

Eine Frage der Rohstoffe

Elektromotoren | Die Hersteller von Elektroautos setzen verschiedene Technologien bei Elektromotoren ein. Jedes Konzept hat seine individuellen Vor- und Nachteile. Wir zeigen die verschiedenen Bauarten im Überblick.

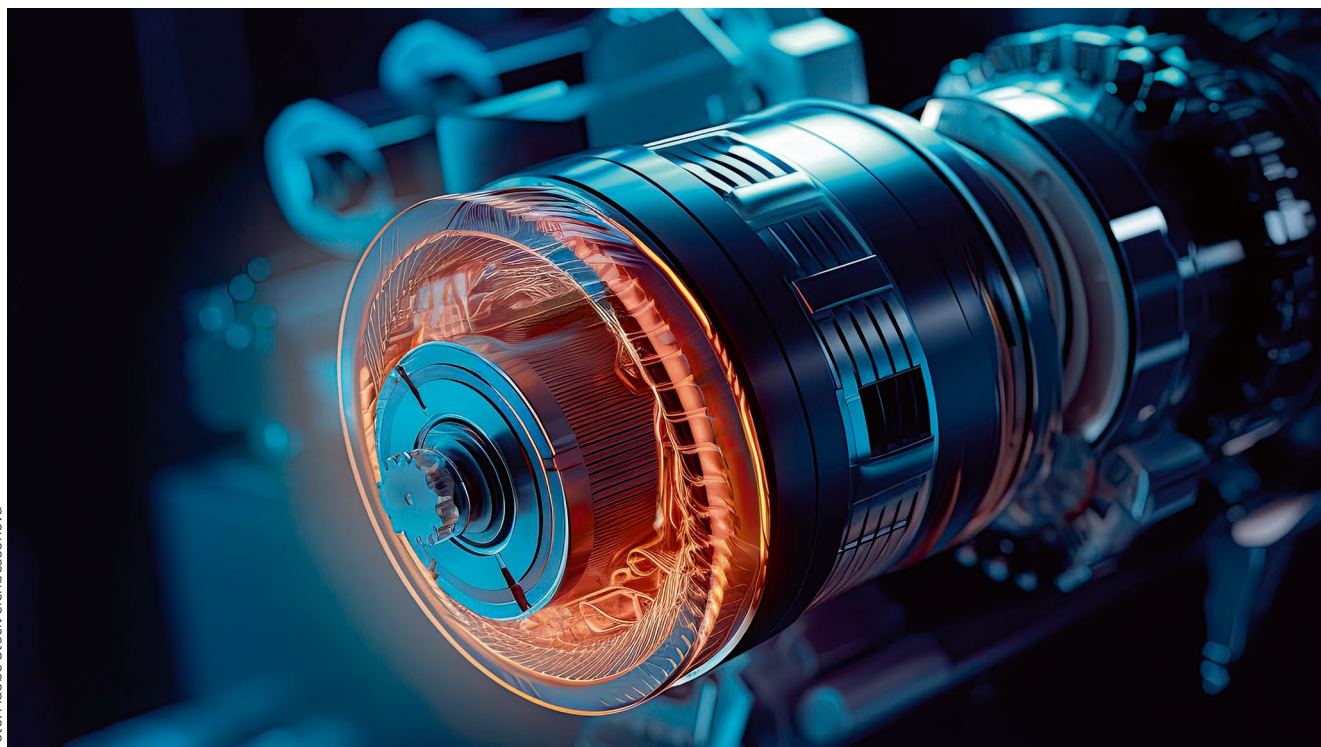


Foto: Adobe Stock/elenbessonova

Hersteller von Elektroautos setzen unterschiedliche Technologien von Elektromotoren ein, die jeweils ihre Vor- und Nachteile haben.

Wenn es um die Elektromobilität geht, hört man oft den Satz, dass die Elektromotoren in den Autos das geringste Potenzial für Verbesserungen hätten, da die Motoren schon über einen hervorragenden

Wirkungsgrad verfügten und aufgrund ihrer einfachen Bauweise nicht mehr sonderlich viel zu optimieren sei. Dass dem nicht so ist, zeigen die zahlreichen Entwicklungen bei den Zulieferern und die verschiedenen Motortypen, die Autohersteller in den Stromern verbauen.

PSM, ASM oder SSM?

So gibt es für den Antrieb von Elektrofahrzeugen mehrere Motorvarianten, die sich nicht nur in der Technik unterscheiden, sondern auch in Sachen Leistungsabgabe oder was für Rohstoffe darin Verwendung finden. Generell ist der Aufbau der verwendeten Motorarten im technischen Aufbau aber ähnlich. Bekannte

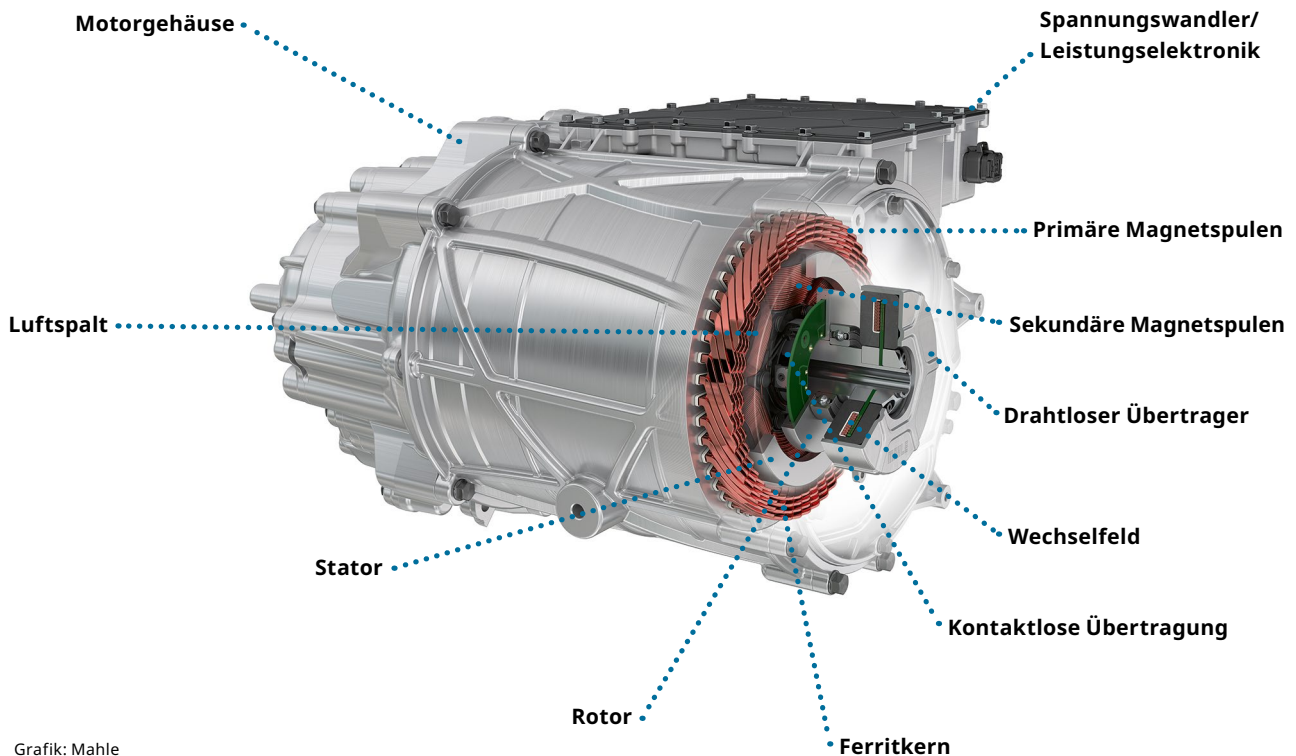
Bauformen sind die permanenterregte Synchronmaschine (PSM) oder Hybridsynchronmaschine (HSM), die Asynchronmaschine (ASM) sowie die fremderregte Synchronmaschine (Externally Excited Synchronous Machines; EESM). Letztere werden oft auch als stromerregte Synchronmaschinen oder SSM bezeichnet. Darüber hinaus gibt es weitere Technologien wie Axialflussmotoren oder Reluktanz- und Transversalflussmaschinen, die sich jedoch nur für Nischenanwendungen eignen oder sich noch im Konzeptstadium befinden.

Trotz der Vielfalt an Varianten zeigen sich gewisse Trends bei den Herstellern. Aufgrund der kompakten Bauweise, der hohen Leistungsabgabe und hoher Ener-

Kurzfassung

Die Autohersteller setzen auf unterschiedliche Technologien bei Elektromotoren, die ihre jeweiligen Vor- und Nachteile haben. Wir stellen die verschiedenen Motorvarianten im Detail vor.

Aufbau des MCT-Elektromotors von Mahle



Grafik: Mahle

giefizienz werden momentan permanenterregte Synchronmaschinen sehr stark nachgefragt, während fremderregte Synchronmaschinen und Asynchronmaschinen tendenziell weniger relevant werden. Die Autohersteller sind jedoch flexibel. So ändern die Konzerne ihre Antriebskonzepte öfters und setzen auch auf eine Kombination der Technologien, beispielsweise unterschiedliche Motorvarianten an Vorder- und Hinterachse.

In Zukunft wird vielleicht der Antrieb das Rennen machen, der sich am preisgünstigsten produzieren lässt oder weniger abhängig von seltenen Rohstoffen ist. Langfristig könnten sich vor allem die fremderregten Synchronmotoren durchsetzen. Denn in permanenterregten Synchronmaschinen werden teure Materialien wie Seltene Erden benötigt, die auch eine Abhängigkeit zu Märkten wie China schaffen. Der Einsatz solcher Materialien erhöht auch den CO₂-Fußabdruck des Antriebs, was sich ebenfalls als nachteilig erweisen könnte. Eine Technologie wie die fremderregte Synchronmaschine braucht nur eine Kupferspule zur Erzeu-

gung des Magnetfelds. Da Kupfer in großen Mengen vorhanden ist, könnte dies letztendlich den Ausschlag zu dieser Technologie geben.

Teuer, aber gut

Doch was unterscheidet die Technologien bei Elektromotoren? Wie der Name schon suggeriert, wird bei der permanenterregten Synchronmaschine das Rotorma-

gnetfeld durch den Einsatz von Permanentmagneten erzeugt. Das hat den großen Vorteil, dass auch im Teillastbereich sehr hohe Wirkungsgrade von annähernd 95 Prozent erzielt werden können. Auch in Sachen Effizienz kann PSM punkten, was sich besonders im städtischen Verkehr oder bei mittleren Reichweiten als Vorteil herausstellt. Ein weiterer Vorteil dieser Motoren ist die hohe Leistungsdichte, was kompakte Designs ermög-

E-Motor-Varianten im Vergleich

Permanenterregter Synchronmotor (PSM)	Stromerregter Synchronmotor (SSM)	Asynchronmotor (ASM)
Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> + hoher Wirkungsgrad + geringer Bauraumbedarf + hohe Leistungsdichte 	Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> + hoher Wirkungsgrad + günstig in der Herstellung + keine Permanentmagneten notwendig 	Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> + robuste Bauweise + kostengünstig
Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> - hohe Kosten und Abhängigkeit von bestimmten Rohstoffen - Schleppverluste im Leerlauf 	Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> - eigene Stromversorgung erforderlich - hohe Komplexität des Systems 	Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> - Wirkungsgrad bei geringen Drehzahlen - hohes Gewicht des Motors

licht und wiederum Bauraum einspart. Nicht zuletzt ist der einfache mechanische und elektrische Aufbau, der ohne komplizierte Wicklungen sowie ohne Bürsten und Schleifkontakte auskommt, ein Argument für permanent erregte Synchronmaschinen. Allerdings hat das Konzept auch Nachteile, da die enormen Magnetkräfte spezielle Montage-Technologien für Läufer und Stator notwendig machen. Durch den Einsatz der Permanentmagneten sind diese Motoren auch abhängig von teuren Rohstoffen wie Seltenen Erden. Ein prominentes Beispiel für ein Auto, in dem permanent erregte Synchronmaschinen zum Einsatz kommen, ist der Porsche Taycan, der diese Technologie an Vorder- und Hinterachse einsetzt.

Robust und einfach

Als zweite wichtige Technologie, die ebenfalls einen breiten Einzug in Elektroautos gefunden hat, ist der Asynchronmotor (ASM) zu nennen. Das Magnetfeld im Rotor wird durch elektromagnetische Induktion erzeugt. Je nach Bauweise kommen bei Asynchronmaschinen noch sogenannte Kurzschlussläufer oder Schleifringläufer zum Einsatz. Es gibt auch noch Varianten mit und ohne Inverter, was sich auf die abrufbare Leistung



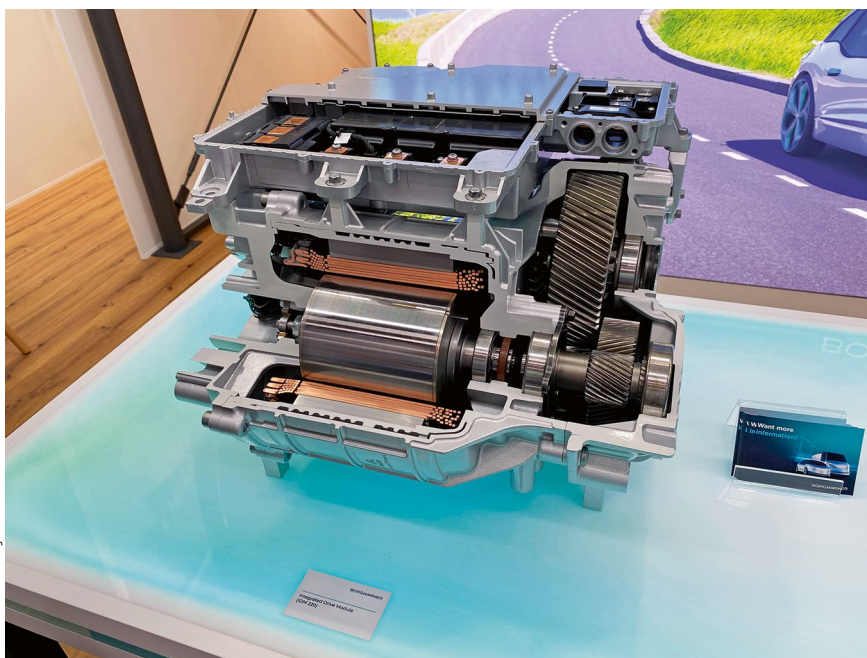
Mercedes-Benz hat die Größe seiner Elektromotoren optimiert (siehe Abbildung rechts).

auswirkt. Auf der Haben-Seite der Asynchronmotoren stehen die günstigeren Kosten. Auch ihre Robustheit und ihre einfache Herstellung sprechen für das Konzept. Als nachteilig erweist sich der geringere Wirkungsgrad des Asynchronmotors im Vergleich zur permanent erregten Synchronmaschine. Bei hohen Drehzahlen macht sich dieser Motortyp auch durch eine abfallende Leistungskurve bemerkbar. Zudem macht das höhere Gewicht diesen Motortyp nicht unbedingt zur ersten Wahl in Sportwagen. Zum Einsatz kommt der Asynchronmo-

tor beispielsweise im neuen Audi Q8 e-tron, der diesen Motortyp an beiden Antriebsachsen nutzt.

Kommt ohne Magneten aus

Als letzte wichtige Technologie sind noch die fremderregten Synchronmotoren (EESM oder SSM) verfügbar. Diese Technologie hat den großen Vorteil, dass der Rotor ohne Permanentmagnete auskommt, hier also keine Abhängigkeit zu Seltenen Erden besteht. Anstatt der Magnete ist der Rotor mit Spulen ausgestattet. Vorteil dieses Konzepts ist dadurch, dass der Rotorstrom und damit die Magnetisierung des Rotors genau eingestellt werden können und fremderregte Synchronmaschinen dadurch einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Da kein permanentes Magnetfeld den Rotor ausbremst, lässt sich dadurch auch Strom sparen, was wiederum der Reichweite zugute kommt. Auch die Flexibilität, das hohe Optimierungs-Potenzial und die große Bandbreite an Anwendungen für diesen Motortyp sprechen für ihn. Fremderregte Synchronmaschinen können auch auf Langstrecken mit schneller Autobahnfahrt ihren Vorteil ausspielen, da sie gerade bei höheren Geschwindigkeiten effizienter sind als permanent erregte Synchronmaschinen. Als nachteilig erweist sich die hohe technische Komplexität, da für den Betrieb eine eigene Stromquelle benötigt wird, die für den Antrieb des Rotors zuständig ist. Ein Beispiel für ein Auto, das mit einem fremderregten Synchronmotor angetrieben wird, ist der Renault Zoe. Alexander Junk |



Ein Elektromotor mit Getriebe von BorgWarner („Integrated Drive Module“)

Foto: Alexander Junk