

Resource efficiency in the clay brick and tile industry Part IX: Moistened slate flour from phyllite sizing

Ressourceneffizienz in der Ziegelindustrie Teil IX: Angefeuchtetes Schiefermehl aus der Phyllitfraktionierung



»1 New equipment for loading earth-moist slate flour in Jarnoltowek/Poland
»1 Neue Anlage zur Verladung von erdfeuchtem Schiefermehl in Jarnoltowek/Polen

Photos/Fotos: Krakow Rohstoffconsult

1 Geological background and site

At a site in Jarnoltowek, Poland, Devon SP.ZO.O extracts greyish blue phyllitic slate and processes this with state-of-the-art screening and grinding equipment to high-quality phyllitic slate chippings. Up to 90 000 t slate flour are produced per year. Since April 2014 the slate flour has been sold on the market with defined moisture content as earth-moist bulk material. The clay deposit is located in the Opawskie Mountains directly on the Polish-Czech border. The viably extractable reserves are estimated to be around 5.7 mill. tonnes by the Polish Geological Survey. Geologically the clay deposit lies at the gateway to Hrubý Jeseník, which represents the eastern part of the Sudetic Variscan [1].

The phyllitic slate extracted was formed around 385 mill. years ago at the time of the upper Middle Devonian/Givetian. Under the term "Pokrzywnica strata", it has gone into the literature as a type locality [2]. At the time of the Devonian, the area in question lay somewhat south of the Equator and was flooded by an ocean. In the shelf area, thick

1 Geologischer Rahmen und Standort

Am Standort Jarnoltowek, Polen, gewinnt die Firma Devon SP.ZO.O graublauere Phyllitschiefer und bereitet diese mit modernster Sieb- und Mahltechnik zu hochwertigen Phyllitschiefersplittkörnungen auf. Dabei fallen pro Jahr bis zu 90 000 t Schiefermehl an. Seit April 2014 wird das Schiefermehl definiert befeuchtet und als erdfeuchtes Schüttgut am Markt platziert. Die Tonlagerstätte befindet sich im Zuckmanteler Bergland direkt an der polnisch-tschechischen Grenze. Die wirtschaftlich gewinnbaren Vorräte werden vom polnischen geologischen Dienst auf rund 5,7 Mio. Tonnen beziffert. Geologisch liegt die Tonlagerstätte vor den Toren des Altwatergebirges, welches den östlichsten Teil des sudetischen Variszikums repräsentiert [1].

Der im Abbau stehende Phyllitschiefer ist vor rund 385 Mio. Jahren zur Zeit des oberen Mitteldevons/Givetium entstanden. Unter dem Begriff „Pokrzywnica-Schichten“ ist er als Typlokalität in die Fachliteratur eingegangen [2]. Zur Zeit des Devons lag das betrachtete Gebiet etwas südlich des Äquators und war von einem Ozean überflutet. Im Schelf-



»2 Extraction of Devonian phyllitic slate in Jarnoltowek/Poland

»2 Gewinnung von devonischem Phyllitschiefer in Jarnoltowek/Polen

clay sediments settled, which were dumped from the Old-Red-Continent from the northern direction. In the course of the Variscan Orogeny, the Devonian ocean was closed up as a result of subduction processes. The clay sediments were sunk to depths of around 5 000 m and heated to over 150°C. Besides compaction and dewatering of the sediments, this also led to tectonic folding and pronounced cleavage of the mountain (»2). During this process, primary clay minerals such as illites, smectites and kaolinites transformed into higher crystalline layer silicates and adjusted plane-parallel to the slate surfaces [3]. Primary sediment structures, like for example the original stratification, were almost completely obliterated.

2 Mineralogical composition

Phyllitic slates are regional metamorphically imprinted clay shales, which are characterized by the dominance of a stable clay mineral paragenesis, consisting of sericite and chlorite. By definition they are assigned to the green schist zone, which is characterized by geodynamic expulsion of the interstitial water from the crystal lattice of the clay minerals (»3). On account of the strong diagenetic and metamorphic consolidation, phyllitic slate can only be processed in the clay brick and tile industry after grinding/dry preparation. The slate flour produced here is available in different supply grades. The finest grade comprises a particle size range of 0/0.2 mm. The content $d > 63 \mu\text{m}$ averages 12 mass %. The coarsest grade covers a grain size range of 0/1 mm with screen residue of $d > 63 \mu\text{m} = 70 \text{ mass } \%$.

In mineralogical terms, phyllitic slate is characterized by a notable content of innercrystalline non-swelling lay-

bereich kamen mächtige Tonsedimente zur Ablagerung, die vom Old-Red-Kontinent aus nördlicher Richtung geschüttet wurden. Im Zuge der variszischen Gebirgsbildung wurde der devonische Ozean durch Subduktionsprozesse wieder zugeschoben. Dabei wurden die Tonsedimente bis in Erdtiefen von rund 5 000 m versenkt und auf über 150°C aufgeheizt. Neben der Kompaktion und Entwässerung der Sedimente führte dies auch zur tektonischen Auffaltung und zur ausgeprägten Schieferung des Gebirges (»2). Dabei haben sich primäre Tonminerale wie Illite, Smektite und Kaolinite in höher kristalline Schichtsilikate umgewandelt und planparallel zu den Schieferflächen eingeregelt [3]. Primäre Sedimentstrukturen wie beispielsweise die ursprüngliche Schichtung wurden dadurch nahezu vollständig ausradiert.

2 Mineralogische Zusammensetzung

Phyllitschiefer sind regionalmetamorph überprägte Tonschiefer, die durch Dominanz einer stabilen Tonmineralparagenese, bestehend aus Serizit und Chlorit, gekennzeichnet sind. Per Definition werden sie der Grünschieferzone zugerechnet, die durch geodynamischen Austrieb des Porenwassers und des Zwischenschichtwassers aus dem Kristallgitter der Tonminerale charakterisiert ist (»3). Aufgrund der starken diagenetischen und metamorphen Verfestigung sind Phyllitschiefer in der Ziegelindustrie nur nach einer Vermahlung/Trockenaufbereitung zu verarbeiten. Das hier produzierte Schiefermehl wird in unterschiedlichen Lieferkörnungen angeboten. Die feinste Lieferkörnung umfasst einen Kornbereich von 0/0,2 mm. Der Anteil $d > 63 \mu\text{m}$ liegt im Schnitt bei 12 Masse-%. Die gröbste Lieferkörnung umfasst ein Kornspektrum von 0/1 mm mit einem Siebrückstand von $d > 63 \mu\text{m} = 70 \text{ Masse-}\%$.

er silicates with $\Sigma TM = 61$ mass %, sericite (42 mass %) dominating before chlorite (19 mass %) in accordance with the metamorphic imprinting. In the series of tectosilicates, soda feldspar (19 mass %) is present before quartz (17 mass %). With regard to the chemical element distribution, silica (57.27 mass %), alumina (17.91 mass %) and iron oxide (9.05 mass %) are at the forefront. Then follow the alkalis and alkaline earths such as magnesia (3.13 mass %), potassium oxide (2.93 mass %), sodium oxide (2.28 mass %) and calcium oxide (1.20 mass %). The content of organically bound carbon averages TOC = 0.48 mass %.

3 Ceramics-related characteristics

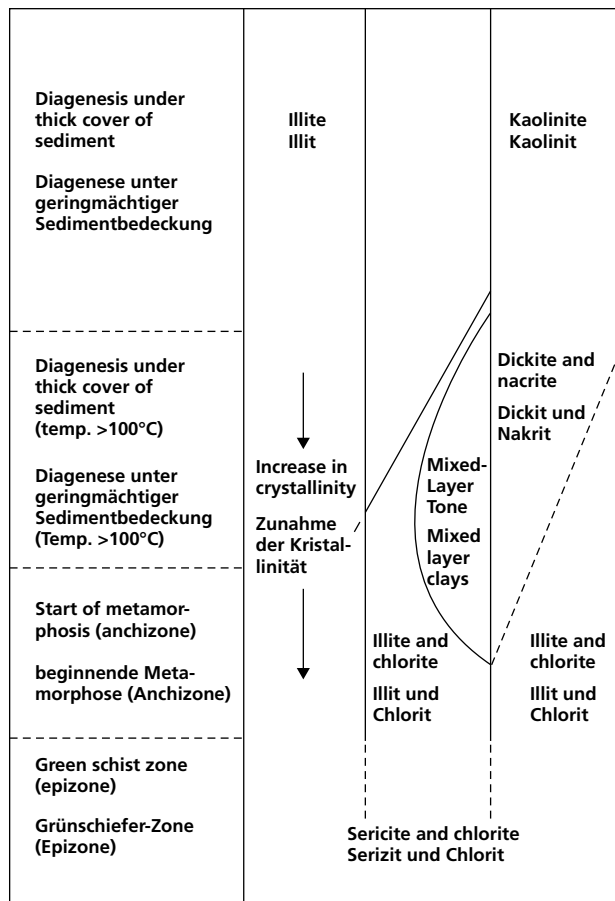
After selective wetting by means of rotating screws, the slate flour is available in a dust-free earthy consistency and can be transported without any problems as a bulk solid in tipper semi-trailers (»4). The material does not have to be comminuted again in the brickworks, just homogeneously incorporated into the ceramic body. In respect of its consistency according to DIN 18 122, slate flour can be classified as a fine-grained solid rock with low plasticity. The contained layer silicates effect linear dry shrinkage of around 0.9 %, very low quantities of adsorption water being easily released. Innercrystalline bound middle water is not present. Up to 200°C the weight loss is just 0.4 mass %. Drying and the entire firing process are unproblematic. The crystal water of the sericites and chlorites is expelled in a wide temperature interval between 550 and 900°C. From this relatively weak endogenous reaction, a weight loss of just 3.7 mass % results.

In accordance with the metamorphic imprint of the clay minerals, detectable firing shrinkage and ceramic activity only begin in the interval between 1000 and 1050°C. Above 1050°C especially the soda feldspar contained causes linear firing shrinkage up to 10.6% at 1100°C, which is then reflected in water absorption of 3.5 mass% and a fired body density of 2.22 g/cm³. The fired colours vary depending on the selected peak temperature between yellowish orange at 950°C and dark red at 1100°C (»6).

As an additive rich in layer silicate, the slate flour can be used universally in the clay brick and tile industry. Preferred



»4 Defined wetting and homogenization of the slate flour
»4 Definiertes Anfeuchten und Homogenisieren des Schiefermehls



»3 Changes in the clay mineral paragenesis caused by burying and metamorphism

»3 Veränderungen der Tonmineralparagenese durch Versenkung und Metamorphose

Mineralogisch ist der Phyllitschiefer durch einen nennenswerten Anteil an innerkristallin nicht expansiven Schichtsilikaten mit $\Sigma TM = 61$ Masse-% charakterisiert, wobei entsprechend der metamorphen Überprägung Serizit (42 Masse-%) vor Chlorit (19 Masse-%) dominiert. In der Reihe der Tectosilikate treten Natronfeldspat (19 Masse-%) vor Quarz (17 Masse-%) auf. In Bezug auf die chemische Elementverteilung treten Siliziumdioxid (57,27 Masse-%), Aluminiumoxid (17,91 Masse-%) und Eisenoxid (9,05 Masse-%) in den Vordergrund. Danach folgen die Alkalien und Erdalkalien wie Magnesiumoxid (3,13 Masse-%), Kaliumoxid (2,93 Masse-%), Natriumoxid (2,28 Masse-%) und Calciumoxid mit (1,20 Masse-%). Der Anteil an organisch gebundenem Kohlenstoff beträgt im Mittel TOC = 0,48 Masse-%.

3 Keramtechnologische Charakteristik

Durch die gezielte Anfeuchtung über rotierende Schnecken liegt das Schiefermehl in staubfreier erdiger Konsistenz vor und kann problemlos als Schüttgut in Kippsattelaufliegern transportiert werden (»4). Das Material muss im Ziegelwerk nicht weiter zerkleinert, sondern nur noch homogen in die Masse eingearbeitet werden. Hinsichtlich seiner Konsistenz nach DIN 18 122 ist das Schiefermehl als feinteiliges Festgestein mit geringer Bildsamkeit zu klassifizieren. Die enthaltenen Schichtsilikate bewirken eine lineare Trockenschwindung von rund 0,9 %, wobei sehr geringe Mengen an Adsorptionswasser problemlos abgegeben werden. Innerkristallin gebundenes Zwischenschichtwasser ist nicht



»5 Übersichtslageplan Phyllitschiefer Devon 6356
 »5 Layout of Devon 6356 phyllitic slate

application is in the manufacture of roofing tiles, clinker bricks and clay pavers. During firing, the material keeps the body open up to 1 000°C, which is conducive to the burn-out of organic or other problematic body constituents. The material then fires dense in a narrow sintering interval to 1 100°C.

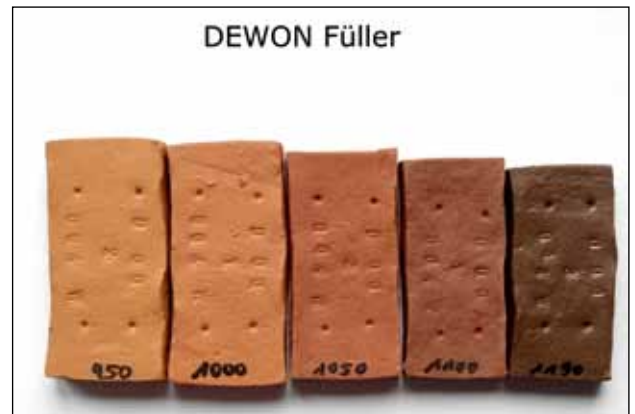
Technical recommendation: Synchronous partial substitution of drying-sensitive clays and quartz-rich natural sands with a batch content up to 20 mass %. Also interesting in respect of achieving energy savings in preparation and drying.

4 Volume availability and final remarks

Forward-looking investments have been made at the Jarnoltowek site and these are making a key contribution to the preservation of primary clay resources. They are a prime example for deposit efficiency in practice in the clay industry. The available annual volume of earth-moist slate flour is currently around 60 000 t. Subject to agreement, storage capacity at the site guarantees supply during the winter months. The specified data are only guide values and can be subject to relatively wide fluctuations.

Literature/Literatur

- [1] Patteisky, K.: Die Geologie und Fossilführung der mährisch-schlesischen Dachschiefer- und Grauwackenformation. 354 S., 26 Taf., 1 Karte, Hrsg.: Naturwissenschaftlicher Verein, Troppau (C.S.R), 1929.
 [2] Brinkmann, R.: Abriß der Geologie, Zweiter Band: Historische Geologie. 400 S., 70 Abb., 63 Taf., 21 Tab., 11. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1977.
 [3] Tucker, M.: Einführung in die Sedimentpetrologie. 265 S., 219 Abb., 20 Tab., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1985.



»6 Fired samples of Devon 6356 phyllitic slate
 »6 Brennprouben Phyllitschiefer Devon 6356

vorhanden. Bis 200°C beträgt der Gewichtsverlust lediglich 0,4 Masse-%. Das Trocknen und der gesamte Brennprozess sind unproblematisch. Das Kristallwasser der Serizite und Chlorite wird in einem breiten Temperaturintervall zwischen 550 und 900°C ausgetrieben. Aus dieser relativ schwachen endogenen Reaktion resultiert ein Gewichtsverlust von nur 3,7 Masse-%.

Entsprechend der metamorphen Überprägung der Tonminerale setzen eine erkennbare Brennschwindung und keramische Aktivität erst im Intervall zwischen 1000 und 1050°C ein. Oberhalb von 1050°C verursacht insbesondere der enthaltene Natronfeldspat lineare Brennschwindungen von bis zu 10,6% bei 1100°C, was sich dann in einer Wasseraufnahme von 3,5 Masse-% und einer Scherbenrohichte von 2,22 g/cm³ widerspiegelt. Die Brennfärbungen variieren in Abhängigkeit von der gewählten Spitztemperatur zwischen gelborange bei 950°C und dunkelrot bei 1100°C (»6).

Als schichtsilikatreicher Zusatzstoff ist das Schiefermehl universell in der Ziegelindustrie einsetzbar. Der bevorzugte Einsatz wird bei der Herstellung von Dachziegeln, Klinkern und Pflasterklinkern gesehen. Im Brennprozess hält das Material den Scherben bis zu 1000°C offen, was für den Ausbrand organischer oder anderer problematischer Massebestandteile von Vorteil ist. Danach brennt das Material in einem engen Sinterintervall bis 1100°C dicht.

Technische Empfehlung: Synchronpartielle Substitution von trocknungssensiblen Tonen und hochquarzhaltigen Natursanden mit Versatzanteilen von bis zu 20 Masse-%. Auch interessant im Hinblick auf Energieeinsparungen bei Aufbereitung und Trocknung.

4 Mengenverfügbarkeit und Schlussbemerkungen

Die Investitionen am Standort Jarnoltowek sind zukunftsweisend und tragen maßgeblich zur Schonung primärer Tonressourcen bei. Sie sind ein Paradebeispiel für praktizierte Lagerstätteneffizienz im Bereich der Tonindustrie. Die verfügbare Jahresmenge an erdfeuchtem Schiefermehl liegt derzeit bei etwa 60 000 t. Lagerkapazitäten am Standort gewährleisten nach Abstimmung auch eine Versorgung während der Wintermonate. Die angegebenen Daten stellen lediglich orientierende Richtwerte dar und können größeren Schwankungen unterliegen.