

## Muss man einen Elektromotor warmfahren?

Vieles, was für Verbrennungsmotoren gilt, wird mit Elektroantrieb obsolet. Der für Kolben bekannte Zulieferer Mahle hat sich längst umgestellt – mit dessen obersten Entwicklern führten wir ein **Benzingespräch ohne Benzin.**

» VON TIMO VÖLKER

Mahle gehört zu den weltweit größten Zulieferern der Kfz-Industrie, im Vorjahr setzte der Konzern mit Sitz in Stuttgart und 72.000 Mitarbeitern auf der ganzen Welt 9,8 Mrd. Euro um (ein coronabedingtes Minus von rund 17 Prozent im Vergleich zu 2019). Mahle kennt man in erster Linie als Hersteller klassischer Komponenten für den Verbrennungsmotor, Kolben etwa, wie sie von BMW bis Ferrari verwendet werden.

Doch längst schon hat sich das Unternehmen neu ausgerichtet und macht heute schon 60 Prozent seines Geschäfts unabhängig vom Pkw-Verbrennungsmotor.

Die Transformation der Branche sei dabei auch für Mahle eine Herausforderung, erklärt ein Unternehmenssprecher, doch habe man das Thema früh erkannt und angegangen: „Schon 2009 war ein Hybrid-Pkw eines deutschen Premiumherstellers mit einer Batteriekuhlung von Mahle auf der Straße.“

Thermomanagement von der Klimaanlage bis zum Temperieren des Antriebsstrangs samt Akku ist heute das größte Geschäftsfeld der Stuttgarter. Unlängst wurde ein neuer Traktionsmotor des Hauses vorgestellt, ein „hocheffizienter, magnetfreier“ E-Motor mit kontaktloser Leistungsübertragung. Der Motor habe in den „meist genutzten Fahrzuständen einen Wirkungsgrad von über 95 Prozent“. Acht Patente ließ Mahle für diesen Motor anmelden.

Wir sprachen mit Martin Berger, Leiter der Forschung und Vorausentwicklung bei Mahle. Alleine seine Besetzung für den Posten zeigt den Wandel in der Ausrichtung des Hauses: Als Elektrotechniker und Informatiker ist er nach 100 Jahren Unternehmensgeschichte der erste Ingenieur auf dem Posten, der nicht vom klassischen Maschinenbau kommt. Wiewohl hat der 46-jährige Berger, der in Graz studierte, auch schon Entwicklungen im Verbrennerbereich geleitet, mithin ist er unser Mann für ein Benzingespräch – in diesem Fall eben ohne Benzin.

Herr Berger, als Freund schöner Verbrennungsmotoren, dem Elektroantrieb gegenüber aufgeschlossen, sorgt man sich um einen gewissen Kulturverlust: Bestimmten Zylinder und Hubraum den Charakter des Motors und letztlich des Autos, bleibt mit E-Antrieb ein unscheinbares Kasterl übrig. Kann es eine Art Motorkultur auch beim E-Motor geben, können Sie erkennen, welche Art von E-Motor das Auto, in dem Sie sitzen, antreibt?

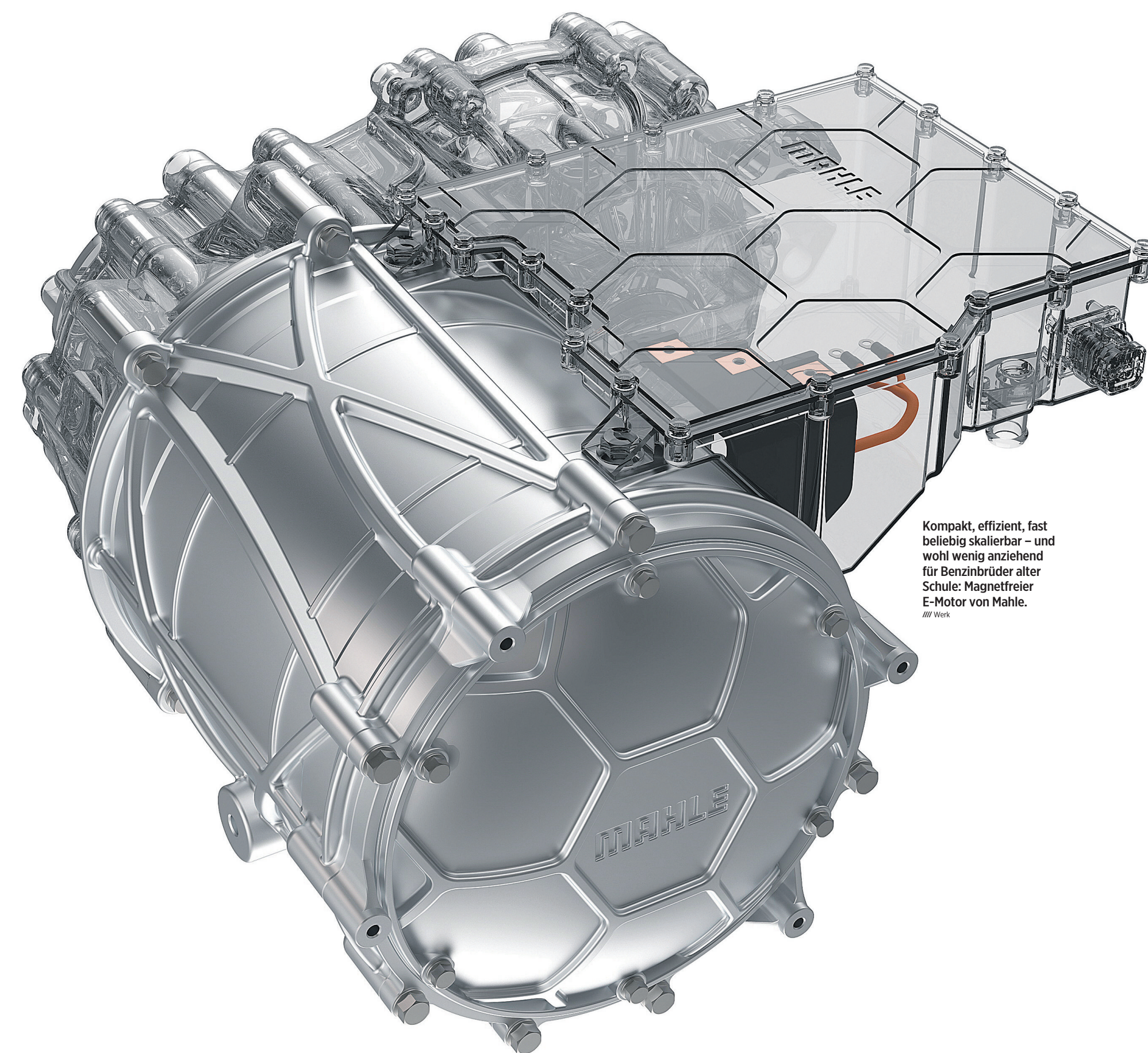
**Martin Berger:** Ich würde mich nicht trauen, das bestimmen zu wollen. Das berühmte Popometer funktioniert da nicht mehr so. Warum der Elektromotor als Antrieb der Zukunft so interessant ist, ist sein Wirkungsgrad. Der liegt etwa bei unserem neuen, magnetfreien E-Motor bei 95 Prozent in seinem „sweet spot“, und das sind die meistgenutzten Fahrzustände, in einigen Betriebspunkten sogar darüber. Beim Verbrenner wurde in den vergangenen Jahrzehnten viel Aufwand getrieben, um seinen recht schmalen „sweet spot“ zu erweitern, denn er hat nicht in allen Bereichen einen guten Verbrauch. Denken Sie an Technologiebausteine wie Mehrfacheinspritzung, aufwendigen Ventiltrieb, Aufladung, oder die Getriebeentwicklung mit bis zu zehn Gängen oder Doppelkupplung, um die Zugkraftunterbrechung möglichst gering zu halten. Das ist beim E-Motor alles überflüssig, und der Wirkungsgrad ist doppelt so hoch.

**Nun hat man keinen V8 mehr oder vier Liter Hubraum, sondern sagt: Mein E-Motor ist magnetfrei?**

Ich würde sagen: Akku ist der neue Hubraum, mit der Reichweite als herausragendem Merkmal.

**Motto beim Aufschneiden an der Ladesäule also: Mein Akku ist größer als deiner?** Nicht unbedingt. Ich glaube nicht, dass wir mehr als 100 kWh Kapazität oft sehen werden, wegen des Gewichts und der Kosten. Das Schnellladen wird den Kick geben. Da sehen wir große Fortschritte, aber auch den nächsten Flaschenhals nach der Zellchemie: Wie kriegt man die entstehende Wärme raus? Für dieses Thermomanagement haben wir schon ein paar Ideen. Dazu zählt Immersionskühlung: Eine Tauchkühlung, bei der die Zellen direkt in einem nicht leitfähigen Liquid gelagert sind, was eine bildbuchartige Kühlung zur Folge hat. Denn so werden alle Zellen gleichermaßen umströmt,

**Neue E-Motoren auf dem Prüfstand, aber Verbrenner werden noch länger erhalten bleiben: Technikchef Martin Berger, 46.**



Kompakt, effizient, fast beliebig skalierbar – und wohl wenig anziehend für Benzinbrüder alter Schule: Magnetfreier E-Motor von Mahle.

anders als bei der Gehäusekühlung, die auch nicht zum Zellkern vordringt. Diese Art der Kühlung haben wir bereits vorgestellt. Sie kann und wird die Schnellladefähigkeit der Akkus gewaltig erhöhen.

**Muss man einen Elektromotor eigentlich warmfahren wie den klassischen Verbrenner?**

Nein, das ist an sich nicht notwendig. Dennoch ist behutsames Warmfahren sinnvoll, und zwar wegen der Batterie. Eine kalte Batterie hat einen höheren Innenwiderstand, und dadurch kommt es bei forcierter Leistungsentnahme zu einer hohen Eigenerwärmung, was einen Verlust an Effizienz bedeutet, und zu einem thermischen Stress für die Zellen, was wiederum die Lebensdauer der Batterie einschränkt. Zudem ist dem Elektromotor ja ein mechanisches Getriebe nachgelagert. Das in den meisten Anwendungen zwar nur einen Gang haben mag, in dem aber dennoch rotierende Teile von Öl geschmiert werden, und dieses Öl muss erst auf Betriebstemperatur kommen. Wer seinen Verbrennungsmotor immer behutsam warmfahren hat, sollte das im E-Auto ähnlich handhaben.

**Heißt das, dass Temperatur für den E-Motor kein Thema ist?**

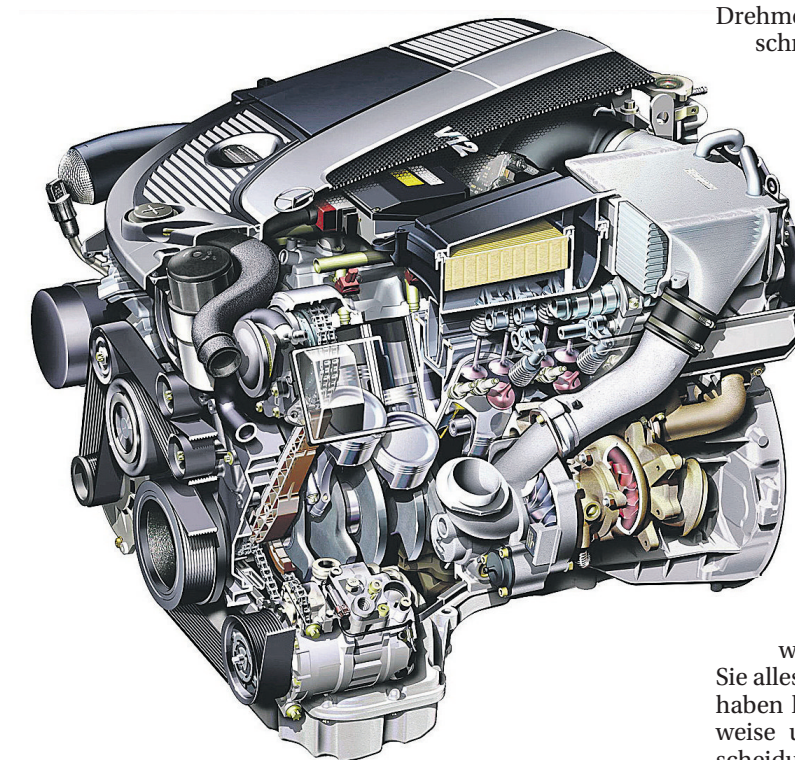
Das nicht, denn selbst wenn Sie von einem Wirkungsgrad von 95 Prozent ausgehen, bleiben fünf Prozent an Abwärme. Bei 100 kW Leistung sind das fünf Kilowatt an Kühlleistung, die Sie erbringen müssen. Bei manchen E-Motoren ist das auch heikel, bei der

permanenterregten Synchronmaschine etwa darf eine gewisse Temperatur nicht überschritten werden, nicht ein einziges Mal. Sonst ist der Magnet kaputt. Futsch, aus.

**Man kann also nicht nur Verbrennungsmotoren abstechen... Welche Gemeinsamkeiten gibt es sonst noch?**

Beiden liegen in der Entwicklung Fahrdiagramme zugrunde, wie sie die

**Größe von gestern: Ein stattlicher Mercedes-V12 als Wahrzeichen der Verbrennerära.**



Längsdynamik eines Fahrzeugs abbilden. So kann man das Drehmoment am Rad ablesen, das die Beschleunigung, die Geschwindigkeit und die Dynamik des Fahrzeugs festlegt. Davon geht man also aus. Was die Größe des E-Motors angeht, so hat man statt Zylindern und Hubraum das Volumen des Motors – je höher, desto mehr Draht lässt sich aufspulen – multipliziert mit dem Strom, den man hinein jagt. Quasi Eisenlänge mal Durchmesser zum Quadrat mal Stromstärke – das ist dann proportional zum erzeugbaren Drehmoment. Diese Entwicklungsschritte finden im Vorfeld am Computer statt. Den E-Motor muss man grundsätzlich eher einbremsen, denn sein Drehmomentanstieg ist brutal.

Er würde ohne Regelung jede Antriebswelle deformieren oder einen Reifen sofort unbrauchbar machen. Dazu eine Zahl: Es dauert weniger als 50 Millisekunden, bis das volle Drehmoment ansteht! Was die Applikationen angeht, also welche speziellen Eigenschaften der Motor letztendlich haben soll, dies lässt sich trimmen wie beim Verbrennungsmotor. Naturgemäß gibt es nicht so viele Varianten beim E-Motor wie beim Verbrenner, bei dem Sie alles vom Zwei- bis zum 16-Zylinder haben können, in Reihen- und V-Bauweise und so weiter. Bei der Unterscheidung kommt der Fahrzeugmarke

» Einen Elektromotor muss man eher einbremsen, dermaßen brutal ist sein Drehmomentanstieg. «

**MARTIN BERGER**  
Leiter Forschung und Vorausentwicklung, Mahle

### SONNTAGSAUTO



#### HOCHALPENSTRASSE Im Elektrobus auf den Großglockner

Busse mit elektrischem Antrieb kennt man längst, man denke an den guten alten Ö-Bus (Hey, Kapfenberg!), bei dem der Strom über eine Oberleitung bezogen wird. Eine solche kann man zwar in einer Stadt leicht errichten, kaum aber auf allen möglichen Routen überland. Die Fortschritte in der Batterie-Technologie bereiten dem E-Bus nun aber auf genau diesem Gebiet den Boden. Ein solches Exemplar, 12 Meter lang und für 75 Fahrgäste, stehend und sitzend, wurde nun in den Härtesten geschickt: Von Salzburg angereist, erklimmt der rein elektrische Niederflurbus Silenth E-12 soeben die Großglockner Hochalpenstraße mit ihren 36 Kehren und einer Steigung von bis zu 12 Prozent – problemfrei, wie es heißt, „der ultimative Leistungs- und Hochgebirgs-Check“.

Dafür ist freilich einiges an Energie mitzuführen, konkret ein Akku-Paket mit 422 kWh Kapazität, das 450 Kilometer Reichweite ermöglichen soll und mindestens 250 km unter widrigen Verhältnissen. Hilfreich die Rekuperation, die so stark ausfällt, dass selbst bei der Glockner-Abfahrt die Reibbremse kaum benutzt werden musste. Eine gute Idee also für ökologisch sensible Umgebungen, wobei das nicht nur für Naturschutzgebiete, sondern gerade für dicht besiedelte städtische Räume gelten sollte. An der Anschaffung von E-Bussen führt ohnehin kein Weg vorbei: Durch die „Clean Vehicle Directive“ müssen bis 2025 mindestens 22,5 Prozent aller neu zu beschaffenden Busse (lokal) emissionsfrei sein. // [www.nur.at/groessglockner.at](http://www.nur.at/groessglockner.at)

**E-Bus Silenth, Bauzeit seit 2020.**

### MIT 36 SEITEN REZEPTE-EXTRA



[carpediem.life](http://carpediem.life)

#### COMPLIANCE-HINWEIS

Die Reisen zu Produktpräsentationen wurden von den Herstellern unterstützt. Testfahrzeuge wurden kostenlos zur Verfügung gestellt.

#### ELEKTROISIERT TRANSFORMATION

**Martin Berger, Jahrgang 1974,** Informatiker und Elektrotechniker, studierte an der TU Graz, erster Entwicklungschef bei Mahle, der kein Maschinenbauer ist. 60 Prozent des Umsatzes erzielt der Konzern bereits abseits von Verbrennungsmotoren.

