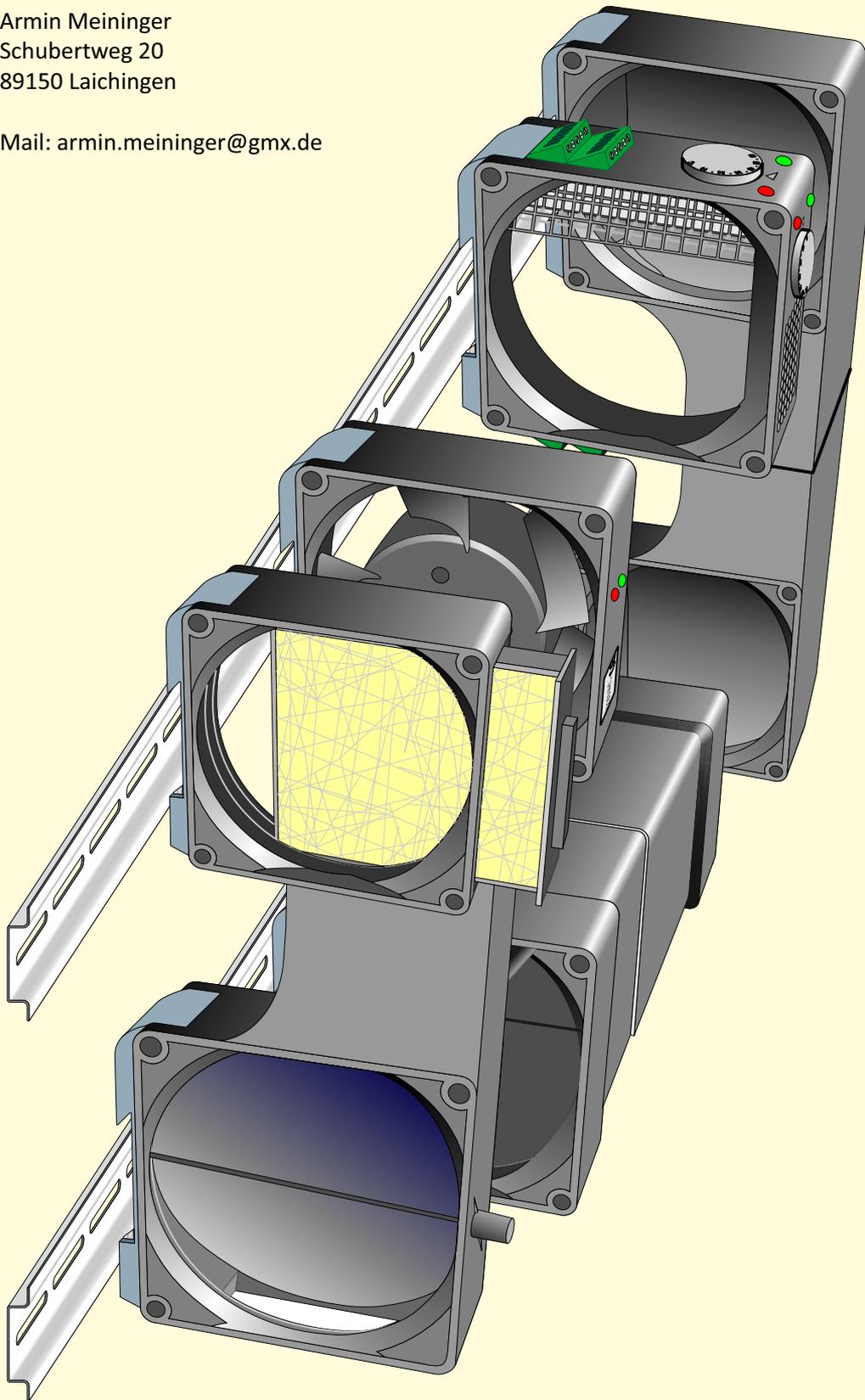


Vorrichtung zur Klimatisierung elektronischer Baugruppen

Armin Meininger
Schubertweg 20
89150 Laichingen

Mail: armin.meininger@gmx.de



Vorrichtung zur Klimatisierung elektronischer Baugruppen.

Bauformen von Hutschienenkleingehäusen aktuell:

Elektronik muss in einem Kleingehäuse untergebracht werden, um mechanischen Schutz vor physischen Einwirkungen beim Transport, bei der Montage und im Betrieb zu gewährleisten. Die Oberflächen der Kleingehäuse bieten zudem die Möglichkeit der Beschriftung (Firmenlogo, Prüfzeichen, Spezifikationen, Funktionsbeschreibungen, Warnungen, Schalter, Stecker, Leuchten usw.).

Abgesehen von diesen Zwängen wäre es aus thermischer Sicht günstiger, man würde die Elektronikmodule ohne Gehäuse einbauen, die Wärmeabfuhr durch Konvektion wäre so deutlich wirksamer.

Seite 4 zeigt Elektronikmodule wie sie seit dem letzten Jahrhundert im Prinzip gebaut werden. Ein individuell gestaltetes Gehäuse ist zur Hutschienenmontage mit einer Hutschienenhalterung ausgestattet. Den Hitzestau durch Verlustwärme der Elektronik versucht man mittels Schlitze und Löcher an der Gehäuseoberseite und Gehäuseunterseite mehr schlecht als recht zu reduzieren. Eine kompakte Bauweise ist aufgrund dieses Sachverhaltes nicht möglich.

Es ist geradezu erschreckend, wie betriebsblind Ingenieure durch geübte Praxis an diesem überholten Konzept festhalten.

Durch eine kleine Änderung an den Elektronikgehäusen ist es möglich, ausnahmslos alle Funktionsansprüche an ein Elektronikkleingehäuse besser zu erfüllen.

Grundsätzliche Betrachtung:

Die Ventilation oder die aktive Klimatisierung erfolgt bisher zwischen den Kleingehäusen und dem Schaltschrank, also nicht am Ort der Hitzeentwicklung. Deshalb sollte die Klimaanlage des Schrankes auch automatisch abschalten, wenn die Schaltschranktür geöffnet wird.

Nach meinem Konzept wird die Elektronik in den Elektronikkleingehäusen direkt klimatisiert und nicht der Schrank als Ganzes. Man darf die Tür also getrost öffnen, die Klimatisierung läuft ungestört weiter.

Das geht so:

Alle Elektronikkleingehäuse werden links und rechts mit einem Loch in Anordnungsrichtung der Gehäuse versehen. Alle bisherigen Schlitze und Löcher an der Ober-, Unter- und Frontseite werden geschlossen. Die erzwungene Konvektion findet nun in horizontaler Richtung statt. Diese Konvektion ist um ein vielfaches stärker als die bisherige vertikale Konvektion. Ein modifiziertes Axialgebläse für Hutschienenmontage ist an einer Seite der aneinandergereihten Kleingehäuse zu montieren (siehe Beispiele ab Seite 10). Die Elektronikgehäuse bilden einen Windkanal.

Seite 5 bis 8 zeigen die nötigen Teile für ein Gesamtkonzept. Das Design ist zur Hutschienenmontage vorgesehen. Technische Details müsste man besprechen, das führt hier zu weit.

Die Vorteile:

1. Für Beschriftungen, Schalter, Buchsen und LED's an den Elektronikmodulen stehen nun drei Seiten zur Verfügung, die Ober-, Unter- und Frontseite. Kühlschlitze werden nicht gebraucht.
2. Physische Einwirkungen sind wegen des rundum geschlossenen Gehäuses (im eingebauten Zustand) noch besser abgeschirmt, es können z. B. keine metallischen Drahtabfälle in die Elektronik fallen.
3. Es gibt keinen Hitzestau! Die Innentemperatur der Kleingehäuse entspricht der Schaltschrank-innentemperatur. Ist die Temperatur außerhalb des Schrankes günstiger, holt man die Luft von außen.
Vorteil: Geringere Ausfallquote der Elektronik, Energieeinsparung.
4. Die lokalen Temperaturunterschiede " ΔT " innerhalb der Kleingehäuse sind deutlich geringer. Dieses geringere " ΔT " hat zusätzlich günstigen Einfluss auf die Ausfallquote der Elektronik. Dieser Effekt wurde bisher noch nicht untersucht, weil es das geringe " ΔT " so noch nicht gab.
5. Es ist erstmals denkbar, Schaltschränke ganz ohne Filterlüftung oder Wärmetauscher zu betreiben, das ist sinnvoll in schmutziger, ölig oder aggressiver Umgebung. Der Einsatz von Wärmetauschern ist erst bei deutlich höherer Temperatur erforderlich.
6. Hotspots können innerhalb des Luftkanals nicht entstehen.
7. Der horizontale Luftkanal kann durch Luftumleitung auf eine darüber-/darunterliegende Hutschienenreihe umgeleitet werden, um längere Luftkanäle zu ermöglichen (siehe Seite 10 Beispiel B).
8. Umgeleitete Luftkanäle können in einen geschlossenen umlaufenden Luftkanal vervollständigt werden (das



Axialgebläse treibt die Luft im Kreis durch die Kleingehäuse), siehe Seite 13 Beispiel E.

Vorteile:

- 1.) In kalten Klimazonen wird praktisch keine Heizung benötigt, weil die Verlustwärme der Elektronik im System bleibt und die Elektronik sich somit selbst warm hält.
- 2.) In warmen Klimazonen braucht nur das kleine Volumen der Elektronik aktiv gekühlt zu werden und nicht der ganze Schaltschrank. Durch den geschlossenen Luftkanal ist Kondenswasserbildung ausgeschlossen.

9. Eine Klappe kann zwischen einem offenen und einem geschlossenen Luftkanal umschalten, siehe Seite 14 Beispiel F.

Vorteil:

Nun ist es möglich mit geringem Aufwand Schaltschränke in allen Klimazonen zu betreiben, ohne sich um die Klimatisierung zu kümmern. Die Klappe sorgt in allen Temperaturbereichen für eine bisher nie dagewesene Energieeffizienz.

10. Ein wichtiger Vorteil ist die einfache Montage aller benötigten Komponenten. Einfach nur auf der Hutschiene einrasten, in Sekunden ist alles montiert. Die Steuerung der Lüfter, und Klappen übernimmt eine intelligente Steuerung, die in den Temperatursensoren sitzt.
11. Das Design der Elektronikmodule wird sich verändern. Die Elektronikmodule werden schmaler und nutzen die Tiefe des Schaltschranks besser aus. Man kann mehr Hutschiene Module im Schrank unterbringen bzw. die Schränke werden kleiner.

Unglaubliche Einspareffekte ergeben sich bei umlaufenden Luftkanälen. Die Verlustwärme der Hutschiene-Kleingehäuse reicht aus, um auch unter -20 °C auf eine Schaltschrankheizung zu verzichten. Aufgrund der kleinen Volumina ergeben sich auch im Falle einer Kühlung enorme Einspareffekte.

Normale Industrieschränke im Außenbereich (z. B. Seehäfen Anlagensteuerung, Straßenverkehrsverwaltung, Automatisierungs- und Steuergeräte, Schienenverkehr, Automatisierungs- und Steuergeräte) können in unserer Klimazone nun ohne Zusatzheizung im Winter oder Kompressorkühlung im Sommer ganzjährig betrieben werden, sofern man direkte Sonneneinstrahlung auf die Schaltschränke vermeidet. Elektronik in Schränke im Innen- wie auch Außenbereich ist grundsätzlich 12 bis 15 °C kühler als ohne die neue Querlüftung.

Die gelb markierten Temperaturbereiche ab Seite 10 zeigen, was das neue System bei jeweiliger Kombination der neuen Bauteile an Effizienz bringt.

Hinweis: Die Zeichnungen ab Seite 5 zeigen nur ein System für 80 mm Standardmodule. Die IT erfordert eine andere Dimensionierung, eventuell auch eine vertikale Strömungsausrichtung.

Gibt es auch Nachteile?

Nein, technisch keine (Bedenken oder Fragen werden ab Seite 17 beantwortet).

Ja, aus Sicht der Industrie. Es ist klar, dass Heiz- und Kühlgeräte in der üblichen Leistungsstärke mittelfristig nicht weiter im bisherigen Umfang verkauft werden können. Bestehende Märkte werden kannibalisiert. Ich habe schon Signale erhalten, dass man das nicht will.

Verhindern kann man diese Entwicklung nicht, die Energieeffizienzvorteile sind derart groß, dass die Entwicklung nicht aufgehalten werden kann und nicht aufgehalten werden sollte.

Zukunftsaussichten:

Das neue Funktionsprinzip wird eine Welle von Weiterentwicklungen und Anpassungen durch findige Köpfe zur Folge haben. Das Patent ist so formuliert, dass durch Weiterentwicklungen meistens Rechte der Patentinhaber tangiert werden. Hier liegt ein gewaltiges Potential für gute Geschäfte und gutes (meteorologisches) Klima.



Aktuelle Modulgehäuseausführungen



157x86x57(BHT)



-25...+70°C
120W Effizienz: 91% ca.60,- €

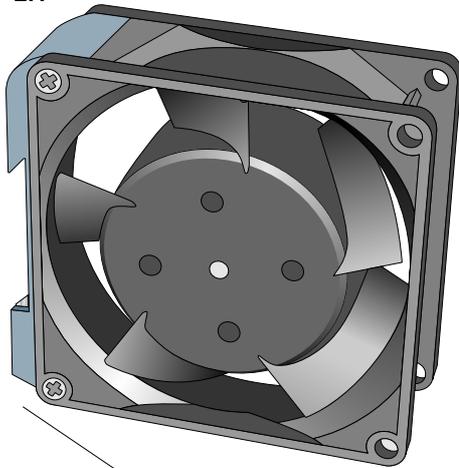


-30...+70°C
960W Effizienz: 94% ca.300,- €



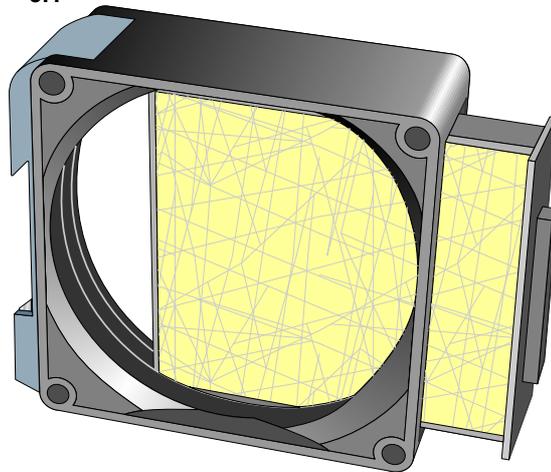
Neue Teile zum Aufbau einer horizontalen Klimatisierung der Anwendermodule
 Axiallüfter, Luftfilter, Heizung, Temp-Sensor

Axiallüfter für Hutschienenmontage
2.1

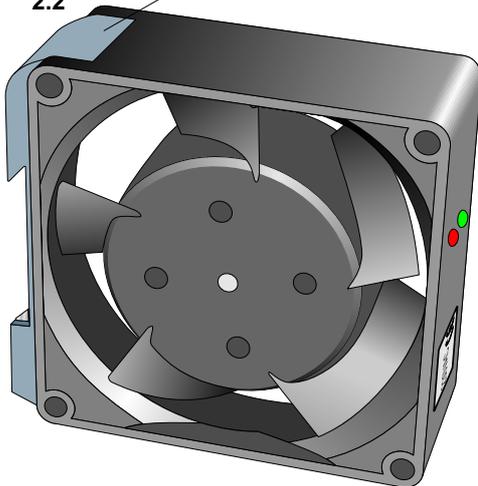


Hutschienenhalter

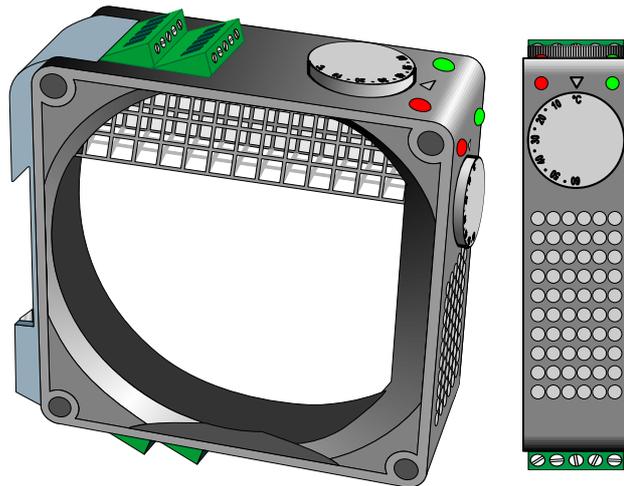
Luftfilter für Hutschienenmontage
3.1



2.2

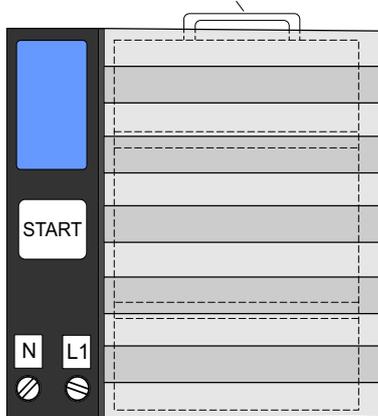


Bimetallthermostat für Luftkanaltemperatur und
 Schaltschrankinnentemperatur. Hutschienenmontage
10.3

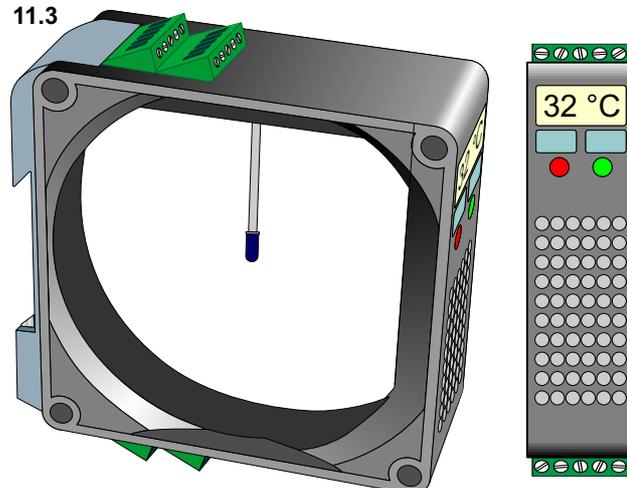


Heizung horizontal für Hutschienenmontage

9 Hutschienenhalter

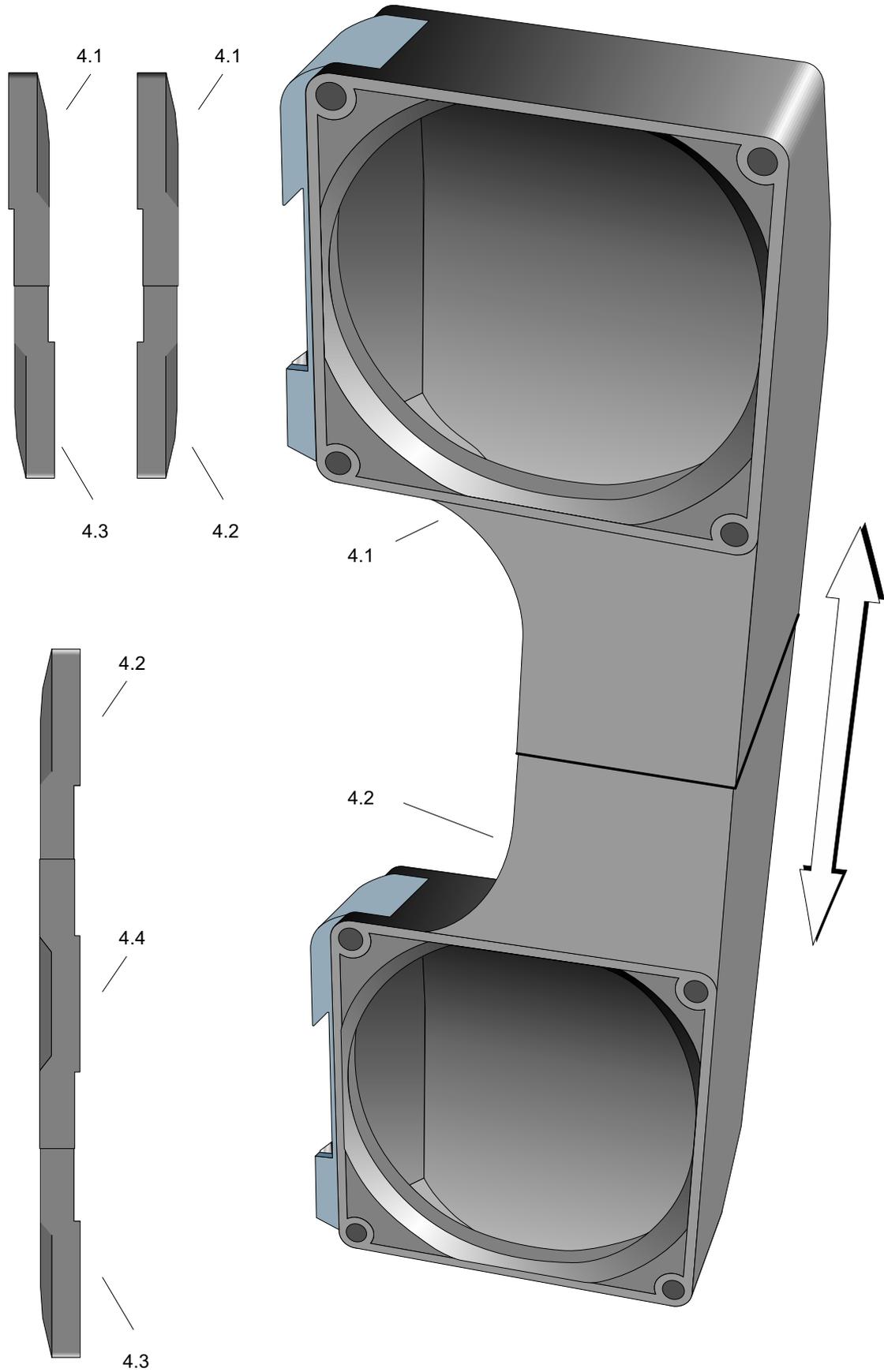


Thermostat (analog) für Luftkanaltemperatur und
 Schaltschrankinnentemperatur. Hutschienenmontage
11.3



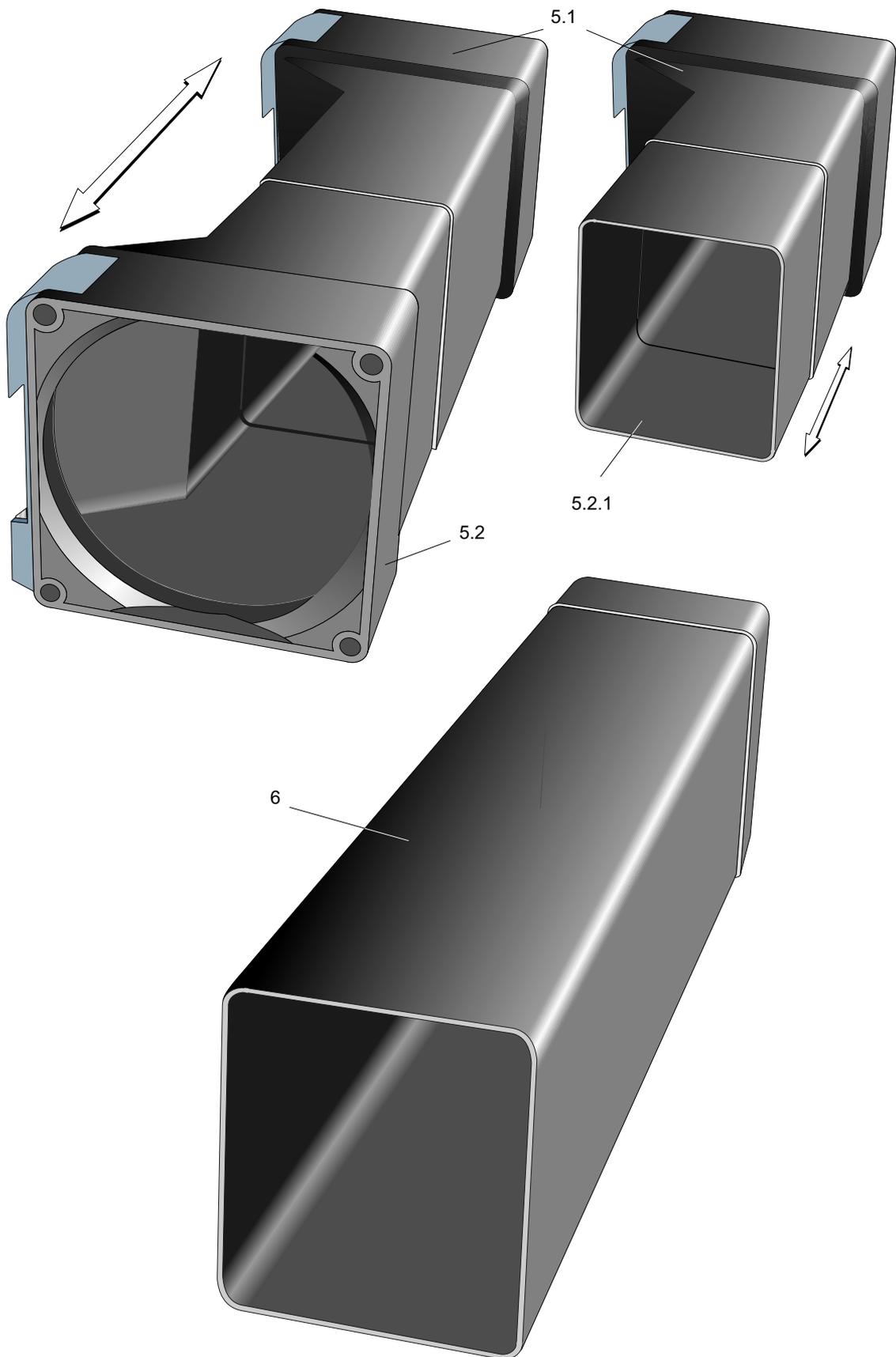
Luftschacht vertikal

Luftkanal zur vertikalen Strömungsumleitung



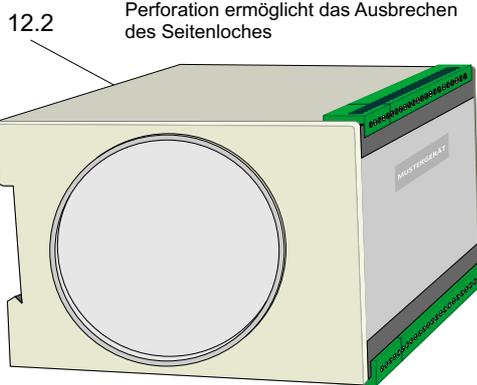
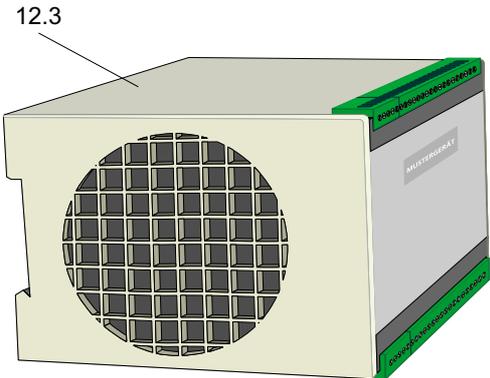
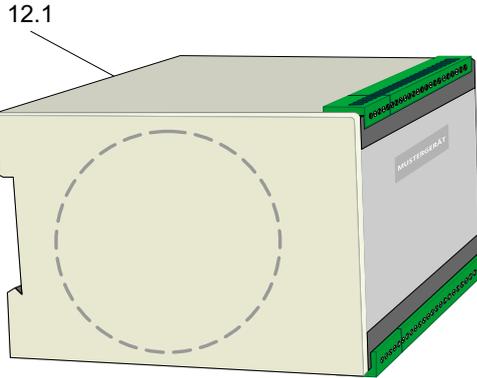
Luftschacht horizontal

Luftkanäle zur horizontalen Überbrückung von Lücken



Beispiel Anwendergehäuse, Klappe umlaufend/geschlossen

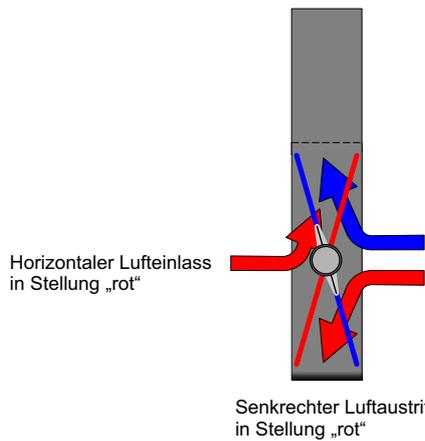
Horizontal luftdurchlässige Hutschiene Kleingehäuse



12.2 Perforation ermöglicht das Ausbrechen des Seitenloches

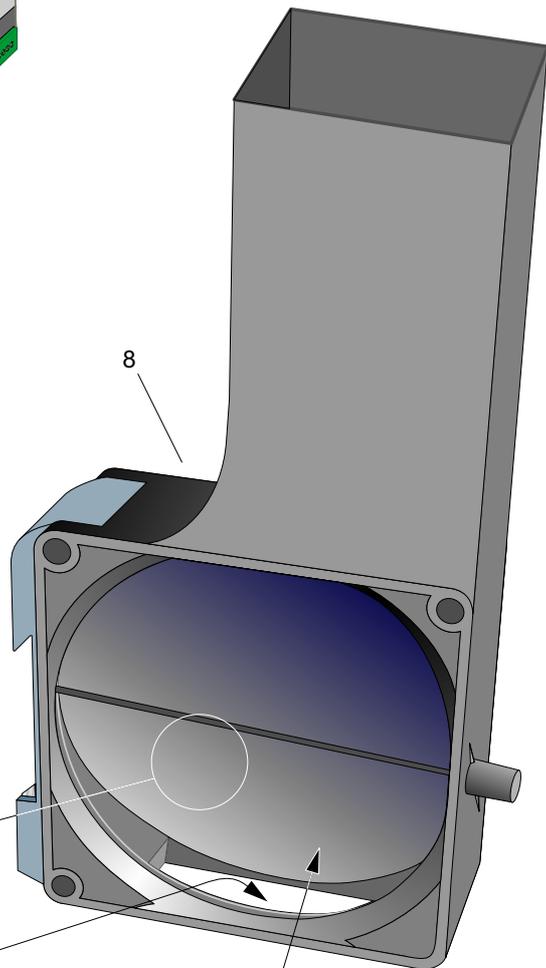
Deckel ist abnehmbar, kann bei Bedarf wieder verwendet werden

Umlenkklappe (elektronisch gesteuert)



Horizontaler Lufteinlass in Stellung „rot“

Senkrechter Luftaustritt in Stellung „rot“



Horizontaler Lufteinlass in Stellung „rot“

Senkrechter Luftaustritt in Stellung „rot“

Klappe

Klappenstellung „umlaufend“

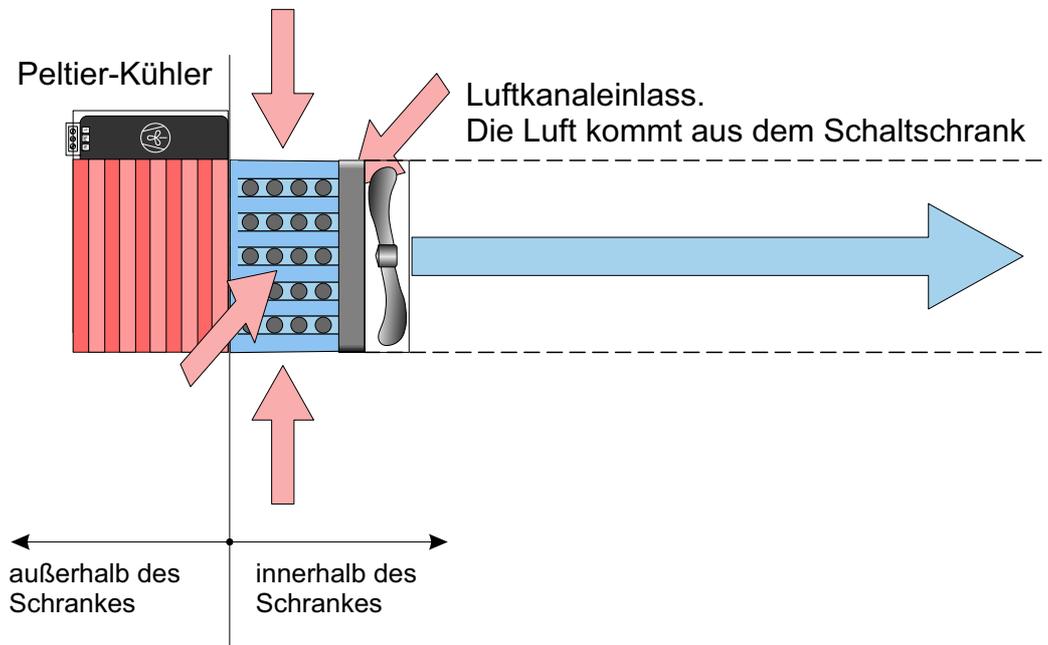


Peltier-Kühlung offen/geschlossen

Peltier-Kühlung für offenen Luftkanal

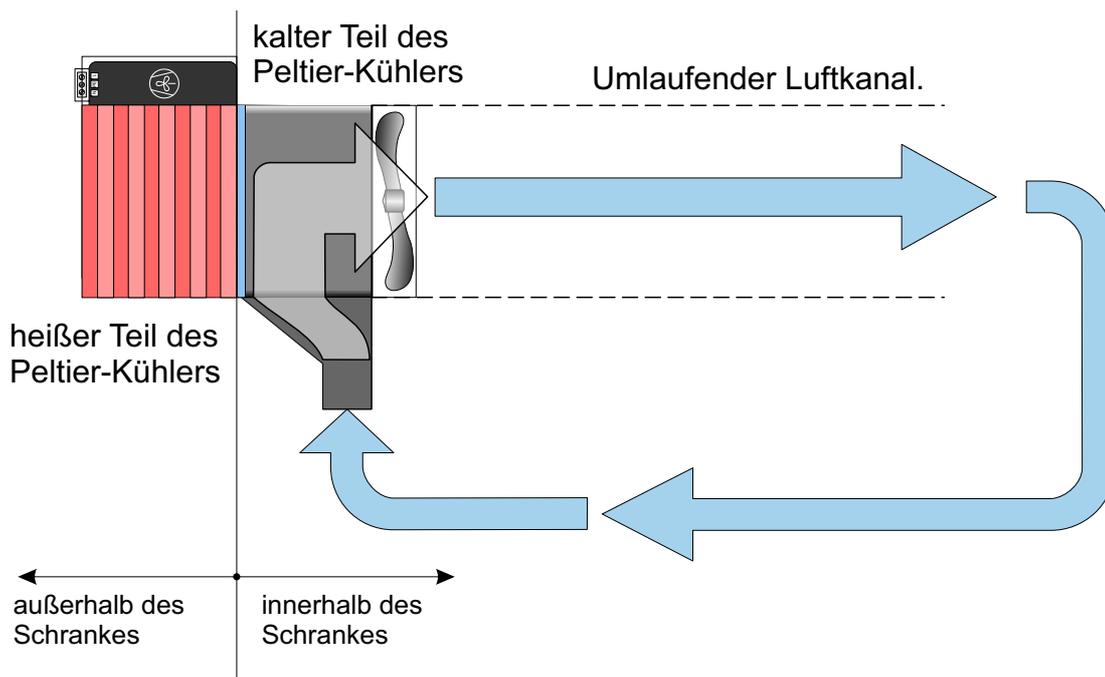
(bei höherer Kälteleistung kann auch ein konventioneller Wärmetauscher in den Luftkanal integriert werden)

7.1



Peltier-Kühlung für geschlossenen Luftkanal zur Vermeidung von Kondenswasser

7.2



Anwendungsbeispiele

Offener Luftkanal 1 und 2 Zeilen

Beispiel A

Beispiel A zeigt den einfachsten Aufbau. Dieser Aufbau macht dann Sinn, wenn keine aktive Klimatisierung nötig ist. Schaltschrankinnentemperatur und Elektroniktemperatur sind so identisch, denn der Hitzestau in dem Moduln wird verteilt. Dieses Verfahren ist auch für gasdichte Ex-Schränke geeignet. Die Module sind ca. 13 °C kühler, das wirkt sich günstig auf die Ausfallquote aus.

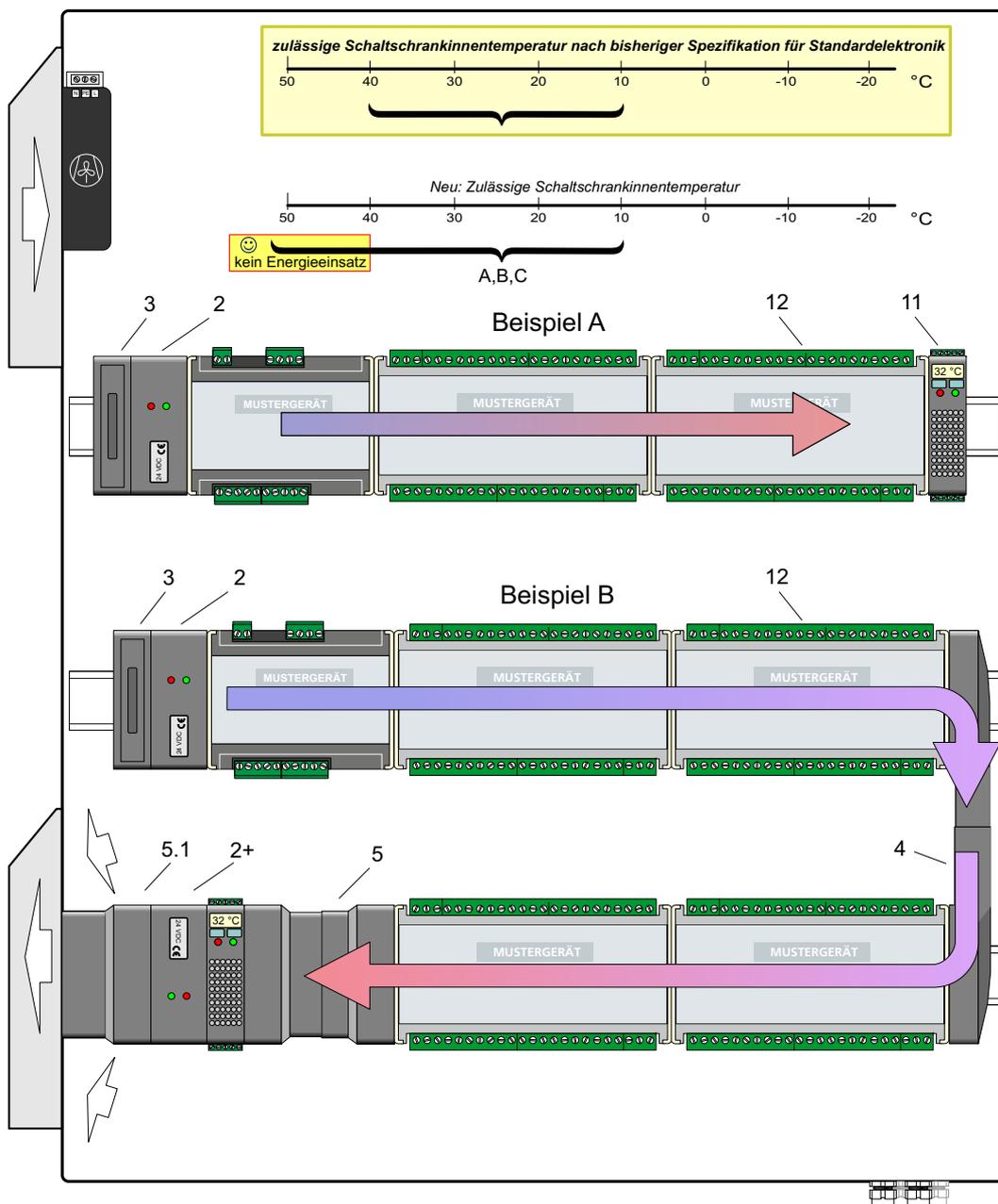
Von links nach rechts: Luftfilter (3), Axialgebläse (2), Anwender-Elektronikmodule mit horizontalem Luftdurchsatz (12), Temperatursensor für Luftkanaltemperatur und Schaltschrankinnentemperatur (11).

Die Bauteile bilden einen offenen Luftkanal.

In diesem Beispiel wird die Luft aus dem Schaltschrank entnommen und wird in den Schaltschrank geblasen. Es wäre auch denkbar, die Luft der Umgebung zu entnehmen und die Warmluft am Ausgang des Luftkanals in die Umgebung aus dem Schrank zu leiten.

Beispiel B

Beispiel B ist erweitert um eine Luftumleitung (4) auf eine darunter liegende Hutschiene. Horizontale Luftschächte (5) überbrücken Leerräume. Ein zweiter Lüfter (2+) könnte zur Sicherheit ergänzt werden. Es handelt sich hier ebenfalls um einen offenen Luftschacht. Die Warmluft wird nach außen geleitet.



Offener Luftkanal 3 Zeilen

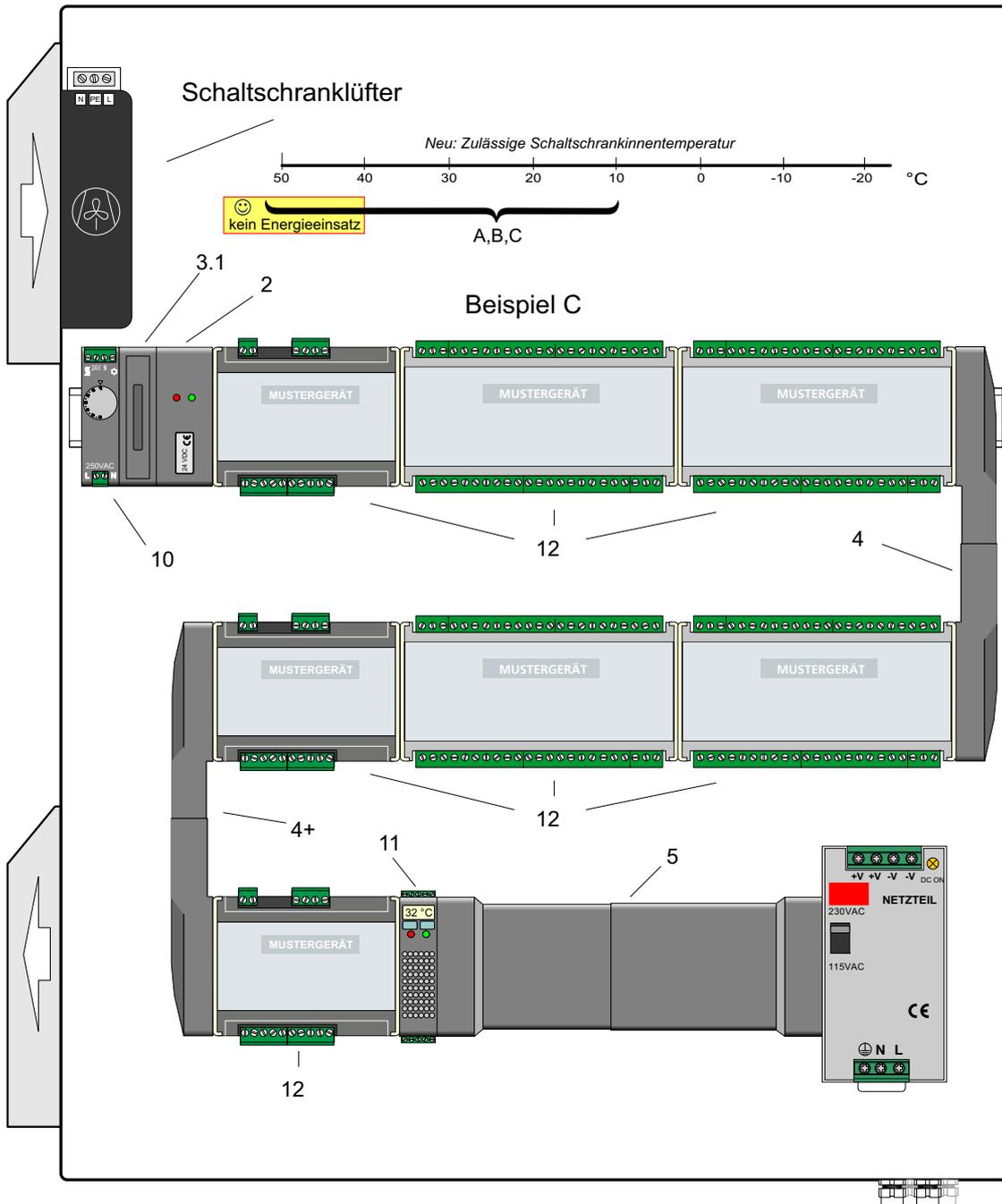
Beispiel C

Hier ein Beispiel mit Netzteil. Bauteile mit höherer Verlustleistung sollten am Ende des Luftkanales eingesetzt werden. Der Bimetallthermostat (10) misst an dieser Position die Schaltschrankinnentemperatur, und könnte beispielsweise den Schaltschranklüfter schalten.

Künftig können Netzteile deutlich kompakter aufgebaut werden, das gilt für alle Elektronikkomponenten.

Der entscheidende Vorteil der Anordnung nach Beispiel A, B und C ist:

1. Die Elektronik wird ca. 13 °C kühler und damit störungsunanfälliger sein.
2. Im Umkehrschluss dürfte die maximal zulässige Schaltschrankinnentemperatur um 13 °C höher werden, ohne aktiv in die Klimatisierung eingreifen zu müssen.
3. Die Temperaturunterschiede innerhalb der Module (ΔT) sind deutlich geringer, das verringert zusätzlich die Ausfallquote. Das folgende Diagramm veranschaulicht diesen Sachverhalt.
4. Die Elektronikmodule können kompakter konstruiert werden.
5. Der Abstand der Hutschienezeilen kann deutlich verringert werden, der Aufbau wird kompakter.



Diagramm

Anmerkung: Die folgende Beschreibung kann aus Platzgründen nur auf einen offenen Luftkanal eingehen. Geschlossene Luftkanäle mit Zusatzheizung oder Zusatzkühlung werden hier nicht behandelt.

Experimentalaufbau mit beliebig einstellbarer Verlustleistung der Elektronik, ein Beispiel:

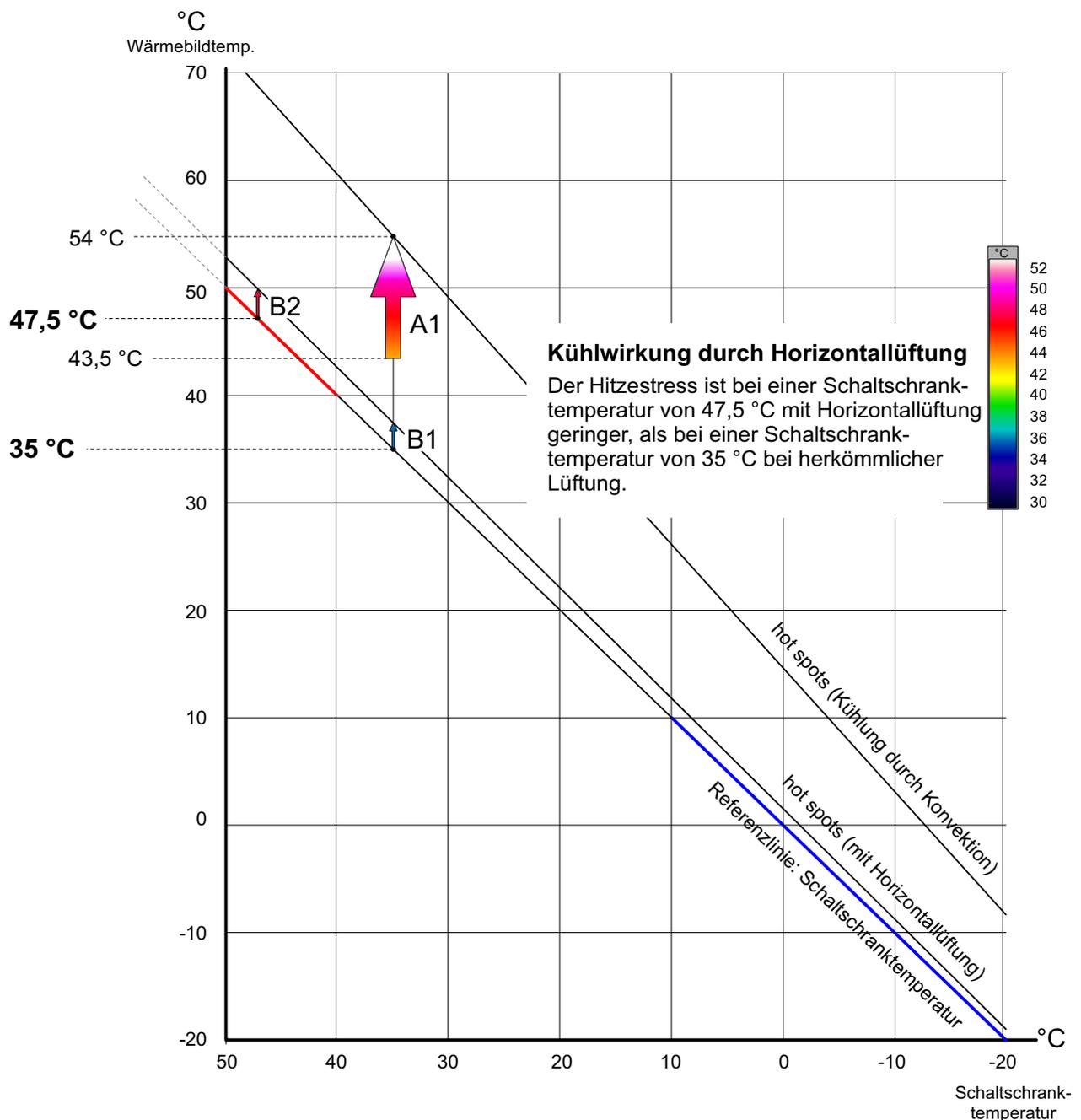
Bei 35 °C Schaltschrankinnentemperatur waren punktuell, je nach Bauteil, in den Elektronikmodulen Temperaturen von 43,5 °C bis 54 °C (Pfeil A1) zu messen.

Bei horizontaler Lüftung waren in den gleichen Modulen Temperaturbereiche von 35 °C bis 38 °C zu messen (Pfeil B1).

Das bedeutet:

Bei einer Schaltschrankinnentemperatur von 47,5 °C und Horizontallüftung, war die mittlere Temperatur in den Modulen nicht höher als bei herkömmlicher Lüftung und 35 °C Schaltschrankinnentemperatur (Pfeil B2). In der Spitze war die Temperatur sogar noch geringer.

Von Vorteil ist auch, dass Innerhalb der Elektronikmodule die Temperaturunterschiede (ΔT) deutlich geringer sind, erkennbar durch kürzere Pfeile (B1 und B2). Das wirkt sich zusätzlich günstig auf die Ausfallquote der Elektronik aus. Ein Effekt, der bisher noch nicht untersucht wurde.



Offener/geschlossener Luftkanal mit Peltier-Kühlung

Beispiel D

Die Zusatzkühlung erweitert den Arbeitsbereich bei hoher Umgebungswärme. Achtung: Kondenswasserbildung. Nur in geschlossenen Schränken ohne Schaltschranklüftung verwenden.

Beispiel E

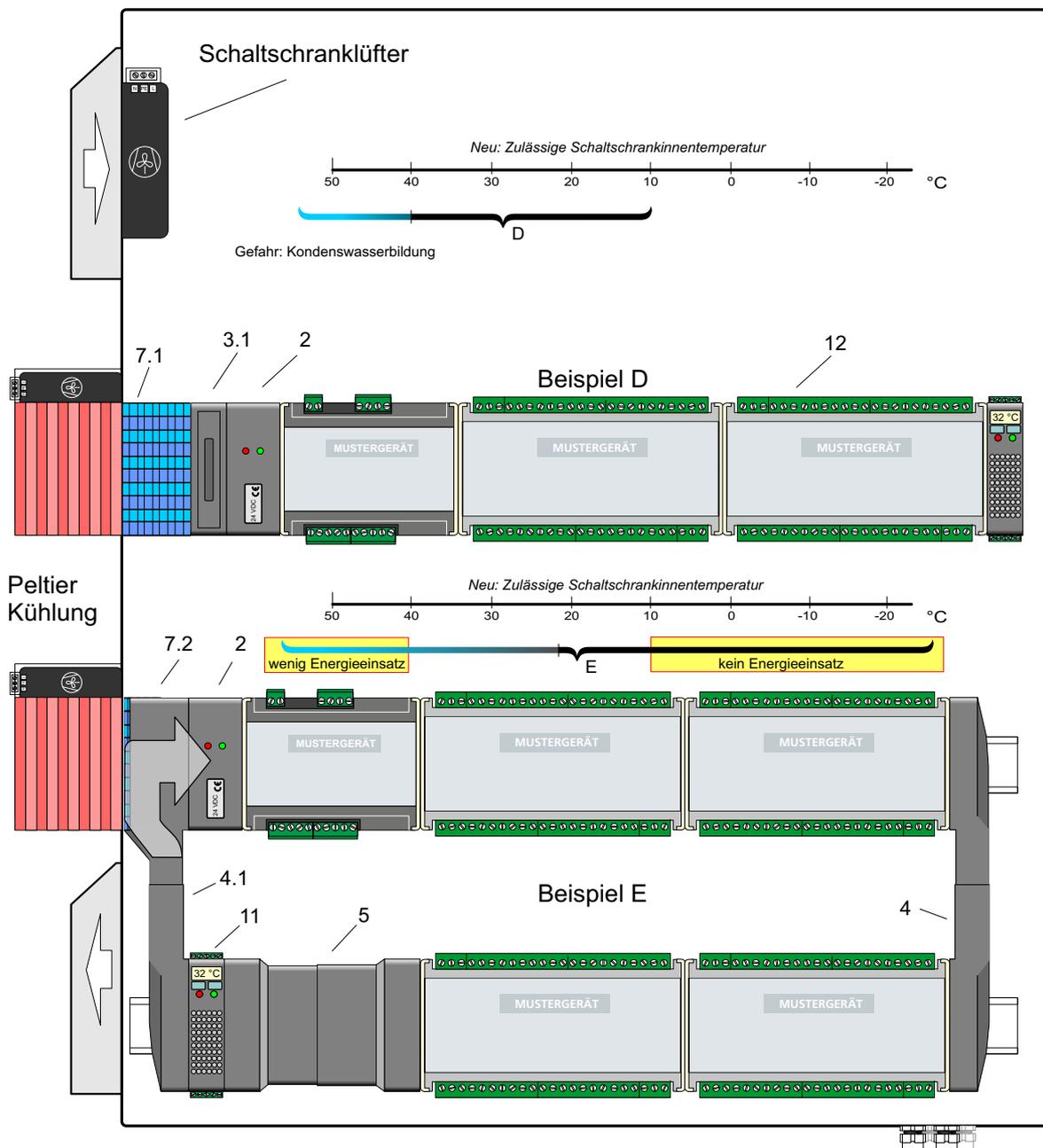
Vorteil: Da keine Frischluft in den Luftkanal gelangt, besteht keine Gefahr der Kondenswasserbildung. Bei Kälte ermöglicht die Abwärme der Module den Betrieb auch ohne Zusatzheizung.

Nachteil gegenüber D: Man muss auch bei sonst akzeptabler Schaltschrankinnentemperatur kühlen, denn die Verlustwärme bleibt im System. Diese Variante macht nur Sinn, wenn ausschließlich ein geschlossener Luftkanal gewünscht ist (Schmutz, Öl). Bei Schmutz oder aggressiver Atmosphäre ist es auch möglich, den Schaltschrank ohne jede Lüftung, dicht geschlossen zu halten.

Beispiel D und E

Vorteil: Der Peltier-Kühler kann durch Umpolung als Heizung arbeiten. Der Temperaturarbeitsbereich wird so in Richtung Minusgrade, erweitert.

Statt einer Peltier-Kühlung können auch Kühlschleifen einer Kompressorkühlung integriert werden.



Offener/geschlossener Luftkanal mit Peltier-Kühlung, umschaltbar. Entfeuchtung.

Beispiel F

Wenn es sehr warm ist und zusätzlich hohe Verlustwärme anfällt, muss stark gekühlt werden. Um Kondenswasserbildung am Kühler zu vermeiden, sollte durch einen umlaufenden geschlossenen Luftkanal verhindert werden, dass permanent Frischluft durch den Kühler gelangt. Kondenswasserbildung wird so vermieden. Der kalte Kühlkörper der Peltierkühlung (7) ist in den geschlossenen Luftkanal integriert. Durch Umpolung der Betriebsspannung wird der Kühler zur Heizung.

Anmerkung zu (8): In der Klappenstellung „blau“, bewegt sich die Luft im Kreis. In der Klappenstellung „rot“ kommt Frischluft von links in die Klappe und die Warmluft geht nach unten in den Schaltschrank.

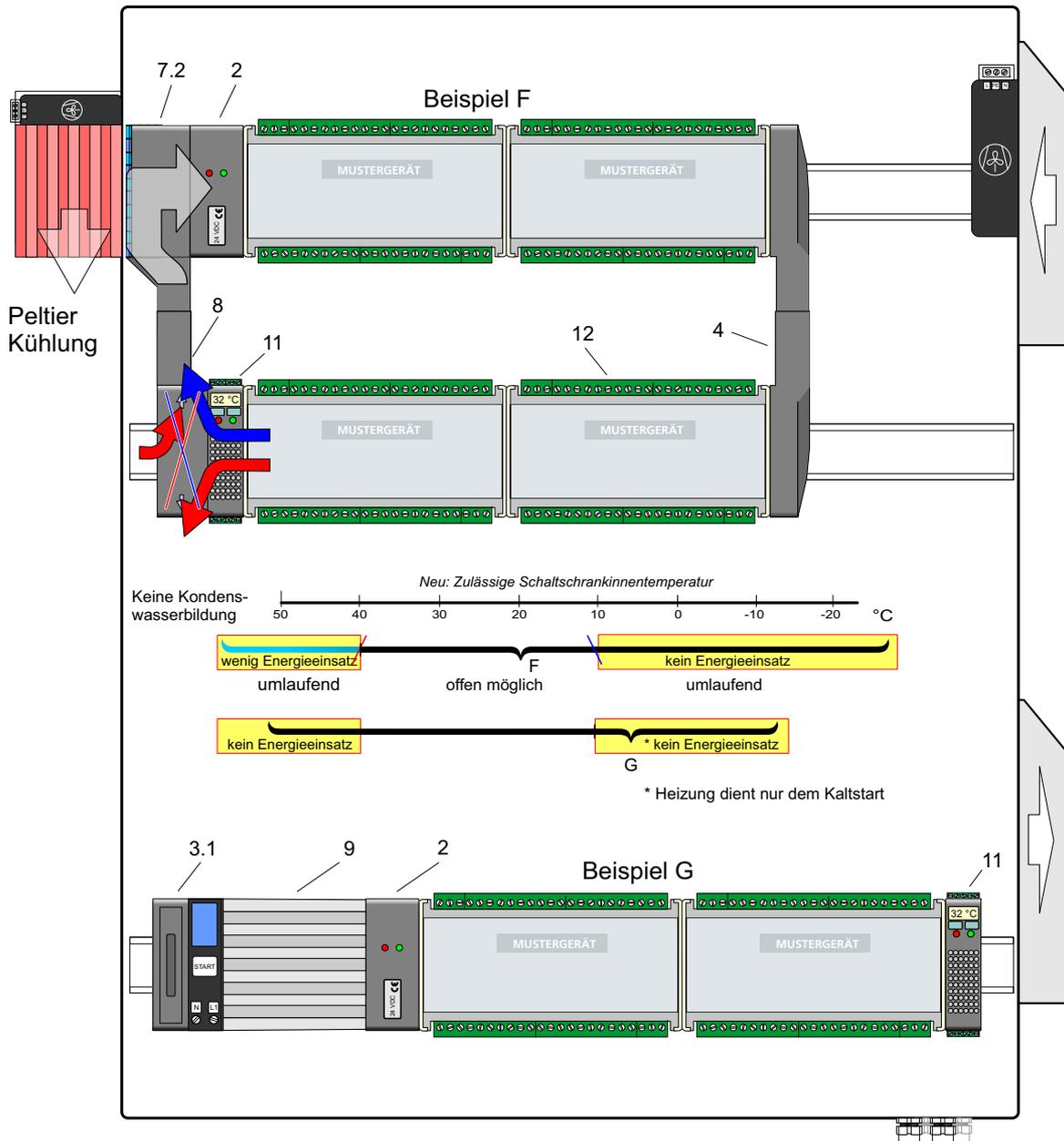
Ab 40 °C wäre es möglich, auf einen offenen Luftkanal umzuschalten (8). Die Kühlung ist zeitgleich mit dem Öffnen des Luftkanals abzuschalten (Kondenswasserbildung). Vorteil: Energieeinsparung.

Bei niedriger Temperatur kann wieder auf umlaufenden Luftkanal umgeschaltet werden (8), um die Eigenwärme zu erhalten.

Beispiel G

Beispiel G zeigt einen offenen Luftschacht mit Zusatzheizung. Dieser einfache Aufbau kann bei Kälte Kondenswasserbildung auf der Elektronik verhindern.

Sinnvoller wäre aber Variante Beispiel I. Die Heizung dient in Beispiel I nur zum „Kaltstart“.



Offener/geschlossener Luftkanal mit Heizung

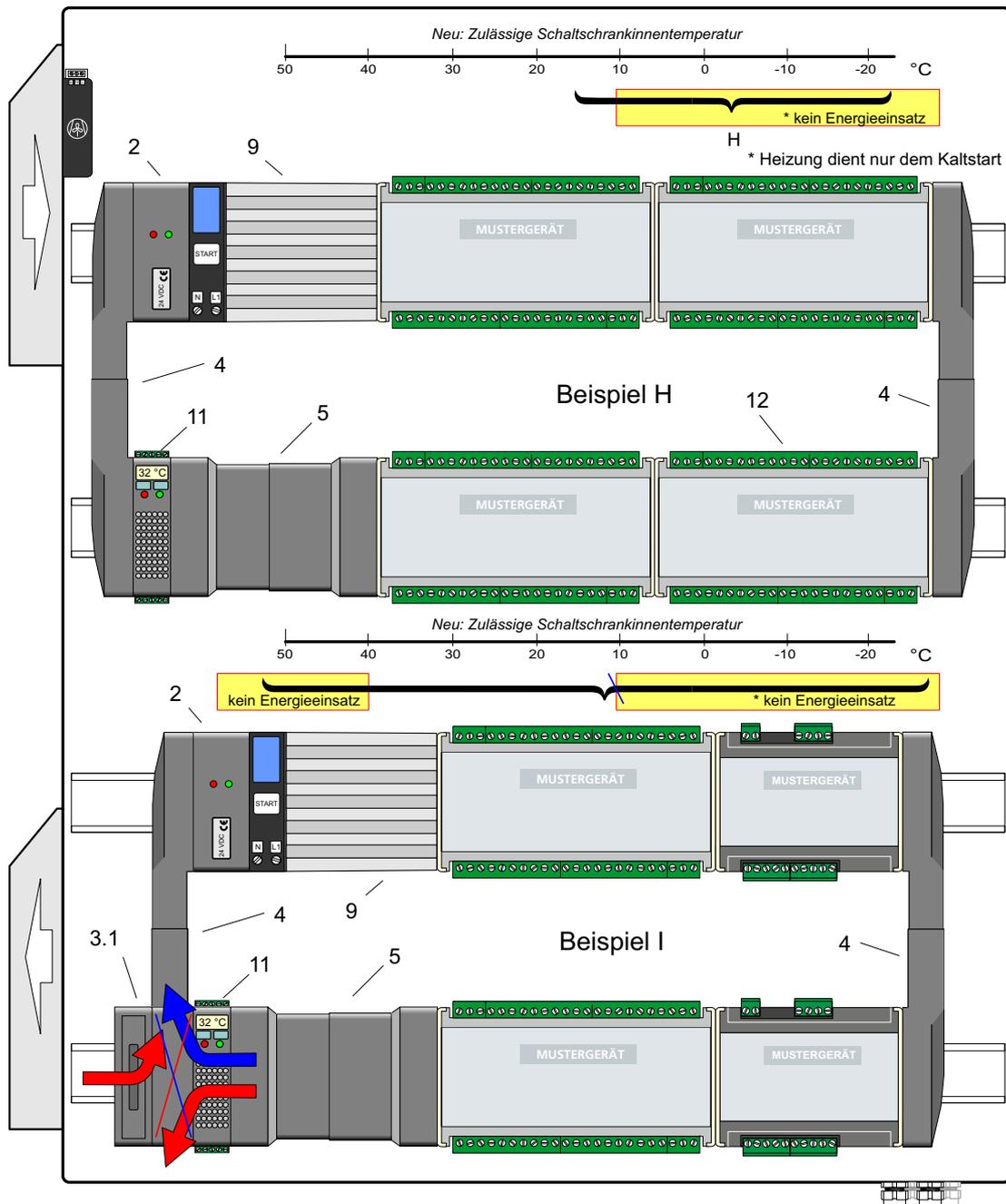
Beispiel H

Im geschlossenen Luftkanal kann durch Abwärme der Elektronikmodule die Obergrenze der Betriebstemperatur schnell erreicht sein. Dieser Aufbau ist nur geeignet, wenn es sicher permanent kalt ist und die Verlustwärme der Elektronik gering ist.

Beispiel I

Im Gegensatz zu Beispiel H kann hier trotz hoher Abwärme das System weiterarbeiten. Die Klappe schaltet auf offenen Betrieb, die Wärme kann aus dem Luftkanalsystem entweichen. Die Heizung dient nur dem „Kaltstart“, im laufenden Betrieb ist sie überflüssig.

Problem: Angenommen bei -20 °C Außentemperatur reicht die Eigenwärme aus, um +20 °C in der Elektronik zu erzeugen. Dann wäre bei z. B. +5 °C Außentemperatur bereits eine Eigenwärme von mehr als 45 °C erreicht. Die Klappe kann aber nicht geöffnet werden, weil es dann zu kalt ist. Problemlösung: Durch dosierte Beimischung von Kaltluft, ist der Temperaturanstieg in der Elektronik zu vermeiden, das geht ohne zusätzlichen Energieeinsatz.

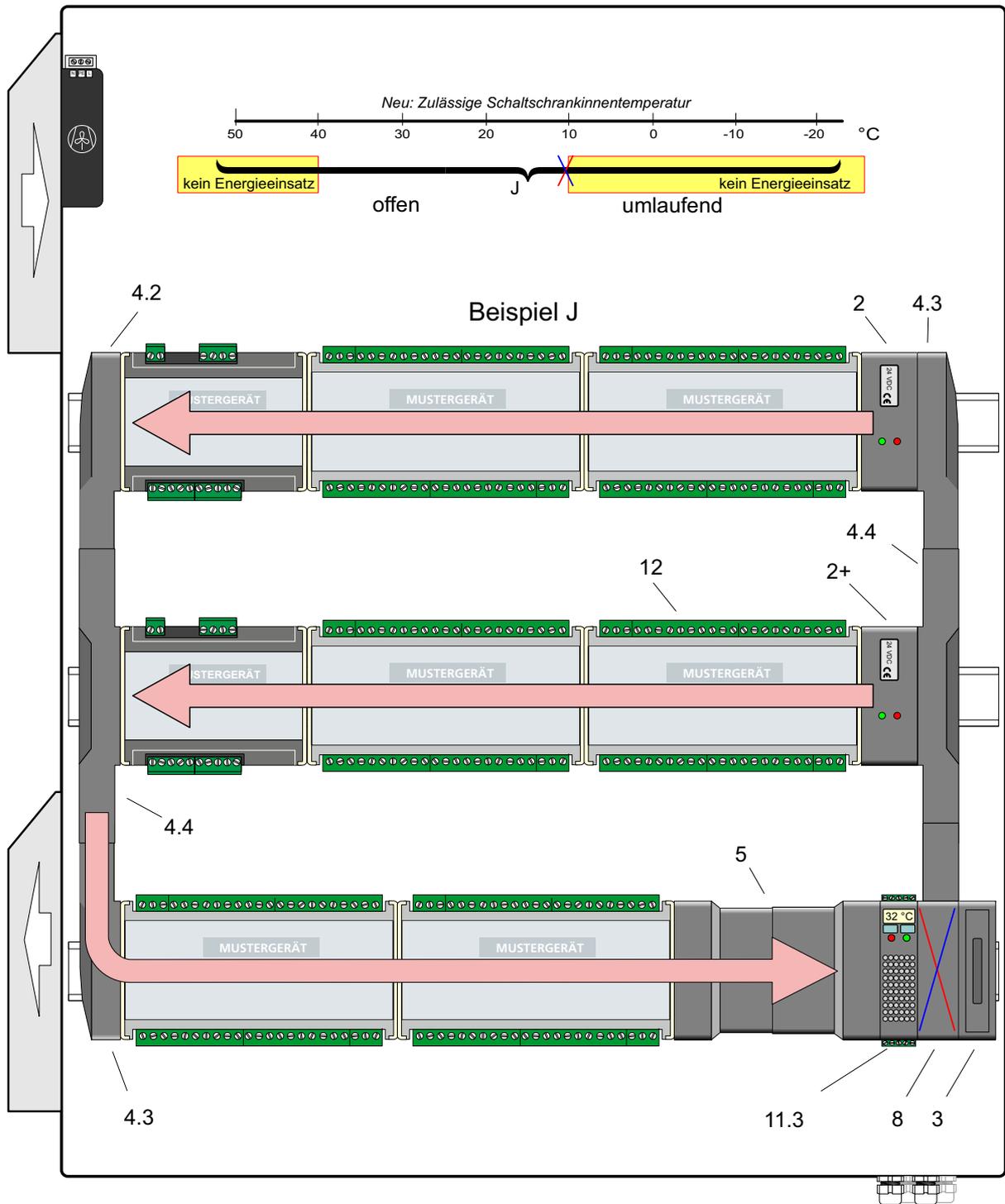


Übungsbeispiel
Beispiel J

Übungsbeispiel für Fehlersimulation z. B. Lüfter fällt aus bei verschiedenen Klappenstellungen.

Problem: Schalttemperatur der Klappe? Lösung?

Weitere Beispiele wie eine Kombination von Heizung und Kühlung werden nicht weiter beschrieben.



Bisher gab es die folgenden Bedenken oder Fragen:

1. Es wird schwierig sein Modulehersteller zu überzeugen die Konvektionsschlitze aufzugeben und sich an eine neue Gehäuseform anzupassen.
2. Kann man handelsübliche Axiallüfter mit einem Hutschienenhalter ausstatten und diesen dann benutzen?
3. Der Modulehersteller verliert Variabilität bei der Gestaltung der Gehäuse.
4. Hersteller von Elektronikmodulen müsste sich immer darauf verlassen, dass ein Lüfter eingebaut ist und dieser auch verwendet wird, das scheint unrealistisch.
5. Der Aufbau des Luftkanals muss dicht sein, damit keine Falschlufte strömt.
6. Geräte die heute mit vertikaler natürlicher Konvektionsströmung auskommen, würden zukünftig zwingend die axiale Luftkühlung benötigen.
7. Angenommen nicht alle Hutschienenmodule sind für die axiale Lüftung verfügbar, dann müsste parallel ein herkömmliches Kühlsystem vorgehalten werden, was wiederum das Energieeinsparpotential konterkariert.
8. Die technische Entwicklungen bei den Kleingeräten führt dazu, dass sich diese weniger stark erwärmen, wodurch sich das Energieeinsparpotenzial reduziert.
9. Funktioniert das Prinzip auch im IT-Bereich?

1. Es wird schwierig sein Modulehersteller zu überzeugen die Konvektionsschlitze aufzugeben und sich an eine neue Gehäuseform anzupassen.

Das ist genau der Punkt. Tatsächlich gibt es z. Zt. einen dramatischen Unterschied in der Bewertung des neuen Klimatisierungsverfahrens zwischen der Hersteller- und der Nachfrageseite. Die Interessenlage ist total gegensätzlich.

Wer ist die Nachfrageseite? Bestückter und Verdrahteter von Schaltschränken (z. B. zur Steuerung des Straßen- und Schienenverkehrs, im Trink- und Abwasserbereich, Stromversorgung, digitale Kommunikation, Sportanlagen, Gebäudeüberwachung, Sicherheits- Beleuchtungsanlagen, Wettererfassung und nicht zuletzt in der Auto-, Chemie-, Öl- und Gasindustrie). Grundsätzlich ist das neue horizontale Lüftungssystem in jedem Schaltschrank von Vorteil und nicht nur in extremen Temperaturbereichen, weil es die Elektroniktemperatur a priori um 12 bis 15 °C zusätzlich reduziert.

Wer ist Hersteller? Zunächst denkt man an Hersteller von Kompressorkühlern und Elektroheizungen. Diese Hersteller finden alle Argumente der Welt gegen die neue Idee und sind als Partner für die neue Technik deshalb ungeeignet. Praktisch alle Bauteile für die neuartige Klimatisierung sind Hutschienenmodule. Der Kreis der möglicher Hersteller ist deshalb sehr groß, jeder der eine Spritzgussanlage hat, kann diese Technik bauen. Der Lüfter sollte in Lizenz gefertigt werden, ebenso die Steuerung der Klappe. Die Steuerung enthält auch den Sensor für die Luftkanaltemperatur und Schaltschrankinnentemperatur inklusive der Intelligenz zur Überwachung und Steuerung aller Betriebssituationen.

Die Nachfrageseite sieht eine Schaltschrankklimatisierung als notwendiges Übel an. Soweit es möglich ist, vermeidet man Kühler und akzeptiert auch eine höhere Ausfallquote der Elektronik im Schaltschrank, das ist eine Kostenabwägung. Nicht nur die Betriebskosten für Klimatechnik sind hoch, auch funktioniert nicht immer und überall die Wartung der Kühlgeräte so, wie es erforderlich ist. Diese Problematik besteht vor allem im fernen Ausland, Serviceeinsätze sind wegen schlecht gewarteter Kühlgeräte nicht selten und teuer.



Die Nachfrageseite ist die Zielgruppe die angesprochen werden muss. Das geschieht auf Messen, in Fachzeitschriften, in Webseiten und in Diskussionsforen. Nicht zuletzt dürfte der öffentliche Druck zur Energieeffizienzsteigerung für eine zunehmende Unterstützung der neuen Technik führen.

Gehäuseformen müssen nicht so aussehen, wie jetzt. Das sind Designer Produkte, die in die Breite gehen, um die Wärme effektiv durch vertikaler Konvektion abführen zu können. Wärmestau gibt es nach dem neuen Konzept nicht mehr. Bisher waren es thermische Erfordernisse, die die Bauform beeinflusst hat, das fällt weg. Nun ergeben sich bei der Modulekonstruktion in jeder Hinsicht nur Vorteile. Bitte lesen Sie auch Punkt 3 weiter unten.

Nachdem ein neue Industriestandard definiert ist, müssen möglichst schnell einige gängige Elektronikmodule wie Hutschienennetzteile, SPS- und Feldbusmodulen sowie I/O Systeme und ähnliches mit Querlüftung verfügbar sein.

Es dürfte nicht schwer sein Hersteller von Netzteilen zu finden, die auf Lizenzbasis (oder frei) Netzteile mit Querlüftung realisiert. Das trifft für alle anderen Elektronikkomponentenhersteller gleichermaßen zu. Kaum vorstellbar, dass man dafür keine Partner findet. Es muss ja nicht alles in Deutschland gebaut werden.

Sobald die neue Klimatisierungstechnik in der Fachwelt diskutiert wird, sollte das Produkt zum Selbstläufer werden. Hersteller von Hutschienen-Elektronikmodulen werden dem Druck der Nachfrageseite folgen müssen.

2. Kann man handelsübliche Axiallüfter mit einem Hutschienenhalter ausstatten und diesen dann benutzen?

An den Lüfter werden hohe Anforderungen bezüglich der Zuverlässigkeit gestellt. Es kommen nur schleifkontaktfreie DC-Lüfter in Frage. Die Drehzahl dieser Lüfter ist sehr gut regelbar, zusätzlich verfügen diese Lüfter über einen Tachoaussgang sowie weitere Ausgänge wie Statusmeldungen/Störmeldung. Das ist unbedingt wichtig, weil die zentrale Steuerung/Überwachung diese Informationen benötigt, um in allen denkbaren Situationen kontrolliert zu reagieren.

Der Luftdruck, den diese Lüfter produzieren, sollte höher sein als bei gängigen Axiallüftern, damit Elektronikmodule kompakter gebaut werden können als bisher. Die Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Lüfterhersteller ist unumgänglich.

Handelsübliche Lüfter sind eher ungeeignet.

Mittlerweile gibt es DC-Lüfter, die 100 000 Stunden und mehr störungsfrei laufen. Falls diese dann ausfallen ist die Ursache meistens Lagerschaden durch Schmutz. Bei einem umlaufenden Luftstrom, wie er bei einer aktiven Kühlung oder Heizung verwendet wird, gibt es keinen Schmutz. Die häufigste Störungsursache fällt somit weg.

3. Der Modulehersteller verliert Variabilität bei der Gestaltung der Gehäuse.

Die neue Bauform erweitert sogar die gestalterischen Möglichkeiten. Bisher stand nur die Frontseite der Geräte für Beschriftungen, Stecker, Schalter, Klemmen, Leuchten usw. zur Verfügung. Nun kann auch die Ober- und Unterseite vollflächig genutzt werden, weil diese Flächen frei von Lüftungsschlitzen sind. Die Gestaltung bisheriger Hutschienenmodule ist im Übrigen auch nicht so frei wie man sich das vorstellt. Ein Beispiel: Ein Hutschienenmodul ist 10 cm breit aber nur 4 cm tief. Warum eigentlich? Platzsparender wäre doch 10 cm Tiefe und nur 4 cm Breite, denn in Industrieschaltschränken steht meistens mehr Platz in der Tiefe zur Verfügung. Warum nutzt man die Tiefe nicht und geht stattdessen in die Breite oder Höhe? Nicht jeder Fachmann kann diese Frage spontan beantworten. Es ist so, dass sich ein Elektronikmodul seine direkten Nachbarn auf der Hutschiene nicht aussuchen kann, eventuell sind das Nachbarmodule mit hoher Verlustleistung und entwickeln entsprechend Wärme. So ergibt sich die unangenehme Situation, dass der Schaltschrankbetreiber die spezifizierte Temperatur im Schrank zwar sicherstellt, dass es dem einzelnen Modul aber trotzdem zu warm wird.

Mit der übermäßigen Breite hält man die Wärme fern und unterstützt die vertikale Konvektion. Dieses Problem besteht bei der Lüftung direkt durch die Elektronik nicht, es gibt keinen Hitzestau. Die neu gestalteten Module können die Tiefe ausnutzen und schaffen damit Platz auf der Hutschiene. Zudem kann die Elektronik kompakter gebaut werden, weil durch die starke erzwungene horizontale Konvektion jede Wärmeentwicklung schon im Entstehen beseitigt wird.

Ein Gedankenspiel:

Hutschienenzeilen halten einen recht großen Abstand ein, um die vertikale Konvektion effektiv zu halten. Ein Hersteller hat das weiter optimiert, indem die Verkabelung der Module hinter der Montagetafel verläuft. Ka-



belschächte verschwinden dabei vollständig.

Es wäre nun denkbar die Abstände der Hutschienezeilen auf ein Minimum zu reduzieren, denn eine vertikale Konvektion braucht man nicht. In der Folge könnte man überlegen, die Rückseite einer Montagetafel im Schaltschrank grundsätzlich zugänglich zu gestalten, um die komplette Verdrahtung aller Module von der Rückseite aus vorzunehmen. Damit kämen die gewohnten Kabelschächte (nun aber auf der Rückseite der Schalttafel) wieder zum Einsatz, denn die Klemmen der Hutschiene module dürfen durch die Verkabelung nicht abgedeckt werden. Ein guter Platz für die horizontalen Kabelschächte wäre exakt auf Höhe der Hutschiene. Wir gewinnen also horizontal und vertikal Platz, Schaltschränke können kleiner gebaut werden.

Wir reden die ganze Zeit auch nur von Horizontallüftern, die das Rastermaß von 8 cm im Quadrat abdecken. Auch andere Maße können ins Programm aufgenommen werden. Später, im IT-Bereich oder bei 19" Einschüben werden angepasste Konstruktionen nötig werden.

4. Hersteller von Elektronikmodulen müsste sich immer darauf verlassen, dass ein Lüfter eingebaut ist und dieser auch verwendet wird, das scheint unrealistisch.

Die Elektronikmodulehersteller können sich nicht darauf verlassen, dass ein Lüfter verwendet wird. Sollte es zu einer Schädigung durch Überhitzung der Module kommen, weil das Modul nicht in einem funktionierenden Lüftungssystem eingebunden war, muss das der Gerätehersteller zumindest in der Gewährleistungszeit beweisen. Das ist einfach und preiswert mit Temperaturmesspunkten oder Temperaturmessstreifen zuverlässig und manipulationssicher möglich. Falls die Lüftung aufgrund einer Störung ausfällt, muss immer eine kontrollierte Reaktion, notfalls sogar die Abschaltung der gesamten Elektronik erfolgen.

5. Der Aufbau des Luftkanals muss dicht sein, damit keine Falschluftr strömt.

In Falle eines geschlossenen Luftkanals mit aktiver Kühlung trifft das wegen der möglichen Kondenswasserbildung zu. Übrigens müssen auch Steckverbindungen von Klemmblocken oder Schalter und Signallampen dicht sein. Man muss noch testen, wie hoch die Anforderungen diesbezüglich sind. Die Herausforderung ist eher die, dass die Handhabung einfach und die Ausführung preiswert bleibt.

Man kann das optimistischer formulieren: Auch im brasilianischen Regenwald kann die Elektronik ohne Kondenswasser- /Eisbildung beliebig gekühlt werden, man muss nur die Luftkanäle dicht konstruieren.

6. Geräte die heute mit vertikaler natürlicher Konvektionsströmung auskommen, würden zukünftig zwingend die axiale Luftkühlung benötigen.

In der Tat, zukünftig fehlen die Lüftungsschlitze und somit reicht die natürliche Konvektion nicht aus. Es wird immer eine axiale Lüftung erforderlich sein.

Eine seltsame Frage, da sind einerseits Vorteile wie:

- Keine oder deutlich kleinere Kompressorkühler,
- wesentlich geringer Energieverbrauch für eine aktive Kühlung,
- kein Energieeinsatz bei jeder vorstellbaren Kälte,
- geringerer Wartungsaufwand,
- geringere Betriebskosten,
- grundsätzlich 12 bis 15 °C niedrigere Elektroniktemperatur,
- damit einhergehend eine geringere Ausfallquote,
- Vorteile im Ex-Bereich,
- kompaktere Bauform der Elektronikmodule,
- sekundenschnelle Montage,
- keine Werkzeuge, keine Blecharbeiten.

Andererseits der Nachteil:

- Man braucht einen kleinen Lüfter und je nach Ausstattung etwas Zubehör.

Ein Problem sehe ich da nicht.



7. Angenommen nicht alle Hutschienenmodule sind für die axiale Lüftung verfügbar, dann müsste parallel ein herkömmliches Kühlsysteme vorgehalten werden, was wiederum das Energieeinsparpotential konterkariert.

Das macht wirklich keinen Sinn, sobald man auf eine komplette Schaltschrankklimatisierung angewiesen ist, fällt das Niveau der Energieeinsparung auf den Stand der jetzigen Technik zurück.

Gegenfrage: Was passiert wohl mit einem Anbieter von Hutschienenmodulen, der sich mit seiner Modellreihe nicht an das Querlüftungssystem anpasst und nur derentwegen eine komplette Schaltschrankkühlung erforderlich wäre? Richtig, diese Anbieter hätten ein Problem. Ich bin überzeugt, dass die Umstellung auf das neue System schneller erfolgen wird, als jetzt eingeschätzt wird. Ein „weiter so“ wird die Nachfrageseite nicht akzeptieren.

Es gibt noch einen zweiten Aspekt, der zu bedenken ist:

"Die Kerntemperatur der axial belüfteten Module wird ohne Energie-/Kühlaufwand definitiv um 12 bis 15 °C niedriger sein, weil es den üblichen Hitzestau in den Modulen nicht gibt". Diesen wichtigen Vorteil hat man zusätzlich auch dann, wenn der Schrank herkömmlich klimatisiert wird. Die Wirkung auf die funktionale Sicherheit ist nicht ohne Bedeutung und rechtfertigt die geringen Mehrkosten für das Quer-Lüftungssystem.

Das ist der Grund, weshalb das System "Lüftung durch die Module" in allen Schaltschränken seine Berechtigung hat, gleichgültig ob dieser klimatisiert oder nur belüftet wird. Nicht nur die Autoindustrie wird die Reduzierung der Ausfallquote begrüßen.

8. Die technische Entwicklungen bei den Kleingeräten führt dazu, dass sich diese weniger stark erwärmen, wodurch sich das Energieeinsparpotenzial reduziert.

Was die Erwärmung angeht, gibt es durchaus andere Meinungen. Unabhängig davon würde das dann stimmen, wenn die Verlustleistung der Elektronikmodule den Energieaufwand für die Schaltschrankklimatisierung bestimmen würde. Nicht selten ist dem bei Weitem nicht so. Wesentlich wird der Klimatisierungsaufwand von der Umgebungstemperatur außerhalb des Schaltschranks und der Summe aller Wärmeerzeuger im Schrank bestimmt. Nicht alle Wärmequellen benötigen aber eine aktive Klimatisierung.

Die herkömmliche Schaltschrankkühlung muss also nicht nur unsinnigerweise gegen die gerade beschriebene Außentemperatur arbeiten, sondern vollkommen anachronistisch auch gegen die Abwärme von Elektrik wie Stromschienen, Trafos, Relais und ähnlichem. Dieser gewaltige Energieeinsatz wird aktuell betrieben, um gegebenenfalls einem kleinen Rest an empfindlicher Elektronik die spezifizierete Umgebungstemperatur sicherzustellen.

Fakt ist: Für die grobe Elektrik genügt eine Ventilation des Schranks auch dann, wenn sich dieser Schrank am Äquator befindet. Die empfindliche Elektronik kann in einem umlaufenden Luftkanal gekühlt werden. Auf einen teuren wartungsintensiven Kompressorkühler kann meistens verzichtet werden, es reicht eventuell eine Peltierkühlung aus. Bei hoher Verlustleistung der Elektronikmodule könnte man statt einem Peltierkühler einen Wärmetauscher in den Luftkanal integrieren, technischen Weiterentwicklungen sind keine Grenzen gesetzt.

Falls beheizt werden muss:

Allen Ernstes, es gibt Beispiele bei denen die Energieeinsparung deutlich über 90% liegt und da ist nichts schön gerechnet. Beispielsweise ein Schaltschrank, mit dem bei extremer Kälte in Russland online eine Gaszusammensetzung gemessen werden soll. Aus Ex-Gründen muss der Schrank belüftet sein, was bedeutet, dass der Schrank quasi bei offenem Fenster geheizt wird. Im konkreten Beispiel waren maximal 2400 Watt Heizleistung nötig und das bei einem Eigenverbrauch der Auswerteelektronik von nur 60 Watt. Würde in diesem Beispiel durch die technische Entwicklung die Auswerteelektronik statt 60 nur noch 6 Watt benötigen, hätte das keine Bedeutung. Ein extremes Beispiel, aber so hängt das zusammen.

Mit einem umlaufend geschlossenen Luftkanal kann in diesem Beispiel auf die Heizung komplett verzichtet werden, weil die Eigenwärme der Elektronik (immerhin 60 Watt) vollkommen ausreicht, um die Elektronikmodule mit ihrem sehr geringen Volumen auch bei -30 °C Außentemperatur auf Betriebswärme zu halten. Die Energieeinsparung beträgt 2395 Watt, nicht mal 5 Watt werden für das zusätzliche kleine Gebläse (in diesem Fall mit reduzierter Drehzahl betrieben) und die Steuerung/Überwachung benötigt.



9. Funktioniert das Prinzip auch im IT-Bereich?

Gerade habe ich unter Punkt 8 ausgeführt, dass in Industrieschränken, je nach Aufbau, die erforderliche Kühlleistung eher unwesentlich von Elektronikmodulen bestimmt wird. Das ist in IT-Schränken anders. Diese Schränke sind voller Elektronik und benötigen eine Betriebsleistung von mehreren KW pro Schrank. Großrechenanlagen verfügen nicht selten über eigene Kraftwerke. Der Kühlaufwand ist gigantisch, weil durch die schiere Masse an hochintegrierter Elektronik besondere Anforderungen an die Betriebstemperatur, speziell wegen der Ausfallquote der Elektronikmodule, gestellt werden. Die Schränke werden aus diesem Grund eher mit 5 °C geringerer Temperatur gefahren als Schränke im industriellen Bereich.

Zugegeben, ich habe das noch nicht nachgemessen, aber rein rechnerisch dürfte der Hitzestau, der sich in den Elektronikmodulen entwickelt, höher sein als das bei Standardmodulen der Allerweltselektronik der Fall ist. Eine Ventilation direkt durch die Module ist sinnvoll, um den Hitzestau zu beseitigen.

Ich gebe mal ein Beispiel:

Ein IT-Schrank wird bei einem Eigenverbrauch von z. B. 5 KW auf 30 °C klimatisiert. Dabei ergibt sich eine Kerntemperatur der einzelnen Elektronikmodule von 55 °C im Mittel (geschätzt). Innerhalb der Module können sich lokal Hotspots ergeben, die zum Hitzestress führen.

Nun beseitigen wir den Hitzestau in den Elektronikmodulen, indem direkt durch die Module geblasen wird. Es stellt sich eine Kerntemperatur der Elektronikmodule ein, die bei ca. 33 °C liegen dürfte, zudem werden Hotspots deutlich abgekühlt.

Der Umkehrschluss aus diesem Sachverhalt zeigt, dass die Temperatur der IT-Schaltsschrankkühlung (mit Ventilation durch die Module) nun auf 51 bis 52 °C eingestellt werden kann (statt 30 °C). Trotzdem übersteigt die Kerntemperatur der einzelnen Elektronikmodule nicht 55 °C. Zusätzlich wirkt sich günstig aus, dass Hotspots besser gekühlt werden, Hitzestress gibt es nicht.

Ja, das Prinzip funktioniert bestens.



