

KUNDENBERICHT

VTT-CR-00092-26

Donut Lab Festkörperbatterie V1 Ladeleistungs-Test

Autoren: Jari Haavisto
Ari Hentunen

Vertraulichkeit: VTT Confidential

Version: 9.2.2026

Berichtstitel

Donut Lab Festkörperbatterie V1 – Ladeleistungs-Test

Kunde, Ansprechpartner, Adresse	Auftragsreferenz
Donut Lab – NNG, Ville Piippo, Tallberginkatu 2 A 13, 00180 Helsinki	
Projektname	Projektnummer/Kurzname
Solid-State Battery Performance Test	144511 / SSB Performance Test

Zusammenfassung

Ziel des Projekts war die Durchführung unabhängiger Ladeleistungstests an den vom Kunden gelieferten Energiespeichern, die der Kunde als Festkörperbatteriezellen bezeichnete. Auf Basis der Ergebnisse des initialen Kapazitätstests innerhalb des empfohlenen Spannungsbereichs wurde die Nennkapazität auf 26 Ah festgelegt.

Die Zelle wurde mit einer 5C-Rate (d. h. 130 A) geladen, bis die maximale Ladespannung von 4,3 V erreicht war, gefolgt von einer Konstantspannungsladung bei 4,3 V, bis eine Ladekapazität von 26 Ah erreicht wurde. Die Zelle wurde außerdem mit einer 11C-Rate (d. h. 286 A) nach demselben Verfahren geladen: Konstantstromladung bis 4,3 V, anschließend Konstantspannungsladung bis 26 Ah.

Der Test wurde mit einseitigen und beidseitigen Kühlkörpern durchgeführt, um unterschiedliche Stufen des thermischen Managements zu simulieren, die mit realen Anwendungen vergleichbar sind. Vor und nach jeder Ladung wurde die Zelle mit 1C entladen, bis die Spannung 2,7 V erreichte, um die Kapazität zu messen und ein konsistentes Ausgangsniveau sicherzustellen.

Espoo 9.2.2026

Verfasst von

Jari Haavisto
Research Engineer

Geprüft von

Mikko Pihlatie
Research Professor**Vertraulichkeit** VTT Confidential**Kontaktadresse von VTT**

Tekniikantie 21, 02150 Espoo, Finland

Verteilung (Kunde und VTT)

Ein Exemplar an den Kunden, ein Exemplar an das VTT-Register

Die Verwendung des Namens VTT Technical Research Centre of Finland Ltd in Werbung oder Veröffentlichung von Teilen dieses Berichts ist nur mit schriftlicher Genehmigung von VTT Technical Research Centre of Finland Ltd zulässig.

Approval

VTT TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND LTD

Datum: 09.02.2026

Unterschrift:

Name: Petri Söderena

Titel: Vice President, Transport technologies

Inhalt

1. Beschreibung und Ziele	4
2. Methoden.....	6
2.1 Initialer Kapazitätstest und Referenzzyklus (#1, #4).....	6
2.2 Schnellladetest mit 5C-Strom (#2, #5)	7
2.3 Schnellladetest mit 11C-Strom (#3, #6, #7).....	7
3. Ergebnisse.....	7
3.1 Initialer Kapazitätstest und Referenzzyklus.....	7
3.2 Schnellladetest mit 5C-Strom.....	8
3.3 Schnellladetest mit 11C-Strom.....	10
4. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung	12

1. Beschreibung und Ziele

Ziel des Projekts war die Durchführung unabhängiger Ladeleistungstests an den vom Kunden gelieferten Energiespeichern, die der Kunde als Festkörperbatteriezellen bezeichnete. Die Spezifikation des Prüflings ist in Tabelle 1 dargestellt. Alle in diesem Bericht beschriebenen Tests wurden an derselben Zelle gemäß dem Testplan des Kunden durchgeführt. Die Tests wurden mit einem PEC ACT0550 Batterietester durchgeführt, wobei die Zelle in einer Klimatestkammer platziert war. Die Spezifikation der Testausrüstung ist in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 1. Vorläufige Spezifikation des Prüflings, vom Kunden angegeben.

Typ der Zelle	Donut Solid State Battery V1
Nennkapazität	26 Ah bei 1C (Standardentladung)
Nennspannung	3,6 V
Nennenergie	94 Wh
Empfohlene Spannung	2,7–4,15 V
Standard-Ladeverfahren	CC–CV @ 1C, 4,15 V, CV-Abschaltstrom 0,05C
Maximale Ladespannung	4,3 V

Tabelle 2. Spezifikation der Testausrüstung.

Produkt	PEC ACT0550 Batteriezellentester, 80 Kanäle
Ausgangsspannung	0–5 VDC
Genauigkeit Spannungsmessung	0,005 % fsd
Auflösung Spannungsmessung	1,9 μ V
Automatisch umgeschaltete Strombereiche	0–50 mA, 50–500 mA, 0,5–5 A, 5–50 A
Genauigkeit Strommessung	0,03 % fsd (je Strombereich)
Auflösung Strommessung	8 μ A

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Stromkabel wurden über vernickelte Kupferschienen an den Laschen befestigt und mit Schrauben und Muttern gesichert. Spannungsmessleitungen mit Ringkabelschuhen wurden auf der gegenüberliegenden Seite angeschlossen. Temperatursensoren wurden so nah wie möglich an den Laschen positioniert. Der Sensor für die Zelloberflächentemperatur wurde unter der gefalteten Naht an der Seite der Zelle so platziert, dass er nicht in direktem Kontakt mit den Kühlkörpern stand.



Figure 1. Cell was placed between heat sinks (top image, two-sided heat sink) or on top of a single heat sink (bottom image, one-sided heat sink), with temperature sensors attached to the tabs and under the folded seam on the side.

Abbildung 1. Die Zelle wurde zwischen Kühlkörpern platziert (oberes Bild, beidseitiger Kühlkörper) bzw. auf einen einzelnen Kühlkörper (unteres Bild, einseitiger Kühlkörper), mit Temperatursensoren an den Laschen und unter der gefalteten Naht an der Seite.

Durchgeführte Tests für die Zelle:

1. Initialer Kapazitätstest mit beidseitigen Kühlkörpern
2. Schnellladetest mit 5C-Strom mit beidseitigen Kühlkörpern
3. Schnellladetest mit 11C-Strom mit beidseitigen Kühlkörpern
4. Referenzzyklus mit 1C-Strom mit einseitigem Kühlkörper
5. Schnellladetest mit 5C-Strom mit einseitigem Kühlkörper
6. Schnellladetest mit 11C-Strom mit einseitigem Kühlkörper
7. Schnellladetest mit 11C-Strom mit einseitigem Kühlkörper

2. Methoden

2.1 Initialer Kapazitätstest und Referenzzyklus (#1, #4)

Start: Die Zelle wurde mit 24 A geladen, bis die höchste empfohlene Spannung von 4,15 V erreicht war, gefolgt von einer Konstantspannungs-Ladung bei 4,15 V, bis der Strom auf 1,2 A abfiel.

Zyklus 1: Nach einer einstündigen Ruhephase wurde die Zelle mit 24 A entladen, bis die Spannung 2,7 V erreichte, gefolgt von einer weiteren einstündigen Ruhephase. Die Zelle wurde anschließend erneut mit 24 A bis 4,15 V geladen, gefolgt von Konstantspannungs-Ladung bei 4,15 V, bis der Strom auf 1,2 A abfiel.

Zyklus 2: Nach einer einstündigen Ruhephase wurde die Zelle mit 24 A entladen, bis 2,7 V erreicht waren, gefolgt von einer einstündigen Ruhephase.

eached, followed by a one-hour idle period.

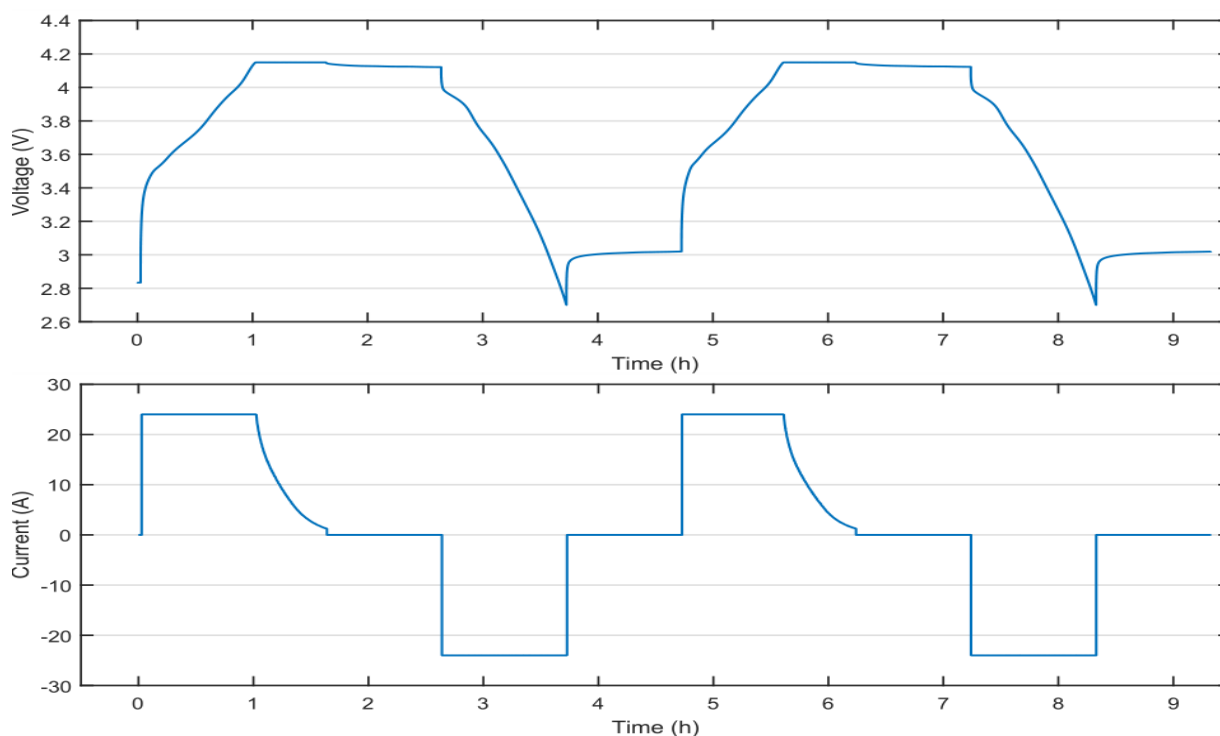


Abbildung 2. Spannungs- und Stromprofil aus dem initialen Kapazitätstest.

Basierend auf dem initialen Kapazitätstest wurde die Nennkapazität auf 26 Ah bestimmt (Details in Abschnitt 3.1).

Der Referenzzyklus wurde vor Test #5 als Referenz mit einseitigem Kühlkörper durchgeführt: Die Zelle wurde mit 1C (26 A) geladen, bis die höchste empfohlene Spannung von 4,15 V erreicht war. Danach wurde Konstantspannungs-Ladung bei 4,15 V angewendet, bis der Strom auf 1,3 A abfiel. Nach einer einstündigen Ruhephase wurde die Zelle mit 1C (26 A) entladen, bis die Spannung 2,7 V erreichte (Standardladeverfahren).

2.2 Schnellladetest mit 5C-Strom (#2, #5)

Die Zelle wurde mit einer 5C-Rate (130 A) geladen, bis die maximale Ladespannung von 4,3 V erreicht war, gefolgt von Konstantspannungs-Ladung bei 4,3 V, bis insgesamt 26 Ah geliefert waren. Nach einer einstündigen Ruhephase wurde die Zelle mit 1C (26 A) entladen, bis die Spannung 2,7 V erreichte. Der Test wurde bei Raumtemperatur mit einseitigen und beidseitigen Kühlkörpern durchgeführt, um unterschiedliche Stufen des thermischen Managements zu simulieren. Nach der 5C-Ladung wurde die Zelle erneut nach Standardverfahren entladen, um zu verifizieren, dass die volle geladene Kapazität verfügbar war und dass das Verhältnis geladene Kapazität zu Nennkapazität als Ladezustand (SOC) interpretiert werden kann.

2.3 Schnellladetest mit 11C-Strom (#3, #6, #7)

Die Zelle wurde mit 11C (286 A) geladen, bis die maximale Ladespannung von 4,3 V erreicht war, gefolgt von Konstantspannungs-Ladung bei 4,3 V, bis insgesamt 26 Ah geliefert waren. Nach einer einstündigen Ruhephase wurde die Zelle mit 1C (26 A) entladen, bis die Spannung 2,7 V erreichte. Der Test wurde bei Raumtemperatur durchgeführt. Nach der 11C-Ladung wurde die Zelle erneut nach Standardverfahren entladen, um zu verifizieren, dass die volle geladene Kapazität verfügbar war und dass das Verhältnis geladene Kapazität zu Nennkapazität als SOC interpretiert werden kann.

3. Ergebnisse

3.1 Initialer Kapazitätstest und Referenzzyklus

Während der Tests #1 und #4 war die Zelle in einer nicht betriebenen Klimatestkammer platziert, und die Kammertür blieb teilweise geöffnet. Die gemessene Kapazität für jeden Zyklus ist in Tabelle 3 angegeben. Der Referenzzyklus wurde mit einseitigem Kühlkörper durchgeführt.

Tabelle 3. Gemessene Kapazität und Energie aus dem initialen Kapazitätstest und dem Referenzzyklus.

	Entladekapazität	Ladekapazität	Entladeenergie	Ladeenergie
Zyklus 1	26.109 Ah	26.159 Ah	91.021 Wh	100.793 Wh
Zyklus 2	26.125 Ah		91.118 Wh	
Referenz	26.520 Ah	26.068 Ah	92.511 Wh	100.375 Wh

3.2 Schnellladetest mit 5C-Strom

Während Test #2 (der erste 5C-Schnellladetest) wurde die Zelle zwischen zwei Kühlkörpern platziert. Die anfängliche Oberflächentemperatur der Zelle betrug 23,4 °C, und die höchste während des Tests aufgezeichnete Temperatur betrug 47 °C. Dieser Test wurde nach dem initialen Kapazitätstest durchgeführt, der mit einer Standardentladung endete.

Während Test #5 (der zweite 5C-Schnellladetest) wurde die Zelle auf einen einzelnen Kühlkörper gelegt. Die anfängliche Oberflächentemperatur der Zelle betrug 27 °C, und die höchste aufgezeichnete Temperatur betrug 61,5 °C. Dieser Test wurde nach dem ersten 11C-Schnellladetest und einem vollständigen 1C-Referenzzyklus durchgeführt, der mit einer Standardentladung endete.

Kapazitäts- und Energieergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt. Ladezeiten sind in Tabelle 5 angegeben. Die Messkurven sind in Abbildung 3 dargestellt.

Tabelle 4. Gemessene Kapazität und Energie aus dem 5C-Schnellladetest.

	Entladekapazität	Ladekapazität	Entladeenergie	Ladeenergie
Test #2	26.001 Ah	26.004 Ah	90.540 Wh	106.303 Wh
Test #5	26.039 Ah	26.004 Ah	90.582 Wh	103.956 Wh

Tabelle 5. Ladezeiten von 0 % auf 80 %, 90 % und 100 % SOC aus dem 5C-Schnellladetest.

	Ladezeit 0–80 %	Ladezeit 0–90 %	Ladezeit 0–100 %
Test #2	573 s	677 s	813 s
Test #5	569 s	642 s	735 s

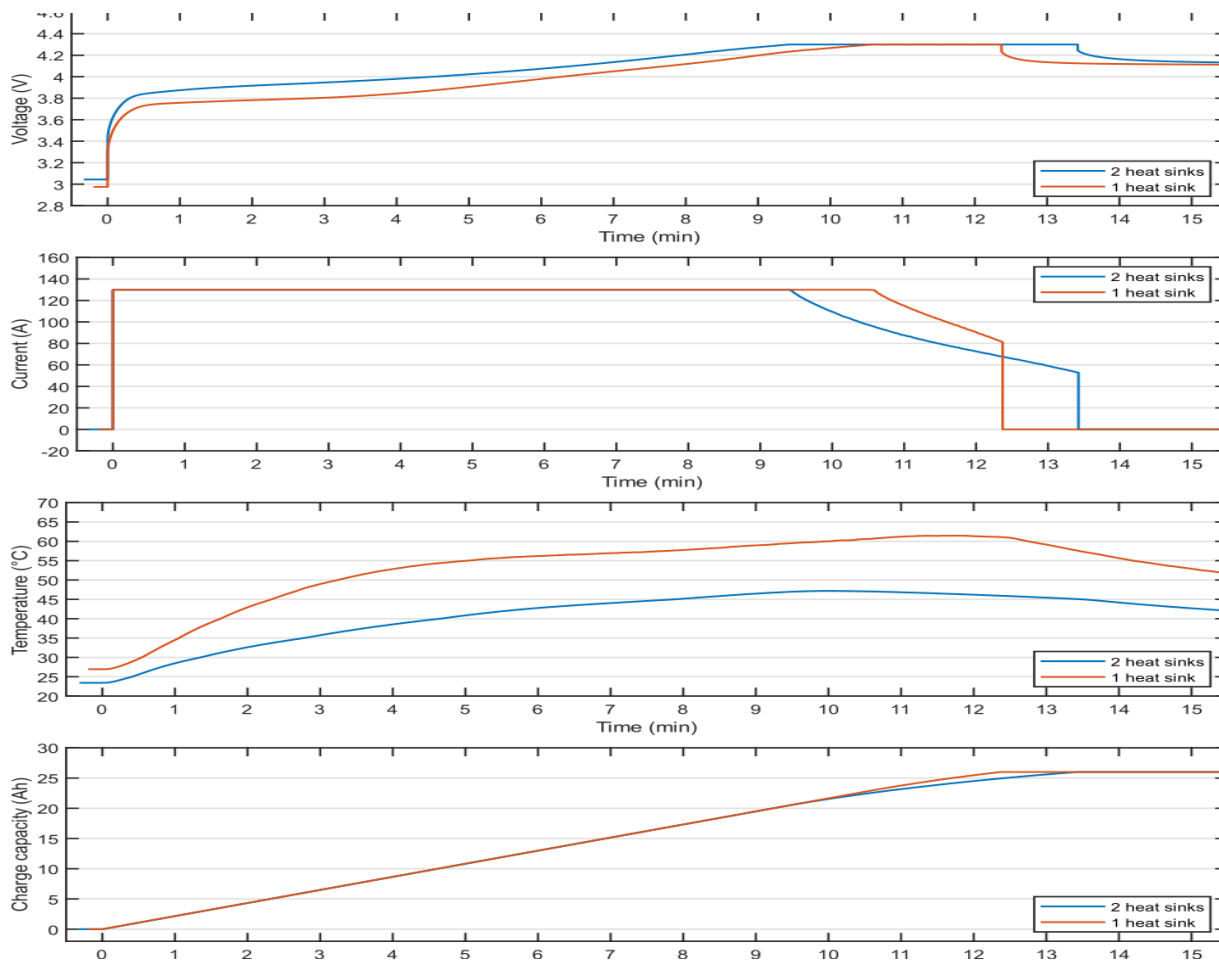


Abbildung 3. Diagramme von Spannung, Strom, Zelloberflächentemperatur und Ladekapazität während der 5C-Ladetests. Blaue Kurven: Test mit zwei Kühlkörpern; rote Kurven: Test mit einem Kühlkörper.

3.3 Schnellladetest mit 11C-Strom

Während Test #3 (der erste 11C■Ladetest) wurde die Zelle zwischen zwei Kühlkörpern platziert. Die anfängliche Oberflächentemperatur betrug 26,5 °C, die höchste während des Tests aufgezeichnete Temperatur 63 °C. Dieser Test folgte dem 5C■Schnellladetest, der mit einer Standardentladung endete.

Während Test #6 (der zweite 11C■Ladetest) wurde die Zelle auf einen einzelnen Kühlkörper gelegt. Der erste Versuch wurde abgebrochen, als die Oberflächentemperatur die Sicherheitsgrenze von 90 °C erreichte. Nach einer vierminütigen Abkühlphase wurde der Test fortgesetzt. Anschließend wurde die Zelle auf dem Kühlkörper fixiert, um den thermischen Kontakt und damit die Wärmeübertragung zu verbessern. Der Test wurde wiederholt, nachdem die Zelle ausreichend entladen und abgekühlt war.

Während Test #7 (der dritte 11C■Ladetest) wurde die Zelle auf einen einzelnen Kühlkörper gelegt. Die anfängliche Oberflächentemperatur betrug 27 °C, die höchste aufgezeichnete Temperatur 89 °C. Dieser Test wurde nach dem vorherigen Lauf durchgeführt, der mit einer Standardentladung endete.

Kapazitäts■ und Energieergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt; Ladezeiten in Tabelle 7. Die gemessenen Größen Spannung, Strom, Zelloberflächentemperatur und Ladekapazität in den 11C■Tests sind in Abbildung 4 dargestellt.

Tabelle 6. Gemessene Kapazität und Energie aus dem 11C■Schnellladetest.

	Entladekapazität	Ladepkapazität	Entladeenergie	Ladeenergie
Test #3	25.894 Ah	26.004 Ah	90.200 Wh	109.563 Wh
Test #6	25.592 Ah	26.004 Ah	88.925 Wh	107.702 Wh
Test #7	25.731 Ah	26.004 Ah	89.229 Wh	108.735 Wh

Tabelle 7. Ladezeiten von 0 % auf 80 %, 90 % und 100 % SOC aus dem 11C■Schnellladetest.

	Ladezeit 0–80 %	Ladezeit 0–90 %	Ladezeit 0–100 %
Test #3	293 s	366 s	477 s
Test #6	267 s	k.■A.	k.■A.
Test #7	276 s	338 s	438 s

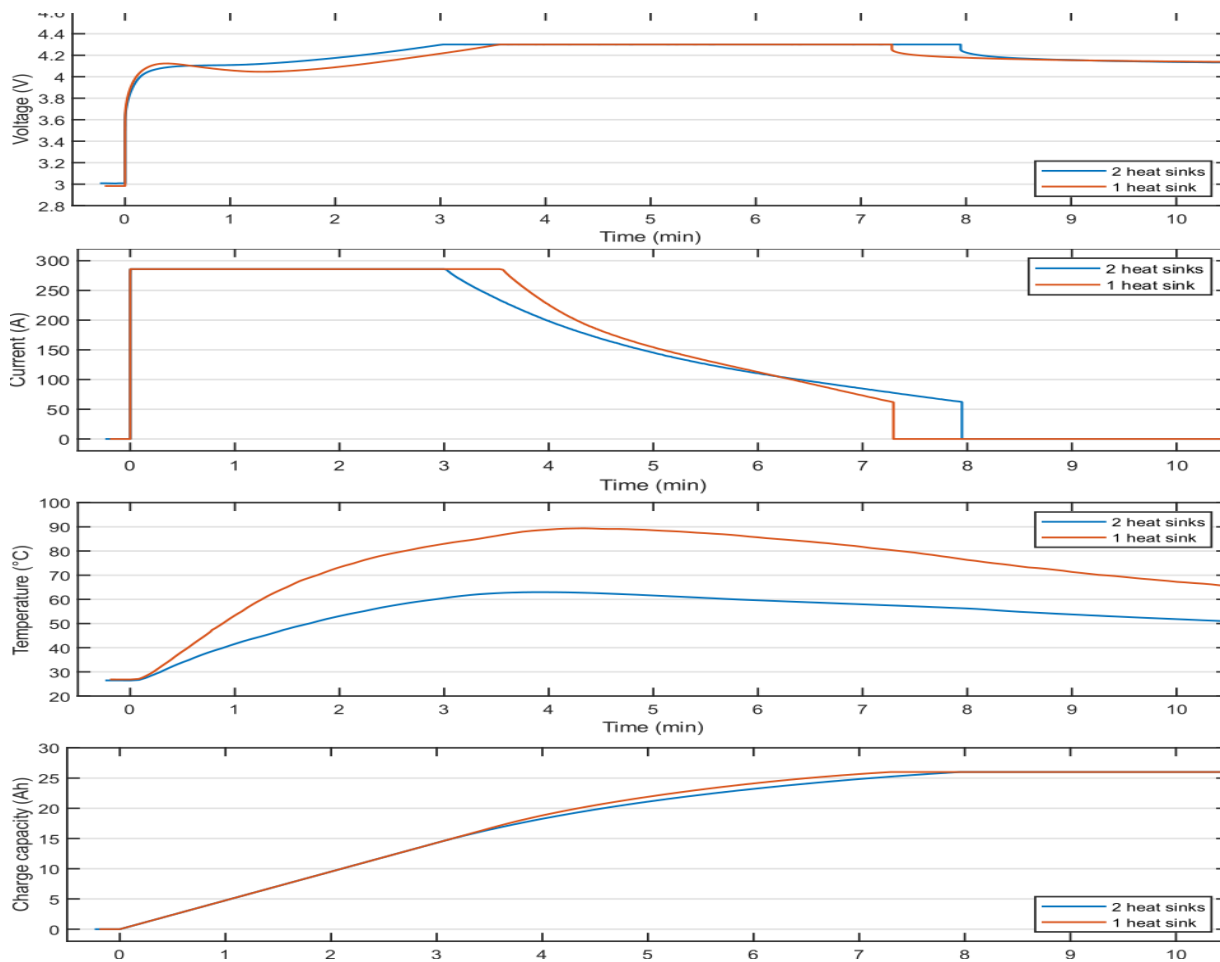


Abbildung 4. Diagramme von Spannung, Strom, Zelloberflächentemperatur und Ladekapazität während des 11C Ladetests. Blaue Kurven: Test mit zwei Kühlkörpern; rote Kurven: erster ununterbrochener Test mit einem Kühlkörper.

4. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Dieses Projekt umfasste unabhängige Ladeleistungstests an den vom Kunden gelieferten Energiespeichern, die der Kunde als Festkörperbatteriezellen bezeichnete. Basierend auf dem initialen Kapazitätstest wurde die Nennkapazität auf 26 Ah bestimmt. Die Zelle wurde gemäß dem Testplan des Kunden mit 5C (130 A) und 11C (286 A) geladen; Kapazität, Energie, Zelltemperatur und Ladezeiten wurden aufgezeichnet.

Unter den angegebenen Testbedingungen wurde die Zelle erfolgreich mit 5C über mehr als 9 Minuten geladen, und 100 % der geladenen Kapazität waren bei der anschließenden Entladung verfügbar. Die Zelle wurde außerdem erfolgreich mit 11C über mehr als 3 Minuten geladen, wobei nach vollständiger Ladung 98,4–99,6 % der geladenen Kapazität verfügbar waren.