

DER BAUINGENIEUR

23. Jahrgang

5. Mai 1942

Heft 19/20

DAS HOLZ IM BEHELFSBRÜCKENBAU¹.

Von Dr.-Ing. habil. W. Stoy, Professor an der Technischen Hochschule Braunschweig. DK 624.21: 623.6 : 674

In der geschichtlichen Entwicklung des Brückenbaus spielte früher einmal das Holz neben dem Stein die wichtigste Rolle. Infolge der ständigen Zunahme der Achsdrücke und der dynamischen Erschütterungen ist aber heute im zivilen Bauwesen das Gebiet des Eisenbahnbrückenbaus dem Holzbau restlos verlorengegangen. Das gleiche gilt für Straßenbrücken mit schwerem Verkehr nach Einführung des 40 t schweren Raupenfahrzeuges. Vorwiegend für Feldwegbrücken bis 12 m Spannweite kommt Holz noch als Baustoff in Frage. In der Ostmark und in der Schweiz werden allerdings noch hölzerne Brücken in größerem Umfange erbaut. Aber sogar in einem so holzreichen Lande wie Norwegen findet man selbst in den abgelegensten Tälern Brücken aus Stahl.

Dabei werden heute vielfach gemischte Konstruktionen verwendet, indem man als Hauptträger I und IP-Stähle wählt, während alle anderen Teile des Überbaues — Querträger, Längsträger und Fahrbahntafel (Bohlenbelag) — und der Unterbau (Joche, Pfeiler) aus Holz bestehen. Grundlegend anders liegen die Verhältnisse im Behelfsbrückenbau. In allen Kriegen und auch in dem jetzigen hat das Holz als Baustoff eine hervorragende Rolle gespielt. Dies gilt in besonderem Maße für den Behelfsbrückenbau. Holz läßt sich durchweg in den meisten europäischen Ländern in den erforderlichen Abmessungen an Ort und Stelle beschaffen, sei es, daß vorhandene Lager, Sägewerke usw. ausgebeutet werden, sei es, daß der Pionier — nach Möglichkeit unter Verwendung von Motorsägen — die Bäume fällt, wo er sie findet. Rücksichten auf forstwirtschaftliche oder andere Belange kommen im Krieg nicht in Frage. Für ihn gilt nur ein Gesetz, und das lautet: Die Brücke ist in einer für ihren Zweck ausreichenden Tragfähigkeit in kürzester Zeit zu erbauen bzw. wiederherzustellen. Denn die Schnelligkeit der Inbetriebnahme zerstörter Eisenbahnen und Straßen ist im wesentlichen abhängig von der Schnelligkeit des Wiederaufbaues der zerstörten Brücken. Im gleichen Sinne gibt es keinen anderen Baustoff, der sich kriegsmäßig ohne große Vorbereitung so leicht und damit auch so schnell bearbeiten läßt wie das Holz. Für Pfähle und Stiele ist die vorhandene Form des Rundholzes am geeignetsten. Die Stämme brauchen nur entästet, abgelängt und geschält zu werden. Schwellen, Holme und Balken werden im Sägegatter auf die gewünschten Abmessungen geschnitten. Steht ein Sägegatter nicht zur Verfügung, so wird der Stamm nur an den Seiten und an den Stellen mit dem Beil beschlagen, wo es aus konstruktiven Gründen notwendig ist. Auch die Verbindung der einzelnen Hölzer untereinander läßt sich in einfachster Form unter Verwendung von Schraubenbolzen, Schwellenschrauben, Laschen, Klammern, Dollen usw. ausführen. Handwerklich schwierigere Zimmermannsverbände wie Zapfen, Verblattung, Verkämmung lassen sich vermeiden. Sie werden im Behelfsbrückenbau aus Zeitersparnisgründen nur noch selten ausgeführt. Ich halte es allerdings aus mehreren Gründen für bedenklich, auch auf den *V e r s a t z*, die Verbindung der Streben mit den Schwellen bzw. Holmen, verzichten zu wollen.

Damit ist die vielseitige Verwendung des Holzes im Behelfsbrückenbau für die Unterstützungen wie für die Tragwerke gegeben.

a) Unterstützungen.

(Widerlager und Pfeiler).

Sowohl bei Straßen- wie bei Eisenbahnbrücken bis zu den größten Stützweiten wird für die Unterstützungen fast ausschließlich Holz verwendet in Form von Uferbalken, Schwellenstapeln, Pfahljochen, Schwelljochen und Pfeilern.

1. Uferbalken und Schwellenstapel.

Die Uferbalken bzw. Auflagerbalken übertragen den Auflagerdruck der Tragwerke auf Mauerwerk oder Beton der Pfeiler oder Widerlager, unter Umständen unter Verwendung von Grundschwellen unmittelbar auf den tragfähigen Grund.

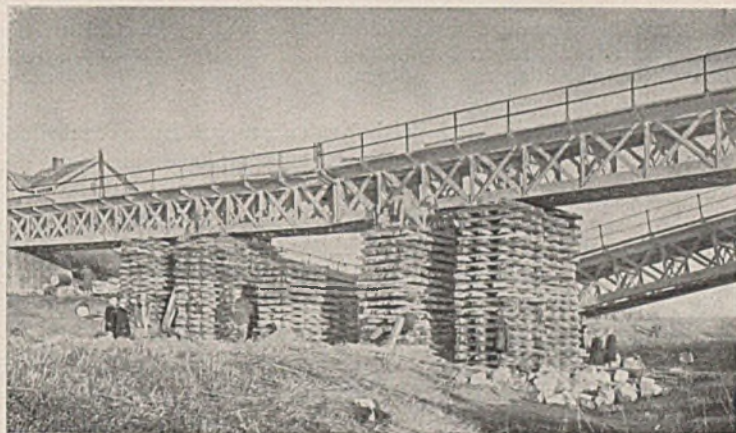


Abb. 1. Schwellenstapel zum Heben abgestürzter Stahlträger. Raba-Brücke bei Bochnia (Galizien) — Weltkrieg.

Bei etwas größerer Höhe werden Schwellenstapel verwendet, wobei Schwellen oder Balken lagenweise sich kreuzend übereinander gelegt werden. Jede Schicht muß genau in der Waage und vollkommen satt aufliegen. Die Schwellen der einzelnen Schichten werden mit Kreuzklammern (auf Zug) fest verbunden. Durch Einlegen durchlaufender Schwellen werden einzelne Stapel in der einen Richtung gegenseitig abgesteift und in der andern Richtung entsprechend verstrebt. Den Schwellenstapel errichten grundsätzlich Zimmerleute mit Dixel usw., Wasserwaage und Klammern. Der Vorzug dieser Bauweise ist die nicht zu überbietende Einfachheit im Herrichten und im Einbau der Hölzer, ihr Nachteil der große Aufwand an Holz, was sich aber gewöhnlich im Eisenbahnbrückenbau in Form von Schwellen leicht beschaffen läßt, und vor allem die statisch ungünstige Beanspruchung des Holzes quer zur Faser, mit der bei schwerer beweglicher Belastung ein elastisches Federn in der Lotrechten verbunden ist. Dies wird noch dadurch verstärkt, daß es nie möglich ist, infolge Verkrümmung und Verdrehung und infolge ungleicher Dicke der Hölzer Fugen zwischen den einzelnen Schichten gänzlich zu vermeiden, die sich unter der Belastung schließen und bei Entlastung wieder öffnen. Man wird also derartige Schwellenstapel nur bei geringer Höhe und beim Fehlen der Mittel zum Bau gegliederter Joche ver-

¹ Nach einem Vortrag auf der Holztagung 1941.

wenden. Anders liegen die Verhältnisse, wenn Schwellenstapel zum Heben abgestürzter Stahlbrücken verwandt werden. Abb. 1 aus dem Weltkrieg zeigt die wiedergehobene Ra b a - B r ü c k e bei Bochnia in Galizien. In der Nähe des Auflagers sind unter jedem Brückenfeld je 2 Schwellenstapel angeordnet. Während von dem einen aus das Heben mit hydraulischen Hebeböcken erfolgt, wird auf dem anderen eine weitere Schwellenlage aufgelegt als Unterlage für andere Hebeböcke und so fort.

In Abb. 2 aus diesem Kriege ist der Unterschied zwischen den Schwellenstapeln, die nur zum Heben dienen, und der endgültigen Auflager-Unterstützung in Form von Schwelljochen deutlich er-

besondere im Eisenbahnkriegsbrückenbau zu übertragen sind, entstehen sehr oft in den Schwellen und Holmen Spannungen quer zur Faser, die das für Nadelholz zugelassene Maß von 25 kg/cm² überschreiten. Da Hartholz in den benötigten Abmessungen und Mengen heute oft nicht zu beschaffen ist, werden die Holme dann aus Stahl (meist IP) hergestellt. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß diese gemischte Konstruktion — die Verwen-

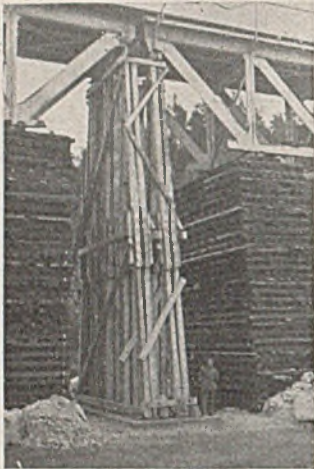


Abb. 2. Schwellenstapel zum Heben abgestürzter Stahlträger. Dazwischen Schwelljoch als Auflagerunterstützung.

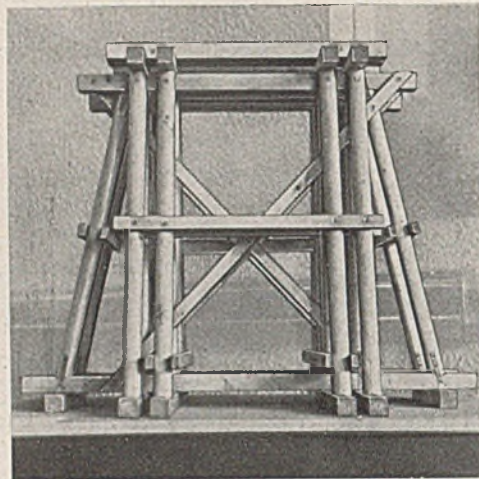


Abb. 3. Vierfaches Gruppenschwelljoch für eine Kriegsbrücke (Modell).

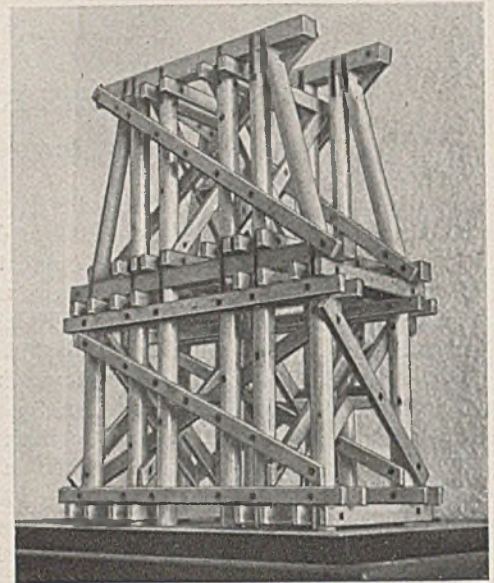


Abb. 4. Doppeltles Pfahljoch mit aufgesetztem Schwelljoch für eine Behelfsbrücke (Modell).

kennbar. Die Schwellenstapel haben schon eine ganz beachtliche Höhe erreicht, erkennbar an dem Eisenbahnpionier am Fuße des einen Stapels.

Dieses Verfahren der Hebung mit Hilfe von Schwellenstapeln ist in den meisten Fällen das einzig mögliche, um unter den gegebenen Kriegsverhältnissen rasch zum Ziele zu gelangen. Allerdings macht sich auch hier bei Entlastung der Hebeböcke das Zurückfedern des Holzes insofern unangenehm bemerkbar, als mit zunehmender Höhe des Schwellenstapels der wirklich gewonnene Nutzhub der hydraulischen Pressen immer kleiner wird.

ding von Holz für die Stiele bzw. Pfähle und von Stahl für die Holme — gewisse konstruktive Schwierigkeiten mit sich bringt. Daher interessiert im Eisenbahnkriegsbrückenbau die Frage, ob diese zulässige Beanspruchung quer zur Faser bei der zeitlich nur kurz wirkenden Spitzenbelastung nicht heraufgesetzt werden könnte. Versuche unter Berücksichtigung der im Eisenbahnbetrieb auftretenden Belastungen wären daher sehr zu begrüßen.

Als Verbindungsmittel der Verschwertungen und Zangen mit den Stielen bzw. Pfählen, Holmen und Schwellen werden durchweg Schraubenbolzen verwandt. Um ihre Wirksamkeit und damit

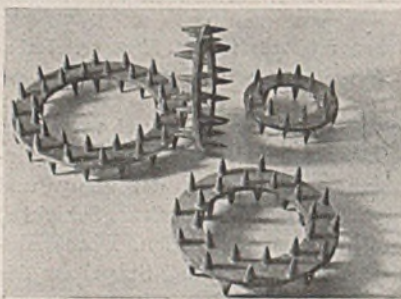


Abb. 5. Geka-Holzverbinder.

2. Schwelljoch
und Pfahljoch.

Die eigentliche, meist angewandte Form der Unterstützung im Kriegsbrückenbau ist das Joch. Bei tragfähigem Untergrund wird es in einfacher Form als Schwelljoch aus Stielen, u. U. Streben in den Jochwänden und in der Brückenachse, dem oberen Holm und der unteren Schwelle errichtet. Hierzu kommen noch Verschwertungen und Zangen. Der Auflagerdruck der Überbauten wird aus dem Holm durch die Stiele in die Schwelle und von da in den Untergrund übertragen. Abb. 3 zeigt ein vierfaches Gruppenschwelljoch für eine Kriegsbrücke mit Windstreben in den Jochwänden und Bremsstreben in der Brückenachse. Beim Pfahljoch fällt die Schwelle fort; an Stelle der Stiele und Streben treten senkrechte bzw. auch schräge Pfähle, die in den weniger tragfähigen Baugrund gerammt werden und die Lasten in diesen übertragen. Abb. 4 zeigt ein zweiwandiges Pfahljoch mit aufgesetztem Schwelljoch für eine Behelfsbrücke². Bei den gewaltigen Lasten, die ins-

tere Schwelle errichtet. Hierzu kommen noch Verschwertungen und Zangen. Der Auflagerdruck der Überbauten wird aus dem Holm durch die Stiele in die Schwelle und von da in den Untergrund übertragen. Abb. 3 zeigt ein vierfaches Gruppenschwelljoch für eine Kriegsbrücke mit Windstreben in den Jochwänden und Bremsstreben in der Brückenachse. Beim Pfahljoch fällt die Schwelle fort; an Stelle der Stiele und Streben treten senkrechte bzw. auch schräge Pfähle, die in den weniger tragfähigen Baugrund gerammt werden und die Lasten in diesen übertragen. Abb. 4 zeigt ein zweiwandiges Pfahljoch mit aufgesetztem Schwelljoch für eine Behelfsbrücke². Bei den gewaltigen Lasten, die ins-

die Steifigkeit der ganzen Konstruktion zu erhöhen, halte ich den Einbau von Preßdübeln, wie man sie schon lange im zivilen Ingenieurholzbau mit bestem Erfolge verwendet, für sehr zweckmäßig. Am geeignetsten erscheinen mir für diesen Zweck die sogenannten Geka-Holzverbinder³ — Abb. 5 —, die sich ohne besondere Einbauwerkzeuge (Schraubenzwingen, Pressen), nur mit Hilfe eines Vorschlaghammers in das Holz eintreiben lassen.

Abb. 6 und 7 zeigen zum Vergleich Schwelljoch und auf-

² Juli 1941 — entnommen. Vgl. Stoy, W.: Z. VDI. Bd. 85 (1941) S. 891.

³ Nähere Einzelheiten: Stoy, W.: Der Holzbau, 2. Aufl. Berlin 1941, S. 42.

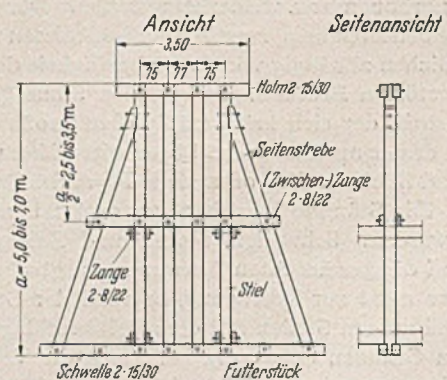


Abb. 6. Schwelljoch — französische Bauart.

gesetzte Joche französischer Bauart. An die Stelle der einteiligen Schwellen und Holme bei der deutschen Bauweise sind zweiteilige Zangen — allerdings mit dem gleichen Querschnitt — getreten.

geschlossen sind. Dieser Punkt erfordert sorgfältigste Zimmermannsarbeit und verleitet sehr leicht zum Pfschen.

Nachstehend zeige ich noch einige ausgeführte Beispiele, und zwar beginnend mit dem Pfeiler des Viaduktes bei Xertigny ⁴ der Strecke Epinal—Vesoul—Dijon aus dem Kriege 1870/71 (Abb. 8).

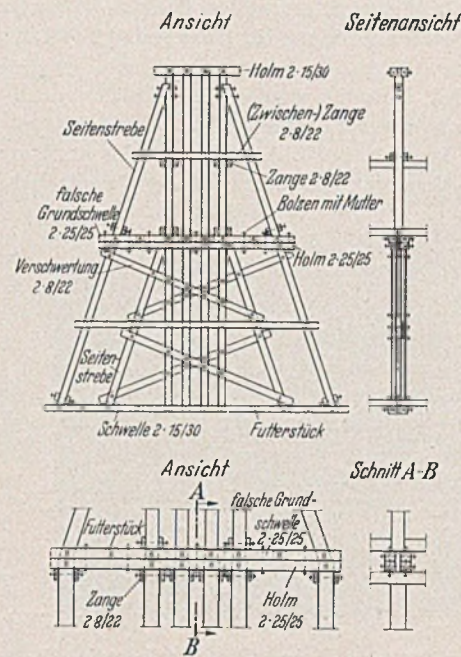


Abb. 7. Aufgesetzte Joche — französische Bauart. Oben: Schwelldoch auf Schwelldoch. Unten: Schwelldoch auf Pfahljoch.

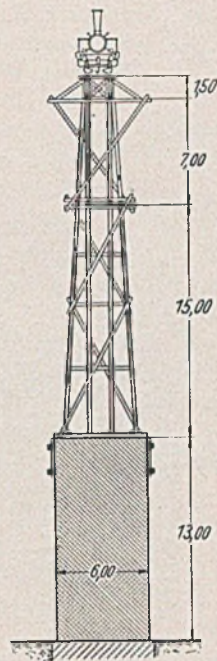


Abb. 8. Pfeiler des Viaduktes bei Xertigny — 1871.

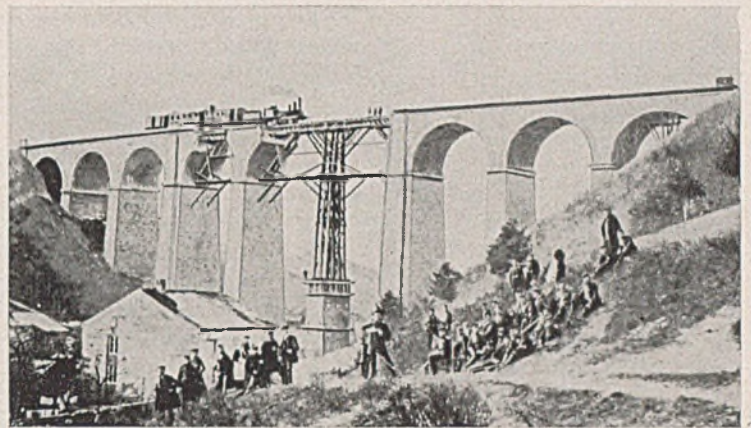
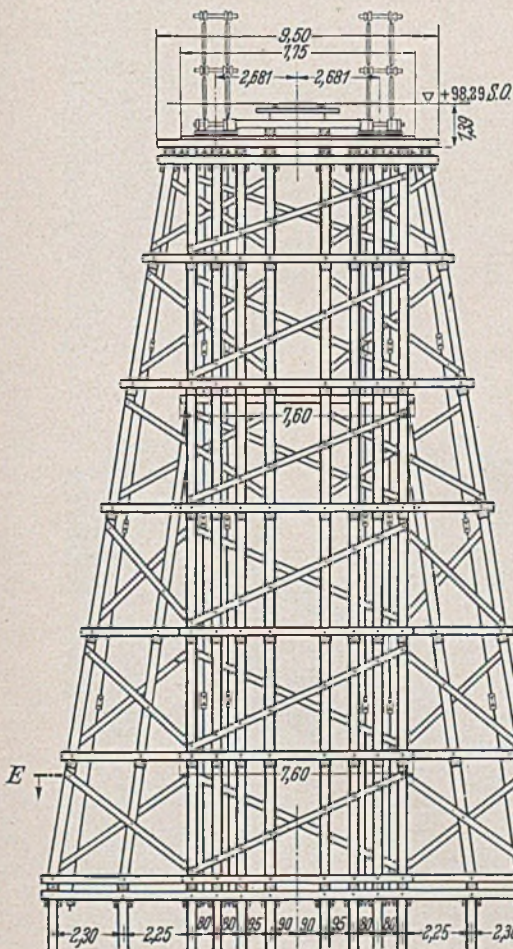


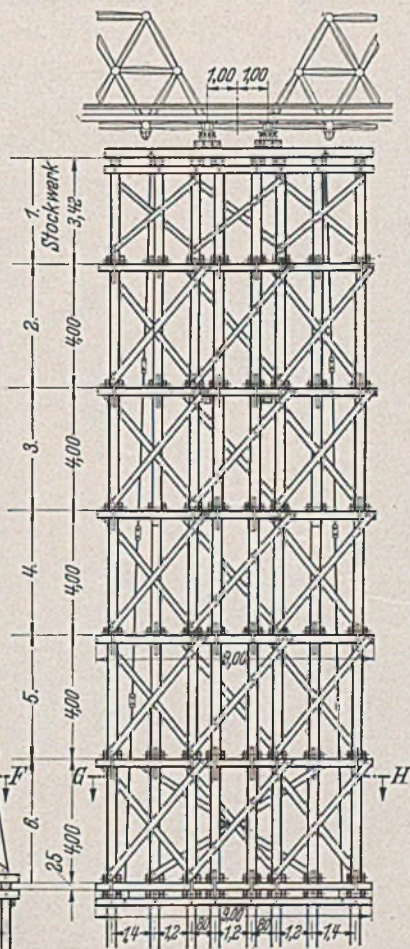
Abb. 8a. Viadukt bei Xertigny in fertigem Zustande.

Bei der geringen Grundfläche erschien es zu gewagt, den Pfeiler in seiner ganzen Höhe von 37 m aus Holz herzustellen. So wurde denn der untere Teil 13 m hoch in einer Breite von 3 m und einer Länge von 6 m trotz der herrschenden Kälte im Januar 1871 mit den vorhandenen Bruchsteinen in Zementmörtel auf-

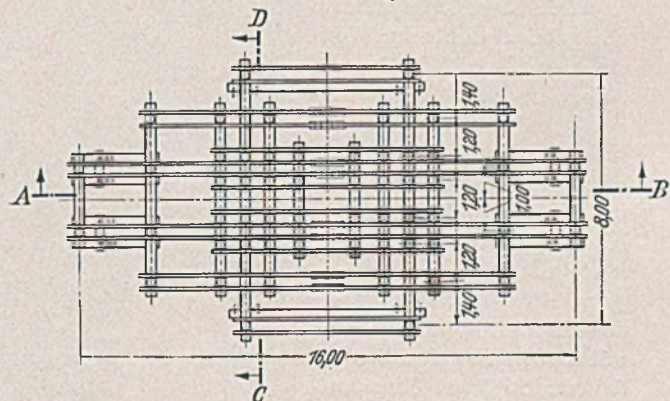
Schnitt A-B



Schnitt C-D



Schnitt E-F
Aufsicht auf die Zangen



Schnitt G-H
Aufsicht auf die Verstrebung

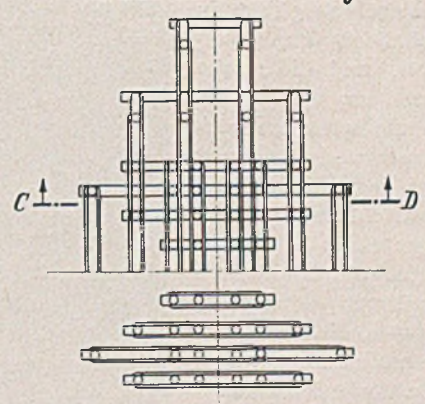


Abb. 9. Brücke über die Memel bei Grodno — 1915. Strompfeiler.

Mit Rücksicht auf die gegenüber der deutschen Bauweise wesentlich kleinere Druckübertragungsfläche lassen sich keine großen Lasten damit übertragen. Bemerkenswert ist weiter, daß die Streben unmittelbar mit Versatz und Bolzen an die Stiele an-

gemauert. Hierauf kamen dann 3 hölzerne Böcke zu stehen, die bei einer Höhe von 15 m bis zum Kämpfer der gesprengten Massiv-

⁴ Hille u. Meurin: Geschichte der preußischen Eisenbahntuppen, Bd. I, Berlin 1910, S. 168.

brücke reichten und durch kräftige Zangen zu einem festen Ganzen verbunden wurden. Darüber wurden stark verstrebt Spann- balken gestreckt. Auf die 3 Böcke wurden noch 2 weitere von

über dem Vorland von 175 m und 192 m Länge als einfache Gerüstbrücken mit Walzträgern ausgeführt (Abb. 10). Der Verbrauch an Holz betrug insgesamt 500 m³ für die Ramppfähle, 1900 m³ für Stiele, Streben, Schwellen, Holme, Zangen und Verschwertungen und 60 m³ für Bohlen und Bretter, insgesamt 2460 m³.

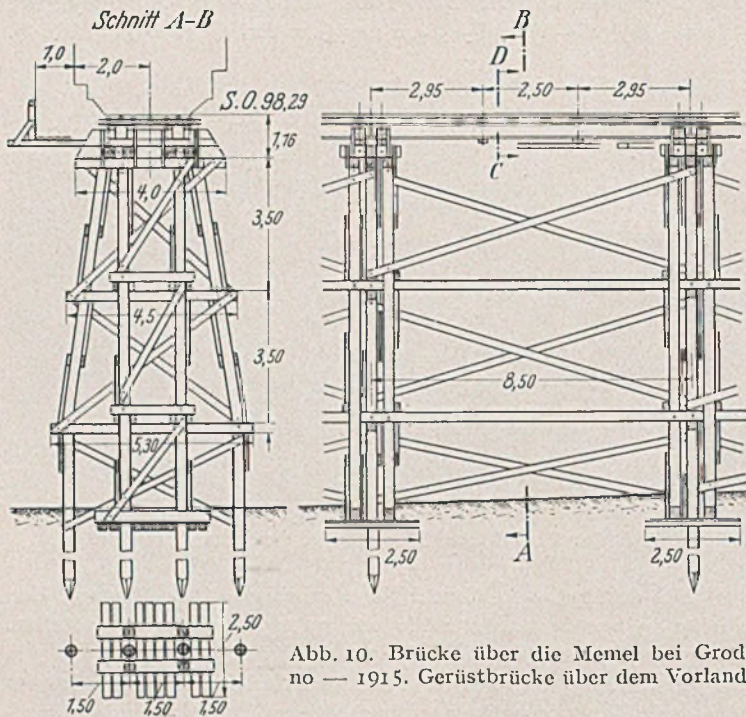
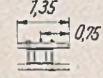


Abb. 10. Brücke über die Memel bei Grodno — 1915. Gerüstbrücke über dem Vorland.

7 m Höhe aufgesetzt, die die 1,1 m hohen Gitterträger aufnahmen; diese wurden außerdem noch von den Pfeilern aus durch Streben gestützt. Abb. 8a zeigt den Viadukt in fertigem Zustande.

Daß dem Bau höherer Holzpfeiler nichts im Wege steht, zeigen die beiden Abb. 9 und 10, die eine hervorragende Leistung deutscher Eisenbahnpioniere aus dem Weltkrieg darstellen, die Brücke über die Memel bei Grodno⁵. Der Bau der fünf großen Strompfeiler von 32 m Höhe sechsstöckig — der Mittelstrompfeiler sogar mit sieben Stockwerken — dauerte 20 Tage. Das Aufrichten eines Pfeilerstockwerkes, das aus 8—10 schweren Böcken bestand, nahm in der Regel 2—3 Tage in Anspruch. Die außergewöhnliche Höhe und die starke Belastung der Pfeiler bedingten eine besonders kräftige Bauart und Sicherung derselben gegen Wind- und Bremskräfte. Der Bau in so gewaltiger Höhe stellte bei den herrschenden eiskalten Schneestürmen — November 1915 — an die beteiligten Mannschaften außergewöhnlich hohe Anforderungen.

Während die Mittelöffnungen durch vier Kriegsbrücken Bauart Lübbcke — 2 mittlere Stützweiten von je 44 m und 2 äußere von je 22 m — überbrückt wurden, wurden die beiderseitigen Anschlußbrücken



An Höhe und Umfang wurde diese Brücke noch übertroffen durch die Feldmarschall-von-Hindenburg-Brücke über die Dubissa bei Lidowiany auf der Strecke von Tilsit nach Schaulen (Ostpreußen — Dünafont)

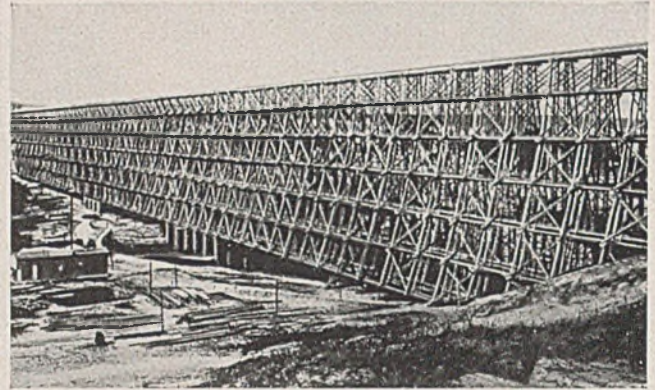


Abb. 11. Feldmarschall von-Hindenburg-Brücke über die Dubissa bei Lidowiany. 1915.

(Abb. 11). Die Brücke war 670 m lang und bestand aus 94 Öffnungen von je 7 m Weite. Die Höhe zwischen Schienenoberkante und Mittelwasser der Dubissa betrug am rechten Brückenufer 42 m. Für die aus 6 Stockwerken von je 5,82 m Höhe

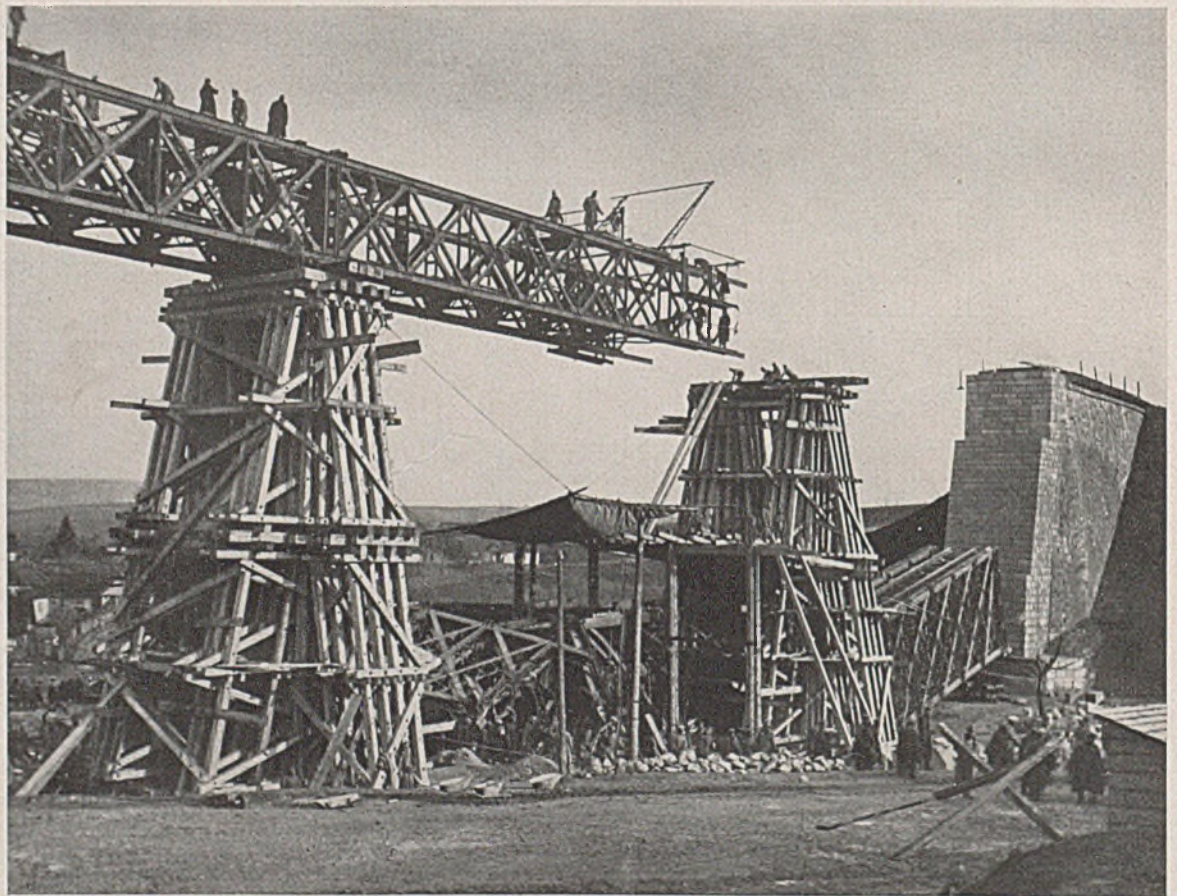


Abb. 12. Pluchower-Viadukt — im Bau. 20 m hohe Holzpfeiler.

bestehende Brücke wurden rd. 7000 m³ Holz verbraucht. Wenn man die Brücke über die Memel bei Grodno als ein hervorragendes Ingenieurbauwerk bezeichnen darf, so ist man leicht geneigt, von dieser Brücke das Gegenteil zu behaupten. Maßgebend sind

⁵ K r e t z s c h m a n n, W.: Die Wiederherstellung der Eisenbahnen auf dem östlichen Kriegsschauplatz. Berlin 1925.

aber im Kriegsbrückenbau, wie ich schon anfangs betonte, nur die militärischen Belange. Ausschlaggebend waren in diesem Falle bei den mangelhaften Zufahrtsstraßen die beschränkten Nachschubmöglichkeiten. Daher dürfte letzten Endes das Urteil von Ludendorff maßgebend sein, der diese Brücke trotz ihres ungeheuren Verbrauchs an Holz als ein Kunstwerk bezeichnete.

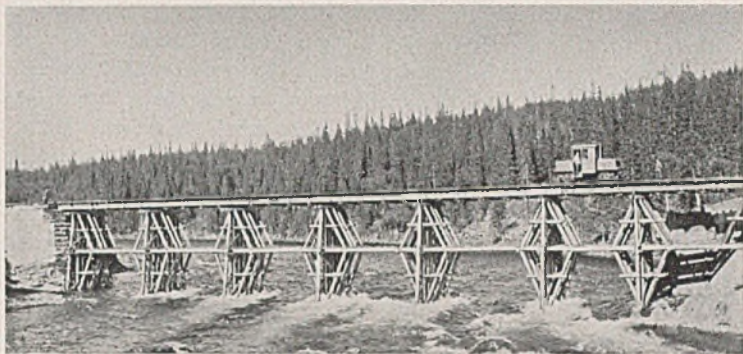


Abb. 13. Eisenbahnbehelfsbrücke über einen Gebirgsfluß. 65 m lang.

Nicht unerwähnt dürfen aber bei dieser Gelegenheit die Brückenbauten der österreichischen Eisenbahnpioniere im Weltkriege bleiben, die bezüglich Ausbildung und Leistung den deutschen Eisenbahnpionieren durchaus gleichwertig waren. Abb. 12 zeigt den Bau des Pluchower Viaduktes in Galizien. Die zimmermannsmäßig einwandfrei erbauten 20 m hohen Holzpfeiler tragen Stahlbrücken aus vorbereitetem Kriegsbrückengerät, die bei den österreichischen Eisenbahntrouppen bereits bei Ausbruch des Weltkrieges in größerem Umfange vorhanden waren.



Abb. 14. Ansicht der Brücke von der Seite.

Aus dem jetzigen Kriege seien einige bemerkenswerte Beispiele von Brückenunterstützungen gezeigt, Abb. 13 und 14 — Bau einer Eisenbahnbehelfsbrücke über einen reißenden Gebirgsstrom⁶. Bei Ausbruch der Kriegshandlungen befand sich die Brücke im Bau; die Widerlager waren bereits vollständig fertiggestellt und die Stahlkonstruktion für den Überbau mit einer Stützweite von 65 m in Auftrag gegeben. Für den Kriegsbau

standen IP- und I-Träger zur Verfügung, so daß er in üblicher Behelfsbrückenbauart ausgeführt werden konnte. Erhebliche Schwierigkeiten ergaben sich bei der Ausbildung der Unterstützungen. Für die Aufstellung eines leichten Montagegerüsts waren während der Zeit des Niedrigwassers schmale Betonschwellen in der Flußsohle einbetoniert. Zur Zeit des Behelfsbrückenbaues wurde der Kopf dieser Schwellen um 1 m und mehr überströmt. Dabei betrug die Wassergeschwindigkeit 3—4 m/sec. Außerdem war die Wasserströmung an der Brückenstelle nicht gleichmäßig, sondern infolge des unregelmäßigen und felsigen Flußbettes wassersprungartig. Die Brücke selbst liegt um 45° geneigt zum Stromstrich.

Die Joche bestehen aus 6 senkrechten Stielen und 2 Streben, die unten unmittelbar auf der Betonschwelle aufgesetzt sind und oben Stahlholme tragen, so daß eine Beanspruchung von Holz quer zur Faser vermieden ist. Wegen der geringen Breite der Betonschwellen kamen nur einfache Joche in Frage. Daher verlangte die gegenseitige Versteifung dieser Joche besondere Aufmerksamkeit. Außer dem senkrechten Stützdruck mußte der waagrechte und schräg zum Joch gerichtete Strömungsdruck des Wassers aufgenommen werden. Dies konnte nicht unmittelbar über dem Jochfuß erfolgen, sondern mußte in einer höheren Lage

durchgeführt werden, wobei möglichst wenig Strömungsquerschnitt auch für höhere Wasserstände verbaut werden durfte.

Zu diesem Zweck wurde ein in halber Jochhöhe liegender sehr fester Verband angeordnet, der die gesamten Joche gewissermaßen zwischen die beiden Widerlager festklemmte. Gegen diesen wurde sowohl der Jochfuß wie der Jochkopf abgestrebt. Auf den Versteifungsträger wurden noch Bohlen aufgenagelt, um ihn auch in seiner Querrichtung fachwerkartig zu versteifen, so daß Winddruck und andere unvorhergesehene waagrechte Kräfte gleichmäßig auf eine größere Zahl von Jochen verteilt werden konnten.

Das Aufstellen der Endjoche konnte noch ohne allzu große Schwierigkeiten vor sich gehen. Wesentlich anders lagen die Verhältnisse für die vier mittleren Joche. Von einer selbst hergestellten Kragkonstruktion wurde zunächst ein Jochrahmen, bestehend aus den unteren und oberen Zangen und den beiden äußersten Stielen, aufgehängt und dann die übrigen Jochteile eingefädelt, um anschließend abgelassen zu werden.

Ähnliche konstruktive Gesichtspunkte waren ganz unabhängig von dem eben geschilderten Bau für eine Brücke über einen Flachlandfluß maßgebend. Abb. 15. Die vorhandene massive Brücke war bis an die Bogenkämpfer und bis an die Oberkante der Pfeilerfundamente restlos zerstört. Als Unterstützung der aus Walzträgern gebildeten Überbauten dienen zwei aufeinander gesetzte Schwelljoche von 10,0 m und 6,4 m Höhe. Die alten Pfeilerfundamente, auf denen sie nach Wegräumung der Brückentrümmer aufgesetzt wurden, gestatteten nur eine verhältnismäßig geringe Breite. Um die nötige Steifigkeit in Richtung der Brückenachse zu gewährleisten, wurde auch hier unmittelbar unter dem Holm des unteren



Abb. 15. Eisenbahnbehelfsbrücke über einen Flachlandfluß. Ersatz für eine gesprengte Massivbrücke.

Schwelljoches ein waagrechter Verband angeordnet, der in dem Mauerwerk unter dem Kämpfer der zerstörten Brücke aufgelagert ist und gegen den sich die beiden Schwelljoche abstützen.

Bei Gebirgsflüssen, bei denen die Sohle vielfach aus blankem Fels besteht, ist ein Rammen von Pfählen unmöglich. Hier hat

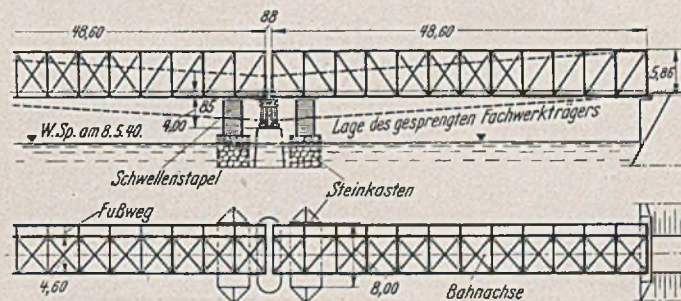


Abb. 16. Gründung von Schwellenstapeln auf Steinkästen.

sich als Gründung die Verwendung von Steinkästen aus beschlagenem Rundholz⁷ zum Heben abgestürzter Brückenträger bestens bewährt. Abb. 16 zeigt ein derartiges Beispiel. Die Steinkästen von 8 m Länge, 4 m Breite und 4 m Höhe wurden auf einer Abflaufläche am Ufer gezimmert und von Oberstrom zu Wasser ge-

⁶ Stoy, W.: Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 354.

⁷ Stoy, W.: Z. VDI 85 (1941) S. 349.

lassen. Nachdem sie an Ort und Stelle verankert und mit Steinen verfüllt waren, erfolgte das Heben der abgestürzten Brückenträger nach Ausgleich der oberen Steinschicht mit Kies in der üblichen Weise mit Hilfe von Schwellenstapeln. Nach dem Heben wurden

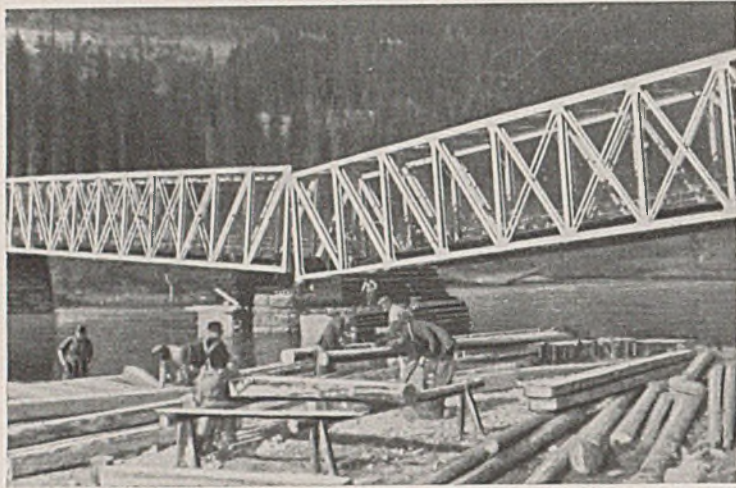


Abb. 17. Heben der abgestürzten Fachwerkträger.

die Brückenträger auf einem auf dem Pfeilerstumpf errichteten Schwelljoch abgesetzt.

Abb. 17 zeigt das Heben; im Vordergrund werden auf einem Zimmerplatz am Ufer gerade die Schwelljoche abgebunden.

Ist bei größeren Flüssen mit Eisgang zu rechnen, so sind die hölzernen Joche und Pfeiler der Behelfs- und Kriegsbrücken und die Gerüste zum Heben abgestürzter Überbauten durch Eisbrecher zu sichern. Diese werden stets aus Holz hergestellt. Sie müssen oft dem Ansturm gewaltiger Eismassen standhalten und das bis zu einem Meter dicke Eis zerschneiden und zermürben. Infolgedessen muß die Oberfläche durch Profil- und Flachstahl geschützt werden. Abb. 18 zeigt einen derartigen Eisbrecher in einem großen Strom des Ostens im Bau ⁸.

Aus geschichtlichem Interesse sei noch das Bild einer Pfahljochbrücke ⁹, die Julius Caesar über den Rhein zwischen Bonn und Köln geschlagen hatte, vorgeführt (Abb. 19). Jedes Joch besteht aus 5 senkrechten Pfählen und 2 Schrägpfahlpaaren, räumlich schräg gestellt zur erforderlichen Versteifung. Im Stromstrich ist noch zusätzlich je ein Prellpfahl und ein Strebpfahl angeord-



Abb. 18. Eisbrecher im Bau.

net. Die Stützweite der Joche beträgt rd. 8,0 m, die Gesamtlänge der Brücke 400 m.

⁸ Nähere Einzelheiten: Fiedler, J.: Bautechn. 17 (1939) S. 28 u. 63.
⁹ Saatzmann, K., E. Jüngst u. P. Thielscher: Caesars Rheinbrücke in: Bonner Jahrbücher des Rhein. Landesmuseums 143/144 (1938/39) S. 83.

b) Überbauten (Tragwerke).

Für die Überbauten kommt Holz als Baustoff heute nicht mehr in dem Umfange zur Verwendung wie in früheren Kriegen. Straßenbrücken ¹⁰ werden mit einfachen Tragbalken für Stützweiten bis 8 m erbaut, mit durch Sattelhölzer und Kopfbügen verstärkten Balken und mit verdübelten Balken für Stützweiten von 8—12 m. Darüber hinaus werden genagelte Vollwandträger als I- oder Hohlkastenträger und Fachwerkträger in neuzeitlicher Holzbauweise verwandt. Als Ersatz für gesprengte Gewölbe kommen Sprengwerke, vereinzelt auch Hängewerke zur Ausführung. Für diese altbewährten Holzkonstruktionen braucht man aber geschulte und erfahrene Zimmerleute. Um die Stützweite zu vergrößern, die Jochzahl zu verringern und dadurch an Rammarbeit zu sparen, werden heute besonders bei schwerem Verkehr ähnlich wie im zivilen Brückenbau die Überbauten vielfach in Stahl ausgeführt. Dies gilt insbesondere für den Eisenbahnbrückenbau mit seinen großen Verkehrslasten. Im Kriege 1870/71 wurde für Eisenbahnbrücken noch durchweg Holz verwandt. Mit gewöhnlichen Balken ließen sich Öffnungen von 3 bis 6 m Spannweite überbrücken. Darüber hinaus wurden einfache und doppelte Sprengwerke benutzt. Bei noch größeren Spannweiten schritt man zum Bau von Gitterträgern (Howe-Träger) ¹¹. Abb. 20. Damit wurden

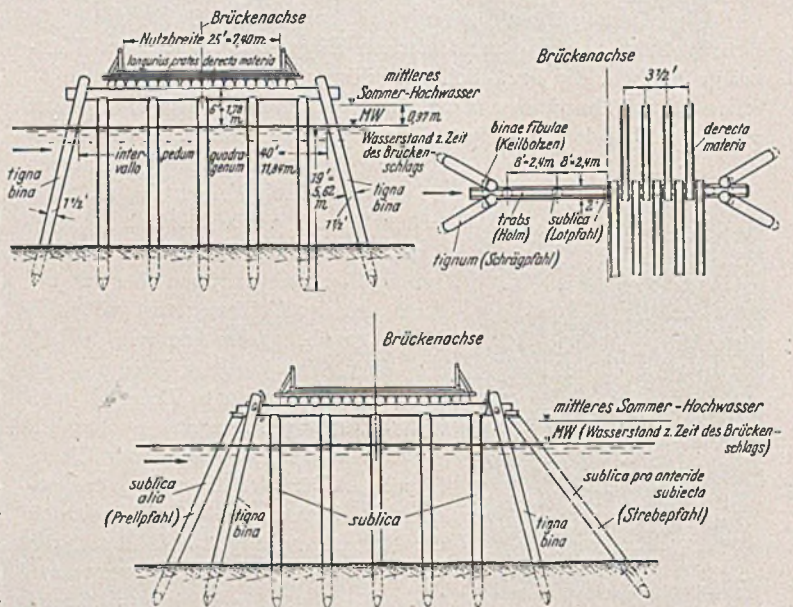


Abb. 19. Pfahljochbrücke nach Caesar, B. G. IV, 17, 3—8.

Stützweiten bis zu 27 m mit bestem Erfolge ausgeführt. Die Moselbrücke bei Langley auf der Strecke Nancy—Epinal (Abb. 20a) hatte z. B. 7 Öffnungen von 16—21 m Stützweite bei einer Trägerhöhe von 2,10 m. Bei der Probebelastung zeigten diese Träger, die auf Rüstungen zusammengebaut worden waren, 4—5 cm bleibende Durchbiegung, die freiliegend zusammengesetzten bis zu 8 cm. Die vorübergehende Durchbiegung betrug 2—3 cm.

Auch im Weltkriege ¹² kamen bei den ersten Wiederherstellungen meist einfache Bock- und Pfahljochbrücken mit kurzen Spannweiten (4—5 m) und Holzbalken als Träger zur Anwendung. Umständliche Holzkonstruktionen, wie verdübelte Balken, Sprengwerke und Gitterträger, deren Bau im Frieden vielfach auf den Übungsplätzen der Truppe geübt worden war, wurden nur selten ausgeführt. Um die Nachteile der mit kleinen Stützweiten gebauten Holzbrücken — Behinderung der Schifffahrt, gefährliche Verengung des Flußquerschnittes bei Hochwasser und Eisgang, umfangreiche und zeitraubende Rammarbeiten — zu vermeiden, wurden hier sehr bald schon stählerne I-Träger verwandt, die in breitflanschiger Ausführung bis zu 1 m Höhe zur Verfügung standen. Aber auch in diesem Kriege ist der Fall wiederholt vorge-

¹⁰ Schächterle, K.: Der Vierjahresplan 5 (1941), S. 703.
¹¹ Vieregge, Deutsche Bauzeitung 6 (1872) S. 174.
¹² Kretschmann, W.: Wiederherstellung der Eisenbahnen auf dem westlichen Kriegsschauplatz. Berlin 1922.

kommen, daß Eisenbahnbehelfsbrücken vollständig — sowohl Unterstützungen wie Überbauten — aus Holz erbaut worden sind, wenn eben die vorhin erwähnten Walzträger nicht in genügender Menge zur Verfügung standen. Abb. 21 zeigt eine derartige Brücke von 300 m Länge im Bau. Die Joche, deren Pfähle z. T. bis 15 m

Tage konnten bis zu 9 Überbauten verlegt werden. Die Erfahrungen zeigen, daß bei den vorhandenen Baueinrichtungen, Kräften und Baustoffen auch der Neubau der Überbauten in gleicher Ausführung etwa in derselben Zeit möglich gewesen wäre. Der Zeitaufwand für die Herstellung wäre ausgeglichen worden durch vereinfachte Transporte gegenüber der langwierigen Anbeförderung des fertigen Geräts auf weite Strecken und den Umladungen. Abb. 23 zeigt die Brücke in fertigem Zustand.

Abb. 24¹³ stellt den feldmäßigen Einbau eines Fachwerkträgers in genagelter Bauweise für eine Straßenbrücke über einen Fluß dar.

Ein hervorragendes Beispiel¹⁴ größter Ausdehnung dieser Art ist die im Jahre 1940 innerhalb von 12 Wochen erbaute Straßenbrücke I. Klasse über einen deutschen Strom nach dem Entwurf von Prof. Dr.-Ing. Gaber, Karlsruhe. Sie besteht aus 13 Öffnungen mit je 20 m Spannweite, die mit I-förmigen Vollwandträgern von 1,84 m Steghöhe überbrückt sind, und einer Schiffsahrtsöffnung in Netzfachwerkkonstruktion von 50 m Stützweite und 7,00 m Konstruktionshöhe. Abb. 25 zeigt das Einfahren eines dieser Fachwerkbrückenträger. Abb. 26 gibt einen Blick auf die End-

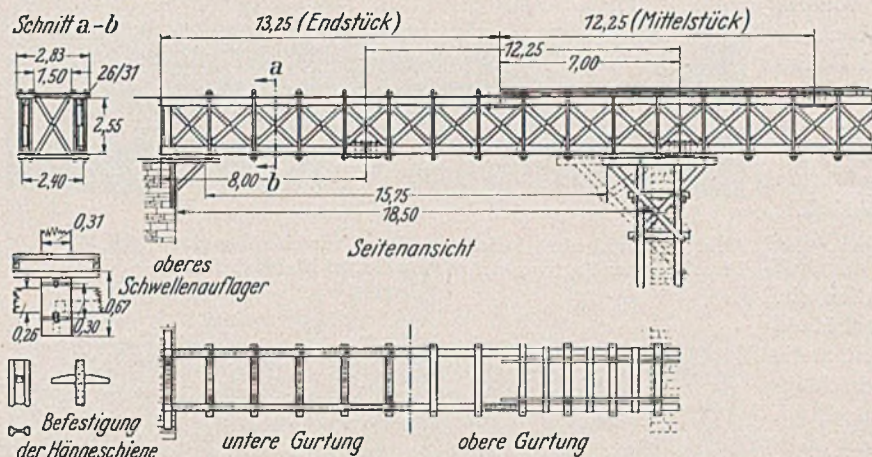


Abb. 20. Gitterträger für Feldeisenbahnbrücken 1870/71.

lang sind, stehen in Abständen von nur 3 m, um das vorhandene dünne Holz als Tragbalken verwenden zu können. Die Holme bestehen aus 2 übereinander gelegten Balken.



Abb. 20a. Moselbrücke bei Langley (1870). 7 Öffnungen von 16—21 m Stützweite.

Bei Straßenbrücken hat sich die Anwendung von Holzfachwerküberbauten in neuzeitlicher Bauweise als durchaus zweckmäßig erwiesen. Abb. 22 zeigt eine derartige Brücke im Bau. Der



Abb. 22. Einbau von Holzfachwerkträgern in neuzeitlicher Bauweise mit Hilfe eines zerlegbaren Portalkrans.



Abb. 21. Eisenbahnbehelfsbrücke aus Holz; 300 m lang. 1870.

Einbau der Überbauten in 500 m Gesamtlänge verlief mit Hilfe eines zerlegbaren 10 t-Portalkranes, der aus einem rückwärtigen Lager zur Verfügung stand, außergewöhnlich rasch. An einem



Abb. 23. Holzfachwerkbrücke in fertigem Zustande.

¹³ Menger, P.: Z. VDI. 85 (1941) S. 441 und Vierteljahrshefte der Pioniere Nr. 4/1940 und 1/2/1941.

¹⁴ Gaber, E.: Bautechn. 19 (1941), S. 277.

rahmen der fertigen 50 m Fachwerkbrücke. Weitere Brücken kleinerer und gleicher Spannweite in Netzfachwerkkonstruktion sind im Jahre 1941 fertiggestellt worden.

Wie ich schon einleitend betonte, spielt im Kriegsbrückenbau die Zeit die maßgebende Rolle; alle anderen Gesichtspunkte haben mehr oder weniger zurückzutreten oder sind von untergeordneter Bedeutung. Auch in diesem Kriege hat sich wiederholt erneut gezeigt, daß mit Pionieren auch unter außergewöhnlichen Bedingungen im Kriegsbrückenbau Zeitleistungen zuverlässig erzielt werden können, die auch von den besten Baufirmen nicht entfernt erreicht werden. Den Firmen fehlt hierzu die Erfahrung im geschlossenen und straff geführten Einsatz zahlreicher Arbeitskräfte und Hilfsmittel in kurzem Zeitraum und auf engen Raum ohne Rücksicht auf Wirtschaftlichkeit. Sie haben nicht in gleichem Maße wie die militärische Führung die Möglichkeit wendigen und schlagartigen Einsatzes großer Mittel. Es fehlt ihnen aber auch die Möglichkeit der Fürsorge für die Arbeitskräfte, die der Truppe gestattet, ihre Kraft im Außendienst voll nutzbar zu machen. Insbesondere aber fehlt ihrem Personal, das bis auf das Stammpersonal von Fall zu Fall zusammengestellt wird, naturgemäß der soldatische Geist, der Leistungswille und der Waffenstolz, der die Pioniere in erster Linie befähigt, auch jede große vorwiegend



Abb. 24. Feldmäßiger Einbau eines genagelten Brückenträgers.

technische Aufgabe wie einen Kampfauftrag aufzufassen und durchzuführen.

Mit stolzer Freude und größter Genugtuung können auch in diesem Kriege die deutschen Pioniere über ihre gewaltigen Brückenbauten den Spruch setzen:

„Kein Fluß ist zu reißend, kein Strom ist zu breit,
Wir kommen hinüber in kürzester Zeit.“



Abb. 25. Straßenbrücke in genagelter Bauweise über einen großen Strom. Einfahren der Fachwerkträger für die Schiffsöffnungen — 50 m Spannweite.



Abb. 26. Blick auf die Endrahmen der fertigen 50 m Fachwerkbrücke.

SELBSTERREGTE SCHWINGUNGEN VON BRÜCKEN.

Von Dozent Dr.-Ing. habil. Fritz Söchting, Wien.

DK 624.21 : 534.1

Übersicht. An einer Platte im Luftstrom werden die Schwingungsvorgänge geklärt, die Ergebnisse für den Balken verallgemeinert und nachgewiesen, daß große Schwingungsausschläge durch die Selbsterregung möglich sind. Die Möglichkeit der Anwendung dieser Rechnung auf die Hängebrücke wird gezeigt und dargelegt, daß die Einführung eines kritischen Verhältnisses von Fahrbahnbreite zu Brückenspannweite bei gleichartigen Brückenkonstruktionen berechtigt ist.

Jeder, der in einer der Wochenschauen des Jahres 1941 den Einsturz der Hängebrücke bei Tacoma (Washington USA.) gesehen hatte, ist tief beeindruckt durch die Art der Zerstörung und die Größe der dabei auftretenden Schwingungsausschläge, welche

gungsform der Brücke. Wenn man auch von den bisher üblichen Verhältniswerten der einzelnen Abmessungsgrößen bei der Konstruktion der Brücke abwich, so ist diese Tatsache keine Erklärung für die Ursache der Zerstörung dieser Brücke und dadurch ist auch nicht die Frage geklärt, wieso solch große Schwingungen aufgetreten sind und welche Maßnahmen man treffen muß, damit bei Neukonstruktionen störende Schwingungen vermieden werden. Die Schwingungsausschläge der Brücke bei Tacoma waren seit ihrer Errichtung so groß, daß Professor F a r q u h a r s o n von der Universität Washington, welchem wir auch die Aufnahmen des

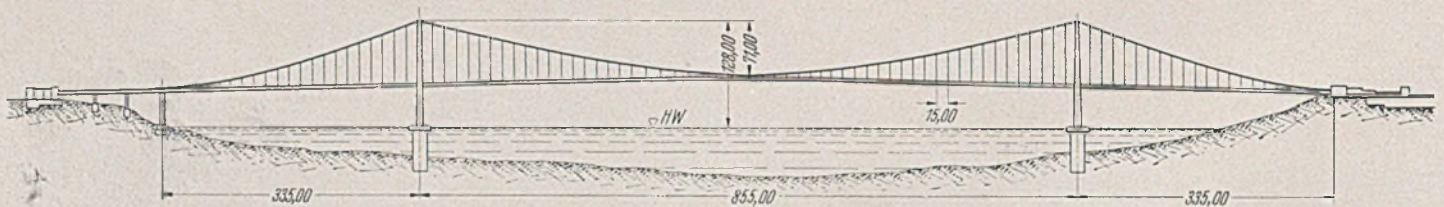


Abb. 1a. Ansicht der Tacoma-Brücke nach Schweiz. Bauztg. 117 (1941).S. 137.

die Ursache für den Bruch der Hängebrücke waren. Diese Brücke, welche mit rd. 855 m die drittgrößte Spannweite der bisher ausgeführten Hängebrücken hat (vgl. Abb. 1a u. b)¹ stürzte am 7. November 1940 bei einer Windgeschwindigkeit von ungefähr 18 m/sec ein. Die Schwingungen, welche man dabei beobachten konnte, bestanden aus Vertikal-, also Biegeschwingungen und Drehschwingungen mit einer Frequenz von 12 Schwingungen in der Minute, und zwei Halbwellen über der Mittelöffnung bildeten die Schwin-

¹ Stüssi, F. — J. Ackeret: Zum Einsturz der Tacoma-Hängebrücke. Schweiz. Bauztg. 117 (1941) S. 137.

Filmes von der Zerstörung der Brücke verdanken, mit der Aufgabe betraut war, diese Schwingungen zu untersuchen und Maßnahmen für die Verringerung derselben zu treffen.

Eine mögliche Erklärung für die Zerstörungsursache der Brücke könnte man dadurch erhalten, daß man annimmt, daß periodische Windkräfte auf die Brücke wirkten. Diese Kräfte sollen dadurch entstehen, daß veränderliche Windgeschwindigkeiten durch Wirbelablösungen veränderliche Kräfte auf die Brücke ausüben würden. Sind diese Kräfte vorhanden, so können bei Resonanz sehr große Schwingungsausschläge auftreten. So ein-

fach diese Erklärung des Auftretens der großen Schwingungsausschläge wäre, so sind doch Bedenken für die Aufrechterhaltung dieser Annahme vorhanden. Für die Entstehung irgendeiner Schwingung, auch bei Auftreten von Resonanzerscheinungen bzw. bei Schwingungen des Anfahrzustandes, ist eine gewisse Zeit erforderlich². Es genügt also nicht, um längerdauernde Schwingungen mit großen Ausschlägen zu erhalten, daß nur wenige vereinzelte Windstöße (Böen) auftreten. Für das Auftreten dieser Bewegungserscheinungen ist eine dauernde gleichmäßige Folge von Windstößen nötig. Diese Annahme, welche die Entstehung

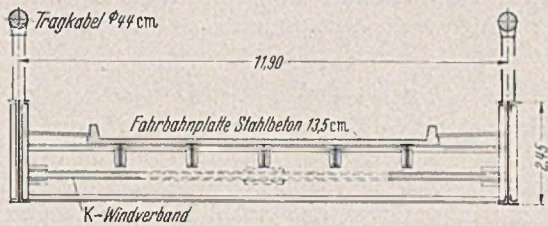


Abb. 1b. Querschnitt der Fahrbranntafel.

der Schwingungen der Tacoma-Brücke erklären kann, wird wohl nur vereinzelt zutreffen, so daß eine dauernde Störung des Verkehrs, wie es bei dieser Brücke der Fall war, durch diese Art der Ursache der Brückenschwingungen kaum auftreten wird.

Es ist also nötig, eine andere Erklärung für das Auftreten dieser Brückenschwingungen zu finden. Um über die mechanischen Vorgänge Klarheit zu erhalten, sei zunächst ein vereinfachtes System untersucht. Schneidet man aus einer Brücke ein Stück heraus und ermittelt man die Kräfte, welche bei einer beliebigen Verformung der Brücke auf dieses Stück wirken würden, so sieht man, daß sowohl Normal- als auch Schubspannungen Ursache für die Deformation sein können. Veränderungen dieser Spannungen bedingen unter anderem Dreh- und Biegeschwingungen. Damit hat man die Bedingungen gegeben, welchen das vereinfachte Ersatzbild genügen muß. Im Luftstrom müssen sowohl Dreh- als auch Biegeschwingungen möglich sein.

1. Schwingungen einer Platte.

Diesen Bedingungen genügt eine Anordnung nach Abb. 2a. Eine Platte wird durch vier gespannte Gummischnüre gehalten, dann erfährt sie bei einer Verschiebung η senkrecht zur Ebene der Gummischnüre im Ruhezustand den Widerstand $-c_1 \eta$, welcher gegen die Gleichgewichtslage hin gerichtet ist, und bei einer Verdrehung φ aus derselben um die Achse A—A (vgl. Abb. 2b) den Drillungswiderstand $-c_3 \varphi$. Die Werte der Konstanten c_1 und c_3 sind durch die Spannungen und den Öffnungswinkel der Gummischnüre gegeben.

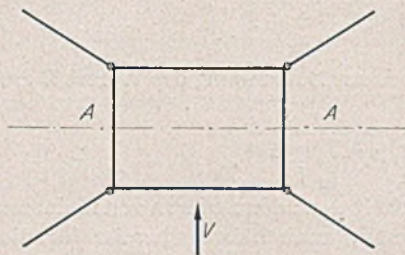


Abb. 2a.

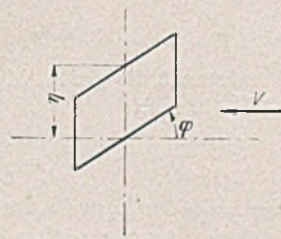


Abb. 2b.

ist m die Masse und J das Massenträgheitsmoment um diese Achse A—A, so gelten für die frei schwingende Platte die Bewegungsgleichungen:

$$(1a) \quad m \ddot{\eta} + c_1 \eta = 0$$

$$(1b) \quad J \ddot{\varphi} + c_3 \varphi = 0.$$

In diesen Gleichungen bedeuten die Punkte die Differentiation nach der Zeit. Die erhaltenen Bewegungsgleichungen sind zwei lineare homogene und voneinander unabhängige Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten. Da diese Gleichungen

² Söchting, Fritz: Schwingungsausschläge bei Resonanz, Anz. d. Akademie d. Wissenschaft. Wien 69 (1932) S. 251.

voneinander unabhängig sind, beeinflussen sich die beiden Bewegungen nicht, und die Frequenzen der beiden vorhandenen Schwingungen sind ebenfalls voneinander unabhängig.

Wird die Platte in einen horizontalen Luftstrom gebracht, so wirken außer diesen elastischen Kräften noch die Windkräfte auf die Platte. Um eine Erklärung für die Schwingungen der Tacoma-Brücke zu finden, wurde zuerst angenommen, daß einzelne Windstöße auf die Brücke wirkten. Jetzt sei angenommen, daß die Geschwindigkeit des Luftstromes, in welchen die Platte gebracht wurde, zeitlich unveränderlich sei. Fällt nun die Plattenebene nicht mit der Anströmrichtung zusammen, so wirken auf die Platte Luftkräfte. Zufolge der jetzigen Annahme wird eine schräg gestellte Platte durch Luft angeblasen, wodurch sie einen Auftrieb erfährt. Dieser Auftrieb steht zur Windgeschwindigkeit im Unendlichen senkrecht und fällt infolge der getroffenen Annahme mit der Richtung der Vertikalen überein (vgl. Abb. 3). Für den Auftrieb A gilt, wenn F die Fläche der Platte und c_a den Auftriebsbeiwert bedeutet:

$$A = c_a \frac{v^2}{2g} F.$$

Der Auftriebsbeiwert c_a hängt von der Größe des Anstellwinkels, in diesem Falle von dem Winkel φ ab. Für kleine Werte desselben kann man den Auftriebsbeiwert dem Anstellwinkel verhältnismäßig setzen

$$c_a = c_{a0} \varphi.$$

Setzt man zur Vereinfachung

$$c_2 = c_{a0} \frac{v^2}{2g} F,$$

so erhält man für den Auftrieb

$$A = c_{a0} \frac{v^2}{2g} F \varphi = c_2 \varphi.$$

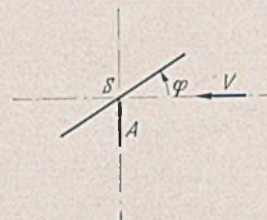


Abb. 3.

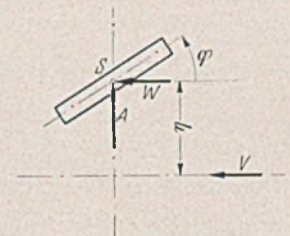


Abb. 4.

In dieser Gleichung hängt die Konstante c_2 von der konstanten Windgeschwindigkeit ab.

Vernachlässigt man Größen zweiter Kleinheitsordnung, so erhält man als Momentgleichung für die unendlich dünne Platte ebenfalls die Gl. (1b), nur bedingt die Wanderung des Druckpunktes zufolge der Änderung des Anstellwinkels einen anderen Wert der Konstante c_3 . Ist die Dicke der Platte jedoch endlich, so erfährt die Platte auch einen Widerstand W , dessen Richtung mit derjenigen der Anströmgeschwindigkeit zusammenfällt:

$$W = c_w F \frac{v^2}{2g}.$$

In dieser Gleichung bedeutet c_w den Widerstandsbeiwert der Platte. Hat sich nun deren Schwerpunkt um die Entfernung η aus der Ruhelage entfernt (vgl. Abb. 4), so ist das Moment der Luftkräfte um die Achse A—A der Gleichgewichtslage in erster Näherung

$$M = c_w F \frac{v^2}{2g} \eta = c_4 \eta$$

abhängig von der Schwerpunktsentfernung η . Der Wert der Konstanten c_4 ist abhängig von der konstanten Luftgeschwindigkeit v .

Wirken Luftkräfte auf die Platte, so lauten die Bewegungsgleichungen bei Vernachlässigung von Gliedern kleinerer Größenordnung:

$$(2) \quad \begin{cases} m \ddot{\eta} + c_1 \eta = c_2 \varphi \\ J \ddot{\varphi} + c_3 \varphi = c_4 \eta. \end{cases}$$

Gleichungssystem (2) ist ebenfalls linear und homogen, nur sind die Koordinaten η und φ nicht mehr unabhängig voneinander, daher ist die Bewegung der Biege- mit der der Drehschwingung gekoppelt.

Durch einfache Umformung erhält man die Differentialgleichung

$$mJ\eta^{IV} + (c_1J + c_3m)\ddot{\eta} + (c_1c_3 - c_2c_4)\eta = 0.$$

Dieser Gleichung genügt der Lösungsansatz

$$\eta = A e^{\lambda t},$$

dann erhält man als charakteristische Gleichung

$$mJ\lambda^4 + (c_1J + c_3m)\lambda^2 + (c_1c_3 - c_2c_4) = 0.$$

Diese Gleichung hat als Wurzeln

$$(3) \quad \left\{ \lambda = \pm \sqrt{-\frac{c_1J + c_3m}{2mJ} \pm \sqrt{\frac{(c_1J + c_3m)^2}{4m^2J^2} - \frac{c_1c_3 - c_2c_4}{mJ}}} \right.$$

Daher lautet die Lösung

$$\eta = A_1 e^{-\lambda_1 t} + A_2 e^{+\lambda_1 t} + A_3 e^{+\lambda_2 t} + A_4 e^{-\lambda_2 t}.$$

Hat die Differentialgleichung (2) eine stationäre Lösung, so entspricht dies einer periodischen Bewegung, d. i. eine Schwingung um eine Ruhelage. Diese entsteht dann, wenn Gl. (3) vier imaginäre Lösungen hat. Die Bedingung für deren Auftreten lautet

$$\frac{c_1c_3 - c_2c_4}{mJ} > 0.$$

Da die Masse und das Trägheitsmoment der Platte positive Größen sind, erhält man die Ungleichung

$$c_1c_3 > c_2c_4.$$

Gilt diese, so ist immer eine stationäre Bewegung um die Ruhelage vorhanden, die Schwingungsausschläge bleiben konstant bzw. werden durch kleine nicht berücksichtigte Dämpfungskräfte zum Abklingen gebracht. Entsteht eine periodische Bewegung, so ist mit

$$(3a) \quad i\lambda = \omega$$

$$\eta = A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \cos \omega_1 t + A_3 \sin \omega_2 t + A_4 \cos \omega_2 t.$$

Der Grenzfall ist gegeben, wenn die Gleichung

$$c_1c_3 = c_2c_4 \quad \omega = \sqrt{\frac{c_1J + c_3m}{mJ}}$$

gilt. Gl. (3) hat dann die Null als Doppelwurzel³ und dann erhält man als Lösung:

$$(4) \quad \eta = A_1 + A_2 t + A_3 \sin \sqrt{\frac{c_1J + c_3m}{mJ}} t + A_4 \cos \sqrt{\frac{c_1J + c_3m}{mJ}} t.$$

Je nach der Größe der Werte der einzelnen Konstanten erhält man stationäre, d. h. die Entfernungen aus der Ruhelage wachsen nicht an, oder instationäre Bewegungsformen, deshalb hat man bei der schwingenden Platte den Stabilitätsbereich zu ermitteln. Diese Aufgabe führt also auf kein Schwingungsproblem, sondern auf ein Stabilitätsproblem eines Bewegungszustandes.

Auch der Versuch kann zeigen, daß das Verhalten der Platte ein stabiles oder ein instabiles sein kann. Ändert man den Öffnungswinkel der Gummischnüre, so ändert man auch damit die Größen der Konstanten c_1 und c_3 . Bei großen Öffnungswinkeln der Gummischnüre bemerkt man kaum Schwingungen der Platte, verkleinert man jedoch den Öffnungswinkel der Schnüre, so beginnt bei einem bestimmten Öffnungswinkel die Platte plötzlich stark zu schwingen, wobei sowohl Dreh- als auch Biegeschwingungen auftreten.

Die Erscheinungen werden solange durch Gl. (2) beschrieben, als die Voraussetzungen, unter deren Zugrundelegung sie abgeleitet wurden, gültig sind. Gl. (2) gilt also nur bei kleinen Schwingungen. Wenn auch die Bedingungen für das kritische Verhalten bei nicht-linearen Verhältnissen — die Stabilitätsbedingungen — sich wenig ändern werden, so ist dafür eine besondere Untersuchung nötig. Die von den elastischen und den Luftkräften auf die Platte zur Wirkung kommenden Kräfte und Momente wurden verhältnismäßig den Ausschlägen angenommen. Bei kleinen Schwingungen ist diese Annahme möglich, werden die Ausschläge jedoch groß, so ist die Annahme berechtigt, daß die Größe der Kräfte bzw. Momente vom Vorzeichen des Ausschlages unabhängig sind. Daher sei vorausgesetzt, daß die Kräfte bzw. Momente durch eine ungerade Funktion der Amplituden darzustellen sind. Dann sind die Kräfte bzw. Momente darstellbar durch:

$$c_1\eta + a_1\eta^3 + \dots \quad \text{bzw.} \quad c_3\varphi + a_3\varphi^3 + \dots,$$

³ Hort, W.: Differentialgleichungen des Ingenieurs. 2. Aufl. Berlin 1925, S. 140.

und die Bewegungsgleichungen lauten bei Berücksichtigung von nur zwei Gliedern:

$$(5) \quad \begin{cases} m\ddot{\eta} + c_1\eta + a_1\eta^3 = c_2\varphi + a_2\varphi^3 \\ J\ddot{\varphi} + c_3\varphi + a_3\varphi^3 = c_4\eta + a_4\eta^3. \end{cases}$$

Man erhält ein nichtlineares System von gekoppelten Differentialgleichungen. Eine exakte Lösung dieses Gleichungssystem ist nicht einfach aufzufinden, darum soll im Folgenden eine Näherungslösung von Gl. (5) aufgesucht werden.

Da die Werte der Koeffizienten a im Verhältnis zu den übrigen von kleinerer Größenordnung sind, so wird die Eigenfrequenz von Gl. (5) nur wenig von der des Systems nach Gl. (2) verschieden sein. Man setzt

$$(6) \quad \eta = A \sin \omega t \quad \varphi = B \sin \omega t.$$

In Gl. (6) bedeutet ω die Eigenfrequenz, welche in erster Näherung durch die Gl. (3) und Gl. (3a) gegeben ist. Von dem Lösungsansatz, welcher nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt Gl. (5) erfüllen kann, wird verlangt, daß er bei Bewegungsbeginn und bei

$\omega t = \frac{\pi}{2}$ das Gleichungssystem (5) erfüllt⁴. Bei $\omega t = \frac{\pi}{2}$ wird

$$(7a) \quad -m\omega^2 A + c_1 A + a_1 A^3 = c_2 B + a_2 B^3$$

$$(7b) \quad -J\omega^2 B + c_3 B + a_3 B^3 = c_4 A + a_4 A^3.$$

Da die auftretenden Schwingungsausschläge kleine Größen sind, so kann man in Gl. (7a) das Glied $a_2 B^3$ vorerst vernachlässigen und man erhält für B

$$B = \frac{c_1 - m\omega^2 + a_1 A^2}{c_2} \cdot A.$$

Setzt man diesen Wert für B in Gl. (7b) ein, so bekommt man bei Vernachlässigung der mit A^4 und höheren Potenzen multiplizierten Gliedern:

$$\begin{aligned} \left[-J\omega^2 + c_3 + \frac{a_3}{c_2} (-m\omega^2 + c_1)^2 A^2 \right] [c_1 - m\omega^2 + a_1 A^2] \frac{A}{c_2} = \\ = (c_4 + a_4 A^2) A. \end{aligned}$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich als eine mögliche Lösung

$$A = B = 0,$$

d. i. die Gleichgewichtslage. Für die weitere Untersuchung sollen die kritischen Verhältnisse $c_1c_3 = c_2c_4$ zugrunde gelegt werden, dann ist

$$\omega = \sqrt{\frac{c_1J + c_3m}{mJ}},$$

und damit erhält man

$$A^2 = \frac{c_2^2 J^2 (c_2 a_4 m + c_1 J)}{c_2^2 a_3 m^3}$$

bzw.

$$A = \frac{c_3 J}{c_3 m} \sqrt{\frac{c_2 a_4 m + c_1 J}{a_3 m}}.$$

Wendet man die gleiche Methode zur Berechnung des Wertes B an, so erhält man:

$$B = \frac{c_4 m}{c_1 J} \sqrt{\frac{c_1 a_2 J + c_3 m}{a_1 J}}.$$

Da die Größen a_2 und a_4 im Verhältnis zu den anderen von kleinerer Größenordnung sind, so bekommt man näherungsweise für die Amplituden

$$A = \frac{c_2}{c_3} \sqrt{\frac{c_1 J^3}{a_3 m^3}} \quad B = \frac{c_4}{c_1} \sqrt{\frac{c_3 m^3}{a_1 J^3}}$$

zwar große, jedoch endliche Werte.

2. Schwingungen eines Balkens mit Einzelmassen im Wind.

In diesem Falle hat man ein kontinuierliches System gegeben und würde dementsprechend die dafür geltenden partiellen Differential- bzw. Integralgleichungen zu lösen und die geltenden Randbedingungen zu berücksichtigen haben. Die Aufgabe, die selbst-erregten Schwingungen des Balkens (vgl. Abb. 5) im Winde zu berechnen, kann vereinfacht werden, indem man annimmt, daß

⁴ R ü d e n b e r g, R.: Einige unharmonische Schwingungsformen mit großer Amplitude, Z. angew. Math. Mech. 3 (1932) S. 455.

er aus einzelnen Platten besteht, — d. h. man ersetzt den Balken durch ein System von endlich vielen Einzelmassen m_i , mit den Massenträgheitsmomenten J_i bezogen auf die Achse A—A—, welche auf einen masselosen Balken befestigt sind. Zufolge der Bewegung jeder Masse erfährt der Balken Biege- und Torsionsbeanspruchungen. Sind die verschiedenen Einflußzahlen, und zwar für die Verschiebung in vertikaler Richtung α_{iy} und für die Drehbewegung β_{iy} gegeben, so gilt nach dem Maxwell'schen Satz von der Gegenseitigkeit der Verschiebungen

$$\alpha_{iy} = \alpha_{yi}, \quad \beta_{iy} = \beta_{yi}.$$

Nach dem Grundgesetz der Mechanik ist die auf die Masse wirkende Kraft äquivalent der Änderung der Bewegungsgröße. Auf den Balken wirkt dann nach dem Prinzip von Aktion und Reaktion eine Kraft, welche zu derjenigen, die an der Masse angreift, entgegengesetzt gerichtet ist und die gleiche Größe hat. Die auf den Balken wirkende Kraft hat also die Größe $-m_i j$. Vorausgesetzt ist, daß sich der Balken im Luftstrom befindet. Dann wirkt nach früherem auf den Balken an der Stelle i in vertikaler Richtung die Komponente $c_i \varphi_i$ der Windkraft, wobei φ_i den Verdrehungswinkel der i ten Masse bedeutet. Die Verschiebung η an der Stelle r kann man aus den Kräften, welche an der Stelle i wirken, berechnen durch:

$$(8) \quad \eta_r = - \sum_1^n \alpha_{iy} \eta_i m_i + \sum_1^n \alpha_{iy} c_i \varphi_i.$$

Ist an der Stelle i das achsiale Moment der Windkraft $c^{(i)} \eta_i$, so erhält man für den Verdrehungswinkel:

$$(9) \quad \varphi_r = - \sum_1^n \beta_{iy} J_i \varphi_i + \sum_1^n \beta_{iy} c^{(i)} \eta_i.$$

Dabei sind die Werte der Konstanten c_i und $c^{(i)}$, so wie sie bei der Platte erhalten wurden, für die Teilplatten zu ermitteln. (Gl. (8) und Gl. (9) können dazu dienen, die Abhängigkeit der Ausschläge und Verdrehungen von der Zeit zu ermitteln. Als lineare und homogene Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten werden sie durch den Lösungsansatz

$$\eta_i = A_i e^{\lambda t} \quad \varphi_i = B_i e^{\lambda t}$$

befriedigt. Setzt man diese in Gl. (8) und Gl. (9) ein, so erhält man:

$$(10) \quad A_r + \sum_1^n \alpha_{iy} m_i \lambda^2 A_i - \sum_1^n \alpha_{iy} c_i B_i = 0$$

$$(10a) \quad B_r + \sum_1^n \beta_{iy} J_i \lambda^2 B_i - \sum_1^n \beta_{iy} c^{(i)} A_i = 0,$$

ein lineares und homogenes Gleichungssystem mit konstanten Koeffizienten. Damit eine nicht triviale Lösung möglich ist, muß die Koeffizientendeterminante den Wert Null haben.

$$(11) \quad \begin{vmatrix} I + \alpha_{11} m_1 \lambda^2, & \alpha_{12} m_2 \lambda^2, & \dots, & \alpha_{1n} m_n \lambda^2, & -\alpha_{11} c_1, & -\alpha_{12} c_2, & \dots, & -\alpha_{1n} c_n \\ \alpha_{12} m_1 \lambda^2, & I + \alpha_{22} m_2 \lambda^2, & \dots, & \alpha_{2n} m_n \lambda^2, & -\alpha_{12} c_1, & -\alpha_{12} c_1, & \dots, & \alpha_{2n} c_n \\ \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots \\ \alpha_{1n} m_1 \lambda^2, & \alpha_{2n} m_2 \lambda^2, & \dots, & I + \alpha_{nn} m_n \lambda^2, & -\alpha_{1n} c_1, & -\alpha_{2n} c_2, & \dots, & -\alpha_{nn} c_n \\ -\beta_{11} c^{(1)}, & -\beta_{12} c^{(2)}, & \dots, & -\beta_{1n} c^{(n)}, & I + \beta_{11} J_1 \lambda^2, & \beta_{12} J_2 \lambda^2, & \dots, & \beta_{1n} J_n \lambda^2 \\ -\beta_{12} c^{(1)}, & -\beta_{22} c^{(2)}, & \dots, & -\beta_{2n} c^{(n)}, & \beta_{12} J_1^*, & I + \beta_{22} J_2 \lambda^2, & \dots, & \beta_{2n} J_n \lambda^2 \\ \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots \\ -\beta_{1n} c^{(1)}, & -\beta_{2n} c^{(2)}, & \dots, & -\beta_{nn} c^{(n)}, & \beta_{1n} J_1 \lambda^2, & \beta_{2n} J_2 \lambda^2, & \dots, & I + \beta_{nn} J_n \lambda^2. \end{vmatrix} = 0$$

Gl. (11) kann dazu dienen, die stabilen und instabilen Bewegungszustände zu ermitteln. Ergibt Gl. (11) für λ einen imaginären Wert,

so ist der sich einstellende Bewegungszustand stabil (man beobachtet nur kleine Schwingungen um die Gleichgewichtslage), während bei einem reellen Wert die Bewegung instabil ist. Sollen die Ausschläge endlich bleiben, so darf λ keinen reellen Wert haben, wobei auch nach früherem der Wert Null als Grenzfall zu vermeiden ist. Setzt man in Gl. (11) für λ den Wert Null ein, so erhält man die Gleichung zwischen den einzelnen Koeffizienten:

$$(12) \quad \begin{vmatrix} I, 0, \dots, 0, & -\alpha_{11} c_1, & -\alpha_{12} c_2, & \dots, & -\alpha_{1n} c_n \\ 0, I, 0, \dots, 0, & -\alpha_{12} c_1, & -\alpha_{22} c_2, & \dots, & -\alpha_{2n} c_n \\ \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots \\ 0, 0, \dots, 0, I, & -\alpha_{1n} c_1, & -\alpha_{2n} c_n, & \dots, & -\alpha_{nn} c_n \\ -\beta_{11} c^{(1)}, & -\beta_{12} c^{(2)}, & \dots, & -\beta_{1n} c^{(n)}, & I, 0, \dots, 0 \\ -\beta_{12} c^{(1)}, & -\beta_{22} c^{(2)}, & \dots, & -\beta_{2n} c^{(n)}, & 0, I, 0, \dots, 0 \\ \dots, & \dots, & \dots, & \dots, & \dots \\ -\beta_{1n} c^{(1)}, & -\beta_{2n} c^{(2)}, & \dots, & -\beta_{nn} c^{(n)}, & 0, 0, \dots, 0, I \end{vmatrix} = 0.$$

Nach dem Entwicklungssatz von Laplace⁵ kann man Gl. (12) auch schreiben:

$$(13) \quad I - \begin{vmatrix} -\alpha_{11} c_1, & \dots, & -\alpha_{1n} c_n \\ \dots, & \dots, & \dots \\ -\alpha_{1n} c_1, & \dots, & -\alpha_{nn} c_n \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -\beta_{11} c^{(1)}, & \dots, & -\beta_{1n} c^{(n)} \\ \dots, & \dots, & \dots \\ -\beta_{1n} c^{(1)}, & \dots, & -\beta_{nn} c^{(n)} \end{vmatrix} = 0.$$

Ist Gl. (13) erfüllt, so wachsen die selbsterregten Schwingungen dauernd an und die Gefahr des Bruches des Balkens ist gegeben. Gl. (12) bzw. Gl. (13) ergeben die Bedingungen für das Auftreten der kritischen Windgeschwindigkeit. Man braucht nur die Werte der einzelnen Koeffizienten aus den vorgegebenen Abmessungen zu berechnen und in die Gl. (13) einzusetzen, und da die Koeffizienten c_i und $c^{(i)}$ von der Windgeschwindigkeit abhängen — sie sind ihrem Quadrat proportional — so kann man jene Größe der Windgeschwindigkeit berechnen, welche den Bruch des Balkens zur Folge hat.

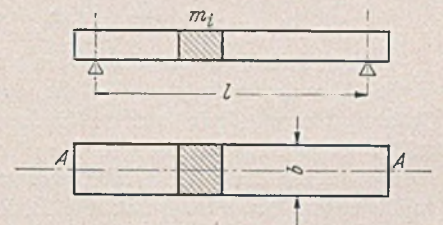


Abb. 5.

Nachdem erkannt worden ist, welche Windgeschwindigkeiten gefährlich sind, hat man zu untersuchen, wieso überhaupt aus dem Ruhezustand solche gefährlichen Schwingungen entstehen können; denn auf eine horizontale Platte im waagrecht angeströmten Luftstrom sollte aus Symmetriegründen keine Kraft wirken, welche die Platte aus der Ruhelage bringt, die Platte sollte in Ruhe bleiben. Als Bewegungsursache, welche erstmalig die Platte bzw. den Balken aus der Gleichgewichtslage bringt, kann die Wirbelablösung am Platten- bzw. Balkenende und die dabei sich bildende Wirbelstraße angesehen werden. Die Platte führt Drehbewegungen aus, weil die Drücke auf Ober- und Unterseite nicht mehr symmetrisch zur Balkenachse sind. Damit wird die Anfangsbewegung eingeleitet, ist diese einmal vorhanden, so geht der weitere Bewegungsverlauf, wie er früher beschrieben wurde, vor sich.

Für das Auftreten der Anfangsbewegung läßt sich noch eine andere Erklärung finden. Die Luftbewegung ist nie ganz gleichmäßig, die Strömungsrichtung muß auch nicht dauernd waagrecht sein, so daß die Anfangsbewegung durch zeitweilig auftretende Böen eingeleitet werden kann. Auch bei horizontaler Anströmungsrichtung des Windstromes braucht die Plattenebene nicht mit der Strömungsrichtung zusammenfallen. Eine Verdrehung der Platte kann auch durch eine ausmittige Belastung bedingt sein. Wird die Einzelmasse m_i nicht genau in der Mittelebene A—A des Balkens bzw. der Platte angebracht und ist ihr Schweremoment um diese Achse M_i , so gelten die Gleichungen:

Für das Auftreten der Anfangsbewegung läßt sich noch eine andere Erklärung finden. Die Luftbewegung ist nie ganz gleichmäßig, die Strömungsrichtung muß auch nicht dauernd waagrecht sein, so daß die Anfangsbewegung durch zeitweilig auftretende Böen eingeleitet werden kann. Auch bei horizontaler Anströmungsrichtung des Windstromes braucht die Plattenebene nicht mit der Strömungsrichtung zusammenfallen. Eine Verdrehung der Platte kann auch durch eine ausmittige Belastung bedingt sein. Wird die Einzelmasse m_i nicht genau in der Mittelebene A—A des Balkens bzw. der Platte angebracht und ist ihr Schweremoment um diese Achse M_i , so gelten die Gleichungen:

⁵ K o w a l e w s k i, G.: Einführung in die Determinantentheorie. Leipzig 1909, S. 38 u. 73.

$$(14) \left\{ \begin{aligned} \eta_p &= - \sum_1^n \alpha_{ip} \dot{\eta}_i m_i + \sum_1^n \alpha_{ip} c_i \varphi_i \\ \varphi_p &= - \sum_1^n \beta_{ip} J_i \ddot{\varphi}_i + \sum_1^n \beta_{ip} c^{(1)} \eta_i + \beta_{ip} M_i. \end{aligned} \right.$$

Bezeichnet man $\varphi_p - \beta_{ip} M_i$ mit

$$\varphi_p^+ = \varphi_p - \beta_{ip} M_i,$$

so ist

$$\dot{\varphi}_p^+ = \dot{\varphi}_p$$

und man erhält

$$(14a) \quad \varphi_p^+ = - \sum_1^n \beta_{ip} J_i \ddot{\varphi}_i^+ + \sum_1^n \beta_{ip} c^{(1)} \eta_i.$$

Differentiiert man Gl. (14) und Gl. (14a) mehrmals nach der Zeit, so erhält man die gleichen Eigenfrequenzen wie nach Gl. (11), und die Gl. (12) bzw. Gl. (13) ergeben wieder die Bedingungen für die Stabilität der Bewegung und die kritischen Windgeschwindigkeiten.

3. Anwendung auf die Schwingungen von Hängebrücken.

Um die für den Balken und für die Platte erhaltenen Ergebnisse auf die Schwingungen der Hängebrücken anwenden zu kön-

nen, werden gewisse Vereinfachungen nötig sein, damit die aufzuwendende Rechenarbeit nicht allzu groß wird. Die Einflußzahlen β_{ip} der Torsion sind abhängig von den Abmessungen des Tragseiles, den Dimensionen des Hauptträgers und des Windverbandes und von der Brückenbreite. Andererseits sind die Einflußzahlen der Biegung α_{ip} durch die Brückenlänge und durch die Abmessungen der Träger und des Tragseiles bestimmt⁶. Um für die Hängebrücke die Rechnung durchzuführen, hätte man mit den für dieselbe gültigen Werte in die Gl. (8)—(13) einzusetzen. Gl. (12) bzw. Gl. (13) ergeben die Bedingungen der Stabilität der Brücke und die kritischen Windgeschwindigkeiten. Ist die Windgeschwindigkeit gegeben, so erhält man zufolge der Abhängigkeit der Einflußzahlen von Brückenlänge und Fahrbahnbreite bei ähnlichen Brückenkonstruktionen ein ganz bestimmtes Verhältnis k von Fahrbahnbreite zu Brückenlänge, welche ein schwingungsfreies Verhalten der Brücke gewährleistet. Andere Belastungs- und Konstruktionsverhältnisse ergeben ein anderes kritisches Verhältnis k . Dieser Wert k hängt also von der Konstruktion und den Abmessungen der Brücke ab, daher bedingt ein Abweichen von den üblichen Werten nicht immer einen Bruch oder eine Gefährdung der Brücke.

⁶ Bleich, H. H.: Die Berechnung verankerter Hängebrücken. Wien 1935, S. 91.

EIMERKETTEN-GRABENBAGGER UND GRABENFRÄSER.

Von Oberingenieur Dipl.-Ing. **E. Rathsmann**, Leiter der Zentralen Maschinenverwaltung bei der Bauunternehmung Polensky & Zöllner, Driesen/Neumark.

DK 621.879.35/36

Eimerketten-Grabenbagger sind raupenbewegte Eimerkettenbagger, welche zum Ausheben von offenen Gräben größerer Tiefe mit senkrechten oder geneigten Wänden größeren Querschnitts dienen. Ihre Verwendungsmöglichkeit ist, ebenso wie die der normalen Eimerkettenbagger, auf den Aushub von leichtem bis mittelschwerem Boden, der sich noch mit dem Spaten oder mit einer Flachhacke von Hand leicht bearbeiten läßt, beschränkt. Kleinere Steine bis zu Faustgröße dürfen hierbei nur in geringen Mengen vorkommen; größere Steine, felsartiges Gestein und starke Wurzeln dürfen im Boden nicht vorhanden sein.

Mit raupenbewegten Grabenfräsern können offene Gräben geringerer Tiefe unter 40 cm Breite mit senkrechten Wänden in leichtem, mittelschwerem und schwerem Boden ausgehoben werden. Steine bis zu Kopfgröße werden mit diesen Bodenaushubgeräten noch herausgefördert.

Beiden Arten der Grabenbagger steht ein ganz außerordentlich großes Arbeitsgebiet offen. Mehr denn je werden sie in Zukunft zur Herstellung von Leitungsrohrgräben für Fernwasserleitungen und Ferngasleitungen und Gräben zur Aufnahme von elektrischen und Fernsprechkabeln usw. dienen. Grabenfräser

Zahlentafel I. Eimerketten-Grabenbagger.

Fabrikat	Eisenwerk Weserhütte A. G.			Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft	
	GO	GI	GII	R. II. G. ohne Böschungsschneider zum Aushub v. Gräben mit senkrechten Wänden	R. II. G. mit Böschungsschneider zum Aushub v. Gräben mit geneigten Wänden
max. Grabentiefe, ungefähr (m)	1,50	2,00	3,00	3,00	2,00
max. Grabenbreite, ungefähr (m)	0,3—0,4	0,4—0,6	0,6—1,0	0,75	oben . 2,75 unten . 0,75
Eimerinhalt, ungefähr (l)	12	14	32	50	50
Anzahl der Eimerschüttungen, ungefähr (je Min.)	38	38	38	25	25
Theoretische Leistung (m ³ /Std.)	27	32	73	75	75
Effektive Leistung, je nach Bodenart, Grabenbreite und Grabentiefe, ungefähr (m ³ /Std.) . . .	bis 30 ¹	bis 35 ¹	bis 75 ¹	50—60	50—60
Motorleistung, ungefähr (PS)	30	32	50—60	45	45
Bodenpressung unter den Raupenbändern, ungefähr, (kg/cm ²)	0,4	0,4	0,4	0,7—0,9	0,7—0,9
Arbeitsgeschwindigkeiten vorwärts bzw. ungefähre Grabenaushublängen (m je Std.)	35, 50, 70 u. 90	30, 35, 42, 50, 70 u. 84	21, 27, 32, 41, 47 u. 60	19 bis 46	12 bis 46
Konstruktionsgewicht des vollständigen Baggers ungefähr (kg)	8500	12 000	15 500	26 000	27 500

¹ Die Eimer von Grabenbaggern sind meistens gehäuft gefüllt, so daß sich eine höhere effektive als theoretische Leistung ergibt.

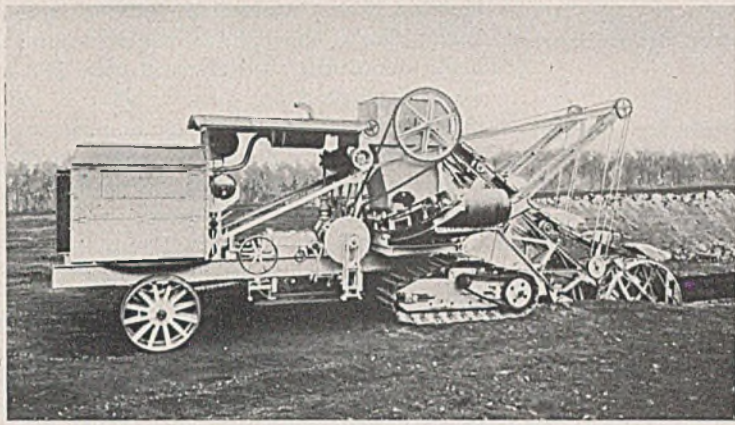


Abb. 1. Eimerketten-Grabenbagger, Bauart Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Type R. II. G., mit Böschungsschneider, beim Aushub von Gräben mit geneigten Wänden.



Abb. 2. Vorderansicht der Eimerleiter mit Böschungsschneider beim Eimerketten-Grabenbagger, Bauart Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Type R. II. G.



Abb. 3: Aushub eines Grabens mit senkrechten Wänden und seitliche Ablagerung des Baggerguts durch einen Eimerketten-Grabenbagger, Bauart Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Type R. II. G., mit durchschiebbaren Bandförderer.

werden im besonderen in der Landwirtschaft bei den Dränungen, der wichtigsten Melioration, in Anwendung kommen, da allein im Altreich etwa 4,6 Mio ha Grünland und 4 Mio ha Ackerland zu entwässern sind¹.

I. Eimerketten-Grabenbagger.

Die Typen der Eimerketten-Grabenbagger bestehen aus vier Hauptkonstruktionsteilen und zwar:

1. dem Unterwagen mit Raupenfahrwerk und Fahrgetriebe,
2. dem Baggeraufbau mit Eimerleiter, Eimerkette und Baggergetriebe,
3. dem Querförderer und
4. dem Antriebsmotor.

Der raupenfahrbare Baggerunterwagen (Wagenrahmen) besteht hauptsächlich aus einer Stahlkonstruktion bzw. aus Profil-Stahl mit Blechen; auf ihm sind die Haupttriebteile, der Antriebsmotor, der Baggeraufbau mit Eimerkettenantriebstrass, die Eimerleiter, der Querförderer und das

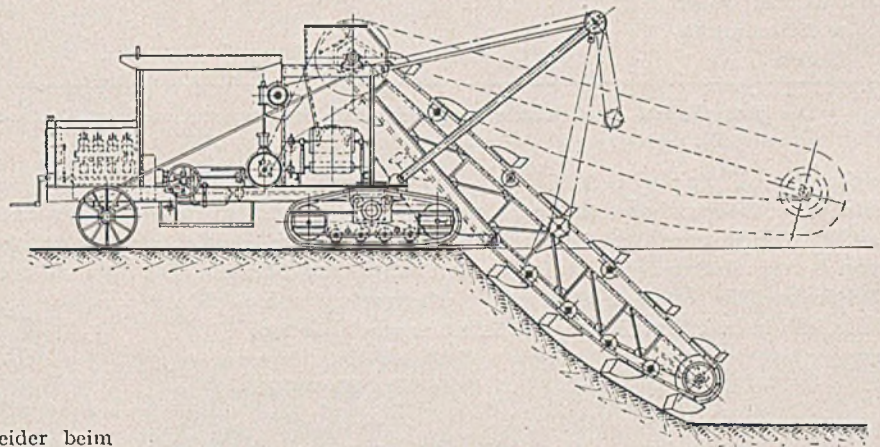
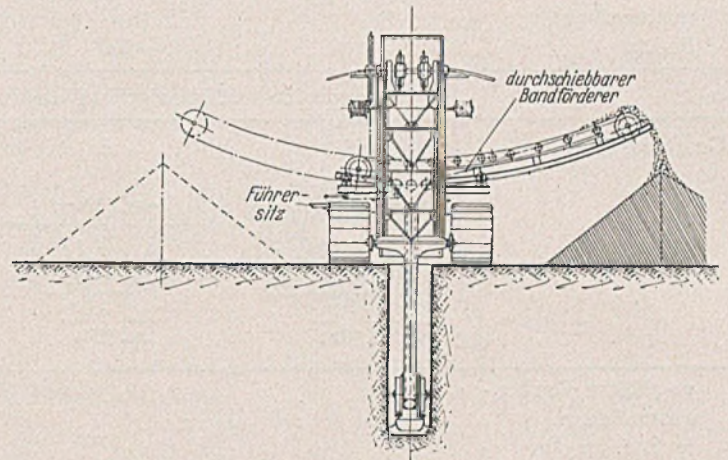


Abb. 4. Eimerketten-Grabenbagger, Bauart Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Type R. II. G., mit Eimerleiter in normaler Ausführung (d. i. ohne Böschungsschneider), zum Aushub von Gräben mit senkrechten Wänden.




Schutzdach verlagert. Mit Rücksicht auf die beim Baggern und Fahren im unebenen Gelände auftretenden hohen Beanspruchungen sind die Wagenrahmen sehr kräftig gebaut. Bei dem Eimerketten-Grabenbagger der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Type R. II. G., bestehen die Raupenbänder aus im Gesenk geschmiedeten S. M.-Stahl-Gelenkketten, die mit besonderen Bodenplatten aus S. M.-Flußeisen fest vernietet sind. Die Raupenbänder dieser Ausführung haben den Vorteil, daß bei Zerstörung bzw. Abnutzung einzelner Teile nicht die ganze Bodenplatte (Raupenbandglied), sondern nach Ausbau derselben nur der jeweils beschädigte Teil ausgewechselt zu werden braucht. Die Bodenplatten der Raupenbänder bei den Eimerketten-Grabenbagger der Eisenwerk Weserhütte Aktiengesell-

¹ Liczewski: „Ein neuer Drängraben-Fräser“. Landwirtschaftl. Wasserbau (Beilage zu Dtsch. Wasserwirtschaft) 2 (1941) S. 51-55.


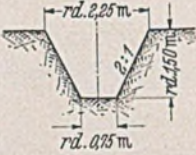

Zahlentafel II.

Grabenprofile und stdl. Grabenaushublängen beim Lübecker Eimerketten-Grabenbagger, Type R. II. G., mit und ohne Böschungsschneider.

A. Grabenprofile mit senkrechten Wänden

Grabenprofil	1	2	3
			
ungefähre Grabenaushublänge je Std. (m) in			
a) leichtem Boden	22	33	46
b) mittelschwerem Boden	19	28	38

B. Grabenprofile mit geneigten Wänden

Grabenprofil	1 ¹	2	3
			
ungefähre Grabenaushublänge je Std. (m) in			
a) leichtem Boden	14	22	46
b) mittelschwerem Boden	12	19	38

¹ Die gestrichelten Flächen müssen gegebenenfalls von Hand nachgestoßen werden.

schaft, Typen GO, GI und GII (vgl. Zahlentafel I), sind aus Stahlguß hergestellt und greifen schuppenartig übereinander. Die Bodenplatten haben Schraubenlöcher zur Befestigung von Gummipplatten beim Verfahren der Bagger auf Straßen. Die Schraubenlöcher dienen auch zum Aufschrauben von Stahlwinkeln, die in weichem Boden aufgesetzt werden können.

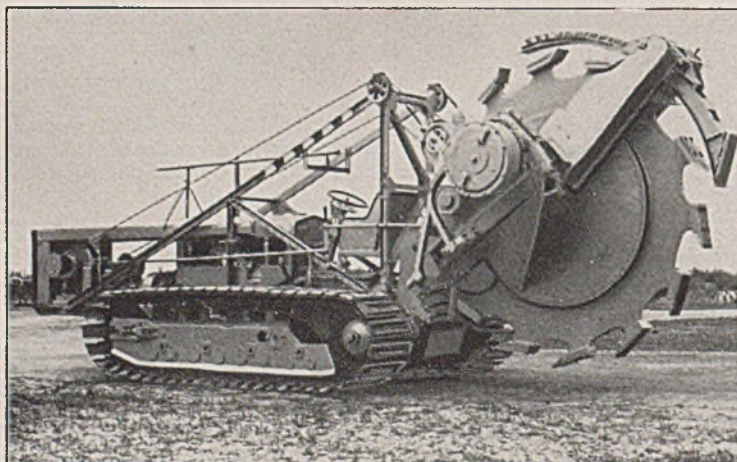


Abb. 5. ATG-Grabenfräser mit gehobenem Fräsräd.

Bei dem Aushub von Gräben mit senkrechten Wänden besitzen die Eimerleiter der Eimerketten-Grabenbagger die bei den Eimerkettenbaggern üblichen Eimerleiterausführung, d. h. den am unteren Eimerleiterteil angeordneten Endturas für die Umlenkung der Eimerkette. Für den Aushub von Gräben mit geneigten Wänden baut die Lübecker

Maschinenbau-Gesellschaft ihren Eimerketten-Grabenbagger mit einem am unteren Ende der Eimerleiter angeordneten Böschungsschneider (Abb. 1 u. 2). Der Böschungsschneider besteht aus zwei Umlenkungen, die am Außenrand Mitnehmernocken haben. Durch diese Nocken wird der Böschungsschneider durch die umlaufende Eimerkette in Bewegung gesetzt. Die geneigten Grabenwände werden durch seitlich an den Umlenkungen angeordnete Schneidmesser hergestellt. Die mit dem Lübecker Eimerketten-Grabenbagger herzustellenden Grabenprofile mit senkrechten und geneigten Wänden (und die stündlichen Grabenaushublängen in leichtem und mittelschwerem Boden) sind aus der Zahlentafel II ersichtlich.

Das gebaggerte Gut wird von den Eimern bei der Umlenkung am oberen Antriebsturas in einen im Baggeraufbau angeordneten Schüttschacht (Schüttkasten) abgeworfen. Von hier aus gelangt es auf den als Bandförderer ausgebildeten Querförderer. Bei dem Lübecker Eimerketten-Grabenbagger ist dieser Bandförderer durch eine Handwinde leicht verschiebbar (und zwar durchschiebbar) angeordnet, so daß das Gut wechselseitig auf der einen oder anderen Grabenseite abgelagert werden kann (Abb. 3 u. 4). Bei den drei Baggertypen der Weserhütte sind zwei Bandförderer gleicher Bauart eingebaut, wobei das Gut von dem ersten auf den zweiten seitlich angeordneten und nach hinten gerichteten Bandförderer geschüttet und von diesem neben dem Graben abgeworfen wird.

Diese Bagger können aber auch mit nur einem Querförderer ausgerüstet werden, welcher den ausgehobenen Boden entweder auf der einen oder der anderen Seite neben dem Bagger abwirft. Zu diesem Zwecke müssen die Querförderer jeweils entsprechend versetzt werden.



Abb. 6. ATG-Grabenfräser beim Ziehen eines Grabens.

Die Bagger werden durch stehende Dieselmotore (in besonderen Fällen auch durch Elektromotore) angetrieben. Die Anordnung des Dieselmotors erfolgt dabei auf dem vorderen Teile des Unterwagens.

Die Getriebe sind durch Sicherheitsvorrichtungen gegen Überlastungen geschützt. Zur Bedienung der Geräte ist nur ein Mann erforderlich.

II. Grabenfräser.

Der von der Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H. gebaute Grabenfräser löst und fördert das Baggergut durch ein heb- und senkbares Fräsrads (Frässscheibe). Seine wichtigsten Konstruktionsteile sind:

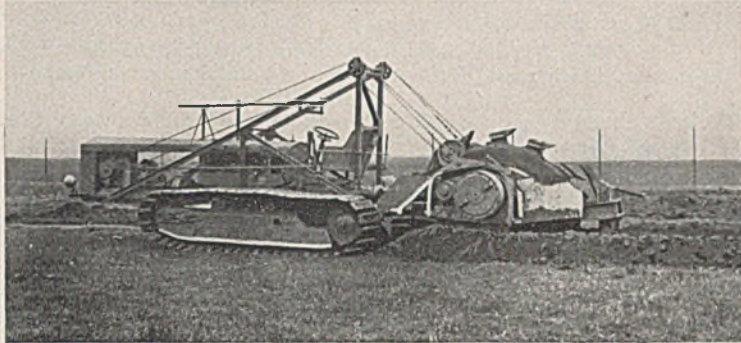


Abb. 7. Durch ATG-Grabenfräser gezogener Graben.

1. der Raupenschlepper (mit sehr langen Raupenbändern).
2. das Baggerwerk mit Fräsrads, welches in einem Ausleger gelagert ist, der durch das Hubwerk gehoben und gesenkt werden kann, und
3. das Triebwerk mit Motor.

Die technischen Daten für das Gerät sind der Zahlentafel III zu entnehmen.

Die Frässscheibe hat keinerlei bewegliche Teile. Die Messer (Fräszähne) bestehen aus Messerhaltern, die an der Frässscheibe durch vier Schrauben auswechselbar befestigt sind, und aufgeschweißten Hartstahlplatten als Arbeitsschneiden. Die Tiefeneinstellung der Frässscheibe ist an einer Skala ablesbar. Das gebaggerte Gut wird zu beiden Seiten des Grabens abgelagert und durch eine pflugartige Konstruktion (Streichbretter) zur Seite geräumt. Der am Auslegerende angebrachte Fuß(Nachräumer) hat dabei vor allem den Zweck, in den gezogenen Graben zurück-

fallendes Gut nochmals der Frässscheibe zum Heben zuzuführen. (Abb. 5—7.)

Zur Bedienung des Geräts sind zwei Mann erforderlich, wobei der eine die Steuerung, die Schaltung für das Fahrwerk, die Kuppelung zum Antrieb der Frässscheibe und den Hebel für das Hubwerk bedient; der andere beobachtet die Arbeit der Frässscheibe und bedient den Nachräumer.

Die genaue Sohlenregulierung für die gezogenen Gräben und das Verlegen der Rohre, Kabel usw. in diese müssen nach wie vor von Hand geschehen.

Zahlentafel III.

Grabenfräser der Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Type DBI.

Fräsrads:

Durchmesser (m) 2,6
Anzahl der Messer 14

Baggerwerk:

Grabenbreite (cm) 20
Größte Grabentiefe (m) 1,10

Antriebsmotor:

Leistung (PS) 42/45
Bauart 4-Zylinder-Viertakt-Dieselmotor

Trieb- und Raupenfahrwerk

Arbeitsgeschwindigkeiten je Std. (m)

1. Gang 120
2. Gang 160
3. Gang 200
4. Gang 445²
Rückwärtsgang 150

Raupenbreite (mm) 600

Leistung:

Aushublänge je Std. (m) 120 bis 200
Bodenpressung, ungefähr (kg/cm²) 0,5
Abmessungen, ungefähr (m) 9 × 3 × 2,4
Gewicht, ungefähr (t) 14

² Der 4. Gang ist für Leerfahrten an der Arbeitsstelle vorgesehen. Durch Umschalten eines Zusatzgetriebes ist eine Fahrgeschwindigkeit von 2,2 km/Std. möglich.

KURZE TECHNISCHE BERICHTE.

Verstärkung einer Balkenbrücke durch einen Bogenträger.

Die zweigleisige Eisenbahn Marseille—Ventimiglia, deren französischer Teil jetzt in Mentone endigt, überschreitet in der Nähe von Cannes die Siagne auf einer im ganzen rd. 80 m langen eisernen Brücke, deren Überbau aus dem Jahre 1862 stammt. Jedes der beiden Gleise liegt in einer Brücke für sich, bestehend aus Parallelträgern mit engmaschigem Gitterwerk mit unten liegender Fahrbahn. Die Gurtungen der 2,22 m hohen Träger sind aus einer Gurtplatte \square 450 · 12 mm, zwei Winkeln \angle 120 · 120 · 18 mm und einem Steg \square 300 · 14 mm Querschnitt zusammengesetzt, die Wandglieder bestehen aus Flacheisen \square 140 · 14 mm Querschnitt, die an den Überschneidungen unter Zwischenschaltung von Knotenblechen miteinander vernietet sind. Dieser Querschnitt ist über die ganze Länge der Brücke durchgeführt.

Die Brücke ruhte ursprünglich auf vier Stützen; im Jahre 1885 wurde sie zum erstenmal verstärkt, indem sie in ein Bauwerk mit vier Öffnungen von 17,25 m, 23,2 m, 23,2 m, 17,25 m umgewandelt wurde. Im Jahre 1911 wurden die Fahrbahnteile durch neue ersetzt. Im Jahre 1932 sollten die Achslasten der Strecke auf 20 t erhöht werden, und eine Untersuchung der Brücke ergab, daß zwar die Fahrbahn und die Gurte der Hauptträger dieser Belastung gewachsen wären, daß aber die Wandglieder dabei überansprucht würden. Die Brücke ist daher im Jahre 1939 dadurch verstärkt worden, daß man ihre Parallelträger an Stab-Bogen aufgehängt hat, so daß über jeder Öffnung ein Stab-Bogenträger entstanden ist. Die Bogenträger sind parabolisch gekrümmt und haben einen Stich von 5,25 m in den seitlichen und von 6,55 m in den mittleren Öffnungen. Die Parallelträger sind mit zehn Hängestäben an den Bogen aufgehängt. Jeder Bogen besteht aus einer oberen Gurtplatte \square 480 · 12 mm, zwei Winkeln \angle 120 · 120 · 14 mm und zwei seitlichen Stegen \square 280 · 15 mm, die Hängestäbe aus vier Winkeln \angle 80 · 80 · 8 mm in 475 mm Abstand von Außenkante zu Außenkante. Den großen Stich der Bogen hat man gewählt, um schon über dem zweiten Hängestab mit dem oberen Windverband beginnen zu können.

Die gewählte Lösung hatte den Vorteil, daß die alten Träger während der Verstärkungsarbeiten ihre volle Tragfähigkeit behielten, sie mußten zunächst nur zusätzlich das Gewicht der Verstärkungsteile tragen. Weiter konnten die alten Träger durch Anspannen der Hängestäbe von ihrer Beanspruchung durch das Eigengewicht entlastet werden.

Die Bogen münden an ihren Enden mit kräftig ausgebildeten Anschlüssen in die Obergurte der alten Träger, deren Endpfosten verstärkt worden sind. Durch Einbau dreieckiger Bleche mit Saumwinkeln als Eckverbände zwischen den Pfosten und den Querträgern der Fahrbahn wurde auch die Seitensteifigkeit der Brücke erhöht. Auf diese Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden, es sei nur noch die Übertragung des Eigengewichts der alten Träger auf die neuen Bogen ge-

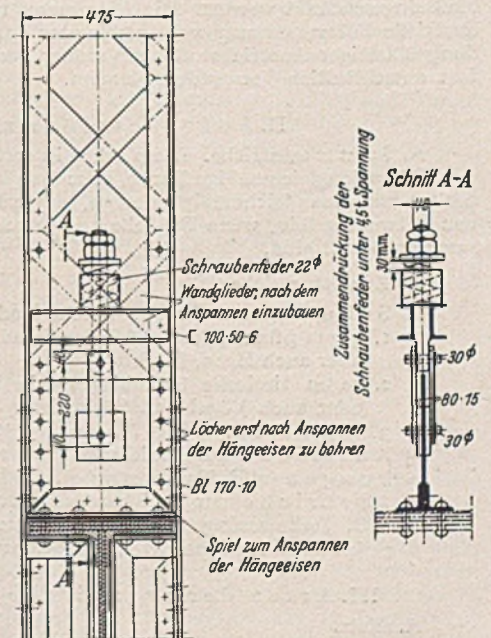


Abb. 1. Vorrichtung zum Anspannen der Hängestäbe.

schildert. Zu diesem Zweck mußten die Hängestäbe mit 4,5 t angespannt werden. Um dies zu ermöglichen, waren sie in der Nähe des Anschlusses an die alten Träger durchgeschnitten, und beide Teile waren durch eine Schraube unter Zwischenschaltung einer Schraubenfeder aus Rundstahl von 22 mm Dicke verbunden (Abb. 1). Der Schaft der Schraube führte durch den Hohlraum der Schraubenfeder, so daß durch Anziehen der Schraube die Feder unter Spannung gesetzt werden konnte. Nachdem dies geschehen war, wurden die beiden Teile der Hängeglieder miteinander vernietet, und die Schraubenverbindung konnte abgenommen werden.

Die Arbeiten sind ohne Störung des Betriebes ausgeführt worden; nur an acht Tagen mußten die Schnellzüge die Brücke mit verminderter Geschwindigkeit befahren. Die Bogen wurden von den Kämpfern her frei vorgebaut, wobei sie sich auf die Hängestäbe stützten. Das Anspannen der Schrauben nahm für jede Öffnung eineinhalb Stunden in Anspruch und konnte in Zugpausen vorgenommen werden. Von dieser Arbeit hatte man einige Schwierigkeiten erwartet, sie traten aber nicht auf. Nachdem alle Hängestäbe angespannt und einige Züge über die Brücke gefahren waren, wurde noch eine Feinregelung ausgeführt. Die Schraubenfedern wurden in Stufen von 500 kg angespannt, was eine Zusammendrückung um 3,3 mm ergab. Im ganzen wurden die Federn um 30 mm verkürzt. Die alten Träger haben sich dabei um 1,3 mm in den Seitenöffnungen und um 2,4 mm in den Mittelöffnungen gehoben, was der Berechnung entsprach. Auch das Ergebnis der Probelastung stimmte mit der Berechnung überein. Die Gurtungen der alten Brücke und die Wandglieder sind durch das Anspannen der Hängestäbe etwa auf ein Drittel ihrer vorherigen Beanspruchung entlastet worden.

Aus einem Bericht über die Verstärkung der Siagne-Brücke in der Revue générale des Chemins de fer 60 (1941) S. 151 geht hervor, daß die Französische Staatseisenbahn-Gesellschaft mit dem Ergebnis der Verstärkungsarbeiten durchaus zufrieden ist. Die Kosten waren nach den Preisen zur Zeit der Aufstellung des Entwurfs, also im Jahre 1936, um 240 000 Fr. oder um 25% niedriger, als die einer Verstärkung der Wandglieder gewesen wären. Über die tatsächlich entstandenen Kosten enthält unsere Quelle leider keine Angaben.

W e r n e k k e , Berlin.

Anstriche organischer Baustoffe.

I. Einleitung.

Mit der Entwicklung der Bautechnik ist das immer seltener werdende harte Laubholz durch das rascher wachsende Nadelholz verdrängt worden, das durch pflanzliche und tierische Schädlinge stärker gefährdet und auch leichter brennbar ist. Gegenwärtig liegen die Verhältnisse besonders ungünstig, weil vielfach nicht genügend Zeit für die Lagerung des Holzes zur Verfügung steht und unter Umständen waldfisches Holz verarbeitet werden muß. Der Weg vom Rohstoff bis zum Fertigerzeugnis kann bei Holz im Gegensatz zu anderen Baustoffen nicht unwillkürlich verkürzt werden. Es handelt sich um einen Rohstoff, der nicht tot ist wie mineralische und metallische Baustoffe. Wir sind auch genötigt, jeweils Holz geringerer Güteklasse zu verwenden. Außerdem werden auch veredelt Holz und Leichtbauplatten bei den heutigen Bauweisen im erheblichem Umfang verwendet.

Infolgedessen spielen Verfahren zum Schutze dieser organischen Baustoffe durch Anstrich und Tränkung eine gewisse Rolle. Auch den Schmuckanstrichen fallen zum Teil andere Aufgaben zu als in normalen Zeiten. Andererseits müssen gerade diese auf das unbedingt notwendige Maß eingeschränkt werden. Die Anordnung 12 der Reichsstelle für industrielle Fettversorgung vom 31. Januar 1941 verbietet die Verwendung ölhaltiger Anstrichstoffe, die früher gerade für solche Anstriche fast ausschließlich Verwendung fanden.

II. Aufgaben der Anstriche.

A. Schmuckanstriche. Diese sollen in erster Linie Schönheitsfehler des Holzes (ungleichmäßige Farbe, unschöne Maserung, Aststellen) verdecken und eine gleichmäßig gefärbte, glatte Fläche schaffen. Sie können notwendig sein, wenn Bauteile aus verschiedenen Werkstoffen zusammengesetzt sind.

B. Zweckanstriche.

- a) **Schutzanstriche:** Solche sind notwendig:
1. gegen pflanzliche Schädlinge (Fäulnis, Hausschwamm usw., aber auch Moos, Flechten),
 2. gegen tierische Schädlinge, wie Insektenfraß (Hausbock) oder auch Vögel und Säugetiere,
 3. gegen Feuer.
- b) **Anstriche zur Erzielung bestimmter farbiger Wirkungen** (z. B. Tarnanstriche).
- c) **Anstriche zur Erzielung sonstiger Wirkungen**, z. B. Verbesserung der Reinhaltungsmöglichkeit, Beständigkeit gegen Desinfektionsmittel, Leuchtanstriche.

III. Arten der organischen Baustoffe.

A. Holz.

Die harten Hölzer sind im allgemeinen gegen alle schädigenden Einflüsse beständiger. Gehobelt Holz ist im allgemeinen weniger gefährdet als ungehobelt.

B. Veredelt Holz.

Als solches ist Sperrholz zu betrachten. Die Beständigkeit gegen schädigende Einflüsse ist sehr weitgehend abhängig von der Leimung. Wasserlöslicher Leim (Kasein, Knochenleim) ist nicht feuchtigkeitsbeständig. Kunst- und Naturharze geben wetterbeständiges Sperrholz.

Präpariertes Holz (Steinholz) u. dgl. braucht meist keinen Anstrich.

C. Faserstoffplatten.

Die Zusammensetzung ist sehr verschieden. Von ihr und besonders der dadurch bedingten Saugfähigkeit hängt es ab, ob und womit sie gestrichen werden müssen.

D. Kunststoffe.

Solche brauchen im allgemeinen keinen Anstrich. Sie dienen im Gegenteil vielfach statt des Anstrichs zur Verkleidung von Wänden.

IV. Behandlungsweise der organischen Baustoffe.

A. Außenflächen.

Als solche kommen in Frage:

- a) Wände (z. B. Baracken), Verkleidungen (z. B. Schlagwetterschutz),
- b) Fenster und Türen,
- c) freistehendes Holzwerk (Zäune, Masten usw.),
- d) Treppen, Fußböden.

Im allgemeinen sind ölhaltige Anstrichstoffe verboten; nur ungestrichene Fenster und Türen dürfen sowohl außen als innen zwei ölhaltige Anstriche erhalten. Auch für die Innenseite sind wetterbeständige Anstriche zu verwenden. Die Vorölung gilt als ölhaltiger Anstrich. Wird ein dritter aufgetragen, so muß dieser ölfrei sein. Die Grundanstriche erfolgen zweckmäßigerweise schon in der Fabrik. Die Imprägnierung des Holzes ist vor dem Zusammenbau vorzunehmen, damit bei Bildung von Rissen durch die Austrocknung das eindringende Wasser keinen Schaden verursachen kann. Die Kittfalten sind zu streichen, damit dem Kitt kein Öl entzogen wird.

Es empfiehlt sich, lackierte Beschläge zu verwenden. Ungestrichene Beschläge sind alseitig mit Rostschutzfarbe zu streichen, die Schraubenköpfe sind nach dem Aufschrauben ebenfalls durch Anstriche gegen das Rosten zu schützen.

Alles Holzwerk, das mit Mauerwerk oder Erdboden in Berührung kommt, soll durch Imprägnierung oder Anstriche geschützt werden. Die Imprägnierungsstoffe dürfen nicht oder nur wenig auslaugbar sein. Riechende Stoffe dürfen nur außen verwendet werden.

B. Innenflächen.

Es kommen in Betracht:

- a) Wände, Trennwände,
- b) Türen, Fenster,
- c) tragendes Balkenwerk, Dachstühle,
- d) Einrichtungen (Wandschränke, Möbel, Speicherverschläge usw.),
- e) Treppen, Fußböden.

Für alle Anstriche, also auch die der inneren Türen und Fenster, gilt, daß sie nur mit ölfreien Anstrichstoffen gestrichen werden dürfen.

Holzwerk, das mit Mauerwerk in unmittelbare Berührung kommt, wird zweckmäßigerweise gegen pflanzliche Schädlinge imprägniert, ebenso Holz in feuchten oder schlecht lüftbaren Räumen (Keller, Luftschutzräumen).

Holz in Dachstühlen ist gegen Insektenfraß und Feuer zu schützen. Mittel, mit denen sämtliche Schutzwirkungen gleichzeitig erzielt werden können, sind zur Zeit noch nicht bekannt.

C. Schalungsbretter u. dgl.

Dafür kommen Tränkungsstoffe gegen Fäulnis in Betracht.

V. Anstrichstoffe.

A. Verschönerungs-, Schönheits-, Schmuckanstriche.

Schmuckanstriche und Schönheitsreparaturen sollen möglichst vermieden werden, sind aber bei Neubauten, Fliegerschäden usw. unvermeidlich. Die Zuteilungen von Anstrichstoffen für diese Arbeiten erfolgen unter diesen Gesichtspunkten. Wir unterscheiden:

- a) färbende Anstrichstoffe — Beizen,
- b) filmbildende Anstrichstoffe,
 1. Lacke ohne Farbkörper (Klarlacke),
 2. Anstrichfarben aus Farbkörper und Bindemittel,
- c) Hilfsstoffe, wie Grundierungsmittel, Porenfüller, Spachtelmassen u. dgl.

Statt Leinöl-Firnis müssen EL-Firnis (Einheits-Lackfirnis), Eistan-Firnis (Einheitsstandölfirnis) verwendet werden, die aber auch als ölhaltig nur in Ausnahmefällen in Frage kommen.

B. Zweckanstriche.

An erster Stelle stehen die Schutzanstriche. In manchen Fällen haben die Anstriche lediglich den Zweck, die helle Farbe des Holzes zu verdecken (Tarnanstriche). Für diese kommen dieselben Anstrichstoffe in Betracht wie für die Schönheitsanstriche, nur sind die Ansprüche an die Haltbarkeit manchmal geringer. Andere Zweckanstriche kommen bei Holzbauten selten vor. (Leuchtanstriche.)

Die Schutzmittel gegen pflanzliche und tierische Schädlinge sind:

a) tr ä n k e n d e S c h u t z s t o f f e .

1. W ä s s e r i g e S a l z l ö s u n g e n .

Fl u a t e ist die handelsübliche Bezeichnung für Kieselfluorwasserstoffsäure und deren Salze (Silikofluoride). Für Holzimprägnierungen kommen nur Salzlösungen in Betracht.

Z i n k c h l o r i d findet Anwendung in Form von alkalischen Lösungen, die meist auch noch andere desinfizierende Stoffe enthalten. Unter den sonstigen Mitteln dieser Art sind vor allem die Mischsalze zu nennen, die aber z. T. auch Arsen enthalten und dann der Giftigkeit wegen für viele Zwecke ausscheiden. Die Mischsalze enthalten übrigen Fluor, Chrom und Dinitrophenol. Durch letztere sind sie intensiv gelb gefärbt, wodurch leicht nachgeprüft werden kann, ob und inwieweit die Tränkung erfolgt ist. Bei Anwendung von Salzlösungen ist zu berücksichtigen, daß manche Salze leicht wieder abgelaugt werden, wodurch die Wirkung verloren geht.

2. T e e r ö l e .

Unter der Bezeichnung K a r b o l i n e u m sind verschiedene Teeröle im Handel, die meist naturfarbig braun oder auch gefärbt sind. Farbkörperhaltige Karbolincumarten sind nur dann zu empfehlen, wenn sie filmbildende Stoffe, z. B. Leinöl, enthalten.

Mit Teeröl getränktes Holz kann meist mit Öl- und Lackfarben überstrichen werden, da die teerigen Stoffe durchschlagen. Teeröle kommen für feuchtes Holz nicht in Betracht.

3. C h l o r h a l t i g e o r g a n i s c h e S t o f f e .

Chloriertes Naphthalin, das als Xylamon im Handel ist, wirkt auf Insekten als Atemgift. Es hat einen intensiven Geruch und verflüchtigt sich mit der Zeit. Es kann deshalb nur im Freien und in gut lüftbaren Räumen angewandt werden. Außerdem wirkt Xylamon auch als Schutzmittel gegen pflanzliche Schädlinge.

Xylamon eignet sich auch zur Behandlung von feuchtem Holz. Verschiedene Xylamonarten eignen sich auch zur Grundierung, wenn nachher Lacke und Ölfarbenanstriche aufgebracht werden sollen. Der Geruch wird dadurch nur teilweise verdeckt.

b) F i l m b i l d e n d e A n s t r i c h s t o f f e .

Ö l f a r b e n u n d a n d e r e ö l i g e A n s t r i c h s t o f f e .

Zur Grundierung von Holz benutzte man früher Leinöl oder Firnis, vielfach war sogar Ölen mit heißem Leinöl vorgeschrieben in der Annahme, daß diese Behandlung fäulniswidrig wirkt. Getrocknetes Leinöl ist aber sehr hygroskopisch.

Zur Zeit ist die Verwendung von ölhaltigen Stoffen auf wenig Ausnahmefälle beschränkt.

Farbiges Karbolineum enthält meist Leinöl und scheidet deshalb zur Zeit aus.

L a c k e .

Es stehen vor allem ölfreie Lacke zur Verfügung, die auf Grundlage von Kunstharzen hergestellt sind. Die Verwendung ölhaltiger Lacke ist eingeschränkt. Manche Kunstharzlacke neigen zum Vergilben durch Einwirkung des Lichtes.

L a c k f a r b e n .

Sie bestehen aus Lack als Bindemittel und einem Farbkörper. Anstriche mit Lackfarben sind im allgemeinen haltbarer als solche mit farbkörperfreien Lacken. Die Vergilbungsgefahr ist nur wenig geringer.

E m u l s i o n e n .

Für sich allein finden Emulsionen mitunter Verwendung als Grundierungsmittel. Meist dienen sie als Bindemittel für Anstrichfarben. Nur sehr gute Sorten von Emulsionsfarben sind zum Anstrich auf Holz geeignet, besonders für Außenanstriche eignen sich nur die besten Sorten.

Als Feuerschutzanstriche kommen in Frage:

T r ä n k u n g s m i t t e l .

Wässerige Lösungen (Ammoniumsalze, Chlorzink usw.). Die Salze sind durch Wasser auslaugbar. Das Verfahren ist für Außenanwendung ungeeignet. Eine Verbesserung kann durch nicht brennbare Anstriche mit Polyvinylchlorid od. dgl. erzielt werden.

A n s t r i c h e .

Die Wirkung ist geringer, für außen sind sie ungeeignet, da sie nicht wetterbeständig sind. Durch das Arbeiten des Holzes schälen sich die Anstriche auch im Innenraum allmählich ab. Am bekanntesten sind die Anstriche mit Wasserglas und Wasserglasfarben.

Besser sind Anstriche mit schaubildenden Stoffen.

C. H i l f s s t o f f e .

Zur Verminderung oder Aufhebung der Saugfähigkeit des Holzes verwendet man poreschließende Grundiermittel. Leinöl scheidet z. Z. praktisch aus. Bewährt haben sich manche Nitro-Cellulose-Grundierungen (Ölfreie Grundierung) und neuerdings auch die für außen besonders geeigneten Kunstharzgrundierungen (aus kalt härtbarem Kunstharzlack).

Auch Emulsionen können unter Umständen als Grundierung dienen für Innenanstriche auf Leimlösungen in besonderen Fällen.

Porenfüller und Spachtelmassen dienen dazu, glatte Flächen herzustellen. Sie kommen im allgemeinen nur für Schönheitsanstriche in Frage.

Polituren wurden früher ausschließlich mittels Schellack hergestellt, jetzt verwendet man an dessen Stelle deutsche Austauschstoffe.

VII. Ausführung der Anstriche.

Beim Tränken mit wässrigen Lösungen ist es vielfach notwendig, dies in mehreren Arbeitsgängen durchzuführen, indem man mit verdünnten Lösungen beginnt und dann stärkere Lösungen anwendet. Durch Verwendung gefärbter Lösungen kann man besser nachprüfen, wie weit die Tränkung fortgeschritten ist. Am besten ist es, das Tränken schon vor dem Zusammenbau der Holzteile (z. B. bei Fenstern und Türen) vorzunehmen.

Die Grundierung mit ölhaltigen Anstrichstoffen (Vorölen) gilt als Anstrich. Wenn nur zwei ölhaltige Anstriche zugelassen sind, darf davon nur noch einer ölhaltig sein. Im allgemeinen empfiehlt es sich deshalb, ölfrei zu grundieren.

Der Untergrund muß besonders bei Lackierung sorgfältig vorbereitet werden. Ölfreie Anstrichstoffe werden anders verarbeitet als die bisher verwendeten ölhaltigen. Sie werden satt mit weichem, vollem Pinsel zugestrichen und wenig verschlachtet.

VIII. Ursache von Anstrichschäden.

Anstrichschäden können schon durch Fehler bei den baulichen Maßnahmen verursacht werden. Zu beachten ist, daß Holz, das eingebaut ist oder mit dem Mauerwerk in Berührung kommt, durch Anstriche oder durch Tränkung zu schützen ist. Das gilt vor allem für Balkenköpfe, die Unterseite von Fußböden, für Tür- und Fensterstöcke.

Mängel des Holzes, besonders Feuchtigkeit, wirken sich vielfach auf den Anstrich aus.

Viele Anstrichschäden sind auf Fehler bei der Auswahl der Anstrichstoffe zurückzuführen. Diese soll nur durch Sachkundige erfolgen. Als Fehler bei der Ausführung sind mangelhafte Grundierung und Vorbehandlung des Untergrundes, zu wenig Schichten, zu dünn oder zu dicker Auftrag zu nennen. Ferner die mangelhafte Vorbehandlung von metallenen Beschlägen.

Als äußere anstrichschädigende Einflüsse wirken bei Außenanstrichen die Witterung, besonders Sonnenbestrahlung und Regen und Wind, bei Innenanstrich wirken Feuchtigkeit, Schwitzwasser, zu trockene Luft (Zentralheizung), mangelnder Luftwechsel usw. Violette Flecken bilden sich nur auf ölhaltigen Anstrichen. Sie haben mit Blaufäule des Holzes nichts zu tun.

Dipl.-Ing. Dr. Dr. K. W ü r t h , Leverkusen-Schlebusch.

VERSCHIEDENE MITTEILUNGEN.

Höchstgerichtliche Entscheidungen.

Rechtssprechung.

Die Baupolizei kann die Beseitigung von eisernen Übergangsbrücken im Hof fordern, wenn diese ohne Bauerlaubnis angelegt worden sind und das Grundstück bereits überbaut ist.

Der Eigentümer W. hatte im Jahre 1928 ein aus Vorderhaus, zwei Seitenflügeln und Quergebäude bestehendes Grundstück erworben, welches im Jahre 1865 mit baupolizeilicher Genehmigung bebaut worden ist. In Höhe des dritten Obergeschosses befinden sich zwei eiserne Übergangsbrücken, für welche seinerzeit keine Genehmigung erteilt worden ist. Nachdem W. zunächst eine Aufteilung der Wohnungen im ersten und zweiten Obergeschoß in Kleinwohnungen mit baupolizeilicher

Erlaubnis vorgenommen hatte, führte er eine solche Aufteilung auch im dritten Obergeschoß, aber ohne Einholung einer Genehmigung, durch. Als W. nachträglich die Bauerlaubnis beantragte, beanstandete die Baupolizei die eisernen Brücken und forderte deren Beseitigung, da das Grundstück schon ohne die Brücken überbaut sei. Diese Verfügung griff W. mit der Klage an und behauptete, die Brücken seien ausdrücklich und stillschweigend genehmigt worden; infolge eines Versehens seien sie offenbar in die Bauzeichnungen nicht aufgenommen worden. Es sei eine mindestens stillschweigende Duldung anzunehmen, da die Baupolizei bei den Wohnungsteilungen im ersten und zweiten Obergeschoß keine Beanstandungen erhoben habe; die Ausnutzungsziffer sei noch nicht überschritten. Das Bezirksverwaltungsgericht wies aber die von W. erhobene Klage ab und betonte, es sei nicht ersichtlich, daß die

Brücken baupolizeilich genehmigt worden seien. Wenn W. aus dem Verhalten der Baupolizei eine stillschweigende Duldung entnommen habe, so könne er daraus keine Rechte herleiten. Nach der maßgebenden Bauordnung dürfen in der Bauklasse V a nur $\frac{9}{10}$ der Grundstücksfläche bebaut werden. Die von W. eingelegte Revision wies das Reichsverwaltungsgericht als unbegründet zurück und führte u. a. aus, eine Baugenehmigung sei für die eisernen Brücken nicht erteilt worden. Eine Bauerlaubnis könne nicht stillschweigend erteilt werden, es bedürfe dazu vielmehr einer ausdrücklichen Erklärung. Das Fehlen der Bauerlaubnis für die Brücken berechtige die Baupolizei noch nicht ohne weiteres, deren Beseitigung zu verlangen; eine solche Befugnis stehe ihr nur dann zu, wenn zugleich ein Verstoß gegen das materielle Baurecht

vorliege. Dies sei vorliegend der Fall, denn es sei festgestellt, daß das Grundstück überbaut sei. Wenn W. darauf hinweise, daß bei Beseitigung der Brücken verschiedene Wohnungen geräumt werden müßten, so können Billigkeitserwägungen bei der Beurteilung keine entscheidende Rolle spielen. Die Erteilung eines Dispenses gehöre nicht zu den Aufgaben des Verwaltungsrichters. Der von W. erhobene Einwand, der Vorderrichter habe der Ausnutzungsziffer, welche bei seinem Grundstück nicht erreicht sei, keine ausschlaggebende Bedeutung beigelegt und sie nur als Beurteilungsmaßstab bezeichnet, könne ebenfalls zu keiner anderen Beurteilung führen. (Aktenzeichen: IV. C. 40. 38. — 17. 7. 41.)

Hans Meldner, Berlin-Lichtenberg.

PATENTBERICHTE.

Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 10 vom 5. März 1942 und von demselben Tage an auf drei Monate beim Reichspatentamt ausgelegt.

- Kl. 19 c, Gr. 11/36. S 133 732. Erfinder, zugleich Anmelder: Raymond Felix Simonin, Dijon, Cote d'Or, Frankreich; Vertr.: Dr. H. Göller und Dipl.-Ing. A. Boshart, Pat.-Anwälte, Stuttgart. Vorrichtung zum Herstellen und Verteilen flüssiger Gemische, insbesondere für den Straßenbau. 2. VI. 37.
- Kl. 21 h, Gr. 29/17. B 180 006. Erfinder: Dipl.-Ing. Gerhard Hagedorn, Berlin-Lichterfelde. Anmelder: Bernhard Berghaus, Berlin-Lankwitz. Vorrichtung zur elektrischen Rollennachtschweißung. 18. IX. 37. Österreich.
- Kl. 36 c, Gr. 9/40. A 87 393. Erfinder: Gustav Aichele, Stuttgart. Anmelder: Lina Aichele, geb. Herrmann, Siegfried Aichele und Brunhilde Aichele, Stuttgart. In Hohlräumen einer Decke frei aufgehängter Strahlungsheizkörper. 6. VII. 38.
- Kl. 61 a, Gr. 29/07. M 142 706. Erfinder: Adolf Volke, Wuppertal-Barmen. Anmelder: Maschinenfabrik Rheinwerk Heinen & Co., Wuppertal-Oberbarmen. Überdruckventil, insbesondere für Luftschutzräume. 6. IX. 38. Protektorat Böhmen und Mähren.
- Kl. 85 d, Gr. 1. L 102 903. Erfinder, zugleich Anmelder: Hans Lange, Hamburg-Eidelstedt. Aus einzelnen Stäben zusammengesetztes Rohrbrunnenfilter. 3. I. 41.

Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 11 vom 12. März 1942 und von demselben Tage an im Reichspatentamt auf drei Monate ausgelegt.

- Kl. 37 a, Gr. 6. Z 25 242. Erfinder: Dr. Eugenio Miozzi, Venedig, Italien. Anmelder: Dipl.-Ing. Otto Zieritz, Wien. Gewölbtes Schalenträgerwerk aus Stahlbeton. 5. V. 39.
- Kl. 37 b, Gr. 3/02. K 149 293. Erfinder: Dipl.-Ing. Hans Jaklin, Wien. Anmelder: Jul. & Edm. Kronenberg A.-G., Leichlingen. Träger mit durch Faltungen gebildeten Hohlgerüsten, die auf die zu profilartigen Hohlwulsten ausgebildeten Längsränder der Stegbleche aufgeschoben sind. 24. I. 38. Österreich.
- Kl. 37 f, Gr. 1/02. C 55 359. Erfinder, zugleich Anmelder: Dr.-Ing. Lothar Cremer, Berlin. Schallschluckende Systeme mit Querwänden. 24. VIII. 39.
- Kl. 37 f, Gr. 5. H 164 562. Erfinder, zugleich Anmelder: Jakob Hof, Frankfurt a. M. Schornstein aus Mantel und Futter. 12. II. 41.
- Kl. 49 h, Gr. 13. G 100 314. Erfinder, zugleich Anmelder: Fritz Grunert, Plauen i. V. Vorrichtung zum Biegen von Betoneisen. 27. VI. 39.
- Kl. 84 c, Gr. 3. Z 25 443. Erfinder: Dipl.-Ing. Bernardus Hermanus Henricus Zweers, Naarden, Holland. Anmelder: Dipl.-Ing. Bernardus Hermanus Henricus Zweers, Naarden, Holland, u. N. V. Carbometa, Hilversum, Holland; Vertr.: Dr.-Ing. W. Wolff, Pat.-Anw., Stuttgart. Verfahren zum Absenken eines Gründungskörpers und Ausbildung desselben. 8. VIII. 39. Protektorat Böhmen und Mähren.

Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 12 vom 19. März 1942 und von demselben Tage an auf drei Monate beim Reichspatentamt ausgelegt.

- Kl. 19 a, Gr. 28/55. M 143/838. Erfinder: Richard Thomas, Lauchhammer i. Sa. Anmelder: Mitteldeutsche Stahlwerke A.-G., Riesa. Raumbeweglich aufgehängter, spurelastischer Rollenkopf für Gleisrückmaschinen zum Rücken von Gleisen verschiedener Spurweite. 4. I. 39. Protektorat Böhmen und Mähren.
- Kl. 19 c, Gr. 11/36. S 128 627. Erfinder, zugleich Anmelder: Raymond Felix Simonin, Dijon, Cote d'Or, Frankreich; Vertr.: Dr. H. Göller u. Dipl.-Ing. A. Boshart, Pat.-Anwälte, Stuttgart. Spritzdüse, insbesondere für Straßenbaubindemittel. 1. IX. 37. Frankreich 5. IX. 36.
- Kl. 19 d, Gr. 6/05. K 154 427. August Stelling Wasser- und Luftfahrzeugbau, Berlin-Schmargendorf. Brücke auf Schwimmkörpern. 12. V. 39.
- Kl. 19 d, Gr. 10. E 54 509. Fa. Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen. Abdeckvorrichtung für Dehnungsfugen von Brücken. 30. I. 39.
- Kl. 37 a, Gr. 6. K 158 995. Fried. Krupp A.-G., Essen. Als Stabnetzwerk ausgebildetes Raumtragwerk. 17. X. 40.
- Kl. 37 c, Gr. 1. E 53 089. Erfinder: Ludwig Esselborn, Mannheim. Anmelder: „Arbü“ Gesellschaft für Baurüstung Esselborn & Co. Komm.-Ges., Ludwigshafen a. Rh. Leitergang an Arbeitsgerüsten; Zus. z. Pat. 661 981. 31. X. 39. Protektorat Böhmen und Mähren.
- Kl. 42 k, Gr. 29/05. T 52 327. Erfinder, zugleich Anmelder: Dr.-Ing. Hans Tuschy, Frankfurt a. M.-Höchst. Abnutzungsprüfmaschine. 31. V. 39.
- Kl. 42 l, Gr. 3/51. A 89 221. Erfinder: Dietrich Albrecht, Werder, Havel, und Albrecht Alte, Berlin. Anmelder: Aptila G. m. b. H., Berlin. Einrichtung zur Bestimmung der Durchsickerbarkeit, des Hohlraumvolumens, der Wasserkapazität und der Kapillarität von Böden. 25. III. 39. Protektorat Böhmen u. Mähren.
- Kl. 72 g, Gr. 7/03. K 157 551. Erfinder: Artur Kiekert, Heiligenhaus. Anmelder: Kiekert & Nieland, Heiligenhaus, Rhld. Schaulocheinrichtung für Betontüren von Luftschutzräumen. 10. V. 40. Protektorat Böhmen und Mähren.
- Kl. 80 b, Gr. 1/07. T 56 024. Erfinder, zugleich Anmelder: Dipl.-Ing. Karl Tremmel, Ettlingen. Verfahren zur Verringerung des Anmachwassers zu Mörtel und Beton. 5. VIII. 41.
- Kl. 84 a, Gr. 3/07. M 147 863. Erfinder: Wilhelm Müller, Mainz-Kastel. Anmelder: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Nürnberg. Einrichtung zum Anpressen der Sohlendichtung von Wasserverschlüssen. 25. V. 40. Protektorat Böhmen und Mähren.
- Kl. 84 a, Gr. 3/10. C 53 870. Erfinder, zugleich Anmelder: Dr.-Ing. Paul Cicin, Wien. Dachwehr. 2. IV. 38. Österreich 18. III. 38. Österreich.
- Kl. 84 c, Gr. 2. H 130 748. Dipl.-Ing. Feodor Hörnlmann, Berlin-Wilmersdorf. Gründung von Bauwerken; Zus. z. Pat. 714 438. 23. II. 32.
- Kl. 84 c, Gr. 4. W 105 426. Erfinder, zugleich Anmelder: Dipl.-Ing. Josef Wohlmeyer, Berlin-Halensee. Brennkraftschlaggerät mit im Zylinder einander entgegengesetzt angeordnetem Brennraum und Spül- oder Ladepumpenraum. 3. IV. 39. Protektorat Böhmen und Mähren.

INHALT: Das Holz im Behelfsbrückenbau. Von Prof. Dr.-Ing. habil. W. Stoy, Braunschweig S. 129. — Selbsterregte Schwingungen von Brücken. Von Dr.-Ing. habil. Fritz Söchting, Wien S. 136. — Eimerketten-Grabenbagger und Grabenfräser. Von Oberingenieur Dipl.-Ing. E. Rathsmann, Driesen (Neumark) S. 140. — Kurze Technische Berichte S. 143. — Verstärkung einer Balkenbrücke durch einen Bogenträger. — Anstriche organischer Baustoffe. — Verschiedene Mitteilungen S. 145. — Höchstgerichtliche Entscheidung. — Patentberichte S. 146.