
Einzelzellen- Mantelluftkühlung

Int. Pat. Anmeldung PCT/DE2011/00143

Stromversorgungseinrichtung
in Form einer Einzelzelle oder
Batterie, die aus mehreren
elektrisch miteinander verbundenen
Einzelzellen besteht.

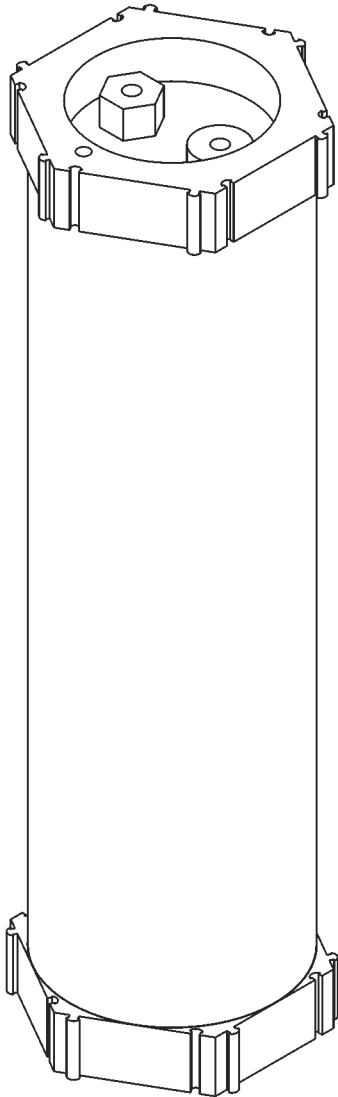


Abbildung 1:
steckbarer Einzelzellenkühler
mit eingesetzter Zelle

Der nachfolgende Text beschreibt einen neuen Lösungsansatz zur gleichmäßigen Temperierung von Batteriezellen, wie sie beispielsweise in modernen Hybridfahrzeugen zum Einsatz kommen. Bei Belastung der Batterie kommt es zu einer Wärmeentwicklung in der Zelle. Die Wärmeentwicklung hängt direkt mit dem Wirkungsgrad der Zellen zusammen. Somit wird bei jeder Stromentnahme ein Teil der elektrischen Energie in Wärme umgewandelt. Gleichermäßen erwärmt sich die Zelle bei einer Energiezufuhr, wie z.B. bei der Rekuperation oder beim Wiederaufladen der Zelle.

Die Tatsache, dass sich Batteriezellen unter Belastung erwärmen und nur in einem bestimmten Temperaturfenster betrieben werden können, erfordert eine aktive Kühlung der Zellen. Diese Kühlung erfolgt in der Regel mit einem temperierten Kühlmedium, welches die Wärme der Zelle aufnimmt und abtransportiert. Bei dem hier beschriebenen Lösungsansatz wird Luft als Kühlmedium gewählt. Es sind bereits mehrere Möglichkeiten zur Temperierung von Batteriezellen mit Luft bekannt. So ist es zum Beispiel möglich Zellen zu kühlen, indem man die Wärme mittels natürlicher Konvektion abtransportiert. Die natürliche Konvektion reicht nicht mehr aus, wenn man größere Wärmemengen abführen will. Um die Zellen auf Arbeitstemperatur zu halten, benötigt man größere Mengen an Kühlluft, welche zum Beispiel mit einem Gebläselüfter in das Batteriegehäuse gedrückt werden. Allerdings hat eine solche Luftkühlung den Nachteil, dass die Zellen in der Nähe des Lüfters am stärksten gekühlt werden. Hier wird der größte Nachteil bestehender Kühlsysteme offensichtlich: Um eine gleichmäßige Alterung der Einzelzellen zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass die Temperaturunterschiede der Zellen möglichst gering sind. Sind vereinzelte Zellen auf Dauer wärmer als ihre Nachbarn, altern sie schneller und schwächen die gesamte Batterie, was einen Leistungsverlust auf Dauer zur Folge hat.

Der Lösungsansatz für eine gleichmäßige Kühlung der Zellen innerhalb einer Batterie besteht darin, dass jede einzelne Zelle ihr eigenes Kühlgehäuse besitzt, in dem sie von einem Temperiermedium umspült wird. Die nebenstehende halbtransparente Ansicht eines solchen Kühlers mit einer eingesetzten Rundzelle vermittelt einen ersten Eindruck des Arbeitsprinzips.

Jedes Kühlgehäuse besitzt eine eigene Zuluftöffnung, durch welche das Kühlgehäuse mit Kühlluft versorgt wird. Die Luft wird anschließend in einen Ringverteiler geleitet und durch Luftenlasskanäle in den Ringspalt geblasen. Nun kann die Luft die Wärme an der gesamten Mantelfläche der Zelle aufnehmen und im unteren Bereich durch die Luftauslasskanäle entweichen.

Die Luftströmungen werden in der nebenstehenden Abbildung mit Pfeilen beschrieben. Die blauen Pfeile symbolisieren die einströmende Kaltluft, die roten Pfeile zeigen die austretende Warmluft an. Im mittleren Bereich sind 4 große Pfeile eingezeichnet, welche die Strömung und Wärmeaufnahme der Kühlluft andeuten. Die Zelle erwärmt sich in der Regel nicht gleichmäßig, da im Inneren der Zelle die Abwärme teilweise aufsteigt. Deshalb ist es sinnvoll, dass die Kühlluft von oben zugeführt wird, damit eine gleichmäßige Temperierung der Zelle erreicht wird. Die genaue Funktionsweise wird im Anhang näher beschrieben.

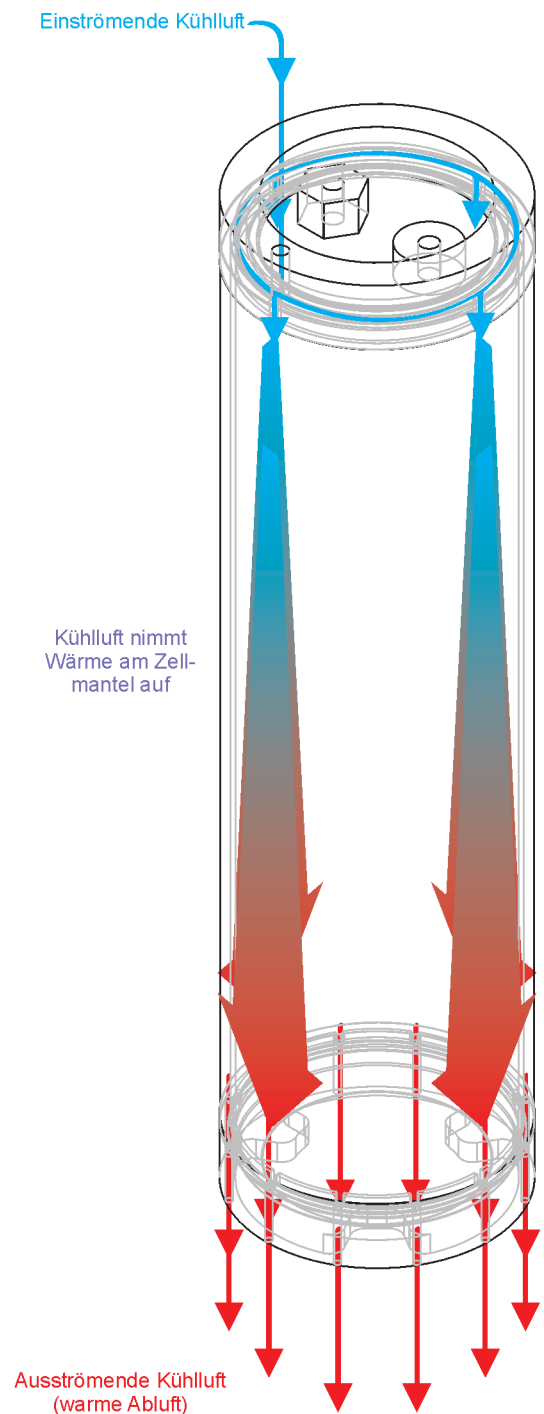


Abbildung 2:
Schematische Darstellung des Arbeitsprinzips

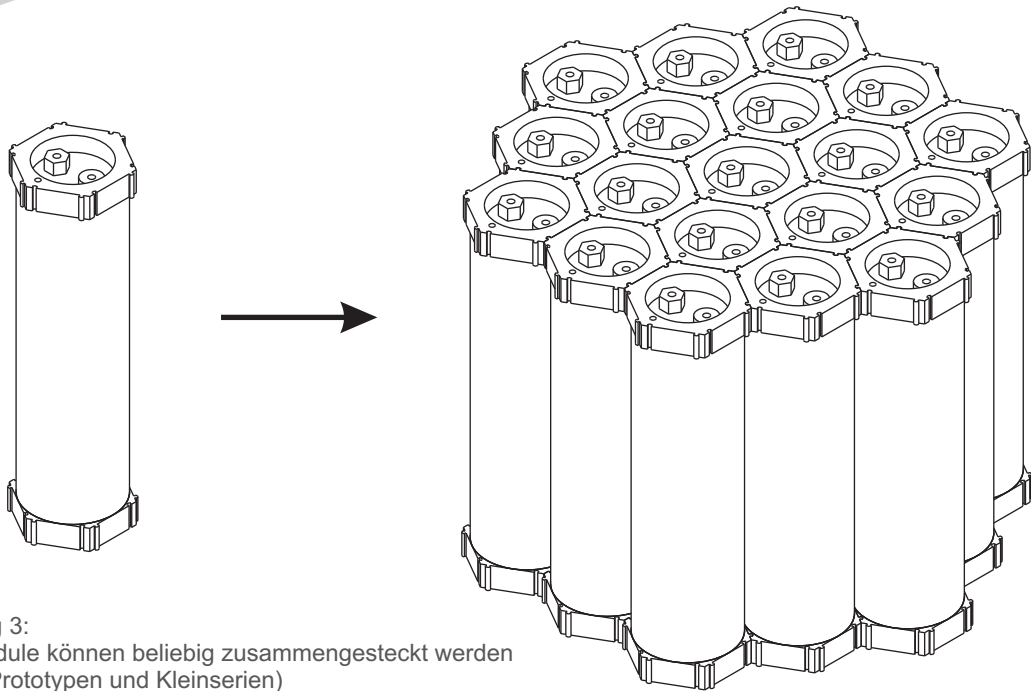


Abbildung 3:
Einzelmodule können beliebig zusammengesteckt werden
(z.B. für Prototypen und Kleinserien)

Für den Aufbau einer Batterie aus mehreren Zellen gibt es die Möglichkeit steckbarer Einzelzellenkühler (Abbildungen 1 und 3) oder die Fertigung eines Mehrzellenkühlers am Stück (Abbildung 4). Beide Varianten sind in ihrer Ausführung relativ kompakt.

Mit beiden Systemen (Einzel- und Mehrzellenkühler) ist man flexibel was die Bauform der Batterie angeht. So kann sie beispielsweise in konstruktionsbedingte Nischen im Fahrzeug eingepasst werden.

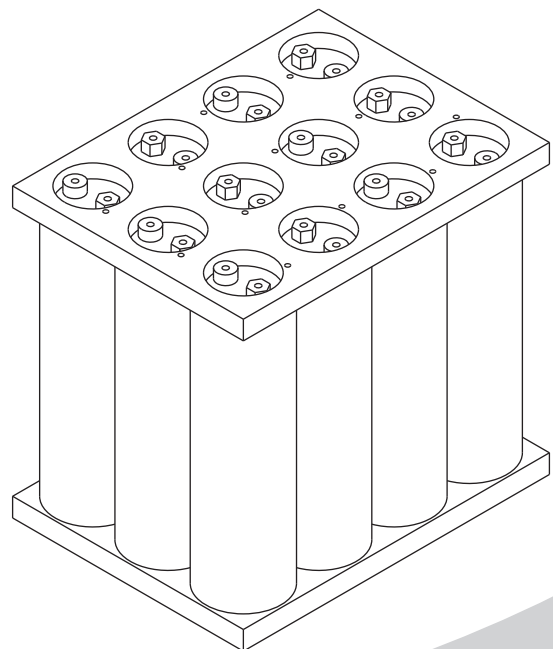


Abbildung 4:
Mehrzellenkühler am Stück
(auch hier ist eine beliebige Zellenanordnung möglich)

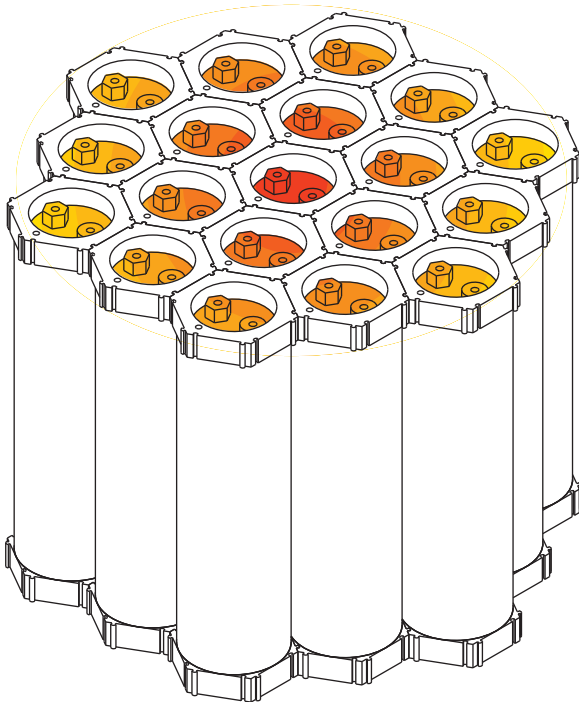


Abbildung 5:
Mögliche Wärmeverteilung in einem Mehrzellenkühler
mit einem Wärmeneister in der Mitte

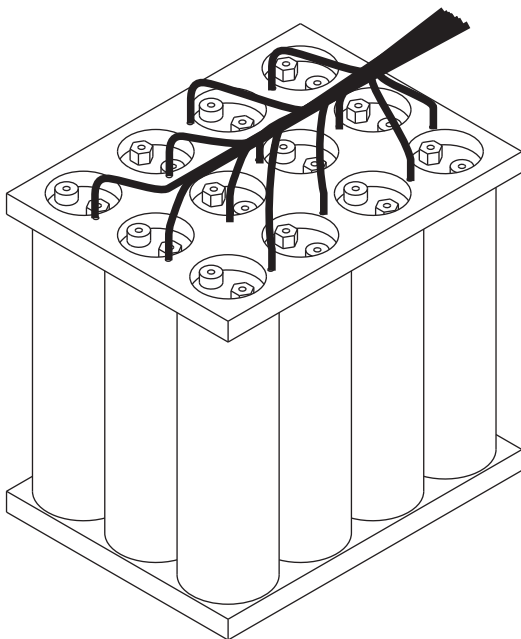


Abbildung 6:
Versorgung der Einzelkühler mit Luftschläuchen

Da jede Zelle ihr eigenes Kühlgehäuse besitzt, ist es möglich einzelne Zellen gezielt stärker bzw. schwächer zu kühlen. Somit können durch die Bauart bedingte Wärmeneister beseitigt werden. Solche Wärmeneister können beispielsweise im mittleren Bereich einer Batterie entstehen, da die inneren Zellen im Gegensatz zu den am Rand gelegenen von mehreren warmen Zellen umgeben sind. Diese Stellen müssen im Vorfeld ermittelt werden, so dass die Kühlung in den betroffenen Bereichen angepasst werden kann. Diese Anpassung kann zum Beispiel über eine Veränderung des Querschnitts der Zuluftöffnung erfolgen. Somit ist die Kühlleistung lokal regelbar.

Eine aufwändigere Möglichkeit ist eine Ventilsteuerung über Einzelschläuche, welche den Einzelzellen die benötigte Menge an Kühlluft zuteilt.

Bei ersten Prototypen wurde den Einzelkühlern die Luft entweder über einen Druckraum (Abbildung 7) oder mittels einer Luftverteilerplatte (Abbildung 8) zugeführt.

Abbildung 7:
erster Aufbau eines Mehrzellenkühlers
in einem Druckraum

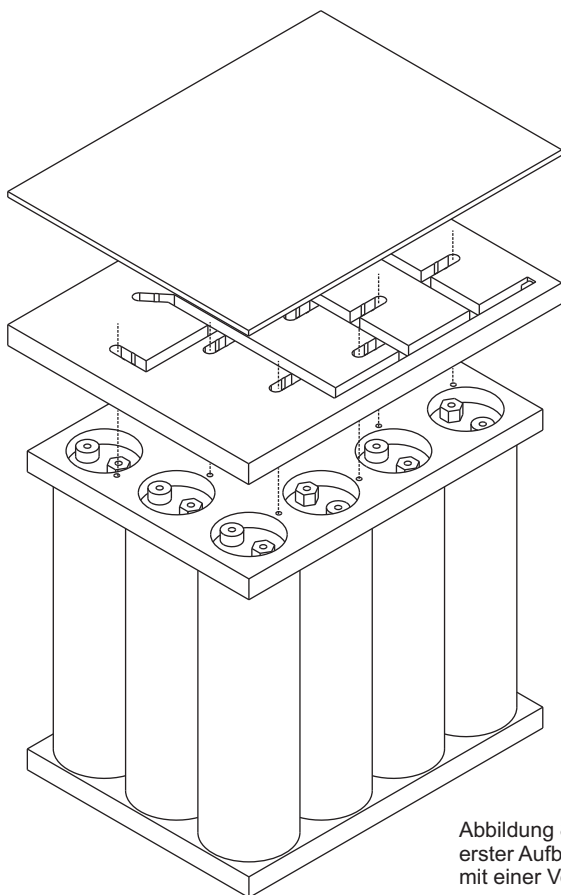
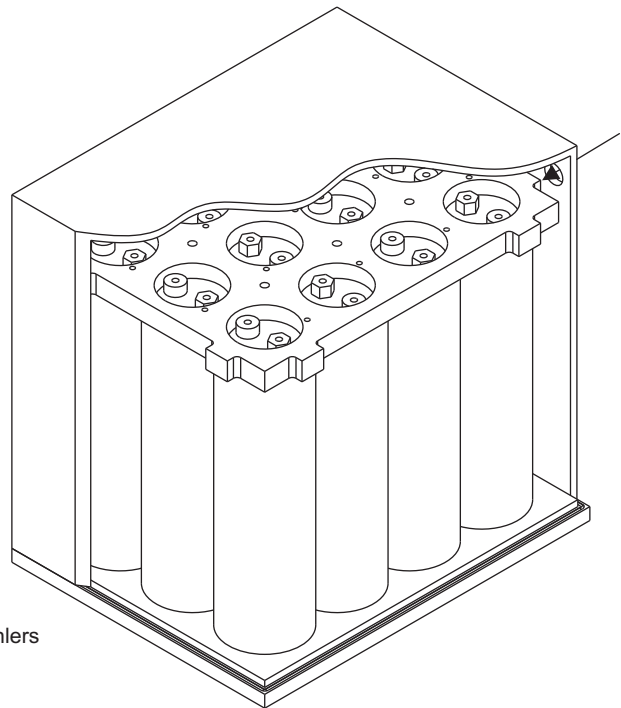


Abbildung 8:
erster Aufbau eines Mehrzellenkühlers
mit einer Verteilerplatte

Ein Vorteil bei dem Einsatz einer Verteilerplatte ist der geringere Platzbedarf im Gegensatz zu einem Druckraum oder einer Versorgung mit Einzelschläuchen. Die Kühlung kann praktisch in jeden Bauraum eingepasst werden, da das Kühlsystem nicht abhängig von der Gesamtform ist und kein großer Trichter oder Ansaugraum benötigt wird. Da die Batterie nur einen einzelnen Schlauch zur Versorgung von Kühlluft (welche in der Verteilerplatte auf die Einzelzellen verteilt wird) benötigt, kann die Batterie einfach gesplittet werden und aus mehreren Modulen bestehen, welche an verschiedenen Stellen im Fahrzeug untergebracht werden können.

Die ersten Prototypen bestanden aus mehreren Einzelteilen, welche für die Serienfertigung in 2 Spritzgussteilen zusammengefasst werden können. Durch ein mögliches Spritzgussverfahren kann der Materialaufwand reduziert und die Wirtschaftlichkeit erhöht werden: der Zusammenbau der Batterie wird dadurch stark vereinfacht. Die Herstellung in einem Stück führt zu einem stabilen und leichten Wabenaufbau (Abbildungen 9 und 10).

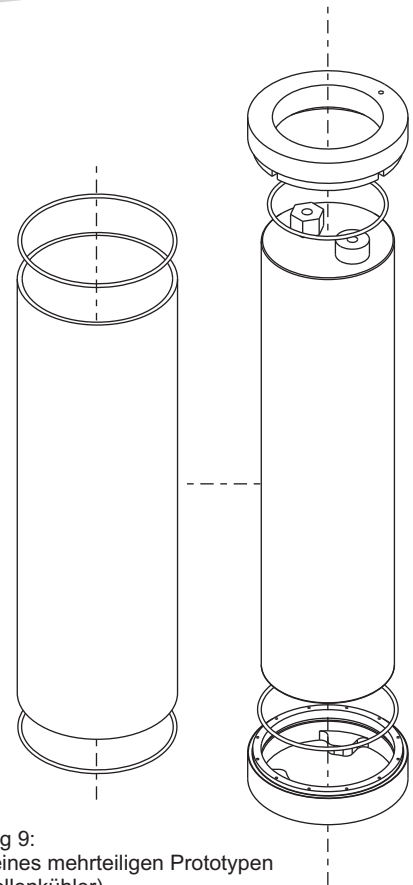


Abbildung 9:
Aufbau eines mehrteiligen Prototypen
(Einzelzellenkühler)

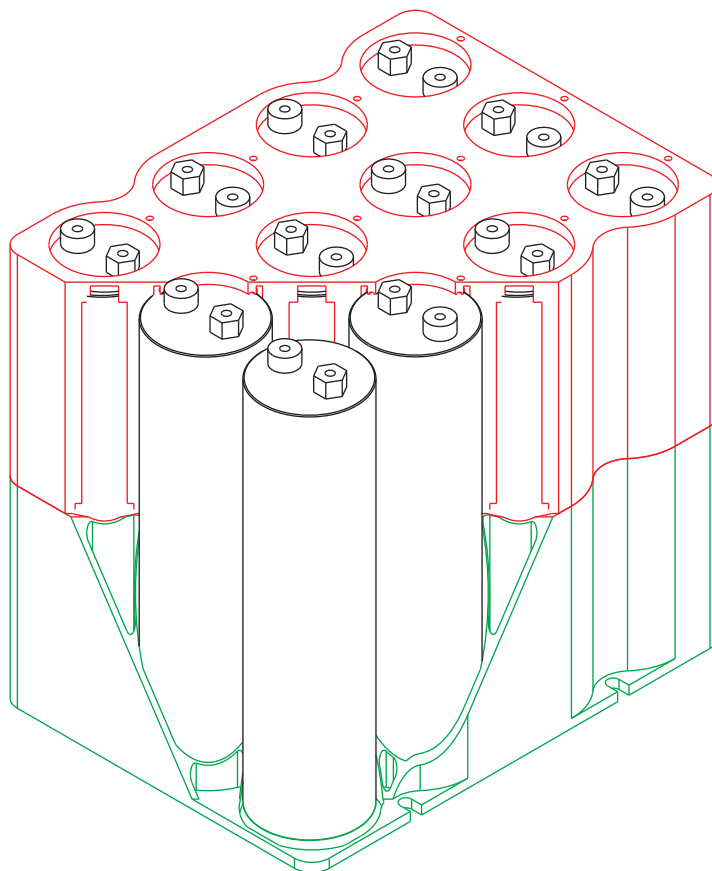


Abbildung 10:
Aufbau eines zweiteiligen
Mehrzellenkühlers (mit Zellen)

Jede Zelle sitzt zentriert in ihrem eigenen Gehäuse und ist zu jeder benachbarten Zelle durch eine Luftschicht und durch das Kühlergehäuse geschützt. Sollte eine große mechanische Kraft von außen zu einer Deformation der Batterie führen, so ist jeder Zellmantel isoliert und kann einen Kurzschluss mit einer benachbarten Zelle verhindern.

Die Luftverteilerplatte bietet die Möglichkeit elektronische Komponenten und Hochstromverbinder in ihr zu vereinen. Dies hat neben einer schnelleren Montage der notwendigen Komponenten auch den Vorteil, dass alle Hochstromverbinder isoliert sind und somit das Kurzschlussrisiko im Crashfall minimiert wird. Ausserdem können elektronische Komponenten bei Bedarf gezielt gekühlt werden.

Der Kühlluftverbrauch der Einzelkühler hängt von der abzuführenden Wärmemenge ab. Allerdings wird ein geringerer Volumenstrom im Gegensatz zu den bekannten Kühlsystemen benötigt. Bei diesem System wird nur ein dünner Luftmantel, welcher im direkten Kontakt mit dem Zellmantel steht, ausgetauscht (Abbildung 11.2e). Die austretende Kühlluft (Abbildung 11.2d) hat im Verhältnis zur austretenden Kühlluft (Schema 11.1d) mehr Wärme aufgenommen. Im besten Fall besitzt die ausströmende Warmluft annähernd die Temperatur der Zelle – in diesem Fall ist die Kapazität der Luft optimal genutzt.

Eine Oberflächenvergrößerung des Zellmantels (beispielsweise durch Sandstrahlen) kann die Wärmeaufnahme weiter verbessern.

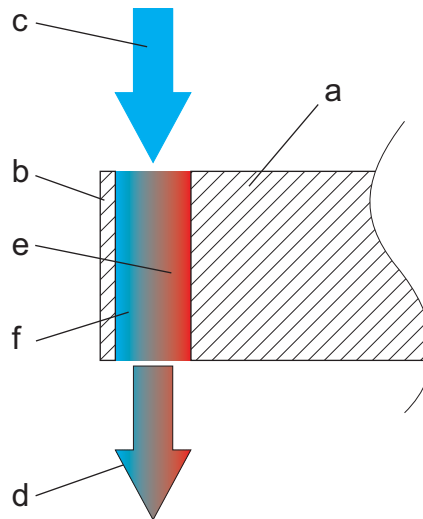


Abbildung 11.1:
schematischer Querschnitt eines Kühlers mit dickem Luftmantel

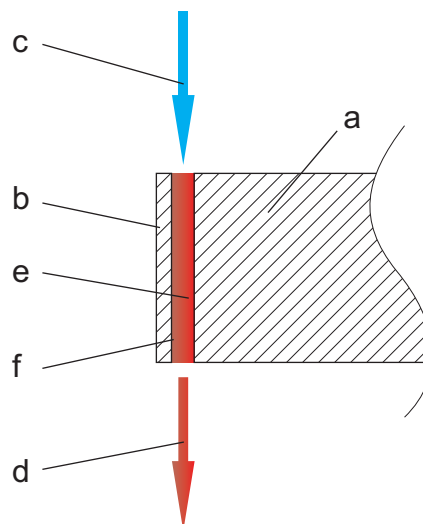


Abbildung 11.2:
schematischer Querschnitt eines Kühlers mit dünnem Luftmantel

Zu den Abbildungen 11.1 und 11.2
a: zu kühlende Batteriezelle
b: Gehäusemantel des Einzelkühlers
c: einströmende Kühlluft
d: ausströmende Warmluft
e: Luftschicht welche direkt durch die Zelle erhitzt wird
f: Luftschicht welche nicht direkt erhitzt wird und größtenteils wieder 'kalt' ausströmt

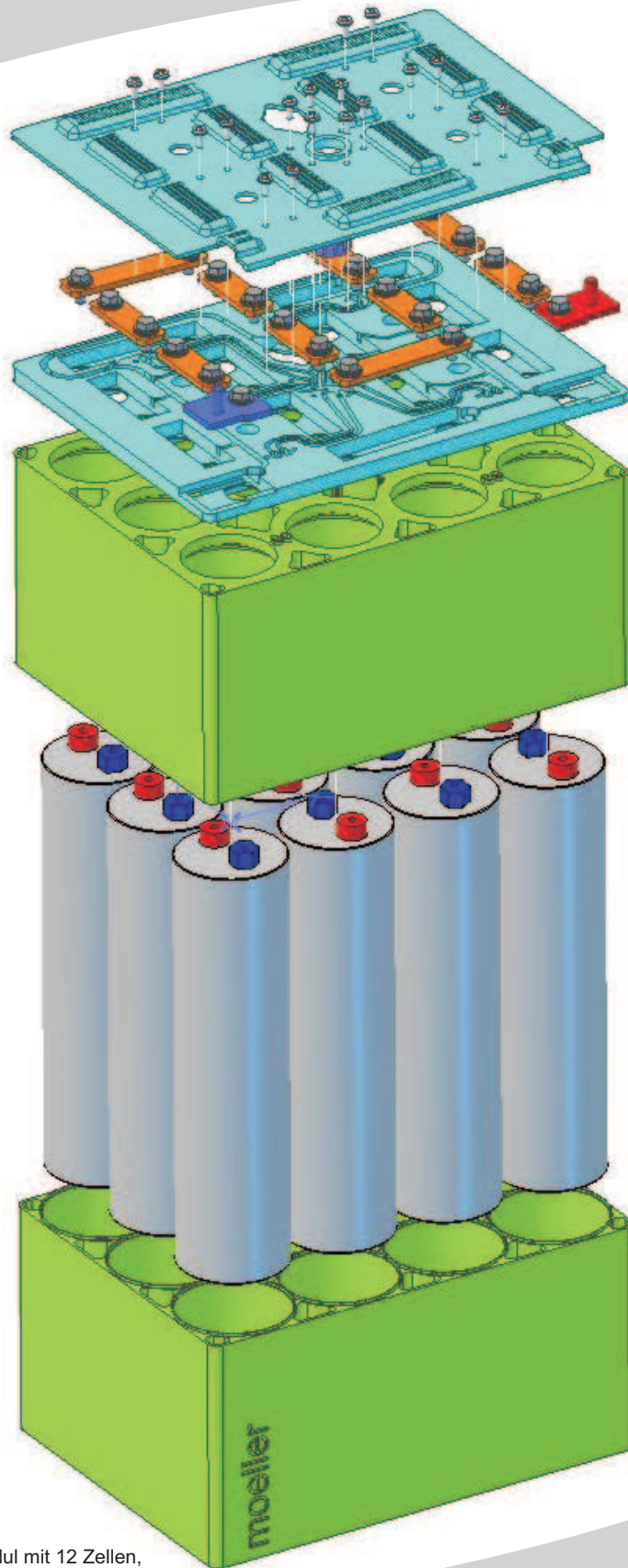


Abbildung 12:
Explosionsdarstellung: Batteriemodul mit 12 Zellen,
Luftverteilerplatte und Polverbindern.

