

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 4

Artikel: Der Alfol-Wärmeschutz
Autor: Zeerleder, A. von
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83149>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

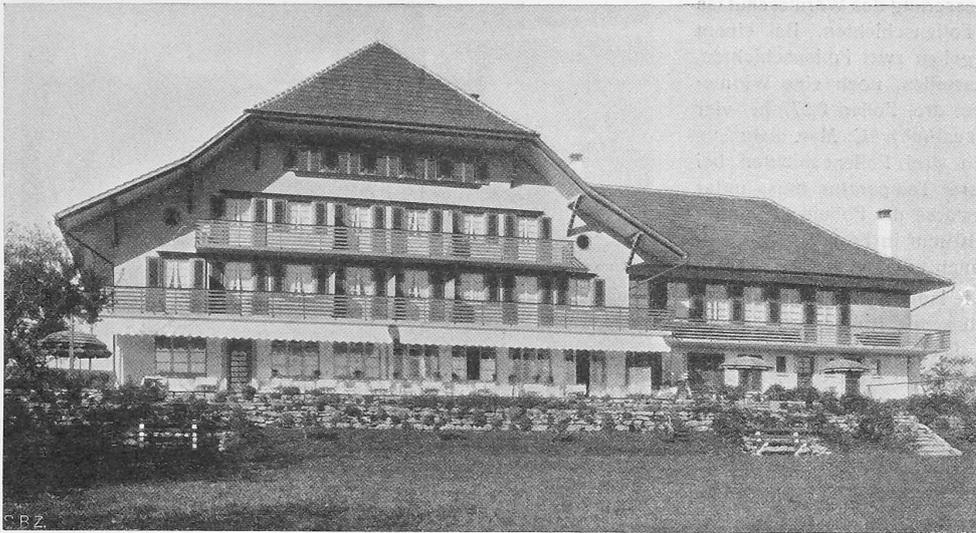
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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



GASTHOF ZUR SONNE
IN AFFOLTERN IM EMMENTAL.
Arch. E. Bützberger in Burgdorf.
Erbaut 1931/32.

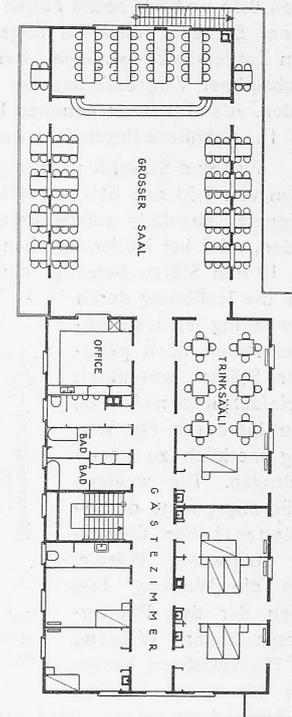
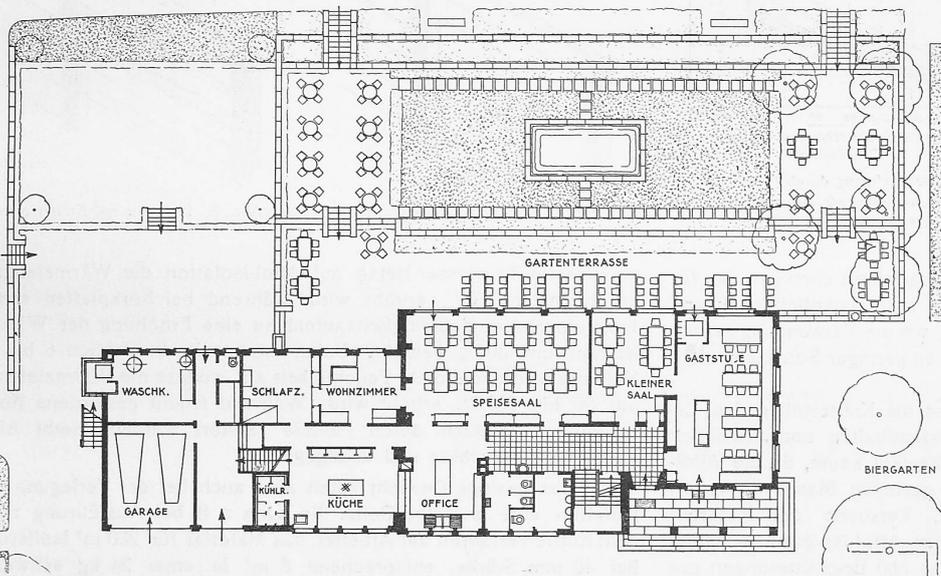


Abb. 11. Ansicht der Gartenfront.
Abb. 12. Erdgeschoss
(umgekehrt orientiert).
Abb. 13. Obergeschoss. — 1:400.

Der Alfol-Wärmeschutz.

Von Prof. Dr. A. v. ZEERLEDER, Neuhausen.

„Alfol“, das jüngste Isoliermaterial der Technik, besteht aus dünnen Aluminiumfolien von 0,1 bis 0,005 mm Stärke. Auf den ersten Blick muss der Gedanke, das durch seine gute Wärmeleitfähigkeit ausgezeichnete Aluminium zur Wärmeisolation verwenden zu wollen, allgemein überraschen. Der Gedanke, blanke Flächen zur Wärmeisolation zu verwenden, ist alt; schon 1850 studierte der französische Gelehrte Pecllet die wärmeisolierende Wirkung polierter Metalloberflächen. Da aber die technisch in Frage kommenden Metalle der damaligen Zeit den hohen Glanz der polierten Flächen sehr bald verloren, bürsteten sie auch die wärmeisolierende Wirkung ein. Die Versuche Pecllets waren längst in Vergessenheit geraten, als Prof. Schmidt (Danzig), früher beim Forschungsheim für Wärmeschutz in München, die ausgezeichnete Eignung des Aluminiums zum Wärmeschutz infolge seiner besonders niedrigen Strahlungszahl entdeckte. Während z. B. poliertes Kupfer 96% der Wärmestrahlen reflektiert, steht Aluminium mit 95% nur um 1% hinter jenem zurück; dabei geht aber die Rückstrahlung bei der an der Atmosphäre unvermeidlichen Oxidation des Kupfers auf 22% zurück, während die das Aluminium stets bedeckende Oxidhaut die Rückstrahlung auf 93%, also um nur 2% vermindert. Zudem ist es ausserordentlich leicht, hochglänzende Aluminiumfolien herzustellen. Interessant ist auch, dass z. B. in Amerika vielfach Oeltanks mit Aluminiumfolien überzogen wurden, ohne dass dabei zusätzlich das hohe Isolationsvermögen von Luftschichten ausgenutzt wird.

Das Wesen der Alfol-Isolation besteht in der Unterteilung von Luftschichten durch blanke Metallfolie zur Herabsetzung der Strahlungsverluste, wobei die Metallfolie so bemessen und an-

geordnet wird, dass die Wärmeübertragung an den Berührungstellen auf ein Mindestmass beschränkt bleibt. Die Wärmeübertragung durch unterteilte Luftschichten stellt einen verwickelten Vorgang dar, der in der Hauptsache in Leitung, Konvektion und Strahlung aufgeteilt wird. Während in einer vertikalen Luftschicht von 1 cm Stärke, bei Begrenzung durch gewöhnliche Baustoffe, der Anteil der Strahlung an der Wärmeübertragung bei einer Temperatur von 50°C 64% beträgt, geht dieser bei Begrenzung durch Aluminiumfolien auf 50% zurück. Die beiden anderen Faktoren der Wärmeübertragung, Leitung und Konvektion, bleiben praktisch unverändert. So beträgt z. B. der Wärmedurchgang durch eine beidseitig durch weiss emailliertes Eisenblech begrenzte vertikale Luftschicht von 1 cm Dicke bei 50° Temperatur-Unterschied pro m² und Stunde 440 kcal, bei Verwendung von Stahlblech mit Walzhaut 350 kcal und bei Aluminiumfolie 150 kcal. Dabei gelten diese Zahlen nur für die langwellige, dunkle Wärmestrahlung, nicht aber für die kurzwelligen Sonnenstrahlen, für die ein weisser Anstrich fast so wirksam ist wie ein glänzender Aluminiumbelag, vorausgesetzt, dass er sein Reflexionsvermögen beibehält. Andere eingehende Untersuchungen, über die die „Industrial Engineering Chemistry“ (1933, S. 245 und ff.) berichten, zeigen, dass eine Luftschichtisolation mit einer Schichtstärke von 1/8" bei Verwendung von schwarzem Glanzpapier bei 50° Mitteltemperatur eine Wärmeleitzahl von 0,063 kcal/m² h °C hat, während unter den gleichen Bedingungen mit Aluminiumbronze bestrichenes Papier 0,037, lackierte Aluminiumfolie 0,03 und glänzende Aluminiumfolie 0,028 kcal/m² h °C ergibt, wobei besonders der geringe Unterschied zwischen mit farblosem Lack versehener Folie und blanker Aluminiumfolie bemerkenswert ist. Da ausserdem als Ausgangsprodukte reinstes Aluminium dient, das eine ausgezeichnete Korrosionsfestigkeit aufweist, ist im allgemeinen ein Lackieren der Folien überflüssig.

Weitere Versuche galten der Verbesserung des Wärmeschutzes durch die Vergrößerung der Zahl der Folienschichten. Bei einem Gesamtsolierraum von 5 cm Stärke ergeben zwei Folienschichten, die den Raum in drei Abteilungen unterteilen, noch eine Wärmedurchlasszahl von 0,7 kcal/m² h °C, bei drei Folien 0,57, bei vier Folien 0,55 und bei sechs Folien 0,54 kcal/m² h °C. Man sieht aus diesem Ergebnis, dass im allgemeinen drei Folienschichten bei 5 cm Isolierstärke genügen. Bei höherer Temperatur muss unter gleichzeitiger Vergrößerung der Isolierstärke die Folienzahl erhöht werden. Als Mittelwert kommen 8 bis 10 mm in Frage (siehe auch Abb. 1). Ähnliche Ergebnisse wurden auch anderwärts gefunden.

Während Schmidt ursprünglich die Isolation nur durch ebene Folien von 0,03 mm Stärke ausführte, die, wie Abb. 2 zeigt, durch geeignete, ebenfalls wärmeisolierende Distanzstücke festgehalten werden, oder bei Isolierung ebener Flächen auf leichte Holzrahmen von 10 mm Stärke befestigt sind, fand Dr. h. c. Dyckerhoff, dass man die Isolation durch Verwendung leicht geknitterter Folien noch geringerer Stärke wesentlich vereinfachen kann (Abb. 3), ohne hierdurch die Wirkung merklich zu beeinträchtigen. Die wenigen Berührungspunkte der geknitterten Folien übertragen so wenig Wärme, dass die Wirkung fast gleich der des Planverfahrens bleibt. Während das Planverfahren besonders für ebene Flächen zur Anwendung gelangt, wird das Knitterverfahren vorzugsweise für kompliziertere Formen und runde Körper, z. B. Dampfleitungen und Dampfkessel, benutzt, sowie überall da, wo die Verwendung serienmässig hergestellter „Plantafeln“ wegen zu geringer Stückzahl nicht in Frage kommt.

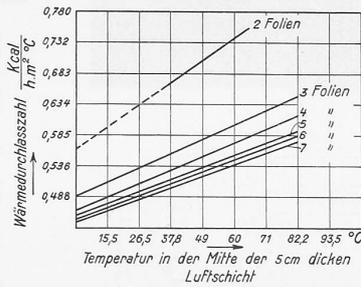


Abb. 1. Wärmedurchgang durch eine 5 cm starke Luftschicht, unterteilt durch blanke Folien, bei verschiedenen Temperaturen.

Es wurde vielfach vermutet, dass die Knitterfolien den Erschütterungen eines Fahrzeuges nicht standhalten und allmählich zusammensinken würden. Diese Gefahr besteht kaum, da die Alfol-Isolierung wegen ihrer verschwindend geringen Masse (3 kg/m³) praktisch keine Massenkraft auslöst. Versuche der Materialprüfungsanstalt Berlin-Dahlem, bei denen Alfol-Isolierung während 50 h auf einer Erschütterungsmaschine je 660 Erschütterungen pro Minute ausgesetzt waren, ohne sich dabei zu verformen, sowie mehrjährige praktische Erfahrungen bestätigten, dass in dieser Beziehung keine Gefahr besteht.

Betrachten wir die Vorteile, die die Alfol-Isolierung gegenüber den bisher üblichen Isolationen bietet, so sei zuerst ihr geringes Gewicht erwähnt, wie es aus untenstehender Tabelle im Vergleich zu anderen Isolierstoffen hervorgeht:

Material	kg/m ³	Gewichtsverhältnis
Alfol	3	1
Kork	180 bis 300	60 bis 100
Schlackenwolle	180 bis 400	60 bis 133
Infusorien	etwa 500	167

Diesem geringen Gewicht der Alfol-Isolierung kommt in erster Linie beim Transportwesen grosse Bedeutung zu. So wird z. B. bei der Isolation eines normalen Eisenbahn-Kühlwagens gegenüber Korkisolation etwa 2000 kg an Gewicht gespart; es sind heute schon über 1200 Stück solcher Kühlwagen, wie auch Transportautos und Containers mit Alfol-Isolierung ausgerüstet. Unter anderem sind eine grössere Zahl Milchtransporttanks mit Alfol isoliert worden. Kürzliche Versuche an einem mit Alfol isolierten Milchkesselauto, das aus 150 km Entfernung täglich 5000 l Milch nach Düsseldorf bringt, zeigten während der vierstündigen Transportdauer bei 30° Aussentemperatur eine Erwärmung der Milch um nur 4°, was für die Milchversorgung grosser Zentren von ausserordentlicher Bedeutung ist. Ein weiterer Vorteil, dem besonders beim obenerwähnten Kälteschutz Bedeutung zukommt, ist die unhygroskopische Struktur des Alfols und der stets gleich bleibende Isoliereffekt, indem bei

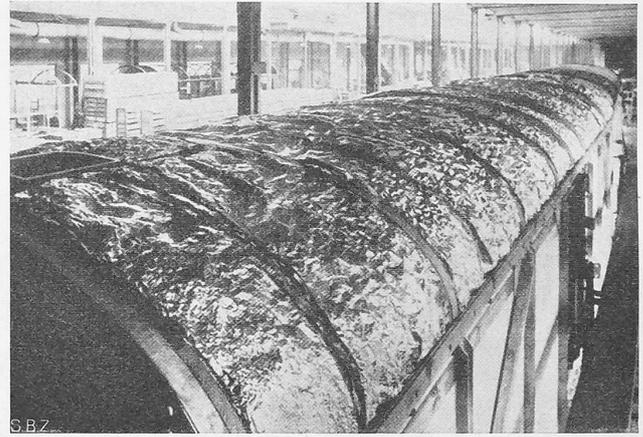


Abb. 5. Alfol-Isolation von Eisenbahn-Kühlwagen.

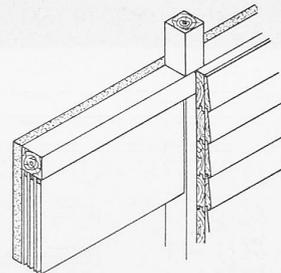


Abb. 2. Isolation mit Planfolien.

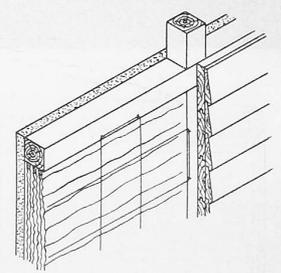


Abb. 3. Isolation mit Knitterfolien.

maximalem Tauwasser-Belag auf Alfol-Isolation die Wärmeleitzahl um höchstens 10% erhöht wird, während bei Korkplatten schon 1 Volumprozent Feuchtigkeitsaufnahme eine Erhöhung der Wärmeleitzahl um 30% bewirkt. Dabei nimmt Kork vielfach 6 bis 10 Volumprozent und mehr Feuchtigkeit auf, sodass die Wärmeleitzahl um 80 bis 200% erhöht wird. Während feucht gewordene Kork-Isolationen vielfach durch Fäulnis zerstört werden, bleibt Alfol vollständig geruchlos und unangegriffen.

Das geringe Gewicht spielt aber auch bei der Verlegung der Isolation eine wichtige Rolle. So kann z. B. bei Ausführung nach dem Knitterverfahren der Arbeiter das Material für 200 m² Isolierung bei 40 mm Stärke, entsprechend 8 m³ in einer 24 kg schweren Folienrolle selbst zur Arbeitsstätte tragen, während die 8 m³ Kork etwa 1600 kg wiegen würden. Wie wichtig dies z. B. auch bei Isolierung langer, in engen Kanälen verlegter Leitungen ist, braucht nicht näher erläutert zu werden.

Das Alfolverfahren steht in der Schweiz wie in allen übrigen Kulturländern unter Patentschutz.¹⁾ Demgemäss dürfen nur Originalfolien, auf die ein unter Musterschutz stehendes Diamant-Muster aufgeprägt ist, verwendet werden; der Lizenzbetrag ist im Bezugspreis der Folien inbegriffen. Die Prägung erleichtert gleichzeitig das Knittern der Folien. Wird Alfol auf gegen äussere Berührung geschützte Flächen aufgetragen, so bedarf es keiner weiteren, mechanisch widerstandsfähigen, äusseren Umhüllung. Andernfalls muss es selbstverständlich gegen mechanische Beschädigung durch eine druckfeste Verkleidung, z. B. durch eine Blechabdeckung (Aluminium-Blech), geschützt werden.

Besonders im Transportwesen und vorzugsweise im modernen Schiffbau, aber auch in vielen anderen Fällen, ist die vollständige Unbrennbarkeit des Alfols von grosser Bedeutung. Da Aluminium erst bei 657° C schmilzt, kann Alfol normalerweise bis 550° C verwendet werden; aber selbst bei Ueberschreitung seines Schmelzpunktes verbrennt Alfol zu einer zäh haftenden Oxydhaut, die ihre Form beibehält und häufig einer Temperatur von 900° C widersteht, selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass zur Umhüllung eine dieser Temperatur widerstehende Eisenkonstruktion benutzt wurde. Dies kann durch einen einfachen Versuch bestätigt werden: Legt man auf ein Drahtdreieck mehrere geknitterte Aluminiumfolien und entzündet darunter einen Bunsenbrenner, so sieht man, dass die unterste Folie unter Beibehaltung ihrer Gestalt rasch verascht,

¹⁾ Schweiz. Patent Nr. 122135 und 137 292.

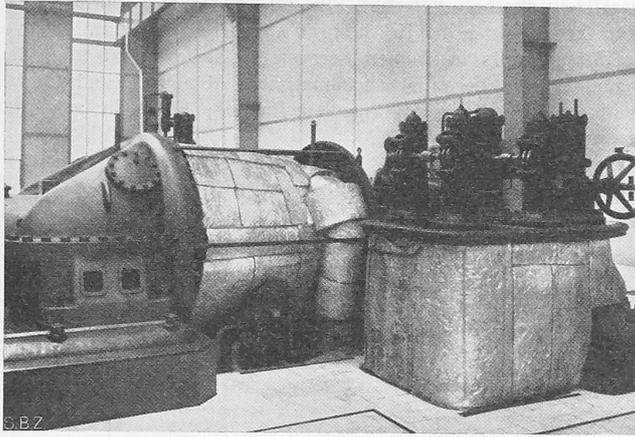


Abb. 6. Alfol-Isolation an einer Dampfturbine.

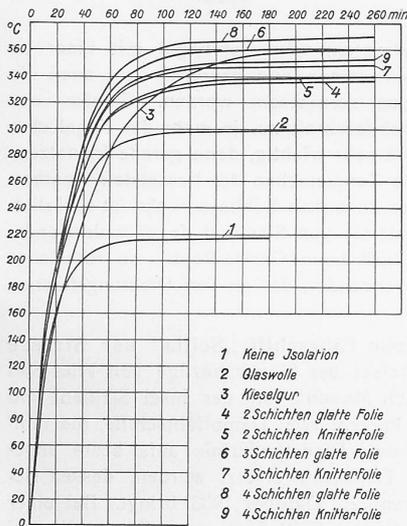


Abb. 4. Anheizkurven eines Bratofens bei verschiedenen Isolationen.

züge infolge seines geringen Gewichtes und der dadurch bedingten geringen eigenen Wärmekapazität. Die der Zeitschrift „Elektrowärme 1931“ (S. 143) entnommene Kurve (Abb. 4), zeigt auch hier die guten Eigenschaften des Alfol und den Unterschied zwischen dem Planverfahren und dem Knitterverfahren. Die nächsten Bilder zeigen zwei weitere Anwendungsbeispiele: Abb. 5 die Alfol-Isolation eines Eisenbahn-Kühlwagens und Abb. 6 die Anwendung an einer Dampfturbine.

Torsion-Schlagversuche von M. Ithara-Kôgakusi.

Das Verfahren dieses Autors¹⁾ hat den grossen Vorteil der Querschnittkonstanz des Probestabes, aber den Nachteil der ungleichmässigen Spannungsverteilung über den Querschnitt. Er verwendet ein Schwungrad, das mittels einer Ausklinkvorrichtung den Torsionsstab samt dem Torsionsdynamometer — einer hohlen Welle, deren elastische Verdrehung das Drehmoment angibt — im gewollten Augenblick plötzlich mitnimmt. Dadurch soll der Probestab mit annähernd konstanter Geschwindigkeit (bei genügend grosser Schwungmasse) bis zum Bruch verdreht werden. Allerdings entstehen beim Mitnehmen starke Schwingungen des Systems: Probestab-Dynamometer, da ein Voreilen gegenüber der Schwungmasse infolge des Einklinkstosses unvermeidlich ist, was auch bei den Dauerschlagbiegeversuchen von Dr. Ing. Martin Beilhack festgestellt worden ist. Das Diagramm: Drehmoment-Verdrehung wurde mit Hilfe eines Spiegels am Torsionsdynamometer sowie einer Lichtquelle auf eine mit konstanter Geschwindigkeit bewegte photographische Platte aufgenommen.

Zylindrische Stäbe aus weichem Flusseisen und geglühtem Kupfer von 8 mm Ø und 10 mm Schaftlänge wurden in dieser Weise bei einer Verdrehungsgeschwindigkeit von 345 Uml/min

¹⁾ The technology reports of (and published by) the Tôhoku Imperial University, Sendai, Japan. Vol. XI, Nr. 1. 1933.

für Flusseisen bezw. 120 Uml/min für Kupfer geprüft: sie zeigten eine Zunahme der Fließgrenze von 1,74 auf 2,67 mkg bei Flusseisen und von 0,35 auf 0,59 mkg bei Kupfer, also um volle 54% bzw. 69% gegenüber dem statischen Versuch. Dagegen wird das Bruchmoment nur wenig durch die Geschwindigkeit beeinflusst: Es blieb bei Flusseisen mit 4,63 mkg unverändert. Bei Kupfer dagegen stieg es von 2,69 auf 3,38 mkg, also um 26%, unter gewaltiger Zunahme der maximalen Verdrehung bis Bruch, nämlich von 558° auf 938°, also um 68% — gegen eine Zunahme um bloss 2% bei Flusseisen.

Die hier auftretende Gleitgeschwindigkeit würde bei Schlagzugproben mit 3 cm Schaftlänge einer Anfangsdehnungsgeschwindigkeit von 22 für Eisen bezw. 7,5 cm/sec für Kupfer entsprechen, wobei die Gleitgeschwindigkeit berechnet wurde gemäss:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{2 \cdot v}{l_0 (1 + \epsilon)}$$

worin γ = spezifische Schiebung der Randfaser, v = Geschwindigkeit des Fallhammers (Anfangsdehnungsgeschwindigkeit), l_0 = Schaftlänge der Probe, ϵ = spezifische Dehnung der Zugprobe. — Beim Charpy-Pendelhammer von Amsler beträgt aber die Geschwindigkeit des Hammers etwa 450 cm/sec, ist somit bedeutend grösser.

Bei weiterer Vergrösserung der Verdrehungsgeschwindigkeit auf 820 Uml/min für Eisen und Kupfer waren:

	Flusseisen	Kupfer
die Fließgrenze	3,20	1,02
das Bruchmoment	4,75	3,14
die Verdrehung bis Bruch	371°	803°

entsprechend einer Anfangsdehnungsgeschwindigkeit im Schlagzugversuch von 52 cm/sec.

Von besonderem Interesse ist die Schlagenergie bis Bruch: Sie stieg für die erwähnten Geschwindigkeitsstufen bei Eisen von 26,67 auf 28,6 und weiter auf 30,64 mkg, hingegen bei Kupfer von 23,82 auf 47,07 und sank dann auf 40,29 mkg.

Daraus geht hervor, dass Flusseisen im Vergleich zu Kupfer nur unbedeutende Zunahme der Schlagarbeit erfährt. Dies rührt daher, dass Kupfer bei grossen Gleitgeschwindigkeiten grössere Formänderung bis Bruch verträgt als bei statischem Versuch.

Dagegen betragen die Drehmomente bei gleichen Verdrehungen (dynamisch für 820 Uml/min):

Verdrehung:	Eisen		Kupfer	
	Mstat.	Mdyn.	Mstat.	Mdyn.
20°	2,56	3,72	1,00	1,49
50°	3,33	4,18	1,52	1,90
150°	4,15	4,75	2,10	2,54
350°	4,60	4,63	2,45	2,75

Daraus kann die Zunahme des Formänderungswiderstandes durch Schlag gegenüber statischem Versuch auch für andere Beanspruchungsarten abgeleitet werden.

Um die Gleitgeschwindigkeit zu steigern, wurden Stäbe mit Kerbe dem Torsions-Schlagversuch unterzogen, was etwa eine Verachtfachung der Gleitgeschwindigkeit gegenüber den zylindrischen Stäben erlaubte. Die Beobachtungen bei Stäben mit Spitzkerbe 45° (Bruchquerschnitt Ø 8 mm) waren:

	Eisen	Kupfer
Fließgrenze statisch	∞ 2,00	∞ 0,90
Fließgrenze dynamisch	4,05	2,39
Bruchmoment statisch	4,03	2,32
Bruchmoment dynamisch	4,29	2,88 mkg
Arbeit bis Bruch statisch	4,40	5,31
Arbeit bis Bruch dynamisch	5,09	7,90 mkg
(dynamisch für 820 Uml/min).		A. E.

Vom Bau der Trientbrücke in „Béton vibré“.

Von Ing. A. SENN, Bauleiter in Guerraz s. Vernayaz.¹⁾

Die Strassenbrücke über die Trientschlucht für die neue Strasse Martigny-Salvan, deren Hauptöffnung als Zwillingsbogen von rund 100 m Spannweite ausgeführt ist, zeichnet sich durch ihre ausserordentliche Schlankheit aus. Das Projekt der Brücke stammt von Ingenieur A. Sarrasin in Lausanne; ausgeführt wurde sie durch den Service des routes de Montagne beim Departement des Innern des Kanton Wallis, der die Arbeit an die Bauunternehmung Couchepin, Dubuis & Cie. in Martigny übertragen hat.

¹⁾ Autoreferat über den Vortrag, gehalten an der Mitgliederversammlung der Sektion Bern des S. I. A., vom 15. Dez. 1933 (vergl. Protokoll S. 52 dieser Nummer).