

PRODUKTION VON SI-ANODEN FÜR LI- IONEN-BATTERIEN DURCH KOSTENEFFIZIENTE ULTRAKURZE BLITZLAMPEN-BEHANDLUNG

Sahar Lausch, Robert Gorgas, Andreas Krause-Bader, Toni Buttlar, Susan Fülle, Udo Reichmann, Marcel Neubert (NORCSi GmbH)



Einweihungsveranstaltung im Herbst 2021



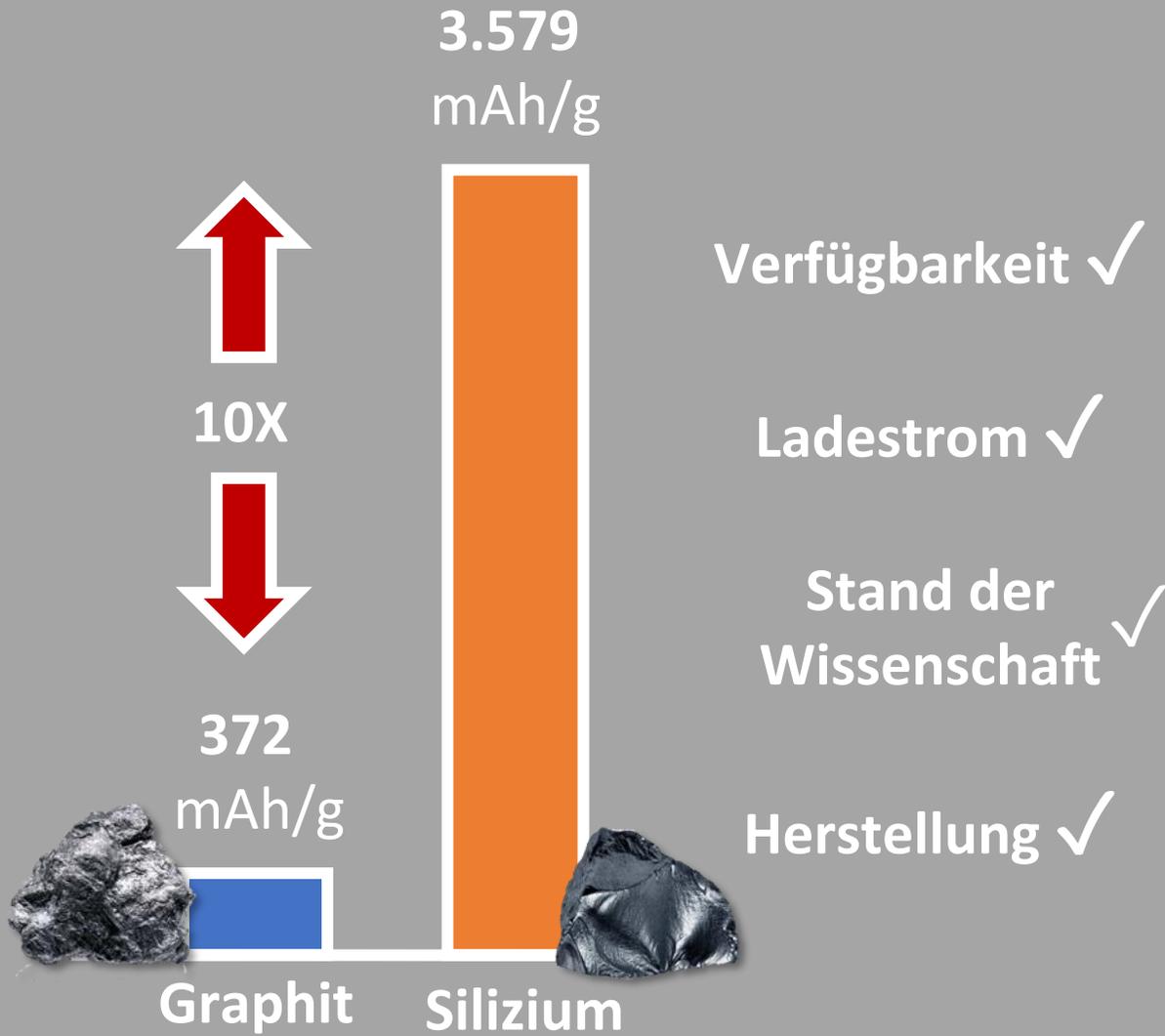
Gegründet im Sommer 2020

Ansiedlung auf dem Weinberg Campus

Zusammenarbeit mit
Martin Luther Universität Halle-
Wittenberg /
Interdisziplinäres Zentrum für Material-
wissenschaften



UNSERE VISION
—
**MEHR REICHWEITE IN
DER ELEKTRO-
MOBILITÄT DURCH
SILIZIUM-ANODEN
FÜR LITHIUM-IONEN-
BATTERIEN**

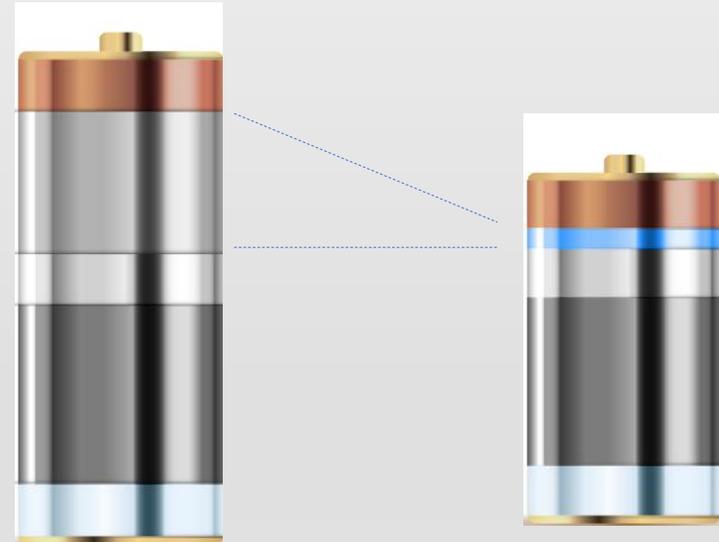


WARUM SILIZIUM

SILIZIUM HAT EIN BIS ZU 10X HÖHERE SPEICHERDICHTE ALS GRAPHIT

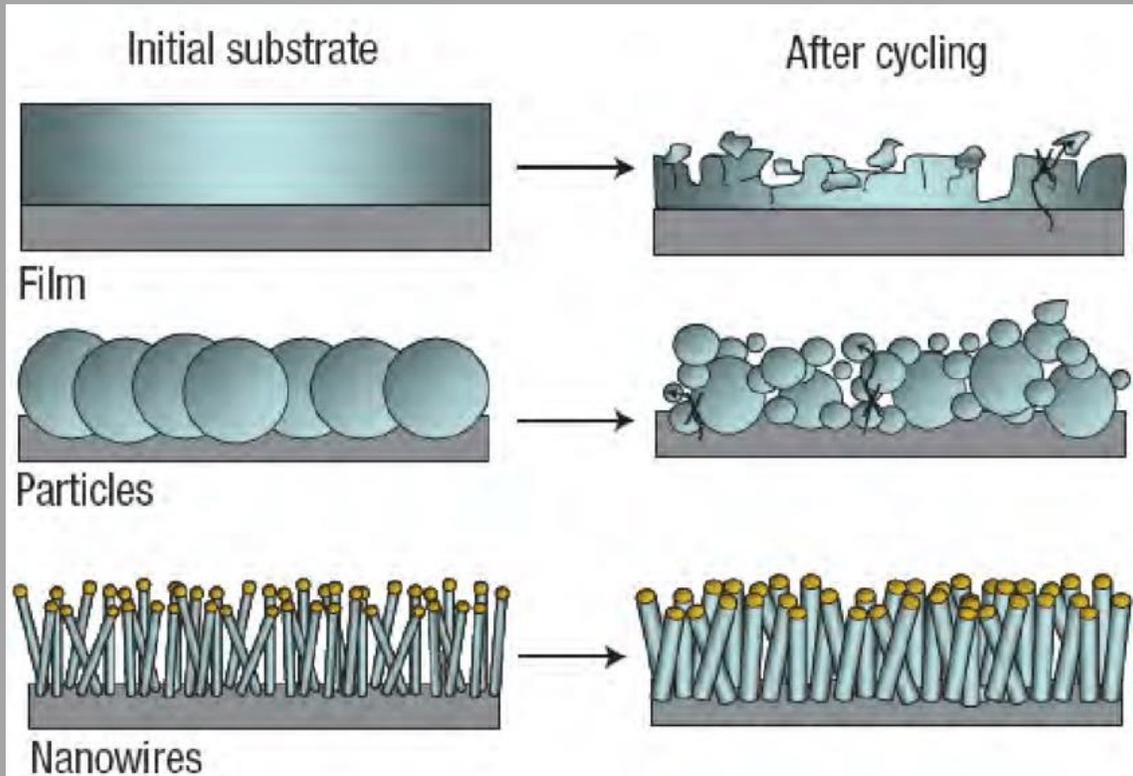
Konventionelle Lithium Ionen Batterie mit Graphit Anode

Lithium Ionen Batterie mit Silizium Anode



90% Volumen- und Gewichtsreduktion

Si Filme brechen bei Batteriebetrieb – Als Workaround werden Si Nanostrukturen entwickelt um den Effekt der Volumenausdehnung zu moderieren → Das führt zu neuen Problemen



Raum zwischen Nanopartikeln bietet Platz für Silizium Volumenausdehnung

ABER

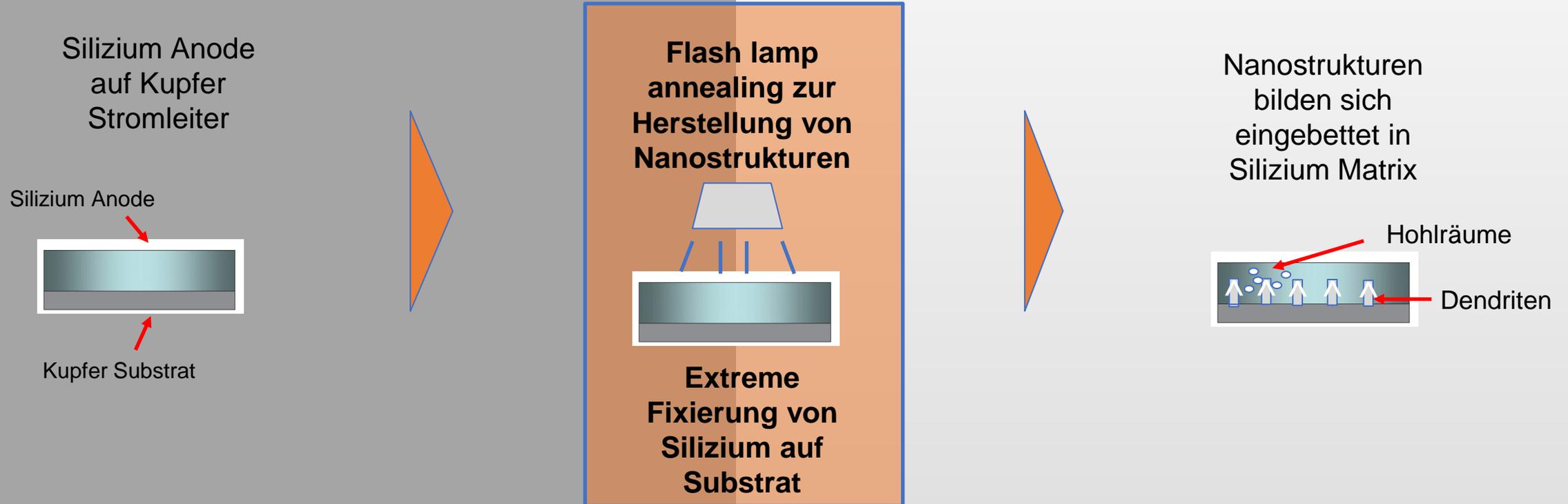
- Verbessert, aber immer noch geringe Zyklenstabilität
- Hohe Kosten
- **Keine Lösung für reine Siliziumanoden auf dem Markt verfügbar**

Chan et al. 2008

Notwendigkeit zur Erhöhung der Kapazität zwingt die Industrie zur Nutzung von **Silizium Nanopartikeln** mit zahlreichen Additiven

Blitzlampentemperung - Flash lamp annealing

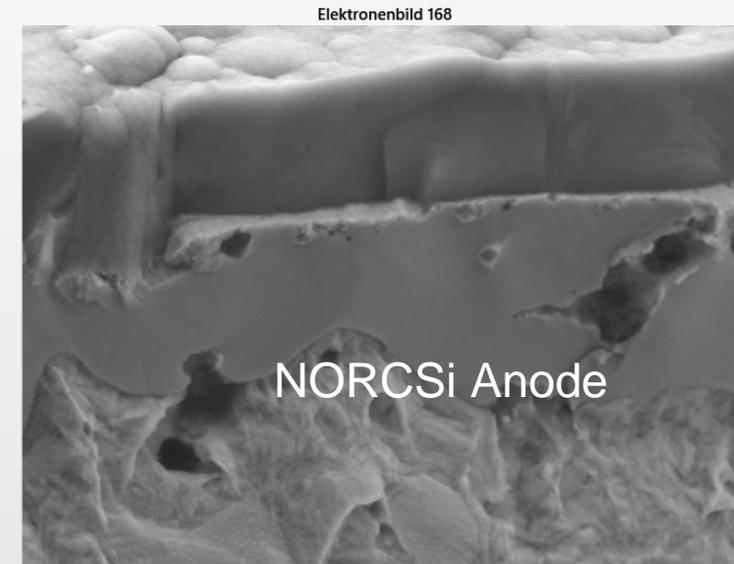
Unser einzigartiger Ansatz verändert das Spiel



- ✓ **Volumenausdehnung durch Nanostrukturen, in denen Hohlräume und Löcher entstehen**
- ✓ **Kontaktverlust durch Integration von Silizium mit Kupfer über Dendriten behoben**
- ✓ **Intakte und homogene Siliziumoberfläche kontrolliert SEI-Bildung**



NORCSi Anoden werden in einem patentierten skalierbaren Prozess auf dem Weinberg Campus hergestellt.



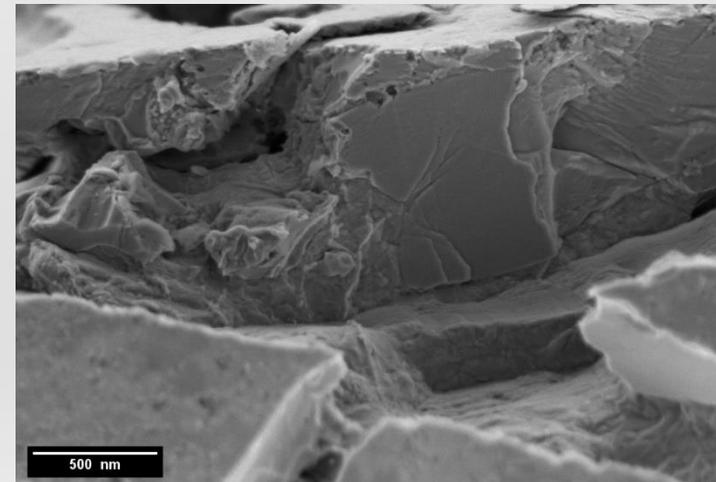
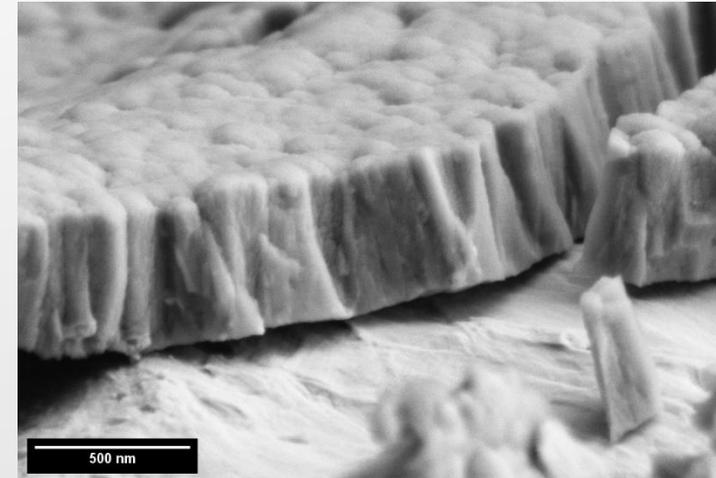
2.5µm
REM Abbildung der Anode

Besonderheiten

- Flexible Forschungsanlage für Anodenherstellung
- Komplet binderfreie Siliziumanoden für maximale Speicherkapazität
- In-Haus Batteriebau und Charakterisierung

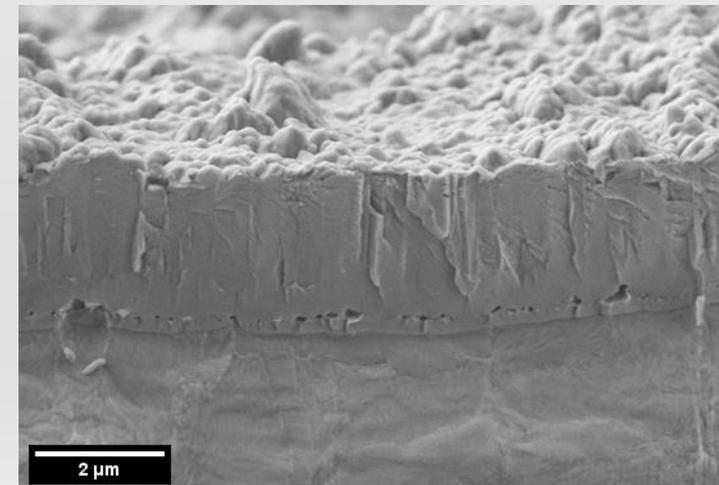
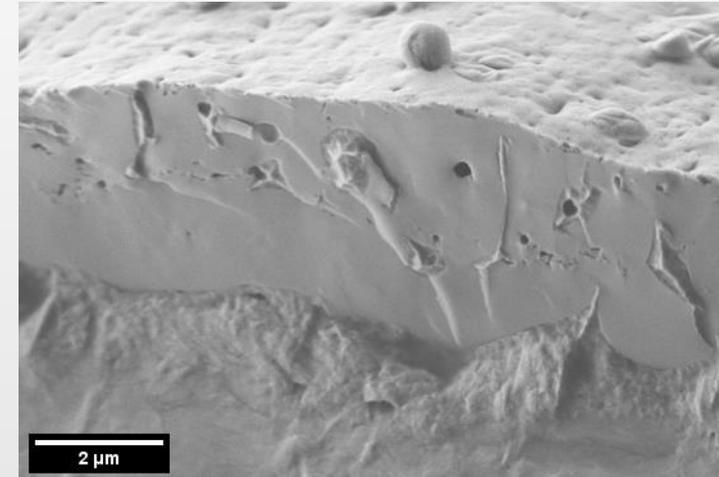
FERTIGUNG DER SI-ANODEN MITTELS BLITZLAMPE

- Erhöhung der Haftung von Si an der Oberfläche des Cu-Kollektors
- Unterschiedliche Filmstrukturen durch Variation der Blitzenergie
- Bildung von Hohlräumen durch Kirkendall Effekt
- Bildung und Stabilisierung der Cu₆Si Hoch-temperatur Phasen durch Variation der Blitzenergie
- Obwohl kein kristallines Si im XRD sichtbar ist, lässt es sich dennoch eindeutig im Raman nachweisen



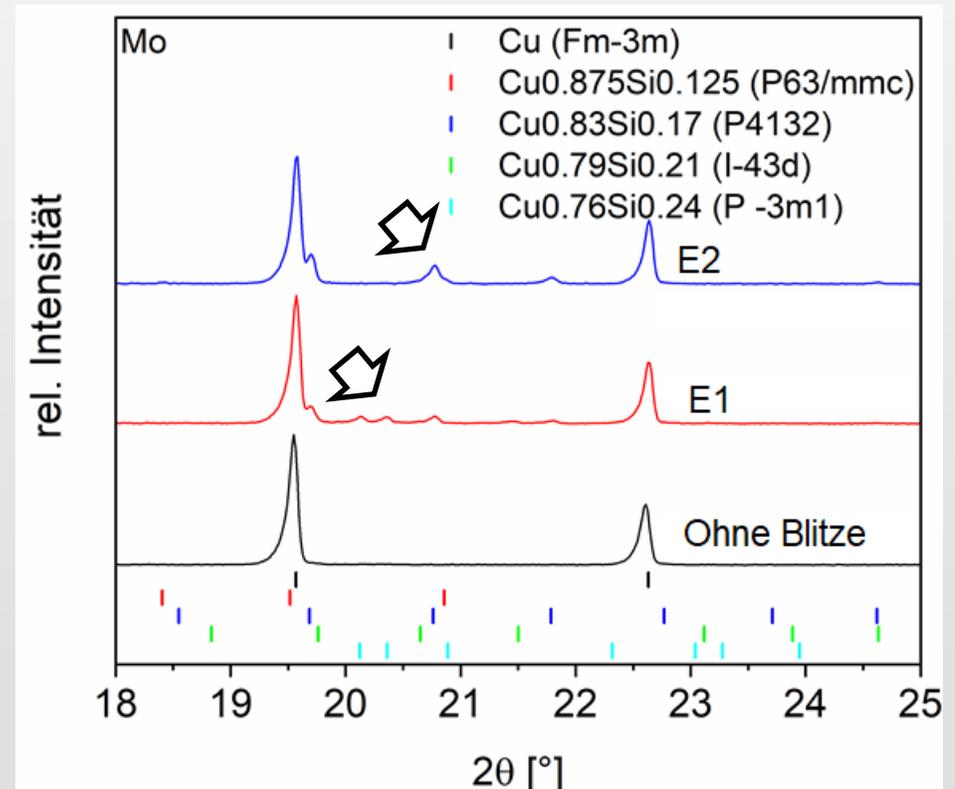
FERTIGUNG DER SI-ANODEN MITTELS BLITZLAMPE

- Erhöhung der Haftung von Si an der Oberfläche des Cu-Kollektors
- **Unterschiedliche Filmstrukturen durch Variation der Blitzenergie**
- **Bildung von Hohlräumen durch Kirkendall Effekt**
- Bildung und Stabilisierung der Cu₆Si Hoch-temperatur Phasen durch Variation der Blitzenergie
- Obwohl kein kristallines Si im XRD sichtbar ist, lässt es sich dennoch eindeutig im Raman nachweisen



FERTIGUNG DER SI-ANODEN MITTELS BLITZLAMPE

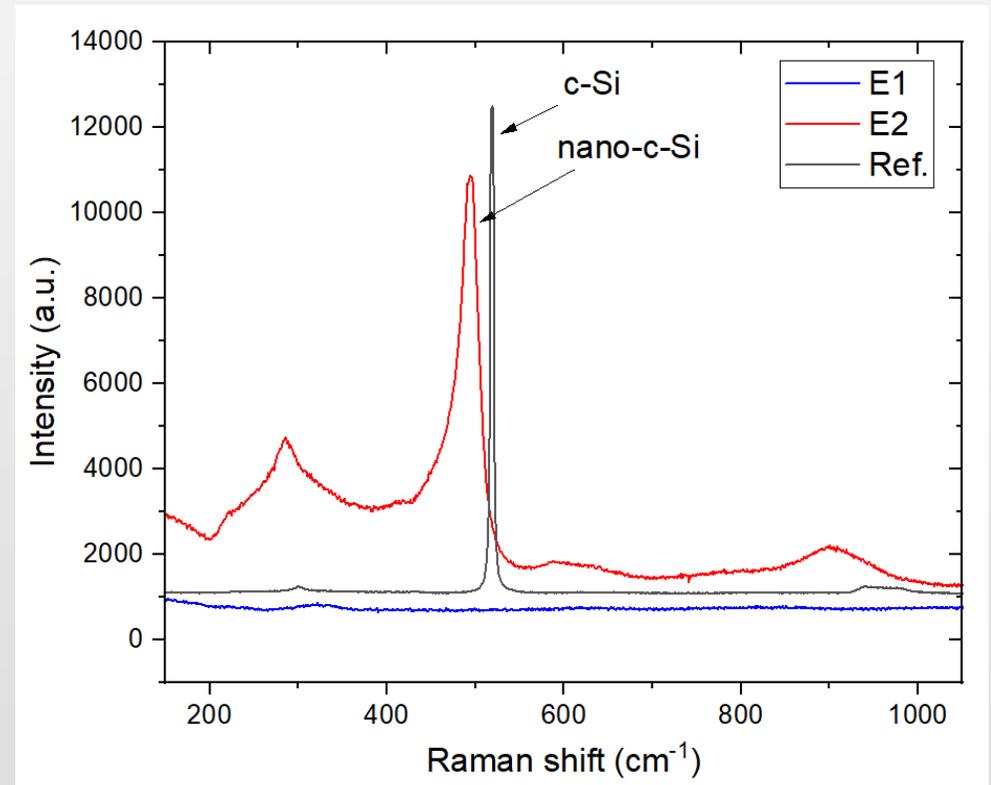
- Erhöhung der Haftung von Si an der Oberfläche des Cu-Kollektors
- Unterschiedliche Filmstrukturen durch Variation der Blitzenergie
- Bildung von Hohlräumen durch Kirkendall Effekt
- **Bildung und Stabilisierung der CuSix Hoch-temperatur Phasen durch Variation der Blitzenergie**
- Obwohl kein kristallines Si im XRD sichtbar ist, lässt es sich dennoch eindeutig im Raman nachweisen

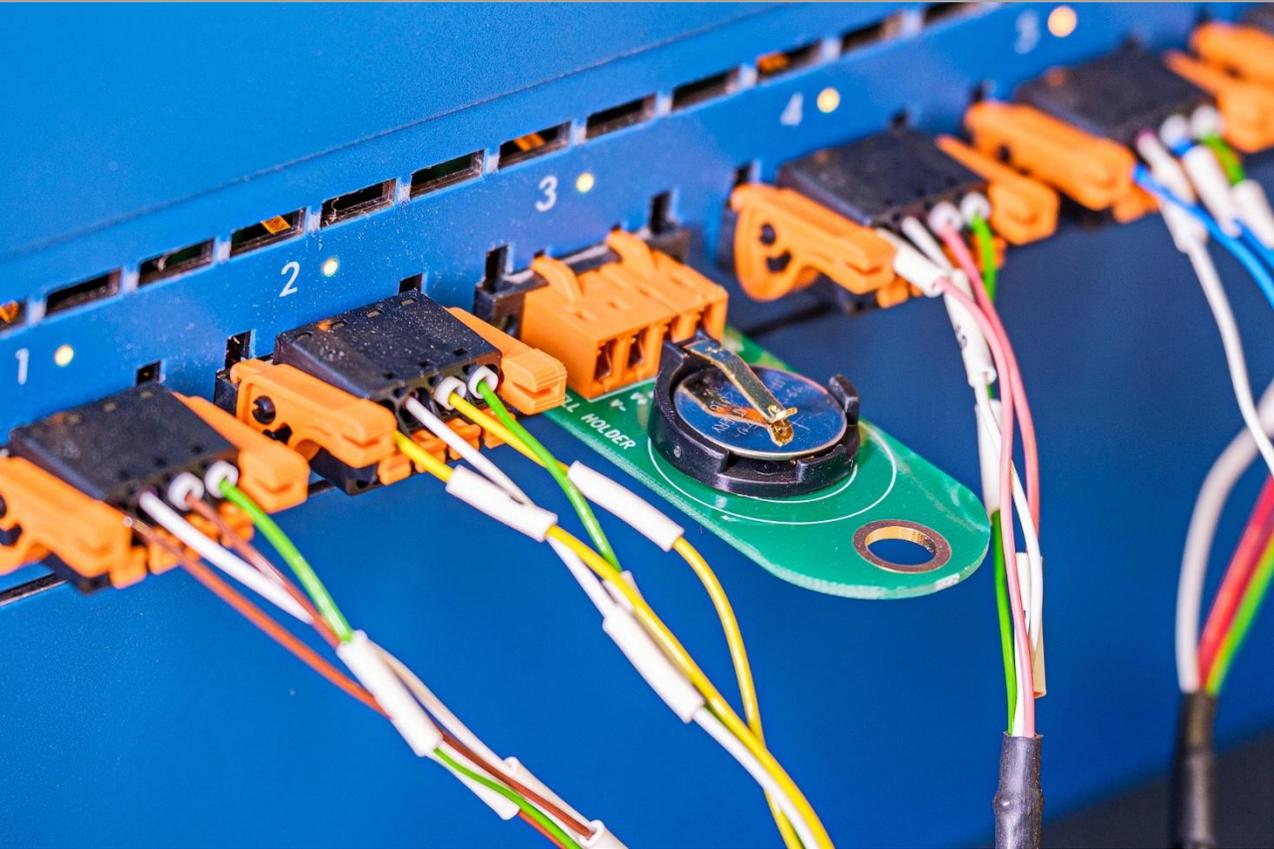


$$E1 < E2$$

FERTIGUNG DER SI-ANODEN MITTELS BLITZLAMPE

- Erhöhung der Haftung von Si an der Oberfläche des Cu-Kollektors
- Unterschiedliche Filmstrukturen durch Variation der Blitzenergie
- Bildung von Hohlräumen durch Kirkendall Effekt
- Bildung und Stabilisierung der Cu₆Si Hoch-temperatur Phasen durch Variation der Blitzenergie
- **Obwohl kein kristallines Si im XRD sichtbar ist, lässt es sich dennoch eindeutig im Raman nachweisen**





In-Haus Batterie-Charakterisierung auch unter inerten Bedingungen für schnelle Entwicklungszyklen



Aktuelle Batterieparameter

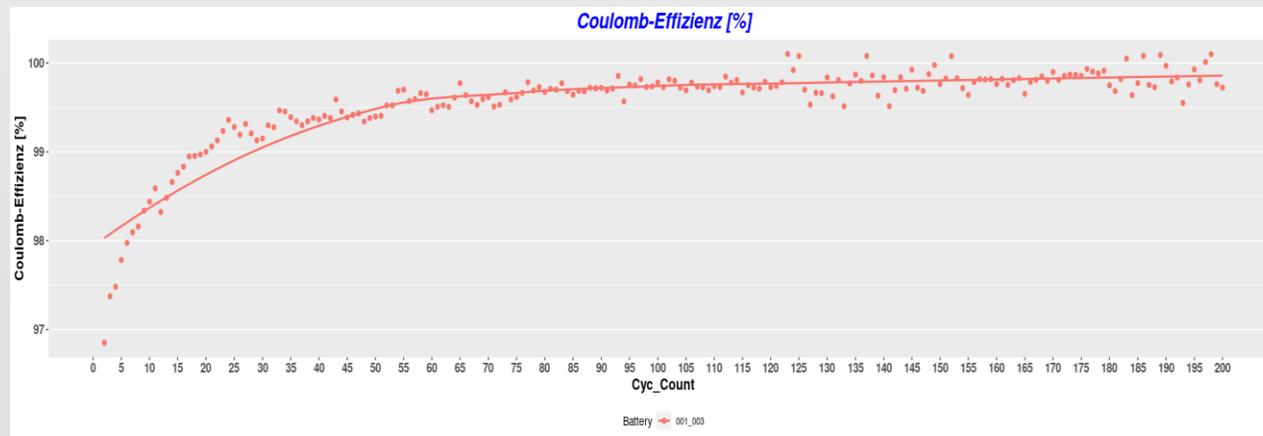
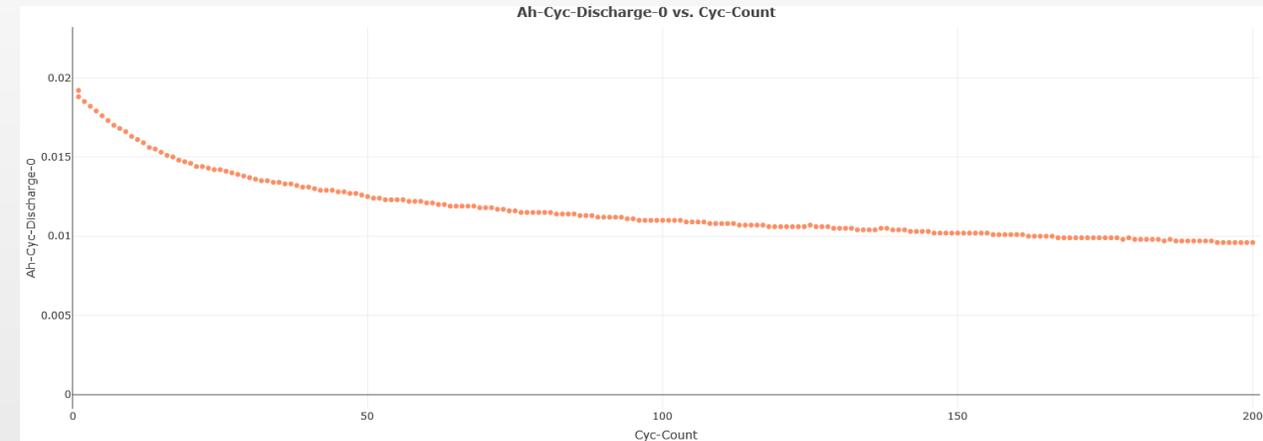
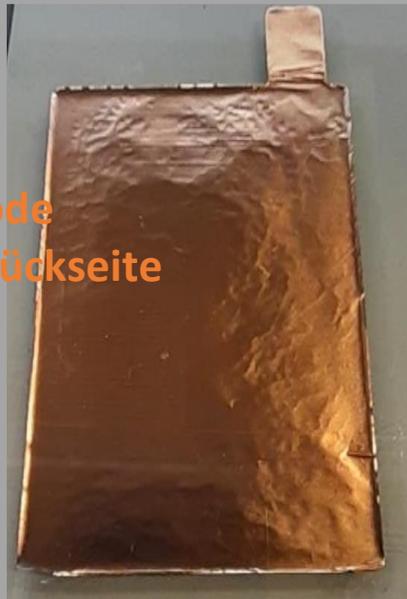
- Spannung: 3,0 – 3,95 V
- Gravimetrische Speicherdichte: 2400 mAh/g (>2 mAh/cm²)
- > 80% Restkapazität nach 100 Zyklen
- Coulomb-Effizienz ca. 99,9%

FERTIGUNG DER SI-ANODEN MITTELS BLITZLAMPE

- Externe Validierung und erster Test für Serienfertigung im Pouchzellenformat



Norcsi Anode
Vorder- /Rückseite



Erste Pouchzelle funktioniert: CYCLE LIFE TEST

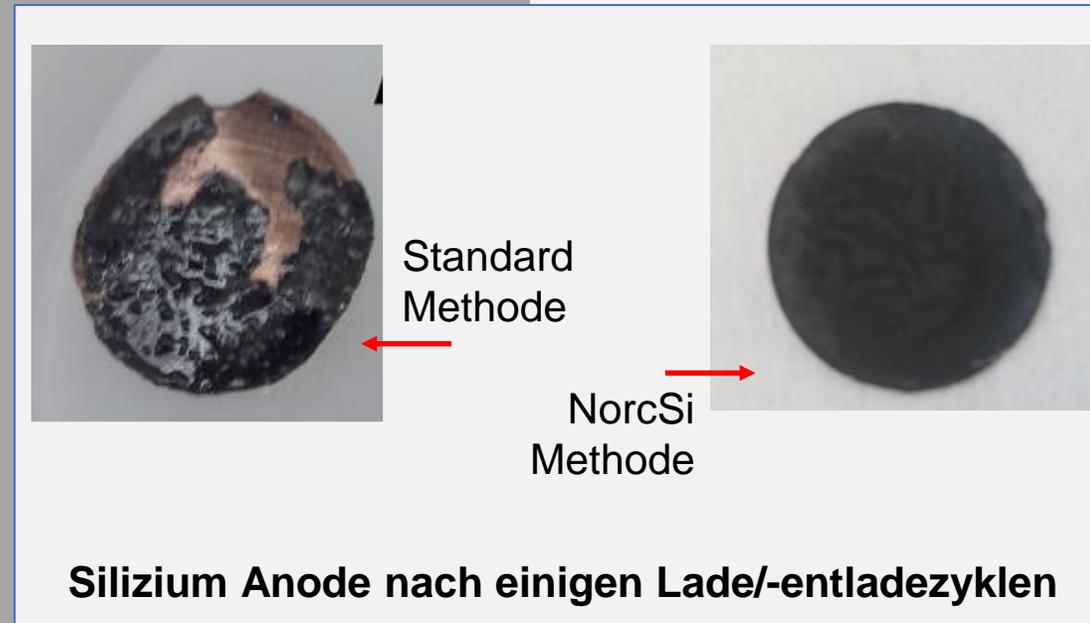
Zyklierung mit 1C/1C charge/discharge

NCM 811 Kathode

ROLLE-ZU-ROLLE PILOTANLAGE

- Rolle-zu-Rolle-Fertigung von Siliziumanoden für hohe Kosteneffizienz
- Sofortige Anpassung an die Produktion möglich
- Vollständige Überwachung der Kosten für konkurrenzfähige $\$/\text{kWh}$

Die Nanostruktur durch unseren Blitzlampenprozess hält die Anode stabil– Durchbruch in der Anodenfertigung!



Kein Ablösen von Kupferfolie
 Silizium eingebettet in metallischer Struktur
 Einzellagenstruktur

- **ultrastarke Adhäsion**
- **Hohe Leitfähigkeit**
- **Simple Oberflächen Engineering**



NorcSi GmbH

Weinbergweg 23

06120 Halle (Saale)

E-Mail: info@norcsi.com

Tel.: +49 (0) 345/5702962-0

