

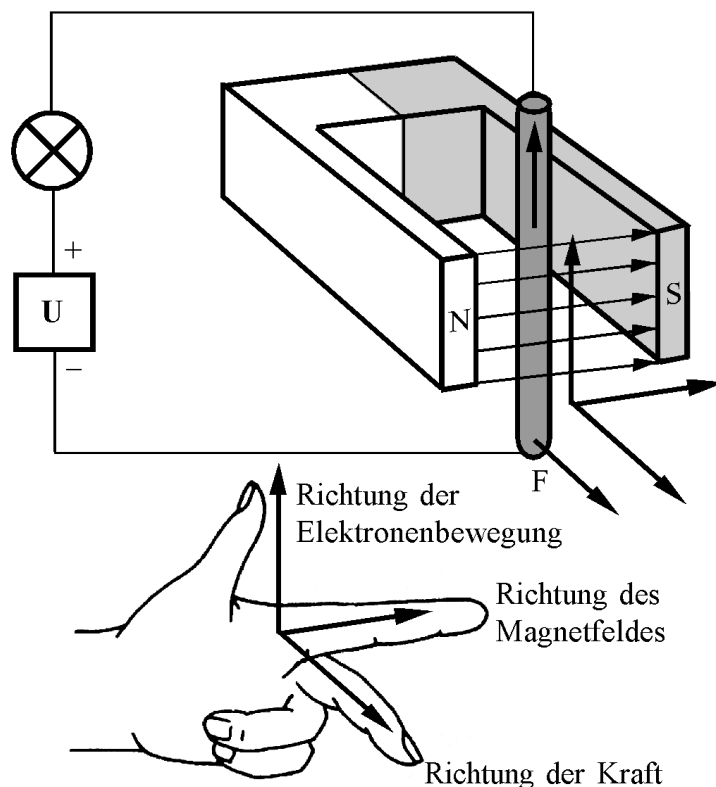
Mechatronik für Aufzugsmonteure und Antriebstechniker, Teil 4 und 5

Von Dipl. Ing. Götz Benczek, Dipl. Ing. Axel Wolfram und Jürgen Grau
(Dietz-electronic GmbH)

1 Elektrotechnische Grundlagen zum Lift-Hauptantrieb

Bevor wir in diesem Kapitel über den Antriebsmotor der Aufzugsanlage sprechen wollen, soll die physikalische Basis für die Funktion der am häufigsten verwendeten Lift-Motoren kurz erläutert werden.

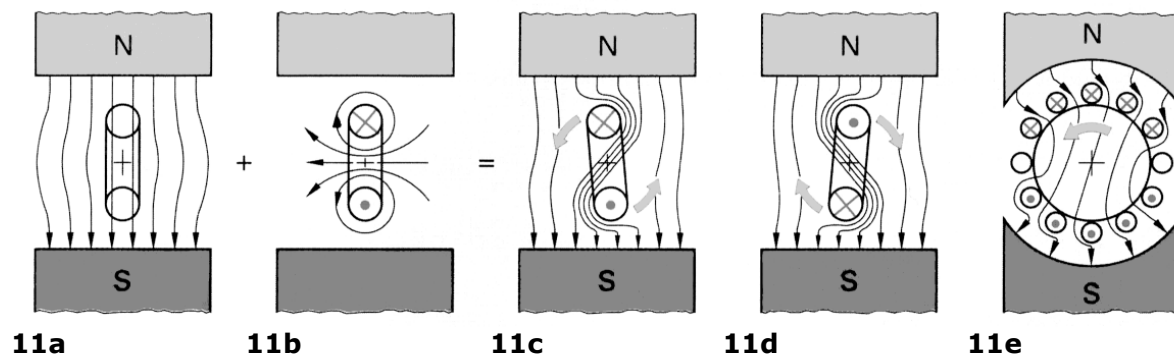
Elektrische Antriebsmaschinen nutzen **das elektrodynamische Gesetz** zur Umsetzung von elektrischer Arbeit in mechanische Arbeit. Die Kräfte, die dabei auf den Anker eines Elektromotors wirken, werden mittels der **Lorentzkraft** beschrieben. Bewegen sich Elektronen durch einen elektrischen Leiter, welcher sich in einem Magnetfeld befindet, so wird auf diesen Leiter eine Kraft ausgeübt, die zu einer Bewegung dieses Leiters führt. Umgekehrt fließt ein Strom in einer Leiterschleife, wenn diese in einem Magnetfeld bewegt wird. Die **Lorentzkraft** läßt sich mittels der **Linken-Hand-Regel** beschreiben (**Bild 10**):



Vereinfacht ergibt sich für die Kraft auf einen Leiter mit der Länge „l“, welcher der magnetischen Flußdichte „B“ ausgesetzt ist: $\mathbf{F} = \mathbf{I} \times \mathbf{l} \mathbf{B}$

Umgekehrt wird in einem bewegten Leiter nach dem **Induktionsgesetz** eine Spannung erzeugt, welche mit der Differentialgleichung $\mathbf{U}_{\text{ind}} = -\mathbf{dF} / \mathbf{dt}$ beschrieben wird, wobei mit „F“ hier der magnetische Fluß gemeint ist. Schließt man diesen Leiter kurz, so fließt in ihm ein Strom, der eine magnetische Gegenkraft erzeugt. Dieser Effekt wird durch die sogenannte **Lenzsche Regel** erklärt, welche die Drehmomentbildung im Elektromotor erklärt.

Ob es sich hierbei um einen Gleichstrommotor, Asynchron- oder Synchronmotor handelt, spielt dabei keine Rolle. Mit welchem Wirkungsgrad elektrische in mechanische Leistung (und auch umgekehrt) überführt wird, ist vom gewählten Motortyp abhängig. Im vorherigen Kapitel steckt der Motorwirkungsgrad in den Kennlinienfaktoren (siehe Bild 9). Warum sich der Anker im Motor bewegt kann man am Besten an einer einfachen Gleichstrommaschine erklären (**Bild 11**):



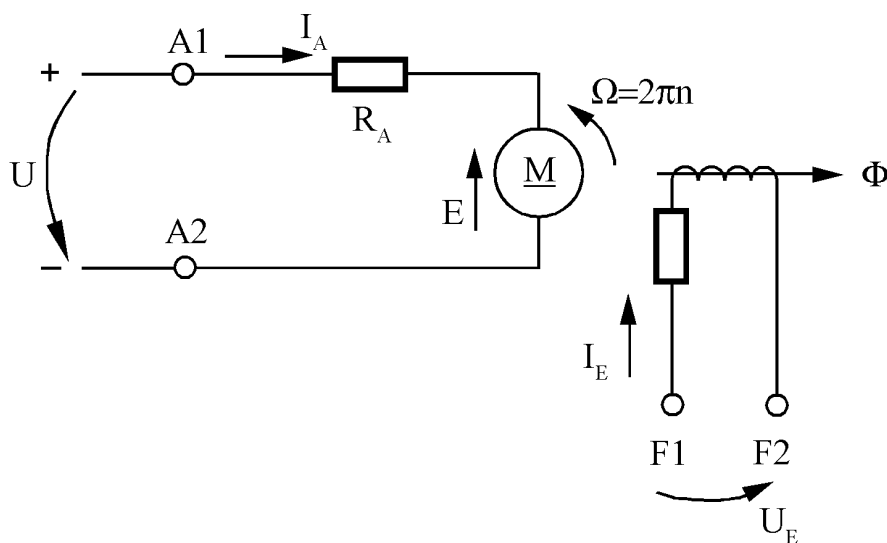
Im Bild 11a ist nur das Feld unseres DC-Motors eingeschaltet, es entsteht keine Kraft auf den Anker (hier als Leiterschleife vereinfacht dargestellt). Im Bild 12a ist nur der Anker eingeschaltet, auch hier kann sich kein Drehmoment bilden. Erst wenn der Anker und das Feld zugeschaltet sind, bildet sich ein Drehmoment aus. In Bild 11c und 11d haben wir einen unterschiedlichen Drehsinn durch Umpolen des Ankers erreicht. Den gleichen Effekt erhält man, wenn der Feldstrom umgepolt wird. Bild 11e zeigt die Kraftwirkung auf einen Trommelanker, wie er in bürstenbehafteten Gleichstrommotoren zur Anwendung kommt.

In der Aufzugstechnik hat der bürstenbehaftete Gleichstrommotor mit Fremderregung nur noch als DC-Gearless-Winde für hohe Fahrgeschwindigkeiten bei hohen Tragkräften eine Bedeutung. Dies ist eigentlich zu Unrecht so, da – abgesehen von den damals üblichen dynamischen Leonard-Umformern zur Bereitstellung des nötigen Gleichstroms – der Wirkungsgrad dieser DC-Motoren und deren vergleichsweise einfache elektrische Ansteuerung sehr gute Ergebnisse in der Aufzugstechnik liefert.

Bei Altmürstungen solcher Anlagen gibt es inzwischen die Möglichkeit, den DC-Motor in der Anlage zu belassen. Hierbei verzichtet man auf den Leonard-Umformer und auf die alte Thyristortechnik. Moderne DC-Umrichter arbeiten mit Transistorendstufen und Pulsweitenmodulation, wobei der übliche Tachogenerator durch einen hochwertigen Drehgeber ersetzt wird. Letzteres erhöht den Drehzahlstellbereich des Motors auf das 10..100-fache und ermöglicht ein stabiles Stillstands Drehmoment (ohne Lastmessung).

Der bürstenbehaftete Gleichstrommotor besitzt im Stator die Erregerwicklung (oder bei kleineren Maschinen einen Permanentmagneten) und die Wendepolwicklung, sowie die Kompensationswicklung. Die Wendepolwicklung verhindert das Bürstenfeuer, welches durch den Streufluß beim Abkommutieren (Stromwendevorgang) auf dem Kollektor entstehen würde. Die Kompensationswicklung schützt ebenfalls den Kollektor, indem sie die lastabhängige Ankerrückwirkung ausgleicht. Wendepol- und Kompensationswicklung werden daher von Ankerstrom durchflossen. Die Kompensationswicklung ist nicht immer in den Motoren vorhanden, daher ist bei derartigen Motoren darauf zu achten, dass die Kommutierungsgrenzkurve eingehalten wird, damit der Motor bei hohen Drehzahlen unter starker Belastung nicht beschädigt wird. Da das Lastmoment bei konstanter Erregung praktisch den Ankerstrom bestimmt, muss die Grenze der Überlastbarkeit des DC-Motor durch eine externe Ankerstrombegrenzung sichergestellt werden. Der DC-Motor verfügt – wenn er außerdem noch eine Schrägnutung im Rotor besitzt – über ein sehr gleichmäßiges Drehmoment.

Aus diesem Grunde wird er heute immer noch gerne in Prüfmaschinen als Belastungssatz (Generator) verwendet. Da die Erregerwicklung getrennt ansteuerbar ist, kann der DC-Motor auch in die Feldschwächung gefahren werden. Bei der Feldschwächung erhöht sich die Drehzahl der Maschine über die Nenndaten hinaus, wobei die Leistung konstant bleibt. Bei zu schwachem Erregerfeld besteht allerdings die Gefahr, dass der Rotor durch die stark ansteigenden Fliehkräfte, welche auf den Anker einwirken, zerstört werden kann. Daher muß der Tacho bzw. Drehgeber und Feldstrom überwacht werden. Neben der fremd- bzw. permanenterregten Gleichstrommaschine gibt es noch den Gleichstromnebenschlufmotor und den Gleichstromreihenschlufmotor, wobei jedoch beide als Aufzugsmotoren nicht zur Anwendung kommen. Die fremderregte Gleichstrommaschine hat ein Ersatzschaltbild, welches leicht zu verstehen ist (**Bild 12**):




Es gilt $\mathbf{U}_E = \mathbf{I}_E \times \mathbf{R}_E$ und $\mathbf{U} = \mathbf{E} + \mathbf{I}_A \times \mathbf{R}_A$ mit $\mathbf{E} = \mathbf{c} \times \Phi \times \Omega$, wobei „c“ die Maschinenkonstante ist. Als Drehmoment ist $\mathbf{M} = \mathbf{c} \times \Phi \times \mathbf{I}_A$ ausreichend.

Im Aufzugsbereich wurden schon frühzeitig die schnelleren DC-Motoren, welche über Schneckengetriebe mit der Hubeinrichtung verbunden waren, durch Asynchronmotoren ersetzt. Lediglich im Gearless-Bereich findet man in hohen Gebäuden noch DC-Technik. Die Kenntnisse über den Gleichstromantrieb sind jedoch deswegen so wichtig, weil wir in Verbindung mit den Asynchron- und Synchronmotoren noch das wichtige Verfahren der stromgeregelten Feldorientierung erklären wollen, welches heute Stand der Technik ist.

2 Der Asynchron- und Synchronmotor im Lift-Hauptantrieb

Der Drehstrom-Asynchronmotor ist der am häufigsten eingesetzte Antriebsmotor im Lift. In den Anfängen des Aufzugsbaus wurde der Motor in der Regel als ein- oder zweipolige Maschine ausgeführt, wobei die Fahrt mittels Polumschaltung (Schütze) oder Thyristor-Spannungssteller geregelt wurde. In beiden Fällen wurde eine spezielle weiche (Silumin) Motorkennlinie gewählt, die einen Kompromiss zwischen möglichst geringem Anfahrstrom und optimalem Drehmomentverlauf darstellte. Heute haben die Lift-Motoren wesentlich härtere Kennlinien, da sie nicht mehr auf eine feste Frequenz (z. B. 50 Hz) aufgeschaltet werden müssen, sondern dank Frequenzumrichtern stets ein korrektes „U/f“ bekommen.

	Technische Kundeninformation	KI0104d0
	Der elektrische Liftantrieb	20.03.01
		Seite: 5 von 11

Bei der Dreieckschaltung (**Bild 14**) werden die Wicklungen mit der vollen verketteten Spannung beaufschlagt. Es gilt folgender wichtiger Zusammenhang für einen Motor mit den Typenschilddaten „**400V bei 50Hz im Stern**“:

Er kann entweder – wie vorgeschlagen – mit typisch 50Hz und 400V in Sternschaltung betrieben werden. Bei gleicher Leistung könnte dieser Motor aber auch mit typisch 50Hz und 230V in der Dreieckschaltung betrieben werden. Die nun kleinere Spannung verlangt um den Faktor $\sqrt{3}$ (also etwa 1,73205) größere Phasenströme. Unser Motor kann in der Dreieckschaltung aber auch mit 400V betrieben werden, allerdings dann **nicht** mit 50Hz, sondern nun mit einer Frequenz, welche um den Faktor $\sqrt{3}$ (also 1,73205) größere ist als vorher. Man spricht in diesem Fall von der 87Hz-Kennlinie, wobei die Drehzahl unseres Motors ebenfalls um den Faktor $\sqrt{3}$ (also etwa 1,73205) größer wird. Nehmen wir an, das uns ein Netz mit ca. 87Hz zur Verfügung steht, und der um 1,73-fach höhere Strom der Dreieckschaltung zugelassen werden kann, so haben wir jetzt auch eine 1,73-fach höhere Leistung ohne die Baugröße des Motors ändern zu müssen. Die 87Hz-Kennlinie wird in der Praxis durch Frequenzumrichter erzeugt. Statische Frequenzumrichter erlauben es uns heute, die Motoren wicklungstechnisch nicht mehr nur auf die Netzfrequenz 50Hz festzulegen. Die sogenannte U/f-Kennlinie (Nennarbeitspunkt Spannung zu Frequenz) kann heute exakt an den Drehmoment- und Drehzahlstellbereich der Anwendung angeglichen werden. Vor der Erfindung der Frequenzumrichtertechnologie waren verschiedene Drehmomente und Arbeitsdrehzahlen nur durch Variation der **Polzahl** möglich. Hierzu sollten wir uns folgende weiteren wichtige Zusammenhänge merken:

Eine **4-polige** Maschine mit **50Hz** hat eine Leerlaufdrehzahl von typisch **1500** 1/min.
 Eine **2-polige** Maschine mit **50Hz** hat eine Leerlaufdrehzahl von typisch **3000** 1/min.
 Eine **4-polige** Maschine mit **100Hz** hat eine Leerlaufdrehzahl von typisch **3000** 1/min.

Für die Drehzahl ist also die Frequenz **und** die Polzahl maßgebend (statt der Polzahl wird in der Literatur auch oft von der Polpaarzahl gesprochen, eine 4-polige Maschine hat die Polzahl 4 bzw. Polpaarzahl 2. Wir wählen in diesem Kapitel stets den Begriff **Polzahl**).

Setzen wir obige Zusammenhänge in eine Formel ein, können wir sehr leicht entweder die Leerlaufdrehzahl (Synchrondrehzahl), die Polzahl oder aber die Nennfrequenz des Motors ermitteln, wenn uns einer dieser Parameter fehlen sollte (Formel umstellen):

$$\text{Beispiel: } 2 \times \frac{50\text{Hz}}{4\text{-polig}} \times 60\text{s} = 1500 \text{ 1/min}$$

$$\text{also allgemein: Nennleerlaufdrehzahl [1/min]} = \frac{\text{Motornennfrequenz [Hz]}}{\text{Polzahl des AC-Motors}} \times 120\text{s}$$

Ein weitere wichtiger Zusammenhang erklärt das Verhältnis „U/f“ des AC-Motors:

Eine 4-polige Maschine, die bei 400V mit 50Hz 1500 1/min läuft, würde bei einer Frequenz von nur 25Hz jedoch 750 1/min laufen und dabei eine Motorspannung von 200V verlangen. Lassen wir diese Maschine mit 100Hz laufen, so stellen sich jetzt die 3000 1/min ein, wobei für ein konstantes Drehmoment nun 800V erforderlich wären.

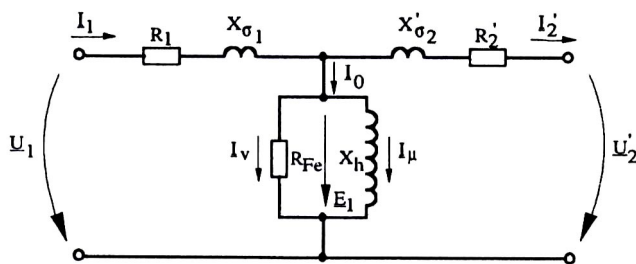
Es folgt daraus: Vereinfacht läßt sich ein AC-Motor dadurch in seiner Drehzahl steuern, indem man idealerweise **sowohl die Spannung als auch die Frequenz** proportional zur Drehzahl erhöht. Man spricht daher von einer U/f-Ansteuerung (**U/f-Kennlinie**). Man kann – im Falle einer Asynchronmaschine – auch nur die Spannung steuern (Phasenanschnitt), jedoch entstehen dann in der AC-Maschine hohe Verluste durch den auf Maximalfrequenz liegenden **Schlupf**.

Mit der sogenannten **Schlupffrequenz** bezeichnen wir die Differenz zwischen Motordrehfeld und tatsächlicher mechanischen Drehfrequenz an der Welle. Drehmoment kann – im Falle der Asynchronmaschine – also nur durch Schlupf erzeugt werden, daher auch der Name „**asynchron**“ (im Gegensatz zu „**synchron**“ bei der Reluktanz- und Synchronmaschine).

Die nahezu synchrone Leerlaufdrehzahl stellt sich also bei der Asynchronmaschine im Nennbetrieb gar nicht ein, daher finden wir auf dem Typenschild stets eine etwas kleinere Drehzahl (z. B. bedeuten 1440 1/min gegenüber 1500 1/min, dass 60 1/min Schlupf in diesem Motor bei Nennlast auftreten). Wir merken uns daher folgenden Zusammenhang:

Die Differenz zwischen Leerlaufdrehzahl und Nenndrehzahl ist die Schlupfdrehzahl. Eine hohe Differenz bedeutet, dass der Motor einen schlechten Wirkungsgrad, einen geringen **Cosinus-Phi** (also eine hohe **Blindleistung**), aber einen geringen Anlaufstrom bei relativ großem Startdrehmoment aufweisen kann, wenn dieser direkt auf eine feste Netzfrequenz aufgeschaltet wird. Derartige Motoren haben eine „weiche Kennlinie“ und werden in Anlagen verwendet, die nur über Thyristor-Spannungssteller oder einfache Polumschaltung per Schützsteuerung verfügen. Die Läufer dieser Motoren enthalten besondere Formen der Kurzschlußwicklung, um künstliche Widerstände zu erzeugen (Silumin-Läufer). Bei Einsatz von Frequenzumrichtern benötigt man diese teuren und verlustbehafteten Läufer nicht. Motoren für Frequenzsteuerung bzw. Frequenzregelung haben „härtere“ Kennlinien mit besserem Cosinus-Phi und geringerer Schlupfdrehzahl.

Um den Asynchronmotor im Ersatzschaltbild zu verstehen, gehen wir einfach vom Ersatzschaltbild eines Transformators aus, denn ein Asynchronmotor ist im Prinzip ein Drehstromtransformator, dessen Sekundärkreis kurzgeschlossen wird. Dieser Kurzschluß führt daher bei einer blockierten bzw. stehenden Maschine tatsächlich zum Fall der Sicherungen, wenn diese einen guten Cosinus-Phi aufweist und nicht „U/f“ angefahren wird. Ein Schleifringläufer, bei dem die Sekundärwicklung zugänglich ist, kann daher auch als Transformator zweckentfremdet werden, wenn man seinen Rotor festbremst.



aus **Bild 15** (Transformator) folgt

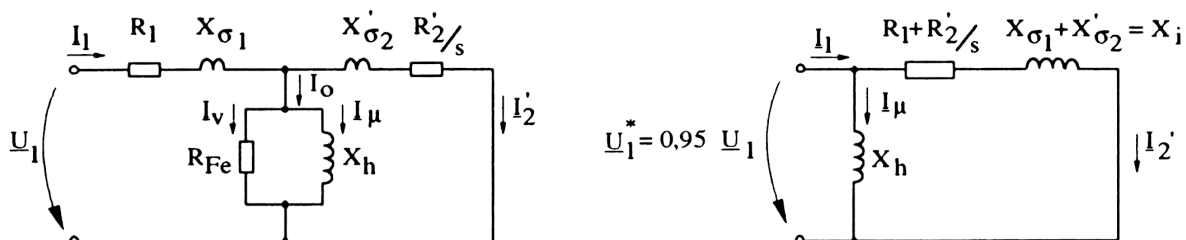


Bild 16 (vollständiges bzw. vereinfachtes Ersatzschaltbild des Asynchronmotors).

Wie beim Transformator gehen in dem Ersatzschaltbild die Kupferverluste, Streu- und Eisenverluste ein. Es ergeben sich dann folgende Drehzahl- / Drehmomentkennlinien:

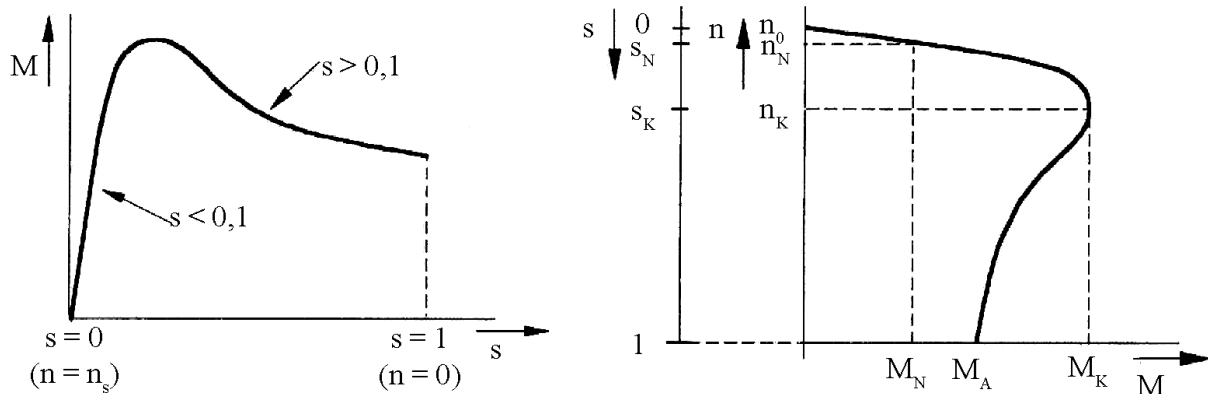


Bild 17 zeigt die typische Kennlinie eines Industriemotors, der an einer festen Frequenz läuft. Wird in diesem Beispiel das Kippmoment M_K überschritten, so „kippt“ die Maschine ab und der Strom steigt schlagartig an (Kurzschluß). Dieses Verhalten kann auch mit einem Frequenzumrichter nicht verhindert werden, wenn dieser **nur** die Frequenz und Spannung proportional **steuert**. Verwendet man dagegen einen Frequenzumrichter, welcher über eine **stromgeregelte Feldorientierung** den AC-Motor **regelt**, so wird ein „Kippen“ des Motors unterbunden (das besprechen wir im Abschnitt **Feldorientierung**). Ohne Frequenzumrichter läßt sich der Einschaltstrom und das Anfahrmoment nur durch zwei Tricks optimieren. Bei der Stern-Dreieck-Schaltung bestimmter Industriemotoren wird die Wicklung so ausgeführt, dass sie erst im Dreieck die Nennspannung hat, im Stern hat sie dann nach unserer bekannten Formel statt 400V eigentlich etwa 692V. Schaltet man nun an diese Sternwicklung nur eine Spannung von 400V, so steigt der Strom nicht so stark an und die Maschine kann – zumindest im Leerlauf – hochfahren:

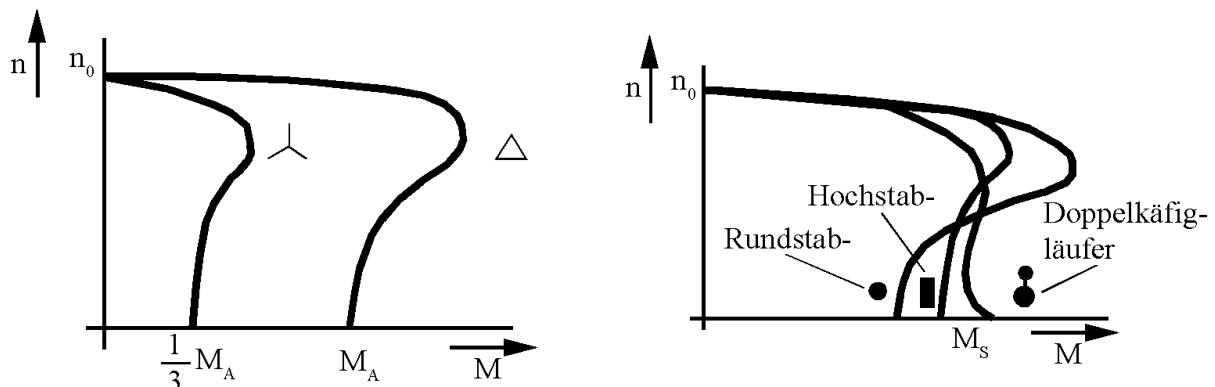
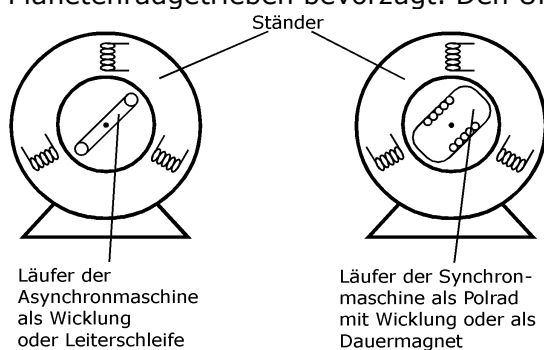


Bild 18 zeigt den Stern-Dreieck-Anlauf eines Industriemotors und im Bild daneben den Unterschied zwischen dem „**harten**“ Industriemotor (Rundstabkäfig), dem „**weichen**“ Aufzugsmotor für Thyristorspannungssteller (z. B. durch Doppelkäfig realisiert) und „**mittelharten**“ Aufzugsmotor für Ansteuerung über Frequenzumrichter (Hochstab). Als aufmerksamer Leser werden Sie fragen, warum denn der normale Industriemotor nicht in Verbindung mit dem Frequenzumrichter im Aufzugsantrieb zur Anwendung kommt. Der Grund ist allein das Geräusch. Lärm ist der Feind eines jeden Aufzugs, ein Industriemotor ist auf höchste Leistung bei geringstmöglicher Baugröße gezüchtet. Ein moderner Aufzugsmotor sollte das auch sein, doch die hohe Leistungsdichte zwingt den Hersteller dazu, den Motor sehr nahe an seiner Magnetisierungsgrenze (**Sättigung**) zu fahren.


Das gesättigte Eisenpaket führt bei starker Belastung des Motors zu typischem Drehmomentjaulen. Ein „weicher“ Motor kommt wesentlich später in die Sättigung und läuft damit eher geräuscharm. Die modernen Liftmotoren enthalten daher etwas mehr Eisen (die Wicklung wird so gewählt, dass das Eisen nicht voll ausgenutzt wird) und u. U. einen geringfügig größeren Luftspalt bzw. einen Läufer mit der Tendenz zum Hochstab). Als weitere Geräuschminderung hat sich das Graugußgehäuse statt dem in der Industrie üblichen Aluminiumstranggußprofil bestens bewährt. Wird außerdem hinsichtlich des Frequenzumrichters ein harmonisches PWM-Verfahren und eine Rückführung mittels der Sinus/Cosinus-Dehgreber (**1Vss-Technologie**) gearbeitet, läuft der Motor extrem leise.

Im Unterschied zum Asynchronmotor hat der Synchronmotor einen sich drehenden Permanentmagnetläufer oder einen über Schleifring gespeisten fremderregten Rotor. Der permanenterrregte Außenläufer-Synchronmotor wird heute sehr gerne für die kleinen und mittleren Gearless-Winden verwendet. Die hochpoligen und/oder niederfrequenten Asynchronmotoren werden als Gearless-Winden erst für höhere Tragkräfte eingesetzt. Der Grund ist, dass die notwendigen starken Dauermagnete schwer herstellbar werden. Asynchron-Gearless-Antriebe sind zwar preiswert herzustellen, haben aber für kleinere Tragkräfte bei Roomless-Konzepten eine nachteilige Baugröße bzw. Bauform. Daher werden dort eher Synchronmotoren bzw. Kombinationen von Synchronmotoren mit Planetenradgetrieben bevorzugt. Den Unterschied asynchron/synchron zeigt **Bild 19**:



Ein sehr wichtiger Unterschied zwischen Asynchron- und **Synchronmotor** ist, dass beim Einschalten des Synchronmotors die Lage des Polrades unbedingt bekannt sein muß, da es ansonsten zu einem sehr starken Einschalttrick kommt (**Einrastmoment** des Rotors). Damit dies nicht passieren kann, werden diese Synchronmotoren mit einem besonderen **Drehgebersystem** ausgerüstet. Die Stellung des Polrades wird im einfachsten Fall bei sehr kleinen Servomotoren mittels Hall-Sonden (typisch für Trapezkommutierung) und bei größeren Servomotoren mit Resolvieren (typische Sinuskommutierung) bewerkstelligt. Im Aufzugsbereich kommen sehr langsam laufende Synchronmotoren zum Einsatz. Diese Motoren müssen qualitativ sehr hochwertig ausgeführt werden, hier reichen Hall-Sonden und normale Resolver nicht mehr zur Polraderfassung aus. In der Regel kommen echte Absolutwertgeber mit SSI-Interface zum Einsatz. Es handelt sich hierbei eigentlich um zwei Drehgeber in einem Gehäuse: Neben dem 13-bit-Singleturn-Lage-Absolutwert gibt es eine 1Vss-Sinus/Cosinus-Spur mit typisch 2048 Inkrementen pro 1 Motorumdrehung. Das **13-bit-Lagesignal** wird – einmal geeicht – als „2. Geber“ dem Frequenzumrichter mitgeteilt. Normalerweise wird das System nur einmal beim Start eingelesen, danach wird mit dem Realtime-Wert aus den **1Vss-Spuren** mittels der Interpolation gearbeitet.

Der Trend zum Gearless-Konzept bedeutet, dass sowohl der Antriebsmotor als auch der hier unverzichtbare Frequenzumrichter über eine extrem hohe Qualität hinsichtlich der Regeleigenschaften verfügt. Auf der Seite des Motorherstellers wird eine äußerst exakte Geometrie bei der Ausführung von Stator und Rotor verlangt.

	Technische Kundeninformation	KI0104d0
	Der elektrische Liftantrieb	20.03.01
		Seite: 9 von 11

Toleranzen im Luftspalt, in der Anordnung der Nutung (Schrägnutung ist Pflicht) und in der Wicklungsausführung haben einen rauhen Lauf, erhöhte Geräuschbildung und starke Vibrationen zur Folge. Seitens des Regelgeräts ist eine stromgeregelte Feldorientierung Stand der Technik. Diese kommt sowohl beim asynchronen als auch synchronen Motor zur Anwendung. Es gibt hier lediglich den Unterschied, dass bei der Asynchronmaschine mittels einer sehr komplexen Vektortransformation eine Schlupf-Frequenz, bei der Synchronmaschine dagegen ein Schlupf-Winkel errechnet wird. In **Bild 20** sehen wir eine hochwertige Feldorientierung. Der Sinn der Feldorientierung ist, dass das Drehstromsystem auf das Gleichstromsystem zurückgerechnet wird und umgekehrt. Auf diese Weise erhalten wir wieder zwei Größen mit der Bezeichnung **ISD (Feldstrom)** und **ISQ (Ankerstrom)**, welche wir bereits aus dem Kapitel mit der Gleichstrommaschine kennengelernt haben.

Im Prinzip finden wir alle Teile unserer Gleichstrommaschine in der Feldorientierung wieder. Die Rücktransformation (im Bild als Option gekennzeichnet) hat z. B. die selbe Aufgabe wie die Kompensationswicklung in der hochwertigen Gleichstrommaschine, setzt man für ISD-ist einfach den Wert von ISD-soll bzw. von ISQ-ist einfach den Wert von ISD-soll ein, vereinfacht sich die Feldorientierung um die Rücktransformation. Der Nachteil ist, dass Rotorzeitkonstante und Rotorfluß mit steigender Motordrehzahl nicht nachgeführt werden (die Erregung des Motors nimmt daher stärker ab als gewünscht).

Das Herz der Feldorientierung bilden 2 Parameter: Der **Rotorfluß** bestimmt die Größe des Wertes ISD, ISD ist gleichbedeutend mit dem Feld des Motors. ISD wird so geregelt, dass die Erregung des Motors bis zum Nennpunkt konstant gehalten wird. Erst mit dem Überschreiten des Nennpunktes wird ISD entsprechend der Eisenkurve heruntergefahren und somit eine Feldschwächung eingestellt, die es theoretisch erlaubt, diesen Motor bis zum 4...6-fachen über seine Nenndrehzahl zu fahren (das Drehmoment geht dabei jedoch sehr schnell gegen Null, da Reibung und Verluste im Motor zu groß werden). Im Aufzugsbetrieb ist die Feldschwächung nicht ratsam, hier sollte sie höchstens 5% über der Nenndrehzahl der Maschine liegen. Bei Synchronmotoren mit Permanenterregung ist die Feldschwächung ohnehin nicht möglich und mit ungewollter Blindleistung verbunden. Die **Rotorzeitkonstante** bestimmt die Entkopplung der virtuellen Ströme **ISD** und **ISQ**.

Es gilt folgender Zusammenhang: Ist der Cosinus-Phi des Motors gering, so ist auch die Rotorzeitkonstante klein und der Schlupf groß. Alte Lift-Motoren haben daher Werte zwischen 40...150ms (Cosinus-Phi 0,60...0,75), neue Lift-Motoren dagegen Werte von 150...450ms (Cosinus-Phi 0,75...0,85) und Industriemotoren liegen im Bereich von 200...600ms (Cosinus-Phi 0,80...0,95). Diese Betrachtung gilt für Motoren mittlerer Leistung (5,5...55kW). Der Wert ist optimal, wenn geringstmöglicher Laststrom fließt.

3 Die feldorientierte Regelung in der Aufzugstechnik

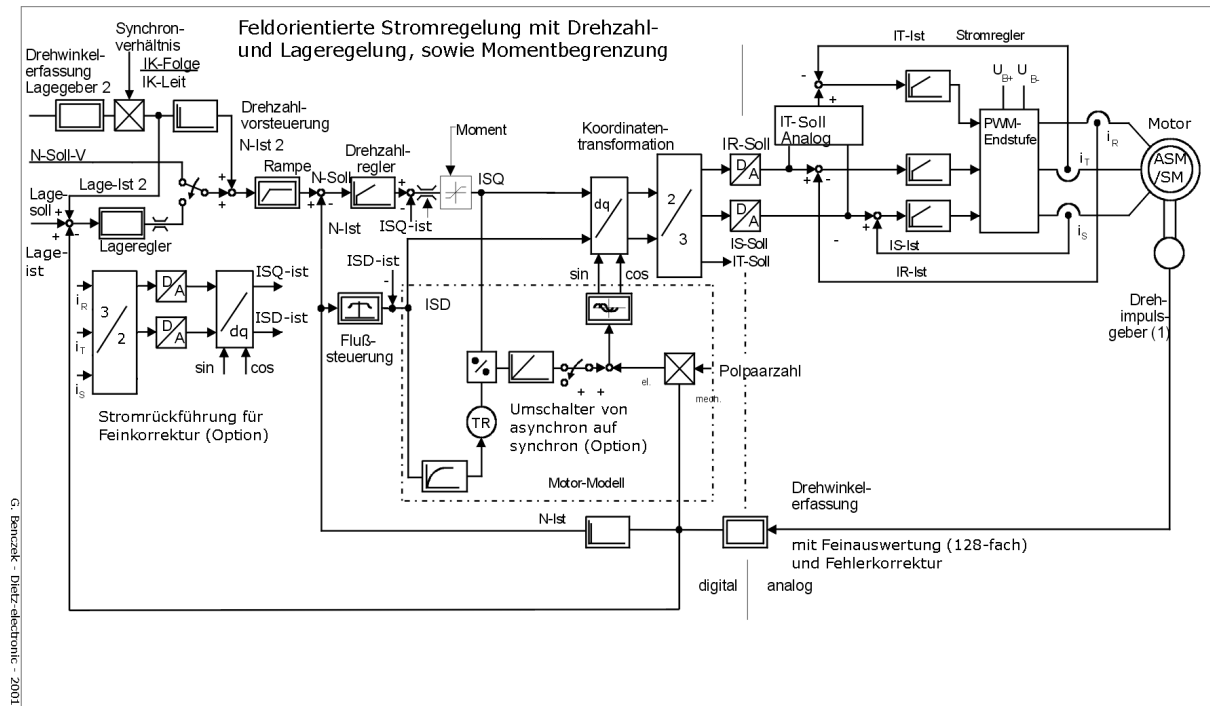



Bild 20 zeigt das Flußdiagramm für die asynchron/synchron arbeitende Feldorientierung.

Bei der mathematisch leicht zu erklärenden Gleichstrommaschine sorgt der Kommutator dafür, dass das Feld des Ankers annähernd senkrecht zum Feld der Erregerwicklung liegt. Es gilt die Beziehung $\mathbf{M}_i = \mathbf{c} \times \Phi \times \mathbf{I}_A$ (siehe auch Kapitel Gleichstrommaschine), auch bei der Asynchronmaschine gilt $\mathbf{M}_i = \mathbf{c} \times \Phi \times \mathbf{I}_2$ (wobei \mathbf{I}_2 der Rotorstrom sein soll). Im Bild 16 sind im Leerlauf \mathbf{I}_1 und \mathbf{I}_μ betragsmäßig gleich und der Strom \mathbf{I}_2 in diesem Fall Null. Erst mit der Belastung verdreht sich der Rotor solange, bis das Gegenmoment aufgebaut ist. Die Aufgabe der Feldorientierung ist es nun, den feldbildenden und momentbildenden Strom ähnlich einer Gleichstrommaschine zugänglich zu machen.

Die typische Asynchronmaschine mit drei räumlich um 120 Grad versetzt angeordneten Wicklungen wird mit drei zeitlich um 120 Grad verschobenen sinusförmigen Strömen gespeist, so erzeugt jeder Strom in den Wicklungen ein Magnetfeld. Faßt man diese drei Magnetfelder zusammen, so entsteht ein resultierendes Feld, daß durch einen einzigen Flußzeiger dargestellt werden kann.

Mit der Erfassung der drei Statorströme und einer gleichzeitigen Abtastung des Gebersignales ($1V_{SS} \times 128$ -Vervielfachung mit adaptiver Fehlerkorrektur) wird eine Transformation in das α - β -Koordinatensystem durchgeführt. Dabei erhält man ein ständerfestes rechtwinkliches Koordinatensystem. Diese Komponenten in jenem Koordinatensystem sind Wechselgrößen.

Der Stromzeiger rotiert innerhalb der Maschine. Wir wollen eine Entkopplung der feld- und drehmomentbildenden Komponente des Stromzeigers. Deshalb wird eine weitere Transformation in das d - q -Koordinatensystem durchgeführt. In diesen feldsynchrone Koordinatensystem entstehen zwei getrennt steuerbare Komponenten, die feldbildende Komponente **ISD** und die momentbildende Komponente **ISQ**.

	Technische Kundeninformation	KI0104d0
	Der elektrische Liftantrieb	20.03.01
		Seite: 11 von 11

Über ein Motormodell der Asynchronmaschine werden diese beiden steuerbaren Komponenten geführt, so dass sich der dazugehörige Flußwert und die zugehörige Schlupffrequenz optimal ergeben. Mit diesen neu berechneten Werten erfolgt eine Rücktransformation durch einen sogenannten Vektordreher. Die neu gewonnenen Ausgangswerte für die Stromregler werden in die entsprechenden Spannungen gewandelt, die der Wechselrichter einprägen soll. Für eine optimale Feldorientierung gehört nicht nur die genaue Anpassung des Motormodells an die Asynchronmaschine, sondern auch ein adaptiver Drehzahlregler, sowie ein Lageregler als Nullpunktregler. Derartig hochwertige Systeme werden nur von wenigen FU-Herstellern bereitgestellt.