

# Kennwerte für den Trocknungsvorgang von keramischen Rohstoffen und Formlingen

P. BALINT\*, Budapest/Ungarn

## Inhalt

Es wurde die Wirkung von zwei wichtigen Faktoren, die den Trocknungsvorgang keramischer Rohlinge bestimmen, und zwar die Kennwerte von Rohstoffen und Rohlingen untersucht. Von den Rohstoffeigenschaften spielt die mineralogische Zusammensetzung, der Tonmineralegehalt, eine bedeutende Rolle. Ein wichtiger Kennwert für Rohlinge ist der spezifische Anmachwassergehalt. Durch seine Verringerung kann die Trocknungszeit verhältnismäßig verkürzt werden.

## Characteristics of Ceramic Raw Materials and Green Ware which Govern the Drying Process

A study was made of two important factors which influence the drying process of ceramic ware, these being the characteristics of both the raw materials and the green ware. An important property of the raw material is the mineralogical composition of the clay minerals. The chief parameter of the green ware is the specific working moisture content. If this can be reduced drying time can be considerably shortened.

## Des caractéristiques des matières premières céramiques dominant le processus de séchage

L'effet de deux facteurs importants qui dominent le processus de séchage des ébauches brutes céramiques, celui des caractéristiques des matières premières et des ébauches brutes a été étudié. Parmi les propriétés des matières premières, c'est la composition minéralogique qui joue un rôle important. L'une des caractéristiques les plus importantes pour les ébauches brutes, c'est la teneur en eau au façonnage. Par rapport à l'unité de surface des ébauches à sécher, le temps de séchage peut être raccourci proportionnellement.

## 1 Einleitung, Zielsetzung

In letzter Zeit ist die Forschung auf dem Gebiet der Trocknung in der keramischen Industrie immer mehr in den Vordergrund gerückt. Das ergibt sich in erster Linie aus der Notwendigkeit, die Trocknungszeit und den spezifischen Energieverbrauch zu verringern, sowie die Produktenqualität zu verbessern.

Die Wirkung der wichtigsten, den Trocknungsvorgang beeinflussenden Faktoren, namentlich die Toneigenschaften, die Formgebung, die Trocknungsparameter, die Kennwerte des Rohproduktes, wurde schon oft untersucht. Mit der hier beschriebenen Untersuchung wurden die Wirkung der Toneigenschaften und die Kennwerte der Formlinge auf die keramische Trocknung eingehend untersucht und einige Möglichkeiten zur Beschleunigung der Trocknungsvorgänge gefunden.

## 2 Die Rolle der Rohstoffeigenschaften beim Trocknungsvorgang

### 2.1 Frühere Forschungsergebnisse

Vom Gesichtspunkt der Trocknung aus sind die wichtigsten Rohstoffeigenschaften die mineralische und granulometrische Zusammensetzung sowie die Wasseradsorption. Hinsichtlich der mineralischen Zusammensetzung sind zwei Faktoren wichtig: Qualität und Quantität der Tonmineralien. Je

\* Zentrales Forschungs- und Projektierungsinstitut der Silikatindustrie, Budapest, Ungarn

mehr Tonmineralien vorhanden sind, desto kleiner ist die zulässige Trocknungsintensität. Nach Untersuchungen von Biehl<sup>3</sup> verhalten sich die kaolinitartigen Tone bei der Trocknung am günstigsten; die montmorillonitartigen Tone sind am schwierigsten zu trocknen. Unplastische Komponenten – z. B. Quarz – ermöglichen im allgemeinen eine intensivere Trocknung. Nach den Feststellungen von Albert<sup>1</sup> und Alviset<sup>2</sup> ist die Anwesenheit von Kalzit im Rohstoff vorteilhaft, d. h. die aus sog. kalkigen oder mergeligen Rohstoffen geformten Rohprodukte verhalten sich beim Trocknen günstiger als die kalkfreien Materialien.

Albert<sup>4</sup> hat durch Versuche nachgewiesen, daß die Feuchtigkeitsdiffusion und im Zusammenhang damit, die Kapillar-Wasserströmungsdichte (Intensität der Wasserströmung) im Falle der aus feinkörnigem Ton geformten Formstücke zufolge der außerordentlich feinen Porenstruktur, sehr klein ist. Tone mit großem Anteil an Feinkorn (hoher Bildsamkeit) können also nur sehr langsam getrocknet werden.

### 2.2 Eigene Versuche

Die Wirkung der Toneigenschaften auf die keramische Trocknung wurde an 10 Rohstoffen mit verschiedenen Trocknungsempfindlichkeiten untersucht. Die mineralische und granulometrische Zusammensetzung, die Bildsamkeit und die Kennwerte der Trocknungsempfindlichkeit dieser Rohstoffe sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1 Mineralische, granulometrische und trocknungstechnische Daten des untersuchten Materials

Material	Tonminerale					Kornanteil im Bereich				Bildsamkeitszahl nach Altvaterberg Adsorbiertes Wasser, Wa in 24 h bei 20°C und $\varphi = 0,75$	Trocknungsempfindlichkeit			Wassergehalt %	Trocknungszeit *, Z h	Biegefestigkeit**		Abnahme der Biegefestigkeit 100 (a-b)/a %		
	Quarz %	Feldspat %	Kalzit + Dolomit %	Röntgenamorph %	Tonminerale + Röntgenamorph, T+A %	>63 µm %	63...20 µm %	20...2 µm %	<2 µm %		nach Macey	nach Alviset	im Betrieb			a N/mm²	b			
1. Geschirrporzellanne aus Hollóháza	—	—	—	—	—	10	44	46	17	1,1	2,3	15	} wenig empfindlich	33,1	3,8	3,8	3,3	13		
2. Ziegelton aus Keramia	36	22	8	33	1	37	10	26	38	26	18	1,6		2,3	29	21,8	4,6	9,1	8,8	3
3. Ziegelton aus Mátradereske	47	28	1	18	6	53	7	27	32	34	19	2,4	3,3	45	} mittlere Empfindlichkeit	22,2	5,5	12,8	12,2	5
4. Ziegelton aus Bátaszék	41	18	8	24	9	50	2	20	54	24	19	2,6	5,8	50		25,8	5,9	10,8	8,6	20
5. Karcager Ziegelton mit 30% Sand	—	—	—	—	—	9	31	25	35	21	2,9	6,4	61	28,5		6,0	8,9	7,4	17	
6. Ziegelton aus Békéscsaba	34	31	12	10	13	47	8	25	32	35	22	2,9	6,5	63		32,2	6,1	6,9	6,3	9
7. Ziegelton aus Tata	28	16	3	25	28	56	5	10	46	39	21	3,2	6,3	61	} sehr empfindlich	22,4	6,0	14,7	14,1	4
8. Ziegelton aus Karcag	49	25	10	—	16	65	5	26	25	44	28	4,0	8,2	80		23,0	6,1	13,0	12,4	5
9. Majolikamasse aus Hódmezővásárhely	—	—	—	18	—	—	2	16	36	46	30	4,3	8,6	85	28,0	7,5	13,2	10,6	20	
10. Ziegelton aus Sárospatak	57	26	7	—	10	67	3	11	38	48	35	5,5	10,7	114	27,5	9,0	16,7	13,5	19	
															28,2	9,2	17,0	11,1	35	
															29,4	10,7	25,1	14,8	41	

\*  $t = 66^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 0,5$ ;  $v = 1,0$  m/s; bei 4% restl. Feucht.

Bei unseren Untersuchungen wurden aus den Tonen mittels Labor-Vakuumpresse Typ Händle Probekörper mit übereinstimmenden Abmessungen (21,4 mm Ø, 120 mm Länge) geformt; der eine Teil dieser Probekörper wurde bei Zimmertemperatur, der andere Teil im Labor-Klimaschrank, und zwar bei  $t = 66^\circ\text{C}$ , der relativen Luftfeuchtigkeit der Temperatur  $\varphi = 0,5$  ( $\varphi = 1,0 \pm 100\%$ ) und der Luftgeschwindigkeit  $v = 1,0$  m/s bis zur Massenkonstanz getrocknet. Die Versuchsergebnisse werden in Tabelle 1 und auf Abb. 1 veranschaulicht. Sie lassen folgendes erkennen:

- Die Trocknungszeit der keramischen Probekörper ist im Falle von Tonen mit höherer Trocknungsempfindlichkeit länger als bei der Verwendung von Tonen mit geringer Empfindlichkeit.
- Bei übereinstimmenden Trocknungsparametern können die Probekörper aus Geschirrporzellanmasse am schnellsten getrocknet werden, während die Trocknung der aus Ziegeltonen geformten Probekörper eine dem Tonmineralgehalt proportional längere Zeit erfordert.
- Die Trocknungszeit der keramischen Probekörper nimmt mit der Menge des adsorbierten Wassers und mit dem Tonmineralgehalt zu.

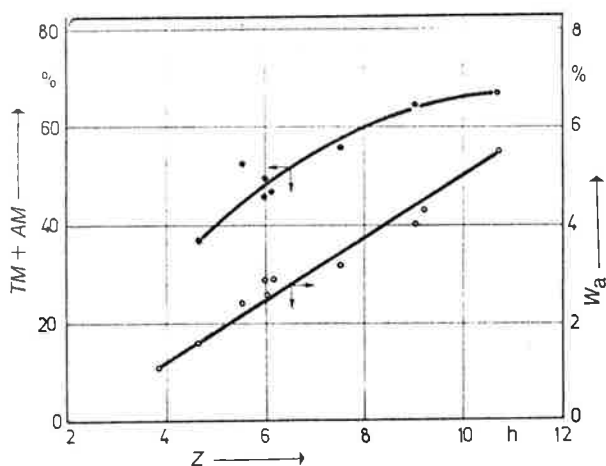


Abb. 1 Zusammenhang zwischen dem Tonmineral + Röntgenamortgehalt  $TM + AM$  sowie der Adsorptionswasseraufnahme  $W_a$  und der Trocknungszeit der Probekörper  $Z$  bis zum restlichen Feuchtigkeitsgehalt von 4%.  $\{W_a\} = 0,63 \{Z\} - 0,1$ ;  $\{W_a\}$  in %;  $\{Z\}$  in h.

### 3 Die Wirkung der Eigenschaften der Rohprodukte auf den Trocknungsvorgang

#### 3.1 Frühere Forschungsergebnisse

Auf den Trocknungsvorgang und innerhalb des Trocknungsvorganges auf die zulässige größte Trocknungsintensität, üben neben den Rohstoffcharakteristiken auch die Eigenschaften des Rohproduktes einen entscheidenden Einfluß aus. Die wichtigsten dieser Eigenschaften sind: der Feuchtigkeitsgehalt, die Temperatur, die Porosität, die Wärmeleitfähigkeit, die Feuchtigkeitsdiffusion, die Trocken-Schwindung, die Festigkeit, ferner die Form und Abmessungen der zu trocknenden Formkörper.

Die zulässige größte Intensität der einwandfreien Trocknung von keramischen Rohprodukten steht unter anderem in engem Zusammenhang mit dem Anmachwassergehalt der Formkörper.

Den höchsten Wassergehalt (30 bis 50 %) erfordern gegossene Formkörper, während die halbtrockengepreßten Rohprodukte den niedrigsten Wassergehalt (4 bis 8%) benötigen. Nach Haring<sup>5</sup> kann die Trocknungszeit beim Herstellen von Ziegeln um 15 bis 20% verringert werden, wenn man statt herkömmlicherweise 20 bis 30 % nur 15 bis 20 % Wasser verwendet. Vom Gesichtspunkt der Trocknung aus, ist der oberflächenbezogene Wassergehalt<sup>6</sup> ein wichtiger Kennwert von Formlingen, die verschiedenen Wassergehalt und unterschiedliche Form und Wandstärken haben. Er ist die auf eine Oberflächeneinheit bezogene Feuchtigkeitsmenge ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ), und zwar diejenige Wassermenge, die man im idealen Fall, also bei vollständiger Austrocknung, auf einer einheitlichen Oberfläche des zu trocknenden Körpers verdampfen kann. Der oberflächenbezogene Wassergehalt  $W_f$  in  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$  ist im Falle einer prozentual übereinstimmenden Anmachfeuchte – bezogen auf die Trockensubstanz – um so kleiner je kleiner die Wandstärke bzw. je größer die Oberfläche der Rohprodukte ist. Formlinge mit dünneren Wandstärken, also mit größerer spezifischer Oberfläche, können zufolge ihres niedrigeren oberflächenbezogenen Wassergehaltes mit größerer Intensität getrocknet werden.

Die zulässige höchste Trocknungsintensität der keramischen Formlinge steht auch mit der Temperatur der frisch geformten Körper in engem Zu-

wächst die Feuchtigkeitsdiffusion, sowie die Intensität der Kapillar-Wasserströmung. Nach O. Kriseher<sup>7</sup> nimmt mit der Erhöhung der Temperatur auch die Wärmeleitfähigkeit der keramischen Massen zu.

Die Erhöhung der Temperatur der keramischen Massen und der Formlinge ist für die Trocknung also vorteilhaft, und aus diesem Grunde wurden in einzelnen Betrieben Methoden eingeführt<sup>8</sup>, nach denen die zur Formung verwendeten Massen durch Warmwasser oder Dampf erwärmt werden. Auf diese Weise kann eine Temperatur der Massen – oder des Formlings von 40 bis  $80^\circ\text{C}$  und in einzelnen Fällen sogar von  $100^\circ\text{C}$  erreicht werden, und die Trocknungszeit kann um 15 bis 20 % verkürzt werden.

Unter den Eigenschaften der keramischen Formlinge ist vom Gesichtspunkt der Trocknung aus – über die vorerwähnten Faktoren hinausgehend – auch die Porosität von entscheidender Bedeutung. Die Porosität eines feuchtgeformten Körpers wird durch die Kornzusammensetzung des Rohstoffes, durch die Menge des Anmachwassergehaltes und nicht zuletzt durch den Preßdruck bestimmt. Die Porosität nimmt mit der Zunahme der Korngröße ebenfalls zu und mit der Erhöhung des Formungsdruckes ab. Durch die Porenstruktur der ausgeformten Körper wird in erster Linie die Feuchtigkeitsdiffusion und dadurch die Größe der Intensität der Kapillar-Wasserströmung bestimmt. Mit der Erhöhung der Porosität erhöht sich die Kapillar-Wasserströmungsdichte und deshalb können Formlinge größerer Porosität schneller getrocknet werden.

Die zulässige höchste Trocknungsintensität hängt auch von der Schwindung der Formkörper bei der Trocknung ab. Das Ausmaß der Trockenschwindung wird durch die Rohstoffeigenschaften, durch die Art der Rohstoffaufbereitung sowie durch die zur Formung verwendete Wassermenge und durch den Preßdruck bestimmt.

Nach Herdt-Bergholz<sup>10</sup> sowie Mattyasovszky<sup>11</sup> ist die Größe der Trockenschwindung von Formlingen bei vollkommen identischen Rohstoffen mit übereinstimmender Rohstoffaufbereitung, Formungswassergehalt und Preßdruck auch ein Maß der Trocknungsintensität. Die Trockenschwindung wird übrigens mit der Erhöhung der Trocknungsintensität kleiner. Nach den Untersuchungen von Biehl<sup>9</sup> steht die Trocknungsempfindlichkeit der keramischen Formlinge, also ihre Neigung zu Rissen, mit der Biegefestigkeit der Formkörper im umgekehrten Verhältnis. Dies bedeutet, daß Formkörper mit höherer Festigkeit geringere Rißeigung haben.

Tabelle 2 Trockentechnische Eigenschaften einiger charakteristischer fein- und grobkeramischer Formlinge

Produkt, Herstellerwerk (K*, Cs**)	Lochanteil %	Trocknende Oberfläche $\text{m}^2/\text{Stück}$	Wassergehalt			Restwassergehalt der getrockneten Formlinge %
			W %	W $\text{kg}/\text{Stück}$	W <sub>f</sub> $\text{kg}/\text{m}^2$	
<b>Feinkeramik:</b>						
Teller (200/24)	—	0,065	30,5	0,13	2,0	1,9
Porz. Fabrik, Alföld, Cs	—	0,048	19,7	0,12	2,5	2,0
Sicherungssockel (3343) (Noll), K	—	0,044	24,7	0,15	3,4	3,0
Porz. Postisolatoren (4221) Porz. Fabrik Kőbánya, K	—	0,574	6,0	2,13	3,7	0,8
Steingut-Wandfliesen (best. aus 160 Stück) Porz. Fabrik Alföld, Cs	—	0,230	28,0	0,61	2,7	0,9
<b>Grobkeramik:</b>						
<b>Dachziegel</b>						
Tata III., K	—	0,240	24,0	0,59	2,5	1,6
Eger I., K	—	0,240	24,0	0,59	2,5	1,6
<b>Langlochziegel</b>						
<b>Alfa-1</b>						
Solymár II. K	56,1	1,486	22,0	3,08	2,1	2,0
Bátaszék K	55,7	1,454	26,2	3,30	2,3	1,5
<b>Hochlochziegel, B-30</b>						
Solymár II. K	46,3	0,695	23,0	1,81	2,6	2,0
Eger I. K	35,8	0,683	24,8	2,10	3,1	1,9
Bakonyzentlászó Cs	39,4	0,692	25,6	2,35	3,4	5,3
Csillaghegy K	28,1	0,616	23,8	2,13	3,5	4,0
Nagykanizsa I. Cs	31,1	0,532	22,4	1,93	3,6	1,7
Hajdusoboszló K	30,0	0,623	26,2	2,27	3,6	4,0
Balatonszentgyörgy Cs	30,4	0,567	24,4	2,17	3,8	12,0
Baukeramik IX, K	29,6	0,524	24,0	2,28	4,3	4,0
Kunszentmárton K	31,0	0,481	25,7	2,39	5,0	4,7
Mohács Cs	17,7	0,482	24,5	2,40	5,0	5,9
Kisbér Cs	22,4	0,533	29,2	2,67	5,0	10,5

### 3.2 Eigene Versuche

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Kennwerten der keramischen Formlinge und der Trocknung wurden die wichtigsten Kennwerte einiger charakteristischer einheimischer fein- und grobkeramischer Formlinge untersucht und die Ergebnisse in der Tabelle 2 zusammengefaßt. Es zeigt sich, daß der Lochanteil, die Oberfläche, der oberflächenbezogene Wassergehalt und die Trocknungszeit der geprüften Formlinge zwischen breiten Grenzen schwanken, Zufolge der voneinander stark abweichenden Toneigenschaften, der verschiedenen Formungstechnologien und des unterschiedlichen Restwassergehaltes der Formlinge kann zwischen den Angaben kein genauer Zusammenhang nachgewiesen, sondern nur vermutet werden, daß sich die Trocknungszeit mit dem oberflächenbezogenen Wassergehalt erhöht. Von den feinkeramischen Formlingen kann das Geschirrporzellan mit seinem niedrigen oberflächenbezogenen Wassergehalt ( $W_f = 2,0 \text{ kg/m}^2$ ) am schnellsten getrocknet werden (2,7 h). Die technischen Porzellane mit  $W_f$  zwischen 2,5 und  $3,4 \text{ kg/m}^2$  benötigen schon eine viel längere (8 bis 24 h) Trocknungszeit und am längsten ist die Trocknungszeit (32 h) bei den Wandfliesen (bestehend aus 160 Stück) mit dem höchsten  $W_f$ -Wert ( $3,71 \text{ kg/m}^2$ ).

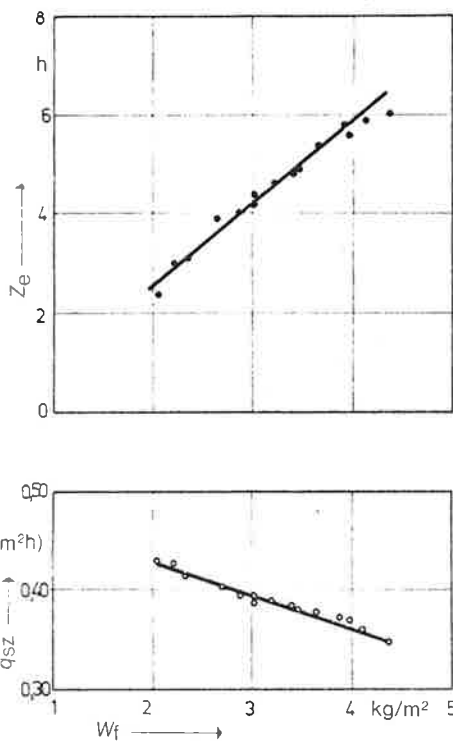


Abb. 3 Zusammenhang zwischen dem oberflächenbezogenen Wassergehalt  $W_f$  und der Trocknungsintensität  $q_{sz}$  sowie der Trocknungszeit  $Z_e$  der Probekörper in der ersten Trocknungsperiode.  
 $\{Z_e\} = 1,6 \{W_f\} - 0,6 \{q_{sz}\} = 0,5 - 0,035 \{W_f\}$ ;  $\{Z_e\}$  in h;  $\{W_f\}$  in  $\text{kg/m}^2$ ;  $\{q_{sz}\}$  in  $\text{kg/m}^2 \text{h}^{-1}$

Von den grobkeramischen Formlingen kann der Dachziegel mit  $W_f$  von 2,45 bis  $2,67 \text{ kg/m}^2$  in der kürzesten Zeit (24 bis 33 h) getrocknet werden, während zur Trocknung des Hochlochziegels B-30 mit  $W_f$  zwischen 2,6 und  $5,0 \text{ kg/m}^2$  eine Zeit von 36 bis 85 h benötigt wird.

Zur eindeutigen Bestimmung der Rolle des oberflächenbezogenen Wassergehaltes – aufgrund der bei Betriebsmessungen gemachten Erfahrungen – muß man Probekörper aus gleichem Rohstoff und auf gleiche Art trocknen. Zur Verwirklichung des vorerwähnten Ziels wurden im weiteren Teil der Untersuchung aus einem Rohstoff mit vollkommen gleichmäßiger Qualität – mit mittlerer Trocknungsempfindlichkeit – unter gleichartigen Bedingungen mittels Labor-Vakuumpresse Probekörper mit verschiedenen Abmessungen und Feuchtigkeitsgehalten geformt; der oberflächenbezogene Wassergehalt variierte von 2,0 bis  $4,4 \text{ kg/m}^2$ . Diese Werte entsprechen einerseits denen der Langlochziegel (2,0 bis  $2,3 \text{ kg/m}^2$ ) und andernteils denen der Hochlochziegel B-30 (2,6 bis  $5,0 \text{ kg/m}^2$ ).

Die Probekörper wurden bei  $t = 66^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 0,5$  und  $v = 1,0 \text{ m/s}$  bis zur Massenkonstanz getrocknet. Die Versuchsergebnisse enthält Tabelle 3 sowie Abb. 3.

Gemäß Abb. 3 nimmt die Trocknungszeit der Probekörper mit dem ober-

Tab. 3 Trocknungskennwerte von aus dem Ziegelton von Bataszek geformten Probekörpern  
 $(t = 66^\circ\text{C}; \varphi = 0,5; v = 1,0 \text{ m/s})$

Abmessungen der Probekörper			Wassergehalt		Trocknungszeit		Trocknungsintensität in der ersten Trocknungsphase
Durchmesser mm	Länge mm		auf Trockensubstanz bezogen $W_f$ %	oberflächenbezogen $W_f$ $\text{kg/m}^2$	bis zum Schluß der ersten Trocknungsphase $Z_e$ h	bis 4' Restwassergehalt Z h	kg $(\text{m}^2\text{h})$
21,4	119,0		25,8	2,06	2,4	5,9	0,43
21,4	120,6		28,5	2,18	3,0	6,0	0,43
21,4	119,9		32,2	2,32	3,1	6,1	0,42
Breite mm	Dicke mm	Länge mm					
50,6	20,8	122,8	25,6	2,69	3,9	10,0	0,41
50,9	21,2	121,3	28,7	2,87	4,0	10,2	0,39
50,8	21,0	120,3	31,5	3,02	4,4	10,3	0,39
50,8	25,0	121,8	25,4	3,00	4,2	11,4	0,38
51,0	25,2	119,6	28,7	3,21	4,6	11,6	0,39
50,8	25,1	118,8	31,9	3,40	4,8	12,0	0,38
51,2	31,1	120,1	25,8	3,44	4,9	15,2	0,38
51,1	31,2	118,3	28,9	3,65	5,4	15,5	0,38
51,3	31,3	120,9	32,2	3,89	5,8	15,9	0,37
50,5	41,2	120,9	26,6	3,98	5,6	18,0	0,37
50,8	41,0	121,6	28,3	4,11	5,9	18,2	0,36
50,5	41,1	120,0	31,6	4,36	6,0	18,6	0,35

### Betriebs-trocknungszeiten

Geschirrporzellan (Teller):	2,7 h	Technisches Porzellan:	8 ... 24 h
Wandfliesen, 160 Stück:	32 h	Dachziegel:	24 ... 33 h
Langlochziegel, Alfa-1:	34 ... 42 h	Hochlochziegel, B-30:	36 ... 85 h

### 4 Zusammenfassung

Bei den Untersuchungen wurden von den wichtigsten Faktoren zur Bestimmung der keramischen Trocknungsvorgänge die Wirkung der Rohstoffeigenschaften und die der Kennwerte der Formlinge untersucht. Nach den Ergebnissen hängt der Verlauf des Trockenvorganges mit der Menge des Adsorptionswassers der Tone, mit dem Tonmineralgehalt und mit dem oberflächenbezogenen Wassergehalt der Formlinge eng zusammen. Die Trocknungszeit der keramischen Probekörper nimmt (unter sonst gleichen Bedingungen) mit der Menge des Adsorptionswassers der Tone, mit dem Tonmineralgehalt sowie mit dem oberflächenbezogenen Wassergehalt zu.

Zur Beschleunigung des Trocknungsvorganges ist – innerhalb der zulässigen Grenzen – der Tonmineralgehalt der Rohstoffe zu verringern, ferner soll durch die Herstellung von Erzeugnissen mit möglichst dünnen Wänden, großem Lochanteil und großer spezifischer Oberfläche der oberflächenbezogene Wassergehalt der Formlinge vermindert werden.

### Literaturverzeichnis

- Albert, J.: Ziegelton und ihre Verwendung in der grobkeramischen Industrie, Budapest, Akademie-Verlag, 1967
- Alviset, L.: Methode zur Klassifizierung der in der Ziegel- und Dachsteinindustrie nutzbar gemachten Tone aufgrund ihres Trocknungsvermögens. Universitätsdoktorarbeit, Paris, 1966.
- Biehl, N. – Müller, H.: Deutsche Bauzyklopädie, Berlin, VEB Verlag für Bauwesen, 1964.
- Albert, J.: Einfluß der Materialbeschaffenheit auf die Trocknungsempfindlichkeit der grobkeramischen Stoffe. – Forschungsmeldung vom EAKKI, Budapest, 1954
- Haring, J.: Steigerung der Trocknerleistung. Die Ziegelindustrie, Wiesbaden 24 (1971) 436
- Bálint, P.: Trocknungsversuchsergebnisse an keramischen Rohlingen, Épitőanyag, 1973, Nr. 7, S. 265, Budapest
- Krischer, O.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 1956
- Grimal, M.: La Terre Cuite. 43 (1957) S. 9, Bull. Soc. franc. de ceram. 40. (1958) S. 21
- Niesper, A.: Über das Trocknen von Ziegeltonen, J. Beltz, Weinheim Bergstraße, 1958
- Herd, K. – Bergholz, A.: Temperatur und Schwindungsverhalten trocknender keramischer Massen und Tone, Silikatechnik, 16 (1965) 357
- Mattyasovszky Zsolnay, T.: Der Einfluß der Trocknungsgeschwindigkeit auf die Eigenschaften von getrockneten Formlingen. – Tonindustrie Zeitsung 101 (1977)