

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 121/122 (1943)
Heft: 2

Artikel: Allgemeiner Leichtbau und Leichtmetalle: Kurs des S.I.A. am 6. und 7. Nov. 1942 in der E.T.H., Zürich: Berichterstattung
Autor: Wyss, Th.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-53024>

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: 15.03.2025

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

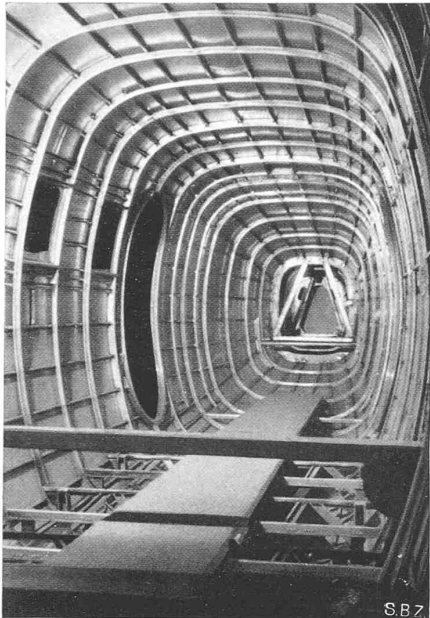


Abb. 22. Anordnung der Längs- und Quer-Versteifungen im Leichtmetall-Schalentrumpf eines zehnpförtigen Verkehrsflugzeuges von rd. 4 t Fluggewicht

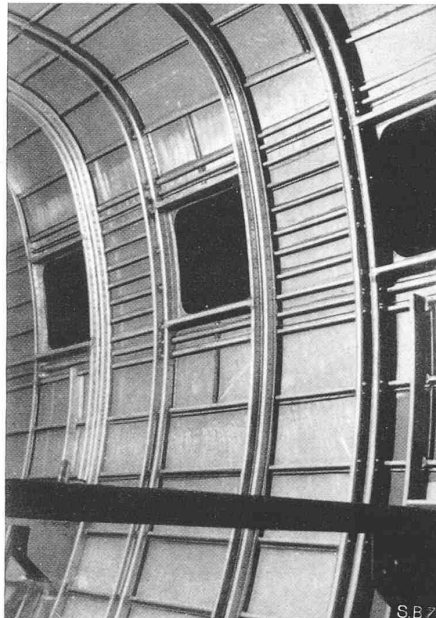


Abb. 28. Versteifungen in einem Schalentrumpf zum Ueberbrücken von Oeffnungen. Die Schubsteifigkeit der durch grosse Schubflüsse beanspruchten Hautfelder wird durch enggesetzte Längsversteifungen erhöht.

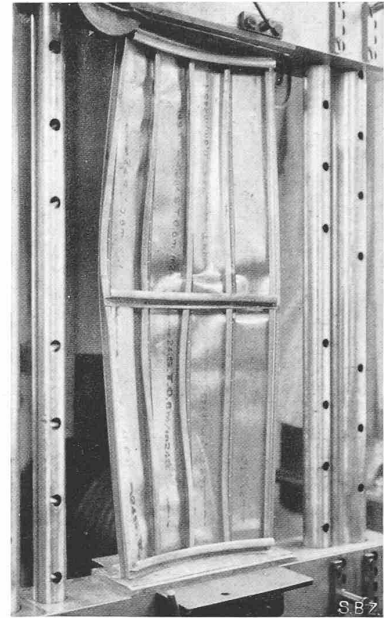


Abb. 29. Ein Ausschnitt aus einem Flugzeugrumpf wird als sog. «Teilschale» dem Druckversuch unterworfen. Die Längsversteifungen haben durch Drillknicken versagt

wie Abb. 30 im Vergleich zu Abb. 22 bereits für bestehende Flugzeuge andeutet, die Abstände und Abmessungen der Versteifungen klein werden im Verhältnis zu den Abmessungen des Schalentrumpfes. Für die Tragfähigkeit der versteiften Schale ist dann nicht mehr das Versagen einzelner Längs- oder Quer-Versteifungen massgebend, sondern — ähnlich wie bei der unversteiften Schale — die Stabilität eines grösseren Schalengebietes. Für die Vorausberechnung dieser Stabilitätskriterien liegen gegenwärtig noch keine zuverlässigen Verfahren vor und auch der heute meistens ausreichenden Aufschluss erteilende Teilschalen-Versuch (Abb. 29) wird für die Beurteilung der Tragfähigkeit nicht mehr genügen. Die Lösung dieser Fragen gehört aber zu den dringenden Aufgaben der Flugzeugstatik.

*

[Im Anschluss an die vorstehenden Originalberichte der Professoren F. Stüssi und E. Amstutz geben wir nunmehr unserem Berichterstatter über den sehr aktuellen Leichtbaukurs des S. I. A. das Wort. Red.]

Allgemeiner Leichtbau und Leichtmetalle

Kurs des S. I. A. am 6. und 7. Nov. 1942 in der E. T. H., Zürich

Berichterstatter: von Ing. Dr. TH. WYSS, EMPA, Zürich

Die Bestrebungen, das Konstruktionsmaterial bis zum Aeussersten auszunützen, kommen insbesondere in jenen Ländern in ausgeprägter Weise zum Ausdruck, die, wie die Schweiz, Mangel an Rohstoffen aufweisen. In der heutigen Kriegszeit mit der vermehrten Beschränkung der Rohstoffbasis drängt sich dieses Bestreben in geradezu gebieterischer Weise auf. Der S. I. A. versuchte daher durch diesen Kurs in richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Frage durch eine Reihe von Vorträgen den heutigen Stand und die zukünftigen Ziele einem weiteren Kreise vorzuführen. Die Fülle des Stoffes soll nachfolgend nur in allgemeinen Gesichtspunkten erfasst werden, was umso eher möglich ist, als die einzelnen Vorträge gedruckt herausgegeben werden sollen.

1. Wesen, Ziel und Problem des Leichtbaus

Prof. Dr. A. THUM, Techn. Hochschule Darmstadt

Der Leichtbau ist die natürlichste Bauweise. Er trat aber nicht durchweg von Anfang an in den Vordergrund, denn es gab eine Zeit, in der nur massive und schwere Konstruktionen als das einzig Richtige angesehen wurden und eine leichtere Bauweise eine Qualitätsverminderung bedeutete. Erst allmählich kam er zur Geltung, insbesondere da, wo er entscheidend ist, d. h. im Flugzeug- und Fahrzeugbau. Von da breitete er sich dann über den Schiffbau, Brücken- und Maschinenbau aus. In der Schweiz setzten diese Bestrebungen angesichts der Materialfrage und des Konkurrenzkampfes schon sehr früh ein; so wurden bei BBC, wo der Vortragende seinerzeit tätig war, schon

vor 35 Jahren Motoren gebaut, die einen höheren Leistungsgrad und trotzdem ein um 35% geringeres Gewicht aufwiesen als die der Konkurrenz.

Leichtbau ist in erster Linie eine Sparmassnahme, wenn man von jenen Fällen absieht, wo, wie im Flugzeugbau, das Gewicht um jeden Preis vermindert werden soll. Hierbei muss versucht werden, trotz des Mehraufwandes an Arbeit eine Verbilligung herbeizuführen. Die Konstruktionen sollen nicht nur besser, sondern auch billiger, also *wirtschaftlicher* sein. Der Ingenieur hat daher die Gelegenheit, sein wissenschaftliches und praktisches Können voll zu entfalten.

Der einfachste Weg zur Erzielung von leichten Konstruktionen ist der Austausch der Werkstoffe. Dies kann einerseits geschehen durch die Verwendung von Leichtstoffen, wie Leichtmetallegeringen und Kunststoffe. Sie kommen in erster Linie im Flugzeugbau in Betracht, wo die Kostenvermehrung in Kauf genommen werden muss. Im Fahrzeugbau kommen sie in Betracht, weil dadurch die Betriebskosten wesentlich gesenkt werden können. Aber auch im Hochbau dürfte die Verwendung der Leichtmetalle möglich werden, wenn dadurch kein Mehrpreis entsteht. Andererseits kann dies geschehen durch die Wahl von Stählen höherer Festigkeit als es bisher üblich war, wofür die Verwendung von St 52 ein treffendes Beispiel im Brückenbau ist. Auch im Maschinenbau ist man in festigkeitstechnischer Hinsicht zu immer höherwertigen Stählen übergegangen, wobei hervorgehoben werden muss, dass trotz schwierigerer Verarbeitung wirtschaftliche Vorteile erzielt werden können. Wesentlich zur Verminderung des Gewichtes trägt auch bei die Einführung von Schweisskonstruktionen aus schweisbarem Material. Im Bau von landwirtschaftlichen Maschinen konnte eine weitere Preissenkung der Gesteigungskosten durch den Einbau von gepressten, statt geschweissten Teilen herbeigeführt werden.

Der Austausch der Werkstoffe kann jedoch nicht allein den Ausschlag geben, denn zur rationellen Ausnützung des Materials muss noch die *Lehre der Gestaltfestigkeit* kommen. Dies trifft nicht nur für den Leichtbau zu, sondern für jeden beliebigen Werkstoff. Die Konstruktion muss so gebaut werden, dass durchweg eine möglichst gleichmässige Beanspruchung angestrebt wird und Spannungsspitzen vermieden werden. Richtiges Durchkonstruieren und richtige Formgebung sind hierzu die Hauptbedingungen und durch stetes Ueben hat der Konstrukteur die Möglichkeit, sich in dieser Hinsicht ein besonderes Gefühl anzueignen.

Die Spannungsverteilung in einem Querschnitt wird durch die vom Vortragenden eingeführte *Formzahl* zum Ausdruck gebracht. Es benötigt dies die Kenntnis der Spannungsverteilung in den massgebenden Querschnitten aus Zug, Druck, Biegung und Verdrehung, was überall da durch Feindehnungsmessungen oder durch die Spannungsoptik geschehen muss, wo die genaue theoretische Erfassung versagt. Die Möglichkeit besteht, den

LÄNDLICHES WOHNHAUS
„ZUM WEITEN HORIZONT“
IN EBERTSWIL AM ALBIS
Architekt MAX KOPP, Zürich

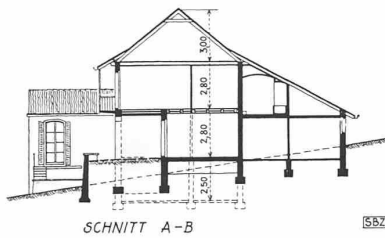


Abb. 4. Schnitt 1:400 (vgl. Grundrisse S. 22/23)

Verformungsmechanismus schon an Gummi-Modellen zu studieren, wo die Formveränderungen infolge Krafteinwirkung in ausgeprägter Weise in Erscheinung treten. Man kann sich das Arbeiten des Materials auch durch den Kraftfluss deutlich vor Augen führen.

Das Wesen der richtigen Formgebung wird insbesondere an der Dehnschraube erläutert; ferner wird gezeigt, dass beim gelochten Stab die Spannungsverteilung im kritischen Querschnitt aus flacher Biegung wesentlich günstiger ist als wie aus einaxigem Zug.

Besondere Bedeutung kommt der richtigen Formgebung bei dynamischer Beanspruchung zu. Die Ermüdungsfestigkeit fällt bei scharfen Kerben stark ab und es ist eine rationelle Ausnutzung hochfester Stähle nur dann möglich, wenn der Kerbempfindlichkeit Rechnung getragen wird. Von besonderer Bedeutung ist bei solchen Stählen die Behandlung der Oberfläche durch Polieren, Nitrieren oder Oberflächenhärten.

Die richtige Bemessung der einzelnen Konstruktionsteile beruht auf der Zeitfestigkeit, d. h. auf der Berücksichtigung der Anzahl und Grösse der Spannungswechsel während einem bestimmten Zeitintervall. Bei einer nur beschränkten Anzahl Wechsel können wesentlich höhere Beanspruchungen zugelassen werden. Hierbei ist dann jedoch zu beachten, dass man nicht zu nahe an die Streckgrenze des Materials herankommt und dass bei Werkzeugmaschinenteilen nicht zu grosse Verformungen entstehen.



Abb. 6. Südliche Hausecke, mit oberer Gartenterrasse

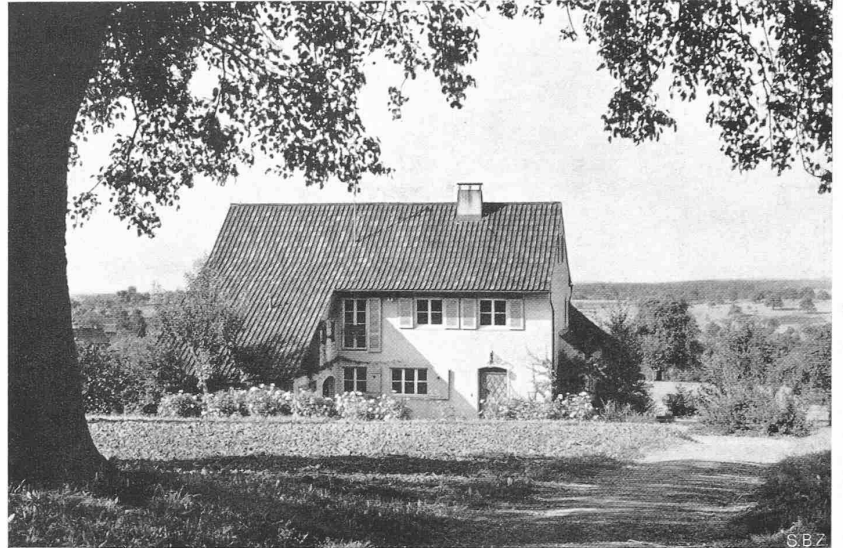


Abb. 5. Anfahrt zur Rückseite des Hauses, Blick gegen Westen

Der Leichtbau wird wesentlich durch die Verwendung von *Hohlprofilen* beherrscht. Diese sind insbesondere für die kombinierte Beanspruchung aus Biegung und Verdrehung günstiger als die offenen Profile. Da die Bauwerke möglichst dünnwandig ausgebildet werden, ist ihrer Stabilität besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Hierbei kommen insbesondere in Betracht: Knicken im elastischen oder plastischen Bereich, und Beulen, je nachdem es sich um Stäbe oder Schalen handelt. Bei Trägern sind genügende Aussteifungen gegen das Kippen erforderlich. Durchweg ist zu beachten, dass der Elastizitätsmodul bei Leichtmetallen dreimal kleiner ist als bei Stahl.

Bei der Beurteilung, ob Stahl, Leichtmetall oder Kunstharz zu verwenden ist, sind in Betracht zu ziehen: Festigkeit, Steifigkeit, Gewicht und Wirtschaftlichkeit. Der Leichtbau bietet dem Ingenieur viele Möglichkeiten zur Entfaltung seiner Kenntnisse und seiner Initiative.

Da die Schweiz arm ist an Rohstoffen und einen scharfen Konkurrenzkampf zu führen hat, hat sie grosses Interesse am Leichtbau. Hierbei kommt ihr der Sinn ihrer Arbeiter für Exaktheit und Präzision wesentlich zu statten. Zielbewusste Pflege des Leichtbaues wird den alten Ruf der Schweiz zu neuer Blüte bringen.

2. Erzeugung und Verarbeitung des Aluminiums

Prof. Dr. A. v. ZEERLEDER, E. T. H., Zürich

Unter den Leichtstoffen für den Leichtbau kommt insbesondere das Aluminium mit seinen Legierungen in Betracht. Die heutige *Herstellung* beruht auf dem Verfahren von Héroult in Frankreich und Hall in Amerika, nach denen das Aluminium auf elektrolytischem Wege gewonnen wird. Zu diesem Zweck wird Tonerde in geschmolzenem Kryolith bei etwa 1000° C aufgelöst und der elektrochemischen Reduktion unterworfen. Da hierzu grosse Mengen elektrischer Energie benötigt werden, sind die Entwicklungsmöglichkeiten in der Schweiz günstig. Die Roh-



Abb. 7. Ostecke der Südostseite, mit Eingang zur Garage

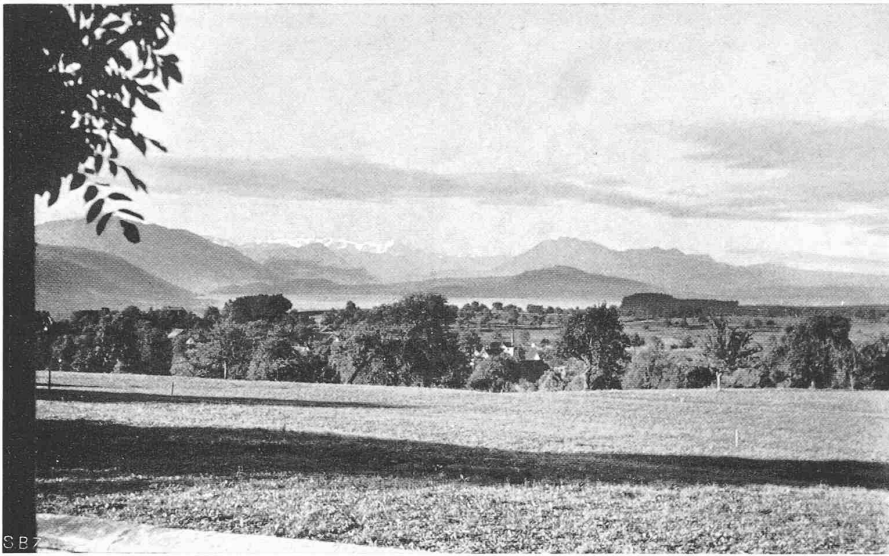


Abb. 10. Aussicht gegen Südwesten, mit Zugersee und Berner Alpen. Bew. Nr. 6057 lt. BRB 3. X. 39

stoffe aber müssen aus dem Ausland bezogen werden, so der rote Bauxit mit rd. 60% Tonerde insbesondere von den Mittelmeerländern und der Kryolith aus Grönland. Es besteht hingegen auch die Möglichkeit, den Kryolith synthetisch herzustellen, und im Notfall Kaolin und Ton auf Tonerde zu verarbeiten. Infolge ihres geringeren Tonerdegehaltes sind diese jedoch bis jetzt unwirtschaftlich. Die Kohleanoden können aus dem in der Schweiz anfallenden Teer, auch aus Pech und Petrolkoks und aus gutem Anthrazit hergestellt werden. Das nach diesem Verfahren hergestellte Aluminium weist einen Reinheitsgrad zwischen 99 und 99,8% auf. Aus einer zweiten Elektrolyse geht das Raffinal hervor mit einem Gehalt an Aluminium von 99,995%. Dieses zeichnet sich durch hohe elektrische Leitfähigkeit, hohen Korrosionswiderstand und grosse Verformbarkeit aus. Reinaluminium findet infolge seiner chemischen Beständigkeit insbesondere im Apparatebau der chem. Industrie Verwendung.

Besondere Bedeutung kommt den Aluminium-Legierungen zu. Legierungstechnisch können sie unterschieden werden in nicht aushärtbare und aushärtbare Legierungen, und diese wieder in solche die selbständig aushärten, oder die eine Erwärmung benötigen. Bezüglich Formgebung findet die Unterteilung in Guss- und Knetlegierungen statt, wobei bei diesen Walzen, Pressen, Kneten und Ziehen in Betracht kommt. Im weiteren sind noch die Legierungen für Sonderzwecke, wie z. B. solche für Kolben, die warmfest sein müssen, sowie die Spritz- und Pressgusslegierungen zu erwähnen.

Die Zahl der Al-Legierungen ist sehr gross. Die Normen haben hierin klärend und vereinfachend gewirkt, sodass die wichtigsten Gusslegierungen in vier, die Knetlegierungen in fünf Gruppen zusammengefasst werden konnten. Die wichtigsten Legierungselemente sind Cu, Mg, Mn, Ni, Zn, Si und Ti. Je nach ihrer Zusammensetzung werden die Legierungen in binäre (zweistoff), ternäre (dreistoff) und solche mit mehr als drei Bestandteilen unterschieden. Unter den Legierungen, die durch

mehrtägiges Lagern bei Raumtemperatur selbständig aushärten, auch natürliche Alterung genannt, ist insbesondere die aus Al-Cu-Mg mit der Bezeichnung Duralumin oder Avional zu nennen. Unter die Legierungen, die zur Aushärtung mehrstündig angelassen werden, was auch als künstliche Alterung bezeichnet wird, gehören z. B. die Knetlegierungen Al-Cu-Ni (Y-Legierung), Al-Cu (Lautal) und Al-Mg-Si (Anticorodal), ebenso die Gusslegierungen von Y-Legierung, Anticorodal und Silumin-Gamma. Avional zeichnet sich besonders aus durch seine hohe Festigkeit, Anticorodal durch seinen Widerstand gegen Korrosionsangriffe und die Y-Legierung durch ihre hohe Warmbeständigkeit.

Erst durch die Aushärtung ist die Entwicklung der hochwertigen Aluminium-Konstruktionslegierungen möglich geworden. Sie besteht in einer Erhitzung möglichst dicht unter dem Soliduspunkt und in einer darauffolgenden Abschreckung in kaltem Wasser. Hierdurch werden die durch die Erhitzung entstandenen

Mischkristalle in einen an Legierungselementen übersättigten, instabilen Zustand übergeführt. Durch den Zeiteinfluss, insbesondere auch durch nachträgliche Erwärmung entstehen molekular-disperse Ausscheidungen, wodurch die ganze Masse unter mechanische Spannung versetzt wird. Dieser Vorgang bewirkt die materialtechnisch wichtige Steigerung der Festigkeit und Härte.

Konstruktiv ist von Bedeutung, dass infolge des gegenüber Eisen dreimal kleineren Elastizitätsmoduls auf die Erhaltung genügender Steifigkeit zu achten ist. Zur Erhöhung des Korrosionswiderstandes trägt wesentlich bei die Erzeugung einer Oxydschicht vermittelt anodischer Oxydation. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass sie nicht mit Aluminiumoxyd lösenden Chemikalien in Berührung kommt.

Festigkeitstechnisch werden durch das Legieren Werte erreicht, die denen des Stahls gleichkommen. Während Reinaluminium weich im Mittel eine Streckgrenze von 3 kg/mm² und eine Zugfestigkeit von 8 kg/mm² aufweist, können die entsprechenden Werte bei Knetlegierungen ansteigen bis auf 30, bzw. 50 kg/mm² und mehr und bei Gusslegierungen bis auf 28, bzw. 35 kg/mm². Auch die Dehnungen können trotz diesen Festigkeiten ansehnliche Werte aufweisen, d. h. 10 ÷ 20% bei den Knet- und 1 ÷ 5 ÷ 8% bei den Gusslegierungen. Beim Leichtmetallguss wird empfohlen, möglichst dünnwandigen Kokillenguss zu verwenden, der sich infolge der raschen Abkühlung durch grosse Feinkörnigkeit auszeichnet. Besondere Bedeutung kommt heute dem Spritzguss zu.

In technologischer Hinsicht ist zu erwähnen, dass beim Walzen der Kraftverbrauch annähernd gleich ist wie bei den Schwermetallen. Das Auswalzen kann bis zu den dünnsten Querschnitten stattfinden. Es wird hervorgehoben, dass das an der LA 1939 gezeigte Güterwagendach aus einem Stück bestand. Durch die Strang- und Rohrpressen ist es möglich, die vielgestaltigsten Profile herzustellen. Da ein rasches Auswechseln



Abb. 8. Nordwestgiebel, Wetterseite des Hauses



Abb. 9. Das Haus im Gelände, aus Osten

der Matrizen stattfinden kann, lohnen sich schon Aufträge von kleinen Mengen, was beim Walzen ausgeschlossen ist. *Schmieden* benötigt einen grossen Kraftverbrauch. Infolge des beim Ausschmieden geringen zulässigen Wärmebereiches sind mehr Zwischenwärmungen notwendig. Es wird auf die geschmiedeten Propeller hingewiesen. Grosse Gegenstände können auch *gepresst* werden, wie dies an einem Scheibenrad der SBB gezeigt wird. Dünnwandige Profile werden auch durch Abkanten von Blechen oder Ziehen hergestellt. Hervorzuheben ist, dass die Gasflaschen aus Rondellen tief gezogen werden. Das *Schweissen* konnte erst zur Anwendung kommen, nachdem ein Mittel gefunden worden war, um das Aluminiumoxyd aufzulösen. Neben der Autogenschweissung hat auch die elektr. Lichtbogenschweissung Eingang gefunden. Bei der Punktschweissung ist zu erwähnen, dass an aushärtbaren Legierungen keine Beeinflussung der Festigkeit eintritt¹⁾. Beim *Nieten* muss beachtet werden, dass das Schlagen rasch erfolgt, weil nach etwa vier Stunden das Nietmaterial beim Stauchen Risse erhalten kann. Kaltlagerung verzögert die Aushärtung. Leichtmetalle sollen stets kalt genietet werden. Die Kraftübertragung erfolgt durch Scherung und Lochleibung; die bei den warm geschlagenen Nieten auftretenden Reibungskräfte kommen hier nicht in Betracht.

Den Aluminiumlegierungen wird zukünftig noch ein weiterer Aufstieg bevorstehen.

¹⁾ Betr. Punktschweissen von Al siehe Bd. 120, S. 179*, ferner auf S. 8 lfd. Bandes.



Abb. 12. Wohnstube, gegen die Gangtüre gesehen



Abb. 2. Keller-Grundriss 1 : 400

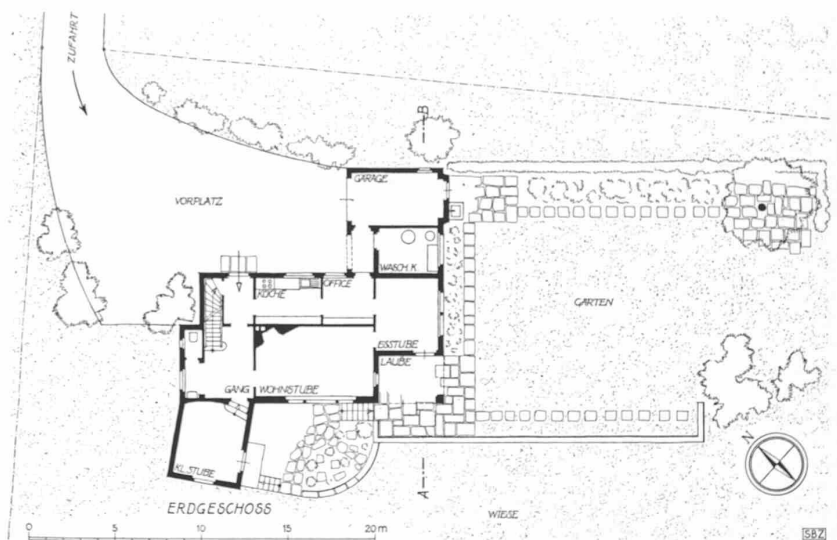


Abb. 1. Grundriss von Haus und Garten. — Masstab 1 : 400



Abb. 11. Südwestfront und Südostgiebel des Hauses «Zum weiten Horizont» in Ebertswil

Dr. R. Irmann machte in der *Diskussion* noch einige Angaben über die Untersuchungen der Ermüdungsfestigkeiten von genieteten Konstruktionen. Hierbei wurde festgestellt, dass durch Beseitigung der Reibkorrosion die Schwingungsfestigkeit auf ± 8 kg/mm² gesteigert werden konnte, während sie beim Stahl nach gleicher Versuchsart rd. 16 kg/mm² ist. Auch bei Gussstücken kann die Art des Giessens einen Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit ausüben.

Anschliessend gibt Ing. Jenny (Dornier) bekannt, dass die anodische Oxydation unabhängig von der Schichtdicke eine Verminderung der Ermüdungsfestigkeit nicht herbeiführe. Sie könne daher ohne Bedenken angewendet werden.