

## Welcher Elektromotor ist der beste?

In Elektroautos werden drei unterschiedliche E-Motoren verwendet. Eine Auslegeordnung.

Peter Ilg

Mit dem Elektroauto ändern sich die Interessen der Käufer. Das stellt der erfahrene Verkaufsberater Joost-Hinrich Krümmel im Porsche-Zentrum in Rotkreuz fest. «Bei den Verbrennern stehen der Motor und seine Leistung im Vordergrund, beim elektrischen Taycan zwar ebenfalls die Performance, aber auch Reichweite und Ladezeit», sagt Krümmel. Das ist typisch für alle Autohersteller.

Drei Arten von Elektromotoren werden in Elektroautos eingebaut: permanenterregte Synchronmotoren, Asynchronmotoren und fremderregte Synchronmotoren. Porsche setzt im Taycan an Vorder- und Hinterachse jeweils einen permanenterregten Synchronmotor ein. Den VW ID.3 treibt ein solcher Motor an, derweil verwendet Audi im E-Tron vorne und hinten Asynchronmotoren. Ein Konzern, drei Marken, drei unterschiedliche Antriebskonzepte.

Tesla kombiniert sogar verschiedene Motorenarten und baut im Model S und im Model X vorne einen permanenterregten Synchronmotor und hinten einen Asynchronmotor ein. Beim Model 3 ist die Anordnung umgekehrt. Der Zoe von Renault liegt auf Platz zwei und wird von der dritten Art angetrieben, dem fremderregten Synchronmotor.

### Unterschiede bei der Reichweite

Die drei von der Automobilindustrie verwendeten Typen sind in ihrem technischen Aufbau ähnlich, unterscheiden sich aber in ihren Effekten. «Der Permanenterregte hat den höchsten maximalen Wirkungsgrad, dann folgt fast gleichauf der Fremderregte und mit etwas grösserem Abstand der Asynchronmotor», sagt Andreas Schramm, Professor für Mechatronik an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Mosbach.

Das bedeutet: Bei gleicher Energiemenge ist die Reichweite beim Permanenterregten am grössten. Was für den Antrieb gilt, hat auch bei der Rekuperation Bestand. Der permanenterregte Synchronmotor hat auch in der Energierückgewinnung beim Bremsen den höchsten Wirkungsgrad.

Dieser Motortyp wird derzeit von der Automobilindustrie präferiert. Auch von Porsche, und das «aus mehreren Gründen», sagt Boyke Richter, Teamleiter Antrieb für den Taycan: «Permanenterregte Synchronmotoren lassen sich am besten kühlen, man kann deshalb mehrmals hintereinander aus dem Stand stark beschleunigen, ohne dass sie überhitzen und infolgedessen die Leistung reduziert werden müsste.» Weiterhin spricht für diese Variante, dass sie weniger Platz für dieselbe Leistung benötigt als die anderen Motoren.

Der Asynchronmotor ist technisch der einfachste, «was dazu führt, dass der Wirkungsgrad am geringsten ist», sagt Schramm. Dafür ist dieser Typ robust im Betrieb und günstig in der Herstellung. Audi nutzt den Motor im E-Tron, einem allradgetriebenen SUV, sowohl an der Vorder- als auch an der Hinterachse.

Bis vor einem Jahr verwendete auch Tesla diese Anordnung in den Modellen S und X. Jetzt treiben vorne ein permanenterregter Synchronmotor und hinten ein Asynchronmotor diese Fahrzeuge an. Die haben nun aufgrund des höheren Wirkungsgrads permanenterregter Synchronmotoren eine höhere Reichweite von etwa 50 Kilometern. Beim Model 3 ist die Anordnung umgekehrt, was damit zu tun hat, dass dieses Fahrzeug das sportlichste Modell der Amerikaner ist. Sportliche Autofahrer wollen einen starken Heckantrieb, den Boost beim Beschleunigen liefert die strapazierfähige Asynchronmaschine vorne.

### Suche nach dem E-Ideal

In Asynchronmotoren wird das Magnetfeld im Rotor durch elektromagnetische Induktion erzeugt, Permanentmagnete brauchen sie nicht. Fremderregte Motoren benötigen für ihren Betrieb eine eigene Stromquelle, die den Rotor antreibt. «Über diese Stromquelle kann der Wirkungsgrad beeinflusst und die Maschine besser geregelt werden», sagt Schramm. Dieser Motor ist daher der technisch komplizierteste.

Die Autohersteller haben sich noch nicht auf den einen oder anderen Typ festgelegt. «Ich meine, dass auf lange Sicht der Fremderregte die beste Option ist», sagt Schramm. Seine Begründung: Der Asynchronmotor scheidet wegen seines schlechten Wirkungsgrads aus, und in Permanenterregten wird verhältnismässig teures Seltene-Erden-Magnetmaterial benötigt. Fremderregte hingegen verwenden eine Kupferspule zur Erzeugung des Magnetfelds – und Kupfer gibt es in genügenden Mengen.

In ihren Hybridfahrzeugen verbauen die meisten Autohersteller eine Variante des permanenterregten Synchronmotors. Bei diesen Autos hat der Kunde keine Wahl hinsichtlich des Elektroantriebs. Dasselbe gilt für ein Getriebe. Ein solches haben zwar die meisten Elektroautos, «weil ein Getriebe einen zusätzlichen Freiheitsgrad zur Systemauslegung bietet und somit die Optimierung der Reichweite ermöglicht», sagt Andreas Schramm. Audi, Tesla und Renault haben allerdings ein Ein-Gang-Automatikgetriebe, nur Porsche hat zwei Gänge. Damit lässt sich das Auto aus dem Stand stärker beschleunigen, die Motordrehzahl bei hoher Geschwindigkeit reduzieren und eine höhere Reichweite mit derselben Energiemenge erzielen.

All diese technischen Details, die den Taycan schnell machen, erfragen die Kunden von Krümmel nicht. «Sie erwarten auch von einem elektrischen Porsche beeindruckende Fahrleistungen», sagt der Verkaufsberater. Woher die kommen, ist ihnen egal.

**Aus dem NZZ-E-Paper vom 13.02.2021**