

# Ueber einige neuere Gesichtspunkte im Materialprüfungswesen

Autor(en): **Zschokke, B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **41/42 (1903)**

Heft 6

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23955>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

## Ueber einige neuere Gesichtspunkte im Materialprüfungswesen.

Von B. Zschokke,

Privatdozent und Adjunkt der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich.

(Schluss.)

Wenn uns nach dem Gesagten die Metallmikroskopie wertvolle Aufschlüsse über den innern, molekularen Aufbau der Metalle liefert und uns manche verborgene Fehler und Krankheiten derselben enthüllt, so ist sie doch nur ein Hilfsmittel, das erst in gleichzeitiger Verbindung mit den mechanischen Versuchen seine volle Bedeutung erlangt. Erst wenn wir über eine grosse Statistik von Versuchen verfügen, in welcher die mechanischen und metallographischen Resultate einander gegenüber gestellt sind, werden wir den wahren Wert der Metallographie würdigen lernen.

Was die mechanischen Versuche anbelangt, so werden zur Prüfung der Metalle in der Regel die Zerreiß- und Biegeproben herangezogen und bei ersteren die *Zugfestigkeit* des Materials, die *Bruchdehnung* sowie die *Kontraktion* ermittelt. Ich habe bereits an Hand einiger Beispiele erwähnt, dass Eisen- und Stahlmaterial, das diese Proben erfüllt, in der Praxis ein stark abweichendes Verhalten zeigt, dass Metalle, die nach den Festigkeitsproben zu urteilen ein bedeutendes Mass von Zähigkeit besitzen, sich im Betrieb als spröde erweisen. Langjährige Beobachtungen und Versuche, die von verschiedenen, namentlich französischen Forschern, wie *André Le Chatelier*, *Fremont*, *Charpy*, *Vanderheyem* und andern, angestellt wurden, haben heute zur unumstösslichen Erkenntnis geführt, dass Stahl und Eisen oft eine besondere Eigenschaft inne wohnt, die mit den bisher üblichen Prüfungsmethoden nicht nachgewiesen werden konnte, nämlich die sog. „*Brüchigkeit*“, deren Ursache man sich auf folgende Weise erklärt:

Die durch einen Schmelzprozess erhaltenen Metalle, insbesondere Stahl, können in ihrem ursprünglichen Zustand als eine Anhäufung von mehr oder weniger grossen Krystallen betrachtet werden. Bei den gewöhnlichen statischen Festigkeitsversuchen durch Zug oder Biegung zieht die bei dem Versuch auftretende, in der Regel ziemlich beträchtliche Deformation des Probestabs eine Verschiebung, Deformation und schliesslich Zertrümmerung der Krystalle nach sich. Dabei ist in den meisten Fällen die Bruchfläche zusammengesetzter Art, d. h. sie läuft zum Teil quer durch die einzelnen Krystalle, teils folgt sie deren Fugen. Bei Bruchflächen dagegen, welche lediglich eine Folge der „*Brüchigkeit*“ oder Sprödigkeit des Materials sind, folgt die Bruchlinie den einzelnen Krystallfugen, unter möglichstem Ausschluss jeder Deformation des Probestabs.

Man kann daher als Brüchigkeit eines Flussmetalles seine Tendenz bezeichnen unter Choc-artiger Beanspruchung, längs seinen Krystallfugen zu brechen. Bei plötzlichen Brüchen von Metallen in der Praxis wird man an der Bruchstelle nie eine lokale Deformation beobachten, dagegen konstatieren können, dass der Bruch stets da stattfindet wo die Verhältnisse zu einer Trennung der Krystalle am günstigsten liegen, also an fehlerhaften Stellen, wo Anrisse oder Blasen im Material vorhanden, oder wo sein Korn grösser ist als an anderen Stellen. Wenn man daher die Brüchigkeit, so wie sie definiert worden ist, künstlich bestimmen will, so wird man zu einer Methode Zuflucht nehmen müssen, welche die natürlichen Vorbedingungen möglichst nachahmt. Der Bruch wird also durch einen *künstlich geschwächten Querschnitt* geführt werden müssen. Dies geschieht jetzt durch die *Schlagprobe an eingekerbten Stäben*. Bei diesen Proben wird ein Stab, der mittelst eines Werkzeugs vorher eingekerbt wurde und beidseitig fest aufgelagert ist, auf geeignete Weise durch Schlagwirkung zum Bruch gebracht. Zur Durchführung dieser Schlagversuche sind verschiedenartig konstruierte Apparate in Vorschlag gebracht worden, auf deren Einzelheiten hier natürlich nicht eingetretet werden kann. Das *Mass der Brüchigkeit* wird bei Anwendung nur eines einzigen Schlags durch die effektiv beim Bruch absorbierte Kraft, oder bei Anwendung mehrerer, schwächerer

Schläge, durch die Anzahl Schläge ausgedrückt, die notwendig sind, um den Stab zum Bruch zu bringen.

Dass *Zug- und Schlagversuche* bei ein und dem nämlichen Material Resultate ergeben, die in gar keinem Verhältnis zu einander stehen, geht beispielsweise aus einer Versuchsserie hervor, die von *Charpy* ausgeführt wurde und die hier ihren Platz finden soll.

Zerreißversuche			Schlagversuche			Zerreißversuche			Schlagversuche		
Nr.	Festigkeit $\beta$	Dehnung $\lambda$	Nr.	Zahl der Schläge	Biegungswinkel bei Bruch	Nr.	Festigkeit $\beta$	Dehnung $\lambda$	Nr.	Zahl der Schläge	Biegungswinkel bei Bruch
1.	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	34,8	33 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	20	1	179	13	39,7	29	23	4	143
2	35,2	34	6	1	176	14	40,1	33	24	4	146
3	35,4	35	4	1	175	15	40,8	31	11	4	143
4	36,1	32	12	1	175	16	40,8	29	7	4	139
5	36,1	36,5	13	1	177	17	41,8	29	18	4	137
6	37,4	33	3	1	168	18	41,8	29	10	4	135
7	37,7	29	2	1	172	19	41,8	32	14	4	132
8	38,1	32,5	1	2	153	20	42,1	29	9	4	130
9	38,1	34,5	25	3	150	21	42,8	35	19	4	144
10	39,4	29	8	3	141	22	43,5	32	22	4	140
11	39,4	29	17	3	19	23	46,8	30	21	5	131
12	39,4	33	16	4	144	24	48,1	30	5	6	115
						25	50,1	25,5			

In vorstehender Tabelle sind unter der Rubrik „Zerreißversuche“ die Metalle nach den Festigkeitsziffern in aufsteigender Reihe klassifiziert; in der Rubrik „Schlagversuche“ nach der Anzahl der Schläge.

### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

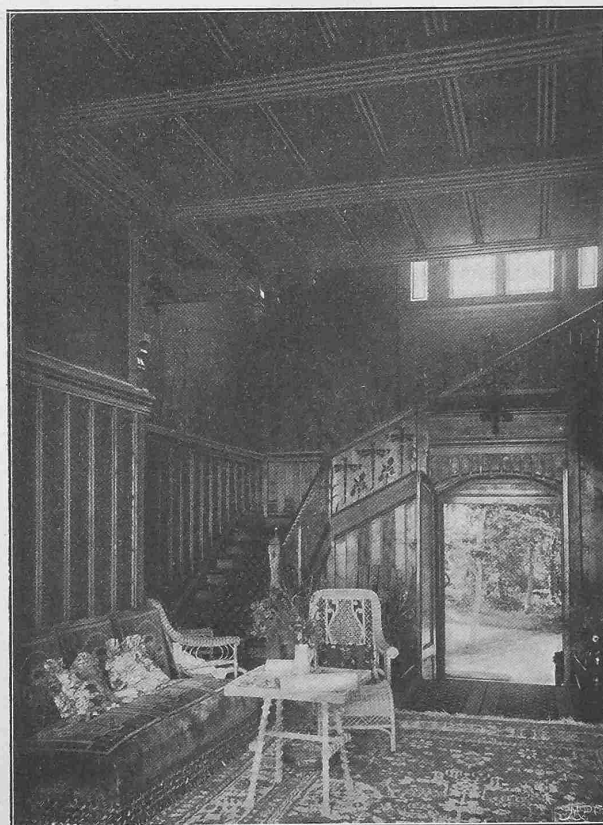


Fig. 57. Villa Aubert à Céigny. — Vue du Hall.

Architecte: M. Gustave Brocher.

Während nun die Kolonnen 2 und 3 keinerlei Anomalien zeigen, sehen wir sofort aus Kolonne 5, welche starke Verschiedenheit im Verhalten gegen die Schlagprobe herrscht und wie wenig oder besser gesagt gar keine Proportionalität zwischen den beiden Beanspruchungsarten be-

steht. Wir sehen auch, wie die Proben 20, 6, 4, 12, 13, 3 und 2 ein bedenkliches Verhalten im Schlagversuch aufweisen, während sie nach den Zerreißversuchen durchaus keine Auffälligkeit zeigen.

Drei Momente sind es hauptsächlich, welche diese Sprödigkeit bedingen, einmal, wie übrigens längst bekannt, ein zu hoher *Phosphorgehalt* des Materials, zweitens die *thermische* und drittens die *mechanische* Behandlung.

Welch enormen Einfluss die *thermische* Behandlung auf die Brüchigkeit ein und desselben Materials haben kann, geht

#### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 56. Villa Aubert à Céligny près Genève.  
Architecte: M. Gustave Brocher.

aus nachfolgenden, von Barba ausgeführten Versuchen hervor:

Art der thermischen Behandlung des Metalls	Fallhöhe des Fallbären bis zum Eintritt des Bruchs
Im Naturzustand oder unterhalb 900° ausgeglüht	0,40 m
Oberhalb 900° ausgeglüht . . . . .	2.— »
Oberhalb 900° gehärtet u. unterhalb 700° geglüht	6.— »
Ohne Nachglühen gehärtet bei 800° C. . . . .	1,40 »
» » » » 850° C. . . . .	2,20 »
» » » » 950° C. . . . .	4,75 »
» » » » 1150° C. . . . .	5.— »

Die ganz bedeutenden *Strukturveränderungen*, die diesen verschiedenen Behandlungsweisen entsprechen, könnten mit Hilfe des metallographischen Verfahrens leicht verfolgt werden. Wie bedeutend sie sein können geht aus dem einen Beispiel hervor, wonach durch ein einfaches Ausglühen die *Korngröße* ein und desselben Materials um das Zehnfache verringert werden kann. In welcher Weise und in welchem Umfang die Schlagversuche an eingekerbten Stäben zur Metallprüfung herangezogen werden sollen, darüber sind die Ansichten noch nicht völlig abgeklärt. Ebenso bestehen über die Grösse und Form der Probe- stäbe und die Art der Einkerbung, deren Form und Tiefe auf die Versuchsergebnisse von allergrösstem Einfluss ist, noch verschiedene Anschauungen. Heute ist das Augenmerk aller Fachleute auf diese Prüfungsmethode gerichtet und es unterliegt keinem Zweifel, dass ihr in Verbindung mit dem metallographischen Verfahren eine grosse Zukunft bevorsteht.

Gehen wir nun von den Metallen zu den **natürlichen Bausteinen** über, welche speziell für die Schweiz, die ja so reich an diesem Baumaterial ist, eine besonders wichtige Rolle spielen. Bei ihrer Wertschätzung fallen zwei Momente in Betracht, einmal ihre *Festigkeitseigenschaften* im allgemeinen, zweitens ihre *Wetterbeständigkeit*. Die Ermittlung der Festigkeitseigenschaften geschieht in der Regel durch den Druckversuch, der uns auch in den meisten Fällen hinreichend genauen Aufschluss über die Eignung des Steins in konstruktiver Hinsicht gibt. Schwieriger liegen die Verhältnisse bei der Bestimmung der Wetterbeständigkeit, deren Ermittlung doch von eminenter Bedeutung ist. In unserem Zeitalter der Monumentalbauten und historischen Denkmäler

ist es von allergrösster Bedeutung sich über die Verwitterbarkeit der dazu verwandten Gesteine, namentlich des Fassadenmaterials, volle und genaue Kenntnis zu verschaffen, wenn nicht solche Bauten, bei deren Gründung doch die Absicht bestand, der Nachwelt noch nach Jahrhunderten würdige Denkmäler vergangener Kulturepochen vorzuführen, vorzeitig in Trümmer fallen und zu ungeheuren Geldverlusten führen sollen. Wohl ein klassisches Beispiel dafür, zu welchen Uebelständen die Wahl von ungeeignetem und vorzeitig verwitterbarem Baumaterial führen kann, bildet das eidg. Polytechnikum, dessen Hauptfassade nach noch nicht 50jährigem Bestehen, man kann wohl sagen bereits im Verfall begriffen ist. Nun ist allerdings die Aufgabe, einen Baustein durch Laboratoriumsversuche in kurzer Zeit auf sein späteres Verhalten gegenüber den Witterungseinflüssen zu prüfen, eine der schwierigsten Aufgaben des Materialprüfungswesens und bis heute noch nicht in zufriedenstellender Weise gelöst worden, da bei den natürlichen Verwitterungsvorgängen gleichzeitig eine Reihe von Faktoren ins Spiel kommen, die künstlich nachzuahmen sehr schwierig ist.

Die wichtigsten dieser Faktoren sind:

- Mechanisch korrodierende Wirkungen*, hervorgerufen zum Teil durch die Stosskraft von Wasser (Regen und Wogenprall), zum Teil durch feste Körper (von Wind aufgewirbelter Sand).
- Die *Frostwirkung des Wassers*.
- Fortwährender starker Temperaturwechsel*, hervorgerufen durch die meist einseitige Erhitzung der Steine durch die Sonnenstrahlen und nachheriges starkes Abkühlen derselben, wodurch eine Lockerung des Gefüges eintritt.
- Chemische Wirkungen*. Zu diesen gehört die lösende Wirkung des Wassers auf diverse Gesteinsbestandteile, entweder für sich allein, oder in Verbindung mit dem Sauerstoff und der Kohlensäure der Luft, ferner die Wirkung der Rauchgase.
- Zerstörung durch pflanzliche Organismen* (Flechten, Moose, etc.) und deren Säfte.

Zur annähernden Ermittlung der Wetterbeständigkeit der Steine begnügt man sich heute mit der Feststellung der *Erweichbarkeit des Materials in Wasser* und der sogenannten kombinierten *Frost- und Wetterbeständigkeitsprobe*. Erstere Eigenschaft wird bekanntlich dadurch ermittelt, dass man würfelförmige Probekörper durch eine 28tägige Wasserlagerung vollständig mit Wasser sättigt, hernach sofort der Druckprobe unterwirft und die eventuelle Abminderung der Festigkeit durch den sog. Erweiterungskoeffizienten, d. h. den Quotienten aus der Druckfestigkeit des Materials im nassen und trockenen Zustand ausdrückt. Die kombinierte Frost- und Wetterbeständigkeitsprobe wird in der Weise ausgeführt, dass würfelförmige Probekörper nach vollständiger Wassersättigung täglich einer sechsstündigen Frostwirkung bei  $-15$  bis  $20^{\circ}$  ausgesetzt, hierauf 14 Stunden in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser aufgetaut, schliesslich einer zweistündigen Einwirkung von Dämpfen einer gesättigten Lösung von schwefliger Säure ausgesetzt werden. Dieses ganze Verfahren wird 25 Mal wiederholt und das Verhalten des Steines beobachtet.

Diese beiden Untersuchungsmethoden geben uns nun wohl über das Verhalten des Steinmaterials gegen Frost, gegen die lösenden und chemischen Wirkungen des Wassers, der Kohlensäure und der schwefligen-Säure bis zu einem gewissen Grad Aufschluss, doch vermissen wir in denselben, soweit es die Löslichkeitsverhältnisse betrifft, präzise ziffermässige Angaben, welche einen sichern Vergleich diverser Materialien zulassen. Es fragt sich daher, ob es nicht zweckmässig wäre, die Einwirkung obiger Agentien am feinst gepulverten Material zu studieren und durch den Gewichtsverlust auszudrücken. Die Frostbeständigkeitsprobe hat überhaupt nur dann Wert, wenn sie an Steinen vorgenommen wird, die entweder von Haus aus eine poröse Beschaffenheit und somit eine gewisse Wasseraufnahmefähigkeit besitzen, oder bei ursprünglich dichten Steinen, an welchen erst im Laufe der Zeit durch andere Faktoren, wie Tempe-

raturwechsel und chemische Einflüsse, Hohlräume und Risse entstanden sind. Absolut dichte Steine werden gegen die Frostprobe unempfindlich bleiben.

Die mechanischen korrodierenden Wirkungen, die Einflüsse des Temperaturwechsels, die Zerstörungen infolge organischen Lebens sind, wie man sieht, in obigen Prüfungsmethoden gänzlich unberücksichtigt, und doch spielen sie zweifelsohne bei der Verwitterung der Gesteine eine hervorragende Rolle. Es wird daher am Platze sein, diese Faktoren in Zukunft mehr zu berücksichtigen. Sind erst alle einzelnen Momente, welche bei der Verwitterung mitwirken, gründlich durchstudiert, so kann man versuchen, sie zu kombinieren und zu einer eigentlichen Methode der Wetterbeständigkeit ausarbeiten.

Welche Aufmerksamkeit man heutzutage der Frage der Wetterbeständigkeit der Bausteine zu schenken beginnt, geht wohl am besten aus dem Umstande hervor, dass das kgl. preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten zur Ermittlung eines Untersuchungsverfahrens für die Wetterbeständigkeit der Bausteine eine eigene staatliche Kommission eingesetzt hat. Ueber ihre Tätigkeit hat der Obmann derselben, Professor *Hirschwald*, Vorsteher des mineralogischen Instituts der technischen Hochschule in Charlottenburg, dem letztjährigen Materialprüfungskongress in Budapest einige vorläufige Mitteilungen zukommen lassen, aus denen hervorgeht, dass die eigentlichen Kommissionsarbeiten abgeschlossen und im Laufe dieses Jahres veröffentlicht werden sollen. Aus dem Arbeitsprogramm dieser Untersuchungen geht weiter hervor, dass man sich nicht bloss damit begnügte, frisch gebrochene Proben aller wichtigen Gesteine den heute üblichen, künstlichen Wetterbeständigkeitsproben zu unterwerfen, sondern auch das bereits verbaute und verwitterte Material in den Bereich der Untersuchung gezogen hat. Zu dem Zweck wurde vorerst durch Vermittlung der Baubehörden ein Verzeichnis vieler aus natürlichen Steinen errichteter Bauwerke des Landes aufgenommen, welche ein Alter von über 50 Jahren aufweisen oder bei geringerem Alter schon deutliche Spuren von Gesteinsverwitterung zeigen, unter näherer Angabe über den Erhaltungszustand, die Herkunft des Gesteins, sowie des Alters der einzelnen Baulichkeiten.

Auf diese Weise wird nicht nur eine wertvolle Statistik über das tatsächliche Verhalten der wichtigsten Bausteine des Landes gegenüber den natürlichen Witterungseinflüssen gewonnen, sondern es wird auch durch gleichzeitige Feststellung ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der Zusammenhang dieser beiden Faktoren mit der Wetterbeständigkeit ermittelt. Schliesslich wird es durch Vornahme der heute üblichen, künstlichen Wetterbeständigkeitsproben am frisch gebrochenen Stein

und Vergleich der gewonnenen Resultate mit den am selben Gestein auf natürlichem Wege zu stande gekommenen Verwitterungserscheinungen möglich werden, einen sichern Schluss auf den Wert dieser künstlichen Methoden zu ziehen.

Der Veröffentlichung dieser höchst umfangreichen und wertvollen Arbeit wird mit Spannung entgegengesehen und es dürfte dieselbe auch für unsere schweizerischen Verhältnisse von Bedeutung werden, sobald die schweiz. geotechnische Kommission, welche sich bekanntlich mit der systematischen geologischen und technischen Erforschung der schweiz. Rohmaterialien zu befassen hat, mit der Untersuchung der schweizerischen Bausteine beginnen wird.

\* \* \*

Zum Schlusse meiner Mitteilungen sei mir noch gestattet, mit wenigen Worten einige eigene Untersuchungen zu besprechen, die zwar nur ein engbegrenztes Gebiet des Materialprüfungswesens betreffen, aber dennoch sowohl vom theoretischen wie vom praktischen Standpunkt aus einiges Interesse bieten.

Als es sich vor mehreren Jahren für die Materialprüfungsanstalt darum handelte, das Arbeitsprogramm für eine umfassende, geologisch-technologische Untersuchung der schweizerischen Tonlager aufzustellen, welche Arbeit mir speziell zugewiesen wurde, trat an mich die Aufgabe heran, an den ungebrannten Rohmaterialien eine Eigenschaft zu bestimmen, die speziell den Tonen eigentümlich und für ihre technische Wertschätzung von besonderer Wichtigkeit ist. Es ist dies die *Bildsamkeit* oder *Plastizität*, unter welcher man be-

kannlich die Eigentümlichkeit der *Tone* versteht, mit einer bestimmten Menge Wasser angemacht eine sich fettig anfühlende, mehr oder minder zähe und geschmeidige Masse zu bilden, an welcher durch äussere Kräfteinwirkung die weitgehendsten Deformationen vorgenommen werden können, ohne dass der Zusammenhang der Masse verloren geht. So allgemein bekannt die äusseren Merkmale dieser Eigenschaft sind, so wenig zuverlässiges war bis jetzt sowohl über die Ursachen dieser Erscheinung als ihr Wesen selbst bekannt. Das wenige, das in der Literatur über den Gegenstand zu finden ist, betrifft Prüfungsmethoden, die den Begriff der Plastizität nur ungenau oder gar nicht treffen. Meist laufen sie dahin hinaus, an einem zylindrischen oder prismatischen Tonkörper, sei es im formgerechten, feuchten, sei es im lufttrockenen Material, die Biegungsfestigkeit und den Biegunswinkel zu ermitteln. Ich suchte nun zunächst durch Stauchungs- und Abplattungsversuche die Deformationsfähigkeit zu bestimmen. Aber entweder scheiterten diese Versuche an praktischen Schwierigkeiten, oder aber es traten störende Nebenumstände, wie die Klebrigkeit auf, sodass die Versuchsergebnisse mit dem tatsächlichen Plastizitätsgrad sich im Widerspruch befanden. Erst durch die von *Rejtö* im Jahre 1897 am Kongress von Stockholm ent-

### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 53. Maison de Campagne de M. le Dr. Jeanneret à Champel.  
Architectes: MM. L. & Fr. Fulpius.

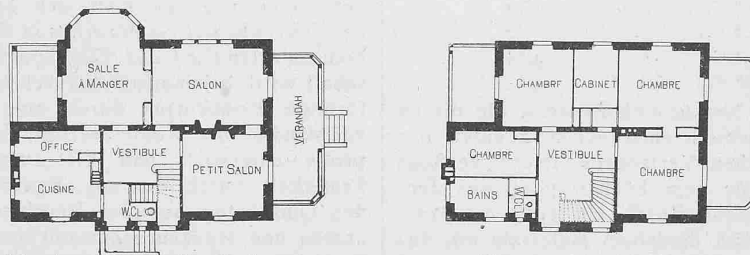


Fig. 54. Rez-de-chaussée. — 1:400. — Fig. 55. Premier Etage.

wickelten, neueren Theorien über die innere Reibung in festen Körpern und die von ihm für die Metalle aufgestellte Definition der *spröden, zähen und bildsamen Körper* wurde ich auf die richtige Fährte geführt. Rejtó definiert ganz allgemein *plastische Körper* als solche, bei welchen die innere Reibung oder die auf die Flächeneinheit bezogene, zur Deformation notwendige äussere Kraft, unbeschadet der absoluten Grösse ihres Wertes, für den ganzen Verlauf des Deformationsversuches einen konstanten Wert besitzt. Die Kurve der innern Reibung, die beim Zug-, Druck- oder Schubversuch mit solchen Körpern aufgenommen wird, zeigt demnach bei ideal plastischen Körpern einen Verlauf parallel zur Abscisse.

Es handelte sich für mich vorerst darum, zu untersuchen, ob diese Theorie für die Tone zutrifft. Zu diesen

Versuchen erwies sich die Deformation auf dem Wege des Zug-Versuchs als die allein brauchbare, weil sowohl bei Druck- als Schubversuchen die gleichzeitige Klebrigkeit der fetten Tone einen störenden Einfluss auf den Gang der Versuche ausübt.

Nach vielen und ausserordentlich mühseligen Versuchen, deren Hauptschwierigkeit namentlich in der Behandlung der so ausserordentlich delikat und brüchigen Probekörper lag, die ja aus weicher, feuchter Tonmasse bestanden, gelang es mir endlich mit Hilfe des rühmlichst bekannten Konstrukteurs *Prof. Amsler* in Schaffhausen, einen zweckentsprechenden Apparat zu konstruieren und die plastischen Eigenschaften der Tone durch den Zerreißversuch in befriedigender Weise zu bestimmen.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass das, was man im gewöhnlichen Leben gemeinhin als Plastizität bezeichnet, kein einfacher physikalischer Begriff, sondern eine komplexe Eigenschaft ist, die sich aus mehreren andern, zum Teil schon bekannten, physikalischen Begriffen aufbaut. Die teilweise höchst merkwürdigen Resultate meiner Versuche lassen sich kurz zusammenfassen wie folgt:

1. Bei einheitlicher *Konsistenz*, und zwar der Normalkonsistenz, d. h. der Konsistenz, bei welcher die Tone bei grösstmöglicher Fliessbarkeit noch genügend Kohäsion besitzen, dass der daraus geformte Gegenstand unter dem Einfluss der Schwerkraft sich nicht deformiert, binden fette, plastische Tone oft bis doppelt soviel Wasser als magere (etwa 32% gegen 16%).

2. Trotz des höhern Wassergehalts kann die *Kohäsion* der plastischen Tone das drei- bis fünffache der magern Tone betragen.

3. Bei normal konsistenten, plastischen Tönen geht hohe Festigkeit Hand in Hand mit grösserer Dehnung im Gegensatz zu festen Körpern (Metallen), bei welchen härtere Sorten geringe Dehnung und umgekehrt weiche Sorten starkes Dehnungsmass aufweisen.

4. Bei plastischen Tönen steigt bei Choc-artigem Zug im Vergleich zu langsamer Beanspruchung die Dehnung oder besser gesagt die Deformationsfähigkeit um das zehnfache, im Gegensatz zu den Metallen, bei welchen unter schlagartiger Beanspruchung die Dehnung rapid sinkt.

5. In Bestätigung der Rejtó'schen Theorien bedürfen fette, plastische Tone zu ihrer Deformation eine sich an-

nähernd gleichbleibende Kraft, während bei zähen Körpern wie Metallen der Wert der innern Reibung bis zur Streckgrenze einen wachsenden Wert annimmt. Unter Berücksichtigung aller dieser Versuchsergebnisse können wir den Begriff der Plastizität etwa wie folgt definieren:

*Unter Plastizität versteht man die Eigenschaft eines Körpers, bei gleichzeitig hoher Kohäsion unter dem Einfluss äusserer Kräfte möglichst weitgehende Deformationen zu erleiden, ohne dass der deformierte Körper gegenüber dem ursprünglichen eine Aenderung seiner Kohäsionsverhältnisse aufweist.*

Meine weiteren Untersuchungen waren sodann darauf gerichtet, den Ursachen der Plastizität nachzugehen. Zweifellos

hängt dieselbe mit dem starken Wasserbindevermögen der

Tonsubstanz, des Aluminiumhydro-silikates, zusammen.

Auch hier kann nur das Mikroskop Aufschluss geben. Zu einem abschliessenden Resultat bin ich

mit diesen Untersuchungen noch nicht gelangt. Aber soviel geht aus denselben mit aller Sicherheit hervor, dass weder

eine angebliche Kugelgestalt noch eine blätchenartige oder schwammigporöse

Struktur der Tontheilchen, wie von frühern Forschern angegeben wird, als Grund der starken

Wasserbindefähig-

keit angenommen werden kann. Vielmehr haben zahlreiche mikrographische Untersuchungen an reiner Tonsubstanz ergeben, dass dieselbe aus unregelmässigen, mehr oder weniger rundlichen, scharf abgegrenzten Gebilden besteht, am ehesten vergleichbar den Formen eines Flussgeschiebes. Vergegenwärtigen wir uns, wie die meisten unserer Tone entstanden sind, nämlich durch Verwitterung krystallinischer Urgesteine und Ablagerung des Verwitterungsproduktes auf sekundärer Lagerstätte, so wird uns diese Form um so eher begreiflich; alle Anzeichen sprechen im weitern dafür, dass die starke Wasserbindekraft plastischer Tone und damit die Plastizität ihren Grund einestheils in der äusserst feinen Verteilung der Tonsubstanz, zur Hauptsache aber in einer starken, gegenseitigen Affinität von Wasser und Tonsubstanz haben, die wahrscheinlich miteinander eine sog. kolloide Lösung eingehen, ähnlich wie Kieselsäurehydrat, Dextrin, Gummi u. dgl.

Werfen wir einen Rückblick auf die neuern Bestrebungen in den Hauptzweigen des Materialprüfungswesens, so sehen wir, wie man überall darnach trachtet, vor allem den *innern Aufbau* der Stoffe kennen zu lernen, der neben ihrer chemischen Zusammensetzung für die technischen Eigenschaften derselben in hohem Grad mitbestimmend ist; wir sehen ferner, wie auch auf diesem Gebiet das Mikroskop zu einem wichtigen Hilfsmittel geworden ist. Erst wenn wir neben der chemischen Zusammensetzung auch den Strukturverhältnissen der Materialien hinreichend Rechnung tragen, werden uns manche bisher rätselhafte und manche scheinbar abnormale Verhalten, denen wir namentlich bei den Metallen so häufig begegnen, erklärlich und wird es uns möglich werden, auf Grund dieser Erkenntnis vorhandene Lücken in den bestehenden Prüfungsmethoden auszufüllen.

L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

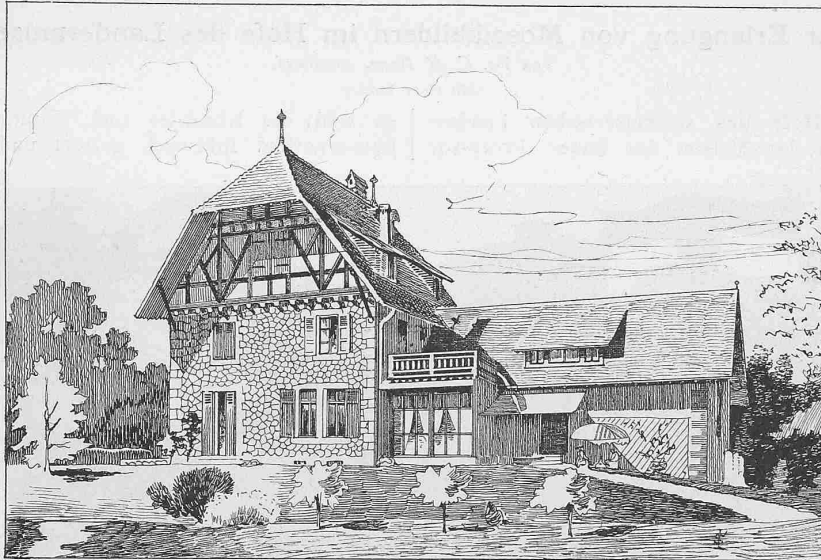


Fig. 60. Villa de M. Mayor à Malagnou. — Architectes: MM. de Morsier frères et Weibel.