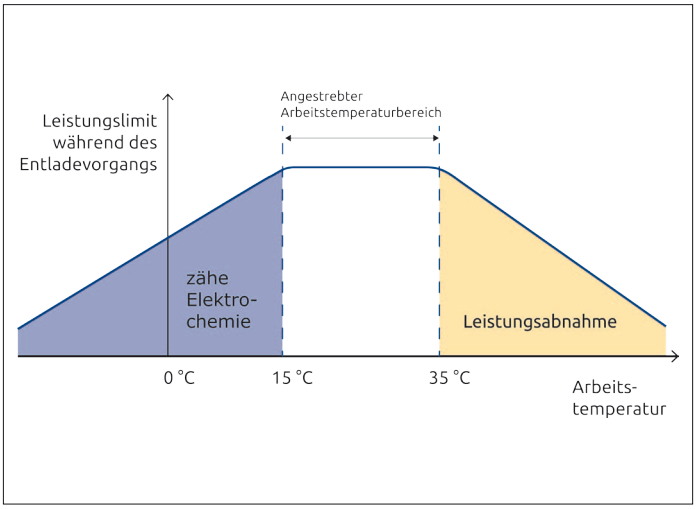
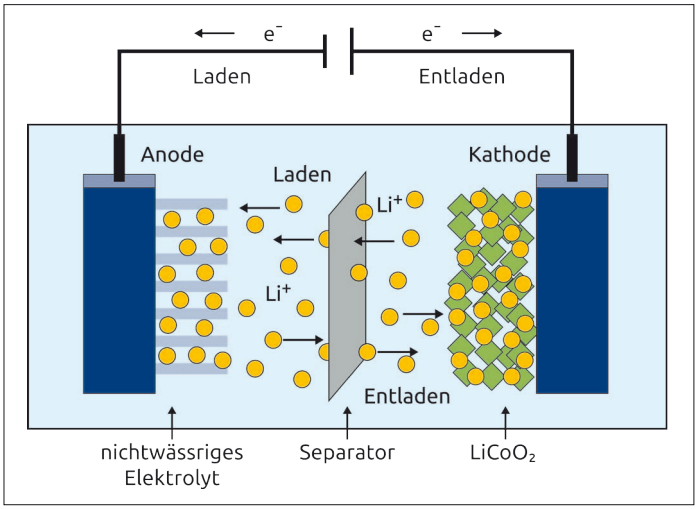
# Wärmemanagement für Batterien in E-Mobilitätsanwendungen




*Arbeitstemperaturbereich*




*Innere Darstellung einer Batteriezelle*

Die Temperatur ist einer der wichtigsten Faktoren bei der Entwicklung und dem Betrieb von Hybrid und Elektrofahrzeugen (HEVs und EVs). So kann beispielsweise eine extrem hohe Temperatur zu einer Explosion oder zu einem drastischen Leistungsabfall der Batteriezellen führen kann. Im Gegenteil dazu kann ein Batteriesystem, das bei einer sehr niedrigen Temperatur arbeitet ebenso dysfunktional sein und eine zu niedrige Kapazität haben, da die Reaktionsraten in kalten oder gefrierenden Elektrolyten sehr niedrig sind. Darüber hinaus variiert die Entladerate der Zellen mit der Temperatur und verändert ihre Kapazität.

Um den Herausforderungen im Zusammenhang mit der Temperatur gerecht zu werden, haben die meisten Automobilhersteller ein eigenes Wärmemanagement für ihre EVs entwickelt, um bei Abweichungen vom normalen Betriebsbereich die thermische Regelung auszulösen. Diese Steuerung beinhaltet in der Regel sowohl Kühlung als auch Heizung.

## Warum wird bei einem Li-Ionen-Akku Wärme erzeugt?

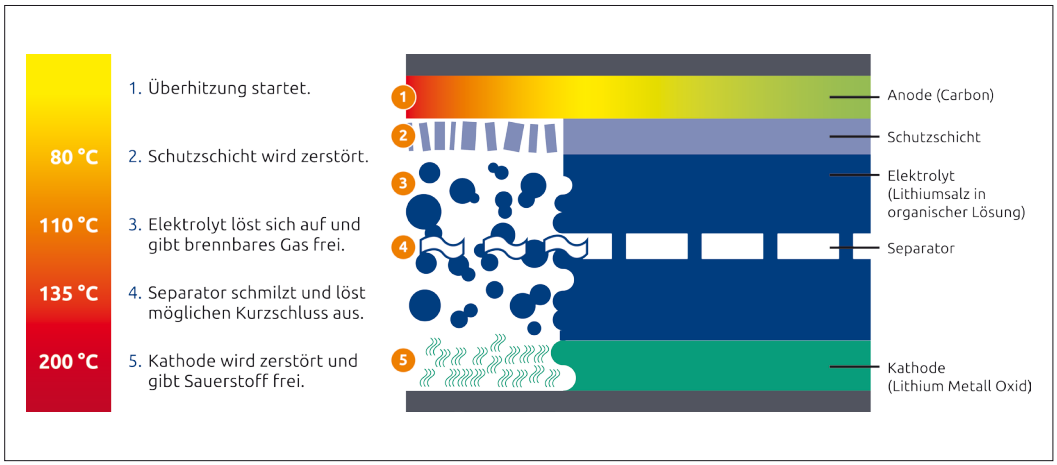
Die Wärmeentwicklung in einer Batteriezelle erfolgt durch zwei Hauptfaktoren:

1. Joule-Effekt durch den Innenwiderstand verschiedener Zellkomponenten (Elektrode, Kathode, Anode...). Er kann minimiert werden, indem man Zellen bei niedrigen Strömen schaltet.
2. Exotherme elektrochemische Reaktionen innerhalb der Zelle, die den Transfer von Ionen bewirken.

## Was passiert in der Batterie, wenn die Temperatur außer Kontrolle gerät?

Die SEI-Schicht (Solid Electrolyte Interphase) wird im Elektrolyten bei etwa 80 °C gelöst. Die primäre Überhitzung kann durch zu hohem Strom oder hohe Umgebungstemperatur verursacht werden. Nach dem Abbau der SEI-Schicht beginnt der Elektrolyt mit der Anode zu reagieren. Diese Reaktion ist exotherm, was die Temperatur noch höher treibt.

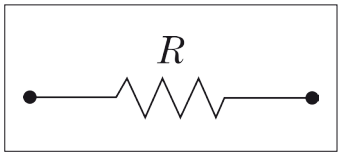
Die höhere Temperatur führt dazu, dass die organischen Lösungsmittel




*Darstellung der thermischen Änderung bei Überhitzung*

*Autoren:*
*Falko Ladiges (li),*
*Teamleader PEMCO,*
*WDI AG, fladiges@wdi.ag*
*Ricardo Turdo (re),*
*Technical Manager,*
*Priatherm,*
*riccardoturdo@priatherm.com*

*WDI AG*
*www.wdi.ag/de*




***Innenwiderstand***

unter Freisetzung von Kohlenwasserstoffgasen zerfallen. Normalerweise beginnt dies bei etwa 110 °C. Der Druck in den Zellen wird durch das Gas aufgebaut und die Temperatur liegt über dem Flammpunkt. Allerdings brennt das Gas aufgrund des Sauerstoffmangels nicht. Eine Entlüftung ist erforderlich, um das Gas freizusetzen, um die Zellen unter dem richtigen Druck zu halten und einen möglichen Bruch zu vermeiden.

Der Separator wird geschmolzen, wenn es zu Kurzschlüssen zwischen Anode und Kathode bei 135 °C kommt. Schließlich zerfällt die Metalloxidkathode bei 200 °C und setzt Sauerstoff frei, der den Elektrolyten und das Wasserstoffgas verbrennen lässt. Diese Reaktion ist ebenfalls exotherm und treibt Temperatur und Druck noch weiter voran. In Folge dessen kommt es zum Brand oder gar Explosion.

## Wie wird die Temperatur der Batteriezellen unter Kontrolle gehalten?

Die erste Möglichkeit, Batterien in optimiertem Zustand arbeiten zu lassen, besteht in einem gut durchdachten Batteriemanagementsystem (BMS), das nicht nur die Funktion hat, die Zelle vor Überhitzung zu schützen, sondern auch ihren Wirkungsgrad zu optimieren und ihre Ladung (SOC) und „Gesundheit“ (SOH) zu überwachen.

Darüber hinaus gleicht ein BMS einen leichten Unterschied zwischen den Zellen aus, um zu vermeiden, dass „schwächere“ Zellen während des Ladevorgangs überlastet werden und dadurch noch schwächer werden, bis hin zum vorzeitigen Ausfall der Batterie. Cell Balancing gleicht die Ladung aller Zellen aus, welches die Lebensdauer der Batterien verlängert. Ein weiteres wesentliches Merkmal von BMS ist die Ladesteuerung, die unangemessene und gefährliche Ladevorgänge verhindert.

| Pro | Contra |
|---|---|
| überschüssige Wärme wird zum Heizen des Innenraumes verwendet | geringere Wärmeübertragungsleistung |
| kein separater Kühlkreislauf nötig | höherer Temperaturgradient innerhalb der Batterie |
| keine Gefahr von Leckagen | potentieller Rückfluss des entlüfteten Batteriegases in den Innenraum |
| keine Gefahr eines elektrischen Kurzschlusses durch austretende Flüssigkeiten | Lüftergeräusche |
| geringere Systemkomplexität = geringere Kosten | |
| einfachere Wartung | |

***Tabelle 1: Luftkühlung, Vor- und Nachteile***

## Batteriekühlung

Das BMS allein reicht in den meisten Fällen nicht aus, um effiziente Arbeitsbedingungen durch die Lithium-Ionen-Batterie zu gewährleisten.

Batterien müssen durch den Luftstrom abgekühlt oder in Kontakt mit Flüssigkeitskühlern gebracht werden.

Es gibt grundsätzlich zwei gängige Methoden des Batterie-Wärmemanagements:

1. Konvektion an der Luft, entweder passiv oder erzwungen.
2. Kühlung durch Zirkulation von wasserbasiertem Kühlmittel durch Flüssigkeitskühler innerhalb der Batteriestruktur.

## Luftkühlung

Frische Luft, die durch die Batteriezellen strömt, kommt meist aus dem Cockpit, das durch das Klimasystem des Autos konditioniert wird

Diese Methode hat ihre eigenen Vor- und Nachteile, die in Tabelle 1 gegenübergestellt werden.

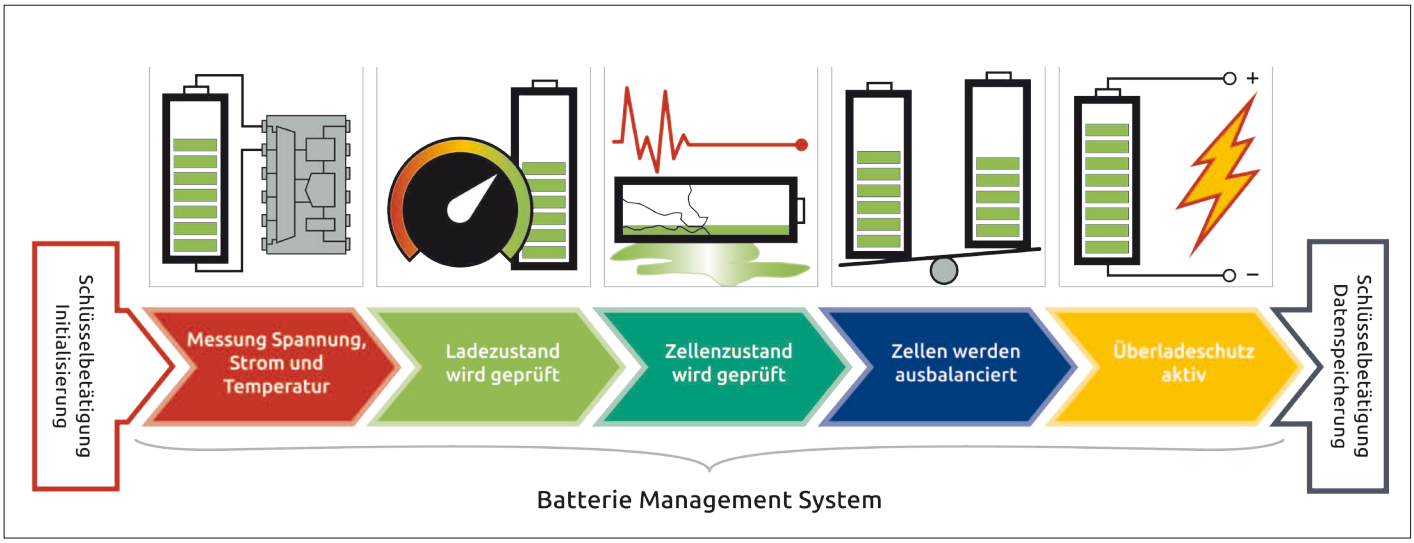
Beispiele für Hybrid- und Elektroautos, bei denen die Batterie durch Luft gekühlt wird, sind: Toyota Prius (NiMH-Zellen), Nissan Leaf (Li-Ionen-Zellen).

## Flüssigkeitskühlung

Obwohl Luft als Wärmeträger im Vergleich zur Flüssigkeitskühlung eine einfache und bequeme Option ist, ermöglichen die thermischen Eigenschaften von Flüssigkeiten, bei der Verwendung als Kühlmedium mehr Wärme als Luft abzuführen, und werden daher in Anwendungen eingesetzt, in denen große Mengen an Wärmeleistung und hohe thermische Dichtewerte aus den Batterien entfernt werden müssen.

Die Flüssigkeit wird durch das Klimasystem des Fahrzeugs oder, häufiger, durch eine spezielle Flüssigkeits-/Flüssigkeitskühleinheit abgekühlt.

Flachzellen werden in der Regel durch Flüssigkeitskühler gekühlt, die direkt mit ihren Oberflächen in Kontakt kommen, und so die komplette Fläche zur Kühlung nutzen.




***Kontrollmechanismen im BMS***

| Pro | Contra |
|---|---|
| höhere Leistungsflussabsorbtion | zusätzliche Komponenten |
| gleichmäßiger Temperaturgradiend zwischen den Zellen | Gewicht |
| geringeres Volumen, kompaktes Design | potentielles Leckagerisiko |
| bessere thermische Kontrolle | höhere Wartungskosten |
| | Flüssigkeitsvorwärmung nötig bei Temperaturen unter 0 °C |

***Tabelle 2: Allgemeine Vor- und Nachteilen von Flüssigkeitskühlsystemen für Elektro- und Hybridfahrzeuge***

Jüngste Studien zeigen jedoch erhebliche Leistungsverluste und erhöhte Verluste an nutzbarer Kapazität unter Last.

Aus diesem Grund scheint die reine Kontaktkühlung (Tabs) in Bezug auf den Temperaturgradienten effizienter zu sein, das heißt:

- höherer Zellwirkungsgrad
- Geringeres Risiko von thermischen Rissen nach mehreren Be- und Entladezyklen

Tabelle 2 zeigt allgemeine Vor- und Nachteilen von Flüssigkeitskühlsystemen für Elektro- und Hybridfahrzeuge.

Beispiele für Hybrid- und Elektroautos, bei denen die Batterie durch Flüssigkeit gekühlt wird, sind: Tesla-S, Chevrolet Bolt, Audi A3 Sportback e-tron. Es gibt auch einige Fälle von Elektroautos (z. B. BMW i3), bei denen die Zellen nicht durch Wasser-Glykol-Gemische, sondern durch Zweiphasen-Flüssigkeit direkt aus dem Klimasystem gekühlt werden.

## Benötigte Grunddaten für das Batterie-Wärmemanagement von Hybrid- und Elektrofahrzeugen

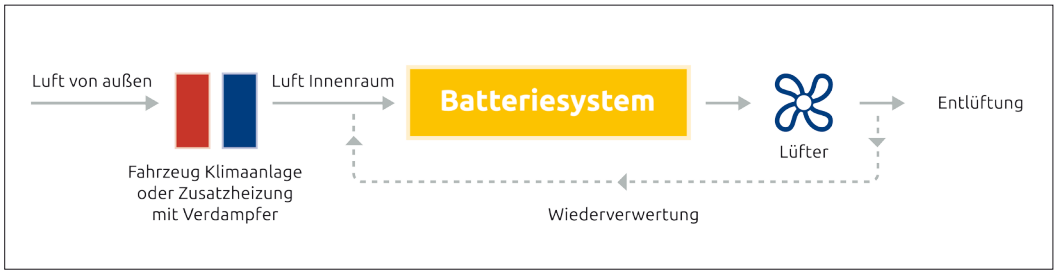
Um ein Batteriekühlsystem für EVs oder HEVs richtig zu gestalten, müssen im Allgemeinen folgende Informationen verfügbar sein:

- Zellenform (Prismatisch, Flachzelle, Zylindrisch) und geometrische Konfiguration der Module
- Gewichtsbeschränkungen
- Akkupositionierung
- Kühlmedien an Bord (Wasser und Frostschutzmittel, Korrosionsschutz, Öl, Zweiphasenflüssigkeiten)
- Temperatur der Eingangsflüssigkeit
- Thermische Schnittstellen (Graphit, Phasenwechselmaterialien)
- Oberflächen- vs. Kontaktflächenkühlung

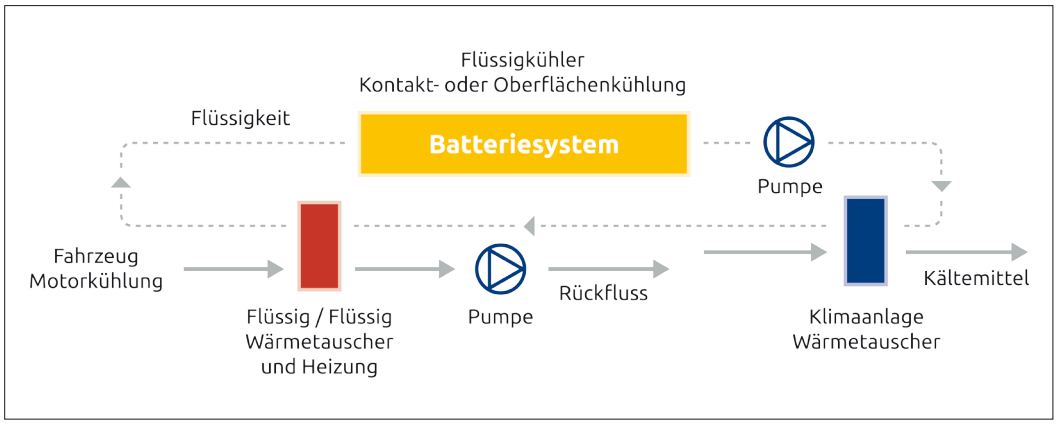
## Lithium-Ionen-Batterien als Lösung?

Ab 2020 wird erwartet, dass die Nutzung konventioneller thermischer Motoren zurückgeht und voraussichtlich bis 2050 verschwunden sein wird. Lithium-Ionen-Batterien stellen derzeit das am weitesten verbreitete Speichermedium in EVs und HEVs dar, und ihre Erforschung und Weiterentwicklung wird immer weiter vorangetrieben. Eine gut durchdachte Temperaturregelung von Lithium-Ionen-Batterien ist eine Grundvoraussetzung für einen optimalen Wirkungsgrad von Elektromotoren. Die Einhaltung der Temperatur im gewünschten Bereich und niedriger Temperaturgradienten kann zudem eine längere Akkulaufzeit und eine bessere Energieeffizienz garantieren.

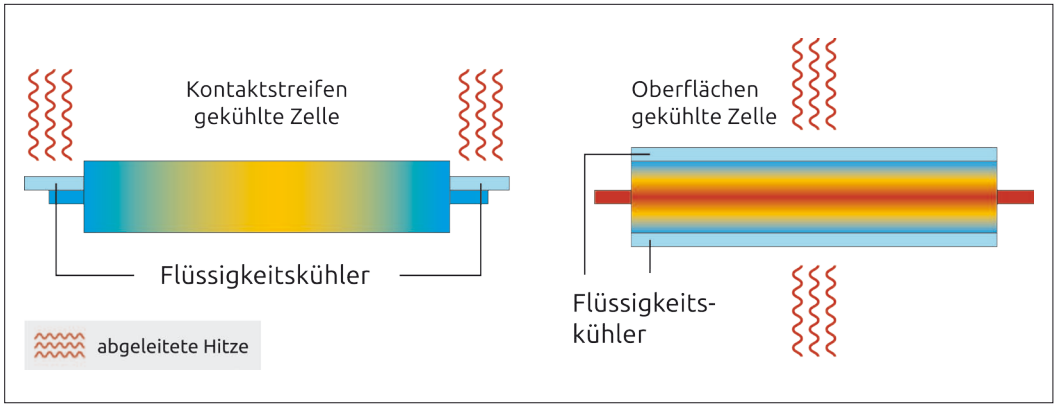
Themen des Wärmemanagements müssen von einem Expertenteam unter Beteiligung von Batterieherstellern, Elektroingenieuren und Wärmemanagementspezialisten untersucht werden, da sie bereits in den frühen Phasen des Designprozesses berücksichtigt werden müssen. ◀




***Kühlkreislauf Luftkühlung***



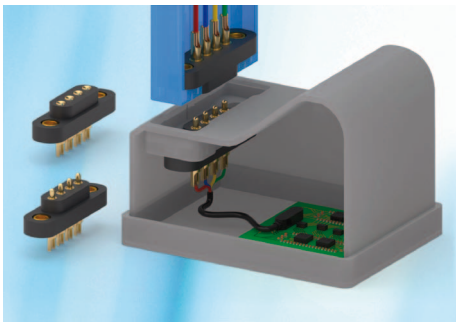

***Kühlkreislauf Flüssigkeitskühlung***




***Kühlung Kontaktflächen vs Oberflächen***

# Einfache Kabelanbindung

***Feder- und Gegenkontaktmodule von Mill-Max-Serie 868 mit rückseitigen Lötkelchen für die einfache Kabelanbindung***



Der US Hersteller Mill-Max stellt eine Erweiterung seiner robusten Steckverbinderserie im 4mm-Raster vor. Die Federkontaktmodule und die Gegenkontaktmodule sind mit rückseitigen Lötkelchen für die einfache Lötverbindung mit Drähten und Litzen versehen. Die neuen Versionen der Serie 868 haben seitliche Flanschanschlüsse optional mit Gewinde.

Sie sind ideal geeignet für den Einbau in Gehäuse von Docking-Stationen, für Kabelverbindungen und strapazierfähigen Schnellkupplungen. Die 868 Feder- und Gegenkontaktmodule sind für den direkten Leiteranschluss konzipiert und verfügen über gleichmäßig ausgerichtete Lötkelche, um ein effizientes Löten von Kabeln bis 16 AWG zu ermöglichen. Die Federkontaktmodule der 868-22-00X-00-0X1101 verfügen über hochbelastbare Federstifte mit einem Durchmesser von 1,27 mm (0,050“), die auch seitlichen Kräften standhalten.

Die vergoldete Edelstahlfeder gewährleistet einen zuverlässigen Betrieb bis zu 1 Million Zyklen und ist weniger anfällig für Stressrelaxation bei höheren Temperaturen (260 °C max. für 1 Stunde, 180 °C max. über 24 Stunden). Jeder Federstift ist für 9 Ampere ausgelegt, bei einer Temperaturerhöhung von 10 °C über Raumtemperatur. Der Durchgangswiderstand beträgt weniger als 20 mΩ. Die Federstifte haben einen Hub von bis zu 2,29 mm (.090“). Die Gegenkontaktmodule 868-10-00X-00-0X1000 werden wahlweise mit einer flachen oder konkaven Kontaktfläche angeboten. Die flache Ausführung hat einen Durchmesser von 2,08 mm (.082“) und bietet genügend Zielbereich für den 1,27 mm (.050“) Durchmesser des Federkontaktes. Konkave Kontaktflächen bieten eine zusätzliche Kontaktoberfläche und können bei der Zentrierung/Ausrichtung der Federstifte helfen.

■ *WDI AG*
*www.wdi.ag*

## Effiziente Kühlsysteme für den Innen- und Außeneinsatz

Seifert Systems präsentiert auf der SPS eine Auswahl seiner Klimatisierungslösungen für Schalt- und Steuerschränke, Maschinen, Bearbeitungszentren und Serverschränke. Im Fokus stehen die schlanken, besonders energieeffizienten Kühlgeräte der Serie SlimLine Pro, die in neun Varianten mit Kühlleistungen zwischen 350 W und 6,2 kW (L35L35) erhältlich sind. Die Baureihe mit integrierter Kondensat-Verdunstung zeichnet sich durch im Marktvergleich besonders gute EER-Werte sowie ihr äußerst montagefreundliches Gerätedesign aus. Für den Außeneinsatz bietet der Klimatisierungsexperte robuste Outdoor-Kühlgeräte für Temperaturbereiche von -40 bis +55 °C an. Mit den Modellvarianten UL Type 4X stehen besonders widerstandsfähige, korrosionsbeständige Anbaugeräte in Edelstahlausführung zur Wahl, die den strengen Anforderungen nach NEMA / Type 4X entsprechen und Nutzkühlleistungen zwischen 290 W und 4 kW abdecken. Einen weiteren Schwerpunkt bilden Rückkühlsysteme, für deren Entwicklung und Fertigung Seifert im August dieses Jahres eine neu errichtete Produktionsstätte in Betrieb genommen hat. Am neuen Standort werden kundenspezifische Chiller mit aktiver oder passiver Rückkühlung mit Kühlleistungen bis zu 160 kW für den gesamten europäischen Markt produziert. Abgerundet wird das SPS-Ausstellungsprogramm durch Wärmetauscher, Peltier- Geräte sowie ein umfangreiches Zubehör an Thermostaten, Hygrostaten, Schaltschrankheizungen und Filterlüfter.

■ *Seifert Systems GmbH*
*info.de@seifertsystems.com*
*www.seifertsystems.com*

fischer elektronik
kühlen schützen verbinden

Designgehäuse
- innovative Gehäusesysteme mit stoßfesten Kunststoffabdeckungen
- für ungenormte oder 100 mm Leiterkarten
- für den mobilen Einsatz oder als Tischgehäuse mit rutschfesten Standfüßen
- EMV gerechte Ausführungen, IP-Schutz
- spezielle Anfertigungen, Bearbeitungen und Farbgestaltung nach Kundenvorgaben

Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
Nottebohmstraße 28
58511 Lüdenscheid
DEUTSCHLAND
Telefon +49 2351 435-0
Telefax +49 2351 45754
E-mail info@fischerelektronik.de

50 JAHRE WÄRME MANAGEMENT

Wir stellen aus: embedded world in Nürnberg vom 25.-27.2.20 Halle 4A, Stand 516