungserregung mit einer bestimmten Frequenz mit allmählich kleiner werdender Amplitude weiterschwingt. Mit Hilfe des in Resonanz arbeitenden Schwingmotors wird der Knotenpunktverbindung die während der Schwingungsbeanspruchung verbrauchte Leistung fortwährend neu zugeführt, sodass der Schwingungsvorgang ständig aufrecht erhalten bleibt. Dieser Schwingmotor besteht aus einem Stator mit einem konstanten Magnetfeld und aus einem um seine Nullage schwingenden Anker, der von einem Wechselstrom mit gleicher Frequenz wie die Schwingungsfrequenz der Knotenpunktverbindung durchflossen wird. Der Wechselstrom wird in einem kleinen Dynamogerät, das am hinteren Ende des Ankers befestigt ist (auf der Abb. 1 nicht sichtbar), erregt, im Verstärker (V) mit veränderlicher Leistungssteigerung und selbsttätiger Amplitudenregulierung verstärkt und hierauf dem Schwinganker zugeführt. Die zu einer bestimmten Wechselbiegebeanspruchung erforderliche Schwingungsamplitude wird statisch mit dem Huggenberger-Tensometer ermittelt, mittels eines am schwingenden Teil der Knotenpunktverbindung befestigten Spiegels und eines aussenhalb der Maschine montierten Ablesefernrohres kontrolliert. Die Anzahl Schwingungen bis zum Eintritt des Dauerbruches wird durch einen kleinen Synchronmotor mit Zählwerk registriert.

Die verfügbare Wechselstromleistung (60 Watt) dieser Knotenpunkt-Schwingungsmaschine reicht aus zur Prüfung genieteter, geschweißter oder auch gegossener Konstruktionsteile normaler Abmessungen. Die Frequenz beträgt 20 bis 60 Hertz und ist von den Abmessungen, wie Trägheitsmoment und Masse der schwingenden Teile, abhängig.

### *C. Dauerfestigkeit der autogen geschweißten Aluminium-Knotenpunktverbindungen*

Abb. 4 entspricht genau der Anordnung einer Nietverbindung. Anstelle der Kraftübertragung durch die Nieten wird hier die Kraft durch die seitlich der beiden L-Profile angebrachten Kehlnähte auf das Knotenblech und hierauf durch zwei weitere Kehlnähte auf das horizontal angeordnete L-Profilpaar übertragen. Diese Verbindungsart erweist sich als ungünstig, da während des Schweißens das Knotenblech mit seiner grossen Oberfläche der Schweißstelle viel Wärme entzieht, diese ausstrahlt und deshalb der Schmelzfluss nur durch örtliche Ueberhitzung aufrecht erhalten werden kann. Zudem entstehen während des Abkühlens der Verbindung im Knotenblech neben dem L-Profil starke Spannungen, die zu den parallel den Schweißnähten liegenden Anrisse (Bruchart 0, Abb. 4) führen. Verwendet man anstelle des 5 mm dicken Knotenbleches ein solches von nur 3 mm Stärke, so treten diese Warmrisse nicht auf.

Bei der dynamischen Prüfung dieser Knotenpunktverbindung erweist sich diese Anordnung als zu starr und die Dauerbrüche treten an der mit P (Abb. 4) bezeichneten Stelle im wechselbiegebeanspruchten L-Profil auf. Die einzelnen Prüfergebnisse sind auf Abb. 2 und 3 aufgetragen.

Die Verbindung nach Abb. 5 lässt sich in bezug auf Wärmeableitung leichter schweißen als die Verbindung nach Abb. 4. Wie das Prüfergebnis zeigt, treten in den beiden Streben, ähnlich wie im Knotenblech der Verbindung nach Abb. 4, starke Zugspannungen auf, die die Bildung von Rissen in der Schweißnaht bei einer Wechselbiegebeanspruchung beschleunigen (Bruchart Q, Abb. 5).

Bei der Verbindung nach Abb. 6 wurde lediglich anstelle einer einreihigen Nietung eine 12 mm breite Schweissnaht ausgeführt. Hierbei wird die Schweissnaht möglichst in den Bereich der neutralen Zone des biegebeanspruchten L-Profils verlegt, und die Schweissnaht kann ohne allzustarke Erwärmung des auf maximale Wechselbiegung beanspruchten L-Profilshenkels ausgeführt werden. Wenn auch diese Verbindungsart als vorteilhaft

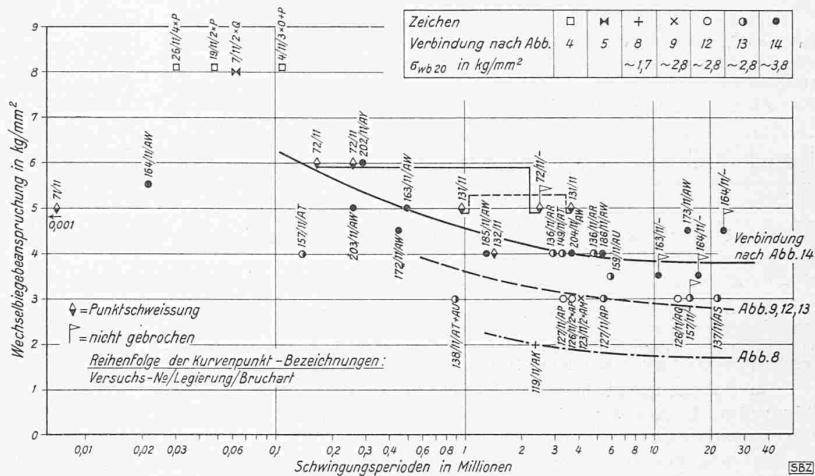


Abb. 2. Dauerwechselbiegefestigkeit autogen geschweißter Anticorodal-Knotenpunkt-Verbindungen

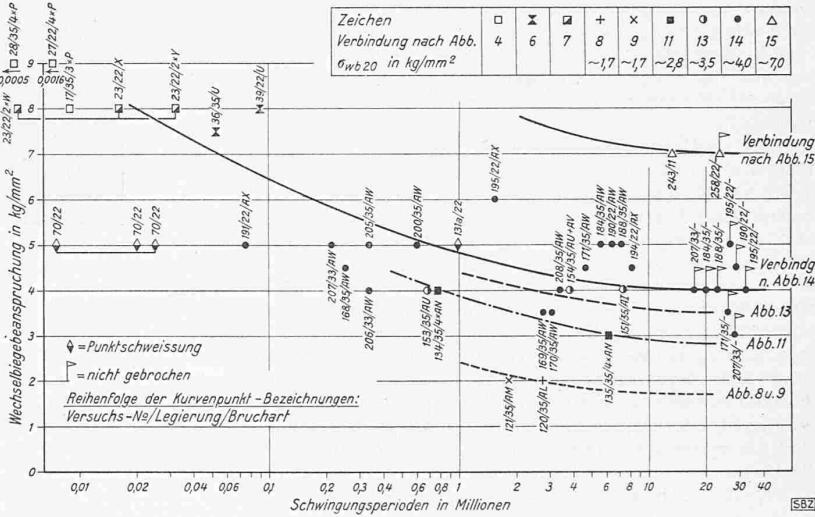
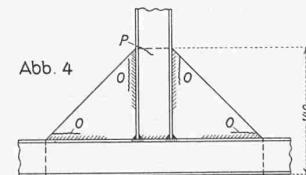
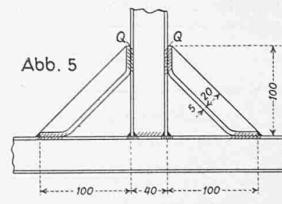


Abb. 3. Dauerwechselbiegefestigkeit autogen geschweißter Avional- und Peraluman-Knotenpunkt-Verbindungen

erscheinen könnte, so ist deren praktische Anwendung doch in Frage gestellt, weil sich diese schmale Naht im engen Profil nur schwer ausführen lässt und weil am oberen Ende der Schweissnaht die Kraftlinienumlenkung schroff erfolgt, wodurch Spannungsanhäufungen an dieser Stelle entstehen, die ihrerseits die Dauerfestigkeit der Verbindung vermindern. Nach den auf Abb. 3 aufgetragenen zwei Prüfwerten (Wechselbiegebeanspruchung



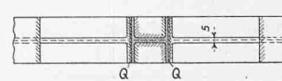
Ab



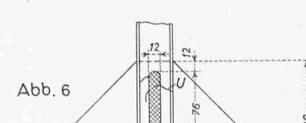
Ab



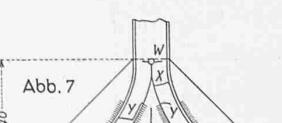
Ab



三



Ab



1

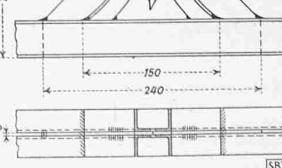


Abb. 4 bis 7. Autogen geschweißte L-Profil Knotenpunktverbindungen

= 7,5 bzw. 8,0 kg/mm<sup>2</sup>) kann über die Brauchbarkeit dieser Verbindungsart noch nicht entschieden werden. Durch weitere Prüfungen solcher Verbindungen bei einer Beanspruchung von 4 bzw. 3 kg/mm<sup>2</sup> könnte diese Frage geklärt werden, was jedoch unterlassen wurde, da andere Verbindungsarten mehr Erfolg versprechen.

Verbindungsart nach Abb. 7 erscheint auf den ersten Blick als eine brauchbare Ausführung für eine gute Schweisskonstruktion. Die bisherige Prüfung der Verbindung Nr. 23 mit den Brucharten 2 W, X und 2 Y auf Abb. 7 (Prüfwerte auf Abb. 3) zeigt jedoch, dass diese erste Ausführungsart noch keine endgültige Form darstellt und, wie auf Abb. 15 gezeigt wird, noch verbessert werden kann.

Um bei der Herstellung weiterer Schweissverbindungen von den bisherigen Verbindungsarten, die von der Nietkonstruktion abgeleitet worden sind, frei zu werden, wurde nun für die nachfolgend beschriebenen Verbindungsarten anstelle des U-Profil das I-Profil 60/50/4 mm verwendet. Die verschiedenen Entwicklungsstufen dieser Schweissverbindungen sind auf den Abb. 8 bis 15 dargestellt.

Die einfachste Verbindungsform dieses Profiles stellt eine Stumpfschweissung entsprechend Abb. 8 und 9 dar. Die Dauerwechselbiegefestigkeit ( $\sigma_{wb}$  20) dieser beiden Verbindungsarten ist verhältnismässig gering und beträgt nach den auf der Abb. 2 aufgetragenen Prüfwerten für Anticorodal B-Verbindungen nach Abb. 8 1,7 kg/mm<sup>2</sup> und für Anticorodal-Verbindungen nach Abb. 9 2,8 kg/mm<sup>2</sup>, während laut Abb. 3 für Avional- und Peraluman 3-Verbindungen nach Abb. 8 und 9 die Dauerwechselbiegefestigkeit 1,7 kg/mm<sup>2</sup> beträgt.

Bei der Verbindung nach Abb. 9 ist wohl eine günstigere Kraftlinien-Umlenkung in den Flanschen des I-Profil vorhanden, was eine etwas höhere Dauerfestigkeit als bei der Verbindung nach Abb. 8 ergibt. Die Verbindung nach Abb. 9 wird aber trotzdem in der Praxis nur ausnahmsweise angewendet, weil bei dieser Profilanordnung bei gleicher Biegebeanspruchung des Profils, infolge geringeren Trägheitsmomentes, das maximal zulässige Biegemoment den nur 0,4-fachen Wert aufweisen darf, wie bei der Profilanordnung nach Abb. 8.

Entlastet man die Stumpfschweissnaht dieser beiden Verbindungsarten durch aufgeschweisste Eckbleche, entsprechend Abb. 10 und 11, so kann die Dauerwechselbiegefestigkeit ( $\sigma_{wb}$  20) der Verbindung nach Abb. 9 auf rd. 2,8 kg/mm<sup>2</sup> (Abb. 3) erhöht werden. Die Verbindung nach Abb. 10 wurde nicht geprüft.

Nach der Lage der auftretenden Brüche kann gefolgt werden, dass die Spannungsanhäufungen am Uebergang des schwingenden I-Profil zum Versteifungsblech zu gross sind und durch entsprechende Umkonstruktion dieser Schweissverbindung eine günstigere Kraftlinienumlenkung und damit eine höhere Dauerfestigkeit erreicht werden kann.

Die Verbindung nach Abb. 12 entspricht einer in Deutschland patentierten Knotenpunktverbindung für geschweißte Stahlkonstruktionen mit erhöhter Dauerfestigkeit. Bei dieser Verbindungsart wird der unterste Teil des Steges herausgeschnitten und durch ein Knotenblech ersetzt.

Nach den Prüfungen an Al-Schweissverbindungen nach Abbildung 12 können auch bei dieser Verbindungsart noch keine Maximalwerte erzielt werden, da einerseits die grösste Spannungsanhäufung immer noch mit der maximal erweichten Stelle der Verbindung zusammenfällt (Bruchart BA, Abb. 12) und anderseits im angeschweissten Knotenblech nach erfolgter Schweissung durch Abschwinden Spannungen entstehen, die das Auftreten eines Dauerbruches (Bruchart AP und AQ, Abb. 12) begünstigen. Anticorodal B-Knotenpunkte nach Abb. 12 weisen laut Abb. 2 eine Dauerwechselbiegefestigkeit ( $\sigma_{wb}$  20) von ca. 2,8 kg/mm<sup>2</sup> auf.

Schweissverbindungen nach Abb. 13 verhalten sich bei der Dauerwechselbiegebeanspruchung ungefähr gleich wie diejenigen nach Abb. 12. Die Dauerfestigkeit ( $\sigma_{wb}$  20) dieser Verbindungen beträgt nach Abb. 2 bei Anticorodal B ebenfalls rd. 2,8 kg/mm<sup>2</sup>, während sie bei Verbindungen aus geschweisstem Avional D bzw. Peraluman 3 rd. 3,5 kg/mm<sup>2</sup> beträgt.

Das Herausschneiden eines Teiles des Steges, sowie das Einpassen eines Knotenbleches erfordert viel Arbeit und bringt verhältnismässig wenig Gewinn in bezug auf Dauerhaltbarkeit der Schweissverbindung.

Wesentlich einfacher ist die Herstellung einer Verbindung nach Abb. 14. Hier werden lediglich zwei Eckbleche angeschweisst, die die Kehlnaht entlasten. Bei richtiger Dimensionierung dieser Eckbleche kann die Dauerfestigkeit der geschweissten Knotenpunkte merklich verbessert werden. Bei der Herstellung dieser Verbindungsart dürfen nicht einfach dreieckförmige Eckbleche angeschweisst werden, sondern diese müssen mit einer kreisförmigen Aussparung (mit einer Bearbeitungszugabe) sorgfältig, d. h. möglichst ohne Ueberhitzung angeschweisst werden. Durch den kreisförmigen Ausschnitt erfolgt einerseits die Kraftlinienumlenkung weniger schroff und anderseits werden die infolge Abschwindens im Eckblech auftretenden zusätzlichen Spannungen bedeutend geringer. Eine Materialzugabe im Eckblech, die nach erfolgter Schweissung weggefräst werden muss, erweist sich als erforderlich, da sonst die dünnen Enden des Eckbleches während des Schweissens zu stark überhitzt würden.

Wird der Steg des schwingenden I-Profiles nicht mit dem horizontalen I-Profil verschweisst, so erweist sich diese Verbindung als weniger dauerhaft und es treten die Brucharten AX, AY und BC (Abb. 14) auf. Mit ganz besonderer Sorgfalt müssen die Enden der Eckbleche an das auf Wechselbiegung beanspruchte I-Profil geschweisst werden, da sonst bei jeglicher Ueberhitzung Brüche an der Stelle AW auftreten. Die Dauerwechselbiegefestigkeit ( $\sigma_{wb}$  20) der nach Abb. 14 geschweissten Anticorodal B-Knotenpunktverbindungen beträgt laut Abb. 2 rd. 3,8 kg/mm<sup>2</sup>, während die gleichen Verbindungen, die in Legierung Peraluman 3 bzw. Avional D ausgeführt wurden, laut Abb. 3 eine Dauerfestigkeit ( $\sigma_{wb}$  20) von rd. 4,0 kg/mm<sup>2</sup> aufweisen.

Bei der Konstruktion der Schweissverbindung nach Abb. 15 wurden die obenerwähnten Prüfergebnisse berücksichtigt. Die maximal zulässige Dauerwechselbiegebeanspruchung bei einer Kraftlinienumlenkung von rund 90° (Verbindung nach Abb. 8)

beträgt 1,7 kg/mm<sup>2</sup>, während sie bei Entlastung der Kehlnaht durch ein angeschweisstes Eckblech (Verbindung nach Abb. 14) und durch allmählich erfolgte Kraftlinienumlenkung bis auf eine maximal zulässige Biegebeanspruchung von 4,0 kg/mm<sup>2</sup> gesteigert werden kann. Zudem ist laut den in Tabelle 2 über die geschweißten Bleche gemachten Angaben bekannt, dass die Dauerwechselbiegefestigkeit je nach der Legierung 7 bis 11 kg/mm<sup>2</sup> beträgt, wenn wäh-

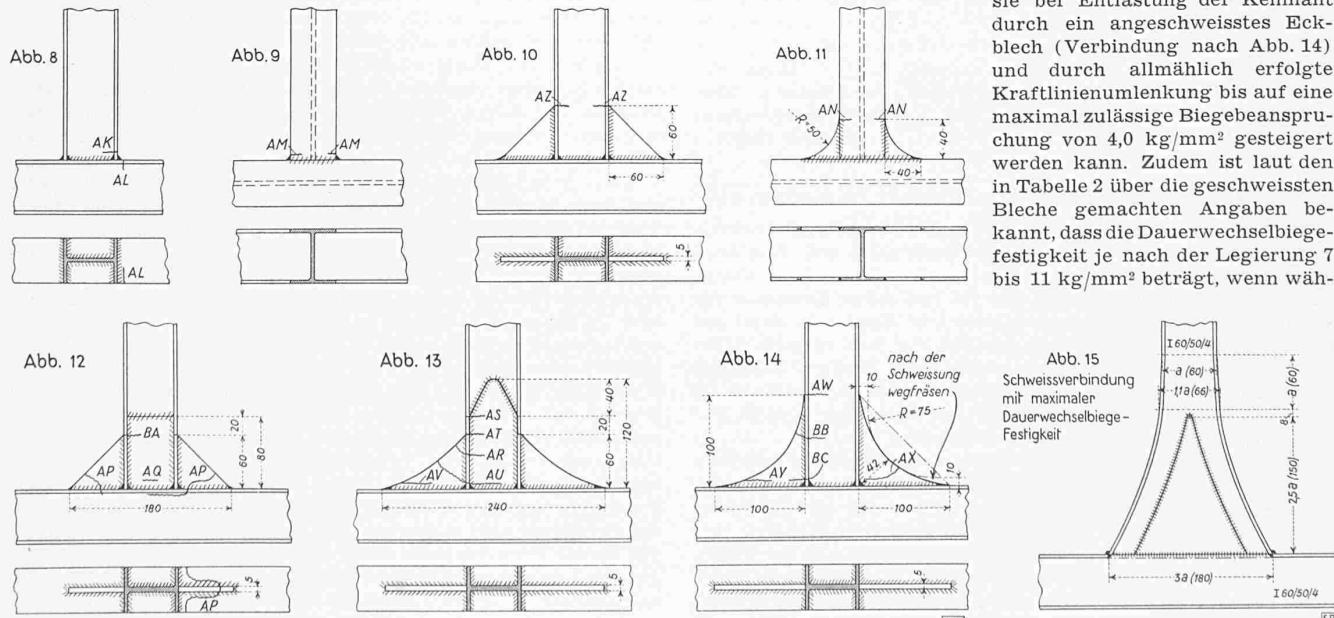
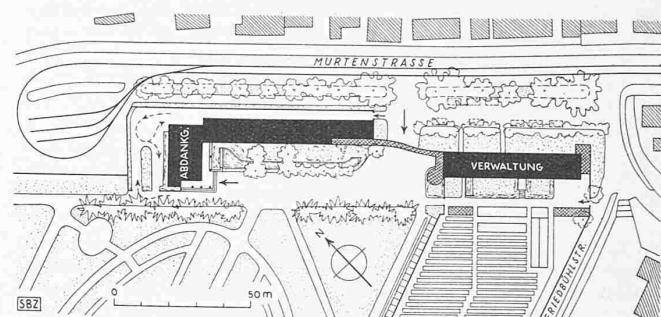
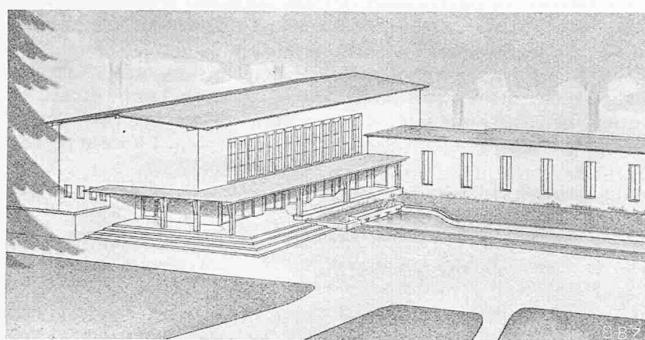
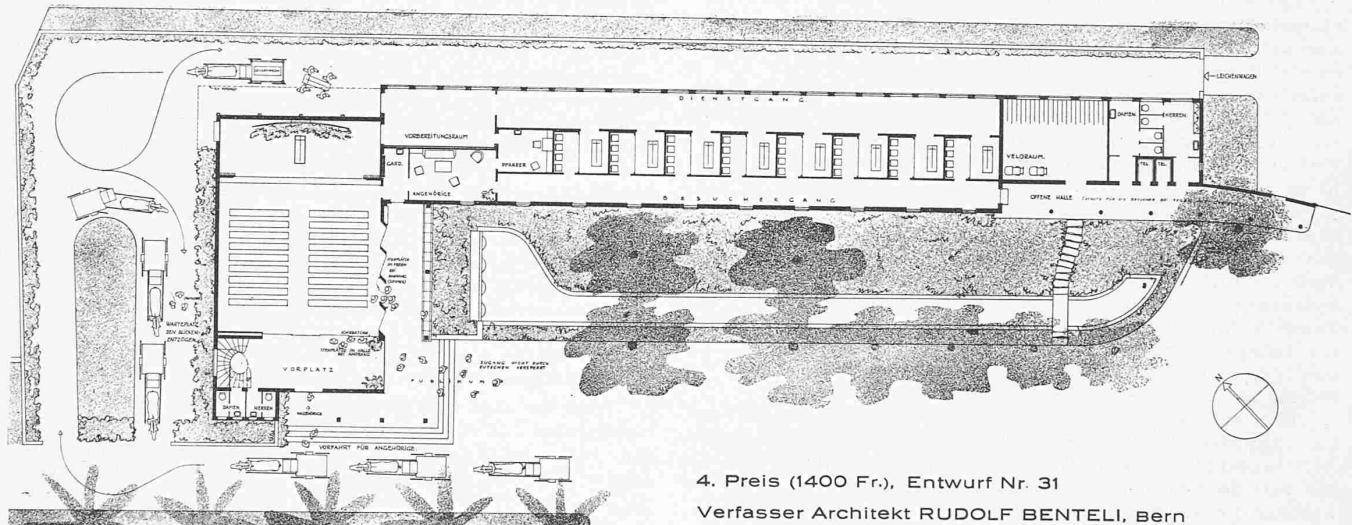


Abb. 8 bis 15. Autogen bzw. elektrisch geschweißte I-Profil-Knotenpunkt-Verbindungen

## Weitbewerb für eine neue Abdankungshalle und ein Verwaltungsgebäude im Bremgartenfriedhof in Bern



Lageplan 1:2500. — Abdankungshalle 1:500



4. Preis (1400 Fr.), Entwurf Nr. 31

Verfasser Architekt RUDOLF BENTELI, Bern

rend der Wechselbiegebeanspruchung keine zusätzlichen Spannungsanhäufungen infolge Kraftlinienumlenkung auftreten.

Auf Abb. 15 ist z. B. eine Knotenpunktverbindung angedeutet, bei der durch entsprechende Formgebung maximal hohe Biegekräfte durch ein I-Profil übertragen werden. Wie auf Abb. 3 durch zwei Prüfwerte und eine Kurve angedeutet ist, weisen die nach Abb. 15 geschweißten Avional- bzw. Peraluman 3 Knotenpunktverbindungen eine Dauerwechselbiegefestigkeit von 7,0 kg/mm<sup>2</sup> auf. Die beträchtliche Erhöhung der Dauerwechselbiegefestigkeit von 4,0 auf 7,0 kg/mm<sup>2</sup> konnte dadurch erzielt werden, dass außer der Vergrösserung des Widerstandsmomentes am Fusse der Verbindung auch noch das Widerstandsmoment unmittelbar oberhalb der vertikalen Schweißnaht durch Verlängerung (10%) der Steghöhe vergrössert wurde. Diese Erhöhung des Steges kann bei I-Profilen durch Ausschmieden bzw. bei Rohrquerschnitten durch Hineintreiben eines entsprechend geformten Dornes erfolgen. (Schluss folgt)

### Zum beschleunigten Ausbau unserer Wasserkräfte

Zu dem in letzter Nummer mitgeteilten Ausbauprogramm des SEV-VSE erhalten wir aus dem Leserkreis eine Zuschrift mit dem Ausdruck lebhaften Bedauerns, dass das schöne Rheinwald samt Splügen eingestaut und ein Teil seiner Bewohner zur Abwanderung gezwungen werden soll. Der Einsender weist auf andere Möglichkeiten hin, wodurch der für das nächste Jahrzehnt benötigte Mehrbedarf an elektrischer Energie beschafft werden könnte. Er nennt, gestützt auf den erwähnten Band III der «Verfügbareren Wasserkräfte der Schweiz» des A. f. W. folgende Speicherwerke im Bündner Oberland:

1. Greina-Lavaz-Somvix mit Winterenergie von 170 Mio kWh (zu 3,7 Rp./kWh), total 200 Mio kWh, Baukosten 77 Mio Fr.
2. Bargis-Trins mit Winterenergie von 103 Mio kWh (zu 5,2 Rp./kWh), total 131 Mio kWh, Baukosten 67 Mio Fr., und
3. Zervreila-Silgin, Winterenergie 200 Mio kWh (4,5 Rp./kWh), total 345 Mio kWh, Baukosten 124 Mio Fr. — Ferner das Werk
4. Thierfehd (Muttensee-Limmernboden im Kanton Glarus) mit reiner Winterenergie von 182 Mio kWh zu 4,2 Rp./kWh und Baukosten von 89 Mio Fr.

Durch den Ersatz der Hinterrheinwerke durch die genannten vier Werke kommt unser Einsender für das zehnjährige Ausbauprogramm auf eine Gesamtleistung von 1979 Mio kWh und 538 Mio Fr. Baukosten (Basis 1933), gegenüber 2219 Mio kWh und 405 Mio Fr. (Basis 1939) nach SEV-VSE-Programm (vgl. Seite 43 in Nr. 4). — Schliesslich seien noch die Gestehungspreise der ausgebauten Hinterrheinwerke genannt mit etwa 1,8 Rp./kWh für Jahresenergie, bzw. etwa 2,2 Rp./kWh für reine Winterenergie. Die Vergleiche unseres Einsenders sind übrigens deshalb nicht stichhaltig, weil bei den Untersuchungen des A. f. W. vor allem auf möglichst vollständige Ausnützung der Staudenmöglichkeiten getrachtet wurde, nicht aber auf das *wirtschaftliche* Optimum, auf das es doch ankommt.

Im Weitern betont unser Einsender, dass bei den von ihm vorgeschlagenen Speicherwerken, mit Ausnahme des kleinen Beckens bei Silgin, kein wertvolles Kulturland, sondern nur mageres Weidland überstaut und dabei der landschaftlichen Schönheit kein Eintrag getan werden müsse. —

Wir geben hieron unsern Lesern Kenntnis, weil auch wir, und mit uns sehr Viele, den harten Eingriff ins friedliche Rheinwald schmerzlich empfinden. Allein dies lässt sich nicht so einfach vermeiden, wie unser Kollege glaubt. Vor allem sei hingewiesen auf die mehr als doppelt so hohen Energie-Gestehungspreise der von ihm genannten Werke und die um 133 Mio Fr. oder  $\frac{1}{3}$  höheren Baukosten — vorausgesetzt, dass die vorläufig erst *generell* projektierten Werke bei näherer Prüfung nicht wesentlich teurer werden. Im Gegensatz zu jenen werden die Hinterrheinwerke seit 20 Jahren eingehend studiert; sie sind *baureif*, und das ist in unserer heutigen Notlage, neben der *Wirtschaftlichkeit*, das Entscheidende. Die Grundlagen des SEV-VSE-Programms sind von uninteressanter fachmännischer Seite eingehend geprüft worden, unter Einbezug der andern, oben genannten topographischen Möglichkeiten. Die Speicherungsmöglichkeiten sind leider ziemlich beschränkt, weil den meisten das nötige Einzugsgebiet fehlt, auch abgesehen von den geologischen Unzukämmlichkeiten mancher topographisch verlockenden Staustelle. So wird eben uns Allen dieses Opfer nicht erspart bleiben, denn die Hinterrheinwerke bieten zur Zeit die einzige, zudem technisch und energiewirtschaftlich ideale Lösung.