Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 68 (1996)

Artikel: Rückwirkungen der Bedürfnisse der Anwender von Eisen und Stahl auf deren Erzeugung : die Entwicklung des Baustahles St 52

Autor: Zilt, Andreas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-378318

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: 01.07.2025

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

Rückwirkungen der Bedürfnisse der Anwender von Eisen und Stahl auf deren Erzeugung – Die Entwicklung des Baustahles St 52

Andreas Zilt
Hölderlinstrasse 29
D-45147 Essen

«Forschung und Entwicklung» ist seit einigen Jahren ein recht beliebter Gegenstand auch der deutschsprachigen Technikgeschichtsschreibung, die damit Untersuchungen aus dem englischen Sprachraum rezipierte. Meines Erachtens besteht hierbei aber die Gefahr, dass die häufig im Zentrum der Untersuchung stehende Forschungsabteilung der Unternehmen den früher so heftig kritisierten «Einzelerfinder», die «Heroengeschichtsschreibung» abgelöst hat und damit wiederum der Blick verstellt wird auf die nichttechnischen Momente, wie etwa Politik, Markt- oder Machtstrukturen, die die Forschungsarbeit eines Unternehmens aber massgeblich beeinflussen können.
Mein Beitrag behandelt «Rückwirkungen der Bedürfnisse der Anwender von Eisen und Stahl auf deren Erzeugung». Dieser Themenkomplex lässt sich mit Hilfe von Modellen aus der Betriebswirtschaft relativ einfach darstellen: es gibt eine Nachfrage, ein Bedürfnis nach einem Produkt und der angesprochene Erzeuger befriedigt diese Nachfrage, indem er mit Hilfe von Forschungs- und Entwicklungsarbeit das nachgefragte Produkt bereitstellt.
In diesem speziellen Fall forderte die Deutsche Reichsbahn einen höherwertigen Stahl für den Bau ihrer Brücken, da der bisher verwandte Werkstoff, ein niedrig gekohlter Flussstahl, den steigenden Anforderungen nicht mehr genügte.[1]
In meinem Vortrag soll insbesondere untersucht werden, wie die konkrete Nachfrage nach einem hochwertigen Baustahl die Forschungsarbeit in den Unternehmen beeinflusst hat. Forschung und Entwicklung darf dabei aber nicht begrenzt werden auf die Tätigkeiten der chemischen Laboratorien und technischen Versuchsanstalten, vielmehr muss ergänzend die Patentpolitik und Veröffentlichungspraxis in Fachzeitschriften als integraler Bestandteil von Forschung und Entwicklung verstanden werden. Des weiteren muss die branchenspezifische Wettbewerbssituation, die durch die Marktstruktur auf dem Gebiet des Grossbrückenbaus bedingt war, in die Untersuchung einbezogen werden, da die speziellen Marktbedingungen in dieser Branche die Forschungsarbeit in den Unternehmen massgeblich beeinflusst haben.[2]

1904 ist zur Regelung der Marktverhältnisse im Grossstahlbau der «Deutsche Stahlbauverband» gegründet worden. In ihm waren die grössten Stahlbauunternehmen organisiert. Die Aufgaben waren die Regelung der Auftragsvergabe seitens der Grosskunden, Vertretung gegenüber den Behörden sowie die Förderung technischer Entwicklungsvorhaben. Vier Jahre später schlossen sich Vertreter der grossen Stahlbauunternehmen, das damals noch preussische Ministerium für öffentliche Arbeiten als grösster Auftraggeber und das Materialprüfungsamt Dahlem im «Ausschuss für Versuche im Eisenbau» zusammen. Hier wurden gemeinsam technische Normen festgelegt sowie Versuchsprogramme erstellt.[3]
Nach dem 1. Weltkrieg trat insofern eine Veränderung ein, als die Stahlerzeuger über den Verein Deutscher Eisenhüttenleute ebenfalls in dem genannten Ausschuss für Versuche vertreten waren. Damit war auf technischem Gebiet ein Gremium geschaffen, in dem ein Interessenausgleich zwischen den Anforderungen der Auftraggeber – eben die Reichsbahn – den Stahlerzeugern, den Konstrukteuren und Brückenbauanstalten stattfinden konnte.
Bis zum Jahr 1920 entwickelte sich die Marktstruktur dahingehend, dass für die Lieferung von Baustahl und den Bau grosser Eisenbahn- und Strassenbrücken nur noch wenige Anbieter auf dem Markt miteinander konkurrierten: Die Gutehoffnungshütte Aktienverein für Bergbau- und Hüttenbetrieb mit Stahlbauanstalten in Sterkrade und Gustavburg, die Fried. Krupp AG mit dem

1 Ein kurzer Überblick bei: Schulz, Ernst Hermann: Die Entwicklung des Baustahls für den Grossstahlbau, in: Geschichtlich-technische Beiträge aus Anlass des 100-jährigen Bestehens der Dortmund-Hörder Hüttenunion AG, Dortmund 1952, S. 53-64; eine umfassende Darstellung siehe bei: Hoff, Paul: Die Entwicklung der hochfesten Stähle für den Grossstahlbau, (=Dissertation TH Braunschweig 1937), in: Mitteilungen der Kohle- und Eisenforschung GmbH Bd. II (1938), Lieferung 1.

2 Allgemein hierzu siehe: Oberender, Peter (Hg.): Marktstruktur und Wettbewerb in der Bundesrepublik Deutschland, München 1984.

3 Stein, Philipp: 100 Jahre GHH-Brückenbau, Oberhausen 1951, S. 126-127.

Stahlbau in Rheinhausen sowie die Dortmunder Union, die 1926 in die Vereinigte Stahlwerke AG eingebracht wurde. Gegenüber den «freien» Stahlbauunternehmen hatten die Bauabteilungen der Stahlkonzerne den Vorteil, dass sie Baustahl zu erheblich günstigeren Preisen beziehen und somit beträchtliche Wettbewerbsvorteile erzielen konnten. Marktwirtschaftlich betrachtet spricht man bei einer solchen Marktstruktur – es gibt nur wenige Anbieter – von einem Oligopol.[4] Diese besondere Marktstruktur führt häufig zu charakteristischen Verhaltensweisen. Auf der wirtschaftlichen Seite begünstigt sie Tendenzen zur Kartellbildung, Quotenbildung, Preisabsprachen und Ausbildung von Marktzutrittsschranken für Aussenseiter. Aber auch auf der technischen Seite bildet diese Marktstruktur besondere Phänomene aus, ich möchte in diesem Zusammenhang von einem «technisch-wissenschaftlichen Oligopol» sprechen: die Neigung zu Innovationen ist deutlich gebremst, Aussenseitern kann der Zutritt zu diesem technischen «Kartell» erschwert werden durch gemeinsam betriebene Patentpolitik, eine gezielte Publikationspolitik in Fachorganen sowie informelle Absprachen. Eine oligopole Marktstruktur heisst nicht zwangsläufig, dass die Unternehmen, die dem Oligopol angehören, nicht auch gegeneinander konkurrieren, es kommt aber immer wieder zu Phasen eines friedlichen Konkurrenzverhaltens.

Im nächsten Abschnitt möchte ich anhand der Entwicklungsgeschichte des Baustahles St 52 einige der genannten Überlegungen zur Disposition stellen.

Ab den 1890er Jahren verdrängte der in der Thomasbirne und im Siemens-Martin-Ofen erzeugte basische Flussstahl den bisher vorherrschenden Schweissstahl als Baumaterial für den Grossstahlbau.[5] Der basische Flussstahl liess sich betriebssicher herstellen und war zudem bedeutend billiger als der vorherige Werkstoff. Es war ein niedrig gekohlter, nichtlegierter Stahl. Aufgrund des niedrigen Kohlenstoffgehaltes war er sehr weich und liess sich gut bearbeiten, seine Festigkeit war jedoch beschränkt. In Deutschland wurde dieser Stahl als Regelstahl für den Brückenbau eingeführt und erhielt bei der Einführung von Industrienormen die Bezeichnung St 37 (37 bezeichnet die Mindestzugfestigkeit in kg/mm²).
Mit zunehmender Spannweite der Brücken setzten seit Beginn des 20. Jahrhunderts Bestrebungen nach einem höherwertigen Baustahl ein. Die amerikanischen Erfolge mit nickellegierten Stählen bei der Erbauung mehrerer grosser Brücken über den East River erregten in deutschen Stahlbaukreisen Ausmerksamkeit, und so wurden nach amerikanischem Vorbild auch im Deutschen Reich vor dem 1. Weltkrieg einige wenige Brücken aus nickellegiertem Stahl gebaut.[6] Bei einem immens hohen Preis für Nickel im Deutschen Reich war dieser Stahl aber nur zu einem erheblichen Mehrpreis herzustellen, der bis zum doppelten des St 37 stieg, so dass die in der Konstruktion erzielten Gewichts- und somit Kostenersparnisse durch den höheren Preis wieder aufgebraucht wurden; bei den hohen Kosten für Nickel in Deutschland war dieser eingeschlagene Weg nicht gangbar.
Die Nachfrage nach einem hochwertigen Baustahl wurde nach 1918 immer dringender, dabei spielten wirtschaftliche, technische und auch politische Gründe eine Rolle.
Bereits vor 1914 war durch Erweiterung des Eisenbahn- und Kanalnetzes sowie Um- und Ersatzbauten älterer Brücken aufgrund der Erhöhung der Verkehrslasten eine verstärkte Brückenbautätigkeit seitens der Eisenbahnverwaltungen zu verzeichnen. Nach dem Krieg erforderten die baulichen Anlagen und Fahrzeuge der Bahn, die im Krieg erheblich beansprucht worden waren, eine dringende Überholung und Erneuerung. Durch die Vereinigung der verschiedenen deutschen Staatseisenbahnverwaltungen in der Deutschen Reichsbahn 1922 war die Voraussetzung für eine systematische Überholung der Anlagen nach einheitlichen Gesichtspunkten geschaffen. Es wurden einheitlich neue Normal-Lastenzüge eingeführt, die einen erheblich höheren Achsdruck aufwiesen als die älteren Modelle. Die Einführung schwerer Lokomotiven sowie Grossgüterwagen trugen zur Mehrbelastung der Brücken zusätzlich bei.[7]
1923 wurde schliesslich die Deutsche Reichsbahn vom Finanzministerium in die finanzielle Unabhängigkeit entlassen und in die «Deutsche Reichsbahngesellschaft» überführt mit dem Ziel, den Reichshaushalt zu entlasten.[8] Die bei der

4 Siehe hierzu die Stichworte «Markt», «Wettbewerb» und «Oligopol» in: Vahlens Grosses Wirtschaftslexikon, München 1987.

5 Hoff, Paul: Die Entwicklung der hochfesten Stähle (1938), S. 1-4; Koppenberg, Heinrich: Zur Entwicklung des hochwertigen Baustahles, in: Zeitschrift des VDI Bd. 72 (1928), S. 918-920.

6 Bohny, Friedrich: Über die Verwendung von Nickelstahl im Brückenbau, in: Stahl und Eisen Bd. 31 (1911), S. 89-97; ders.: Nickelstahl im Brückenbau, in: Stahl und Eisen 31 (1911), S. 184-193.

7 Kommerell, Otto: Lastenzüge und Achsdruck der Deutschen Reichsbahn, in: Zeitschrift des VDI Bd. 67 (1923), S. 714-716; ders.: Wissenschaftliche Grundlagen für Neubau und Verstärkung der Brücken, in: Eisenbahnwesen. Die Eisenbahntechnische Tagung und ihre Ausstellungen 1924, Sonderausgabe der Zeitschrift des VDI, Berlin 1925, S. 346-351; für die freundlichen Hinweise betr. Eisenbahnwesen danke ich Hans-Georg Thomas.

8 Lang, Otmar: Die Eisenbahn in der Weimarer Zeit, in: Zug der Zeit–Zeit der Züge: Deutsche Eisenbahn 1835-1985, Hrsg.: Eisenbahnjahr Ausstellungsgesellschaft mbH, Berlin 1985, S. 654-651

Bahn aufgelaufenen immensen Verluste sollten durch die Verfolgung von «privatwirtschaftlichen» Grundsätzen verringert werden, kurz: die Eisenbahn hatte beträchtliche Schulden bei gleichzeitig hohem Investitionsbedarf für die Verstärkung und den Neubau von Brücken. Reichsbahndirektor Gottwalt Schaper, in der Hauptverwaltung der Reichsbahn für den Brückenbau zuständig, folgerte, die Reichsbahn «...müsse, da sie jetzt selbständige Aktiengesellschaft geworden sei, sich jeden ihr gebotenen wirtschaftlichen Vorteil zu Nutze machen».[9]

Neben den wirtschaftlichen gab es jedoch auch, wie bereits angedeutet, eine technikinduzierte Nachfrage nach einem höherwertigen Stahl, in diesem Fall waren es die Brückenbaukonstrukteure, die einen höherwertigen Stahl nachfragten. Massgebend für die Forderung war die Erkenntnis, dass bei Brücken aus Flussstahl St 37 bei ständig wachsenden Verkehrslasten die einzelnen Bauteile im Querschnitt so anwuchsen, dass in der konstruktiven Ausbildung der Querschnitte, Verbindungen und Nieten Schwierigkeiten entstanden. Die Eigengewichte der Brücken steigen bei wachsender Spannweite schneller als die möglichen Stützweiten, so dass Träger ab einer gewissen Grenze nur noch sich selber tragen können. So waren der Verwendung des St 37 mit seiner geringen Festigkeit bei grossen Brücken Grenzen gesetzt. Bei der verhältnismässig geringen Zugfestigkeit und dementsprechend geringen zulässigen Beanspruchung des St 37 ergaben sich bei grossen Überbauten etwa bei zweigleisigen Eisenbahnbrücken nicht mehr zu überwindende konstruktive Probleme.

Der vor dem 1. Weltkrieg entwickelte Nickelstahl war für Brückenbauten zu teuer. Diese Überlegungen führten zur zwingenden Notwendigkeit, einen höherwertigen Stahl nachzufragen, das heisst einen Stahl mit höherer Zugfestigkeit und Streckgrenze. (Die Streckgrenze entspricht der Zugspannung, bei der der Werkstoff erstmalig eine merklich bleibende Formänderung erkennen lässt).

Neben diesen wirtschaftlichen und technischen Anforderungen kam noch ein öffentliches Interesse hinzu. Die grossen Brückenbauten in den Vereinigten Staaten fanden die Bewunderung der deutschen Öffentlichkeit. Von Verbraucherseite wurde verschiedentlich betont, dass der deutsche Brückenbau während des 1. Weltkrieges seine führende Stellung verloren habe.[10] Die Einführung eines besonderen Brückenbaustahles sei «von allgemeinem deutschen Interesse». Es ist schwer, empirisch zu belegen, inwiefern diese öffentliche, nationale Nachfrage gewirkt hat, die heftigen Reaktionen der Stahlerzeuger auf die Anschuldigungen etwa seitens der Materialprüfungsanstalt Berlin, ausländische Stähle seien den deutschen Werkstoffen überlegen,[11] geben jedoch Hinweise darauf, dass der öffentlichen Nachfrage, dem nationalen Prestige durchaus Bedeutung zukommt.

Die Anforderungen, die an die Stahlerzeuger gestellt wurden, waren also klar definiert: Entwicklung eines hochwertigen Baustahles mit einer wesentlich höheren Festigkeit als beim bisher gebräuchlichen St 37, um die höheren Verkehrslasten aufzunehmen sowie zur Verringerung der Gesamtstahlmenge, die für den Bau einer Brücke erforderlich war. Eine leichte Bearbeitbarkeit in den Werkstätten und bei der Montage, also Schneiden, Biegen, Nieten usw., war eine weitere Voraussetzung. Schliesslich sollten aufgrund der schlechten Finanzlage der Reichsbahngesellschaft die Brückenbauten insgesamt billiger werden, somit waren teure Legierungszusätze in grösseren Mengen ausgeschlossen.

Welches Interesse konnten die Stahlerzeuger an der Entwicklung eines solchen Stahles haben? Die Nachfrage ging nach einem Stahl, der letztendlich den Stahlunternehmen weniger Umsatz und Gewinne versprach. Die Stahlunternehmen des Westens behandelten den «Entwicklungsauftrag», zumindestens aus Sicht des Eisenbahnzentralamtes, recht dilatorisch.[12] Rückblickend stellte Reichsbahndirektor Schaper 1925 fest: «Die Hütten- und Walzwerke brachten dem edlen Baustoff nicht das hierfür nötige Interesse entgegen».[13]

Tatsächlich war es dann ein relativ kleines Unternehmen, ein Aussenseiter, das der Reichsbahn einen Stahl anbot, der den Anforderungen entsprach: Die Linke-Hoffmann-Lauchhammer AG in Riesa[14] offerierte einen Stahl, der durch einen erhöhten Kohlenstoffgehalt die erforderliche höhere Festigkeit aufwies, ansonsten jedoch keine weiteren Legierungszusätze enthielt.[15] Da Zugfestigkeit und Streckgrenze von Stahl mit steigendem Kohlenstoffgehalt ansteigen, er-

9 Sitzungsniederschrift über Besprechung im Reichsverkehrsministerium am 12.4.1924. Hoesch-Archiv F 4a 18.

10 Schächterle, K.: Wirtschaftliche Vorteile der neuzeitlichen Ausgestaltung von Eisenbahnbrücken, in: Eisenbahnwesen (1925), S. 334-339, hier S. 337.

11 Niederschrift über eine Vorstandssitzung des VDEh am 3.3.1925. Hoesch-Archiv F 4a 34.

12 Kommerell, Otto: Erfahrungen mit hochwertigem Baustahl St 48 und Silizium-Brückenstahle, in: Die Bautechnik Bd. 4 (1926), S. 686-688, hier S. 688.

13 Schaper, Gottwalt: Hochwertiger Stahl für eiserne Brücken- und Ingenieurhochbauten, in: Die Bautechnik Bd. 2 (1924), Heft 22.

14 Siehe hierzu die Festschrift: 200 Jahre Lauchhammer 1725-1925, o.D., ohne Autor; Mitteldeutsche Stahlwerke Aktiengesellschaft, in: Handbuch der Deutschen Aktiengesellschaften, Ausgabe 1933.

15 Pieper, P.: LHL-Hochbaustahl, in: Die Bautechnik Bd. 2 (1924), S. 490-494.

schien die Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes der einfachste Weg zur Schaffung eines hochwertigen Stahles. Bereits kurze Zeit später gab die Reichsbahn einen Erlass heraus, in dem der Stahl aus Riesa als vorzüglich bezeichnet wurde und dessen Festigkeitswerte als neuen Massstab bei Bestellungen seitens der Reichsbahn festschrieb.[16] Dieser Erlass rief erhebliche Aufregung bei den Stahlwerken der rheinisch-westfälischen Industrie hervor. Unverzüglich wurde eine Besprechung einberufen, um die Sachlage zu erörtern. Das Verhalten von Riesa und dessen angebliche Bevorzugung seitens der Reichsbahn wurde scharf verurteilt. Kritisiert wurde, dass vor Herausgabe des Erlasses keine Konsultationen mit den übrigen Stahlerzeugern und im Deutschen Eisenbau Verband stattgefunden haben. Die Reichsbahn habe der Linke-Hoffmann-Lauchhammer AG quasi ein Monopol verschafft. Man befand, «...dass die Herstellung solch härterer Qualitäten für die einzelnen Werke mehr oder minder unbequem wäre».[17] Die Verbraucher müssten auf das grosse Risiko hingewiesen werden, dass sie bei Verwendung eines härteren Materials eingehen würden. Des weiteren sollte der Verein Deutscher Eisenhüttenleute Versuche durchführen lassen, um zu belegen, dass bei der Herstellung von Stahl mit einem hohen Kohlenstoffgehalt grosse Unregelmässigkeiten bei chemischen und technischen Kennwerten zu erwarten seien. Die Untersuchungsergebnisse waren dann in der *Zeitschrift des VDI* und in *Stahl und Eisen* zur Veröffentlichung gedacht.
Bevor dies geschehen konnte, veröffentlichte Schaper aber in den führenden deutschen Fachzeitschriften einen Artikel, in dem die grossen technischen und wirtschaftlichen Vorteile bei Verwendung des Kohlenstoffgehaltes hervorgehoben wurden,[18] die Stahlerzeuger des Ruhrgebiets sahen daraufhin von den geplanten Veröffentlichungen ab, vielmehr suchten sie nun den Verhandlungsweg mit der Reichsbahn.
Auf Drängen der Stahlerzeuger fand eine Aussprache zwischen Vertretern der Reichsbahn, des Deutschen Eisenbauverbandes und dem VDEh im Reichsverkehrsministerium statt.[19] Die Stahlerzeuger brachten vor, dass im Sinne der allgemein angestrebten Arbeitsgemeinschaften ein gemeinsames Vorgehen bei der Entwicklung des hochwertigen Baustahles anzustreben sei. Sie erklärten sich weiter nun dazu bereit, konstruktiv bei der Entwicklung eines hochwertigen Baustahls mitzuarbeiten. Erleichtert wurde diese Zusage dadurch, dass der hochgekohlte Stahl, der später unter dem Namen St 48 als Baustahl eingeführt wurde, patentrechtlich nicht geschützt war, jedes Stahlwerk konnte ihn also produzieren, ohne lizenzpflichtig zu werden.
Die Stahlwerke des Westens wiesen dann in zahlreichen Veröffentlichungen darauf hin, dass der St 48 keine Erfindung der Linke-Hoffmann-Lauchhammer AG sei, sondern in Fachkreisen durchaus bekannt, Krupp habe ihn etwa im 1. Weltkrieg bereits als Schiffsbaustahl an die Marine verkauft.[20]
Die Reichsbahn veröffentlichte im folgenden «Vorschriften für die Verwendung hochwertigen Stahles im Brückenbau», die eine Mindeststreckgrenze von 30 kg/mm^2 verbindlich festschrieb. Damit waren die zulässigen Beanspruchungen für Stahl dieser Güte um 30% höher festgesetzt worden als beim bisher gebräuchlichen St 37, und es konnte eine Gewichtsersparnis beim Bau von Brücken grosser Stützweiten von 20% erzielt werden.
Bereits im ersten Jahr seiner Anwendung ist der St 48, massgeblich gefördert von der Reichsbahn, in 12 Brücken eingebaut worden, was Gewichtsersparnisse in Höhe von 13-30% einbrachte, ferner erzielte die Reichsbahn erhebliche Kosteneinsparungen bei Verwendung des St 48.[21]
Die anfänglichen Probleme bei der Erzeugung des hochgekohlten Stahles, es kamen recht häufig grosse Streubreiten bei der chemischen und technologischen Analyse vor, konnten recht schnell behoben werden. Die Bearbeitung des härteren Materials, also das Richten, Schneiden und Nieten, war jedoch unbequemer als beim weichen St 37, was eine vorsichtigere Behandlung des Materials bei der Montage erforderlich machte – es war noch kein «idealer» Werkstoff.

Nachdem der hochgekohlte St 48 als neuer Baustahl für grosse Brücken eingeführt worden war, kam es noch 1925 zu einem neuen Entwicklungsschub, wiederum ausgelöst von einem Aussenseiter und wieder massgeblich gefördert von der Reichsbahn.

16 Erlass Nr. 82 D 3452 der Deutschen Reichsbahn, Hauptverwaltung vom 11.3.1924. Hoesch-Archiv F 4a 18.

17 Niederschrift über Besprechung betr. Hochbaustahl am 4.4.1924. Hoesch-Archiv F 4a 18.

18 Schaper, Gottwalt: Hochwertiger Baustahl, in: Die Bautechnik Bd. 2 (1924), S. 511-512.

19 Niederschrift über Besprechung im Reichsverkehrsministerium am 12.4.1924. Hoesch-Archiv F 4a 18.

20 Unter anderen: Erlinghagen, Oswald: LHL-Baustahl, in: Die Bautechnik Bd. 2 (1924), S. 511.

21 Kommerell, Otto: Erfahrungen mit hochwertigem Baustahl St 48 und Silizium-Brückenbaustahle, in: Die Bautechnik Bd.4 (1926), S. 686-688; Roloff, ?: Zur Frage des Baustahls in Deutschland, in: Die Bautechnik Bd.7 (1929), S. 89-93, hier S. 90.

22 Schaper, Gottwalt: Ein neuer deutscher Stahl, in: Die Bautechnik Bd. 3 (1925), S. 631-632, ders.: F-Stahl, in: Bautechnik Bd. 4 (1926), S. 237-238.

23 Die Eigenschaften hochsiliziumhaltigen Baustahls, ohne Autor, in: Stahl und Eisen Bd. 4 (1926), S. 483-503.

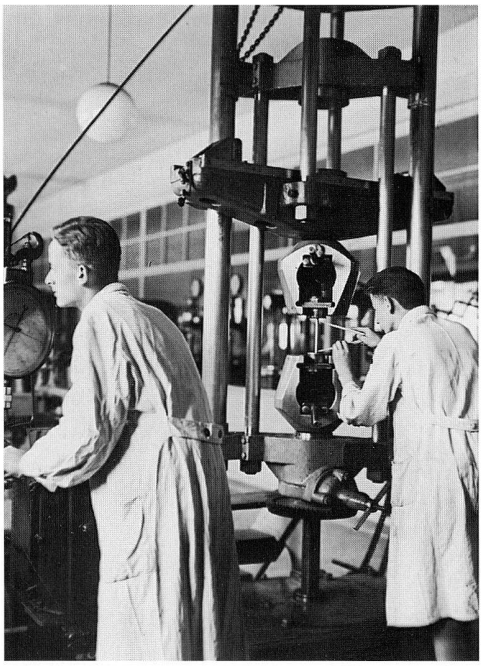
24 Kommerell: Erfahrungen mit hochwertigem Baustahl (1926), S. 687.

25 Unter anderen: Die Eigenschaften hochsiliziumhaltigen Baustahls; Schulz, Ernst Hermann: Die Eigenschaften hochsiliziumhaltigen Baustahles, in: Zeitschrift des VDI Bd. 70 (1926), S. 860-864; Siliziumstahl (ohne Autor), in: Stahl und Eisen Bd. 46 (1926), S. 1516-1518; Meiser, J.: Silizium-Baustahl aus dem Siemens-Martin-Ofen, in: Stahl und Eisen 47 (1927), S. 446-448.

In führenden deutschen Tageszeitungen, Fachjournalen und sogar im Rundfunk kam die Meldung über einen «Neuen Deutschen Stahl», entwickelt von der «Berliner Aktiengesellschaft für Eisengiesserei und Maschinenfabrikation vormals Freund» in Berlin.[22] Nach Angaben von Freund handelte es sich um einen unlegierten kohlenstoffarmen Stahl, dessen hohe Streckgrenze und Zähigkeit die Folge eines besonderen Schmelzverfahrens in einem abgeänderten Siemens-Martin-Ofen sein sollte. Der nach seinem Erfinder benannte Bosshardt-Ofen ähnelte in seinem Prinzip dem Siemens-Martin-Ofen und diente ursprünglich der Erzeugung eines hochwertigen Stahlgusses. Zwei Gaserzeuger stehen durch Ofenköpfe in unmittelbarer Verbindung mit dem Ofenherd, die Gase entzünden sich sofort bei Eintritt in den Ofen und ermöglichen ausgesprochen hohe Temperaturen von 2000° Celsius. Die bekanntgegebenen Festigkeitswerte, Streckgrenze über 45 kg/mm², riefen ungläubiges Staunen in den rheinisch-westfälischen Stahlunternehmen hervor. Bei Untersuchungen von Proben dieses neuen Stahles in den Versuchsanstalten der Ruhrwerke wurde jedoch festgestellt, dass der angeblich neue Stahl seine Festigkeitseigenschaften im wesentlichen einem stark erhöhten Siliziumgehalt von etwa 1% verdankte.[23]
Gleich nach Bekanntwerden des Stahles setzten sich Schaper und die Reichsbahn lebhaft für die Einführung dieses Stahles als Brückenbaustoff ein, sehr zum Unwillen der westlichen Werke.
Die Reichsbahn finanzierte dem ersten Lizenznehmer der Freund AG, die Mitteldeutsche Stahlwerke AG, die die Betriebe der Linke-Hoffmann-Lauchhammer AG übernommen hatte, den Bau eines grossen Bosshardt-Ofens und stellte weitere Mittel für Versuche zur Verfügung.[24] Die veröffentlichten Versuchsergebnisse veranlassten die Reichsbahn 1926 dazu, neben dem gerade eingeführten St 48 den Siliziumbaustahl für grössere Bauwerke zuzulassen.
Die Ruhrindustrie, bzw. die Forschungs- und Entwicklungsingenieure ihrer Versuchsanstalten, reagierte mit einer beispiellosen Pressekampagne gegen die Freund AG. In zahlreichen Veröffentlichungen wurde betont, dass die festigkeitssteigernde Wirkung des Siliziums schon seit Ende des 19. Jahrhunderts bekannt und dass die günstigen Eigenschaften keineswegs dem Schmelzverfahren im Bosshardt-Ofen zu verdanken seien, sondern allein dem Siliziumgehalt.[25]
Die Ruhrwerke stellten in den eigenen Versuchsanstalten und im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf Untersuchungen an, um zu beweisen, dass die veröffentlichten Festigkeitswerte überhöht waren und weit streuten. Es kam zu einem Gutachterstreit, wobei die Freund AG und die Mit-

Kamera für metallographische Aufnahmen in einem Labor derVereinigte Stahlwerke AG 1930er Jahre

teldeutsche Stahl AG sich an die TH Dresden und das Materialprüfungsamt in Berlin als wissenschaftliche Kapazitäten wandten, die Ruhrindustrie zog das Kaiser-Wilhelm-Institut in Düsseldorf als neutrale Instanz heran, wobei die Ostinstitute zu auffallend anderen Ergebnissen kamen als die des Westens.[26] Die Konkurrenten warfen sich gegenseitig vor, die Versuchsbedingungen bewusst so gestaltet zu haben, dass die Ergebnisse den jeweiligen Interessen zugute kamen.
Vor dem Reichspatentamt strengten die Ruhrwerke gemeinsam eine Nichtigkeitsklage gegen das Bosshardt-Patent der Freund AG an, die Anstrengungen waren erfolgreich, so dass die Herstellung des Silizium-Baustahles im normalen Siemens-Martin-Ofen der Eisenhüttenindustrie freigestellt war.[27]
Unter dem Druck der in der Öffentlichkeit getragenen Diskussion um den Silizium-Stahl sowie dem Drängen der Reichsbahn nachgebend, erklärten sich die Ruhrwerke bereit und in der Lage, ebenfalls einen Baustahl auf Silizium-Basis herzustellen.
Bei der Erzeugung des Stahles und vor allem beim Walzen grosser Profile zeigten sich aber bald Nachteile des Silizium-Stahles, es gab hohe Ausschusszahlen, da der Stahl zu tiefer Lunkerbildung beim Vergiessen neigte, so dass ein grosser Teil des Blockkopfes in den Schrott wanderte. Weitere Nachteile waren leichte Rissbildungen und Oberflächenfehler. Diese Schwierigkeiten wurden von den Ruhrwerken und der Mitteldeutschen Stahlwerke AG allerdings sehr unterschiedlich bewertet. Heinrich Koppenberg, damaliger Generaldirektor der Mitteldeutsche Stahlwerke AG, stellte fest, dass bei sorgfältiger Chargenführung und genauer Temperaturkontrolle die Probleme behoben werden könnten.[28]
Nachdem der Silizium-Stahl von der Reichsbahn offiziell als Brückenbaustahl zugelassen worden war, entwickelten die Ruhrwerke nicht nur eine Verhinderungsstrategie gegen den Silizium-Stahl, sondern es setzten nun auch eigene Forschungsarbeiten ein, mit dem Ziel, einen Baustahl mit den gleichen Festigkeitseigenschaften des Silizium-Stahles zu entwickeln.
Bestimmend für die weitere Entwicklung waren in erster Linie wirtschaftliche Gesichtspunkte, die eine ziemlich enge



Zerreissversuch zur Prüfung der Festigkeit in einem Labor der Vereinigte Stahlwerke AG 1930er Jahre

Grenze für den hochwertigen Baustahl vorschrieben, wobei der Mehrpreis für den Stahl durch die mögliche Gewichtsersparnis bestimmend war. Die Zahl der für die Schaffung eines hochwertigen Baustahles in Betracht kommenden festigkeitssteigernen Legierungselemente war somit begrenzt. Nach Massgabe von Wirkung und Kosten kamen nur Mangan, Silizium, Kupfer und Chrom in Betracht.
Die chemische Zusammensetzung des Stahles war den Werken freigestellt. Dies führte zwangsläufig dazu, dass jedes grössere Werk einen eigenen Baustahl entwickelte, um nicht lizenzpflichtig gegenüber einem Konkurrenten zu werden. Die Entwicklungsarbeit fand nicht nur in den Versuchsanstalten, sondern auch auf den Schreibtischen der Patentabteilungen statt.
Die Vereinigte Stahlwerke AG war das erste Ruhrwerk, das einen eigenen hochwertigen Baustahl entwickelte, es war ein Chrom-Kupfer-Stahl.[29] Sie verliess damit ganz das Silizium als festigkeitssteigerndes Legierungselement und nutzte vielmehr die ebenfalls bekannten härtenden Legierungszusätze Chrom und Kupfer. Ferner war es den Vereinigten Stahlwerken gelungen, einen geringen Kupferzusatz in den wiederum erneuerten Lieferungsvorschriften für Baustahl verbindlich für alle hochwertigen Baustähle festzuschreiben. In mehreren Aufsätzen hatten zuvor Mitarbeiter des Forschungsinstitutes der Vereinigte

26 Hierzu: Witt, C. M.: Der «Si-Stahl» der Freund-Aktiengesellschaft, in: Die Bautechnik Bd. 6 (1928), S. 515-518; aus anderer Sicht: Der Si-Stahl und die deutsche Eisenindustrie, (ohne Autor), in: Stahl und Eisen Bd. 46 (1928), S. 1606-1610; pointiert auch: Roloff, ?.: Zur Frage des Baustahls in Deutschland (1929).

27 Zu den Möglichkeiten, über Patentpolitik Konkurrenten den Marktzutritt zu erschweren siehe: Kaufer, Erich: Patente, Wettbewerb und technischer Fortschritt, Bad Homburg 1970, S. 149-208; Dahmann, Gerd: Patentwesen, technischer Fortschritt und Wettbewerb, Frankfurt/M. 1981, S. 252 ff, S. 555; Greipl, Erich, Töger, Uwe: Wettbewerbswirkungen der unternehmerischen Patent- und Lizenzpolitik, München/Berlin 1982, S. 68-70.

28 Koppenberg, Heinrich: Zur Entwicklung des hochwertigen Baustahles, in: Zeitschrift des VDI Bd. 72 (1928), S. 918-920; zur Biographie von Koppenberg siehe: OMGUS – Ermittlungen gegen die Dresdner Bank – 1946 – bearbeitet von der Hamburger Stiftung für Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts, Nördlingen 1986, S. 227-231.

29 Der Union-Baustahl der Vereinigte Stahlwerke Aktiengesellschaft, Dortmunder Union. Firmenschrift der Vereinigte Stahlwerke AG, Zentralwerbestelle, Dortmund 1930. Archiv Thyssen AG; Schulz, Ernst Hermann: Zur Fortentwicklung des hochwertigen Baustahles, in: Stahl und Eisen 48 (1928), S. 849-853.

Legierungsbereiche der deutschen hochwertigen Baustähle in %

Hüttenwerk	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo
1923 Freund AG	bis 0,2	0,5–1,4	0,5–0,8	–	–	–
1928 VST AG	bis 0,2	bis 0,7	0,5–1,3	0–1,5	0,25–0,5	–
1928 Mitteldt. Stahl AG	bis 0,2	0,5–1,0	0,7–1,0	0,6–1,0	–	–
1928 GHH	bis 0,2	bis 0,7	0,7–1,5	0,4–1	–	0,1–1
1928 Fried. Krupp AG	bis 0,2	0,5–0,6	1,3–2,0	0,2–0,7	–	–
1939 Normierter Baustahl	bis 0,2	bis 0,5	bis 1,2	bis 0,55	bis 0,4	bis 0,2
1942 Kriegs-Baustahl	bis 0,2	bis 0,6	bis 1,5			

Stahlwerke AG auf die jährlichen volkswirtschaftlichen Verluste durch Rost hingewiesen.[30]
Die Entwicklungsarbeiten bei den anderen Hüttenwerken führten dann im weiteren Verlauf ebenfalls zu Patentanmeldungen.
Die Mitteldeutsche Stahlwerke AG liess sich, nachdem der Silizium-Stahl der Freund AG patentrechtlich nicht geschützt werden konnte, einen Silizium-Mangan-Kupfer-Stahl patentieren. Die Fried. Krupp AG brachte einen Mangan-Kupfer-Stahl zur Anmeldung und die Gutehoffnungshütte Oberhausen AG schliesslich einen Mangan-Kupfer-Molybdän-Stahl.[31]

Die Zulassung einzelner Werke zur Lieferung von Bauwerken aus Baustahl St 52, das war der Gruppenbegriff für den neuen Werkstoff, wurde an eine eingehende Prüfung der jeweilig entwickelten Stahlsorte gebunden.
Die Vereinigte Stahlwerke AG und Krupp erhielten zuerst die Zulassung seitens der Reichsbahn und mit einem immensen Werbeaufwand drangen sie insbesondere auch auf die internationalen Märkte.[32] Der Vereinige Stahlwerke AG gelang es zum Beispiel in den Niederlanden, auch mittels einer grossen Werbekampagne («Union-Baustahl»), Marktanteile der Gutehoffnungshütte zu übernehmen.

Die Gutehoffnungshütte in Oberhausen stand aufgrund der Marktstruktur unter starkem Konkurrenzdruck, sie musste nun auch einen eigenen Baustahl entwickeln. Vor allem die Brückenbauanstalt in Sterkrade drängte das Stahlwerk wiederholt dazu, endlich den neuen Stahl herauszubringen, da sie bei den Ausschreibungen für Brücken ohne hochwertigen Stahl keine Chance hatte, und einen Zukauf von der Konkurrenz die Wettbewerbschancen erheblich gemindert hätte.[33]

Da die Gutehoffnungshütte in der Entwicklung hinterherhinkte, waren einige Möglichkeiten zur Legierung durch Patente bereits besetzt, also verfiel man auf das Molybdän, das zwar ausserordentlich teuer war, aber in Kombination mit den eigentlich festigkeitssteigernden Legierungszusätzen die Möglichkeit bot, ein Patent zu erlangen. Man gab dem Mangan und Kupfer, in dieser Kombination von Krupp bekannt, einen geringen Molybdän-Zusatz hinzu, obwohl die festigkeitssteigernde Wirkung des Molybdän erst bei einem Gehalt von über 1% einsetzt und vor allem für wärmefeste Stähle als Legierung eingesetzt wurde.
In internen Schreiben der Gutehoffnungshütte gab man auch unumwunden zu, dass man Molybdän verwende, «um dem Kind einen Namen zu geben» und weiter «... von der fast gänzlichen Wirkungslosigkeit des Mo ist jeder überzeugt».[34]
Bei der Überprüfung des Stahles der Gutehoffnungshütte durch die Reichsbahn kam es dann aber zu Verzögerungen, da der Stahl bei den in Berlin stattfindenden Abnahmeversuchen nicht die vorgeschriebenen Festigkeitswerte erreichte. Während die Unternehmensleitung in Oberhausen aufgrund des massiven Konkurrenzdruckes dringend die Zulassung ihres Stahles benötigte, kam es in Berlin zu langandauernden Diskussionen um die Versuchsanordnung. Mit Blumengeschenken für die Gattin des Reichsbahndirektors Schaper sowie der Androhung, bei weiteren Verzögerungen bei der Zulassung werde Paul Reusch, der Generaldirektor der Gutehoffnungshütte, sich persönlich an die höchsten Stellen in Berlin wenden, kam es dann ausgesprochen schnell zu einer Verständigung.[35]
1930 war der Baustahl St 52 als neuer Normstahl für Grossbauten eingeführt. Neben der Reichsbahn traten auch die Marine und der Fahrzeugbau als Abnehmer auf.

30 Daeves, Karl: Die Witterungsbeständigkeit gekupferten Stahles, in: Stahl und Eisen 46 (1926), S. 1857-1863.

31 Schaper, Gottwalt: Stählerne Brücken, 7. Auflage bearbeitet von Kurt Brückner und Eugen Ernst, Berlin 1949, Teil I, S. 103.

32 Schreiben Schmerse an Friedrich Bohny vom 17.9.1929. Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv (RWWA), Bestand Abt. 130 (GHH) 40410/127.

33 Schreiben Friedrich Bohny an Otto Holz vom 03.12.1928. RWWA Bestand Abt. 130 (GHH) 40410/127.

34 Peter Schmidt an Otto Holz vom 24.8.1929. RWWA Bestand Abt. 130 (GHH) 40232/14.

35 Briefwechsel zwischen Hubert Hauttmann und Peter Schmidt 22./24.5.1929. RWWA Bestand Abt. 130 (GHH) 40232/14.

36 Schaper, Gottwalt: Der hochwertige Baustahl St 52 im Bauwesen, in: Zeitschrift des VDI Bd. 83 (1939), S. 93-98; Schulz, Ernst Hermann, Bischof, W.: Neuere Entwicklungen des Stahles St 52 für den Grossstahlbau, in: Zeitschrift des VDI Bd. 84 (1940), S. 229-235.

37 Fry, A.: Über die Alterungsempfindlichkeit von Baustählen hoher Festigkeit, in: Zeitschrift des VDI Bd. 87 (1943), S. 123-127.

38 Vorläufige technische Lieferbedingungen für Baustahl St 52 und Nietstahl St 44 in Mn-Si-Zusammensetzung für Brückengerät vom 28.5.1940. Archiv Thyssen AG A/12778.

39 Gerybadze, Alexander: Innovation, Wettbewerb und Evolution, Tübingen 1982, S. 236-240.

Im Laufe der 30er Jahre wurden neue Anforderungen an den Baustahl gestellt, auf die ich jetzt noch kurz eingehen möchte.
Gleichzeitig mit der Einführung des St 52 ging die stetig zunehmende Anwendung des Schweissens im Stahlhochbau einher. Durch die konstruktive Vereinfachung, die geschweisste Brücken anbieten, konnte eine erhebliche Gewichtsersparnis erzielt werden.
In den Jahren 1935/36 kam es dann aber zu unerklärlichen Rissen an der Brücke am Bahnhof Zoo in Berlin und an der gerade erst fertig gestellten Autobahnbrücke in Rüdersdorf. Die Reichsbahn, die auch technisch für Autobahnbrücken zuständig war, verbot kurzerhand das Schweissen mit St 52, da die Risse eben an Schweissnahten entstanden waren.
Nach umfangreichen Schweissversuchen mit den verschiedenen Baustählen wurde von der Reichsbahn die bis dato geltende Freiheit in der Wahl der Legierungszusätze begrenzt. Die Reichsbahn setzte Obergrenzen für die Verwendung der einzelnen Legierungsmetalle fest, was zur Folge hatte, dass sich die Baustähle in ihrer chemischen Zusammensetzung weitgehend annäherten.[36]
Die Autarkiepolitik des «Dritten Reiches» hatte weitere Folgen für den Baustahl St 52. Die Notwendigkeit der Verbesserung der Zahlungsbilanz und die von der NS-Führung eingeleiteten Massnahmen zur Sicherung der deutschen Rohstoffe für die Aufrüstung zwangen zur Einsparung von Metallen, die ganz oder teilweise aus dem Ausland importiert werden mussten.[37]
Die als kriegswichtig für die Rüstungsproduktion angesehenen Metalle Kupfer, Molybdän und Chrom wurden vom Reichskommissar für Metalle für die Verwendung in Baustählen nicht mehr zugelassen. So entstand nahezu zwangsläufig ein Einheitsbaustahl – gegen den Willen der Stahlerzeuger.
Der Baustahl, der aufgrund behördlicher Anordnungen in seiner chemischen Zusammensetzung festgeschrieben war, glich dem ursprünglich von der Freund AG bzw. den Mitteldeutschen Stahlwerken angebotenen Werkstoff: es war ein Silizium-Mangan Stahl.[38] Dieser Einheitsbaustahl war es auch, der bis in die fünfziger Jahre hinein für die Ersatz- und Neubauten der durch den Krieg zerstörten Brücken verwandt wurde.

Zusammenfassend möchte ich nochmals auf das Verhältnis zwischen Nachfrage, Marktstruktur und Forschung und Entwicklung eingehen.
Die Entwicklung neuer Baustähle wurde massgeblich von der speziellen Marktstruktur bestimmt. Die Stahlerzeuger behandelten die Aufforderung nach F&E zunächst dilatorisch, da sie aus wirtschaftlichen Gründen kein Interesse an dem geforderten Produkt hatten. Es mussten jeweils Aussenseiter kommen, um das «technisch-wissenschaftliche Oligopol» der Ruhrindustrie zu neuen Innovationen anzutreiben, dabei wurden sie massgeblich von der Reichsbahn unterstützt. Die Nachfrage konnte erst erfüllt werden, als der Hauptnachfrager das ruhende Oligopol zum Wettbewerb anspornte, in diesem Zusammenhang kann man von einem «komparativen Diffusionsprozess» sprechen.[39]
Mit Marktzutrittsschranken auch nichttechnischer Art wurde den Newcomern der Zutritt zum Markt wesentlich erschwert. Durch eine offensive Publikationstätigkeit, die Berufung auf vermeintlich neutrale Gutachter und einer abgestimmten Patentpolitik wurde der Marktzutritt zumindest erschwert, es fand eine kollektive Wettbewerbsbeschränkung statt.
Der Konkurrenzdruck war im folgenden so stark, dass auch technisch nicht ausgereifte Produkte auf den Markt kamen. Die Entwicklungsarbeiten waren stark von der Patentlage und den wirtschaftlichen Vorgaben bestimmt.
Die Patentpolitik, Publikationspraxis in Fachorganen und auch die hier nicht untersuchte Werbetätigkeit der Unternehmen sollten als integrale Bestandteile von Forschung und Entwicklung betrachtet werden.