

Der Tondachziegel - ein hochwertiger Silikatbaustoff

Autor(en): **Iberg, Rolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 18

PDF erstellt am: **07.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74480>

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.

Der Tondachziegel – ein hochwertiger Silikatbaustoff

Von Rolf Iberg, Zürich

Dem Tondachziegel kommt unter den Bedachungsmaterialien eine besondere Bedeutung zu; von alters her bekannt, hat er in der heutigen Zeit erneut Aktualität erlangt. Nicht oder nur wenig bekannt sind dagegen die technischen Zusammenhänge, die bei einer modernen automatisierten Herstellung massgebend sind. Am Beispiel des Dachziegels von Istighofen (TG) soll nachfolgend darüber berichtet werden.

Den vielfältigen, harten klimatischen Anforderungen, die an ein Dach gestellt werden, wird der Dachziegel von Istighofen – ein ausgewiesenes Qualitätsprodukt, in der Baupraxis anerkannt und bewährt – in höchstem Masse gerecht. Kennzeichnendes Merkmal ist u.a. die gute Frostwiderstandsfähigkeit. Grösste Aufmerksamkeit wird dabei den fabrikationstechnischen Belangen beigemessen. Der Produktionsprozess – ausgehend von der besonderen Auswahl des Rohstoffes «Ton», seiner Gewinnung und Aufbereitung, über die Formgebung, Trocknung und Verfestigung des Dachziegels beim Brennen – wird auf Grund von wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen nach genau optimierten Fabrikationsbedingungen gesteuert. Über eine konsequent und systematisch gehandhabte Prozessüberwachung wird der für den Istighofer Dachziegel bekannte Qualitätsstandard sichergestellt. Wie aus Bild 1 ersichtlich, beruht das Prinzip der Qualitätsüberwachung auf der dauernden Rückkoppelung der Endprodukteigenschaften mit dem Rohstoff und den zugehörigen Fabrikationsbedingungen, die, abgestützt auf die technischen Kriterien, laufend überprüft und korrigiert werden.

Der Rohstoff «Ton»

Begriffsbildung

Der Mensch hat schon sehr früh die Bedeutung vom Ton im Boden erkannt und für seine Lebensbedingungen zu nutzen gewusst, weit bevor ihm – nach heutigen Vorstellungen – wissenschaftliche Erklärungen und Grundlagen zur Verfügung standen. In der vielseitigen Handhabung dieses Rohstoffes hat sich der Mensch eine gründliche Fertigkeit und Erfahrung angeeignet.

Durch den Ton sind zweifellos ganze Kulturgeschichten geschrieben worden, und er ist heute als wissenschaftliches und technisches Arbeitsmodell in den verschiedensten Disziplinen immer wieder aktuell. Die plastische Verform-

barkeit mit Wasser sowie das spezifische chemische und physikalische Verhalten sind Besonderheiten, die das Interesse am Ton geweckt haben. Die Betrachtungsweise reicht von der Bedeutung des Tons im Boden für die Ernährung der Pflanzen, über die Baugrundforschung, die Keramik bis zu hochspezialisierten Anwendungsgebieten in der Industrie.

Auf den ersten Blick mag deshalb überraschen, wenn eine eindeutige, umfassende, allgemein verständliche Definition für Ton nicht endgültig besteht. Es liegt offensichtlich in der Natur vom Ton überhaupt, dass je nach Gesichtspunkt und Stand des Wissens zwischen

werden müsse. Es ist darum auch kein Zufall, wenn von seiten der Agrikulturchemie H. Deuel (1950) die Bedeutung der Tone, wegen ihres aussergewöhnlichen physikalischen und chemischen Verhaltens, als *Protoplasma des Bodens* angesprochen und mit den organischen Kolloiden der lebenden Zelle verglichen hat.

Heute trifft man die Konvention und versteht unter Ton bzw. Tonsubstanz die mineralische Korngrössenfraktion von einem Äquivalenzdurchmesser kleiner als 0,002 mm ($< 2 \mu$). Die darin vorkommenden, besonderen wasserhaltigen Aluminium- und Magnesium-Silikate, deren Kristallstruktur aus Schichtebenen von komplizierten Atomkonfigurationen aufgebaut sind (Bild 2), werden als Tonmineralien bezeichnet. Es handelt sich dabei um winzige, feine Plättchen, die das charakteristische physikalische und chemische Verhalten einer Tonmasse bestimmen.

Quarz und Kalzit, Feldspat und Glimmer usw., die in variierenden Mengenanteilen in der Tonfraktion ($< 2 \mu$) als feine Mineralsplitter ebenfalls vorliegen, werden dagegen nicht zu den Tonmineralien gezählt. Ziegeleitechnisch

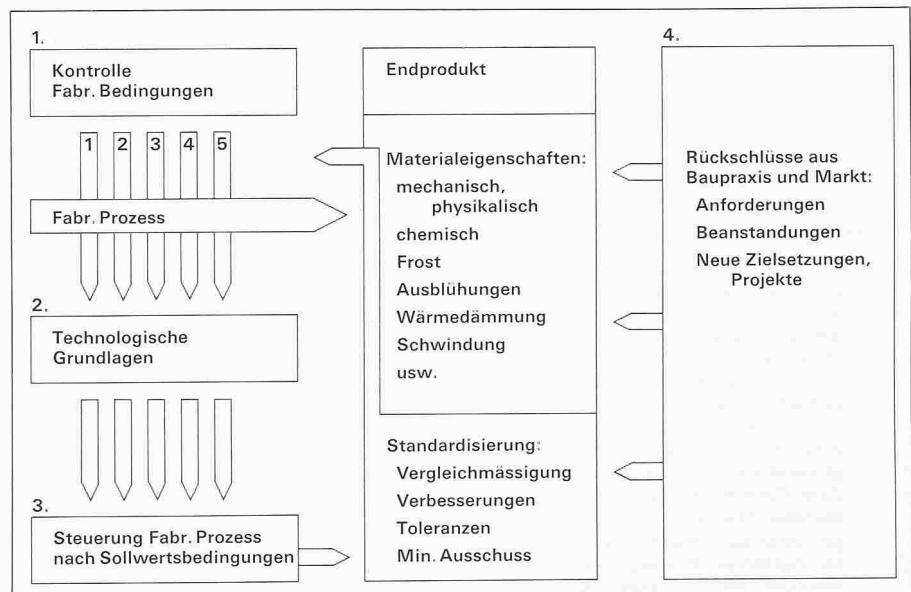


Bild 1. Prinzip der Qualitätsüberwachung

Geologen, Mineralogen, Chemikern, Physikern und Ingenieuren, Technikern und Praktikern oft differenzierte Begriffe verwendet werden. Hierzu hat sich P. Niggli, der damals kompetente Mineraloge, im Jahr 1938 dahingehend geäußert, wonach Ton das unglücklichste Wort in der gesamten Lockergesteinslehre und eine strenge Klassifikation und Abgrenzung sehr wahrscheinlich überhaupt undurchführbar sei, da alles unter dem Begriff des Werdens, Aufbaus und Ineinanderübergehens verschiedener Konfigurationen betrachtet

gelten sie als Magerungsmineralien und Zuschlagstoffe in der Tonmasse. Tonmineralien, von denen z.B. Kaolinit, Illit, Chlorit und Montmorillonit die bekanntesten sind, haben riesige Oberflächen (in m^2/g), an denen sich spezifische chemische und physikalische Reaktionen abspielen können, die ziegeleitechnisch von qualitativem Einfluss sind. Zu erwähnen ist, dass sie viel Wasser festzuhalten vermögen. Daher trocknet eine Tonmasse viel langsamer als ein Sandhaufen mit gleich viel Wasser, was erklärt, warum Dachziegel

nach erfolgter plastischer Formgebung einen besonderen Trocknungsprozess durchlaufen müssen, bevor sie gebrannt werden.

Das *Wasseraufnahme- und Rückhaltevermögen* steht in Zusammenhang mit der Menge und Art der Tonmineralien. So vermag Montmorillonit ein Mehrfaches an Wasser zu binden als z.B. Illit oder Kaolinit und ist andererseits wegen erhöhter Schwindung und stark verzögerter Wasserabgabe auch schwieriger zu trocknen. Das an den Tonteilchen gebundene Wasser nimmt, ähnlich wie Eis, eine geordnete Struktur an – ein *quasi nichtliquider Zustand* –, in dem die Wassermoleküle polarisiert werden. Mit steigendem Wasseranteil verändern sich die mechanischen Eigenschaften der Tonmasse vom kohärenten, über den plastischen in den flüssigen Zustand (Bild 3).

Der für die Dachziegelherstellung massgebende optimal plastisch-verformbare Zustand der Tonmasse ist nur innerhalb bestimmter, enger Grenzen im Wassergehalt erreichbar. Von grossem Einfluss sind auch hier wiederum Art und Menge der in der Rohstoffmischung enthaltenen Tonmineralien.

In technischer Hinsicht gilt es auch zu berücksichtigen, dass Tonmineralien eine *elektrostatisch negative Gitteraufladung* aufweisen und *titrierbar* sind wie *schwache Säuren*. Sie vermögen deshalb an ihren Oberflächen Kationen zu binden, die selektiv gegen andere, z.B. solche höherer Wertigkeit ausgetauscht werden können. Die Umtauschkapazität für Kationen ist je nach Tonmineralart verschieden (Tabelle 1) und steht in Zusammenhang mit dem Chemismus, der Kristallstruktur, der Grösse und Form der Tonmineralien.

Tabelle 1. Kationenumtauschkapazität einiger Tonmineralien

Tonmineralien	Umtauschkapazität m Val austauschbare Kationen je 100 g Probe
Kaolinit	5–15
Illit	20–50
Montmorillonit	50–150

Vorkommen und Gewinnung

Ton kommt *fast in allen Böden* vor und ist mehr oder weniger in vielen Sedimentgesteinen angereichert. Reine Tone dagegen, die zu einem hohen Prozentsatz aus gut definierten Tonmineralien bestehen, sind in der Schweiz praktisch nicht vorhanden.

Ziegeleitechnisch werden für die Dachziegelherstellung nur ausgesuchte, nach Art und Menge der Tonmineralien spezifizierte Rohstoffe verwendet, die ausser einem qualitativ ausreichenden

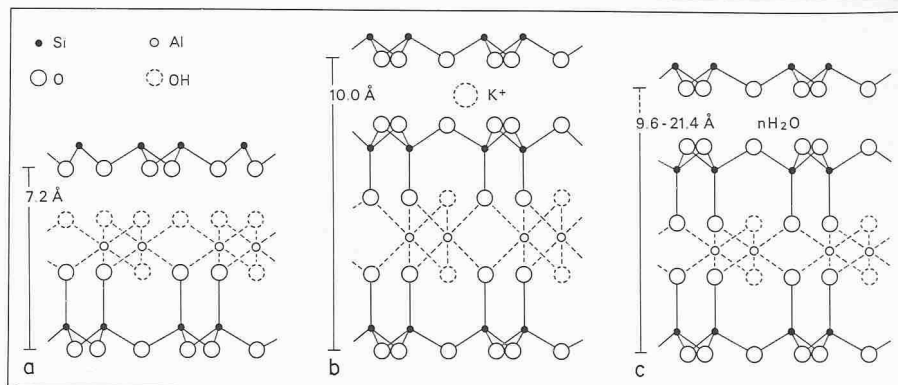


Bild 2. Kristallstruktur einiger Tonmineralarten a) Kaolinit-Typus b) Illit-Typus c) Montmorillonit-Typus

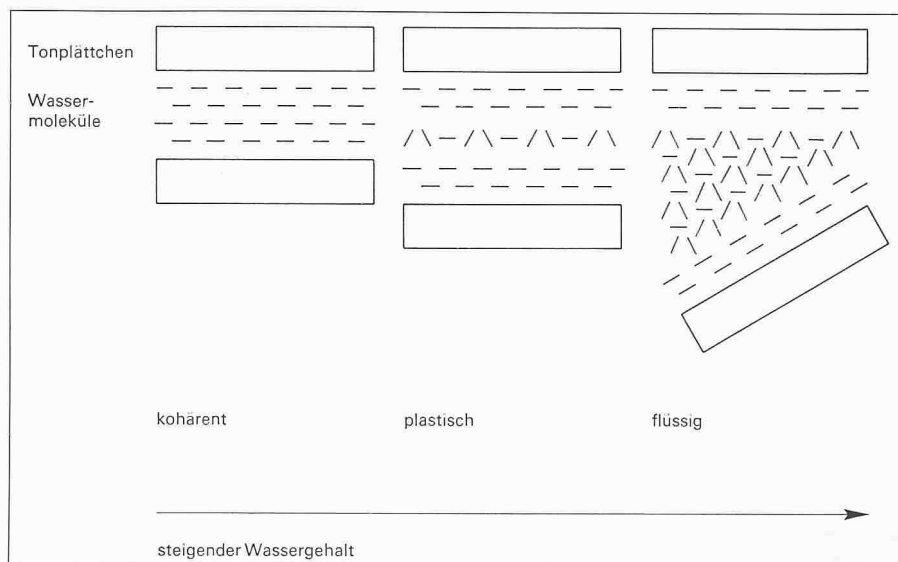


Bild 3. Schematische Darstellung eines Ton-Wasser-Gemisches (nach R. E. Grim, 1948)

Tabelle 2. Granulometrische und mineralogische Zusammensetzung

Korngrössenfraktionen:	Ton < 2 µ	Schluff 2–20 µ	Sand > 20 µ
	70%	27%	3%
Mineralbestand:			
Montmorillonit	25%	} Tonmineralien 54%	
Illit	15%		
Kaolinit	10%		
Chlorit	4%		
Quarz	20%	} Nebenmineralien 46%	
Kalzit	19%		
Dolomit	4%		
Feldspäte	3%		

Tongehalt auch einen günstigen, nicht zu einseitig zusammengesetzten Nebenmineralbestand aufweisen. Zuviel Quarz oder Kalk ist z.B. von Nachteil beim Brennprozess, wo bestimmte Thermoreaktionen in Wechselbeziehung zwischen Tonmineralien und Nebenmineralien ungestört ablaufen müssen.

Die für den erwähnten Istighofer Dachziegel massgebende Rohstoffquelle gehört geologisch der *Oberen Süsswassermolasse* (OSM) an. Die Entstehungsweise dieses Rohstoffvorkommens muss im Rahmen der von F. Hofmann (1960) eingehend behandelten Molasse-

sedimentation betrachtet werden (Bild 4). Darnach ist die schweizerische Molasse in einem Zeitraum von etwa 20–30 Mio Jahren fluviatil aus der Verfrachtung von alpinem Schutt in Form von Geröll, Sand und Schlamm in den orogenen Vorlandtrog, dem schweizerischen Mittelland im weiteren Sinn, hervorgegangen. Aus diesem System von tertiären Schüttungen sind durch Verfestigung die charakteristischen Gesteine der Molasse – *Nagelfluh*, *Sandstein* und *Mergelschichten* – entstanden.

Für die Obere Süsswassermolasse waren die *Napf- und Hörnlschuttfächer* sowie auch die *Bodenseeschüttung* bestimm-

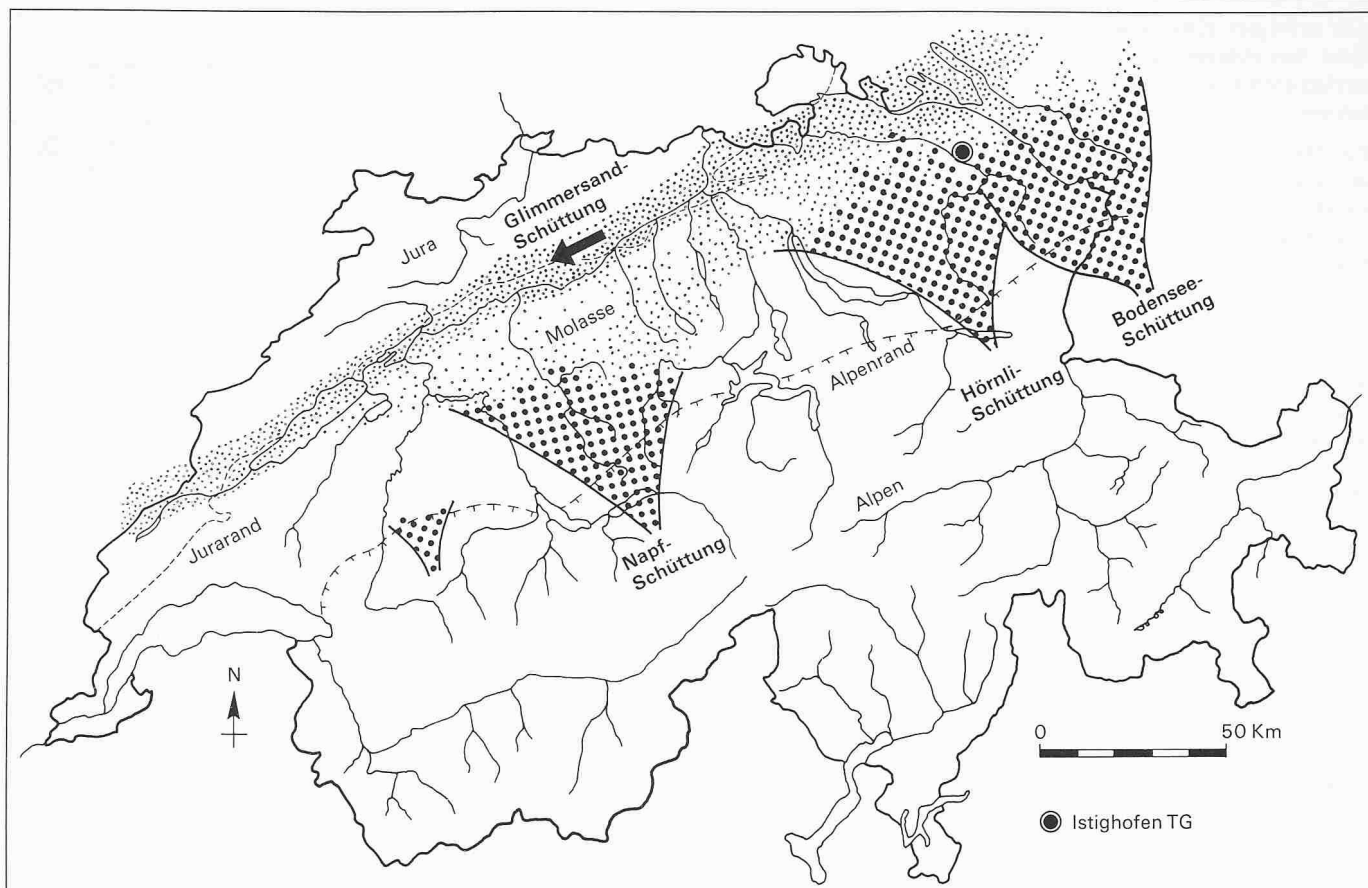


Bild 4. Wichtigste Schüttungsfächer zur Zeit der Oberen Süsswassermolasse

mend. Wie aus Bild 4 hervorgeht, liegt Istighofen im *Einflussbereich von zwei Schüttungsfächern*, die sich offensichtlich in den Randzonen gegenseitig durchdringen. So lassen sich auf Grund von mineralogischen Indikationen die verschiedenen, im Grubenprofil erkennbaren Schichten dem Hörnli-Schüttungsfächer einerseits und der Bodenseeschüttung andererseits zuordnen.

Die aus der Bodenseeschüttung stam-

menden *tonreichen Mergel* (Tabelle 2) werden in einem klar konzipierten Grubenbetrieb gesondert abgebaut und für die Dachziegelherstellung verwendet. Die hohe spezifische Oberfläche, die Menge und Zusammensetzung der Tonmineralien sowie der Gehalt an feinem Quarz und Kalzit ($< 2 \mu$) im Nebenmineralbestand sind qualitätsfördernde Faktoren für die im Brennprozess stattfindenden Reaktionen.

Herstellung

Materialverarbeitung und Formgebung

Der dem Fabrikationsprozess zugeführte ausgewählte Rohstoff, ein zäher, harter toniger Mergel, durchläuft verschiedene Verarbeitungsstufen und wird durch spezielle Maschinen mechanisch zerkleinert und gemischt, mit Wasser

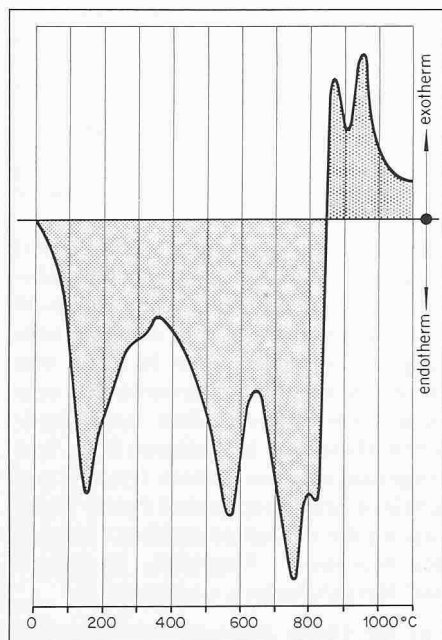


Bild 5. Differentialthermoanalyse (DTA) des Dachziegelrohmaterials

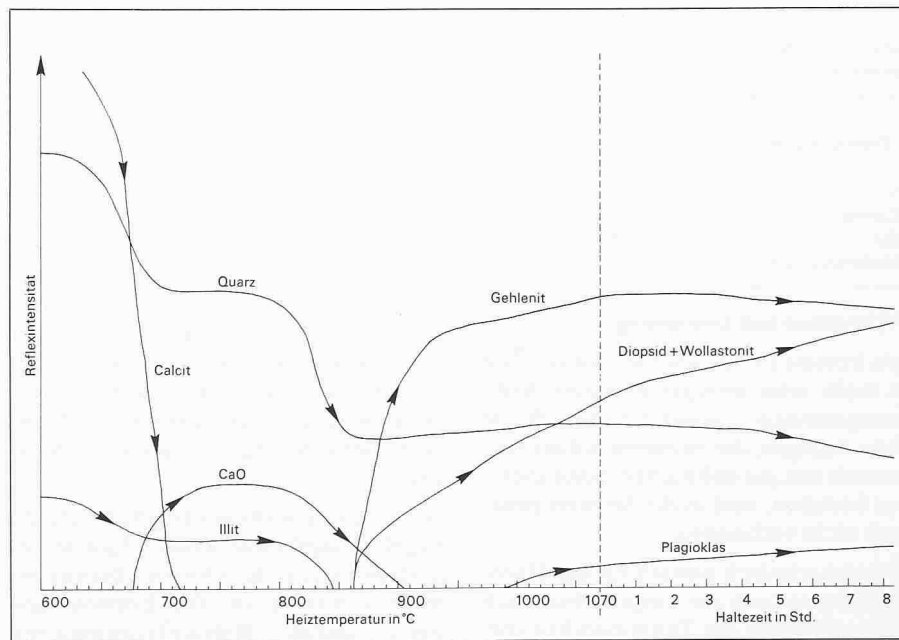


Bild 6. Verlauf der Reflex-Intensitäten aus der Röntgendiffraktometraufnahmen mit Heizkamera. Aufheizen des Dachziegelrohmaterials $1^\circ\text{C}/\text{min}$

angemacht, in eine plastisch verformbare Masse von genau definierter Konsistenz übergeführt. Der Ton wird dabei aufgeschlossen, dass mehr als 95% der darin vorkommenden plättchenförmigen Tonmineralien dispergiert werden, was einem sehr guten Aufschlussgrad entspricht. Erreicht wird dieser Zustand aber erst nach wochenlanger Lagerung des mechanisch aufbereiteten, feuchten Rohmaterials im sogenannten «Sumpfhaus», wo das Ton-Wasserregime – optimal eingespielt – günstige rheologische Voraussetzungen für den anschließenden Formgebungsprozess schafft.

Die *Formgebung* des Dachziegels erfolgt durch Verpressung: im *Stempelpressverfahren* die *Falzziegel* und im *Strangpressverfahren* die *Biberschwanzziegel*. Dabei spielt sich ein für die Tonteilchen charakteristisches Phänomen ab, indem sie sich senkrecht zur Druckrichtung orientieren und eine anisotrope, laminierte Gefügestruktur bilden, die dem Tondachziegel die gute Tragfähigkeit gibt.

Das Brennen

Der *Brand* bis über 1000 °C verleiht dem Tondachziegel seine endgültigen Eigenschaften. Dabei ist eine schonende, dem Rohmaterial angepasste Brennführung für die Qualität des Endproduktes wesentlich. Die *Verfestigung* des Dachziegelscherbens im Brennprozess ist der Entstehung von gewissen metamorphen Gesteinen in der Natur nicht unähnlich. Mit Erhöhung der Temperatur werden bestimmte Mineralien instabil, bauen sich ab und liefern die Reaktionspartner zur Bildung von neuen, stabileren Mineralien. Diese zwei Phasen können mit der *Differentialthermoanalyse* (DTA) gut verfolgt werden (Bild 5). Unterhalb 900 °C zeigen die endothermen Reaktionen die Mineralabbauphase an, oberhalb dieser Temperatur treten dann, im Zusammenhang mit Kristallneubildungen, exotherme Reaktionen auf. Röntgenun-

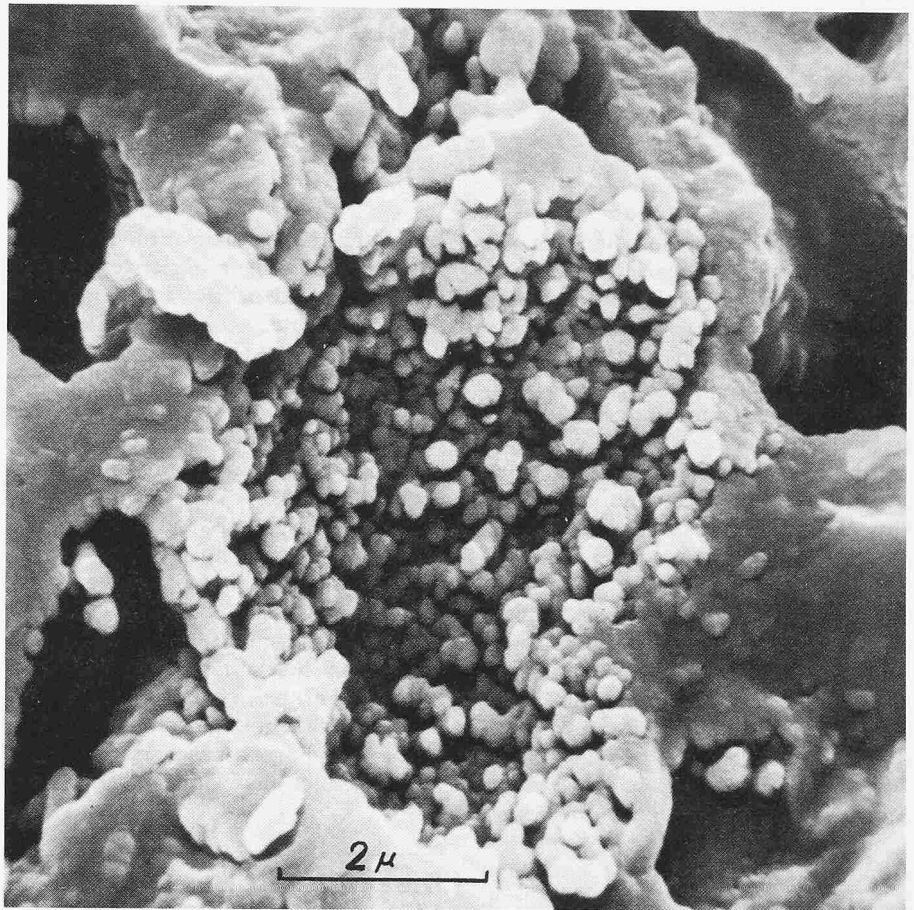


Bild 7. Gefügestruktur des Dachziegels (Aufnahme im Raster-Elektronenmikroskop, Vergrößerung etwa 13 500fach). Kristallines Silikatgerüst mit geschlossener Porenstruktur

tersuchungen mit der Heizkamera erlauben, die einzelnen Reaktionen im Dachziegelscherben zu deuten und zu verfolgen (Bild 6). Daraus ist ersichtlich, dass bis 900 °C die Tonmineralien, Kalzit und zum Teil Quarz abgebaut werden und bei höheren Temperaturen stabile Silikate entstehen, wie

Gehlenit	$2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
Wollastonit	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
Diopsid	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2 \text{SiO}_2$
Anorthit	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$

Die aus dem Brennprozess hervorgehende *Gefügestruktur* (Bild 7) ist in bezug auf die Dachziegelqualität von ausschlaggebender Bedeutung. Zur geziel-

ten Steuerung der Produktqualität ist es deshalb notwendig, die Beziehung zwischen der Feinstruktur und den physikalischen Eigenschaften des Dachziegelscherbens zu kennen, um die Fabrikation – von der Rohmaterialauswahl bis zu den Brennbedingungen – zu optimieren. Angestrebt wird dabei ein kompakter, homogener Dachziegelscherben ohne ausgeprägte Laminatstruktur und Mikrorisse sowie eine geeignete Porosität mit einer nicht zu hohen Kapillarität und einem ausreichenden Anteil an Rundporen.

Adresse des Verfassers: Dr. R. Iberg, dipl. Ing. ETH, Zürcher Ziegeleien, Postfach, 8021 Zürich