

INSTITUT FÜR TECHNISCHE PHYSIK STUTT GART

Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. K. Gösele

B.Ho 18/71

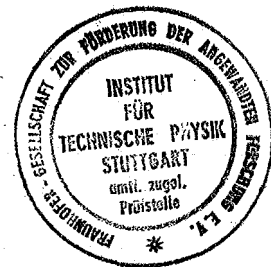
Die kapillare Wasseraufnahme von Baustoffen

Forschungsauftrag des
Bundesministeriums für Städtebau und Wohnungswesen

durchgeführt in der
Außenstelle Holzkirchen des
Instituts für Technische Physik
der Fraunhofer-Gesellschaft

Az.: I 6 - 80 01 69 - 18

10 Blätter
1 Tabelle
10 Bilder



Stuttgart/Holzkirchen, den 16. Dezember 1971

Sachbearbeiter:

Abteilungsleiter:

Institutsleiter:

B. Schwarz

H. Künzel

K. Gösele

Dipl.-Ing. B. Schwarz

Dr.-Ing. H. Künzel

Prof. Dr.-Ing. K. Gösele

Dokumentationsstelle für Bautechnik
in der Fraunhofer-Gesellschaft

Die kapillare Wasseraufnahme von Baustoffen

Die kapillare Wasseraufnahme poröser Materialien ist durch folgende Kennwerte zu beschreiben:

Wasseraufnahme-Koeffizient A

Wassereindring-Koeffizient B

Wasserkapazität ϕ_k

Sättigungsfeuchtigkeitsgehalt ϕ_s

Zahlenmäßige Angaben über diese Werte liegen nur vereinzelt vor. Daher wurden an einigen gebräuchlichen Baustoffen Messungen vorgenommen, um diese Kennwerte zu ermitteln. Dabei wurden auch Untersuchungen über den Einfluß des Materialfeuchtigkeitsgehaltes auf den Saugvorgang durchgeführt, sowie über die Verteilung der Feuchtigkeit im durchfeuchteten Probesteil.

2. Begriffe und Zusammenhänge

2.1 Der Wasseraufnahme-Koeffizient

Experimentelle und theoretische Untersuchungen([1] [2] [3] [4] [5]) erbrachten, daß die kapillare Wasseraufnahme eines Materials bei unmittelbarem Kontakt mit flüssigem Wasser durch die Beziehung

$$m_w = A \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

beschrieben werden kann. Dabei bedeuten

m_w : die pro Flächeneinheit aufgenommene Wassermenge [kg/m²]

A : der Wasseraufnahme-Koeffizient [kg/m² s^{0,5}]

t : Zeit [s]

Der auf diese Weise definierte Koeffizient A mit der Dimension [kg/m² s^{0,5}] wird im englischsprachigen Schrifttum([4] [5])

"water absorption coefficient" genannt. In Anlehnung daran wird

hierfür die Bezeichnung Wasseraufnahme-Koeffizient ¹⁾ vorgeschlagen. Als Materialwert kennzeichnet er den zeitlichen Verlauf der Wasseraufnahme eines Materials, ausgehend vom trockenen Zustand bis zur Durchfeuchtung unter der Randbedingung, daß an der Saugfläche ständig ein Wasserüberschuß vorhanden ist. Bei Beregnung setzt dies einen Flüssigkeitsfilm an der saugenden Materialoberfläche voraus. Ist das Wasserangebot an der Saugfläche geringer, so wird die kapillare Wasseraufnahme nicht mehr durch die Größe des Wasseraufnahme-Koeffizienten bestimmt, sondern allein durch die zur Verfügung stehende Wassermenge.

Streng betrachtet muß bei der kapillaren Wasseraufnahme auch berücksichtigt werden, ob der Wassertransport durch das Material mit oder entgegen der Schwerkraft erfolgt. Wie jedoch aus experimentellen Untersuchungen [3] hervorgeht, haben zusätzlich wirkende Kräfte keine meßbaren Auswirkungen auf den Saugvorgang bei feinporigen Baustoffen (Ziegel, Kalksandstein, Beton, Gasbeton, Putz, Mörtel usw.) Die Schwerkraft kann daher - vorausgesetzt, der Baustoff hat keine Risse, größeren Hohlräume oder Fugen - im Rahmen der üblichen Genauigkeitsanforderungen unberücksichtigt bleiben.

Zur Ermittlung des Wasseraufnahme-Koeffizienten kann ein Saugversuch in der Art durchgeführt werden, daß eine Materialprobe mit einer Oberfläche etwa 1 bis 2 mm tief in Wasser eingetaucht und die entgegen der Schwerkraft in vertikaler Richtung erfolgende Wasseraufnahme gravimetrisch bestimmt wird. Der auf diese Weise ermittelte Kennwert hat auch für die Verhältnisse einer natürlichen Beregnung Gültigkeit.

Eine grafische Darstellung der Wasseraufnahme als Funktion der Quadratwurzel der Saugzeit führt zu einer in Bild 1 für verschiedene Baustoffe dargestellten, geradlinigen Abhängigkeit. Die Steigung der Geraden entspricht gemäß Gleichung (1) dem Wasseraufnahme-Koeffizienten.

¹⁾ In früheren Arbeiten (z.B. [3] [6]) wurde dieser Koeffizient "Wassereindringzahl" genannt mit der Dimension $[\text{kg}/\text{m}^2 \text{h}^{0,5}]$. Entsprechend einer Vereinbarung innerhalb der CIB-Arbeitsgruppe W40 (Heat and moisture transfer in porous materials and structures) wurde hier die Dimension $[\text{kg}/\text{m}^2 \text{s}^{0,5}]$ übernommen. Durch die Umbenennung kann die Bezeichnung "Wassereindring-Koeffizient B" in wörtlicher Übersetzung für den englischen Ausdruck "water penetration coefficient" verwendet werden.

2.2 Wasserkapazität und Porenvolumen

Verfolgt man die Wasseraufnahme einer Materialprobe, so ergeben sich die aus Bild 2 hervorgehenden Zusammenhänge. Die grafische Darstellung der Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit ergibt zwei durch die Neigung der Geraden deutlich unterschiedene Abschnitte: Einen Abschnitt, welcher die Wasseraufnahme repräsentiert, solange der Feuchtigkeitsspiegel die Probe noch nicht voll durchwandert hat (solange also noch eine trockene Zone vorhanden ist) und einen zweiten Abschnitt nach dem Knickpunkt, welcher die Wasseraufnahme der Probe nach erfolgter, sichtbarer Durchfeuchtung beschreibt. Die Darstellung zeigt, daß auch nach der sichtbaren Durchfeuchtung des Probekörpers - wenn auch in weit geringerem Maße als vorher - weiterhin eine Wasseraufnahme erfolgt. Daraus ist zu schließen, daß bei einer im Laufe des Saugvorganges eintretenden Durchfeuchtung der Materialprobe noch nicht alle Porenräume mit Wasser gefüllt sind.

Eine Wassersättigung der Materialprobe unter Vakuum-Einwirkung bestätigt dies. Wie in Bild 2 am Beispiel von Gasbeton gezeigt wird, sind beim Saugversuch im Moment der sichtbaren Durchfeuchtung nur etwa 40 % aller Porenräume mit Wasser gefüllt. Dagegen liegt bei einer Wasserlagerung unter Vakuum die absolute Sättigung des untersuchten Materials bei 72 Vol.-%. Dieser Sättigungsfeuchtigkeitsgehalt $\phi_s [m^3/m^3]$ entspricht praktisch dem Porenvolumen des Materials.

Der durch den Knickpunkt im Kurvenverlauf von Bild 2 markierte Feuchtigkeitsgehalt wird nach einem Vorschlag von Künzel [6] als Wasserkapazität $\phi_k [m^3/m^3]$ bezeichnet. Bomberg [5] verwendet für diesen kennzeichnenden Punkt im Verlaufe der Wassersättigung eines Materials den Begriff "bubbling-point".

Die Kenntnis der Wasserkapazität ist wesentlich für eine Beurteilung des unter praktischen Bedingungen möglichen Wassersättigungsgrades im Baustoff. Weiterhin ist dieser Wert notwendig zur Berechnung des im folgenden näher beschriebenen Wassereindring-Koeffizienten B.

2.3 Der Wassereindring-Koeffizient

Der Wassereindring-Koeffizient B (coefficient of water penetration) mit der Dimension $[m/s^{0,5}]$ beschreibt die Wanderungsgeschwindigkeit der Wasserfront durch das Material im Verlauf des Saugvorganges.

Der Koeffizient ist durch folgende Gleichung definiert:

$$x = B \cdot \sqrt{t} \quad (2)$$

wobei x [m] der Abstand zwischen der Saugfläche und der Wasserfront (Lage des Feuchtigkeitsspiegels) im Material bedeutet. Eine experimentelle Bestimmung des Wassereindring-Koeffizienten B stößt meßtechnisch auf Schwierigkeiten, da die Lage der Wasserfront in der Probe häufig schwer zu erfassen ist. Der Koeffizient kann jedoch berechnet werden unter der Voraussetzung, daß der Feuchtigkeitsgehalt ϕ [m^3/m^3] in der feuchten Zone²⁾ im Verlauf des Saugvorganges konstant ist. Dann gilt:

$$m_w = x \cdot \phi \cdot \rho_w \quad (3)$$

wenn das spezifische Gewicht des Wassers mit ρ_w [kg/m^3] bezeichnet wird. Wie die im folgenden näher beschriebenen Versuche zeigen, kann mit einer für praktische Belange ausreichenden Genauigkeit angenommen werden, daß bei nicht zu großen Saughöhen der Feuchtigkeitsgehalt innerhalb der feuchten Zone konstant ist und dem Wert der Wasserkapazität ϕ_k [m^3/m^3] entspricht. Damit ergibt sich aus Gleichung (3) durch Einsetzen der Beziehungen (1) und (2) für den Wassereindring-Koeffizienten B :

$$B = \frac{A}{\phi_k \cdot \rho_w} \quad (4)$$

Der Wassereindring-Koeffizient B läßt sich somit bei Kenntnis des Wasseraufnahme-Koeffizienten A und der Wasserkapazität ϕ_k des Materials berechnen.

²⁾ Als feuchte Zone wird jener Bereich im Material angesehen, welcher im Verlauf des Saugvorganges bereits durchfeuchtet wurde.

3. Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen erfolgten in der Regel an jeweils drei prismatischen Probekörpern eines Materials mit Saugflächen von ca. 0,1 m x 0,2 m und Höhen von ca. 0,1 m. Während des Saugversuches tauchten die Körper konstant etwa 1 mm tief in Wasser ein. Die auf kapillarem Wege in vertikaler Richtung entgegen der Schwerkraft aufgenommene Wassermenge konnte mit Hilfe einer automatischen Saugapparatur (siehe [3]) kontinuierlich erfaßt und aufgezeichnet werden. Die Ermittlung des Sättigungsfeuchtigkeitsgehaltes erfolgte unter Vakuum im Exikkator.

4. Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 Feuchtigkeitsverteilung im Material

Die in Abschnitt 2.3 erwähnten Untersuchungen wurden an Proben aus Gips, Ziegel und Gasbeton durchgeführt und hatten das Ziel, die Feuchtigkeitsverteilung bei einem Saugversuch in der feuchten Zone zu ermitteln. Bei Gips läßt sich die Wanderung der Wasserfront gut erkennen und markieren. Während eines mehrtägigen Saugversuches wurde die Wasseraufnahme [kg/m^2] und die visuell feststellbare Steighöhe des Feuchtigkeitsspiegels ermittelt.

Eine grafische Darstellung beider Werte in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit ergibt die in Bild 3 (oben) ersichtlichen linearen Zusammenhänge. Errechnet man für verschiedene Saugzeiten aus der Wasseraufnahme und der Steighöhe den mittleren Feuchtigkeitsgehalt in der sich ständig vergrößernden feuchten Zone, so bleibt dieser - abgesehen von einer relativ kurzen Einlaufzeit - während des Saugversuches konstant auf dem Wert der Wasserkapazität ϕ_k (Bild 3, unten). Erst nach vollständiger Durchfeuchtung der Probe nimmt der mittlere Feuchtigkeitsgehalt in der feuchten Zone zu. Parallel hierzu wurde an Gips-, Ziegel- und Gasbetonproben die Feuchtigkeitsverteilung auf die Weise ermittelt, daß unmittelbar nach einem Saugversuch die Proben in Abschnitte parallel zur Saugfläche unterteilt und deren Feuchtigkeitsgehalt gravimetrisch bestimmt wurde. Die in Bild 4 dargestellten Ergebnisse bestätigen, daß bei den untersuchten Baustoffen mit unterschiedlicher Kapillarstruktur der Feuchtigkeitsgehalt in der feuchten Zone praktisch als konstant betrachtet werden kann.

4.2 Einfluß des Materialfeuchtigkeitsgehaltes auf die Wasseraufnahme

Zur Ermittlung des Einflusses des Feuchtigkeitsgehaltes eines Materials auf die kapillare Wasseraufnahme wurden folgende Versuche durchgeführt: Eine größere Anzahl von Probekörpern aus zwei Materialien mit unterschiedlicher Kapillarstruktur - Vollziegel und Gasbeton - wurden auf unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte gebracht ³⁾. An diesen Proben wurden Saugversuche durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Bild 5 für Gasbeton und in Bild 6 für Vollziegel dargestellt. Jeweils oben ist die kapillare Wasseraufnahme der Materialien - ausgehend von verschiedenen Materialfeuchtigkeitsgehalten - als Funktion der Quadratwurzel der Zeit aufgetragen. Die unteren Diagramme veranschaulichen die Abhängigkeit des Wasseraufnahme-Koeffizienten A vom Materialfeuchtigkeitsgehalt.

Aus den Darstellungen geht hervor, daß der Wasseraufnahme-Koeffizient A proportional mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt abnimmt. Etwa mit Erreichen der Wasserkapazität ϕ_k wird der Wasseraufnahme-Koeffizient zu Null.

Während bei Gasbeton - unabhängig vom Materialfeuchtigkeitsgehalt - annähernd gleiche Werte der Wasserkapazität ($\phi_k = 0,34 \text{ [m}^3/\text{m}^3]$) erreicht werden, erhöht sich die Wasseraufnahmefähigkeit des untersuchten Vollziegels mit zunehmendem Materialfeuchtigkeitsgehalt von $\phi_k = 0,23 \text{ [m}^3/\text{m}^3]$ (bei trockenem Material) auf $\phi_k = 29 \text{ [m}^3/\text{m}^3]$ bei einem Materialfeuchtigkeitsgehalt von $\phi = 0,18 \text{ [m}^3/\text{m}^3]$.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muß daher die Ermittlung der kapillaren Wasseraufnahme an Proben mit definierten Feuchtigkeitsverhältnissen vorgenommen werden, zweckmäßigerweise an völlig trockenen Proben.

3) Ein bestimmter Feuchtigkeitsgehalt im Probekörper wurde durch entsprechende Wasserzugabe und eine mehrmonatige hermetisch abgeschlossene Lagerung bei Temperaturen um 50°C erreicht. Dadurch stellte sich - wie Kontrollmessungen bestätigten - innerhalb der Proben ein konstanter Feuchtigkeitsgehalt ein.

4.3 Kapillare Wasseraufnahme von trockenen Stoffen

4.3.1 Homogene Stoffe

Bei Auftragen der kapillar aufgenommenen Wassermenge über der Quadratwurzel der Zeit ergeben sich bei allen geprüften Baustoffen eindeutig geradlinige Zusammenhänge, die eine einfache Bestimmung des Wasseraufnahme-Koeffizienten (Steigung der Geraden) ermöglichen. In einigen Fällen - insbesondere bei grobporigen Materialien - wurde beobachtet, daß die Gerade nicht durch den Nullpunkt verläuft, sondern in Richtung höherer Ordinatenwerte verschoben ist. Da dieser Effekt auf Anlaufzustände ⁴⁾ in den ersten Augenblicken des Saugvorganges zurückzuführen ist, kann er in diesem Zusammenhang vernachlässigt werden. Maßgebend für den Wasseraufnahme-Koeffizienten ist allein die Steigung der Geraden.

Eine Aufstellung der durch die Saugversuche ermittelten Werte des Wasseraufnahme-Koeffizienten A und der Wasserkapazität ϕ_k , sowie des hieraus berechneten Wassereindringkoeffizienten B enthält für verschiedene Baustoffe Tabelle 1. In die Tabelle sind weiterhin auch die unter Vakuumwirkung im Exikkator ermittelten Sättigungsfeuchtigkeitsgehalte ϕ_s der einzelnen Materialien aufgenommen. Die Tabelle enthält zum Vergleich auch die Werte des Wasseraufnahme-Koeffizienten A in der Dimension $\text{kg/m}^2 \text{h}^{0,5}$. Bild 7 gibt als Säulendiagramm einen Überblick über die Größenordnung sowie die Streubreite des Wasseraufnahme-Koeffizienten für die untersuchten Baustoffe.

4.3.2 Geschichtete Stoffe

Durch den Wasseraufnahme-Koeffizienten kann auch die kapillare Wasseraufnahme geschichteter Stoffe, wie z.B. Putze und Anstriche auf saugfähigen Untergründen beschrieben werden. In Bild 8 wird dies am Beispiel von drei verschiedenen, etwa 2 cm dicken, Putzen veranschaulicht, auf deren Rückseite eine etwa gleich dicke Gipschicht die Funktion eines stark saugenden Untergrundes übernahm.

4) Beim ersten Kontakt der trockenen Materialfläche mit Wasser nimmt die Probe - abhängig von der Porenstruktur an der Saugfläche und abhängig von den Versuchsbedingungen - sprunghaft eine mehr oder weniger große Wassermenge auf.

In der Darstellung der kapillar aufgesaugten Wassermenge in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit sind bei zwei Putzen deutlich zwei Bereiche zu unterscheiden: Ein erster Bereich, der die Wasseraufnahme der Putzschicht bis zu ihrer Durchfeuchtung repräsentiert, sowie einen zweiten Bereich (nach dem Knickpunkt), welcher die Wasseraufnahme des Trägermaterials (Gips) durch die Putzschicht hindurch beschreibt ⁵⁾. Ein Vergleich mit dem Wasseraufnahme-Koeffizient des reinen Trägermaterials zeigt deutlich die Schutzwirkung der aufgetragenen Putzschicht und ermöglicht hierüber quantitative Aussagen.

Auch die kapillare Wasseraufnahme von Materialien mit aufgetragenen Kunststoffdispersionsbeschichtungen ergibt bei grafischer Darstellung der Wasseraufnahme über der Quadratwurzel der Zeit - wie aus den in Bild 9 dargestellten Beispielen hervorgeht - in der Regel lineare Zusammenhänge, sofern nicht die Beschichtungen während des Saugversuches Veränderungen unterliegen (Auswaschung, Quellung).

Ein Vergleich zeigt, daß sich der Wasseraufnahme-Koeffizient des Trägermaterials Gasbeton ($A = 0,08 \text{ kg/m}^2 \text{ s}^{0,5}$) nach dem Aufbringen einer Kunststoffdispersionsbeschichtung um den Faktor 100 verkleinern kann.

Beispiele für Kunststoffdispersionsbeschichtungen, welche während des Saugversuches Veränderungen unterliegen und daher in der grafischen Darstellung der Wasseraufnahme über der Quadratwurzel der Zeit keine linearen Zusammenhänge liefern, enthält Bild 10. Bei derartigen Beschichtungen ist der Wasseraufnahme-Koeffizient keine konstante Größe, sondern kann - z.T. in starkem Maße - von der Einwirkdauer des Wassers abhängen.

5) Da der Wasseraufnahme-Koeffizient die kapillare Wasseraufnahme eines Materials bei unmittelbarem Kontakt mit flüssigem Wasser beschreibt, hier jedoch die Wasseraufnahme des Trägermaterials (Gips) vorliegt, kann nicht der Begriff Wasseraufnahme-Koeffizient verwendet werden. Nach [3] wird hierfür der Begriff "reduzierter Wasseraufnahme-Koeffizient" gewählt.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die kapillare Wasseraufnahme von Baustoffen untersucht. In tabellarischer Form sind die kennzeichnenden Größen:

Wasseraufnahme-Koeffizient
Wassereindring-Koeffizient
Wasserkapazität
Sättigungsfeuchtigkeitsgehalt

für die gebräuchlichsten Baustoffe zusammengestellt.

Durch Messungen an zwei Materialien mit unterschiedlicher Kapillarstruktur (Gasbeton und Ziegel) wird weiterhin der Einfluß des Materialfeuchtigkeitsgehaltes auf die kapillare Wasseraufnahme untersucht. Die Messungen erbrachten, daß mit zunehmendem Materialfeuchtigkeitsgehalt der Wasseraufnahme-Koeffizient proportional abnimmt.

6. Literaturverzeichnis

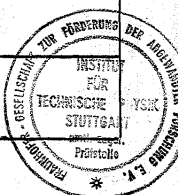
- [1] Jansson, I.: Testing the rate of water absorption.
CIB Symposium Helsinki 1965.
- [2] Cammerer, W.F.: Die kapillare Flüssigkeitsbewegung in porösen Körpern.
VDI-Forschungsheft Nr. 500 (1965), VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [3] Künzel, H. und Schwarz, B.: Die Feuchtigkeitsaufnahme von Baustoffen bei Berechnung.
Berichte aus der Bauforschung, Heft 51 (1968).
Verlag Wilh. Ernst und Sohn, Berlin.
- [4] Vos, B.H. und Tammes, E.: Flow of water in the liquid phase.
Report Nr. BI-68-38 IBBC-TNO, Delft 1968.
- [5] Bomberg, M.: Water flow through porous materials
Report Nr. 20, Lund Institute of Technology (1971).
- [6] Künzel, H.: Gasbeton, Wärme und Feuchtigkeitsverhalten. 1970.
Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Berlin.

Tabelle 1

B.Ho 18/71

Kennwerte der kapillaren Wasseraufnahme der geprüften Stoffe**A****B** Φ_K Φ_S

Nr.	Material		Rohdichte [kg/m ³]	Wasseraufnahme- koeffizient		Wassereindring- koeffizient	Wasser- kapazität	Sättigungs- feuchtigkeits- gehalt
				[kg/m ² s ^{0,5}]	[kg/m ² h ^{0,5}]	[m/s ^{0,5}] x 10 ⁻³	[m ³ /m ³]	[m ³ /m ³]
1	Vollziegel	A	1750	0,420	25,1	2,24	0,19	0,29
2		B	2175	0,049	2,9	0,56	0,09	0,13
3	Hochlochziegel	C	1155	0,138	8,3	0,73	0,19	0,22
4		D	1165	0,148	8,9	0,81	0,18	0,18
5	Kalksandstein	A	1635	0,123	7,7	0,46	0,27	0,36
6		B	1755	0,050	3,0	0,21	0,24	0,34
7		C	1760	0,091	5,5	0,42	0,22	0,35
8		D	1795	0,087	5,4	0,39	0,22	0,32
9		E	1880	0,053	3,2	0,29	0,18	0,27
10		F	1920	0,053	3,2	0,26	0,20	0,27
11	Schwerbeton	A	2290	0,030	1,8	0,22	0,14	0,22
12		B	2410	0,018	1,1	0,09	0,19	
13	Bimsbeton	A	845	0,483	2,9			0,40
14		B	1085	0,032	1,9			
15	Gasbeton	A	630	0,077	4,6	0,28	0,28	0,72
16		B	600	0,071	4,2	0,25	0,28	0,71
17		C	530	0,066	4,0	0,23	0,29	0,74
18		D	620	0,110	6,5	0,38	0,29	0,72
19		E	640	0,128	7,7	0,45	0,28	0,60
20	Gipsbauplatte	A	900	1,16	69	2,36	0,49	
21		B	600	0,64	38	1,80	0,36	
22	Weißkalkputz			0,17	7,0			
23	Kalkzementputz	A		0,03	2,0			
24		B		0,06	4,0			
25	Zementputz	A		0,03	2,0			
26		B		0,05	3,0			
27	Kunststoff- dispersions- beschichtung	A		0,001	0,05			
28		B		0,003	0,2			



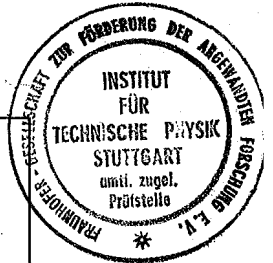
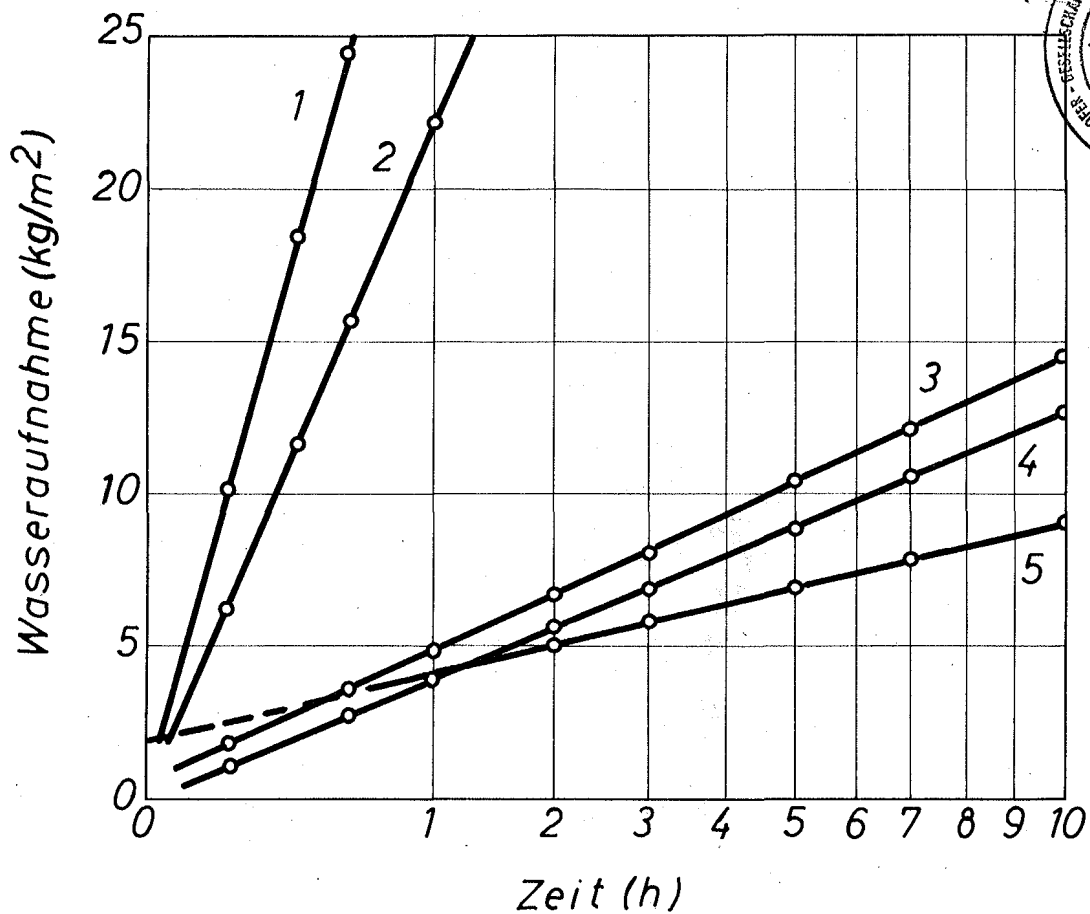


Bild 1: Kapillare Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit für verschiedene Baustoffe.

1: Gips	1390 kg/m ³
2: Vollziegel	1730 kg/m ³
3: Gasbeton	640 kg/m ³
4: Kalksandstein	1770 kg/m ³
5: Bims	880 kg/m ³

Probe
durchfeuchtet

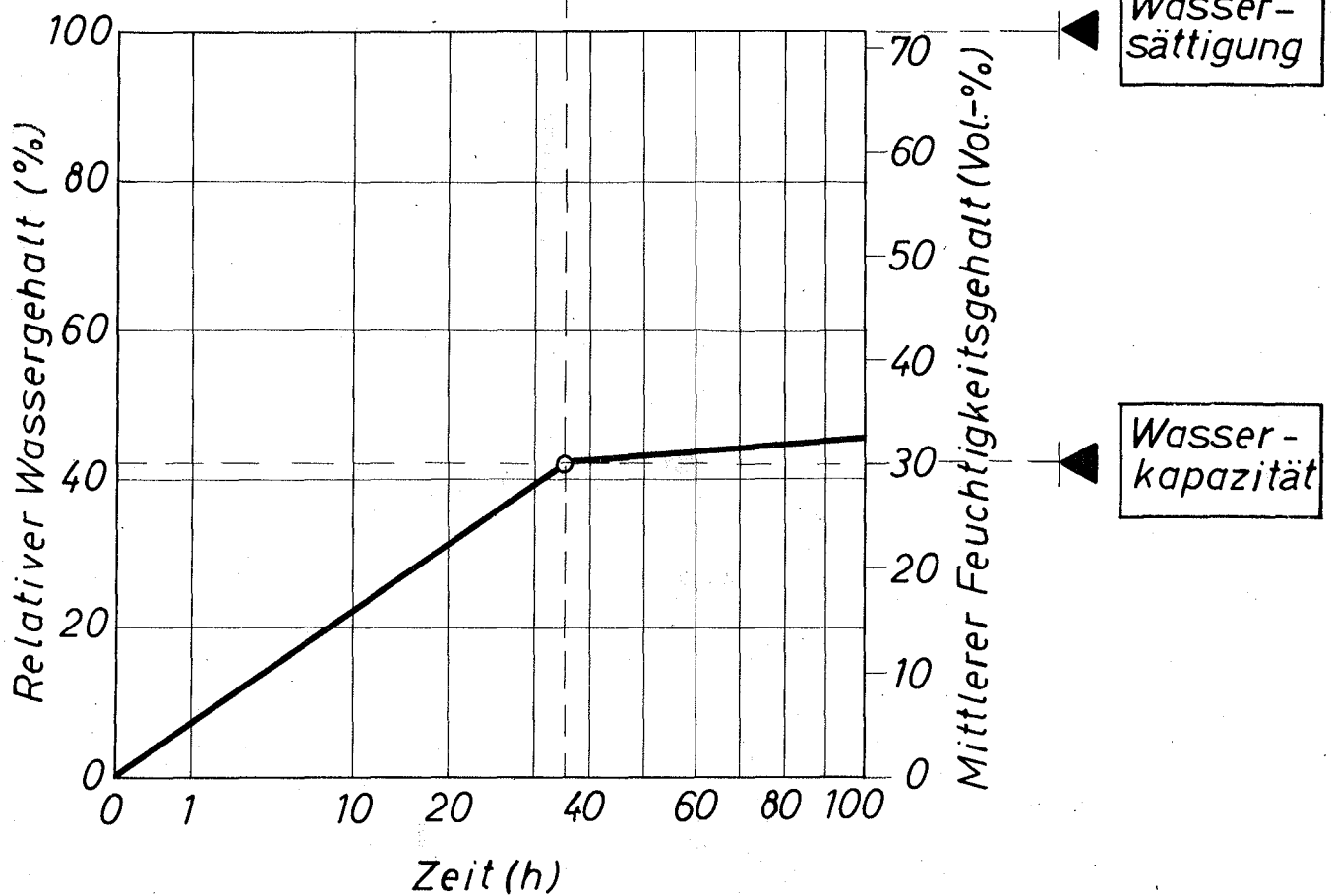
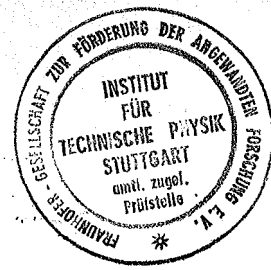


Bild 2: Kapillare Wasseraufnahme einer Gasbetonprobe in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit.

Auf der rechten Seite des Diagrammes sind die kennzeichnenden Punkte im Verlaufe der Wasseraufnahme eingetragen.

- ϕ_s : absolute Sättigung des Materials mit Wasser (unter Vakuum), entspricht praktisch dem Porenanteil des Materials in Vol.-%.
- ϕ_k : Wasserkapazität des Materials. Wasseraufnahme des Materials bei einem Saugversuch im Moment der Durchfeuchtung.

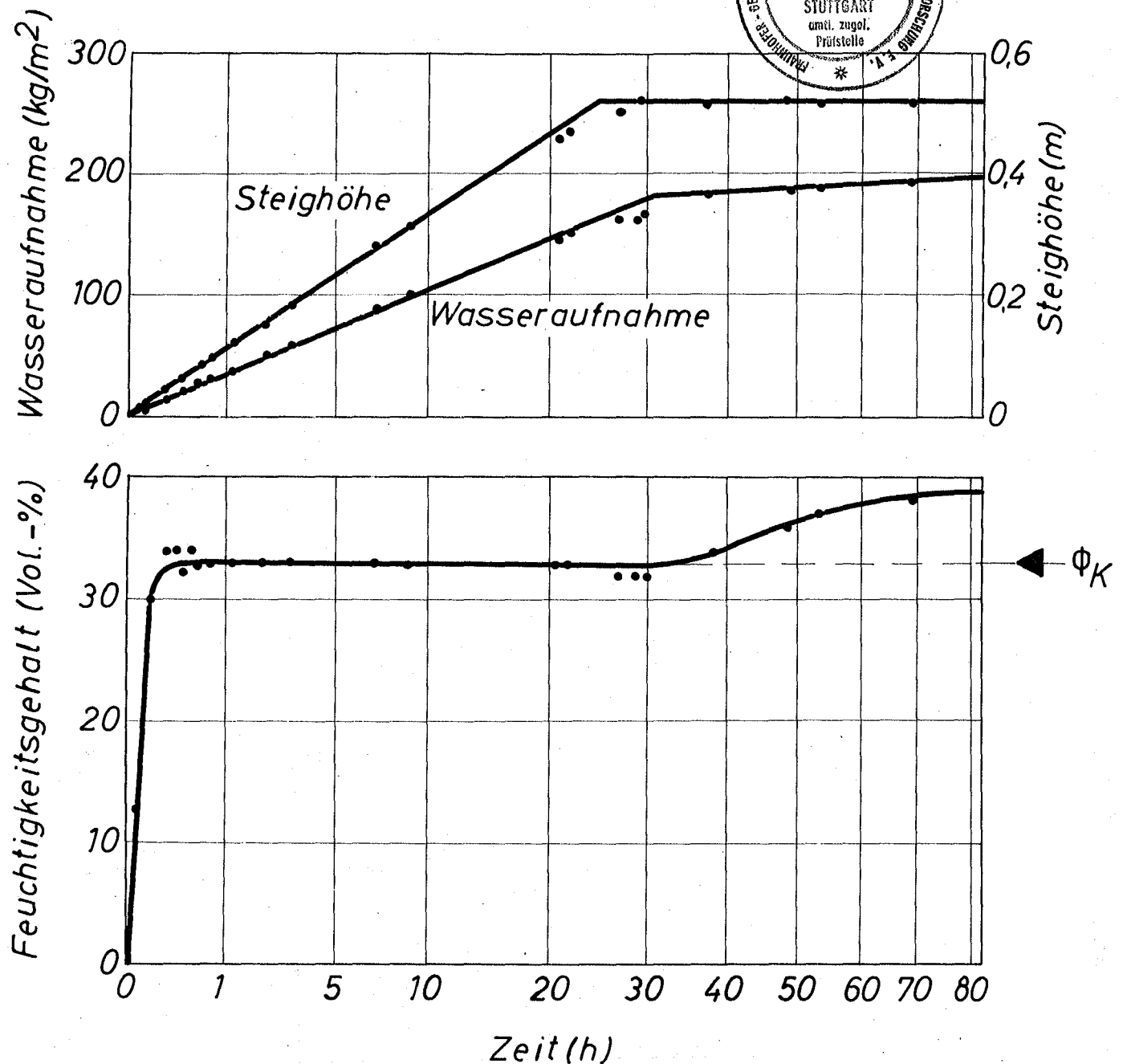


Bild 3: Darstellung der Ergebnisse aus einem Saugversuch an einer Gipsprobe. Über der Quadratwurzel der Zeit sind die kapillare Wasseraufnahme und die Steighöhe (oben) sowie der aus diesen Werten berechnete mittlere Feuchtigkeitsgehalt in der feuchten Zone (unten) aufgetragen.

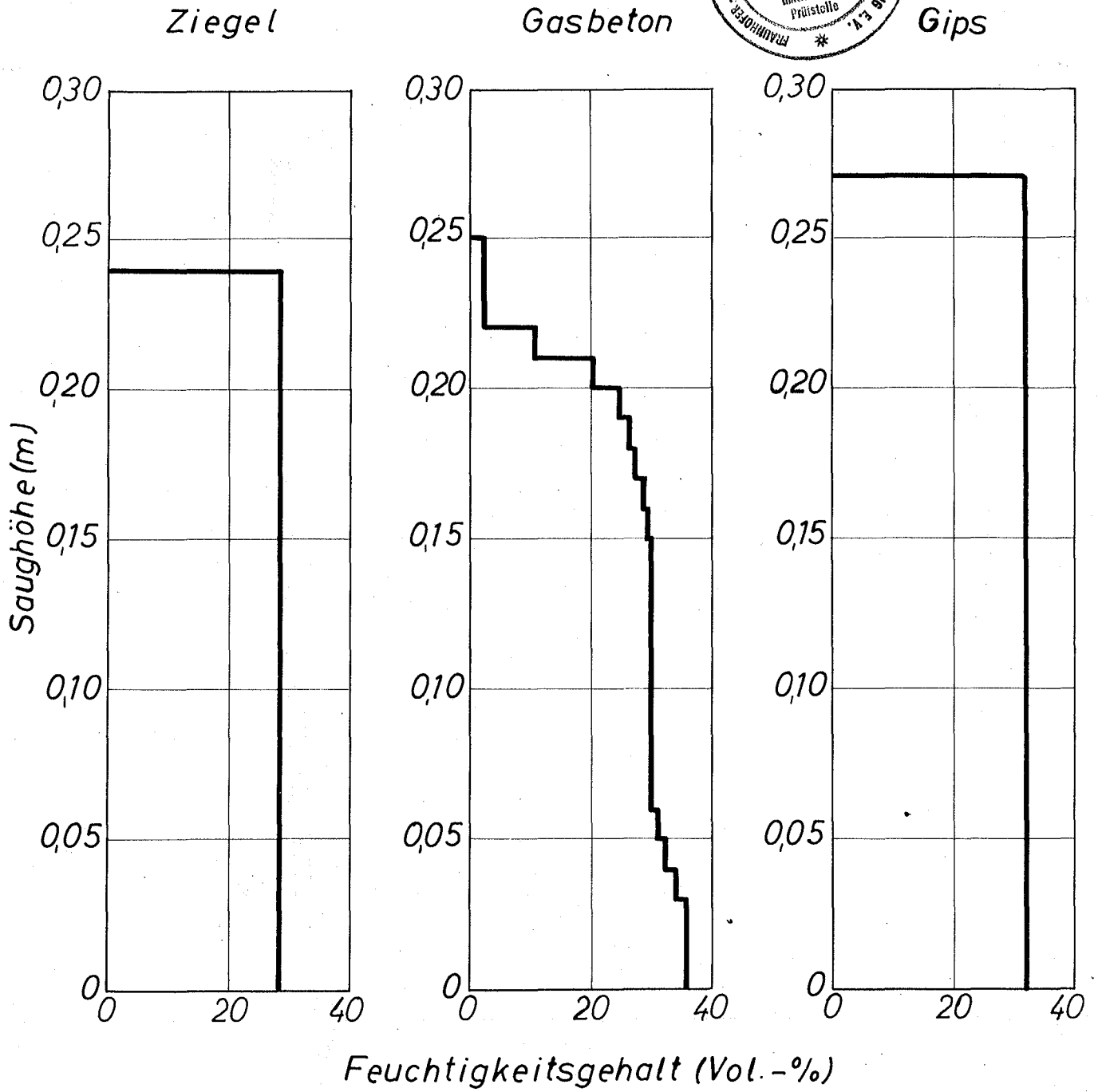


Bild 4: Feuchtigkeitsverteilung in Abhängigkeit von der Höhe
 nach einem Saugversuch bei drei Materialien.

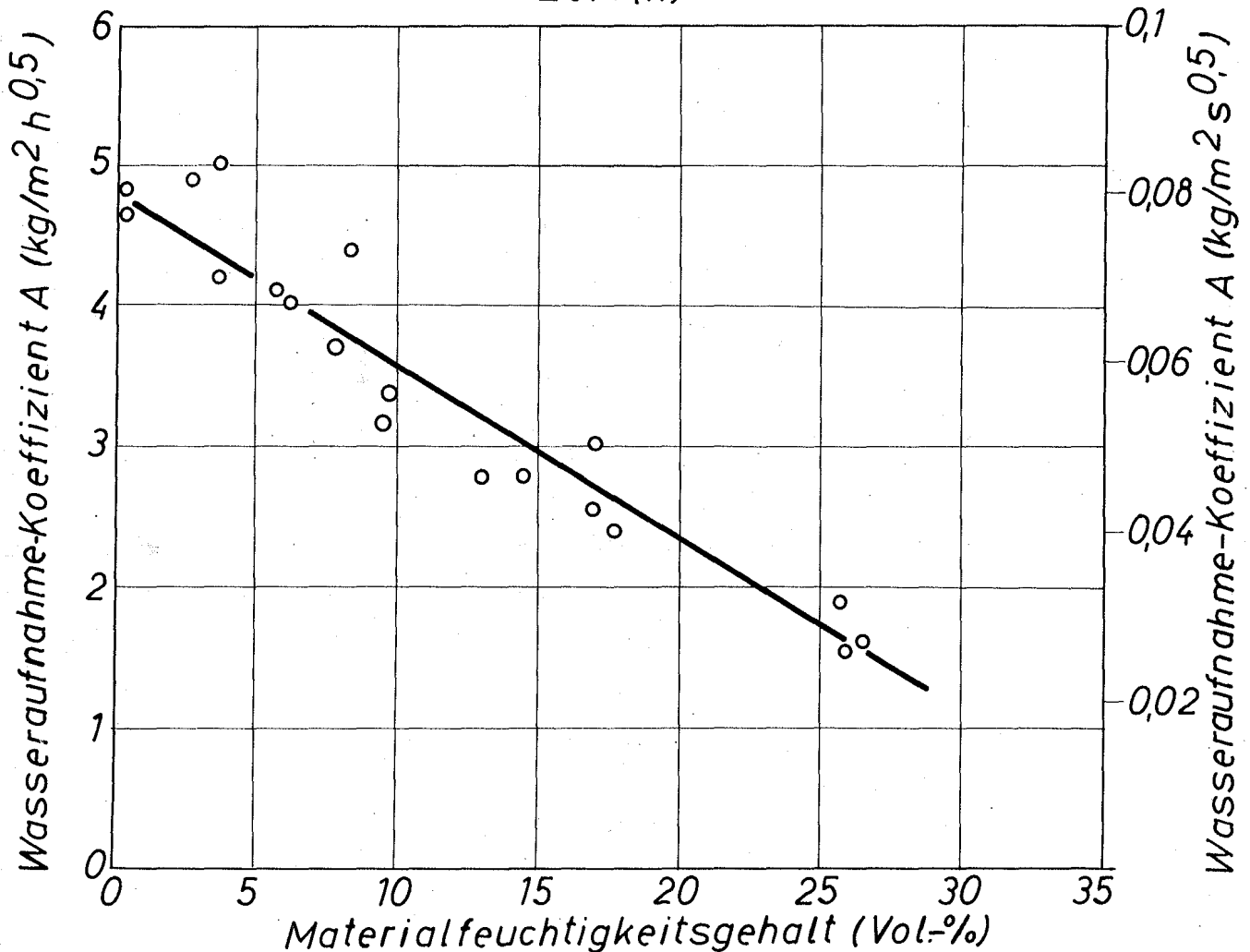
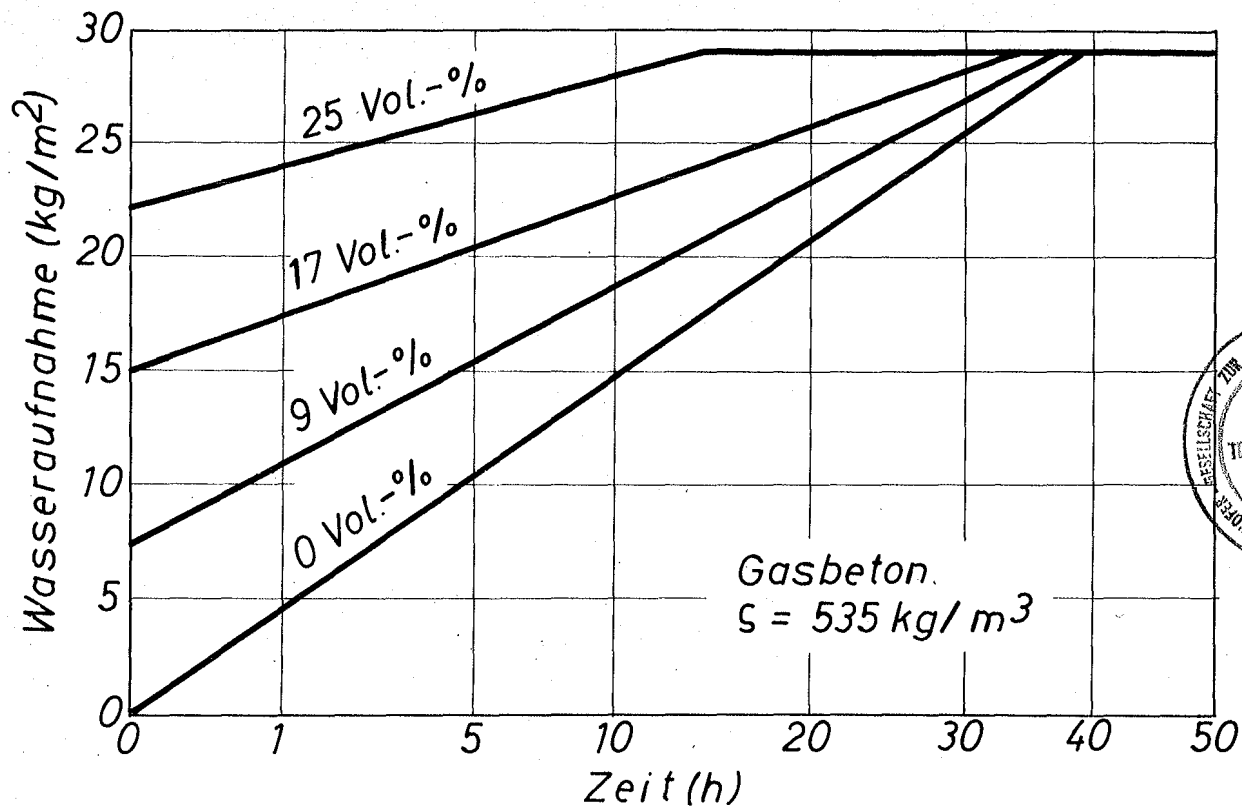


Bild 5: Kapillare Wasseraufnahme von Gasbeton mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt.

oben : Wasseraufnahme als Funktion der Quadratwurzel der Zeit.

unten: Abhängigkeit des Wasseraufnahme-Koeffizienten vom Feuchtigkeitsgehalt.

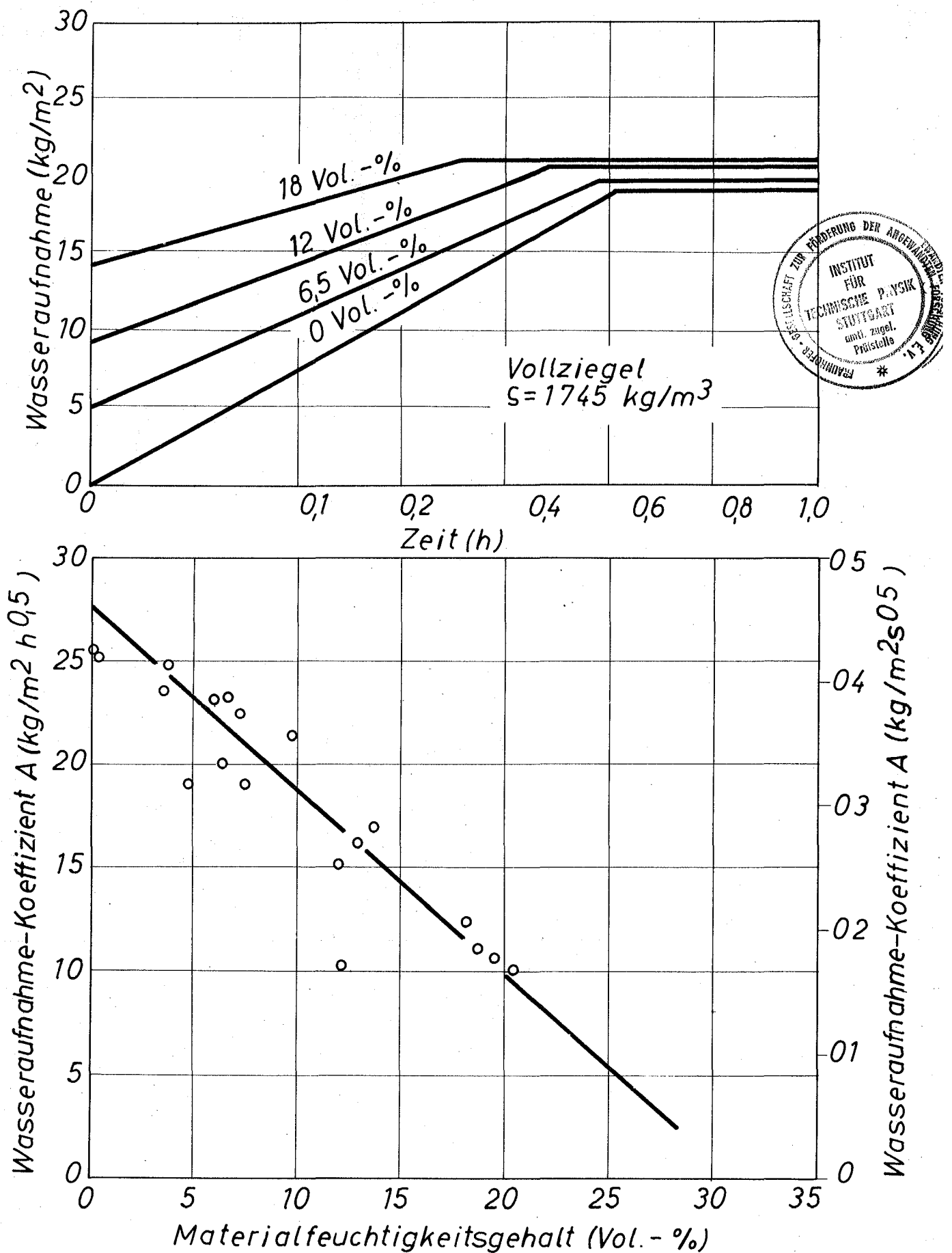


Bild 6: Kapillare Wasseraufnahme von Vollziegel mit unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt.

oben : Wasseraufnahme als Funktion der Quadratwurzel der Zeit.

unten: Abhängigkeit des Wasseraufnahme-Koeffizienten vom Feuchtigkeitsgehalt.

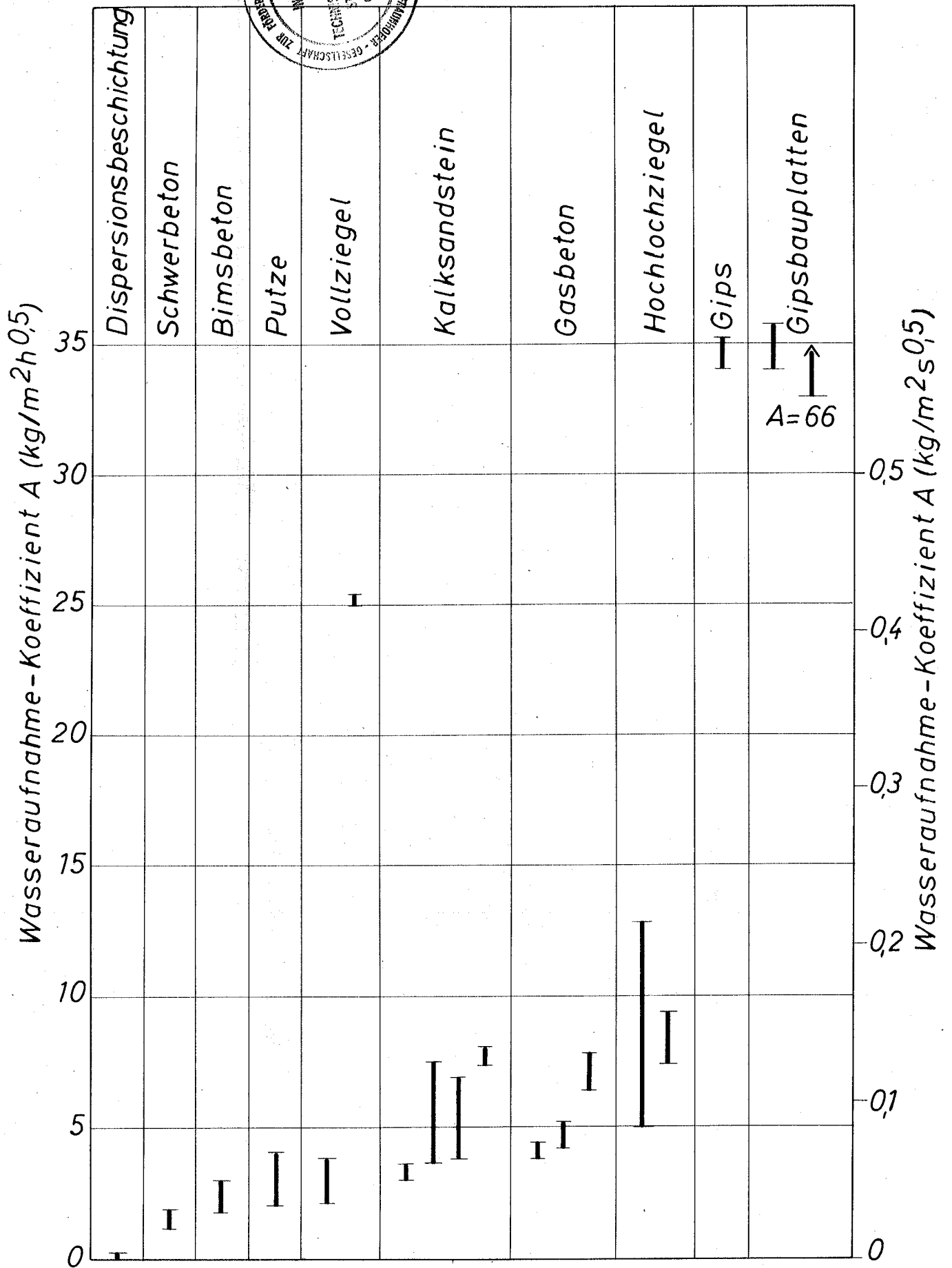


Bild 7: Gegenüberstellung der Wertebereiche der Wasseraufnahme-Koeffizienten verschiedener Stoffe auf Grund der durchgeführten Untersuchungen.

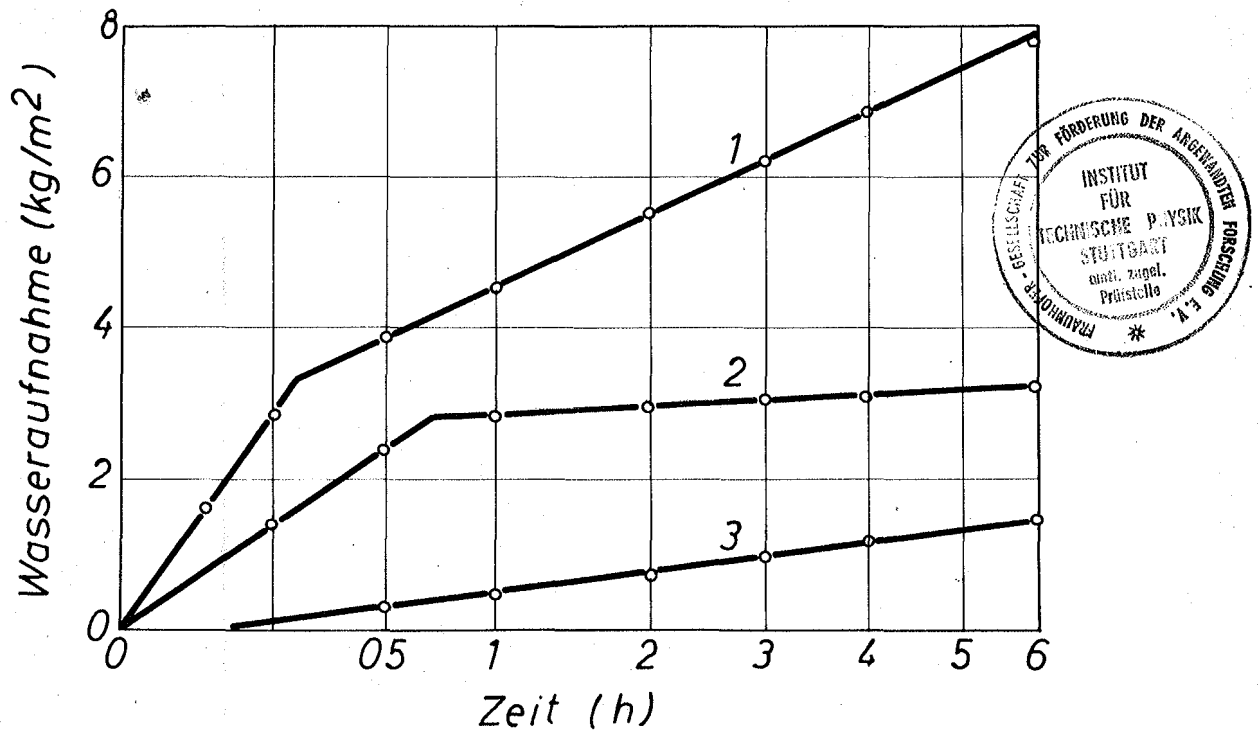


Bild 8: Kapillare Wasseraufnahme verschiedener Putze, abhängig von der Quadratwurzel der Zeit.

1: Weißkalkputz 1:3

2: Weißkalkputz 1:3 mit voll deckendem Zement-spritzbewurf

3: Kalkzementputz 2:1:8.

Alle Putze sind auf einer Gipsschicht aufgebracht.

Bei Kalkzementputz (Nr. 3) wurde innerhalb der Saugzeit von 6 Stunden die rückseitige Gipsschicht nicht feucht.

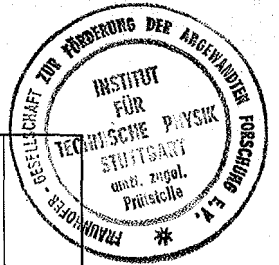
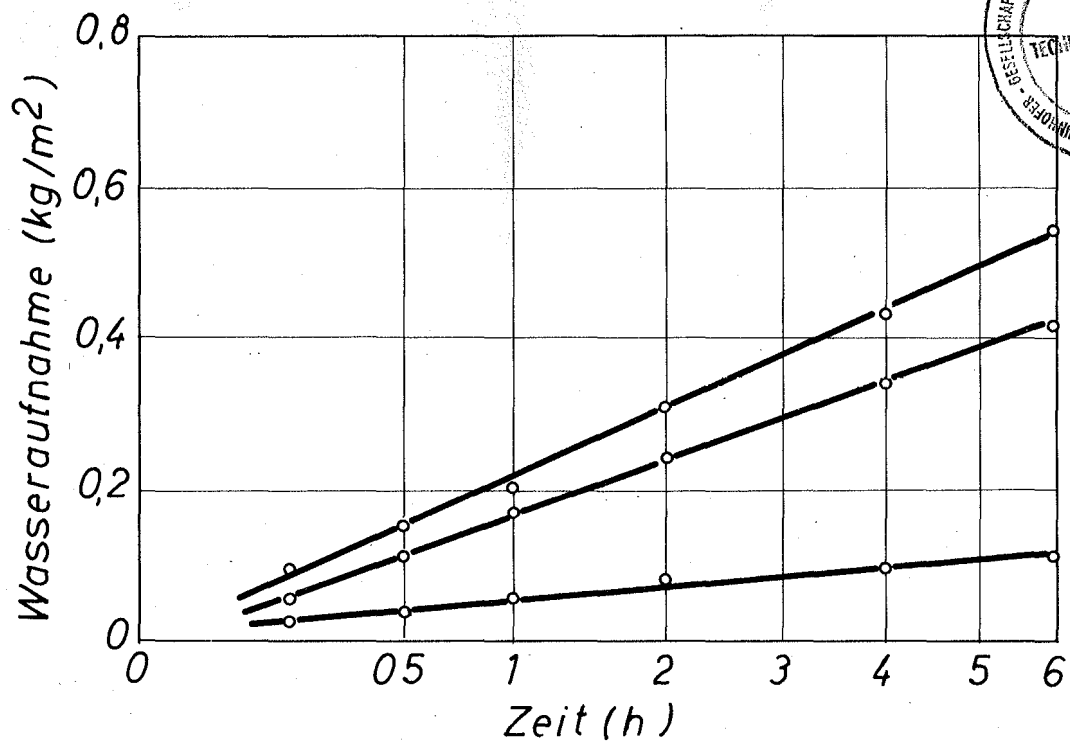


Bild 9: Kapillare Wasseraufnahme von Gasbeton mit verschiedenen Beschichtungen auf der Basis von Kunstharzdispersionen, abhängig von der Quadratwurzel der Zeit.

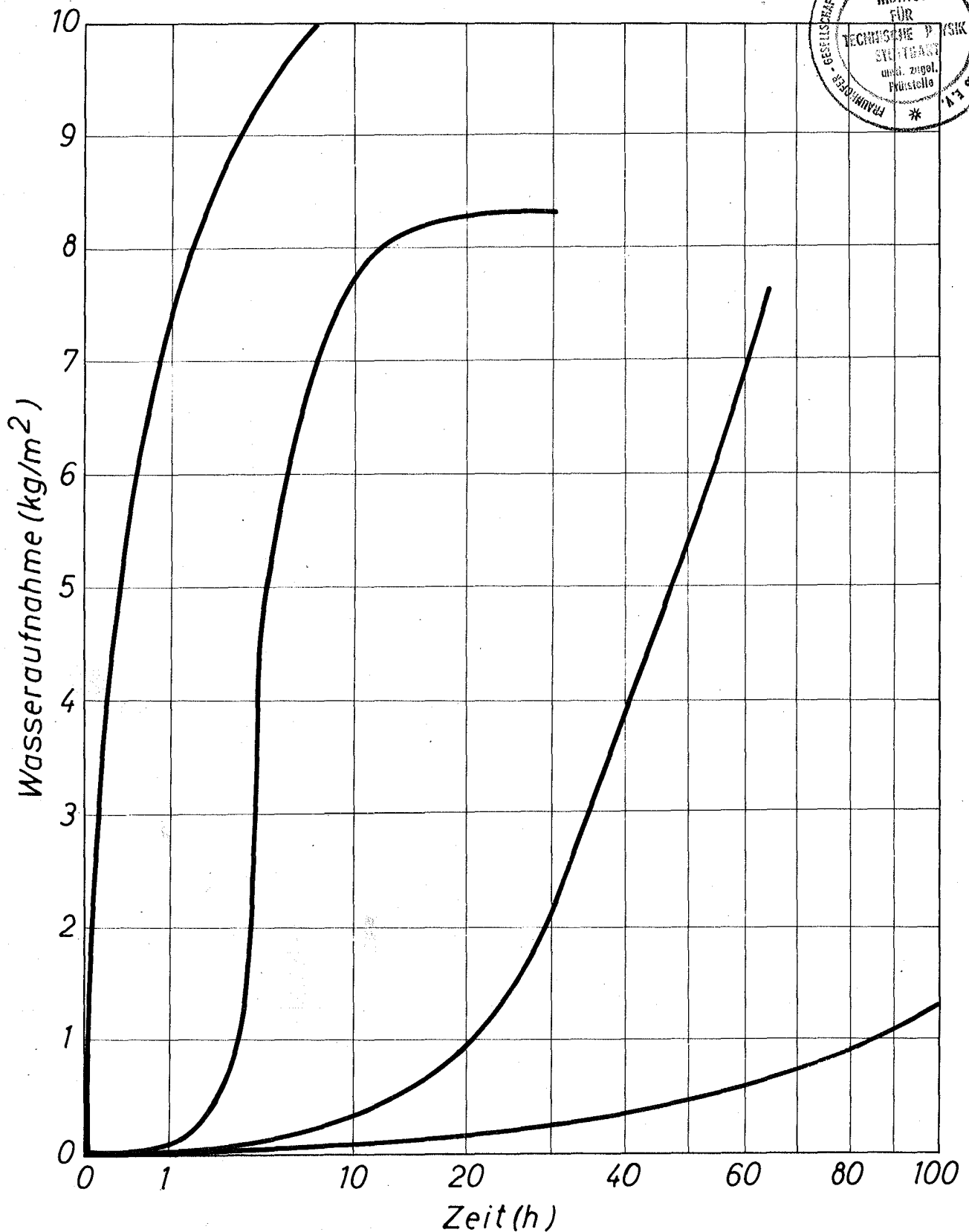


Bild 10: Kapillare Wasseraufnahme von Gasbeton mit verschiedenen Beschichtungen auf der Basis von Kunstharzdispersionen, abhängig von der Quadratwurzel der Zeit. Bei den Beschichtungen sind im Laufe der Wassereinwirkung Veränderungen eingetreten, die sich auf die Wasseraufnahme auswirkten (Reduzierung bzw. Erhöhung der Wasseraufnahme).