



E L E C T R O N I C S

Informationsbroschüre

**Keramische  
Kühler in der  
E-Mobilität**

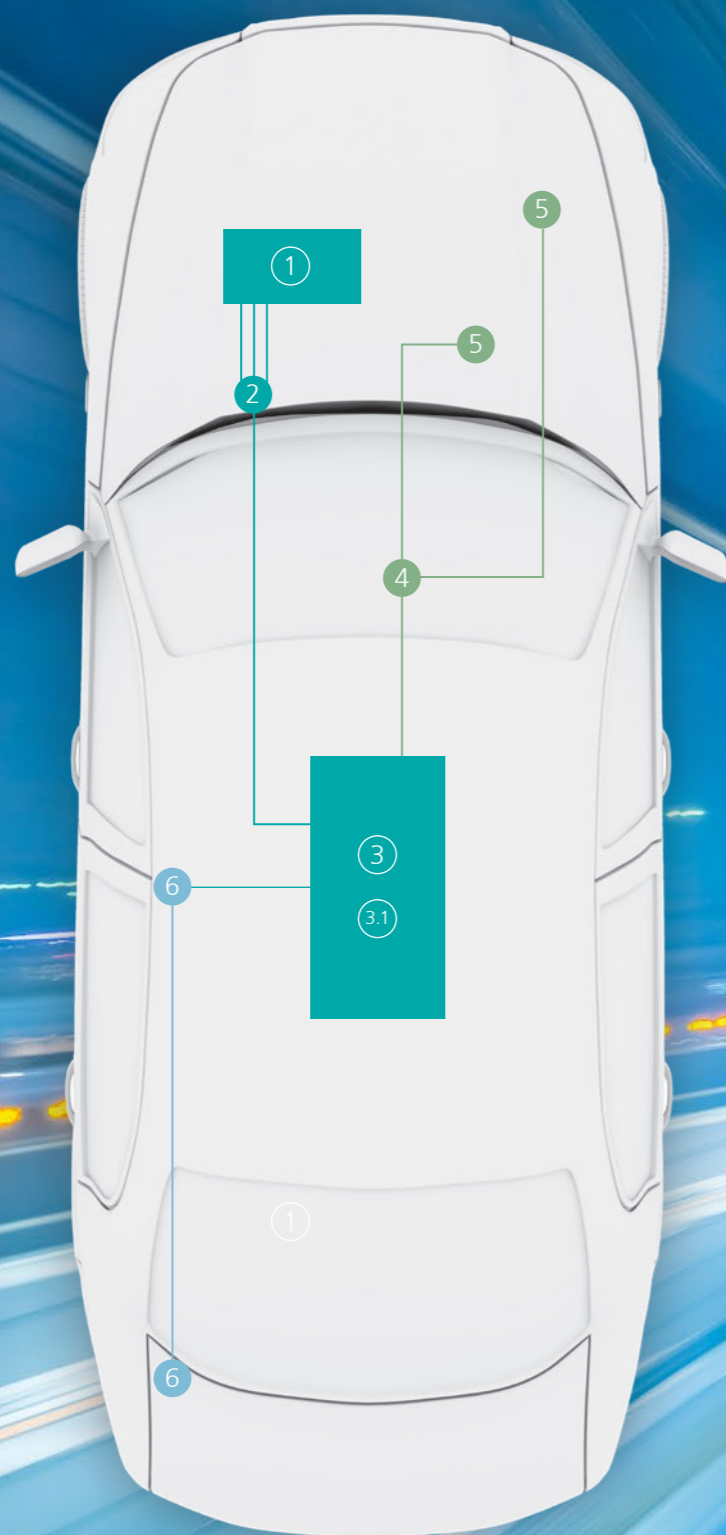


---

## Keramische Kühler für Leistungselektronik in der E-Mobilität

Die E-Mobilität ist ein Sammelbegriff für Fahrzeuge, die mit elektrischer Energie angetrieben werden. Zu dieser Gruppe von Fahrzeugen zählen Elektroautos, der elektrische Schienenverkehr, E-Bikes, Elektro-Scooter, Oberleitungsbussen und weitere, durch elektrische Energie angetriebene Fahrzeuge. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf den Elektroautos. Hier ist der Bedarf an innovativen Lösungen in vielen Bereichen sehr hoch: angefangen bei der Übertragung der Elektrizität vom Stromnetz zum Auto, die Speicherung der elektrischen Energie in Batterien, bis zur Rückwandlung in Wechselstrom um den Elektromotor anzutreiben.

Die größten Unterschiede zwischen herkömmlich angetriebenen- und Elektrofahrzeugen liegen überwiegend in den Bereichen Antrieb und Energiespeicherung. Normalerweise verfügt ein Elektrofahrzeug über zwei Gleichstrombordnetze mit dazugehörigem DC/DC-Wandler. Der elektrische Antriebsstrang umfasst dabei die HV Batterie, den Wechselrichter und den Elektromotor. Diese erhöhte Komplexität stellt neue Herausforderungen an die Abstimmung aller Komponenten. Diese können, je nach Fahrzeug, abhängig von Bordnetztopologie und Spannungslevel auf der Nieder- und Hochspannungsseite variieren. Durch steigende Bordnetzspannungen und steigende Leistungen des Antriebssystems mit entsprechenden Lastschwankungen aus der Fahrdynamik resultieren höchste Ansprüche an das System.



## 1 Elektro-Motoren

Bei heute erhältlichen reinen Elektroautos sind verschiedenste Motorleistungen verfügbar. Für alle Betriebsarten muss der Antriebsstrang die Leistung dynamisch und sicher zur Verfügung stellen. Für Elektromotoren bietet CeramTec beispielsweise Isolations- und Lagerlösungen an.

## 2 Leistungselektronik

Die Leistungselektronik ist mit einer der wichtigsten Komponenten eines Elektroautos. Dazu zählen unter anderem Controller zur Motorsteuerung und DC/DC Wandler. CeramTec bietet hierfür innovative Lösungen mit keramischen Kühlern und Substrate für Schaltungsträger. Das Thema Kühlen wird nachfolgend näher betrachtet. Hierfür bietet CeramTec innovative und führende Lösungen an.

## 3 HV-Batterie

Der Akku steht im Zentrum des Elektroautos. Ihn gibt es in den unterschiedlichsten Ausprägungen für Kleinwagen bis hin zu Hochleistungsakkus in Sportwagen. Hier kann technische Keramik ebenfalls Potenziale erschließen, etwa als Isolationsmaterial bei Solid-State-Batterien.

### 3.1 HV-Batteriemanagementsystem

Das Batteriemanagementsystem bewahrt den Akku vor Überspannung, Überhitzung und Tiefentladung. Für die Leistungsschaltungen stehen keramische Komponenten, Kühler und Substrate zur Verfügung.

## 4 Bordnetz

Hier ist die elektronische Motorsteuerung an die Fahrzeugelektronik und an den Can-Bus angebunden. So lassen sich Assistenzsysteme wie ESP und ABS ansteuern und mit Energie versorgen. In Sachen Kühlung, Substrate als Schaltungsträger und elektrische Komponenten unterstützt auch hierbei technische Keramik.

## 5 Heizung + Klimaanlage

Die Fahrgastzelle wird über PTC Direktheizung oder elektrische Klimakompressoren versorgt. Isolatoren, Heizelemente und Schaltungsträger aus technischer Keramik können hierbei unterstützen.

## 6 Ladegerät

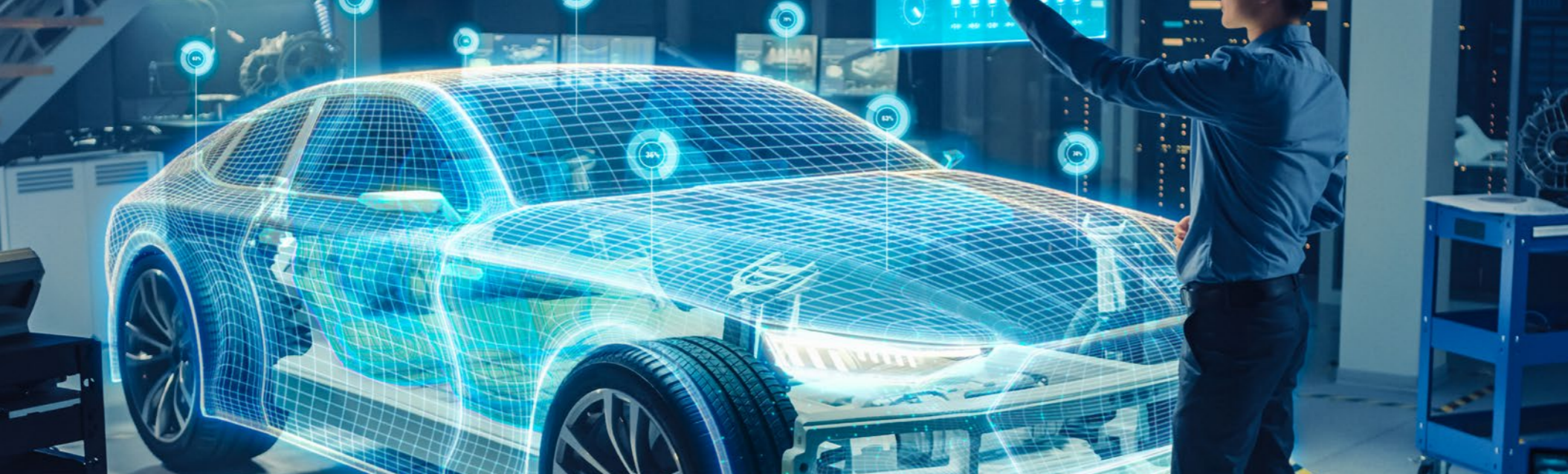
Ob es beim Aufladen der HV-Batterie schnell in weniger als einer Stunde gehen muss oder wie beim Wechselstromladen in mehreren Stunden – technische Keramik unterstützt hier mit Isolatoren, Schaltungsträgern und elektrischen Komponenten.



## Der Einsatz keramischer Kühler in der E-Mobilität

Um die geforderten Motorleistungen zur Verfügung stellen zu können, kommen in der E-Mobilität hohe Spannungen und Ströme zum Einsatz. Der Straßenverkehr und die damit einhergehenden schnell wechselnden unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfordern eine höchst dynamische Energiebereitstellung. Entsprechend hohe Anforderungen stellt dies an den Antriebsstrang und all seine zugehörigen und regelnden Elemente. Dabei nimmt die Steuerung des elektronischen Antriebsstrangs eine Schlüsselposition ein, um die bereitgestellte elektrische Energie effizient einzusetzen. Dazu ist die Gleichspannung, die von der HV-Batterie zur Verfügung gestellt wird, in Wechselstrom für den Elektromotor umzuwandeln. Die Effizienz des Hauptwechselrichters hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf die Reichweite des Elektrofahrzeugs und welche Distanz mit einer HV-Batterieladung zurückgelegt werden kann.

Der Aufbau der Elektronik des Wechselrichters ist für minimale Schaltverluste ausgelegt. Die Kühlung der Elektronik im Wechselrichter spielt dabei eine zentrale Rolle. Je höher die Wärmemenge ist, die abgeführt werden kann, umso höher kann die Leistungsdichte der Elektronik sein. Ebenso kann das Design der Elektronik in seiner Größe minimiert werden und die Gesamtzahl elektronischer Bauteile lässt sich zudem verringern. Bei einer guten Entwärmung kann das Potenzial von modernen SiC-Halbleiterchips, die eine hohe Schaltfrequenz und verbesserte thermische Eigenschaften besitzen, besser ausgenutzt werden.



## Das SiC-Wechselrichter-Leistungsmodul auf keramischem Kühler

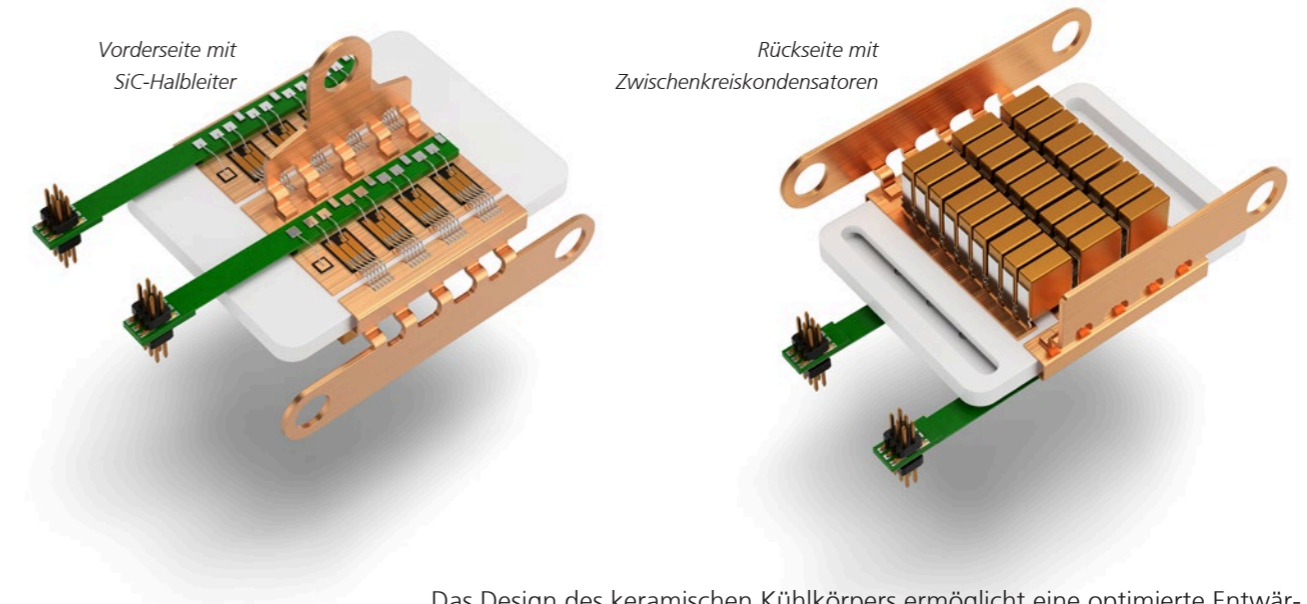
Die nachfolgende Abbildung zeigt das Leistungsmodul für den Wechselrichter.

**Dieses erfüllt folgende Anforderungen:**

- 1200V volle SiC-Halbbrücke mit gesinterten Halbleiterbauelementen
- Niedrige  $R_{th}' = 0,15 \text{ K} \cdot \text{cm}^2 / \text{W}$  bei gleichzeitiger hoher Strombelastbarkeit
- Niedrige Modulinduktivität durch Modul integrierter Keramikkondensator auf der Rückseite des Keramik Kühlers
- Unkritische Schnittstellen für eine einfache Systemanwendung
- Moduldesign skalierbar je nach aktuellen Anforderungen

## Die Chip-on-Heatsink Technologie am Beispiel eines Drive Inverters

Auf der Messe für Leistungselektronik, der PCIM Europe 2021, wurde die Chip-on-Heatsink Kühltechnologie von CeramTec vorgestellt, die für Wechselrichter im Antriebsstrang der E-Mobilität konzipiert ist. Aus den vorher beschriebenen Anforderungen ergibt sich das Anforderungsprofil an den Kühler. Neben der Ermöglichung der maximalen elektrischen Leistung sind weitere geforderte Eigenschaften ein geringes Gewicht, kompakter Aufbau und eine maximale Kühlleistung. CeramTec hat hierfür mit der Chip-on-Heatsink Technologie einen Kühlkörper aus Aluminiumnitrid (AlN) entwickelt, der diese Anforderungen erfüllt. So ist der Kühlkörper Schaltungsträger und Kühlstruktur in einem Bauteil. Dies führt zu einer signifikanten Steigerung der Leistungsdichte und einer deutlichen Reduzierung der Leistungsmodulgröße.



Das Design des keramischen Kühlkörpers ermöglicht eine optimierte Entwärmung der SiC-Halbleiter auf der Oberseite des Kühlkörpers, auf der Unterseite des Kühlkörpers ist der Zwischenkreiskondensator niederinduktiv im Leistungsmodul über kühlerumgreifende Metallisierung integriert.



## Die Kühlstruktur

Der keramische Kühlkörper verfügt über eine innere Kühlstruktur. Diese ist als Pin-Fin-Struktur aufgebaut wobei der Grundkörper bereits über entsprechende Ein- und Auslässe für das Kühlfluid verfügt. Das Pin-Fin-Design erfüllt mehrere Hauptfunktionen. Es vergrößert die Wärmeübergangsfläche des Kühlkörpers deutlich.

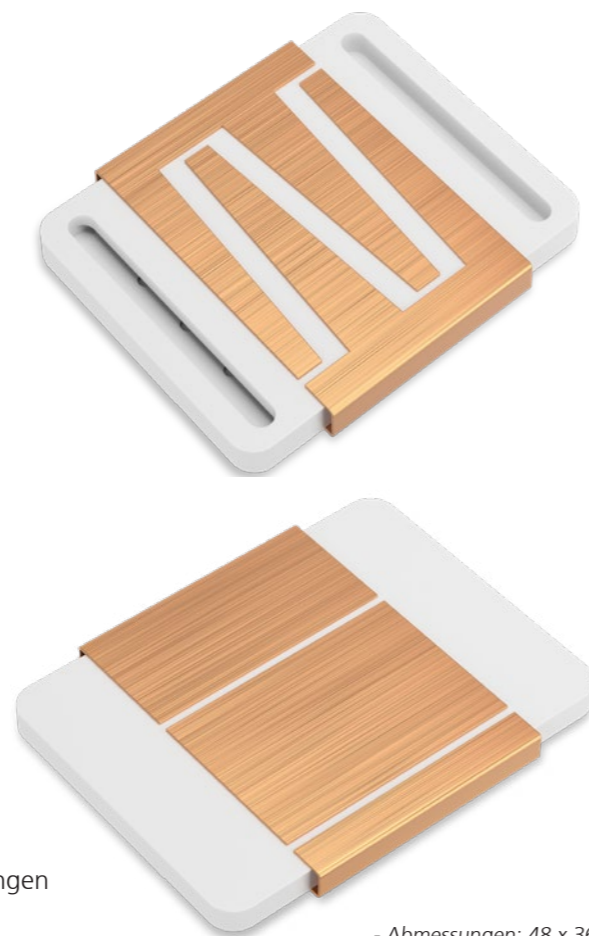
Die Oberfläche der Pin-Fins wird durch deren Anordnung gleichmäßig umströmt und ermöglicht somit eine gute Kühlleistung. Gleichzeitig sorgt die Pin-Fin-Struktur für eine hohe mechanische Festigkeit des Kühlkörpers der dadurch Druck-, Torsions- und Biegekräfte gut aufnehmen kann.

## Der Aufbau des Kühlkörpers

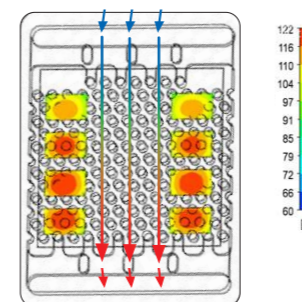
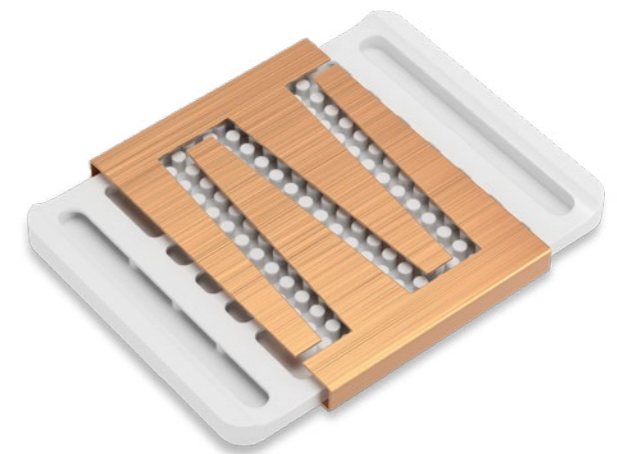
Die strukturierten Kupferbleche werden direkt auf den Keramikkühler aufgebracht. Dimension und Anordnung entsprechen den Anforderungen der Bauteile und der zu erbringenden elektrischen Leistung. Der Aufbau des Kühlkörpers ermöglicht es, beide Seiten als Schaltungsverträge zu nutzen und beide Seiten zu kühlen.

- Kühler besteht aus zwei Lagen
- Ein- und Auslass auf der Rückseite der Keramik
- Einfache Verbindung an den Kühlkreislauf über Dichtungen
- Freie Wahl der Kühlflüssigkeit
- Beständig gegen elektrochemische oder mechanische Korrosion

Der Aufbau des Kühlkörpers ermöglicht es, beide Seiten als Schaltungsverträge zu nutzen und beide Seiten zu kühlen



- Abmessungen: 48 x 36 mm
- Stärke der Metallisierung 0.3 mm
- Gewicht des Keramikkühlers ~ 10 g



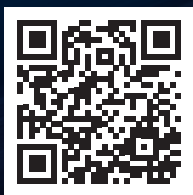
Ein weiterer großer Vorteil besteht darin, dass die Pin-Fin-Struktur sich auf den Footprint der SiC-Halbleiter insofern abstimmen lässt, dass sich gleich viele Pin-Fins unterhalb der Chipflächen befinden. Somit kann eine optimale Entwärmung aller Chips erfolgen.

Mit der Chip-on-Heatsink Technologie von CeramTec, der direkten Metallisierung des Kühlers und der integrierten Kühlstruktur, stellt CeramTec ein Kühlsystem für die E-Mobilität zur Verfügung, dass in vielen Bereichen effizient und effektiv zur Kühlung von Powermodulen eingesetzt werden kann.

**CeramTec**  
THE CERAMIC EXPERTS

CeramTec-Platz 1-9  
73207 Plochingen  
Deutschland

Telefon +49 (0) 7153.611-0  
Fax +49 (0) 7153.25421  
E-mail [myceramtec@ceramtec.de](mailto:myceramtec@ceramtec.de)



**YouTube Channel**  
CeramTec



**LinkedIn**  
[www.linkedin.com/ceramtec](http://www.linkedin.com/ceramtec)



*Alle in diesem Dokument abgebildeten Bilder sind Eigentum der CeramTec GmbH oder von ihr lizenziert. Die oben genannten Messwerte wurden an Prüfkörpern ermittelt und gelten als Richtwerte. Die Werte wurden auf der Grundlage von DIN-/DIN-VDE-Normen ermittelt und falls diese nicht verfügbar waren, auf der Grundlage von CeramTec-Normen ermittelt. Die angegebenen Werte dürfen nicht auf beliebige und/oder andere Formate, Bauteile oder Teile mit andere Oberflächenqualitäten übertragen werden. Sie stellen keine Garantie für bestimmte Eigenschaften dar. Technische Änderungen behalten wir uns ausdrücklich vor.*