

## Hydrothermallabor

### Ansprechpartner

Uwe Schweike [uwe.schweike@kit.edu](mailto:uwe.schweike@kit.edu)

Günter Beuchle [guenter.beuchle@kit.edu](mailto:guenter.beuchle@kit.edu)

### Stichworte

Hydrothermal, Autoklav, Kalziumsilikathydrat-Phasen, Porenbeton, Mörtel

Die Ausstattung des Hydrothermallabors ermöglicht es ein großes Spektrum an Fragestellungen zu bearbeiten. Hierzu zählen u.a. Fragen zu Materialverhalten unter Überdruck oder unter hydrothermalen Bedingungen und Fragen zu Reaktionen von Materialien bzw. Materialgemischen bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken.

Einer der Themenschwerpunkte sind „Dampfgehärtete Baustoffe“ und im Besonderen die Steigerung der Ressourceneffizienz bei deren Produktion.

Dampfgehärtete Baustoffe wie Kalksandsteine und Porenbetonsteine gehören zu den am meist verwendeten Baustoffen in Deutschland. Sie verfügen - wird die Baufertigstellung von Wohngebäuden (Neubau) zu Grunde gelegt - über einen Marktanteil von ca. 40% (2019).

Für die Herstellung von Kalkstein wird aktuell ausschließlich Branntkalk und Sand, für die Herstellung von Porenbeton Branntkalk, Zement und feingemahlener Quarzsand verwendet. Bei der Härtung in Dampf-Härtekesseln sog. Autoklaven bilden sich unter Wasserdampf-atmosphäre Kalziumsilikathydrate (sog. CSH-Phasen), die für ein festes Gefüge der Baustoffe sorgen.

Um die Rohstoffbasis dampfgehärteter Baustoffe z.B. durch die Verwendung geeigneter Sekundärrohstoffe und durch das Schließen von Materialkreisläufen zu verbreitern, wird mit entsprechenden Sekundärrohstoffen geforscht. Eine Möglichkeit ist der Ersatz für Zement durch die Verwendung von anorganischen zementären Bindemitteln die, im optimalen Fall, gänzlich aus geeigneten mineralischen Reststoffen hergestellt werden. Eine andere Zielrichtung ist die Entwicklung einer Rohmehl-/ Rohstoffmischung welche zum größten Teil auf Sekundärrohstoffen basiert.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Beantwortung von Fragen zu ressourcenoptimierten CSH-Bindemitteln, die mittels Hydrothermalsynthese hergestellt werden. Auch hier kommen primär mineralische Reststoffe zum Einsatz.

Für orientierende Versuche und Langzeitversuche im Labormaßstab stehen Druckbehälter bzw. Druckaufschlussbehälter unterschiedlicher Größe zur Verfügung. Diese Gefäße sind mit PTFE-Inlinern versehen und können entweder in einem geeigneten Heizblock oder in einem Ofen bzw. einem Trockenschrank aufgeheizt werden. Die maximale Arbeitstemperatur der Druck-/ Druckaufschlussbehälter liegt bei 250°C. Der maximale Arbeitsdruck bei 200 bar.



Für Untersuchungen mit größeren Probemengen bzw. für Proben, die gerührt werden müssen um z.B. Sedimentation zu vermeiden, findet ein beheizter *highpreactor*<sup>TM</sup> BR 300 der Fa. Berghof mit Magnetrührereinheit Verwendung. Das Reaktionsgefäß besteht aus Edelstahl, das je nach Anwendung mit einem PTFE Inliner versehen werden kann. Der maximale Arbeitsdruck beträgt 90 bar, die maximale Arbeitstemperatur mit PTFE-Inliner 230°C.

Die Arbeitstemperatur des Heizmantels liegt zwischen -20°C und 350°C. Die maximale Arbeitstemperatur des Rührantriebs beträgt 300°C, der maximale Arbeitsdruck 200 bar.



### **KHYRA (Karlsruher-Hydrothermal-Anlage)**

Um industrielle Prozesse möglichst realistisch abbilden zu können steht ein Laborautoklav der Fa. Premex zur Verfügung.

Der Maximale Arbeitsdruck beträgt 60 bar, die maximale Arbeitstemperatur 300°C. Der Reaktionsbehälter ist aus Stahl gefertigt und verfügt über ein Volumen von 3 Litern. Der Autoklav ist mit je einem Vorlagegefäß für Prozessflüssigkeit oder Prozessdampf ausgestattet. So ist es möglich hydrothermale Reaktionen entsprechend der industriellen Verfahrensführung z.B. beim Dampfhärten von Baustoffen zu realisieren.

Auch hier ist es möglich sowohl pulverförmige, flüssige Stoffe aber auch ganze Formkörper umzusetzen.



## Hydrothermal lab

### Contact persons

Uwe Schweike [uwe.schweike@kit.edu](mailto:uwe.schweike@kit.edu)

Günter Beuchle [guenter.beuchle@kit.edu](mailto:guenter.beuchle@kit.edu)

### Keywords

Hydrothermal, autoclav, Calcium silicate phases, autoclaved aerated concrete, mortar

The equipment of the hydrothermal laboratory enables a wide range of issues to be dealt with. This includes questions about material behavior under overpressure or under hydrothermal conditions and questions about reactions of materials or material mixtures at different temperatures and pressures.

One of the main topics is “steam-hardened building materials” and, in particular, increasing resource efficiency in their production.

Steam-hardened building materials such as sand-lime bricks and aerated concrete bricks are among the most widely used building materials in Germany. If the completion of residential buildings (new construction) is taken as a basis, they have a market share of approx. 40% (2019).

Currently, only quicklime and sand are used for the production of limestone, and quicklime, cement and finely ground quartz sand for the production of aerated concrete. When hardening in steam hardening kettles, so-called autoclaves, calcium silicate hydrates (so-called CSH phases) are formed under a steam atmosphere, which ensure a solid structure of the building materials.

In order to broaden the raw material base of steam-hardened building materials, e.g. through the use of suitable secondary raw materials and by closing material cycles, research is carried out with corresponding secondary raw materials. One possibility is to replace cement through the use of inorganic cementitious binders which, in the optimal case, consist entirely of suitable mineral residues. Another goal is the development of a raw meal / raw material mixture which is largely based on secondary raw materials.

Another focus is on answering questions about resource-optimized CSH binders that are produced by means of hydrothermal synthesis. Here, too, primarily mineral residues are considered.

Pressure vessels / pressure digestion vessels of various sizes are available for orientating experiments and long-term experiments on a laboratory scale. These vessels are provided with PTFE liners and can either be heated in a suitable heating block or in an oven or drying cabinet. The maximum working temperature of the pressure / pressure digestion tank is 250 ° C. The maximum working pressure at 200 bar.



A heated highreactor™ BR 300 from Berghof with a magnetic stirrer unit is used for investigations with larger sample quantities or for samples that have to be stirred, e.g. to avoid sedimentation. The reaction vessel is made of stainless steel, which can be fitted with a PTFE inliner depending on the application. The maximum working pressure is 90 bar, the maximum working temperature with PTFE inliner 230 ° C.

The working temperature of the heating jacket is between -20 ° C and 350 ° C. The maximum working temperature of the stirrer drive is 300 ° C, the maximum working pressure 200 bar.

### **KHYRA (Karlsruhe hydrothermal system)**

A laboratory autoclave from Premex is available in order to be able to reproduce industrial processes as realistically as possible on a laboratory scale.

The maximum working pressure is 60 bar, the maximum working temperature 300 ° C. The reaction container is made of steel and has a volume of 3 liters. The autoclave is equipped with a container for process liquid or process steam. So it is possible to realize hydrothermal reactions according to the industrial process, e.g. when steam curing building materials.

Here, too, it is possible to implement both powdery and liquid substances, as well as whole shaped bodies.

