

Bericht zu den zusätzlichen Abkühlversuchen an einem Batterie-Dummy

Erweiterung zu den Versuchen im März 2021 in Trauen.

Gründe für die Durchführung der Versuche

Die durchgeführten Abkühlversuche im März 2021 haben gezeigt, dass das Kühlen einer Traktionsbatterie mit Wasser von unten oder der Seite zu einer Erhöhung der abgeführten Wärme führen. Das gesamte Leistungsniveau lag jedoch unter den erwarteten Werten. Dies ist auf den Aufbau des Versuches zurückzuführen, in welchem der Batterie-Dummy durch eine Luftspaltisolierung eine sehr geringe thermische Leitfähigkeit zwischen dem inneren Block (der als Wärmespeicher dient) sowie dem Gehäuse (welches mit Wasser besprüht wird) aufweist. Aus diesem Grund soll eine weitere Variante mit besserer thermischer Verbindung zwischen dem Wärmespeicher und dem Gehäuse untersucht werden.

Versuchsaufbau

Der verwendete Batterie-Dummy entspricht dem der Versuche in Trauen. Es wurde jedoch für die Versuche mit höherer thermischer Anbindung eine Aluminiumplatte zwischen dem Aluminiumklotz und dem Gehäuse auf der Unterseite geklemmt. Diese beiden Ausführungen sind in Abbildung 1 und Abbildung 2 zu sehen.

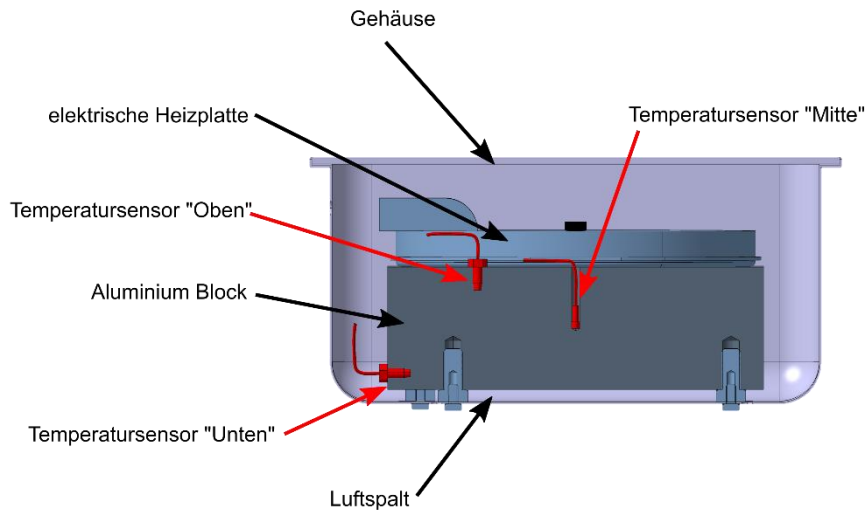


Abbildung 1: Schnittansicht des Batterie-Dummy

Die Abmessungen der zusätzlichen Platte betragen 185 x 142 x 10mm. Um die Wärmeleitung zwischen der zusätzlichen Platte und dem Gehäuse zu verbessern wurde Kessel-Kitt verwendet um die Kontaktflächen zu verkleben.

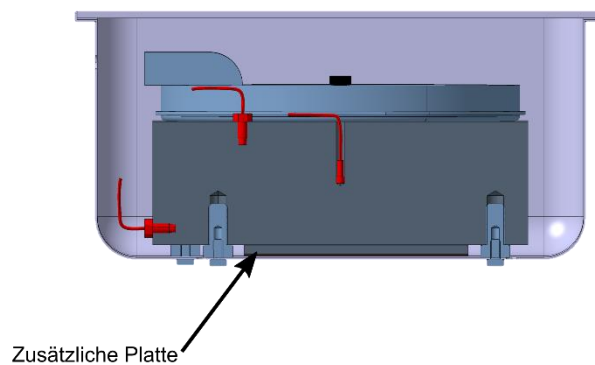


Abbildung 2: Schnittansicht des Batterie-Dummy mit verbesserter thermischer Anbindung

Da in diesen Versuchen nur der Einfluss der thermischen Anbindung untersucht werden soll wird ein vereinfachter Gesamtversuchsaufbau verwendet. Dieser verzichtet auf die Verwendung zusätzlicher Komponenten, die das Fahrzeug repräsentierten.

Dieser Aufbau ist in Abbildung 3 zu sehen. Es ist zu erkennen, dass nur der Batterie-Dummy mit Abstandshaltern über dem Boden gehalten wird. Außerdem wird auf die Messtelle über

dem Aufbau verzichtet und nur eine externe Messstelle zwischen einer Befestigungsschraube den Aluminiumblocks und den Abstandshaltern montiert.

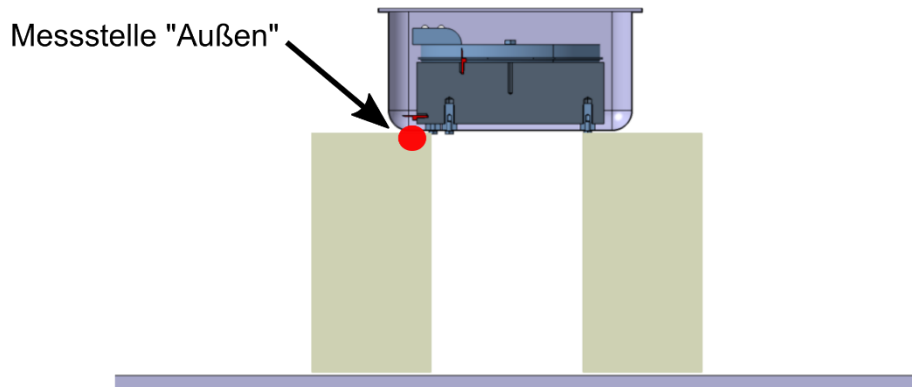


Abbildung 3: Versuchsaufbau

Dieser Aufbau wird für alle durchgeführten Messungen verwendet.

Untersuchte Varianten

Es kann zwischen folgenden 3 verschiedenen Aufbauten unterschieden werden:

- Aufbau wie im März 2021 (ohne Platte)
- Erhöhte thermische Anbindung (mit Platte)
- Erhöhte thermische Anbindung (mit Platte) + geöffnetem Deckel

Die beiden Aufbauten „ohne Platte“ und „mit Platte“ werden jeweils zweimal ohne zusätzliche Kühlung sowie mit Wasser von unten untersucht. Der Aufbau „mit Platte und geöffnetem Deckel“ wird jeweils nur einmal ohne zusätzliche Kühlung sowie mit Füllung des Gehäuses bis zur Position des Unteren Sensors mit Wasser untersucht.

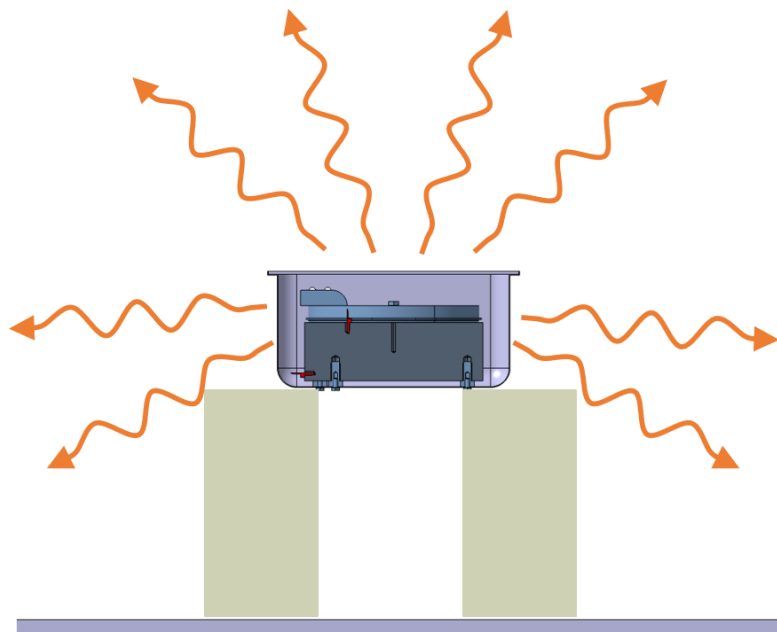


Abbildung 4: Versuchsaufbau "Luft"

Die Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen jeweils den prinzipiellen Aufbau der verschiedenen untersuchten Varianten der Aufbauten. So erfolgt bei den Versuchen „Luft“ keine zusätzliche Kühlung des Versuchsaufbaus und die Wärmeabfuhr erfolgt rein über Konvektion.

Die Versuche „Wasser“ erfolgten mit einer Benetzung des Bodens des Gehäuses. Die während diesen Versuchen verwendete Wassermenge wurde im Vergleich zu den Versuchen im März 2021 deutlich verringert, wodurch diese Ergebnisse nicht direkt miteinander verglichen werden können.

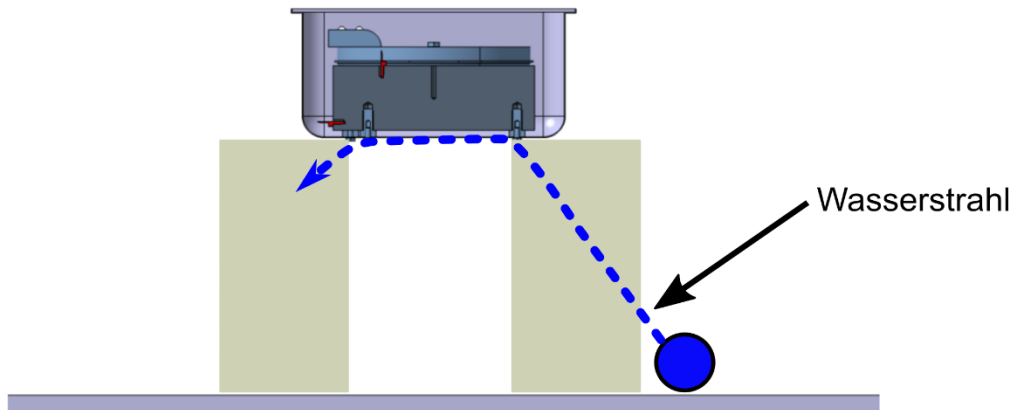


Abbildung 5: Versuchsaufbau "Wasser"

Abbildung 6 zeigt den Aufbau des letzten Versuches, in dem das geöffnete Gehäuse des Batterie-Dummys bis zum unteren Temperatursensor mit Wasser gefüllt wurde.

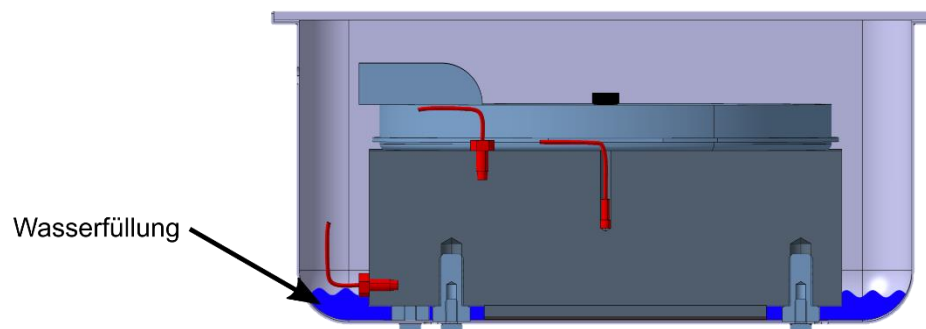


Abbildung 6: Versuchsaufbau "Wasserfüllung"

Dieser Füllstand wurde über die Messdauer konstant gehalten.

Versuchsablauf und Messergebnisse

Versuchsablauf

Der Versuchsablauf entspricht dem der Versuche im März 2021. Die Messdauer, für die Versuche in denen Wasser zur Kühlung eingesetzt wird, wurde jedoch auf 10 Minuten reduziert.

Messergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt anhand der Temperaturverläufe an den unterschiedlichen Messpositionen. Es werden die Temperaturverläufe aller durchgeführten Messungen für eine Messstelle aufgetragen. Hierbei entspricht die Volllinie der ersten Messung, während die zweite als gestrichelte Linie dargestellt wird. Abbildung 7 zeigt die Temperaturverläufe für die Messstelle in der Mitte des Aluminiumblocks.

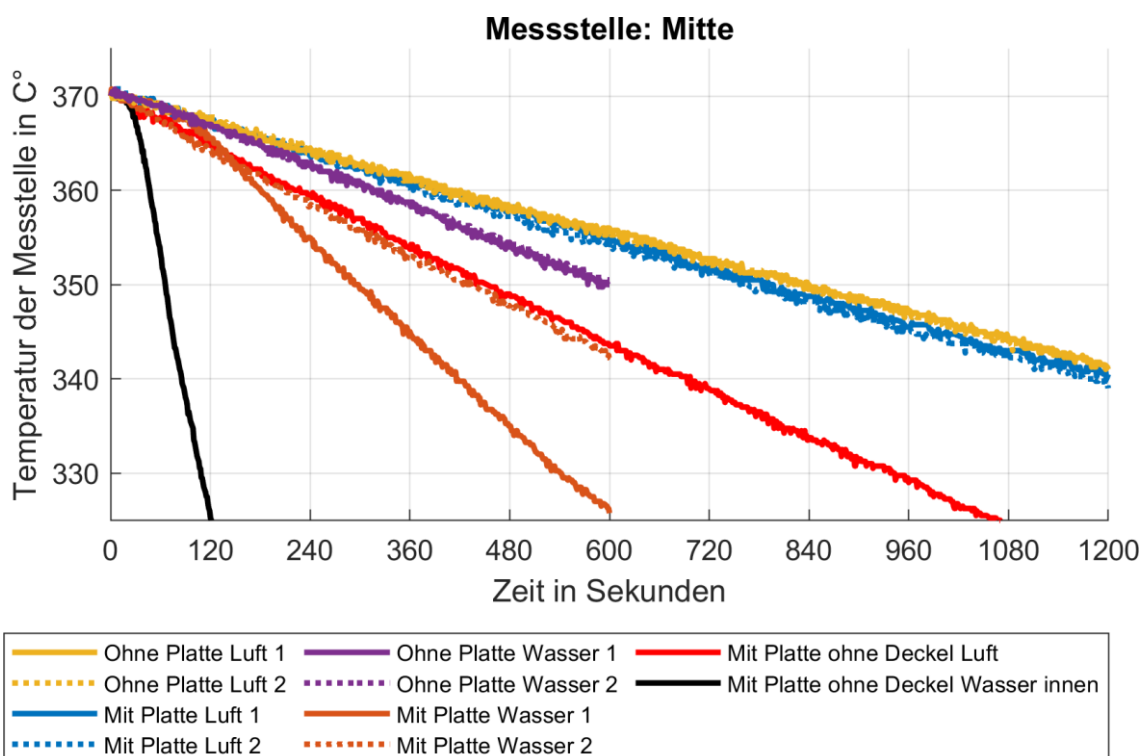


Abbildung 7: Temperaturverläufe der Messposition "Mitte" für die untersuchten Versuchskonfigurationen

Hier ist zu erkennen, dass die Messungen „Ohne Platte Luft“, „Mit Platte Luft“ und „Ohne Platte Wasser“ nur geringe Abweichungen zwischen der ersten und der zweiten Messung aufweisen. Die Differenz zwischen den Messungen „Mit Platte Wasser 1“ und „Mit Platte

Wasser 2“ entstand durch ein Ausbeulen des Gehäuses während des zweiten Aufheizvorganges und einer daraus folgenden verringerten thermischen Anbindung zwischen Aluminiumblock und Gehäuse. Werden die sechs gemessenen Varianten verglichen, kann festgestellt werden, dass der Einbau der zusätzlichen Platte nur einen sehr geringen Einfluss auf die Versuche ohne zusätzliche Kühlung (Luft) hat. Betrachtet man die Versuche bei denen die Unterseite des Gehäuses mit Wasser besprüht wurde, wird deutlich, dass durch den Wassereinsatz die Temperatur schneller sinkt als bei den Versuchen ohne Eingriff. Zudem sinkt die Temperatur bei den Versuchen mit Platte (besonders bei intakter Verbindung zwischen Platte und Gehäuse) deutlich schneller als bei den Versuchen ohne Platte. Der Temperaturverlauf des Aufbaus mit geöffnetem Deckel zeigt, dass bereits durch bessere Konvektion mehr Wärme abgeführt werden kann als bei den Versuchen mit Luftspaltisolierung und Benetzung des Gehäuses mit Wasser. Aus dem Versuch mit Füllung des Gehäuses mit Wasser kann die maximal mögliche Abkühlung über die untere Fläche des Aluminiumblocks abgeschätzt werden.

Zur Bewertung der abgeführten Leistung wird mithilfe der Temperaturänderung dieser Messstelle über den Versuchszeitraum eine mittlere abgeführte Leistung berechnet. Diese ist für die sechs Aufbauten in Tabelle 1 zu sehen. Um die Änderung der abgeführten Leistung zwischen den Versuchen zu verdeutlichen wird die prozentuale Änderung im Bezug zur Messung mit Luftspaltisolierung (ohne Platte) ohne zusätzliche Kühlung (Luft) bestimmt.

Tabelle 1: Abgeführte Leistung der einzelnen Versuche

Versuchsaufbau	Abgeführte Leistung	Änderung im Bezug zur Referenz
Ohne Platte + Luft (Mittelwert)	504 W	-
Ohne Platte + Wasser (Mittelwert)	697 W	+ 38%
Mit Platte + Luft (Mittelwert)	530 W	+ 5%
Mit Platte + Wasser (Einzelmessung)	1598 W	+ 217%
Mit Platte + Deckel offen	885 W	+ 76%
Mit Platte + Deckel offen + Wasserfüllung	6566 W	+ 1203%

Die hierbei ermittelten abgeführten Leistungen entsprechen den Erwartungen. Durch den Verzicht auf die zusätzlichen Metallplatten (Fahrzeug-Dummy) welche in den Versuchen im

März 2021 durchgeführten Versuche verwendet wurden wird bei den Versuchen ohne zusätzliche Kühlung (Luft) mehr Leistung abgeführt. Zusätzlich wird durch die Verringerung der eingesetzten Wassermenge auch eine geringere Leistung bei den Versuchen mit Wassereinsatz erreicht. Für die Auswertung der abgeführten Leistung des Aufbaus mit Platte und Wasser wird nur die Messung mit intakter Verbindung zwischen Aluminiumblock und Gehäuse verwendet. Bei einer Füllung des Gehäuses bis zur unteren Temperaturmessstelle konnten im Schnitt 6,5kW abgeführt werden.

Zusätzlich zu den Daten aus der mittleren Temperaturmessstelle können in Abbildung 8 auch die Temperaturverläufe der Oberen Messtelle abgelesen werden.

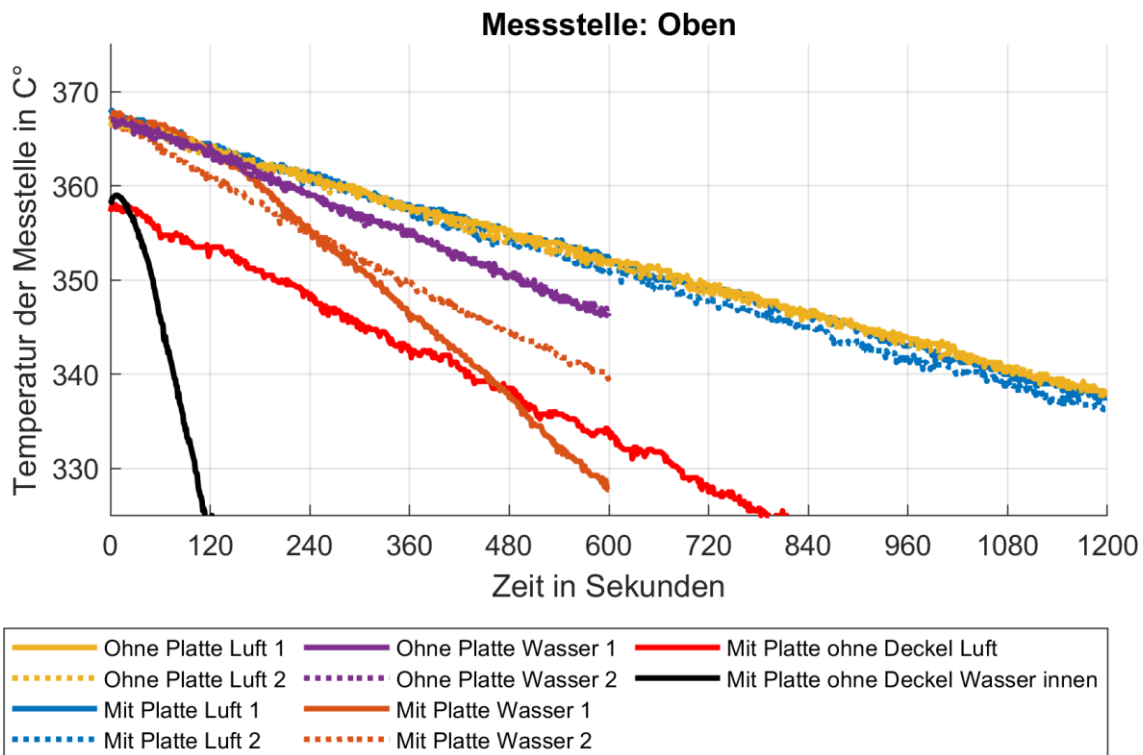


Abbildung 8: Temperaturverläufe der Messtelle "Oben" für die untersuchten Versuchskonfigurationen

Diese Temperaturverläufe entsprechen den Erwartungen und folgen den Temperaturen der mittleren Messtelle. Auffällig ist die geringere Starttemperatur bei den beiden Aufbauten mit geöffnetem Deckel, welche auf die geringere thermische Isolation bei geöffnetem Deckel zurückzuführen ist.

Abbildung 9 zeigt die Temperaturen welche an der unteren Messtelle ermittelt wurden. Auch diese entsprechen den Erwartungen und zeigen ähnliche Verläufe wie die der Messtelle „Oben“.

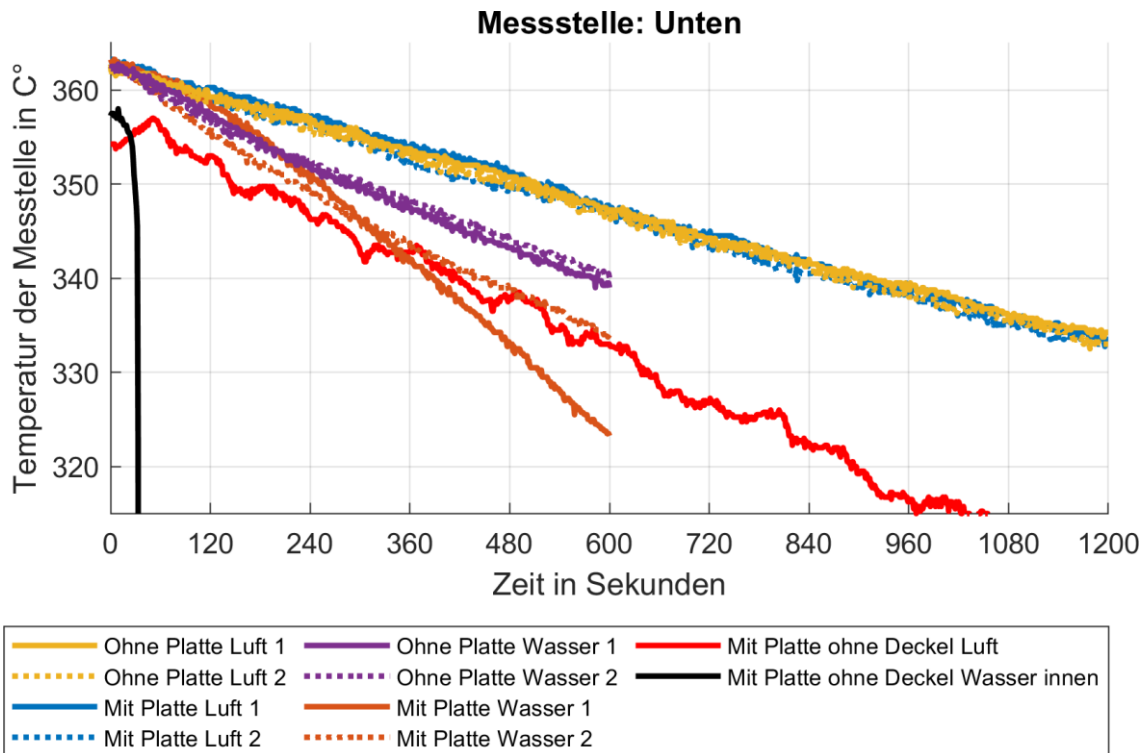


Abbildung 9: Temperaturverläufe der Messtelle "Unten" für die untersuchten Versuchskonfigurationen

Zusammenfassung

Die zusätzlichen Abkühlversuche zeigen, dass die abgeführte Leistung über ein Besprühen der Unterseite eines Batterie-Dummys deutlich von der thermischen Anbindung des aufgeheizten Aluminiumblocks und des Gehäuses abhängt. Durch die unterschiedlichen Bauformen von Traktionsbatterien und die dadurch sehr unterschiedlichen thermischen Anbindungen der Zellen mit dem Gehäuse kann keine generelle Aussage über die Effektivität einer zusätzlichen Kühlung getroffen werden. Es lässt sich aber festhalten, dass die abgeführte Leistung durch den Wassereinsatz erhöht wird. Durch eine direkte Befüllung des Batteriegehäuses mit Kühlmittel könnte eine deutlich größere Leistung angeführt werden. Diese würde jedoch eine konstruktive Anpassung der Traktionsbatterie benötigen, welche zusätzliche Herausforderungen wie Abdichtung gegen Feuchtigkeitseintritt und Zugänglichkeit für Rettungskräfte mit sich bringt.