

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 116 (1998)  
**Heft:** 30/31

**Artikel:** Gesamtsanierung der Tragkonstruktion: Mehrzweckanlage Ulmizberg  
**Autor:** Zeerleder, Jean-Louis  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79550>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

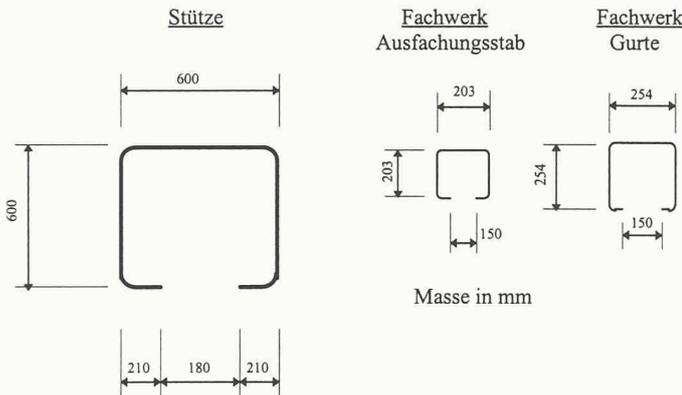
**Download PDF:** 01.04.2025

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



Stab	Abmessungen [mm]	Normalkraft [kN]			Moment [kNm]	Spannung [kg/cm <sup>2</sup> ]			σ <sub>zul</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]
		in Ver.last	Wind	Σ		σ <sub>N</sub>	σ <sub>M</sub>	σ <sub>tot</sub>	
3	600x600x10	-344	-123	-467	-	-1980	-	-1980	2200
6	600x600x16	-407	-139	-546	+54	-1470	-765	-2235	2200
29	600x600x12	-258	-18	-286	+52	-1020	-970	-1990	2200
170	254x254x9,5	-12	-40	-52	-	-560	-	-560	620 (K)
120	203x203x6,3	+3	-35	-32	-	-510	-	-510	790 (K)
120	203x203x6,3	+11	+35	+46	-	+730	-	+730	1300

2  
Auszug aus der Stabstatik 1972: Spannungsnachweise



3  
Querschnittschwächung durch Arbeitsöffnungen

- 1 x Grundbeschichtung mit Zinkstaub, Basis: 1-K-Polyurethan FH, Farbton grau, min. Schichtdicke 40 µm
  - 2 x Zwischenbeschichtung mit Eisenglimmer, Basis: 1-K-Polyurethan FH, Farbton:
    - 1. Schicht silber, min. 50 µm
    - 2. Schicht mittelgrau, min. 50 µm. Min. Schichtdicke 100 µm
  - 1 x Deckbeschichtung mit Eisenglimmer, Basis: 1-K-Polyurethan FH, Farbton: RAL 8019 «graubraun», UV-beständig. Min. Schichtdicke 40 µm
  - Totale Dicke 180 µm
- Konzeption, Ausschreibung und Ausführung des Korrosionsschutzes erfolgten in Anlehnung an die SN-Norm 555 001: «B3 Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen».

**Überwachung und Kontrollen**

Die Korrosionsschutzfirma hatte die Aufgabe, über die Arbeiten an Ort ein Baustellenprotokoll zu führen, in dem die Daten der Wetter- und Klimaverhältnisse (relative Luftfeuchtigkeit, Luft- und Objekttemperatur und Taupunktastand)

sowie die Resultate der Eigenkontrolle für jeden behandelten Stab eingetragen wurden.

Ein Mitarbeiter des Ingenieurbüros wurde von der Empa für die Kontrollen vor Ort geschult. Die Überwachung des Korrosionsschutzes auf der Baustelle erfolgte in einwöchigem Rhythmus durch diesen Mitarbeiter und rund alle zwei bis vier Wochen durch einen Experten der Empa. Sie umfasste folgende Kontrollen:

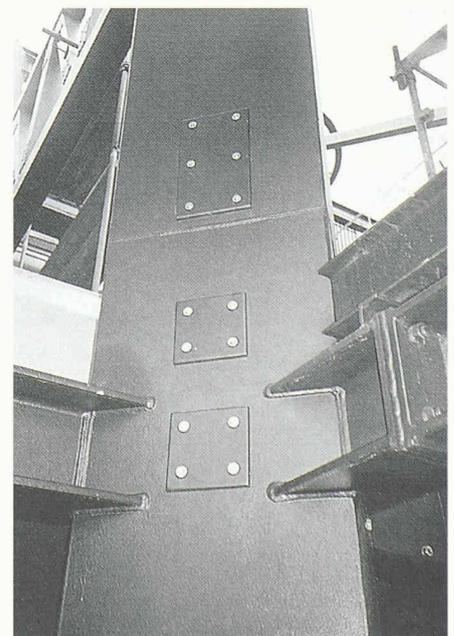
- Beurteilung des Reinheitsgrads des Stahls nach der Sandstrahlung mit der hohen Anforderung Sa 2½. Eine Videokamera wurde stichprobenweise für die Kontrollen in den Hohlräumen verwendet
- Visuelle Beurteilung der applizierten Korrosionsschutzschichten
- Schichtdickenmessung des Korrosionsschutzes
- Überprüfen des Gesamtaufbaus des Korrosionsschutzes auf Porenfreiheit mit einem Porenprüfgerät (Basis: Schwachstromkreis 9 V und feuchte Schwammelektrode)
- Einblick in das Baustellenprotokoll

**Schichtdickenmessungen**

Laborversuche: Die Ausführung des Korrosionsschutzes wurde von Versuchen begleitet. Die Applikationsanleitung für die Grundierung mit Zinkstaub wurde z.B. im Empa-Labor überprüft. Es wurden Cortenstahlplatten aus dem Bauwerk entnommen, die zunächst auf beiden Seiten bis Sa 2½ sandgestrahlt wurden. Auf den Proben wurde eine rund 100 µm starke Nassfilmdicke mit dem Raketel aufgezogen. Die effektiv aufgetragene Nassfilmdicke wurde mit dem Nassschicht-Dickenmessrad gemäss ASTM D 1212-54 (Kamm) gemessen. Nach dem Trocknen wurde die Schichtdicke an mehreren Stellen mit einem elektrischen Schichtdickenmessgerät registriert. Die Proben wurden zurechtgeschnitten und die Schnittkanten geschliffen. Die fertigen Proben wurden in eine flüssige Epoxid-Einbettmasse gelegt. Nach dem Härten wurden die effektiv aufgetragenen Schichtdicken unter dem Mikroskop beurteilt und mit dem eingebauten Mikrometer genau gemessen.

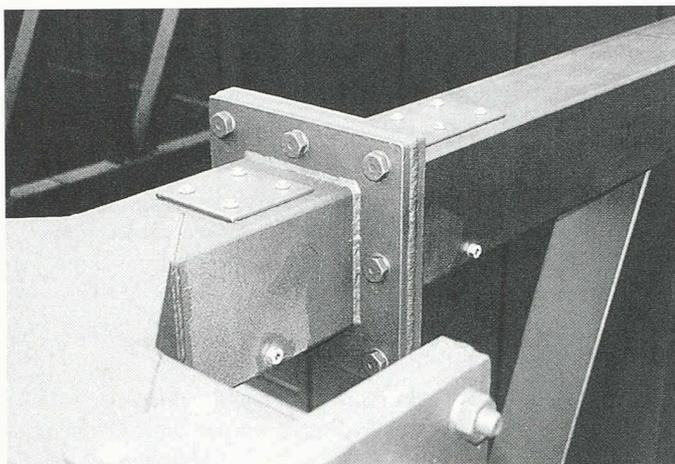
Auffallend war stets die gute Übereinstimmung zwischen den Mittelwerten der

Abschlussdeckel auf den Arbeitsöffnungen an einer Turmstütze



4  
Materialabtrag infolge Korrosion gemäss Empa-Messung, 1991 (Auszug mit Extremwerten)

Bezeichnung Stab	Wanddicke [mm]		Materialabtrag Mittelwert [mm]
	Empa-Messung	ursprünglich	
1 Stütze a unten	15,0	16,0±0,5	-1,0
141 Diagonale	8,7	9,5±0,5	-0,8
157 Diagonale	7,6	9,5±0,5	-1,9
173 Diagonale	9,2	9,5±0,5	-0,3
Mittelwert Diagonale	8,5	9,5±0,5	-1,0



Verschweissung eines Stabstosses, Abschlussdeckel und Chromstahlschrauben mit Aufbohrung für den Innendruck-Ausgleich

Messgerätablesungen und den effektiven Minimalschichtdicken gemäss Mikroskop.

Baustellen-Kontrollen: Die Messkontrollen der applizierten, trockenen Korrosionsschutzschicht erfolgte zu zwei Zeitpunkten, nämlich:

- Nach der 2. Zwischenschicht
- Nach dem Gesamtaufbau des Korrosionsschutzes

In Bild 1 sind einige Messresultate zusammengestellt: auffallend ist auch hier die gute Übereinstimmung der Mittelwerte der Messgerätablesungen mit der effektiv aufgetragenen minimalen Schichtdicke gemäss Mikroskop.

### Tragsicherheit

Der ursprünglichen statischen Berechnung von 1972 waren die damals gültigen SIA-Normen zugrunde gelegt worden, insbesondere:

- SIA 160 (1970): Belastungsannahmen
- SIA 161 (1956, bzw. Entwurf 1974): Stahlbau

Das Haupttragskelett wurde ohne die Auskragungen damals schon mit einem dreidimensionalen Computerprogramm berechnet. Die auskragenden Fachwerke, an denen die Terrassen angehängt sind, hatte man einzeln von Hand berechnet und deren Auflagerkräfte als Punktbelastungen ans Haupttragskelett abgegeben. Gemäss damals üblichem Verfahren wurden alle Lasten und Kräfte zusammengezählt, und die Spannungsnachweise im Querschnitt durchgeführt. Wie in Bild 2 dargestellt, wurden die zulässigen Spannungen selten ausgenützt.

### Allgemeine statische Überlegungen

Neben der Reduktion der Wandstärke durch Korrosion musste man die Frage einer weiteren, möglichen Querschnittsschwächung durch Arbeitsöffnungen beantworten, die zur Behandlung der Innen-

räume der Hohlprofile entstanden waren (Bild 3).

Die Gefahr der Querschnittsschwächung durch die Arbeitsöffnungen war besonders für die Stützen aktuell, die so massiv ausgebildet und in relativ kurzen Abständen seitlich gehalten wurden, dass für deren Bemessung Knicken nicht massgebend war. Für alle anderen Stäbe war Knicken für die Bemessung ausschlaggebend, und hier konnte man das Problem mit den Arbeitsöffnungen relativ leicht lösen. Da ein Knickstab hauptsächlich aufgrund einer durch Formänderungen ausgelösten Biegebeanspruchung versagt, wurden die Arbeitsöffnungen nahe bei den beiden Stabenden mit wenig Knickauslenkung vorgesehen, was auch für die Korrosionsschutzarbeiten sinnvoll war. Damit konnte die effektive Querschnittsschwächung durch die Arbeitslöcher auf ein Minimum reduziert werden.

Im Oktober 1991 wurde der Materialabtrag infolge Korrosion an ausgewählten Stäben von der Empa mit Ultraschall gemessen. In Bild 4 ist die geringste Wanddicke aus mehreren Messungen dargestellt. Der Materialabtrag betrug 0,3 bis 1,9 mm mit einem Mittelwert von etwa 1 mm. Für die statische Überprüfung wurde eine Sicherheitsmarge von 0,5 mm auf den grössten Messwert des Materialabtrags zugeschlagen: man überprüfte das Tragwerk unter der vereinfachenden Annahme, dass der Materialabtrag in allen Stäben bis 2,4 mm betragen könnte.

### Ausführungsstatik

Für viele kritische Stäbe war der Knicknachweis massgebend. Bei den Zugstäben und den massiven Stützen musste die Querschnittsschwächung durch die Arbeitsöffnungen voll in Rechnung gestellt werden.

Während der Ausführung wurden die effektiven Wandstärken von jedem sandgestrahlten Stahlprofil mit dem Mikrometer gemessen und dokumentiert. Den grössten Materialabtrag von bis zu 1,7 mm fand man bei den horizontal liegenden Ober- und Untergurten der auskragenden Fachwerke. Die gemessenen Wandstärken sind demzufolge wesentlich grösser als die der statischen Berechnung zugrunde gelegten (Bild 5).

Adresse des Verfassers:  
Jean-Louis Zeerleder, dipl. Bauing. ETH SIA USIC, Adamina Zeerleder Partner, Bauingenieur und Planer, Jupiterstrasse 45/207, Postfach 95, 3000 Bern 15

5

Kontrollmessung der effektiven Wandstärken der Stahlprofile bei den Sanierungsarbeiten (Auszug)

Bauteil	Wandstärke [mm]	Wandstärke [mm]	Abbau	
	(Soll)	(gemessen)	[mm]	[%]
Fachwerke 2+3	9,5	7,85-9,10	0,40-1,65	4,20-17,40
Fachwerk 5	9,5	8,45-8,90	0,60-1,05	6,30-11,00
Fachwerk 6	9,5	8,65-9,25	0,25-0,85	2,60-8,90
Stütze A	16	15,14-15,33	0,67-0,86	4,20-5,40
<small>Kote 0 bis -12</small>				
Stütze F	8	7,50-7,85	0,15-0,50	1,90-6,30
<small>Kote +44 bis +40</small>				
Ausfachung Turmbereich	9,5	8,19-9,48	0,02-1,31	0,20-13,80