



Doctoral Thesis

## Ueber die Entwicklung neuer Zusatzstäbe für die Autogenschweissung von Stahl

**Author(s):**

Keel, Carl Guido

**Publication Date:**

1950

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000354327> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Über die Entwicklung  
neuer Zusatzstäbe für die Autogenschweissung  
von Stahl**

VON DER  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG  
DER WÜRDE EINES DOKTORS DER  
TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE  
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON  
CARL GUIDO KEEL  
Dipl. El. Ing. ETH

von Basel und Rebstein SG

Referent: Herr Prof. Dr. M. Roš  
Korreferent: Herr Prof. Dr. E. Bickel

## KAPITEL VI

### Zusammenfassung und Schlusswort

Es hat sich bei der Durchführung der Versuche gezeigt, dass das Studium und die Entwicklung von verbesserten Zusatzwerkstoffen in Verbindung mit der «erweiterten Rechtsschweissung» äusserst fruchtbringend war; und es ist mit Bestimmtheit zu erwarten, dass sich daraus in den kommenden Jahren noch weitere wertvolle Fortschritte ergeben werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Festigkeits- und Verformungseigenschaften des mit «erweiterter Rechtsschweissung» niedergeschmolzenen Schweissgutes der Stäbe *T*, *W* und *AA* im Anlieferungszustand den Anforderungen der EMPA an ein erstklassiges Schweissgut normaler Güte vollauf Genüge leisten und diese grösstenteils weit übertreffen.

\*

Die *Charakteristiken* der statischen und dynamischen Verformungseigenschaften im *Anlieferungszustand* lauten:

— die metallurgisch zweckmässige Zusammensetzung, die eine ruhige Schmelze und dadurch ein praktisch porenfreies Schweissgut ergibt.

Die Schweißstäbe *T*, *W* und *AA* — insbesondere *W* und *AA* — genügen den höchsten Ansprüchen an einen erstklassigen Schweißstab für die Schweissung des Konstruktionsstahls M I ( $\beta_z = 35\text{--}44\text{ kg/mm}^2$ ). Sie haben sich in der Praxis sowohl bei Schweissungen in normaler Lage, als auch bei Überkopfschweissungen in jeder Beziehung bewährt.

Beim «Stab» *W*, welcher mit Molybdän legiert ist, bestätigt sich die bereits auf anderen Gebieten (Eisenbahnschienen) beobachtete wohltuende Wirkung dieses Elementes auf die Festigkeits- und Verformungseigenschaften.

\*

Das als «erweiterte Rechtsschweissung» definierte Arbeitsverfahren ist mit jener Zuverlässigkeit durchführbar, die für Qualitätsschweissungen gefordert werden muss. Die damit erzielten Festig-

Tabelle XIV  
Statische und dynamische Eigenschaften des Schweissgutes

	Stab <i>T</i>	Stab <i>W</i>	Stab <i>AA</i>	
Vickershärte $H_v$ . . . . .	ca. 150	135	140	kg/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit $\beta_z$ . . . . .	ca. 44,5	45,5	47	kg/mm <sup>2</sup>
Obere Streckgrenze $\sigma_{SO}$ . . . . .	ca. 30	32	31	kg/mm <sup>2</sup>
Untere Streckgrenze (2 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> -Grenze) $\sigma_{SU}$ . . . . .	ca. 27	29	29	kg/mm <sup>2</sup>
Proportionalitätsgrenze (0,05 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> -Grenze) $\sigma_{zP}$ . . . . .	ca. 27	32	31	kg/mm <sup>2</sup>
Bruchdehnung $\lambda_3$ . . . . .	ca. 31	35	30	%
Einschnürung $\varphi$ . . . . .	ca. 70	55	50	%
Arbeitswert $C_5 = \beta_z \cdot \lambda_3$ . . . . .	ca. 14	16	14	kg mm/mm <sup>3</sup>
Elastizitätsmodul $E$ . . . . .	ca. 20 000	21 000	21 000	kg/mm <sup>2</sup>
Kerbschlagzähigkeit $\alpha$ . . . . .	ca. 18	20	17	kgm/cm <sup>2</sup>
Ursprungsfestigkeit ${}_{\sigma_0^+}$ . . . . .	ca. 29	30	30	kg/mm <sup>2</sup>

Die Ermüdungsfestigkeit des gegen mechanische und thermische Einflüsse — hinsichtlich Alterung, Abschreckung und Frost — praktisch unempfindlichen Schweissgutes liegt allgemein hoch.

\*

Als Vorzüge des Schweissgutes der Schweißstäbe *T*, *W* und *AA* sind hervorzuheben:

- die schwachlegierte (Mo, Cr, Cu) manganreiche, kohlenstoffarme, sehr reine, P- und S-arme Zusammensetzung;
- das günstige Abschmelzverhalten, das sich vorzüglich für das ruhige, funken- und praktisch schlackenfreie Schmelzen der Stäbe in der reduzierenden Gashülle der Acetylen-Sauerstoffflamme ohne schädlichen Abbrand eignet;

keits- und Verformungseigenschaften liegen bedeutend über den bisher für Autogenschweissungen bekannten Werten. Insbesondere sind die Kerbschlagzähigkeitswerte in bezug auf Höhe und Gleichmässigkeit bemerkenswert.

\*

Die vorliegenden Versuche haben weiter den eindeutigen *Nachweis der Äquivalenz* der Festigkeits- und Verformungswerte von autogen geschweissten Stählen der Güteklasse M I von Blechdicken  $\leq 20$  mm gegenüber elektrisch geschweissten Stählen der gleichen Güteklasse erbringen können. Sie geben Aufschluss über die Frage der *Gleichwertigkeit der blechen bearbeiteten Schweissverbindung mit dem Grundmaterial Stahl*.

\*

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit wurden zahlreiche *Bestimmungen des Wasserstoffgehalts* des Schweissgutes der Stäbe *T, W* und *AA*, sowie von Elektroden schweizerischer Provenienz mittels Heisseextraktion bei 250 °C vorgenommen. Es hat sich gezeigt, dass der Wasserstoffgehalt von autogenen und elektrischen Einlagen-, und Mehrlagenschweissungen und auch der «erweiterten Rechtsschweissung» in gleicher Höhe von 4—10 bzw. 2—4 cm<sup>3</sup> Wasserstoff pro 100 Gramm

Schweissgut liegen. Die bis auf 10 000 Stunden nach dem Schweißen ausgedehnten Beobachtungen zeigen das bereits bekannte Absinken des Wasserstoffgehaltes infolge Diffusion.

Neu dagegen war die Feststellung, dass beim Einlagenschweissgut an Stahl eine deutliche Korrelation zwischen Wasserstoffgehalt und Kerbschlagzähigkeit besteht.

Über diese Arbeiten berichte ich in einer separaten Publikation (13).

### *Literaturverzeichnis*

- [1] *Buchholz*, Z. Autog. Metallbearb. Bd. 24(1931) S. 288.
- [2] *Streb und Kemper*, Z. Autog. Metallbearb. Bd. 26(1933).
- [3] *Matting-Otte*, Z. Autog. Metallbearb. Bd. 29(1936) S. 289.
- [4] *Czernasty*, Idem. Bd. 30(1937) S. 237—246.
- [5] *C. Stieler*, Idem. Bd. 32(1939).
- [6] *E. Henrion*, Z. f. Schweisstechnik. Bd. 29(1939) S. 11.
- [7] *Keel C. F.* Idem. Bd. 34(1944) S. 266 ff.
- [8] *Keel C. F.* Idem. Bd. 35(1945) S. 26.
- [9] *Keel C. F.* «Der praktische Autogenschweisser» 6. Aufl. 1945, S. 131.
- [10] *Prof. Dr. M. Roš.* Diskussionsbericht Nr. 156, EMPA Zürich, 1946. «Die Festigkeit und Sicherheit der Schweissverbindungen.»
- [11] *Prof. Dr. M. Roš.* Bericht Nr. 160, EMPA Zürich, 1947. «La fatigue des métaux.»
- [12] *Prof. Dr. M. Roš.* Bericht Nr. 161, EMPA Zürich, 1948. «La fatigue des soudures.»
- [13] *Keel.* «Der Gasgehalt von Schweissgut», 1950.