

Abb. 1: REM-Aufnahme des Gefüges eines Na-β"-Aluminat Elektrolyten.



Abb. 2: Elektrolytrohr aus Na-β"-Aluminat vor der Sinterung.



Abb. 3: Verschieden geformte Elektrolyte aus Na-β"-Aluminat.

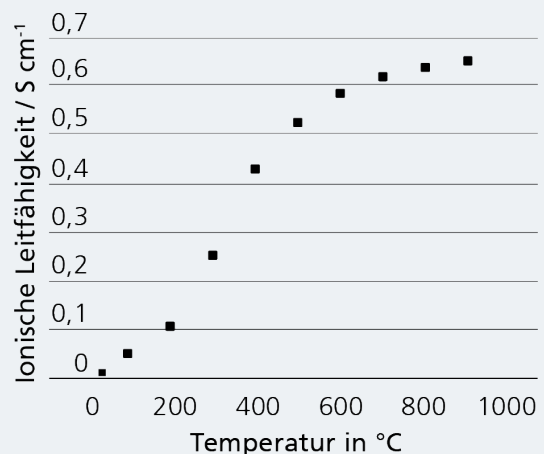
## Der Werkstoff Na-β"-Aluminat

Na-β"-Aluminat ( $(\text{Na}_2\text{O}) \cdot x \text{Al}_2\text{O}_3$  ( $5 < x < 7$ )) ist ein keramischer Na-Ionen-Leiter. Neben seiner hohen ionischen Leitfähigkeit (Abb. 1) sowohl bei hohen ( $0,3 \text{ S cm}^{-1}$  bei  $300 \text{ °C}$ ) als auch bei Raumtemperatur ( $2 \text{ mS cm}^{-1}$  bei  $25 \text{ °C}$ ), bietet Na-β"-Aluminat – im Gegensatz zu vielen anderen Festelektrolyten – den Vorteil, gegenüber Natrium stabil zu sein. Damit wird die Verwendung von elementarem Natrium als Anode (negativer Pol) in Zellanwendungen ermöglicht. Die Leitfähigkeit von Na-β"-Aluminat beruht auf mit Na-Ionen gefüllten Leitungsebenen. Durch Ionenaustausch können in diese Leitungsebenen auch andere Ionen eingebracht werden. So ist Li-β"-Aluminat ein hervorragender Li-Ionen-Leiter. Durch den Ionentransportmechanismus über 2D-Leitungsebenen in der Kristallstruktur wird Na-β"-Aluminat als polykristalline Keramik (Abb. 1) eingesetzt.

## Produktionsmöglichkeiten am Fraunhofer IKTS

Die Produktion von solchen polykristallinen, keramischen Elektrolyten wird am IKTS je nach Anforderung an Geometrie, charakteristische Bruchfestigkeit oder ionische Leitfähigkeit durch verschiedenen Produktionsmethoden realisiert. Tubuläre, einseitig verschlossene Elektrolytrohre werden z. B. mittels kaltplastischer Extrusion hergestellt (Abb. 2). Während besonders dünne, plane Elektrolyte durch Foliengießen (Abb. 3) produziert werden können. Um flexible Elektrolyte zu erhalten, können Na-β"-Aluminat-Partikel auch in eine Polymermatrix eingebracht werden.

Abb. 4: Ionische Leitfähigkeit von Na-β"-Aluminat in Abhängigkeit der Temperatur.



## Anwendungsmöglichkeiten von Na-β"-Aluminat-Elektrolyten

Das Hauptanwendungsgebiet von Na-β"-Aluminat-Elektrolyten sind Na/NiCl<sub>2</sub>- und Na/S-Batterien, die bereits seit einigen Jahren kommerziell vertrieben werden und bei Betriebstemperaturen von  $250 \text{ °C}$  bis  $300 \text{ °C}$  arbeiten. Aber auch Zellanwendungen bei niedrigeren Temperaturen rücken zunehmend in den Fokus von FuE-Bemühungen.

Das Fraunhofer IKTS bietet bezüglich der Batterieproduktion Entwicklungsdienstleistungen über die gesamte Wertschöpfungskette vom Elektrolyt bis hin zu Batteriemodulen an.

### Cornelius Dirksen

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS  
Michael-Faraday Str. 1, 07629 Hermsdorf  
Telefon +49 351 2553-5012  
cornelius.dirksen@ikts.fraunhofer.de

454-W-23-03-21



# Na-β"-alumina – A ceramic ionic conductor for solid state batteries

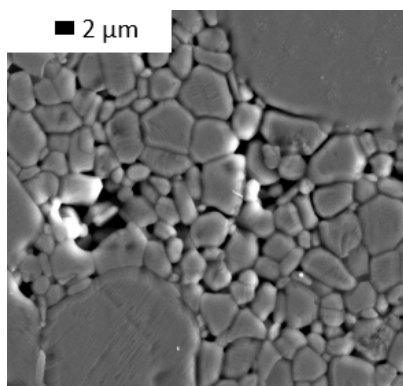


Fig. 1: Microstructure of a Na-β"-alumina electrolyte recorded by SEM.

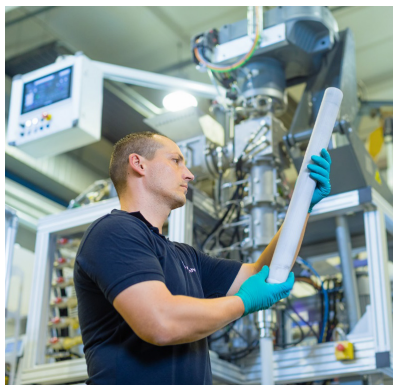


Fig. 2: Electrolyte tube made of Na-β"-alumina before sintering.

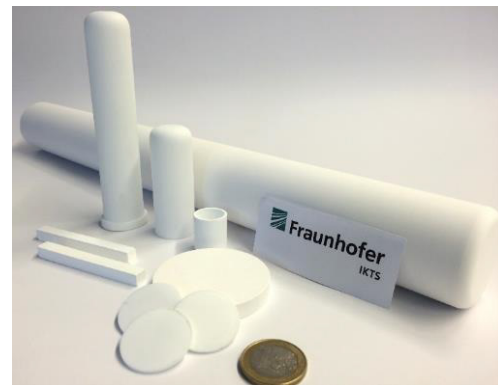


Fig. 3: Different shaped electrolytes made from Na-β"-alumina.

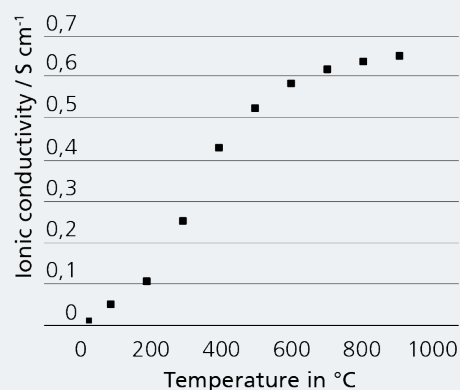
## The material Na-β"-alumina

Na-β"-alumina ( $(\text{Na}_2\text{O}) \cdot x \text{Al}_2\text{O}_3$  ( $5 < x < 7$ )) is a ceramic Na-ion conductor. In addition to its high ionic conductivity (Fig. 1) at both high ( $0.3 \text{ S cm}^{-1}$  at  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ ) and room temperature ( $2 \text{ mS cm}^{-1}$  at  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ), Na-β"-alumina – unlike many other solid electrolytes – has the advantage of being stable to sodium. This allows using elemental sodium as an anode/negative pole in cell applications. The conductivity of Na-β"-alumina is based on conduction planes filled with Na-ions. Other ions can also be introduced into these conduction planes by ion exchange. Thus, Li-β"-alumina is an excellent Li-ion conductor. Due to the ion 2D-transport mechanism via conduction planes in the crystal structure, Na-β"-alumina is used as a polycrystalline ceramic (Fig. 1).

## Production possibilities at Fraunhofer IKTS

The production of such polycrystalline ceramic electrolytes is realized by Fraunhofer IKTS using different production methods depending on the requirements for geometry, characteristic breaking strength, or ionic conductivity. For example, tubular and one side closed electrolyte tubes are produced by cold plastic extrusion (Fig. 2). While particularly thin, planar electrolytes can be produced, for example, by tape-casting (Fig. 3). Na-β"-alumina particles can also be incorporated into a polymer matrix to obtain flexible electrolytes.

Fig. 4: Ionic conductivity of Na-β"-alumina as a function of temperature.



## Possible applications of Na-β"-alumina electrolytes

The main application area of Na-β"-alumina electrolytes are Na/NiCl<sub>2</sub> and Na/S batteries, which have already been sold commercially for several years and operate at temperatures of  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . However, cell applications at lower temperatures are also increasingly becoming the focus of R&D efforts.

Concerning battery production, Fraunhofer IKTS offers development services across the entire value chain, from electrolytes to battery modules.

### Cornelius Dirksen

Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS  
Michael-Faraday Str. 1, 07629 Hermsdorf  
Phone +49 351 2553-5012  
cornelius.dirksen@ikts.fraunhofer.de

454-W-23-03-21

