

22.09.2022

UNTERSUCHUNGEN FÜR DEN TRANSPORT GEKÜHLTER BATTERIEN VORSTELLUNG DES NAGELTESTS

M.Sc. Nils Böttcher

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Fachbereich 3.1 Gefahrgutverpackungen



1 Herausforderung: Gekühlter Transport

2 Frage nach geeigneten Testmethoden

3 Vorstellung des Nageltests

4 Zusammenfassung und Ausblick

Herausforderung: Gekühlter Transport

Gewährleistung der Sicherheit zu jedem Zeitpunkt



Ist der Transport einer gekühlten Lithiumbatterie sicher?



Bei welcher Temperatur muss der Transport erfolgen?



Welche Tests eignen sich zur Sicherheitsbewertung des gekühlten Transports?



Was passiert, wenn die Lithiumbatterie wieder erwärmt wird?



Wie lange muss der Kältevorrat reichen?

Herausforderung: Gekühlter Transport

Ist der Transport einer gekühlten Lithiumbatterie sicher?

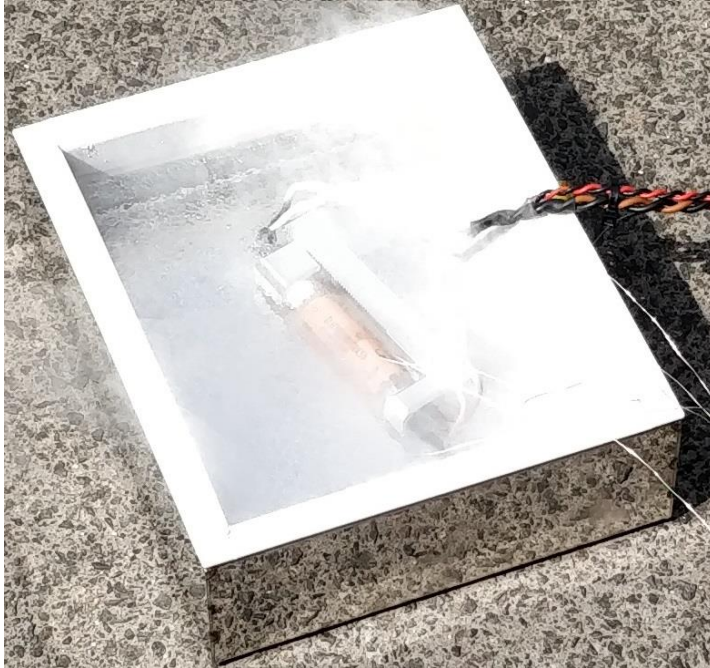
Lässt sich das
thermische
Durchgehen durch
Kühlung verhindern?

Antwort:
Das gilt es mit Hilfe
von Versuchen
herauszufinden

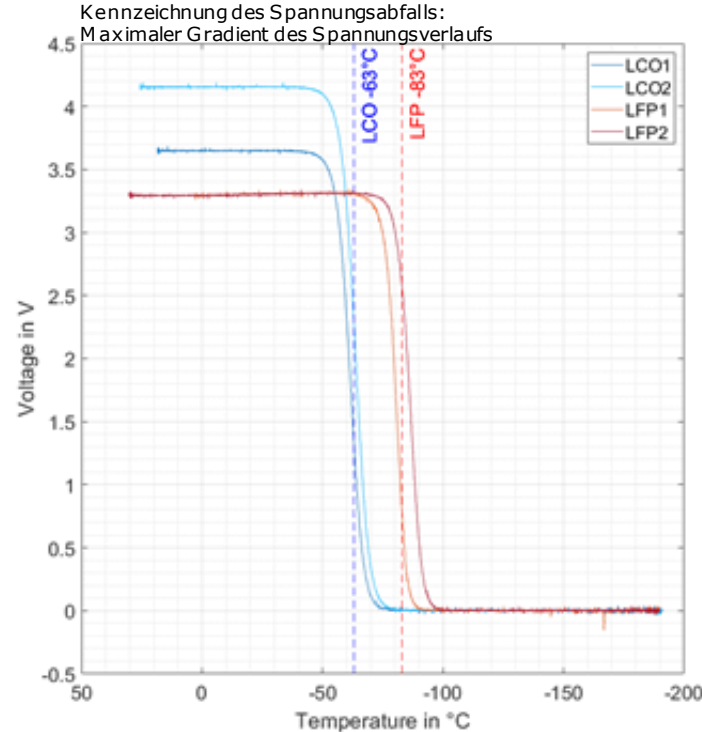
Fragestellung
Vortrag/Projekt
Was sind geeignete
Methoden dafür?

Herausforderung: Gekühlter Transport

Vorversuche: Einfrieren unterschiedlicher Zelltypen mit flüssigem Stickstoff



Batteriezelle in einem Stickstoffbad



Temperaturabhängiger
Spannungsabfall
≠ Inertisierung



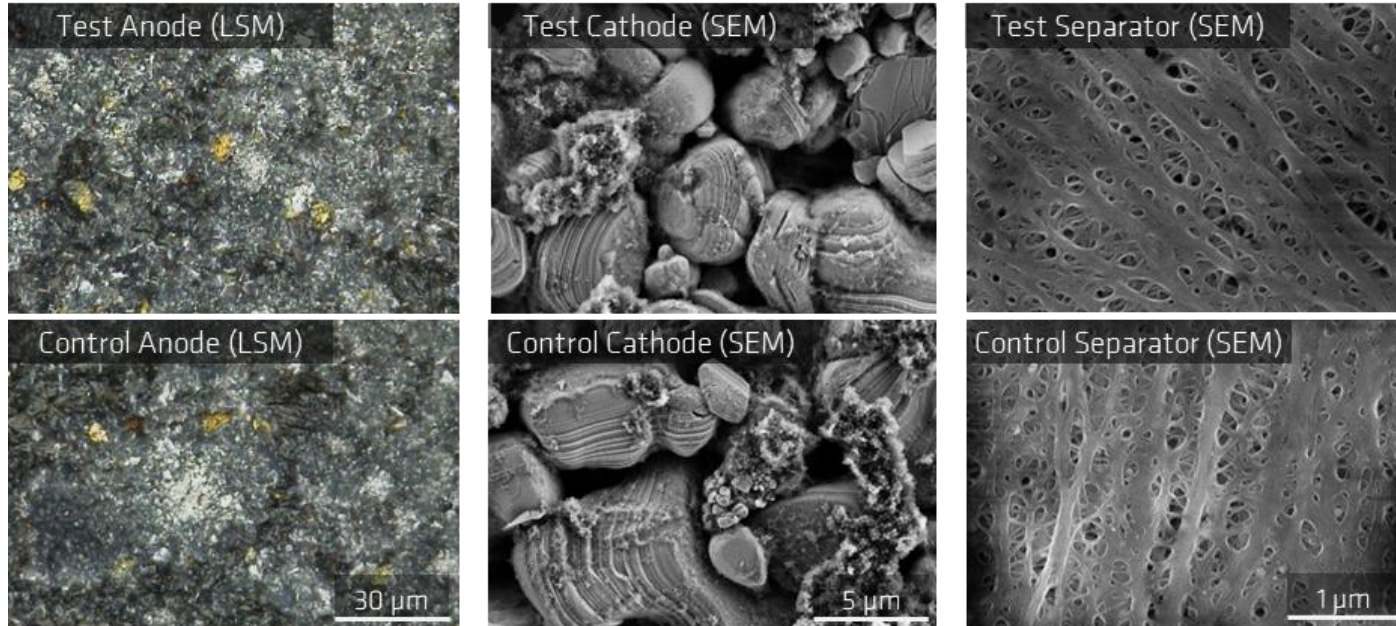
Empfohlene
Transporttemperatur?



Abhängig von
Zelltyp und Batterie

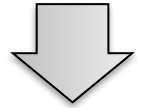
Herausforderung: Gekühlter Transport

Vergleich von LCO-Pouchzellen mit und ohne Behandlung durch flüssigen Stickstoff



Testgruppe:
5x5min LN2
behandelt

Kontrollgruppe:
ohne LN2
Behandlung



Aktuell kein
signifikanter
Unterschied
erkennbar

Quelle: Impedance analysis of Li-ion batteries after exposure to LN2, BAM PhD-Day Poster 2022, Robert Leonhardt, Nils Böttcher, Dan Hodoroaba, Anita Schmidt and Julia Kowal



1 Herausforderung: Gekühlter Transport

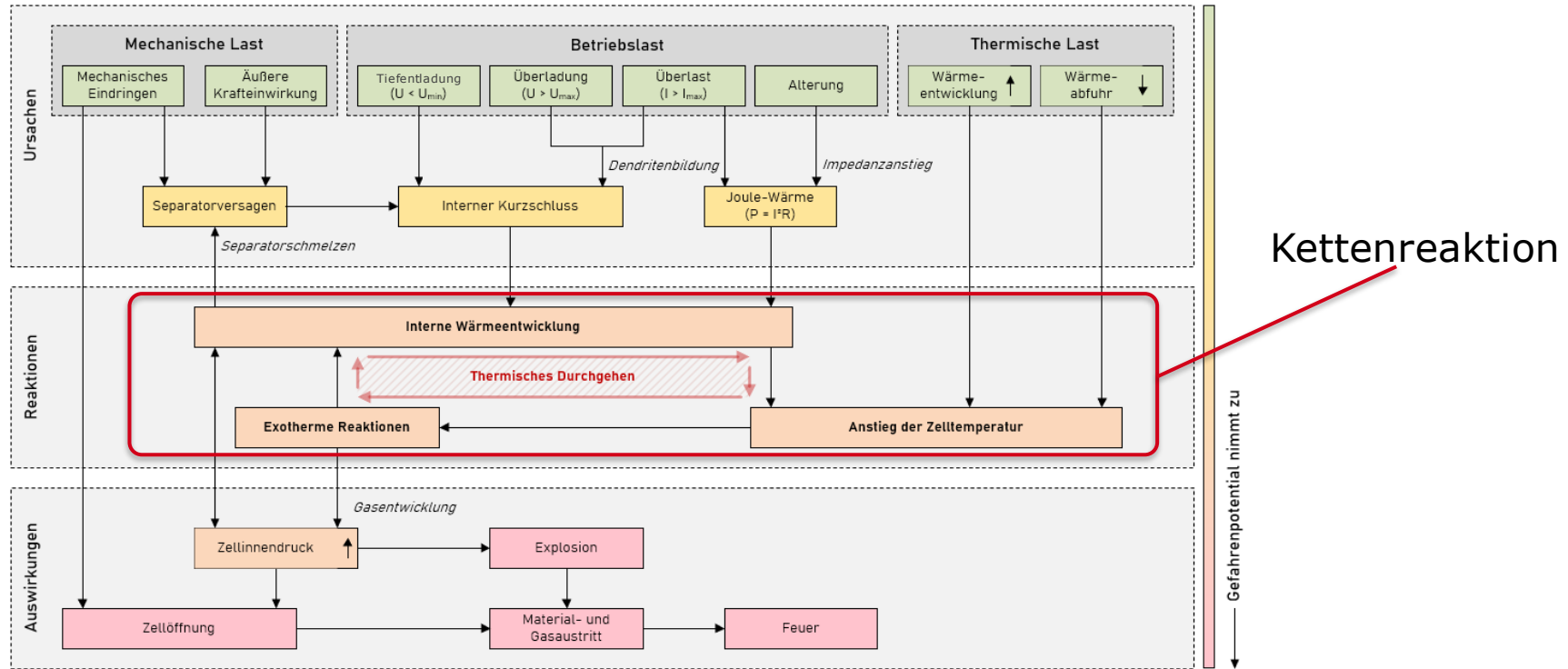
2 Frage nach geeigneten Testmethoden

3 Vorstellung des Nageltests

4 Zusammenfassung und Ausblick

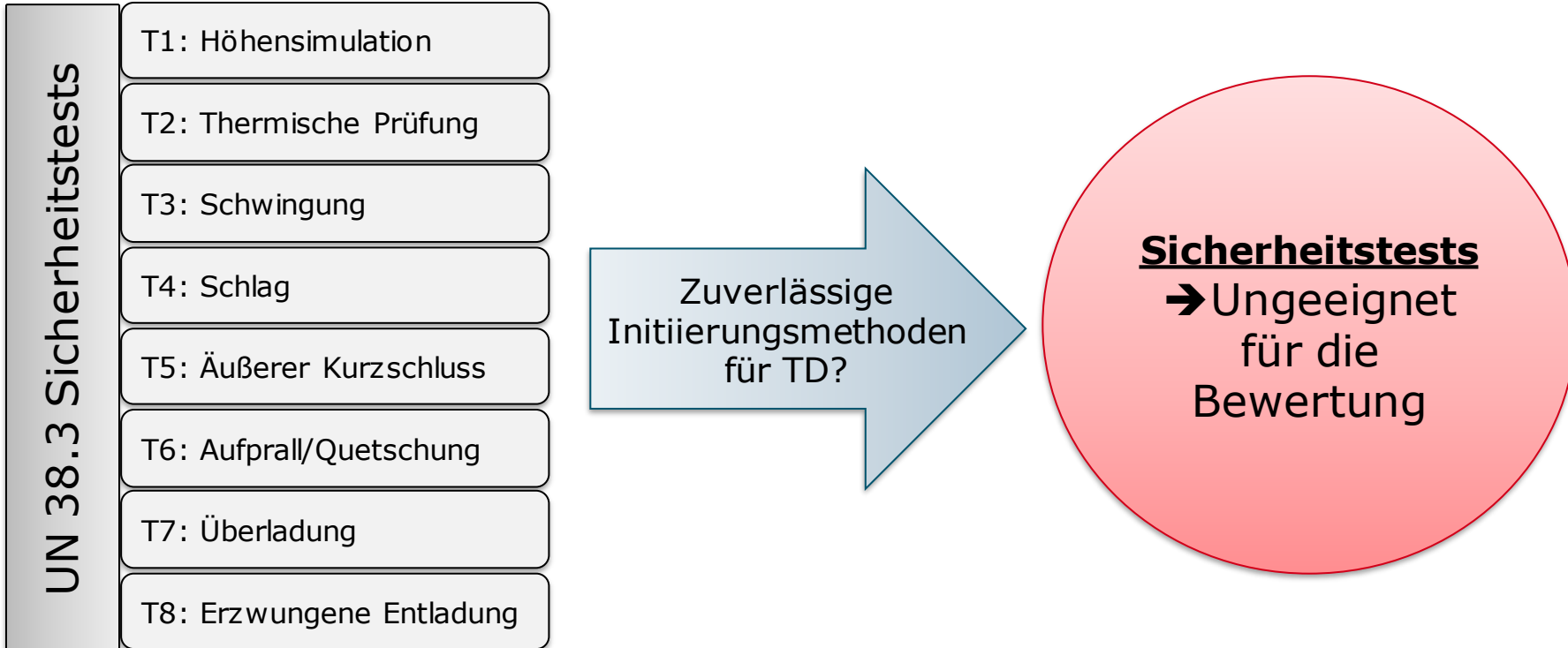
Frage nach geeigneten Testmethoden

Wie wirken die unterschiedlichen Schädigungsmechanismen?



Frage nach geeigneten Testmethoden

Klassifizierung nach UN 38.3: Für Bewertung von gekühltem Transport geeignet?



TD = Thermisches Durchgehen

Frage nach geeigneten Testmethoden

Welche Eigenschaften müssen die Testmethoden besitzen?

Sichere Initiierung des TD

Testmethode muss **wiederholbar** TD auslösen

Kein externer
Temperatureintrag

→ Thermische Schädigung ungeeignet

Elektrische Schädigung

Minimaler Temperatureintrag vorhanden → Trotzdem geeignet
Spannungsabfall bei tiefen Temperaturen beachten

Mechanische Schädigung

Zellinterne Komponenten müssen vollständig geschädigt werden

Nageltest



1 Herausforderung: Gekühlter Transport

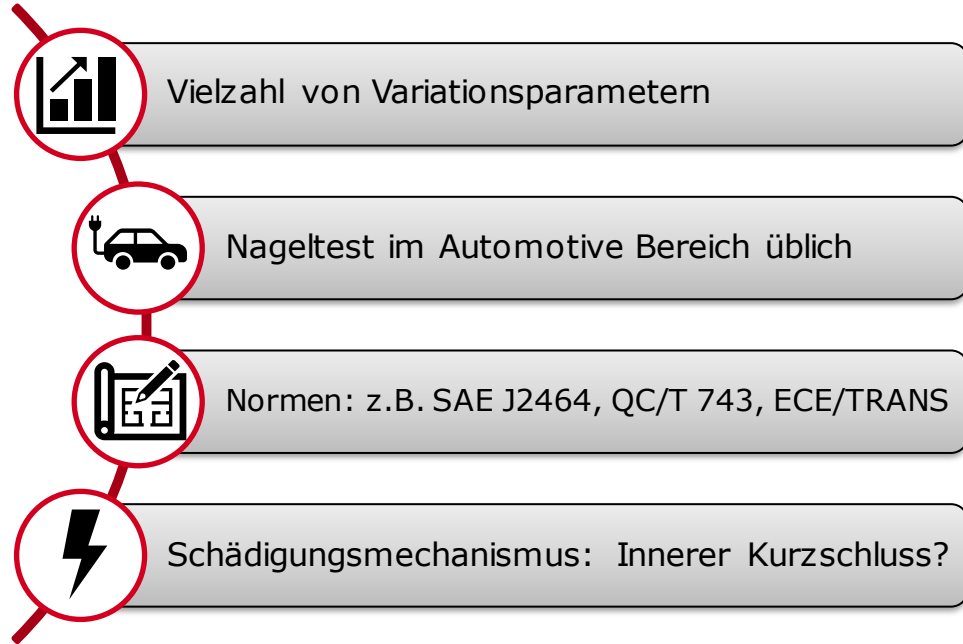
2 Frage nach geeigneten Testmethoden

3 Vorstellung des Nageltests

4 Zusammenfassung und Ausblick

Vorstellung des Nageltests

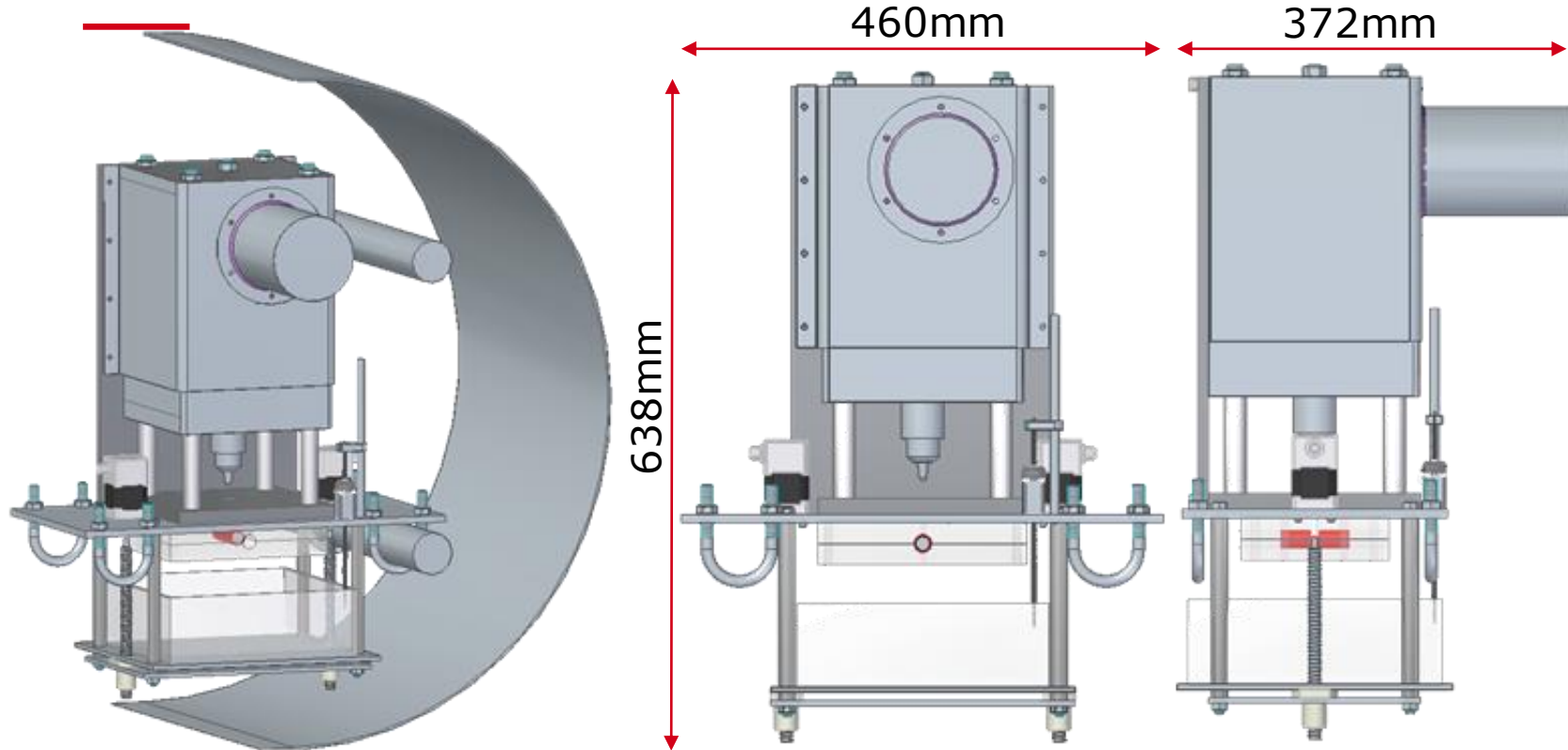
Der Nageltest: Weit verbreitet und dennoch umstritten?



Quelle YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=CugbmCSmSNY&t=408s>
abgerufen am 21.09.2022

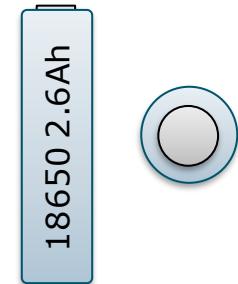
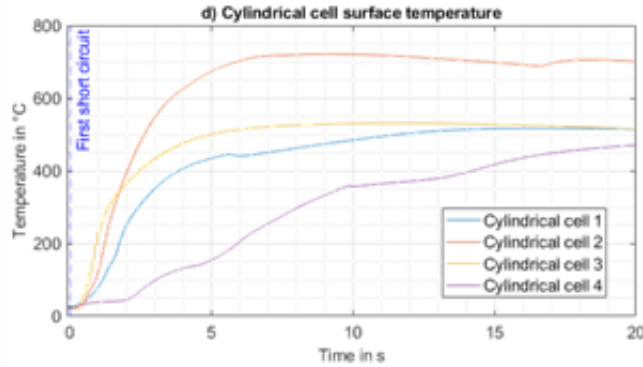
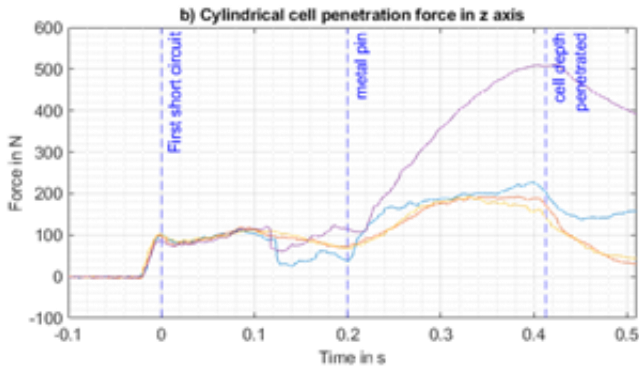
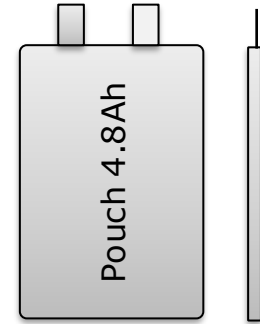
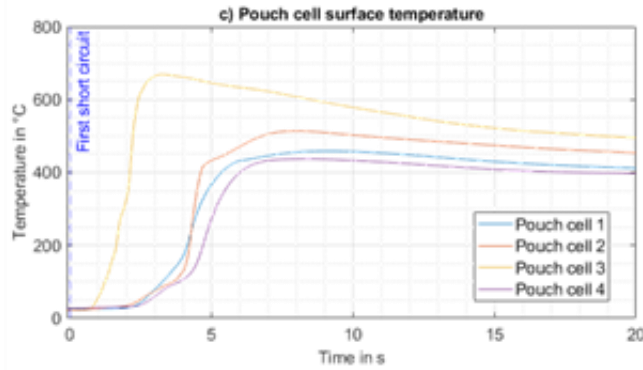
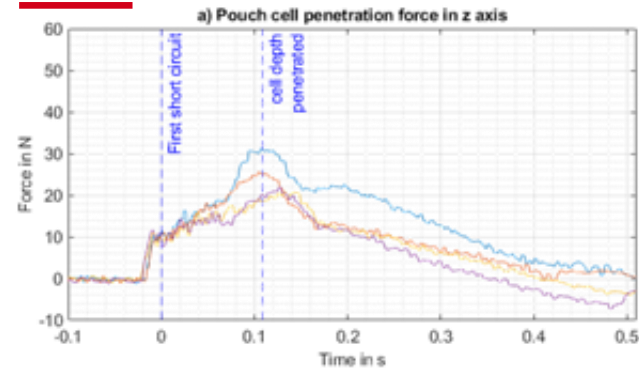
Vorstellung des Nageltests

Entwicklung eines Präzisionsnageltools



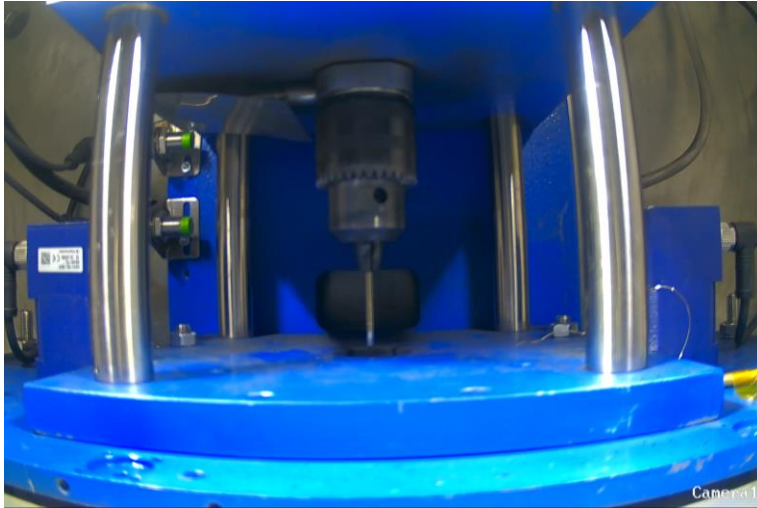
Vorstellung des Nageltests

Mehrfachuntersuchungen bei Raumtemperatur zur Untersuchung der Wiederholbarkeit

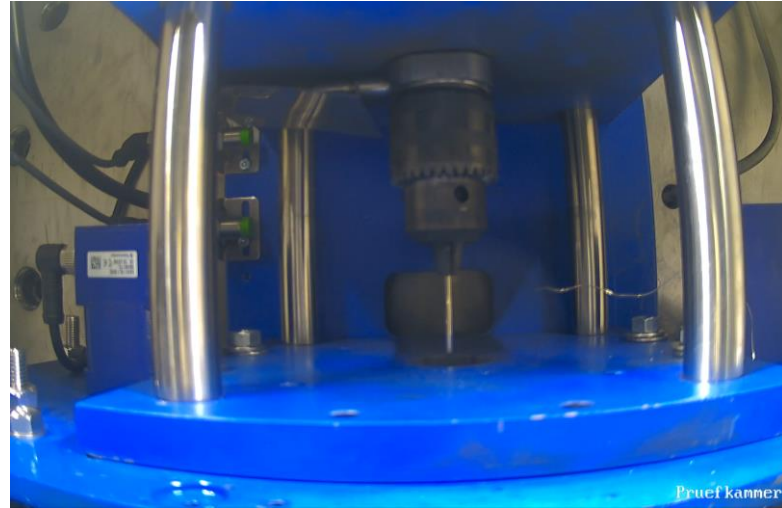


Vorstellung des Nageltests

Reaktionen des gleichen Zelltyps (NMC 18650) bei unterschiedlichen Versuchstemperaturen



Starttemperatur 18°C

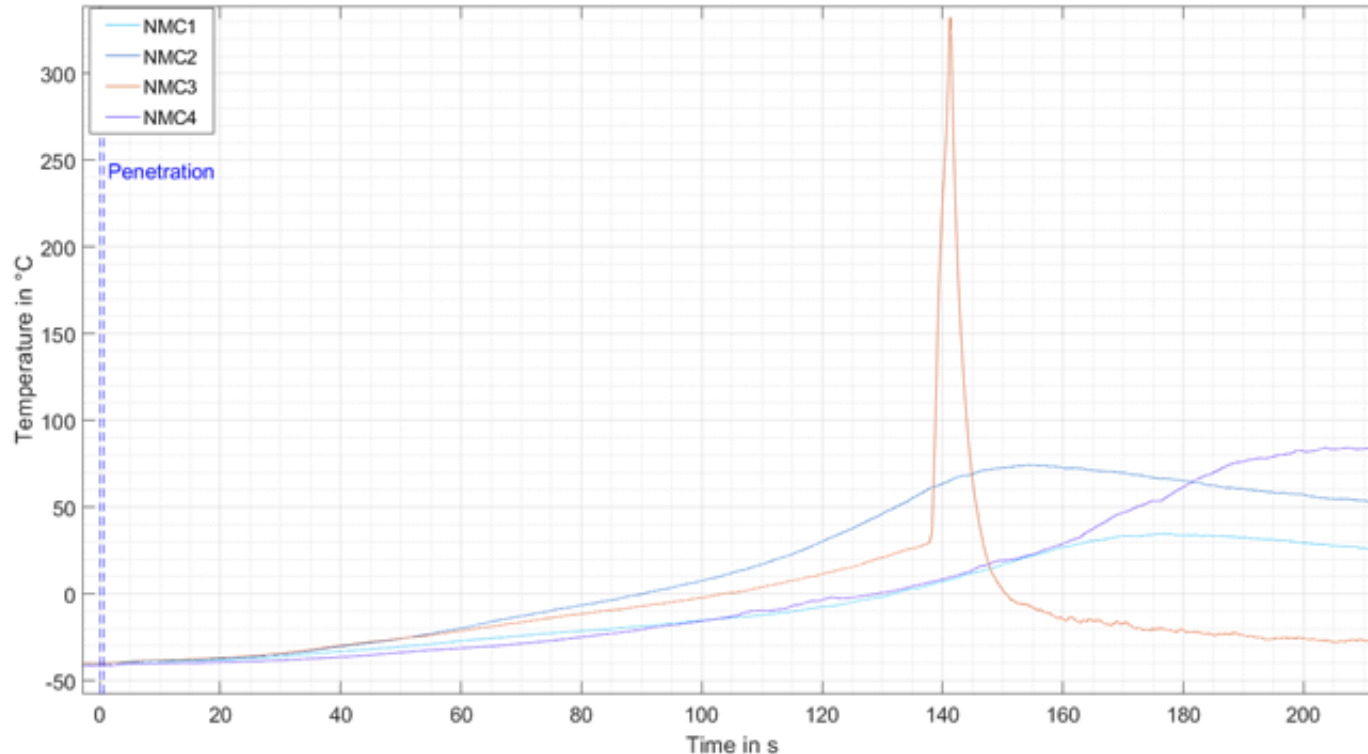


Starttemperatur -40°C

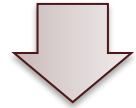
18650 2.6Ah

Vorstellung des Nageltests

Wie verhalten sich Batteriezellen, wenn sie nach der Schädigung wieder erwärmt werden?



Kann zum
TD führen



Herausforderung
Entsorgung
und Recycling



1 Herausforderung: Gekühlter Transport

2 Frage nach geeigneten Testmethoden

3 Vorstellung des Nageltests

4 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

Gewährleistung der Sicherheit zu jedem Zeitpunkt



Ist der Transport einer gekühlten Lithiumbatterie sicher?



Bei welcher Temperatur muss der Transport erfolgen?



Welche Tests eignen sich zur Sicherheitsbewertung des gekühlten Transports?



Was passiert, wenn die Lithiumbatterie wieder erwärmt wird?



Wie lange muss der Kältevorrat reichen?

Zusammenfassung und Ausblick

Wie geht's weiter?



Durch Kühlen kann das TD unterdrückt werden.

Weiterführende Untersuchungen zur Inertisierung notwendig.



Es gibt keine universelle Transporttemperatur.

Zell- und batteriespezifische Abhängigkeiten, z.B. Tieftemperaturzellen



Der Nageltest hat sich als gute Wahl zum Triggern des TD erwiesen.

Weitere Tests z.B. elektrische Schädigung folgen



Das Auftauen von gekühlt transportierten Zellen kann zum TD führen.

Die Kühlkette muss gewährleistet sein



Kältemenge muss ausreichend sein, damit der Transport in jedem Fall sein Ziel gekühlt erreicht. **Tests zu Vorkühlzeiten etc. folgen**

Sicherheit in Technik und Chemie

28.04.2022

VIELEN DANK

M.Sc. Nils Böttcher

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Nils.Boettcher@bam.de

030 8104-3123

www.bam.de