

der Baustoff für den allgemeinen Verbrauch, wozu noch die Sonderstähle für den Schiffbau kommen, sowie die großen Mengen von Stahl in sogenannter Handelsgüte.

Es ist kaum anzunehmen, daß die Baustahlfrage mit dem Siliziumstahl ihr Ende erreicht hat. Allerorten wird weiter an der Erzeugung hochwertiger Baustähle gearbeitet, und es werden wohl die nächsten Jahre noch weitere Fortschritte in dieser technisch wie wirtschaftlich so wichtigen Frage bringen. Aus Dortmund¹ kommt bereits der Vorschlag eines mit Kupfer und Chrom legierten, aber wesentlich niedriger silizierten Baustahles. Diese Zusammensetzung des neuen Stahles soll die gleichen physikalischen Eigenschaften wie beim deutschen St. Si ergeben, seine Mängel aber völlig vermeiden. Er soll sich außerdem gut und ohne Schwierigkeiten gießen und walzen lassen, gut schweißbar und sehr widerstandsfähig gegen Korrosion sein.

Schon jetzt hat sich also das prophetische Wort von MEHRTENS, in dem er sein Werk „Der Deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert“ schließt, verwirklicht, wo er sagt: „Wie lange wird das Flußeisen in seiner jetzigen Beschaffenheit oben bleiben? Aluminium und Nickel als Zusätze haben bereits eine Bedeutung gewonnen und das XX. Jahrhundert verbirgt, wenn nicht alles trügt, weitere Überraschungen in seinem Schoße.“ Die ersten Überraschungen haben sich erfüllt, mögen weitere uns geschenkt werden in den kommenden Jahrzehnten zur Hebung der Wirtschaft und zur weiteren Hebung und Entwicklung des Stahlbaues!

Diskussion

Dr. Jng. e. h. F. BRUNNER, Duisburg:

Herr Dr. BOHNY, der sich seit zwei Jahrzehnten um die Einführung eines hochwertigen Baustahles in den Eisenbrückenbau außerordentlich verdient gemacht hat, begründete in dem soeben gehörten Vortrag abermals die Notwendigkeit eines solchen hochwertigen Baustoffes; zunächst die *technische Notwendigkeit*, weil bei großen schweren Brücken die Querschnittsausbildung der einzelnen Stäbe mit unserm normalen Stahl 37 schon sehr große konstruktive Schwierigkeiten macht und auch das Eigengewicht solcher Bauwerke übermäßig groß wird; dann die *wirtschaftliche Notwendigkeit*, weil in unserer Zeit eben an allen Dingen gespart werden muß. Aber auch die Tatsache, daß jährlich Werte im Betrag von mehr als 1 Milliarde Mark dem Todfeind des Eisens, dem Rost, zum Opfer fallen, und die Eisenerzlager unseres Planeten — soweit wir sie heute wirtschaftlich ausbeuten können — sehr begrenzt sind, sollte zu einem sparsamen Verbrauch des Eisens anregen. — Ich möchte mir nun erlauben, die Ausführungen von Herrn BOHNY noch in einigen Punkten zu ergänzen, wobei ich allerdings in erster Linie deutsche und österreichische Verhältnisse im Auge habe.

Der sogenannte Stahl 37 beherrscht heute noch ziemlich souverän den Markt für Konstruktionseisen. Der Stahl Si kommt zunächst nur für große Bauwerke in Frage, weil der Mehrpreis von zirka M 60,—/t gegenüber Stahl 37 leider viel zu hoch für dessen allgemeine wirtschaftliche Verwendung ist. Der höhere Preis ist eine Folge der größeren Herstellungsschwierigkeiten im Hüttenwerk, was Herr Dr. BOHNY ja ausführlich begründet hat.

Nun ist aber für die Eisenbauindustrie der Zustand durchaus nicht ideal, daß mit zwei verschiedenen Baustoffen gearbeitet werden muß. Abgesehen von den

¹ Siehe Dr. SCHULZ, E. H., Dortmund: „Die Fortentwicklung des hochwertigen Baustahles.“ Stahl und Eisen, H. 28, S. 849 bis 853. 1928.

dadurch entstehenden Mehrkosten durch Schwierigkeiten in der getrennten Lagerung usw. sind auch die auftraggebenden Verwaltungen nicht ganz ohne Sorge, da ja Verwechslungen im Hüttenwerk wie in der Brückenbauanstalt trotz aller Sorgfalt immerhin möglich sind.

Nun ist zu beachten, daß der Stahl 37 gewissermaßen den unteren Grenzfall von erforderlicher Materialqualität für Brücken und Hochbauten darstellt. Kommen wir damit für den allgemeinen Gebrauch jetzt noch zurecht? Dr. BOHNY sagt, daß Stahl 37 noch für Balkenbrücken mit einer Stützweite bis zu etwa 300 m und für Auslegerbrücken mit einer solchen bis zu etwa 500 m verwendet werden kann. Diese oberen Grenzen scheinen mir doch außerordentlich weit gezogen zu sein. Ich glaube, man wird die Anwendungsgrenze des Stahl 37 bezüglich der Stützweiten noch erheblich nach unten drücken müssen. Andererseits wird aber für kleinere und mittlere Brücken die Gewichtersparnis bei Verwendung von Si-Stahl wahrscheinlich auch geringer ausfallen, als in Tafel I auf Seite 138 angegeben.

Beim Vergleich der Kostenersparnis in Si-Stahl Ausführung gegenüber Stahl 37 muß man meines Erachtens etwas mehr abstufen, je nach den Stützweiten. Wenn z. B. bei einer Brücke von 100 m Stützweite der Unterschied im Tonnenpreis der fertigen Brücke zirka M 120,— beträgt, so wird er bei 50 m Stützweite vielleicht nur M 90,—, dafür aber bei 150 m vielleicht schon M 150,— sein. Dementsprechend werden je nach den Stützweiten die Gesamtersparnisse von den Angaben auf Seite 138 im v. H.-Satz ebenfalls noch stark abweichen. Die durchschnittliche Ersparnis bei 50 m Stützweite wird kaum über 10% hinausgehen; sie wird hingegen bei 200 m auf 28 bis 30% anwachsen, wobei zunächst von der Trägerform gänzlich abgesehen ist. Es hat dies seinen Grund hauptsächlich darin, daß bei sehr großen Brücken die Gewichtersparnis von Stahl Si gegenüber Stahl 37 über den v. H.-Satz der höheren zulässigen Beanspruchung noch hinausgeht (was sich sehr klar bei der neuen Rheinbrücke Duisburg—Hochfeld zeigte) und ferner, weil auch in den Baugerüsten und -einrichtungen relativ viel mehr erspart werden kann als bei kleinen Brücken. Man wird also demzufolge die wirtschaftliche Grenze der Anwendungsfähigkeit des Stahls Si etwas hinaufdrücken müssen, vielleicht auf Stützweiten von etwa 70 m, besonders auch deshalb, weil der ungünstige Einfluß der modernen, rasch fahrenden Maschinen auf die Unterhaltung von relativ leichtgebauten Brücken vermieden werden soll. Insbesondere für Straßenbrücken auch schwerer Bauart darf man die untere wirtschaftliche Grenze der Stützweiten nicht zu niedrig ansetzen, und ich möchte hiezu nur erwähnen, daß sich bei der Entwurfsbearbeitung der neuen Straßenbrücke über die Elbe in Hamburg mit drei Öffnungen von je 100 m gezeigt hat, daß bei dem dort verwandten, allerdings sehr rationellen System des vollwandigen Lohsträgers die wirtschaftliche Grenze für Stahl Si nicht sehr weit unter 100 m Stützweite liegt.

Als Ergebnis dieser Betrachtung muß man sagen, daß wir noch weit entfernt sind von dem Ideal des sogenannten Einheitsstahles, der sowohl für große wie für kleine Ausführungen genügende wirtschaftliche Eignung besitzt. Die Betrachtungen zeigen uns aber weiter, daß heute auch der Stahl 37 an sich seine Aufgabe in wirtschaftlicher Hinsicht nicht mehr erfüllt. Wir brauchen ein Zwischenmaterial, einen Stahl, der etwas härter ist als Stahl 37, ihm aber im Preise gleich oder wenigstens sehr nahekommt.

In Deutschland wird aber ein solches Material bereits seit langem hergestellt, und zwar der Stahl 44. Seine Bruchfestigkeit liegt 20%, seine Streckgrenze zirka 15% höher als bei Stahl 37. Seine stofflichen Qualitäten sind vorzüglich. Er hat sich schon bei großen Ausführungen, z. B. am Nordostseekanal, glänzend bewährt und kostet nur wenig mehr als Stahl 37. Wir wollen gegen den Stahl 37 nicht undankbar sein; er hat 40 Jahre lang seine Schuldigkeit in jeder Beziehung

getan; aber wir sollten auch bezüglich des sogenannten *normalen Baustoffes*, der für alle landläufigen Fälle im Brücken- wie im Hochbau wirtschaftlich seine Aufgabe am besten erfüllt, mit der Zeit gehen. — Verlassen wir doch den Stahl 37 ganz und setzen wir an seine Stelle den Stahl 44, der auch größeren Aufgaben gewachsen ist! Wir können mit diesem Stahl Brücken von Stützweiten bis zu 60, vielleicht auch 80 m und ebenso große Hochbauten sehr wirtschaftlich herstellen und werden damit bei kleineren und mittleren Ausführungen gegenüber dem Stahl 37 noch viel Geld sparen können, besonders wenn man berücksichtigt, daß bei allgemeiner Einführung dieses Stahles an Stelle von Stahl 37 sein Preis aller Wahrscheinlichkeit nach auf den Preis des Stahls 37 gesenkt werden kann.

Es bleibt uns dann genügend Muße, die technische Entwicklung des ganz harten Stahles, die ja, wie wir sehen, noch in vollem Fluß ist, aufmerksam zu verfolgen und weiterzuführen. Die Bestrebungen, einen sehr hochwertigen Stahl, etwa wie den jetzigen deutschen Si-Stahl oder einen noch härteren für große Bauwerke im Brückenbau einzuführen und dabei, wenn möglich, zu einer internationalen Einheitlichkeit zu kommen, können dann um so intensiver fortgesetzt werden. Diese Frage muß, wie dies schon bisher versucht wurde, im Zusammenarbeiten der Hüttenwerke und der Brückenbauer einer klaren Lösung zugeführt werden; denn sie ist eine Lebensfrage für den ganzen Eisenbau.

Wenn möglich, müßte sie zur Einführung eines hochwertigen Einheitsstahles führen, der natürlich erheblich billiger sein sollte als die jetzigen hochwertigen Baustähle. Wünschenswert wäre ein Stahl von etwa 55 kg mittlerer Festigkeit und einer Streckgrenze von etwa 36 kg/cm².

Dr.-Ing. e. h. O. ERLINGHAGEN, Rheinhausen:

Bevor ich auf die Ausführungen des Herrn Dr. BOHNY eingehe, möchte ich einige Worte zu den Vorschlägen des Herrn Vorredners, Herrn Dr. BRUNNER, Duisburg, sagen, in bezug auf den Stahl St. 37.

Ich möchte davor warnen, den Stahl St. 37, das ist die deutsche Normalgüte, ersetzen zu wollen etwa durch den Stahl St. 44. Es ist doch kein Zufall, daß z. B. auch der in Amerika verwendete Normalstahl fast genau dieselben Festigkeiten und physikalischen Eigenschaften wie der deutsche Stahl St. 37 hat. Der Stahl St. 37 ist eben das bei Thomas-Werken normal entfallende Erzeugnis. Der allergrößte Teil des Stahles, der in Deutschland verwendet wird, und wahrscheinlich auch in Amerika, ist eben dieser Stahl, dessen Bruchfestigkeit zwischen 37 und 45 kg/qmm liegt.

Nun zu den Äußerungen des Herrn Dr. BOHNY. Zunächst möchte ich Herrn Dr. Bohny um eine Aufklärung bitten, über eine Unstimmigkeit seiner Angaben auf Seite 139 des vorliegenden Abdruckes der Referate. Er führt aus, daß bei einem Unterschied von 120,— M je t Konstruktion aus St. Si gegen St. 37 mehr erspart wird als bei einem Unterschied von 60,— M je t. Hier liegt eine Unstimmigkeit, um deren Aufklärung ich bitte.

Am Schluß seines Referates sagt Herr Dr. BOHNY, daß voraussichtlich weitere Überraschungen zu erwarten sind in bezug auf die Baustahlfrage. Meine Herren! Ich möchte Ihnen keine Überraschungen bringen. Nach der schon heute erwähnten Verhandlung der Deutschen Reichsbahn mit dem Verein deutscher Eisenhüttenleute und dem Deutschen Eisenbauverband in Düsseldorf über den Silizium-Stahl und nach Erörterungen der Schwierigkeiten, die sich bei der Herstellung dieses Stahles herausgestellt haben, war es wohl zu erwarten, daß sich eine Reihe Hüttenwerke damit beschäftigen würde, wie diese Schwierigkeiten etwa durch Ersatz des Silizium-Stahles durch andere hochwertige Stähle aus dem Wege geschafft

werden können. Herr Dr. BOHNY erwähnt in seinem Berichte, daß aus Dortmund der Vorschlag gekommen sei, statt des Silizium-Stahles einen mit Kupfer und Chrom legierten, aber wesentlich niedriger silizierten Baustahl zu verwenden. Ich darf wohl annehmen, daß Herr Dr. BOHNY mit diesem Stahl den Union-Baustahl meint, den die Vereinigten Stahlwerke, Abteilung Dortmunder Union, und der unter den hier Anwesenden weilende Leiter des Forschungsinstitutes der Vereinigten Stahlwerke, Herr Dr. Schulz, herausgebracht haben. Nach alledem, was man bisher über diesen Stahl gehört hat, scheint dieser Union-Baustahl ein guter Ersatz für den deutschen Silizium-Stahl zu sein.

Daß die Firma Krupp, die auf dem Gebiete der hochwertigen Stähle langjährige Erfahrungen hat, sich auch mit der Frage beschäftigen würde, wie die Schwierigkeiten, die beim Silizium-Stahl entstanden sind, behoben werden könnten, ist wohl selbstverständlich. Über diese Bestrebungen der Firma Krupp, und zwar der Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen, möchte ich Ihnen folgendes kurz berichten:

Schon seit langem hatte man erkannt, daß mit Silizium legierte Stähle ein günstiges Verhältnis zwischen Streckgrenze und Zugfestigkeit aufweisen und ein hohes Arbeitsvermögen besitzen. Aus diesem Grunde benutzt man sie schon seit geraumer Zeit zur Herstellung von Federn aller Art. Vor einigen Jahren hat man nun auch hochsilizierte Stähle als Baustahl im Eisenbau verwendet, und zwar mit gutem Erfolge. Siliziumstahl erfordert jedoch bei seiner Herstellung außerordentlich große Sorgfalt, scharfe Überwachung des Schmelzprozesses und die Verwendung ausgesuchter Einsatzstoffe für die Schmelzöfen. Seine Verwalzung bedingt eine besonders auf ihn zugeschnittene Kalibrierung; groß ist ferner seine Neigung zu hohlen Stellen und Oberflächenfehlern, die zu hohen Ausfallziffern sowohl im Stahlwerk als auch bei der Weiterverarbeitung im Walzwerk führen.¹ Es ist daher nicht verwunderlich, daß sich Bestrebungen geltend machen, statt des Siliziums einen (oder mehrere) anderen Legierungsbestandteile in den Stahl einzuführen, der einerseits nicht die unangenehmen Begleiterscheinungen des Siliziumstahls aufweist, andererseits aber auch den Preis nicht so hoch hinauftreibt.

Der Gedanke, durch verschiedene Legierungsbestandteile die physikalischen Eigenschaften des Baustahles zu verbessern, ist nicht neu. Es gibt in Europa wie in Amerika zahlreiche Hochbaukonstruktionen, bei denen Stähle verwandt wurden, die Legierungszusätze wie Nickel, Chrom und Nickelchrom besitzen. Aber nur mit sehr teureren Nickelchromstählen (zirka 3% Nickel und zirka 0,6% Chrom) sind physikalische Werte erreicht worden, wie sie der Si-Stahl aufweist. Das günstige Verhältnis der Streckgrenze zur Zugfestigkeit und weiterhin gleichzeitig das hohe Arbeitsvermögen (= Zugfestigkeit \times Dehnung) des Si-Stahles sind nicht erreicht worden.

Vor einigen Monaten wurde auf der Friedrich-Alfred-Hütte damit begonnen, systematisch die chemischen und metallurgischen Bedingungen zu studieren, die zur Erreichung von dem Si-Stahl mindestens gleichwertigen Baustählen führen. Bei der Aufstellung des durchzuführenden Versuchsprogramms wurde das Moment der Wirtschaftlichkeit in der Weise berücksichtigt, daß die Versuche sich lediglich auf schwach legierte Stähle beschränken sollten.

Versuche mit einem Stahl, der neben höheren Mangengehalten auch Silizium und Kupfer in einem bestimmten Verhältnis enthält, zeigen, daß ein Stahl gefunden worden ist, der vollauf die bei Si-Stahl erhaltenen Festigkeitswerte erreicht, daß letztere sogar günstiger sind insofern, als die Streckgrenze mit zunehmender Profil-

¹ Siehe Berichte von WALLMANN und Dr. KOPPENBERG in „Stahl u. Eisen“, Jahrgang 48, Heft 25 vom 21. Juni 1928 (Seite 817ff.).

stärke keinen nennenswerten Abfall erfährt, also der Verwalzungsgrad keinen so einschneidenden Einfluß hat wie beim Si-Stahl. Die vorher geschilderten Herstellungsschwierigkeiten treten bei diesem neuen Stahl nicht auf. Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit ist von dem bekannten Mittel eines Kupferzusatzes Gebrauch gemacht worden.

Besonders hervorzuheben ist eine wesentlich höhere Alterungsbeständigkeit dieses neuen Baustahls gegenüber anderen Baustählen wie St. 37, St. 48 und St. Si. Wie bekannt ist, verliert ein Werkstoff, der eine örtliche Kaltverformung erfahren hat, d. h. eine Beanspruchung bis über die Elastizitätsgrenze, nach einiger Zeit, oft erst nach Monaten, 80 bis 90% seiner ursprünglichen Kerbzähigkeit. Die Alterungsbeständigkeit dieses neuen Baustahls wirkt sich somit bei jeder Eisenkonstruktion aus, an welcher örtliche Kaltverformungen ganz besonders bei gleichzeitiger Erwärmung vorgenommen worden sind, wie Nietungen usw.

Prof. Dr. Ing. KARNER, Zürich:

Baurat Dr. BOHNY weist in seinem Referat über die Anwendung des hochwertigen Stahles im Eisenbau ausdrücklich auch auf die Verwendung von Stahldraht in Form von Kabeln hin, um im Großbrückenbau für Hängebrücken größere Stützweiten wirtschaftlich bewältigen zu können. Die Anwendung von Stahlkabeln braucht aber nicht nur auf Hängebrücken beschränkt zu werden, sondern sie wird zweckmäßig auch bei anderen Brückenformen für solche Bauglieder angewandt werden müssen, die nur auf Zug beansprucht werden. So ergibt beispielsweise die Verwendung von Stahlkabeln als Zugband weitgespannter Bogenbrücken die Möglichkeit, diese Bauform wesentlich wirtschaftlicher zu gestalten. Der Redner verweist diesbezüglich auf seinen Vortrag über statische und wirtschaftliche Fragen bei der Anwendung von Kabelzugbändern weitgespannter Bogenbrücken¹ und führt in kurzen Worten einen Vergleich über die technische Ausführungsmöglichkeit, sowie über die Ersparnisse an Gewichten und Kosten vor, welche bei der Ausführung großer Bogenbrücken aus Si-Stahl mit Si-Stahl Zugbändern gegenüber ebensolchen Bogenbrücken mit Kabelzugbändern zu erzielen sind.

Direktor Dr.-Ing. KOMMERELL, Berlin:

Die sehr interessanten Ausführungen des Herrn Dr. BOHNY zeigen meines Erachtens in einem Punkt einen Widerspruch: er stellt an den hochwertigen Baustahl u. a. die Forderung, daß die erforderlichen Profile in kürzester Zeit in beliebiger Menge zu erhalten sind. Andererseits will er den hochwertigen Baustahl nur bei ganz großen Bauwerken angewendet wissen. Bei den Eisenbahnbrücken tritt aber die Zahl der ganz großen Bauwerke gegenüber kleineren und mittleren Bauwerken erheblich zurück. Eine Statistik bei den früheren Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen hat ergeben, daß von allen eisernen Brücken über 10 m Stützweite nur 3% Stützweiten über 70 m haben. Wird aber der hochwertige Baustahl nur selten erforderlich, so kann der von Herrn Dr. BOHNY gestellten Forderung schwer entsprochen werden, außerdem werden die Materialkosten verhältnismäßig hoch. Die Verwendbarkeit eines hochwertigen Baustahls an Stelle von St. 37 hängt aber in erster Linie von dem Mehrpreis des Materials ab, und es sollte daher die Entscheidung, ob hochwertiger Baustahl oder St. 37 zu verwenden ist, von Fall zu Fall nach der Wirtschaftlichkeit getroffen werden.

Direktor H. SCHMUCKLER, Berlin:

Ich begrüße die Fortschritte in der Entwicklung der hochwertigen Stähle, an denen insbesondere Herr. Geheimrat SCHAPER großen Anteil hat. Die Vorteile

¹ Siehe Nachtrag.

dieser hochwertigen Stähle für weitgespannte Brücken sind zweifellos erheblich. Dagegen muß ich darauf aufmerksam machen, daß für den Hoch- und Hallenbau die hochwertigen Stähle solange nicht in Frage kommen, als die beträchtlichen Überpreise den Vorteil der Gewichtersparnis paralysieren. Auch bei Druckstäben und Stützen ist an und für sich schon der Vorteil der hochwertigen Stähle mit Rücksicht auf das dem gewöhnlichen Stahl fast gleiche „E“ illusorisch.

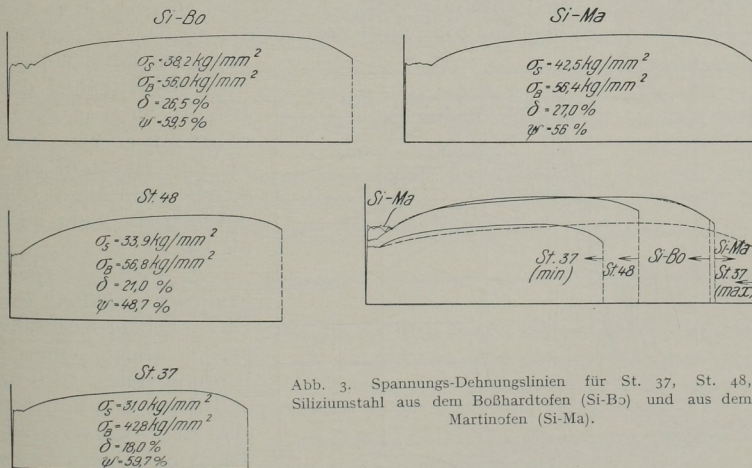
Ich möchte ausdrücklich darauf hinweisen, daß der Gewinn durch die hochwertigen Stähle nicht identisch ist mit einem gleichhohen Preisgewinn, weil in der Tat ja nur an *Material* gespart wird, während die Arbeit sowohl in der Werkstatt, als auch auf der Baustelle wenn nicht größer, so doch zumindest die gleiche ist. Die teure Verarbeitung des härteren Materials wird sich ungefähr ausgleichen mit der Ersparnis an der Loch- und Nietzahl. Eine einfache Rechnung zeigt deutlich, daß mit den hochwertigen Stählen im Hochbau ein Gewinn nicht erzielt werden kann. Legt man den Materialpreis für St. 37 mit M 145,— per t Basis Oberhausen zugrunde und rechnet hierzu den Überpreis für St. Si mit M 60,—, so ergibt sich für den Si-Stahl Rm. 205,— per t Basis Oberhausen. Zieht man hiervon die Gewichtersparnis, die höchstens etwa 30% betragen wird, mit M 60,— ab, so ergibt sich Rm. 145,—, also für den gleichen „Effekt“ bei St. Si derselbe Materialpreisanteil wie bei St. 37.

Es wäre erwünscht, wenn der Herr Vortragende sich zu dieser Frage, die mir außerordentlich wichtig erscheint, noch einmal äußern würde.

Professor Dr.-Ing. W. GEHLER, Dresden:

In Ergänzung zu dem Referat von Herrn BOHNY möchte ich auf Grund unserer Dresdner Versuche bei der Ausbildung des St. 48 und des St.Si noch folgende Gedanken vom Standpunkt des Verbrauchers hervorheben.

1. Frage: Worin zeigt sich auf Grund der Versuche die Überlegenheit der neuen Baustähle gegenüber St. 37?



1. Vom Standpunkt des Abnahmebeamten betrachtet: In Abb. 3 ist die Spannungsdehnungslinie für St. 37, St. 48 und St. Si (sowohl aus dem Bosshardtöfen als Si-Bo, wie auch aus dem Martinöfen als Si-Ma) dargestellt. Als Maßstab der Baustoffgüte dient in der Regel die sogenannte Güteziffer, das ist die Summe der Zugfestigkeit

σ_B in kg/qmm und die Bruchdehnung δ in Hundertteilen. Obwohl dieser Ausdruck mathematisch keinen Sinn hat, ist er doch bei den Eisenhüttenleuten der Einfachheit halber gebräuchlich und beliebt. Ein wissenschaftlich berechtigter Zahlenwert ist dagegen die Arbeitsgröße A_{III} (s. Referat GEHLER B_1 unter IV, 3), die auch die Brucharbeit A_B genannt und durch die Fläche zwischen der Spannungsdehnungslinie und der Dehnungsachse dargestellt wird. Beide Zahlenwerte, die Gütezahl und die Brucharbeit, sind in der folgenden Übersicht für die genannten Baustoffe zusammengestellt.

Material	Streckgrenze σ_S kg/mm ²	Bruchgrenze σ_B kg/mm ²	Bruchlängsdehnung δ_B %	Querdehnung ψ %	Bezog. Formänd. Arbeit A_B kgcm/cm ³	1. Gütezahl $\sigma_B + \delta_B$	2. Gütezahl $\sigma_B \cdot \delta_B$
St. 37	31,0	42,8	18,0 30,0	59,7	490 min 860 max	60,8 72,1	770 1284
St. 48	33,9	56,8	21,0	48,7	760	87,8	1193
St. Si-Bo.	38,2	56,0	26,5	59,5	910	82,5	1484
St. Si-Ma.	42,5	56,4	27,0	56,0	940	83,4	1523

Man erkennt, daß die Werte für St. 37 sehr streuen. Nimmt man als Mittelwert $A_B = 675$ kgcm/cm³ an, so ergibt sich das Verhältnis der Werte bei St. Si und bei St. 37 zu $925 : 675 = 1,37$. Der St. Si erträgt also hiernach eine um 37 % höhere Brucharbeit, als der Baustahl St. 37. Der entsprechende Vergleich zwischen St. 48 und St. 37 ergibt $760 : 675 = 1,13$, also einen um 13 % höheren Wert.

2. *Vom Standpunkt des Statikers betrachtet:* Wie die Spannungsdehnungslinie (s. Referat GEHLER B_1 , Abb. 3) zeigt, liegt die P -Grenze bei St. 37 im Verhältnis zur Streckgrenze tiefer als beim St. 48. Bei St. 37 ist das Verhältnis der beiden Ordinatenwerte $\sigma_P : \sigma_S = 1836 : 2370 = 0,78 = \text{rd. } 0,8$, dagegen bei St. 48 $\sigma_P : \sigma_S = 3250 : 3520 = 0,92 = \text{rd. } 0,9$.

Das HOOKESCHE Proportionalitätsgesetz erstreckt sich also bei St. 48 wesentlich weiter als bei St. 37, so daß sein Endpunkt dort dichter an der Streckgrenze liegt.

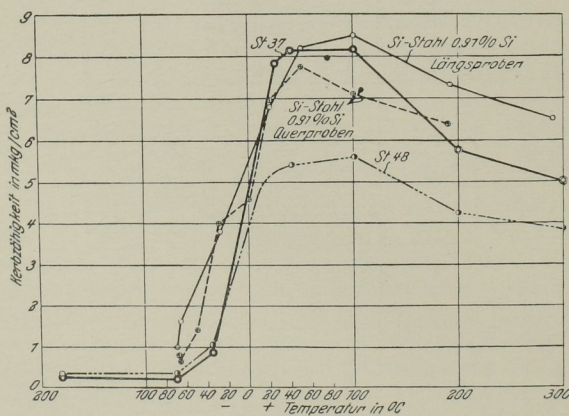


Abb. 4. Abhängigkeit der Kerbzähigkeit von der Versuchstemperatur. 10-mm-Blech. Anlieferungszustand (gewalzt).

Da dieser Bereich das eigentliche Arbeitsgebiet des Statikers ist, kann er den Baustoff St. 48 mit größerer Zuversicht als den Baustahl St. 37 anwenden und dieses Gebiet gegebenenfalls mehr ausnutzen, als bei St. 37.

3. *Vom Standpunkt der baulichen Gestaltung betrachtet:* Die Schlag-Kerzbähigkeitsprobe bildet eine scharfe Prüfung hinsichtlich des Verhältnisses des Baustoffes für alle die Bauwerksteile, bei denen die Querdehnung sich nicht frei vollziehen kann, sondern behindert ist (s. Referat GEHLER B_1 , Abb. 4 bis 6).

Dies ist nicht nur bei leichten Verletzungen der Oberfläche, den sogenannten Kerben, der Fall, oder bei gekröpften Stücken, sondern besonders auch bei allen gelochten

Stäben, also insbesondere bei unseren Nietverbindungen. Nach den Versuchen über Kerbzähigkeit von Professor Dr. SCHWINNING-Dresden (Abb. 4) ergab sich für den kohlenstoffreicheren Baustahl St. 48 eine geringere Kerbzähigkeit, als bei St. 37. Dieser Übelstand ist nun bei dem neuen St. Si beseitigt worden, dessen Kerbzähigkeit mindestens so hoch liegt, wie die von St. 37. Abb. 4 gibt eine Übersicht der Kerbzähigkeiten bei verschiedenen Versuchstemperaturen und zeigt insbesondere den bedenklich starken Abfall bei etwa 20° Kälte. Gerade hier verhält sich St. Si hinsichtlich der Kerbzähigkeit wesentlich günstiger als die anderen Baustähle.

4. *Vom Standpunkt der Werkstatt betrachtet:* Bei der Werkstattarbeit ist Kaltbearbeitung nicht zu vermeiden. Die Kaltbiegeprobe bietet nun einen ausgezeichneten Maßstab für das Verhalten des Baustoffes bei der Kaltbearbeitung. Abb. 5 zeigt

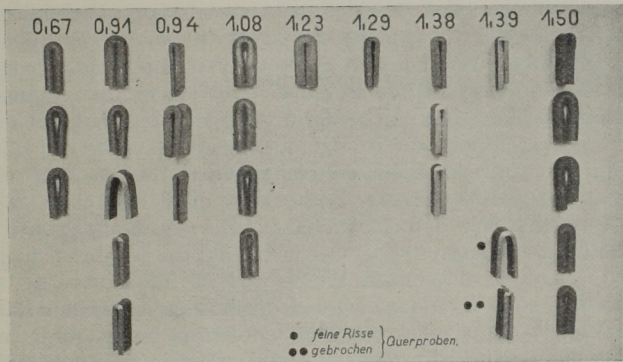


Abb. 5. Kaltbiegeprobe bei Siliziumstahl. (Die Zahlen bedeuten den Gehalt an Si.)

z. B. Kaltbiegeproben des Baustahles St. Si bei verschiedenem Si-Gehalt, wobei die Enden des Probestabes vollständig zusammengeschlagen wurden, während bekanntlich nach den deutschen Abnahmebedingungen für die Dicke des dazwischen liegenden Dornes die zweifache Stabdicke, also eine wesentlich mildere Prüfung vorgeschrieben ist. Man sieht aus Abb. 5, daß diese Kaltbiegeprobe erst bei einem sehr hohen Si-Gehalt, z. B. bei 1,39% versagt und daß der St. Si sich hinsichtlich dieser Prüfung hervorragend gut verhält.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, daß die neuen Baustähle, insbesondere der St. Si hinsichtlich der Abnahme, der Ausnutzung durch den Statiker, der konstruktiven Formgebung und der Werkstattarbeit dem Baustahl St. 37 an Güte überlegen sind.

2. *Frage: In welcher Hinsicht besteht keine Verbesserung beim Übergang von St. 37 zu den hochwertigen Baustählen?*

Die beiden bedauerlichen Versager bei dem Bestreben, unsere Baustähle stärker auszunutzen, bildet bekanntlich die Durchbiegung der Bauwerke und das Knickproblem im elastischen Bereich.¹ Die Ursache für diese beiden Erscheinungen ist der Umstand, daß das Elastizitätsmaß E für sämtliche Baustähle praktisch gleich groß, nämlich zu 2100 t/qcm anzunehmen ist. Über die Frage der Durchbiegung habe ich mich in der Einleitung zu meinem Referate B_1 bereits ausführlich ausgesprochen. Wir nehmen die größere Durchbiegung infolge der Verkehrslast bei Brücken aus hochwertigem Baustahl als unabänderlich in Kauf, weil wir sie nur zum kleinen

¹ Siehe W. GEHLER, Einige Leitsätze über das Wesen und die Bedeutung des hochwertigen Baustahles St. 48. „Der Bauingenieur“, 1924, Heft 19, Abb. 2.

Teil durch größere Bauhöhen ausgleichen können. Die Erfahrung muß zeigen, ob und welche Nachteile damit verbunden sind. Für das Knickproblem bildet die sogenannte Knickspannungslinie oder die σ_K - λ -Linie (Abb. 7 meines Referates B₁) eine anschauliche Darstellung. Für Stäbe mit einer größeren Schlankheit als $\lambda = l : i = 80$ ergibt sich in dieser Darstellung bei St. 48 die bekannte EULER-Hyperbel, die wegen des gleichbleibenden Elastizitätsmaßes E allen Baustählen gemeinsam ist. Im unelastischen Bereich dagegen, also für die im Brückenbau sehr häufigen Schlankheiten von $\lambda = 40$ bis 80, kommt wiederum der Vorteil der höheren Streckgrenze bei den hochwertigen Baustählen voll zur Geltung.

3. Frage: Welche neuen Probleme werden durch die jüngsten hochwertigen Baustähle aufgerollt?

Nur auf eine noch nicht geklärte Streitfrage sei hier hingewiesen. Die bekannte Spannungsdehnungslinie (s. Referat GEHLER, Abb. 1) zeigt bei allen bisher gebräuchlichen Stählen jenseits der Streckgrenze, also im dritten Bereich, noch ein starkes Ansteigen der Spannung. Wir nennen dieses Gebiet den Verfestigungsbereich und betrachten ihn als eine wertvolle Reserve bei plötzlichen Anstrengungen des Baustoffes durch Stöße, Schläge oder starke Verformungen. Steigen die Beanspruchungen bis zu diesem Bereiche empor, so tritt selbsttätig eine Härtung des Baustoffes, eine Verfestigung ein. Hierin erblickten wir bisher einen Hauptvorteil unseres zähen Eisens z. B. gegenüber dem spröden Beton. Um diese wertvolle Eigenschaft zu gewährleisten, forderten wir, daß das Verhältnis ($\sigma_S : \sigma_B$) nicht größer als 0,70 sein sollte. Bei unseren allerneuesten hochwertigen Stählen ergibt sich jedoch z. B. $\sigma_S : \sigma_B = 48 : 62 = 0,78 = \text{rd. } 0,8$. Das Wesen und die Eigenart eines solchen Baustahles sind zweifellos etwas anders wie bei den bisher erörterten Baustählen. Sie bedürfen daher selbst dann einer eingehenden Erforschung, wenn man die zulässigen Beanspruchungen nicht höher ansetzt, als wie es bisher bei St. Si z. B. mit 2100 kg/qcm geschehen ist.

Meine Herren! Durch unseren Vorstoß in Deutschland haben wir es erreicht, daß heute allenthalben die führenden Geister mit Feuereifer an der Aufgabe der Ausbildung eines restlos befriedigenden Baustahles arbeiten, eines Brückenbaustahles, der nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich unseren hohen Erwartungen entspricht. Ich habe das feste Vertrauen, daß dieses Ziel in ganz kurzer Zeit erreicht werden wird.

Dr. Ing. E. H. SCHULZ, Dortmund:

Gestatten Sie mir als Eisenhüttenmann einige Worte. Es ist für den Metallurgen außerordentlich verlockend, zu der Fülle von Fragen, die hier hinsichtlich des hochwertigen Baustahles angeschnitten wurden und die auch für den Hüttenmann zum großen Teil von erheblicher Bedeutung sind, eingehend zu sprechen, die zur Verfügung stehende Zeit läßt jedoch nur einige wesentliche Bemerkungen zu.

Herr Dr. BOHNY hat erklärt, daß er hinsichtlich der Weiterentwicklung nicht als Prophet auftreten möchte — der Verlauf der Diskussion hat gezeigt, daß er aber doch gut prophezeien kann, denn seine Hoffnung auf die Ausbildung neuer hochwertiger Baustähle ist ja bereits, wie wir hörten, in zwei Fällen erfüllt. Er selbst wies schon hin auf den neuen Baustahl der Dortmunder Union, den auch die Herren Professor Dr. GEHLER und Dr. ERLINGHAGEN erwähnten, und der letztere berichtete weiter über den neuen hochwertigen Baustahl der Friedrich-Alfred-Hütte.

Grundsätzlich darf wohl gesagt werden, daß es verschiedene Wege gibt, um die Festigkeitseigenschaften, die der Siliziumbaustahl hat, zu erreichen auch ohne die Verwendung des Siliziums. Dem Metallurgen stehen eine ganze Anzahl von

Legierungsmetallen zur Verfügung, um die Streckgrenze und auch die Zugfestigkeit zu erhöhen, ohne daß dabei die Dehnung in demselben Maße fällt, wie dies bei Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes der Fall ist. Der Verwendung mancher dieser Zusatzstoffe treten aber Schwierigkeiten entgegen: die Einführung einiger Legierungsmetalle ruft in den Stahl nämlich gewisse Schwächen hervor. So wird ja gerade der Vorteil, den der Siliziumzusatz von etwa 1% im Siliziumstahl hinsichtlich der Streckgrenze bringt, sehr eingeschränkt durch die Schwierigkeiten, die dieser Baustoff im Walzwerk bei der Herstellung der wichtigen großen Profile und breiten Universaleisen mit sich bringt. Eine zweite Einschränkung hinsichtlich der Anwendung der Legierungszusätze liegt auf wirtschaftlichem Gebiet; einzelne dieser Zusätze sind so teuer, oder müssen in so großer Menge zugegeben werden, daß der Vorteil durch Verbesserung der physikalischen Eigenschaften durch die Höhe des Preises zu nichte gemacht wird. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn etwa die guten Eigenschaften nur zu erzielen sind durch eine besondere Wärmebehandlung oder überhaupt eine Sonderbehandlung im Hüttenwerk, die vom normalen Fertigungsgang abweicht. So wird die vielleicht vorhandene größere Anzahl der Möglichkeiten der Weiterentwicklung durch besondere Legierungszusätze doch erheblich eingeschränkt.

Herr Dr. BOHNY hat dann die Anforderungen entwickelt, die an einen hochwertigen Baustahl zu stellen sind. Neben dem niedrigen Preis, auf den im einzelnen einzugehen wohl nicht hier der Platz ist, verlangt er hohe Festigkeitseigenschaften, die Möglichkeit der Lieferbarkeit jedes Profils mit diesen Festigkeitseigenschaften, leichte Bearbeitbarkeit und allgemeine Zuverlässigkeit.

Diese Faktoren sind auch die Gesichtspunkte gewesen, nach denen die Dortmunder Union gemeinsam mit dem Forschungsinstitut der Vereinigten Stahlwerke den Union-Baustahl entwickelte. Hierbei wurde als Ziel gesetzt und auch erreicht einmal die Erzielung mindestens der gleichen Festigkeitseigenschaften wie sie der Silizium-Stahl aufweist. Dabei wurde aber diese Forderung nicht beschränkt auf die Eigenschaften, die in der Abnahme geprüft werden, sondern ausgedehnt auch auf die anderen physikalischen Eigenschaften, wie Kerbzähigkeit und Dauerfestigkeit, denn nur so ist es möglich, der außerordentlich wichtigen letzten Forderung des Herrn Dr. BOHNY zu entsprechen, wonach der Werkstoff auch allgemeine Zuverlässigkeit zeigen soll. Die Forderung des Herrn Dr. BOHNY nach Lieferbarkeit jeden Profils in den vorgeschriebenen Festigkeitseigenschaften machte bekanntlich gerade beim Siliziumstahl die allergrößten Schwierigkeiten, ja erwies sich zum Teil sogar als unausführbar. Demgegenüber läßt der Unionbaustahl auch die Lieferung stärkster Profile und breitester Universaleisen ohne Schwierigkeiten im Walzwerk und mit gleich guten Festigkeitseigenschaften zu. Die Bearbeitbarkeit ist ebenso leicht wie die des Siliziumstahles.

Als besonders wichtiger Punkt der weiteren Entwicklung ist dann noch darauf hinzuweisen, daß der Unionbaustahl einen außerordentlich hohen Korrosionswiderstand aufweist — nachdem der Korrosion der Eisenbauwerke in neuerer Zeit mit Recht eine erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet wird, dürfte dieser Gesichtspunkt auch sehr ins Gewicht fallen.

Erwähnt muß noch werden im Hinblick auf die Lieferungsvorschriften anderer Länder als Deutschland, daß der Unionbaustahl auch hergestellt werden kann in einer höheren Festigkeitsstufe, nämlich mit einer Mindestfestigkeit von 56 kg/mm².

Herr Dr. ERLINGHAGEN hat dann noch die Frage des Widerstandes gegen Alterung angeschnitten. Zweifellos ist diese Frage außerordentlich bedeutsam und verlangt die größte Aufmerksamkeit. Soweit ich aber auf Grund der umfassenden Arbeiten des Forschungsinstituts der Vereinigten Stahlwerke gerade in der Alterungsfrage die Verhältnisse überblicken kann, scheint es mir so zu sein, daß die Alterungs-

gefahr bei legiertem Stahl allgemein geringer ist als bei reinem Kohlenstoffstahl und daß die Alterung beim St. 37 am stärksten ist. Bezüglich des Unionbaustahles darf ich bemerken, daß nach intensiver Alterungsbehandlung die Kerbzähigkeit abnimmt von im Mittel etwa 12 mkg/cm² auf etwa 8 mkg/cm², die Abnahme ist also gering bzw. die spezifische Schlagarbeit nach der Alterung noch recht hoch.

Ich möchte annehmen, daß Sie alle im vorigen Jahr die Werkstofftagung und die Werkstoffschau in Berlin besucht haben. Über dieser ganzen Veranstaltung stand das Wort „Gemeinschaftsarbeit!“ Ich darf wohl zum Schluß zum Ausdruck bringen, daß gerade die Frage des hochwertigen Baustahles, wie wenig andere, ein Problem ist, auf dem durch intensive und vertrauensvolle Zusammenarbeit der Hüttenleute und der Eisenbauer Erfolge zu erzielen sind, die für beide Gruppen von erheblicher Bedeutung sind.

Dr. BOHNY:

Die eingehende und lebhaftige Aussprache über mein Referat „Der hochwertige Stahl im Eisenbau“, dazu Urteile aus dem Munde erster sachkundiger Männer der Wissenschaft und Praxis zeigt, wie sehr der eingangs und am Schlusse meiner mündlichen Ausführungen festgestellte Satz Anklang gefunden hat: Hochwertiger Stahl tut unserer heutigen Wirtschaft dringend not!

Herr Generaldirektor Dr. BRUNNER, Duisburg, empfiehlt, sofort den St. 37 zu verlassen und statt dessen — bis der einheitliche mitteleuropäische hochwertige Baustahl festgestellt und allgemein anerkannt ist — den St. 44, den deutschen sogenannten Schiffbaustahl zu verwenden. Der St. 44 ist ein in jeder Beziehung vorzügliches Material, besitzt nur geringe Aufpreise gegenüber St. 37 und würde die Grenze der Wirtschaftlichkeit gegenüber St. Si schon ganz erheblich nach oben rücken. Der St. 44 ist auch jederzeit in jedem Profil und in jeder Menge erhältlich. Man hätte dann Muße, das Endergebnis und den Schlußkampf um den einheitlichen und endgültigen hochwertigen Baustahl abzuwarten, für den Herr Dr. BRUNNER eine mittlere Festigkeit von etwa 55 kg und eine Streckgrenze von 36 kg für wünschenswert hält. Der Vorschlag von Herrn Dr. BRUNNER ist sehr beachtlich, er wäre eine Fortsetzung der Bestrebungen von Oberbaurat Dr. Voss, der bereits am Nordostseekanal die Hochbrücke bei Hochdonn in diesem Material bauen ließ.

Herr Direktor Dr. ERLINGHAGEN von Krupp wünscht die vorläufige Beibehaltung des St. 37, da dieser Stahl immer noch das für die deutschen Stahlwerksverhältnisse — den Thomasprozeß — zurzeit gegebene Material ist, das sich in seinen Eigenschaften auch mit dem in Amerika am meisten verwendeten Stahl, dem Mild Steel — siehe auch meine Ausführungen — deckt. Im Anschluß an die Veröffentlichungen der Union Dortmund teilt Herr Dr. ERLINGHAGEN des weiteren mit, daß die im Erzeugen hochwertiger Stähle so sehr erfahrenen Kruppschen Werke auch bereits einen neuen Stahl herausgebracht hätten, einen Stahl mit einem höheren Mangengehalt und mit Zusätzen von Silizium und Kupfer in einem bestimmten Verhältnis. Dieser Kruppstahl hat alle physikalischen Eigenschaften des St. Si — sogar noch höhere Kerbzähigkeit —, während alle Nachteile des St. Si, wie namentlich die Schwierigkeiten im Schmelz- und Walzprozeß, vollständig entfallen.

Herr Prof. Dr. KARNER, Zürich, knüpft an die in meinem Vortrag hervorgerufenen besonders hohen Eigenschaften des Drahtes und des Drahtseiles. Es ist klar, daß sich diese wertvollen Eigenschaften nicht nur bei Hängebrücken ausnützen lassen, sondern überall da, wo Glieder nur auf Zug beansprucht werden. Lange einfache Zugglieder sind in Kabelausführung immer wirtschaftlicher als bei einer Ausführung in genieteter Konstruktion.

Herr Reichsbahndirektor Dr. KOMMERELL, Berlin, wünscht eine einheitliche Verwendung hochwertiger Stähle bei allen Eisenbauwerken, da die großen Brücken und Hochbauten, bei denen die Gewichte ausschlaggebend sind, stets in der Minderzahl vorkommen, wenigstens in Mitteleuropa. Demgegenüber muß betont werden, und ich habe das auch in meinem Referat erwähnt, daß die Eisen- und Stahlbauten an sich immer nur einen bescheidenen Teil aller Walzerzeugnisse ausmachen und daß ferner es als ein Vorzug anzusehen ist, wenn Bauwerke geringer Stützweiten nicht gar zu engbrüstig ausgeführt werden, ein Mehr an Masse ist bei solchen Bauwerken nur zu begrüßen. Das gilt auch für alle Hochbauten, für die Herr Direktor SCHMUCKLER, Berlin, bei den heutigen Überpreisen für die hochwertigen Baustähle, z. B. für St. Si, noch keine Aussicht auf wirtschaftliche Verwendung erkennen kann.

Als Eisenhüttenmann hat Herr Dr. SCHULZ aus Dortmund sich geäußert. Er betonte mit Recht, daß verschiedene Wege das erstrebte Ziel erreichen lassen: einen hochwertigen Baustahl zu finden mit den hohen physikalischen Eigenschaften des St. Si, aber ohne dessen Nachteile bei der Herstellung und ohne dessen hohe Aufpreise. Herr Dr. SCHULZ verwirft Legierungen mit teuren Metallen, wie Nickel und so weiter, ebenso besondere Wärmebehandlungen in den Hüttenwerken. Er stimmt voll und ganz den von mir geforderten Bedingungen, die an den hochwertigen Baustahl der Zukunft zu stellen sind, zu: geringe Aufpreise, hohe physikalische Eigenschaften, Erhältlichkeit jeden Profils, leichte Bearbeitungsfähigkeit und absolute Zuverlässigkeit. Nach diesen Gesichtspunkten hat auch die Dortmunder Union unter Mitwirkung von Herrn Dr. SCHULZ den neuen Union-Baustahl geschaffen, der durch seinen Gehalt an Kupfer sich noch durch hohen Korrosionswiderstand auszeichnet. Herr Dr. SCHULZ tritt mit Wärme für ein vertrauensvolles Zusammenarbeiten aller Fachleute auf dem Gebiete der Stahlerzeugung ein, wie auch für ein inniges Zusammenspiel mit den Konsumenten, den Brücken- und Eisenhochbauern.

Zum Schlusse sei noch auf die Ausführungen von Herrn Prof. Dr. GEHLER, Dresden, hingewiesen, der auch einige Nachteile bzw. Schwächen der hochwertigen Baustähle hervorhob: keine Ausnutzung der höheren Festigkeitszahlen bei Knickstäben im elastischen Bereich und gleichbleibendes E, daher größere Durchbiegung der Träger bei gleicher Systemhöhe. Es ist klar, daß mit diesen Nachteilen bei der Konstruktion gerechnet werden muß und wird. Sie können keinesfalls die großen wirtschaftlichen Vorteile beeinträchtigen, die bei den meisten mittleren und bei allen größeren Bauten in hochwertigen Stählen zu erzielen sind. Hiefür bleibt der Anspruch von der absoluten Notwendigkeit der Schaffung und Verwendung hochwertiger Baustähle unbedingt bestehen.