

Asynchronmaschinen (ASM) sind weltweit die meistverwendeten Drehstrom-E-Maschinen und verfügen über einen hohen Entwicklungsstand. Da die meisten Anwendungen mit einer konstanten Frequenz von 50 Hz betrieben werden, erweist sich die Steuerung dieser Maschinen im Auto aufwendiger. Im kleinen Drehzahlbereich ist die Effizienz schlechter als bei Synchronmaschinen (PSM, ESM), dafür holen sie bei hohen Drehzahlen wieder auf. Ihr Aufbau ist einfach und kostengünstig, da keine Permanentmagnete verbaut werden müssen. Zusätzlich verfügen sie über einen fast widerstandsfreien Leerlauf, da im stromlosen Zustand nicht direkt eine Induktion stattfindet.

### Aufbau

Der Stator ist grundsätzlich gleich aufgebaut wie bei einer Synchronmaschine. Der Drehstrom erzeugt ein Drehfeld (siehe Beitrag: E-Maschinen, Drehfeld), welches auf den Rotor wirkt. Der Rotor besteht aus aufeinander geschichteten Blechlamellen, welche zur Verminderung der Wirbelstromverluste gegeneinander isoliert sind. Als Material wird Elektroblech eingesetzt, wie es im Beitrag E-Maschinen, Stator beschrieben ist. In diesen Weicheisenzyklinder sind Kupfer- oder Aluminiumstäbe eingelegt, welche beidseitig durch Kurzschlussringe miteinander verbunden sind. Querschnitt und Material der Stäbe beeinflussen den ohmschen Widerstand und somit wesentliche Eigenschaften der Maschine. Die Stäbe sind in der Regel einfach geschränkt (Bild 3), d.h. sie liegen nicht genau parallel zur zentralen Welle. Dadurch werden das Anlaufverhalten, die Drehmomentabgabe und die Motorakustik beeinflusst. Neben dieser Rotorart gibt es auch Schleifringläufermotoren. Über Schleifringe können die ohmschen Widerstände der einzelnen Rotorwicklungen während dem Betrieb verändert werden.

### Funktion

Da Wechselrichter in E-Fahrzeugen die Wechselstromfrequenz stufenlos verändern, kann das Drehfeld beliebige Drehzahlen abbilden. Das Drehfeld eines zweipoligen Stators (Bild 2a) bewegt sich während einer Periode um 360° (siehe Beitrag: E-Maschinen, Drehfeld). Bei



Bild 1: Die Drehstrom-Asynchronmaschine (ASM) besteht aus den beiden Hauptteilen Stator und Rotor. Der Käfigläufer (Rotor) ist mit zwei einfachen Wälzlagern im Gehäuse gelagert.

einer Frequenz von 1 Hz ergeben sich pro Minute 60 Umdrehungen. Bei 50 Hz bewegt sich das Drehfeld mit einer Drehzahl von 3000/min im Stator. Bei Motorstillstand bewegt sich der Rotor nicht. Zum Anlaufen müssen Frequenz und Amplitude des Statorstroms bedächtig gewählt werden. Durch das Magnetfeld im Stator werden die Stäbe des Käfigläufers geschnitten und es wird eine Spannung induziert. Durch den ohmschen Widerstand der Stäbe und die induzierte Spannung ergibt sich ein fließender elektrischer Kurzschlussstrom, welcher um die Stäbe herum ein Magnetfeld erzeugt. Das Magnetfeld reagiert mit dem Stator magnetfeld und es ergibt sich eine Umfangskraft ( $F$ ), welche den Rotor zu drehen beginnt (Bild 2c).

### Gleichlauf

Wenn der Rotor dreht, nähert sich seine Drehzahl der Drehzahl des Drehfeldes an. Dadurch wird die Induktion schwächer und auch die induzierte Spannung, der Kurzschlussstrom und das Magnetfeld im Käfigläufer werden kleiner. Würde gar die synchrone Drehzahl erreicht, wäre die relative Geschwindigkeit zwischen dem rotierenden Magnetfeld und dem Rotordraht null und es gäbe keine Induktion. Drehfeld und Rotor müssen asynchron laufen und es muss immer ein gewisser Schlupf herrschen. Das heisst, der Rotor muss immer etwas langsamer drehen als das Drehfeld.

### Schlupf

Der Schlupf ist im Auto aus der Antriebstechnik bekannt (ABS, ESP). Die Umfangsgeschwindigkeit der Räder ist beim Bremsen kleiner und beim Beschleunigen grösser als die Fahrgeschwindigkeit. Bei der Asynchronmaschine stellt der Schlupf ( $s$ ) den relativen Drehzahlunterschied zwischen dem Drehfeld ( $n_d$ ) und der Rotordrehzahl ( $n$ ) dar:

$$s = \frac{n_d - n}{n_d}$$

### Kennlinien

Bis zu einem Schlupf von ca. 20 % steigen der Stator-, der Rotorstrom und das abgegebene Drehmoment einigermaßen linear an. Während die Stromkurven danach abflachen, erhält die Momentenkurve einen Knick und sinkt bis 80 % Schlupf etwa auf  $\frac{2}{3}$  des maximalen Drehmomentes (Kippmoment). Wichtig für die E-Fahrzeuge ist vor allem der lineare Bereich von Drehmoment und Schlupf vor dem Knickpunkt bis zu einem Schlupf von etwas über 10 %. Der Wirkungsgradverlauf weist den Peak bei einem Schlupf knapp unterhalb von 10 % auf. Wird nicht das maximale Drehmoment gefordert, stellt sich ein kleinerer Schlupf ein, bei einem grossen Drehmoment dagegen ein grosser Schlupf. Die Zusammenhänge beim Radschlupf sind beim Beschleunigen und Bremsen sehr ähnlich.

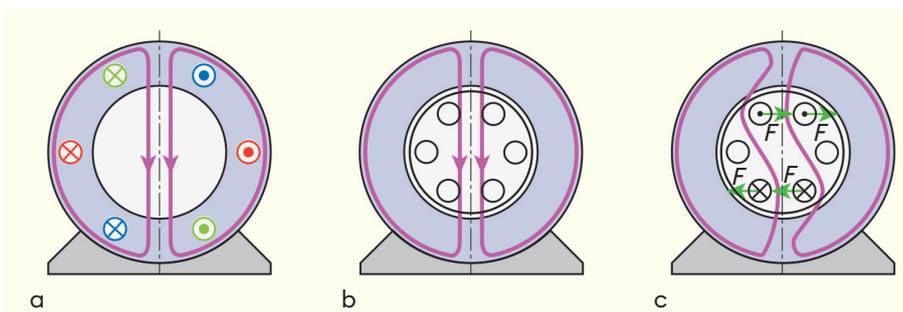


Bild 2: Das Drehfeld in einer bestimmten Position (a). Wird der Käfigläufer eingeschoben (b) ergibt sich dann rasch die Induktion und damit die Kraft- oder Drehmomentwirkung auf den Rotor.

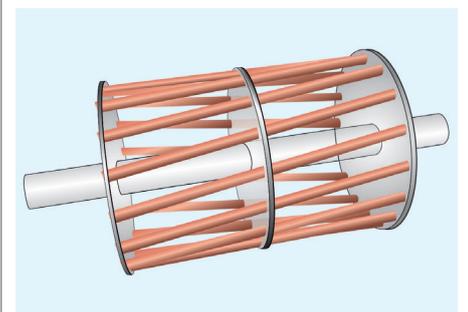


Bild 3: Der häufig mit einem Hamsterrad vergleichene Käfigläufer der Asynchronmaschine.