

Die Wahl der Stahlqualitäten und Stahlgüten

Autor(en): **Preisig, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **82 (1964)**

Heft 34

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67559>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

le problème. Ce passage favorise simplement les aciers à haute résistance, dont la limite élastique est plus proche de la rupture. En fait de fragilité, les crochets d'extrémité des barres d'armatures, autrefois usuels, éliminaient les plus cassantes d'entre elles. Cette mesure était suffisante dans la règle, du fait de la sécurité calculée élevée, du poids mort très important, de l'absence de soudures et de l'utilisation de barres en acier doux, nombreuses et bien réparties dans la masse.

Il resterait un mot à dire de l'incidence de la corrosion sur le choix des aciers. Ce problème ne concerne d'ailleurs pas que la construction métallique, à laquelle les personnes trop peu au courant reprochent des frais d'entretien (prévisionnels) élevés, tout en pensant qu'ils sont insignifiants ou n'en atteignent qu'une fraction pour d'autres matériaux.

Die Wahl der Stahlqualitäten und Stahlgüten

DK 624.014.2.002.3

Von P. Preisig, dipl. Ing. ETH, Direktor der Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey SA.

(Deutsche Kurzfassung des vorstehenden Aufsatzes «Choix des qualités et des nuances des aciers» von Ch. Dubas)

Während Jahrzehnten waren für die Materialauswahl und die Materialprüfung die klassischen Zug- und Biegeversuche massgebend. Diese haben sich in den letzten 40 bis 50 Jahren kaum geändert, während die Stahlbauwerke im gleichen Zeitraum ganz grundlegende Änderungen erfahren haben, und es gilt zu überprüfen, ob die klassischen Versuche allein heute unseren Ansprüchen noch genügen können.

Die früheren genieteten Konstruktionen zeichneten sich durch eine gewisse Nachgiebigkeit ihrer Verbindungen aus und waren dadurch in der Lage, sekundäre Spannungen und lokale Überbeanspruchungen in einem gewissen Masse aufzufangen und auszugleichen. Man verlangte damals vom Material vor allem eine gute Verformbarkeit, d. h. eine grosse Dehnung.

Bei den modernen steifen Schweisskonstruktionen stellen sich die Probleme ganz anders. Hier sind nicht nur die Bruchfestigkeit und die Dehnung des Materials wesentlich, sondern wir haben es mit viel komplexeren Problemen zu tun, vor allem mit jenem der Sprödigkeit.

Den Materialprüfern war das Phänomen der Sprödigkeit zwar schon anfangs unseres Jahrhunderts bekannt, und es bestehen aus der damaligen Zeit interessante Abhandlungen hierüber. Die Konstrukteure hingegen machten sich darüber keine grossen Sorgen und auch die Stahlwerke setzten sich kaum mit der Frage des Sprödbrechens auseinander, welche für die damaligen Nietkonstruktionen von untergeordneter Bedeutung war. Für besondere Ansprüche schlugen die Werke allenfalls eine andere Erschmelzungsart (z. B. Siemens-Martin-Stahl) vor oder ein Normalisieren; aber auf den Kern der Sprödbrechfrage traten sie nicht ein, bis es dann in den dreissiger Jahren plötzlich ein jähes Erwachen aus diesem Dämmer Schlaf gab, nachdem Brüche an mehreren grossen geschweissten Bauwerken aufgetreten waren (in Deutschland und Belgien). Diese Unfälle verursachten eine lebhaft Diskussion über die Ursachen solcher Brüche und über die Vorkehrungen, um in Zukunft weitere Schäden zu vermeiden, woraus sich schliesslich eine recht fruchtbare Entwicklung für die Schweissttechnik und die Metallurgie im allgemeinen ergab.

Der Begriff der «Schweisbarkeit» gab seit jeher Anlass zu Auseinandersetzungen. Die einen wünschten sich einen Stahl, der unter allen möglichen Umständen absolut sicher verschweisst werden könnte, andere wiederum sahen das Heil in einer Elektrode, die alle auf dem Markt vorhandenen Stahlsorten einwandfrei zu schweissen gestattete. Bis heute ist noch keine generelle Definition für die Schweisbarkeit gefunden worden und aller Voraussicht nach wird auch kaum je eine aufgestellt werden können. Es gilt vielmehr, für jeden speziellen Fall die richtige Lösung zu finden.

Als Kriterium zur Bestimmung der Sprödbrechensicherheit hat sich heute ziemlich allgemein die Kerbschlagzähigkeit durchgesetzt (Bilder 1, 2, 5). Über die Formen der Prüfstücke sind sich Theoretiker und Praktiker ziemlich einig, doch scheiden sich die Ansichten bei den Fragen der Kerbform, der Prüftemperatur und der möglichen Alterung.

Eine gute Ergänzung zur Kerbschlagprüfung bilden die Aufschweissbiegeproben, bei welchen das Verhalten des Materials beim Biegen eines Prüfstückes mit aufgebrachtener Schweissraupe untersucht wird. Spröde Stähle brechen schon bei kleinen Biegewinkeln schlagartig durch, während ein zähes Material sich bis zu Winkeln von 90° und darüber verformen lässt, ohne dass die einzelnen auftretenden Einrisse zum Bruch des ganzen Querschnittes führen (Bild 6).

Le problème de la corrosion est en effet de plus en plus à l'ordre du jour en matière de béton armé et il peut être capital pour le béton précontraint.

Constatons simplement qu'il n'existe pas d'aciers spéciaux à des prix abordables, qui n'auraient pas besoin de protection. Quant à certains aciers faiblement alliés, il est exact que nous, ils résistent beaucoup mieux aux fumées industrielles que les aciers ordinaires. Cependant, comme la peinture de protection contre la corrosion atmosphérique est nécessaire, même dans notre pays, on ne voit pas l'avantage de ces aciers spéciaux, surtout en Suisse. Le sablage ou le grenailage et une bonne peinture sont de toute manière très efficaces et moins onéreux qu'on ne le croit trop souvent.

Zur Kerbschlagzähigkeit ist zu sagen, dass als Kriterium nicht der mehr oder weniger hohe Wert der Kerbschlagarbeit als massgebend betrachtet wird, sondern der Temperaturbereich, in welchem der sogenannte Steilabfall auftritt. Wenn man nämlich Prüfstücke des gleichen Materials bei verschiedenen Temperaturen prüft, kann man feststellen, dass bei höheren Temperaturen die Mittelwerte der Kerbschlagzähigkeiten nur wenig variieren, während sie bei sinkender Temperatur ziemlich plötzlich abfallen, wobei gleichzeitig grosse Streuungen um die Mittelwerte auftreten. Bei noch tieferen Temperaturen ergeben sich dann nur noch Mittelwerte in der Grössenordnung von 1 kgm/cm², was bedeutet, dass das Material spröde geworden ist (Bild 5).

Die Sprödbrechensicherheit eines Stahles wird somit nach dem Temperaturbereich beurteilt, in welchem der Steilabfall eintritt, wobei aber die Kerbform festgelegt werden muss. Ganz allgemein führen nämlich schärfere Kerben zu einer Verschiebung des Steilabfalls in einem wesentlich höheren Temperaturbereich; um die Zähigkeit eines Stahles zu definieren, müssen darum Prüftemperatur und Kerbform vereinbart werden.

Die Klassierung der Stahlgüten erfolgt heute mehr und mehr nach dem Kriterium der Lage des Steilabfalls, mit den normalen Gütegruppen 1 bis 3 und einer Sondergruppe, die oft noch in zwei Untergruppen 4 und 5 aufgeteilt wird.

In den gegenwärtig gültigen S.I.A.-Normen ist leider der Begriff der Materialgüte nur unzureichend definiert, sind doch weder Kerbform noch Prüftemperatur vorgeschrieben. Bis zum Erscheinen einer revidierten S.I.A.-Norm wird daher heute auch in der Schweiz weitgehend die Deutsche Norm DIN 17 100 verwendet, deren Gütegruppen nach dem oben erwähnten Prinzip wie folgt festgelegt sind:

Gütegruppe 1: Ohne besondere Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit.

Gütegruppe 2: Mittlere Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit (Probe mit Flachkerbe, gealtert. Prüftemperatur 20° C, $x = 8$ kgm/cm².)

Gütegruppe 3: Höhere Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit (Probe mit Rundkerbe, Prüftemperatur 0° C, $x = 7$ kgm/cm².)

Nach dieser Norm können für die Gütegruppen 2 und 3 auch Aufschweissbiegeproben verlangt werden.

Die DIN 17 100 definiert verschiedene Stahlsorten, welche sich nach Zugfestigkeit und Güte unterscheiden (Tabelle 1). Für die Verwendung im Stahlbau, und ganz besonders für Brücken, kommen aber lange nicht alle Sorten in Frage. St 33 muss ausgeschlossen werden, da vom Lieferwerk keinerlei Gewährleistung verlangt werden kann. Die Sorten St 60, St 60-2 und St 70-2 sind wegen ihrer hohen Kohlenstoffgehalte (0,4 bis 0,5%) praktisch nicht schweisbar und scheiden daher ebenfalls aus. Die Stähle der Zugfestigkeit 34 bieten kein Interesse, da sie teurer sind als die Stähle der Sorten 37. Von der Verwendung der Sorten St 42, St 42-2, St 42-3, St 50 und St 50-2 mit ihrem relativ hohen Kohlenstoffgehalt von 0,25-0,30% muss wegen ihrer nur bedingten Schweisbarkeit abgeraten werden. Für die praktische Verwendung bleiben somit die Sorten St 37-2, St 37-3 und St 52-3.

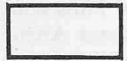
Die Zahl der für Schweisskonstruktionen verwendbaren Stahlsorten nach DIN 17 100 ist also bescheiden, doch wird glücklicherweise das Sortiment durch vorläufig nicht genormte Sonderstähle

Tabelle 1
Gegenwärtig erhältliche Stahlsorten
Différentes sortes d'acier élaborées par les aciéries

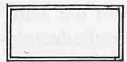
	Qualité (Gütegruppe)			
	1	2	3	Qual. spéciales (Sondergüten) (4) (5)
Résistance à la traction (kg/mm ²) (Bruchfestigkeit)	33	St 33	—	—
	34	St 34	St 34-2	St 34-3
	37	St 37	St 37-2	St 37-3
	42	St 42	St 42-2	St 42-3
	50	St 50	St 50-2	—
	52	—	—	St 52-3
	60	St 60	St 60-2	—
	70	—	St 70-2	—



Domaine des aciers définis dans la norme DIN 17 100
Bereich der nach DIN 17 100 genormten Stähle



Aciers définis dans la norme DIN 17 100 et qui entrent en ligne de compte pour la construction des ponts
Für den Brückenbau praktisch in Frage kommende Stähle nach DIN 17 100



Domaine des aciers spéciaux non définis dans les normes et qui entrent en ligne de compte pour la construction des ponts
Bereich der für den Brückenbau in Frage kommenden Sonderstähle

wesentlich erweitert, welche in den Gütegruppen 3 bis 5 erhältlich sind mit Zugfestigkeiten von 37 bis gegen 58 kg/mm² (doppelt umrandeter Bereich in Tabelle 1). Die Ansprüche an die Kerbschlagzähigkeit sind bei diesen Sonderstählen noch höher, als in den DIN-Normen vorgesehen, d. h. es können schärfere Kerbformen, tiefere Prüftemperaturen und auch gealterte Proben verlangt werden.

Nach welchen Kriterien soll nun die Wahl der Stahlsorte getroffen werden? Ob ein Stahl niederer oder höherer Zugfestigkeit verwendet werden soll, ist eine rein wirtschaftliche Frage; wegen der relativ günstigen Preise der leicht legierten Stähle kommen gegenwärtig in der Schweiz immer häufiger Sorten mit einer Bruchfestigkeit von 52 kg/mm² (in Einzelfällen auch noch höher) zur Verwendung.

Für die Wahl der Stahlgüte sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen; davon seien genannt:

- Konsequenzen eines allfälligen Risses in einem Bauwerk oder Bauteil
- Grösse und Häufigkeit der Lasten
- Höhe der Spannungen
- Vorkommen mehraxiger Spannungszustände
- Schrumpf- oder Zwängsspannungen (die konstruktiv bedingt sein können)
- Materialdicke (Abkühlung beim Schweißen)
- Betriebstemperatur des Bauwerkes
- Temperatur während des Schweißens
- Einfluss einer Kaltverformung (Biegen, Walzen, Richten)

Diese Liste ist keineswegs umfassend und muss von Fall zu Fall, je nach der Eigenart des Bauwerkes, ergänzt werden.

Wenn ein einzelner dieser Faktoren einen grossen Einfluss auf die Sicherheit des Bauwerkes hat, kommt nur eine der höhern Güten in Betracht; wenn verschiedene Faktoren gesamthaft die Sicherheit nur wenig beeinflussen, kann eine niedrigere Güte verwendet werden.

Der Entscheid über die Material-Güte ist in jedem Fall von grosser Wichtigkeit. Einerseits gilt es, dem Bauwerk eine zureichende Sicherheit zu geben, andererseits soll dieses möglichst wirtschaftlich werden.

Tabelle 2. Kriterien zur Wahl der Materialgüten für die Saanebrücke der Nationalstrasse Freiburg-Bern

	A Hauptträger, in den Feldern	B Hauptträger, über den Pfeilern	C Querträger Verbände Beulstreifen
Zugfestigkeit des verwendeten Stahls in kg/mm ²	50	55	37
Kriterien zur Wahl der Güte	- Hauptelemente eines grossen Bauwerkes - grosse Materialdicken - Relativ tiefe Betriebstemperatur		Sekundäre Elemente. Das Ausfallen eines einzelnen Teiles hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Sicherheit des Gesamtbauwerkes.
Gewählte Gütegruppe	S (4)	S (5)	2
Nachweis der Spröbruchsicherheit	Kerbschlagproben mit V-Kerbe Prüftemperatur -10° C + gealterte Kerbschlagprobe mit Rundkerbe, Prüftemperatur 0° C Aufschweissbiegeversuch für Dicken ab 30 mm		Kerbschlagproben mit Flachkerbe, gealtert

Es wäre unverantwortlich, die Sicherheit einer Brücke zu gefährden, um niedrige Baukosten zu erhalten; ebenso unvernünftig aber wäre es, für jedes Bauwerk oder alle Teile eines solchen eine höchste Güte vorzuschreiben und damit die Kosten unnötig zu erhöhen.

Mit dem heute zur Verfügung stehenden Sortiment an Stählen und einer sorgfältigen Auswahl der Stahlgüten kann jede Aufgabe im Stahlbrückenbau sicher und wirtschaftlich gelöst werden.

Wie die Stahlgüten für die einzelnen Teile eines Bauwerkes gewählt werden können, sei abschliessend am Beispiel der Saanebrücke der Nationalstrasse Freiburg-Bern erläutert, welche 1964 erstellt werden wird. Es handelt sich um eine Verbundbrücke mit den Spannweiten 85,5+106,5+85,5 m. Wir beschränken uns auf die Zusammenstellung gemäss Tabelle 2.

Professor C. Andrae 90 Jahre alt

Am nächsten Sonntag, 23. August, darf Professor Andrae seinen 90. Geburtstag feiern, und er wird diesen Tag bei guter Gesundheit, in geistiger und körperlicher Frische in einem grossen Familienkreis erleben, in welchem nur ein Mensch fehlt: seine treue Gattin, die ihm letztes Jahr durch den Tod entrissen worden ist. Aber zwei Töchter und ein Sohn werden um ihn sein, dazu eine grosse Schar von Enkeln (deren einer in die Fusstapfen seines Grossvaters getreten ist, indem er sich dem Bauingenieurberuf verschrieben hat) und drei Urenkel.

Dieser Beruf, dem der Jubilar so mit allen Fasern seines Wesens sich hingab und dem noch heute seine volle Anteilnahme gilt... C. Andrae erscheint uns wahrhaftig als Verkörperung des Begriffes *Ingenieur*: klar und unerbitlich logisch denkend, schöpferisch wollend, zäh durchführend. So hat er durch alle Stufen seiner beruflichen Laufbahn hindurch seinen Mann gestellt: auf den Baustellen der Solothurn-Münster-Bahn, der Lötschberg-Südrampe, des Simplontunnels II; dann als Professor für Strassen- und Eisenbahnbau an der ETH und als deren Rektor, schliesslich