

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe   |
| <b>Band:</b>        | 55 (1977)   |
| <b>Heft:</b>        | 2   |
| <b>Artikel:</b>     | Verstärkung von Tragkonstruktionen mit geklebter Armierung  |
| <b>Autor:</b>       | Tausky, Robert  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-874116">https://doi.org/10.5169/seals-874116</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:** 16.02.2026

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

# Verstärkung von Tragkonstruktionen mit geklebter Armierung

Robert TAUSKY, Zürich

624.92.059.35:621.792.4:678.6

**Zusammenfassung.** Neue technische Ausrüstungen erfordern wegen ihrer kompakten Bauart oft eine hohe Tragfähigkeit der Unterlage. Dies führt dann zu Bauproblemen, wenn der zur Aufstellung vorgesehene Boden eine ungenügende Tragkraft aufweist. Nicht immer ist es möglich, mit herkömmlichen Mitteln die Nutzlast einer zu schwachen Decke genügend zu erhöhen. Im folgenden wird ein neues Verfahren beschrieben. Unter Anwendung der Kunststoff-Klebetechnik eröffnet es neue Möglichkeiten zur Verstärkung von Stahlbetondecken.

## **Renforcement de constructions portantes par des armatures collées**

Résumé. En raison de leur structure compacte, les nouveaux équipements techniques exigent souvent un soubassement capable de supporter une charge considérable. Il en résulte des problèmes de construction, lorsque la surface d'installation prévue n'est pas assez résistante. Les moyens classiques ne permettent pas toujours de renforcer suffisamment une dalle trop faible. Le nouveau procédé décrit consiste à renforcer les dalles à armatures d'acier par des plaques collées au moyen d'adhésif synthétique (résines époxydiques).

## **Rinforzo delle strutture portanti con armatura adesiva**

Riassunto. I nuovi equipaggiamenti tecnici richiedono spesso, a causa del loro genere di costruzione compatto, una grande resistenza del suolo. Ciò è la causa di problemi di costruzione quando il terreno, sul quale è prevista l'erezione dei suddetti equipaggiamenti, non garantisce una sufficiente portata. Non è sempre possibile aumentare abbastanza, con l'uso di mezzi tradizionali, il carico mobile di una soletta troppo debole. L'autore presenta quindi un nuovo procedimento a tale riguardo. Mediante l'impiego della tecnica di adesività con materia sintetica, si offrono nuove possibilità di rinforzo delle solette di cemento armato.

## **1 Einleitung**

In einem gut geplanten Bau sind die Gebäudefunktionen und die technischen Ausrüstungen weitgehend aufeinander abgestimmt. Bei anderen Erzeugnissen moderner Technik erstreckt sich die gegenseitige Abstimmung auch auf die Gebrauchsduer der wesentlichen Bestandteile, zum Beispiel von Motor und Karosserie eines Autos. Beim Gebäude jedoch fehlt sie zumeist: Wir konstruieren für eine Gebrauchsduer von 60...100 Jahren; die baulichen Grundinstallationen hingegen sind nach 30...40 Jahren veraltet, während die technischen Ausrüstungen oft bereits nach 15...30 Jahren ersetzt werden. Oft bedingt der Ersatz der Grundinstallationen und der technischen Ausrüstungen schwerwiegende Eingriffe in die noch intakte Gebäudekonstruktion. Zur Überwindung der Diskrepanz wurden «flexible Bausysteme» entwickelt; systematische Nutzen/Kosten-Analysen der eingebauten Flexibilität fehlen jedoch und müssten Gegenstand eingehender Forschung, in Be rücksichtigung konkreter Erfahrung, bilden.

Tatsache ist, dass sehr viele Gebäude lediglich wegen Überalterung der Installationen abgebrochen werden, obwohl ihre Struktur noch völlig intakt ist. Dabei werden grosse volkswirtschaftliche Werte vernichtet und neue Bauinvestitionen getätigkt, lediglich um für die benötigten neuen Installationen und Einrichtungen eine geeignete Hülle zu errichten – eine Hülle, die an sich nicht neu zu sein brauchte.

Wirtschaftlicher Aufschwung fordert von Industrie und Dienstleistungsbetrieben neue Ausrüstungsinvestitionen. Diese werden jedoch weniger im Zeichen der Investitionsfreude als unter dem Zwang zur Konkurrenzfähigkeit stehen. Man wird daher danach trachten, vom Investitionsfranken das Maximum in die Ausrüstung und das Minimum in die Hülle zu stecken. In diesem Zusammenhang stellt sich vermehrt die Frage, ob es sich lohnt, statt eines Neubaues intakte Altbauten neuen Anforderungen anzupassen. Ein Umbau kann unter Umständen technisch die zweitbeste, jedoch wirtschaftlich eine realisierbare Lösung darstellen, während ein Neubau optimal, aber bei den heutigen Realitäten utopisch ist.

Folge der vorstehenden Überlegungen für den Baumarkt ist eine Schwerpunktverlagerung in Richtung Umbau. Sie

geht einher mit der Herausforderung an die Bautechnik zur Entwicklung neuer Umbaumethoden, die weitergehende Zweckänderungen gestatten müssen, mit möglichst geringem Aufwand, mit möglichst wenig Überraschungsfaktoren und möglichst wenig Störungen innerhalb des Betriebes. Der Erläuterung einer solchen neuen Umbautechnik gelten folgende Ausführungen.

## **2 Geklebte Armierungen – eine neue Umbautechnik**

Platten und Unterzüge aus Stahlbeton können durch Anbringen von Stahllamellen mit Epoxidkleber verstärkt werden. Damit wird es möglich, die Nutzlast bestehender Decken wesentlich zu erhöhen. Die bisherige Konstruktionsstärke wird dabei lediglich um die Dicke der Lamelle erhöht.

Gegenüber herkömmlichen Verstärkungsmethoden werden mit der Kunststoffklebetechnik folgende Vorteile erzielt:

- Die Nutzhöhe bleibt praktisch erhalten.
- Unterdecken und Installationen an der Deckenuntersicht können wieder verwendet werden.
- Anschlüsse an Fassaden und unverstärkte Deckenfelder bieten keine Schwierigkeiten.

Die Erstellung der Verstärkung erfordert keinen Abbruch. Der Einbau schwerer provisorischer Einbauten (Spriessungen) erübrigkt sich, weil bloss die Lamellen unterstützt werden müssen. Erschütterungen, Lärm und Schuttanfall werden stark herabgesetzt, so dass Betriebsunterbrüche neben, über und unter der Umbaustelle oft entfallen.

Der wohl bedeutendste Nachteil der Stahlbetonbauweise gegenüber Stahl und Holz liegt in den Schwierigkeiten einer späteren Verstärkung. Die erläuterte Methode ermöglicht praktisch, die gewohnten Schwierigkeiten zu vermeiden (Fig. 1 und 2).

## **3 Statik**

Massgebend für Anwendungen in der Schweiz ist die Norm SIA 162 für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton.



**Fig. 1**  
Übersicht einer verstärkten Tragkonstruktion

beton. In Artikel 3.02 werden für die Bemessung der Bauteile folgende Grundsätze aufgestellt:

- Normales Verhalten unter Gebrauchslast
- Ausreichende Bruchsicherheit

### 31 Normales Verhalten unter Gebrauchslast

Darunter versteht man bei Stahlbetonkonstruktionen Grundsätze bezüglich der Verformungen und der Rissbildung.

#### 311 Verformungen

Die erwähnte Norm schreibt vor, dass die auftretenden Verformungen keinen nachteiligen Einfluss auf die Nutzung und auf die anschliessenden Konstruktionsteile ausüben dürfen. Sie sind somit auf jeden Fall zu überprüfen, sind jedoch bei Stahlbetonkonstruktionen sehr oft nicht massgebend.

Der Einfluss von aufgeklebten Lamellen auf die Verformungen des Tragwerks kann erheblich sein. Dies ist ins-

besondere dann der Fall, wenn infolge der Nutzlast die Biegezugfestigkeit des vorhandenen Betons überschritten wird.

#### 312 Beschränkung der Rissbildung

Eine gewisse Rissbildung von Stahlbetonkonstruktionen ist aufgrund der technologischen Eigenschaften des Betons unvermeidlich und in der Theorie des Stahlbetons berücksichtigt. Die Rissbildung soll jedoch beschränkt bleiben, so dass im besonderen keine Korrosion der Bewehrungsstäbe zu befürchten ist; feine Risse sind im allgemeinen nicht nachteilig. Die voraussichtliche Entwicklung der Rissbildung an der verstärkten Konstruktion ist deshalb abzuschätzen. Sofern notwendig, zum Beispiel bei Rissbreiten von über 0,3 mm, können Risse mit Kunststoffemulsionen injiziert werden, die den Korrosionsschutz der Bewehrung sicherstellen.

### 32 Bruchsicherheit

Dieses Kriterium ist im allgemeinen massgebend für die Bemessung der Verstärkungskonstruktionen. Soll die Nutzlast erhöht werden, erfordert die Gewährleistung der Bruchsicherheit meistens eine entsprechende Verstärkung. Gemäss erwähnter Norm ist der Nachweis einer Bruchsicherheit von 1,8 erforderlich.

In den *Figuren 3 und 4* wird das Tragverhalten an unverstärkten und verstärkten Stahlbetonbalken erläutert. Am unverstärkten Balken bestimmt meist die vorhandene Bewehrung die massgebende Bruchlast  $P_{Br}$ . Diese muss nun durch Aufkleben einer zusätzlichen Bewehrung erheblich erhöht werden.

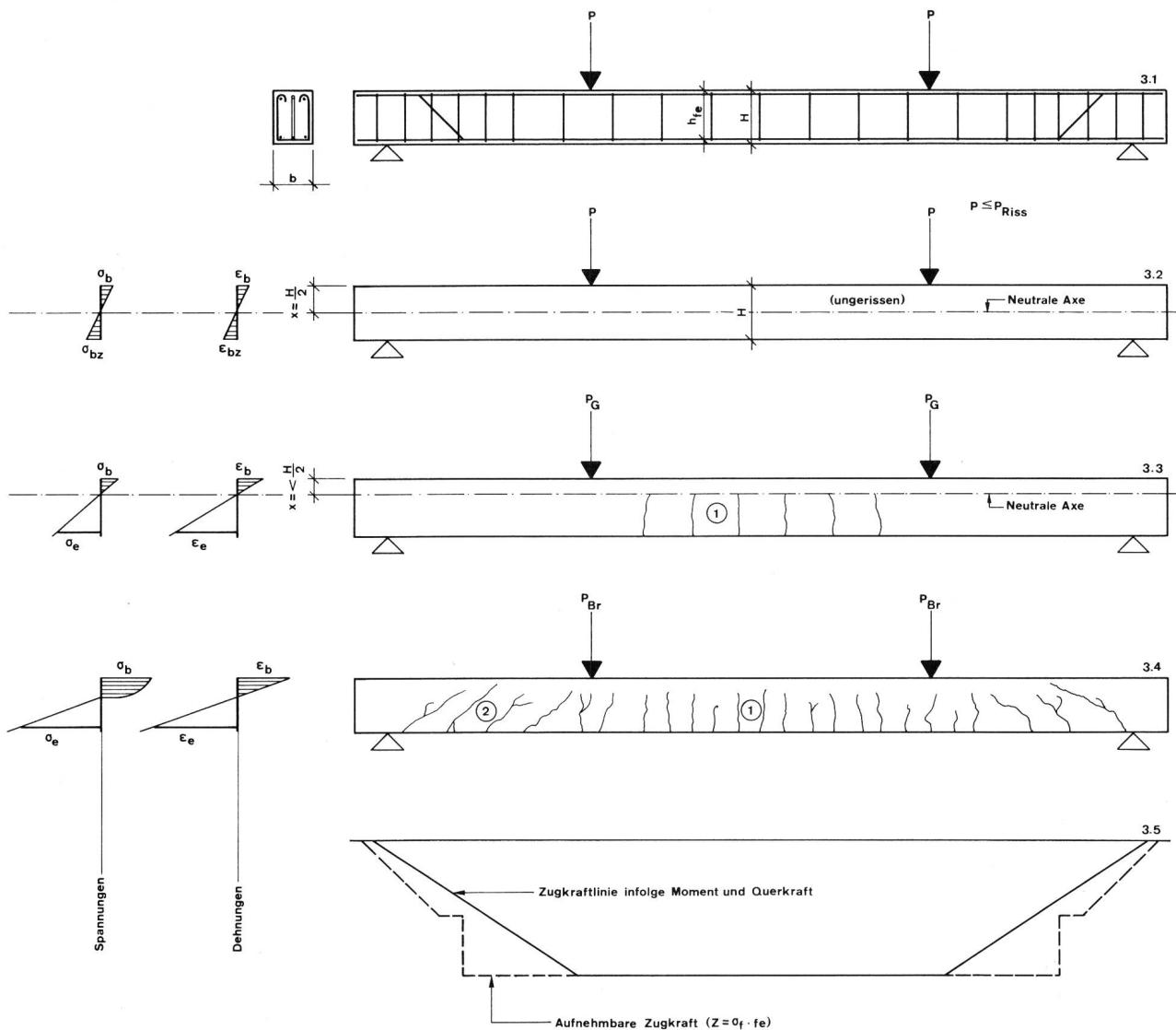
Die zulässige Gebrauchslast am verstärkten Balken

$$P_{Gv} = \frac{P_{BrV}}{s}$$

ist bedeutend grösser. *Figur 5* zeigt ein Biege-Element und *Figur 6* andere verstärkte Querschnitte.



**Fig. 2**  
Anbringen der Verstärkung



**Fig. 3**  
**Tragverhalten eines unverstärkten Stahlbetonbalkens bis zum Bruch**

3.1 System des Balkens mit Bewehrung

3.2 Balken belastet mit  $P \leq P_{\text{Riss}}$ . Beton übernimmt Zug- und Druckspannungen

3.3 Balken belastet mit  $P_G \geq P_{\text{Riss}}$ . Im gerissenen Bereich übernimmt Beton nur Druckspannungen, Stahl übernimmt Zugspannungen  $P_G \leq \frac{1}{s} P_{\text{Br}}$

3.4 Die Last  $P$  wird gesteigert, es treten Schubrisse auf, bei weiteren Laststeigerungen bis  $P_{\text{Br}}$  beginnt in der Regel der Stahl zu fliessen ( $\sigma_e \geq \sigma_f$ ), die Druckzone verkleinert sich, der Balken bricht

3.5 Zugkraft-Deckungslinie:  $Z = \sigma_f^e \cdot f_e$

① Biegrisse

② Schubrisse

#### 4 Technologie des Epoxidharzes

Die Anwendungen der Epoxidharze sind an sich sehr vielfältig. Auch im Bauwesen sind die Einsatzmöglichkeiten weit gestreut. In der Kunststoffklebetechnik erfüllt das Epoxidbindemittel eine kraftübertragende Funktion, die ganz bestimmte Bedingungen an die Wahl des Epoxidharzes stellt. Diese sind im wesentlichen folgende:

#### Mechanische Festigkeiten

Darunter sind die Druck-, Zug-, Biege- und Scherfestigkeit des Klebers zu verstehen sowie dessen Haftfestigkeit auf Beton und Stahl. Die entsprechenden Werte des Klebers sind auf jeden Fall höher als jene von Beton und Stahl, so dass sich im Bereich der mechanischen Festigkeit keine Probleme stellen. Dasselbe gilt für das Ermüdungsverhalten sowohl bei statischer als auch bei dynamischer Beanspruchung.

#### Erhärtungsgeschwindigkeit

Sie muss zwei Bedingungen genügen:

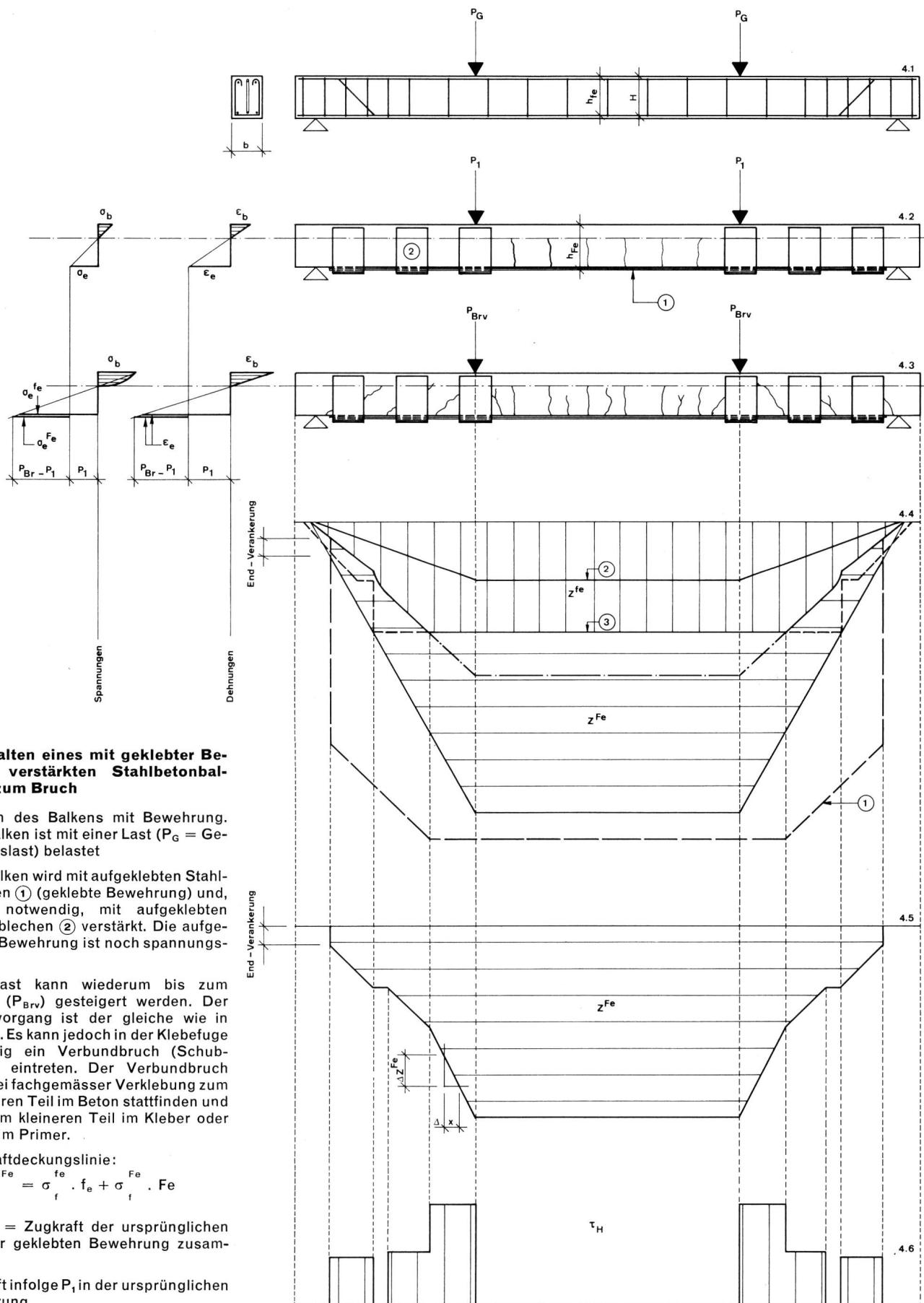
- Ermöglichung einer praktischen Arbeitsgliederung auf der Baustelle («Topfzeit»)
- Variierbarkeit, damit der Einfluss schwankender und im voraus nicht bekannter Ausführungstemperatur ausgeglichen werden kann

#### Wasser- und Alkalibeständigkeit

Diese ist erforderlich, weil der Kleber mit Beton in Berührung steht und der Witterung ausgesetzt sein kann.

#### Temperaturbeständigkeit

Es ist bekannt, dass die mechanischen Eigenschaften des Epoxidklebers sich bei steigender Temperatur rasch verschlechtern. Da er anderseits bei üblicher Gebrauchstemperatur gegenüber den erforderlichen Werten erheb-



**Fig. 4**  
**Tragverhalten eines mit geklebter Be- wehrung verstärkten Stahlbetonbal- kens bis zum Bruch**

4.1 System des Balkens mit Bewehrung. Der Balken ist mit einer Last ( $P_G$  = Ge- brauchslast) belastet

4.2 Der Balken wird mit aufgeklebten Stahl- lamellen (1) (geklebte Bewehrung) und, wenn notwendig, mit aufgeklebten Schubblechen (2) verstärkt. Die aufge- klebte Bewehrung ist noch spannungs- frei

4.3 Die Last kann wiederum bis zum Bruch ( $P_{Brv}$ ) gesteigert werden. Der Bruchvorgang ist der gleiche wie in Fig. 3.4. Es kann jedoch in der Klebefuge vorzeitig ein Verbundbruch (Schub- bruch) eintreten. Der Verbundbruch wird bei fachgemässer Verklebung zum grösseren Teil im Beton stattfinden und nur zum kleineren Teil im Kleber oder sogar im Primer.

4.4 Zugkraftdeckungslinie:

$$Z^{fe} + Z^{Fe} = \sigma_f^{fe} \cdot f_e + \sigma_f^{Fe} \cdot F_e$$

①  $Z^{fe} + Z^{Fe}$  = Zugkraft der ursprünglichen und der geklebten Bewehrung zusammen

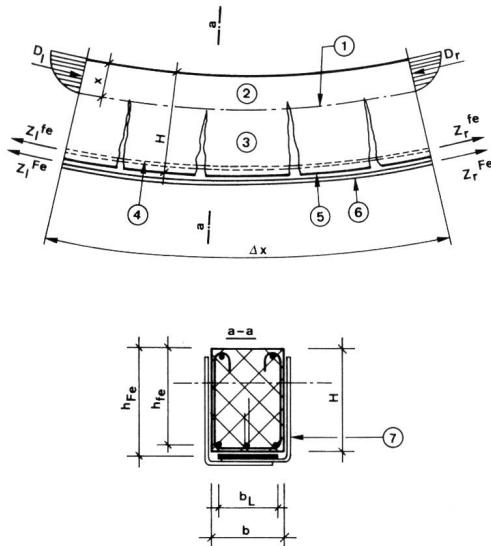
② Zugkraft infolge  $P_1$  in der ursprünglichen Bewehrung

③ Zugkraft infolge  $P_{Brv}$  in der ursprünglichen Bewehrung  $Z^{fe} \leq \sigma_f^{fe} \cdot f_e$

4.5 Zugkraft  $Z^{fe}$  in der geklebten Bewehrung. Diese Zugkraft muss durch Schubspannungen in der Klebefuge zwischen «Stahl-Primer-Kle- ber-Beton» übertragen werden. An den Enden der geklebten Bewehrung ist meistens eine spezielle Verankerung (vorgespannte Klebe- anker) nötig

4.6 Schubspannungsdiagramm in der Klebefuge «Stahl-Primer-Kleber-Beton»  $\tau_H = \frac{\Delta Z^{fe}}{\Delta x \cdot b_L}$

$\frac{\Delta Z^{fe}}{\Delta x}$  Zunahme der Zugkraft in der Stahllamelle pro Längeneinheit



**Fig. 5**  
**Biege-Element**

- ① Neutrale Achse
- ② Druckzone
- ③ Gerissene Zugzone
- ④ Ursprüngliche Bewehrung
- ⑤ Kleber
- ⑥ Geklebte Bewehrung mit Primer (Stahllamelle)
- ⑦ Eventuell notwendige Schubbleche (Schubbewehrung); diese muss in der Druckzone verankert werden

$$\tau_h = \frac{\Delta Z^{fe}}{\Delta x \cdot b_L} = \frac{Z^{fe}_L - Z^{fe}_r}{\Delta x \cdot b_L} \quad \text{Schubspannung in der Klebefuge}$$

liche Reserven aufweist, gelingt es im allgemeinen, Kriterien aufzustellen, die vom Hersteller eingehalten und garantiert werden können. Hierzu sind seitens des projektierenden Ingenieurs die Erfassung der Minimal- und Maximaltemperatur im Gebrauchszustand, seitens des Herstellers eine sorgfältige Wahl der Rohstoffe und der einwandfreie Nachweis, dass die geforderten Bedingungen erfüllt werden können, erforderlich.

Die Abhängigkeit zwischen Temperatur und Festigkeit ist je nach Laststufe verschieden. Diese Zusammenhänge sind noch unvollständig bekannt und bilden Gegenstand der technologischen Forschung. Immerhin erlauben die vorliegenden gesicherten Erkenntnisse in einer Vielzahl von Fällen einwandfreies Bauen.

## 5 Aspekte der Ausführung

### 51 Arbeitspläne

Aus den vorangegangenen Darlegungen ist ersichtlich, dass die erfolgreiche Anwendung der Kunststoffklebetechnik ein minuziöses Ineinandergreifen verschiedener Spezialarbeiten erfordert: Im besonderen verlangt die beschränkte «Topfzeit» des Klebers die Vorbereitung von Arbeitsplänen, die die Ausführung genau bestimmter Klebeteppen gewährleistet. Die Arbeitspläne ihrerseits bedingen sorgfältige und ins einzelne gehende Ausführungspläne des Ingenieurs, die sich wiederum auf genaue Aufnahmen der vorhandenen zu verstärkenden Bauteile stützen.

Im folgenden wird noch kurz auf die erforderlichen Vorarbeiten am Bau sowie auf die recht umfangreichen Mate-

rialprüfungen zurückgekommen. Dies alles erfordert ein Mass an Planungsarbeit, das über die Projektierung von herkömmlichen Umbauten hinausgeht. Diese Arbeit stellt jedoch eine unerlässliche Vorbedingung für die erfolgreiche Anwendung der Technik dar.

## 52 Vorarbeiten

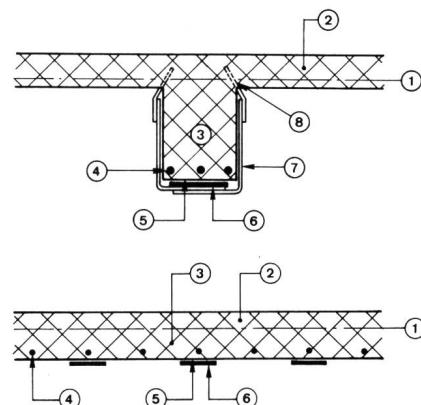
Von den Betonklebeflächen muss die Zementhaut vorsichtig abgespitzt werden. Dies kann manuell durch Stokken des Betons geschehen; besondere Abreissgeräte bestehen bereits und sind in Weiterentwicklung.

Die Stahllamellen werden im Werk mit Sandstrahlung gereinigt und allenfalls am Bau nochmals manuell nachgereinigt, bevor ein Voranstrich aufgetragen wird. Dieser wird von einem Zweikomponentenanstrich gebildet und dient dem Korrosionsschutz.

## 6 Materialprüfung

### 61 Ergänzung der Theorie durch systematische Versuche

Die für die statische Berechnung massgebenden Festigkeitswerte waren bis vor kurzem noch nicht so weit durch Versuche belegt, dass der projektierende Ingenieur mit genügender Sicherheit von ihnen Gebrauch hätte machen können. Die für die Schweiz geltenden Vorschriften lassen in diesen Fällen eine experimentelle Untersuchung durch eine staatliche Anstalt zu. Bei einem ersten Anwendungsfall grösseren Ausmasses, der Telefonzentrale Füsslistrasse im Zentrum Zürichs, veranlasste deshalb die Generaldirektion der Schweizerischen PTT-Betriebe entsprechende Untersuchungen an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (Empa) in Dübendorf. Nach Plänen des Ingenieurs wurde ein Versuchsbalken als naturgetreue Nachbildung eines am Bau zu verstärkenden Trägers hergestellt, das heisst im Massstab 1:1 und mit der am Bau vorgefundenen Betonqualität und Armierung



**Fig. 6**  
**Andere verstärkte Querschnitte**

- ①...⑦ Analog Figur 5
- ⑧ Verankerung in der Druckzone
- ⑨ Schubverstärkung in Platten im allgemeinen nicht nötig

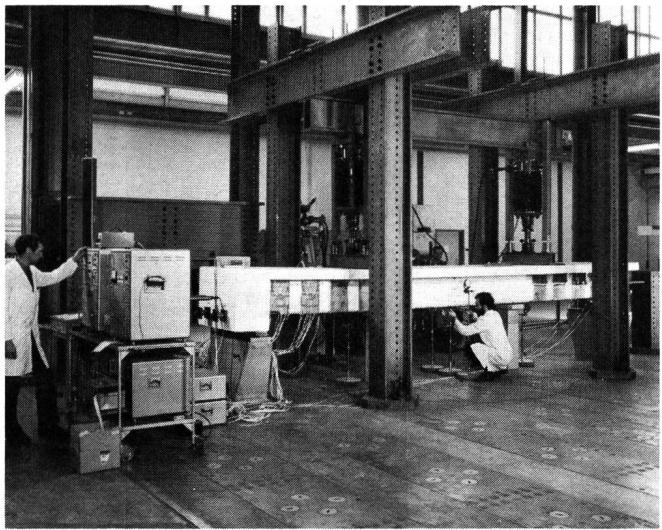


Fig. 7

**Versuchsanordnung für die Prüfung eines Balkenmodells in der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt**

(Fig. 7). Die Versuche umfassten die Überprüfung verschiedener konstruktiv möglicher Verklebungen und Verankerungen, und zwar sowohl unter Kurz- als auch Langzeitbelastung. Die Versuchsergebnisse ermöglichen die ingenieurmässige Bemessung und Ausführung der Konstruktion am Bau.

Für weitere Anwendungen wurden dadurch wertvolle Erkenntnisse gewonnen, so dass ähnliche Grundlagenversuche sich inskünftig wahrscheinlich erübrigen werden.

## 62 Versuche am Objekt

Diese umfassen

- Vorversuche
- Überwachungsversuche
- Abnahmeversuche

Die Vorversuche betrafen lediglich die Betonqualität. Diese möglichst genau zu kennen bildet eine unerlässliche Voraussetzung zur Führung des Bruchsicherheitsnachweises gemäss Abschnitt 32. Die Betonqualität muss daher nach den einschlägigen Bestimmungen der Schweizer SIA-Norm festgestellt werden.

Durch die Überwachungsversuche wurden zunächst die Eigenschaften des Epoxidklebers selbst an Bindemittelprismen auf ihre Biegezug- und Druckfestigkeit geprüft. Zweckmässigerweise wird jeder Klebermischung eine Probe entnommen, mit der speziell vorbereitete Prüfkörper verklebt und raschestens einem Druck-Scher-Versuch unterworfen werden. Dadurch ist eine sofortige Information der Bauleitung über allenfalls entstandene Mischfehler möglich. Besondere Wichtigkeit kommt den Verankerungen zu (siehe zum Beispiel Fig. 6, Position 8). Hier sind Ausreissversuche an Stichproben erforderlich.

Die Abnahmeversuche betrafen das verstärkte Bauwerk als solches. An eigens vorbereiteten Messstellen erfolgten Durchbiegungsmessungen, was über das Tragverhalten der Konstruktion vor und nach der Verstärkung Aufschluss gab. Die Übereinstimmung zwischen statischer Berechnung und Durchbiegungsmessung erlaubte eine Beurteilung des Erfolges der Verstärkungen.

## 7 Baulicher Brandschutz

Wie unter 4 ausgeführt, bildet die starke Temperaturabhängigkeit der mechanischen Festigkeit das Hauptproblem und gleichzeitig den Schwerpunkt der weiteren Forschung.

Bei den gegenwärtigen Kenntnissen kommen für die Erzielung eines genügenden Brandschutzes folgende Massnahmen in Frage:

- a Herabsetzung der zulässigen Spannungen im Kleber
- b Verkleidung der verklebten Lamellen analog zum Stahlbau
- c Installation von Brandmelde- und Brandbekämpfungsanlagen

### Symbole und Bezeichnungen

#### Geometrische Grössen

|            |                 |   |
|------------|-----------------|---|
| $b$        | cm              | Balkenbreite                                |
| $b_L$      | cm              | Breite der geklebten Bewehrung              |
| $H$        | cm              | Balkenhöhe                                  |
| $h_{fe}$   | cm              | Statische Höhe der ursprünglichen Bewehrung |
| $h_{Fe}$   | cm              | Statische Höhe der geklebten Bewehrung      |
| $x$        | cm              | Neutrale Achse - Druckrand                  |
| $\Delta x$ | cm              | Länge eines Biegeelements                   |
| $f_e$      | cm <sup>2</sup> | Querschnitt der ursprünglichen Bewehrung    |
| $F_e$      | cm <sup>2</sup> | Querschnitt der geklebten Bewehrung         |

#### Belastungen (äußere Kräfte)

|            |    |  |
|------------|----|--|
| $P$        | Mp | Last                                     |
| $P_1$      | Mp | Last im Zeitpunkt der Verstärkung        |
| $P_{Riss}$ | Mp | Risslast                                 |
| $P_G$      | Mp | Gebrauchslast                            |
| $P_{Gv}$   | Mp | Gebrauchslast am verstärkten Querschnitt |
| $P_{Br}$   | Mp | Bruchlast am unverstärkten Querschnitt   |
| $P_{Brv}$  | Mp | Bruchlast am verstärkten Querschnitt     |

#### Innere Kräfte

|                   |    |   |
|-------------------|----|---|
| $D$               | Mp | Druckkraft                                    |
| $D_L$             | Mp | Druckkräfte am Biegeelement links oder rechts |
| $D_r$             | Mp | Zugkraft                                      |
| $Z$               | Mp | Zugkraft in der ursprünglichen Bewehrung      |
| $Z^{fe}$          | Mp | Zugkraft in der geklebten Bewehrung           |
| $Z^L_{fe}$        | Mp | Zugkräfte am Biegeelement links oder rechts   |
| $Z^R_{fe}$        | Mp | Zugkräfte am Biegeelement links oder rechts   |
| $Z^L_r$           | Mp | Zugkraftdifferenz am Biegeelement             |
| $\Delta Z^R_{fe}$ | Mp | Zugkraftdifferenz am Biegeelement             |

#### Spannungen

|                 |                    |   |
|-----------------|--------------------|---|
| $\sigma_b$      | kp/cm <sup>2</sup> | Betonspannung                               |
| $\sigma_e$      | kp/cm <sup>2</sup> | Stahlspannung                               |
| $\sigma_f$      | kp/cm <sup>2</sup> | Fliessspannung                              |
| $\sigma^{fe}$   | kp/cm <sup>2</sup> | Stahlspannung der ursprünglichen Bewehrung  |
| $\sigma_e^{fe}$ | kp/cm <sup>2</sup> | Stahlspannung der geklebten Bewehrung       |
| $\sigma_f^{fe}$ | kp/cm <sup>2</sup> | Fliessspannung der ursprünglichen Bewehrung |
| $\sigma_f^{fe}$ | kp/cm <sup>2</sup> | Fliessspannung der geklebten Bewehrung      |
| $\tau_H$        | kp/cm <sup>2</sup> | Schubspannung in der Klebefuge              |

#### Dehnungen

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| $\varepsilon_b$    | % | Betonstauchung                           |
| $\varepsilon_{bz}$ | % | Betondehnung am ungerissenen Querschnitt |
| $\varepsilon_e$    | % | Stahldehnung                             |

#### Sicherheit

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| $s$ | Sicherheitsfaktor = 1,8 |
|-----|-------------------------|

Die Anwendung einer oder mehrerer dieser Methoden ermöglicht die Führung eines Brandsicherheitsnachweises, zum Beispiel nach SIA-Norm 183, entsprechend den Anforderungen.

Die Forschung auf dem Gebiet der Kunststoffklebetechnik konzentriert sich gegenwärtig einerseits auf die Verbesserung der Temperaturbeständigkeit des Klebers, anderseits auf die Entwicklung neuer Verkleidungsmaterialien, die auf die besonderen Bedürfnisse der Bauweise abgestimmt sind. Es ist zu erwarten, dass von diesen beiden Seiten her in den nächsten Jahren beträchtliche Fortschritte erzielt werden.

## 8 Schlussfolgerungen

Die ersten Anwendungen der Kunststoff-Klebetechnik führten zu den beschriebenen Vorteilen, die mit keiner der herkömmlichen Methoden erreicht werden können. Wie häufig bei Neuentwicklungen zeigt es sich, dass die Technik der verklebten Armierungen oft auch kostengünstigere Verstärkungen erlaubt, als dies bisher möglich schien. Da in den nächsten Jahren viele an sich intakte Stahlbetonbauten der zwanziger bis fünfziger Jahre ihr «Umbaualter» erreichen, werden sich der Kunststoff-Klebetechnik zweifellos zahlreiche Möglichkeiten eröffnen.

### Adresse des Autors:

Robert Tausky, dipl. Ing. ETH/SIA, Dolderstrasse 24, 8032 Zürich

## Literatur - Bibliographie - Recensioni

**Schwarz H. Stichprobenverfahren.** München, R. Oldenbourg Verlag, 1975. 194 S., 23 Abb. Preis DM 29.50.

Die Stichprobentheorie, die ein wichtiges Teilgebiet der mathematischen Statistik darstellt, wird in letzter Zeit vermehrt angewendet. Das vorliegende Buch richtet sich weniger an den Theoretiker, sondern vor allem an den Anwender der Stichprobentheorie. Aus diesem Grunde und um den anzusprechenden Leserkreis nicht von Anfang an zu eng einzuschränken, ist bei der Stoffbehandlung weitgehend auf Ableitungen und Beweisführungen verzichtet worden. Ein Vorgehen ohne exakte theoretische Begründung birgt aber die Gefahr der allzu leichten und letztlich unzulässigen Anwendung der Methoden in sich. Der Verfasser bezweckt deshalb, mit seinem Werk dieser Gefahr zu begegnen. Vom Leser wird aber verlangt, dass er die Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der mathematischen Statistik kennt, weil ein entsprechendes einführendes Kapitel fehlt. Innerhalb der Stichprobentheorie hat die Probenahme zur Überwachung von Fertigungsvorgängen eine besondere praktische Bedeutung; Angaben darüber wurden jedoch bewusst weggelassen. Bei dem gebotenen Stoff handelt es sich daher nur um «große» Stichproben, so dass der Interessentenkreis vorwiegend aus der amtlichen Statistik stammen dürfte.

Der Inhalt ist in 8 Kapitel gegliedert. Nach einer Einleitung wird im zweiten Kapitel über die Bedeutung von Stichprobenuntersuchungen berichtet. Voll- und Stichprobenerhebung sind einander gegenüber gestellt, wobei auch auf die Gefahr einer nicht zufälligen Auswahl der zu untersuchenden Einheiten aufmerksam gemacht wird. Das dritte Kapitel behandelt verschiedene Verfahren zur zufälligen Auswahl der Stichprobeneinheiten und das vierte erläutert die Eigenschaften der aus der Stichprobe berechneten Schätzwerte für die Parameter der Gesamtheit. Nach diesen eher vorbereitenden Kapiteln folgt die Beschreibung der eigentlichen Auswahlverfahren: einfache zufällige Auswahl, geschichtete Auswahl, zweistufige Auswahl und Klumpenauswahl, ineinander greifende Stichproben. Bei den

beiden erstgenannten Auswahlverfahren sind der homograde und der heterograde Fall behandelt. Ebenso sind bei beiden Auswahlverfahren Verhältnis-, Regressions- und Differenzenschätzung mit in die Betrachtungen einbezogen.

Die angegebenen Formeln sind im allgemeinen ausführlich diskutiert. Auch grafische Verfahren kommen zum Zuge. Das Buch bietet eine gute Einführung in die Anwendung der gebräuchlichsten Stichprobenverfahren. Trotz der Aufgliederung in viele kleine Abschnitte wäre ein Stichwortverzeichnis nützlich. Bei einer allfälligen Neuauflage sollte die Gelegenheit zur Aufhebung diverser Druckfehler benutzt werden.

H. Ammann

**Kaiser R. (ed.) Betriebsmessungen der Fernmeldetechnik.** Teil 2: Vermittlungstechnik. Elektromechanische und elektronische Wählsysteme der Fernsprech-, Telegrafen- und Datentechnik. Berlin, Schiele + Schön GmbH, 1976. 500 S., 267 Abb., 30 Tab. Preis DM 108.-.

Damit die Prinzipien von Betriebsmessungen in elektromechanischen (konventionellen) und zukünftigen (elektronisch gesteuerten) Vermittlungssystemen beschrieben werden können, müssen zuerst die Vermittlungssysteme selber dem Leser bekannt gemacht werden. Dies geschieht im vorliegenden Werk kapitelweise, wie es zum Verständnis der nachfolgend beschriebenen Messungen und Prüfungen nötig ist. Die einzelnen Gebiete beziehungsweise Kapitel sind: Allgemeine Aufgaben von Messungen und Prüfungen im Betrieb der Vermittlungstechnik (30 Seiten) – Elektromechanische Fernsprech-Vermittlungssysteme, einschließlich Signalisierung (Hebdreh- und Motorwählersysteme, 300 Seiten) – Elektronisch gesteuertes Fernsprechvermittlungssystem EWS1 (117 Seiten) – Elektromechanische Telegrafen- und Datenvermittlungssysteme (Dreh- und Viereckwählertechnik, 17 Seiten) – Elektronisches Telegrafens- und Daten-Vermittlungssystem EDS (18 Seiten). Die vorstehend angegebenen Seitenzahlen zeigen deutlich, worin das

Schwergewicht der Beschreibung liegt, nämlich bei den heutigen konventionellen elektromechanischen Vermittlungssystemen der Deutschen Bundespost und dem kommenden System EWS1. Einen breiten Raum nimmt die Prüf- und Messtechnik im zweiten Kapitel ein, wobei noch zwischen regelmässigen und nur bedarfswise durchzuführenden Arbeiten differenziert wird. Das Buch ist deshalb nicht nur für unsere deutschen Kollegen interessant, sondern auch wir können viel daraus entnehmen, ist doch immer der innere Zusammenhang der Vermittlungssysteme mit den darin integrierten oder an sie angepassten Mess- und Prüfsystemen dargestellt.

Während die bisherigen Systeme in festgelegten Abständen vom Betriebspersonal gemessen oder geprüft werden müssen, enthalten moderne prozessorgesteuerte Vermittlungssysteme eine vollständige Selbstüberwachung. Mit andern Worten, das System prüft sich dauernd selber und reagiert auf eventuelle Vorkommnisse automatisch. Zudem kann es bei auftretenden Fehlern selber Diagnosen für deren Behebung stellen.

Es werden die bei der DBP verwendeten Abkürzungen verwendet, was das Lesen für den Neuling (Student oder junger Absolvent) mühsam, aber nicht unmöglich macht.

Obschon der Herausgeber in seinem Vorwort darauf hinweist, dass das vorliegende Werk im Gegensatz zur Reihe Postleitfaden nicht die Vollständigkeit im Detail anstrebt, wird gelegentlich etwas zu weit gegangen, wenn zum Beispiel bei der Beschreibung des Register-Prüfgerätes 77 auf Seite 212, Ziffer 4, steht: «Zum Messen beliebiger Widerstände stehen zwei Buchsen unter dem Messinstrument zur Verfügung.» Das Buch kann aber trotzdem empfohlen werden.

A. Bachmann