

Mechatronik für Aufzugsmonteure und Antriebstechniker, Teil 1 und 2

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

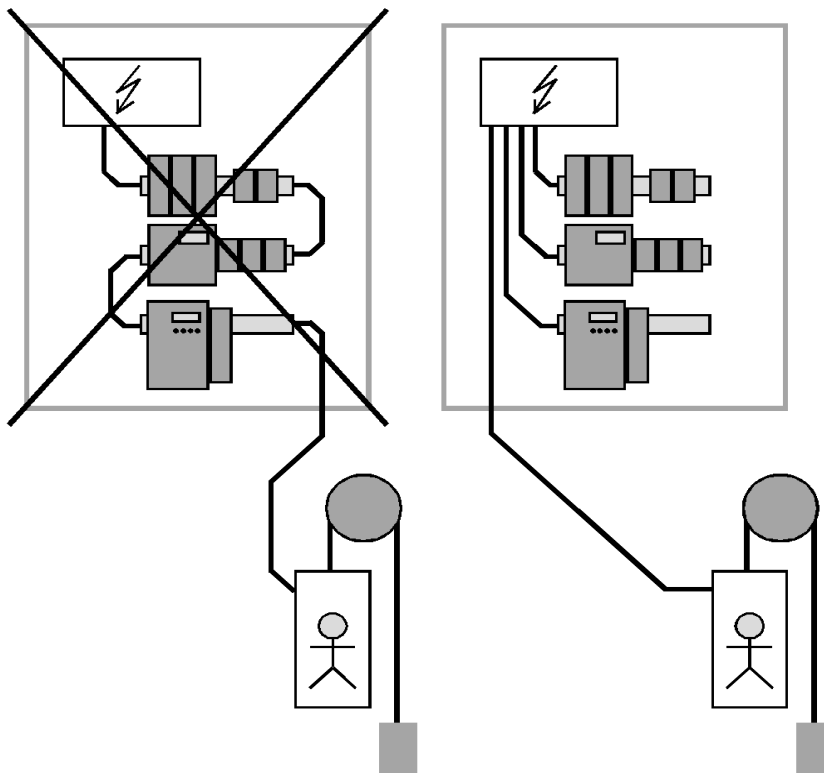
Es steht heute außer Frage, dass die Anforderungen im Bereich der Aufzugs- und Fördertechnik mit der Zeit überproportional angestiegen sind. Von einem Monteur, Steuerungsbauer, Getriebe- oder Motorenhersteller wird ein nicht zu unterschätzendes Maß an Basiswissen sowohl auf dem Gebiet der Mechanik als auch auf dem der Elektrotechnik bzw. Elektronik abverlangt. Aus diesem Grunde spricht man heute gerne auch von dem Berufsbild des Mechatronikers. Leider ist z. B. der Ausbildungszweig "Aufzugsmonteur" noch immer kein anerkanntes Profil, so dass ein Lehrgang zum Mechatroniker als nächstmögliche Alternative anzustreben wäre.

Der folgende Aufsatz soll einige wichtige Grundlagen der Antriebstechnik vermitteln, die in der Aufzugs- und Fördertechnik immer wieder zu unerwarteten Ergebnissen führen, wenn dem "Mechatroniker" hier bestimmte Erfahrungen und Grundlagen fehlen.

Kapitel 1, der Schaltschrank

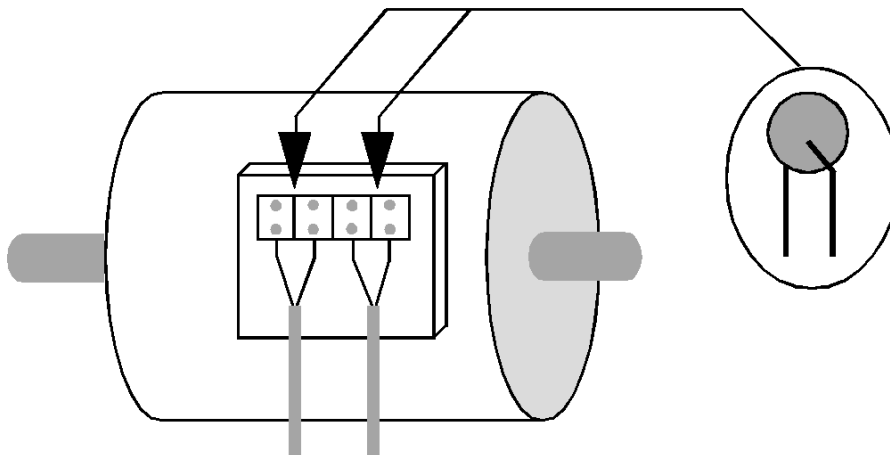
Die ersten Fehler werden bereits im Vorfeld des Schaltschrankbaus gemacht. Eine optisch saubere Verdrahtung ist noch keine Garantie für ein störungsfreie ("EMV/ESD") Funktion der Steuerung. Dabei sind die korrekten Regeln hier sehr einfach zu realisieren:

- Versorgen Sie jede Schiene im Schaltschrank "frisch" mit den Betriebsspannungen. Legen Sie dafür im Schrank in der Nähe der Einspeisung bzw. in der Nähe des Netzteils einen Sternpunkt fest. Von diesem gehen Sie stets sowohl mit "+" als auch "-" bzw. "Null" und "Phase" oder allen drei Phasen immer wieder vom Speisepunkt beginnend zur jeweiligen Schiene mit ihren Verbrauchern (Schütze, Relais usw.). Schleifen Sie niemals das Potential über mehrere Schienen (und erst recht nicht weiter z. B. zum Fahrkorb oder den Außentableaus), denn die Induktivität einer derartigen Leitung läßt sich durch parallele Schaltvorgänge u. U. empfindlich stören.

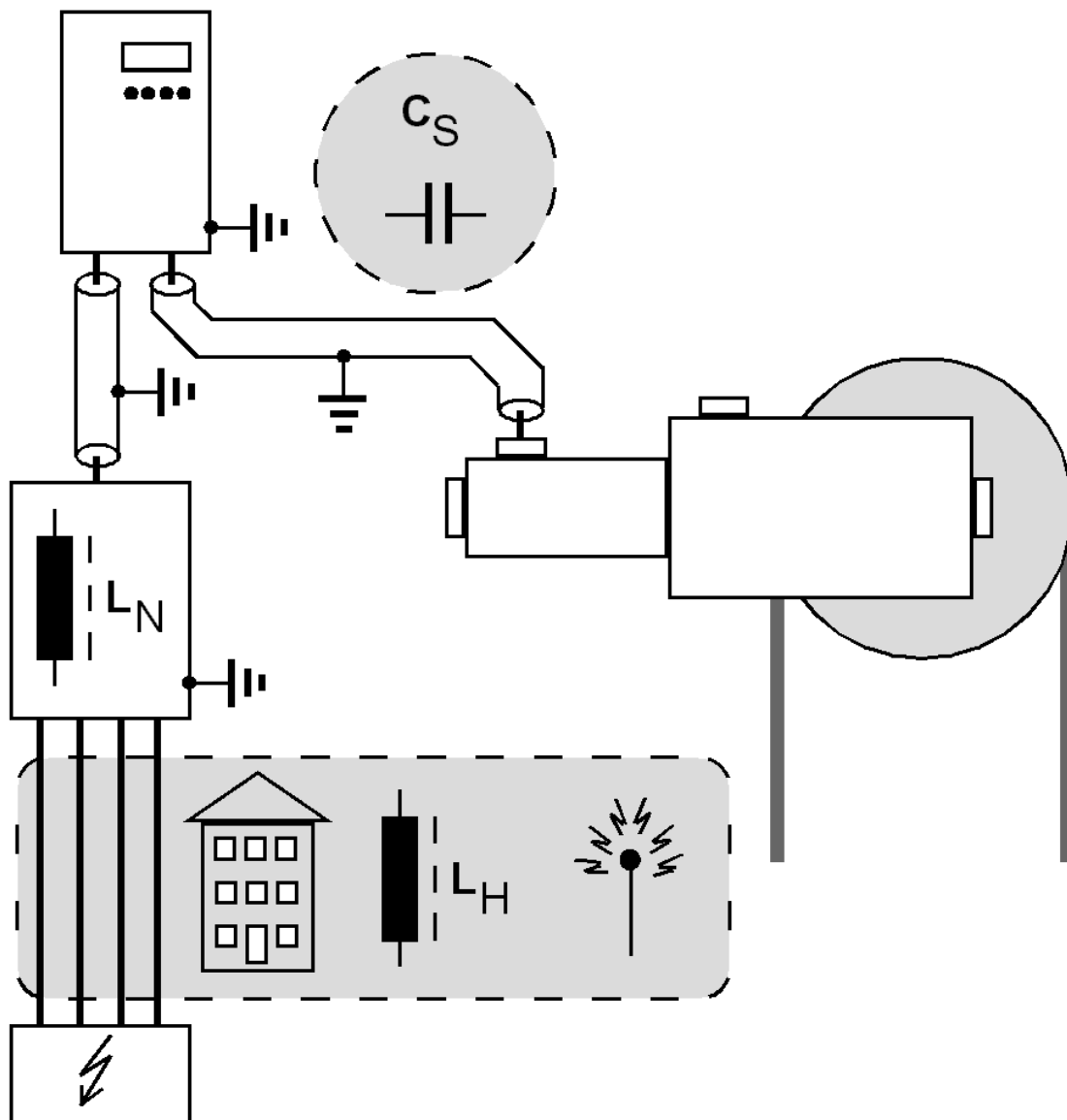


- **(Bild 1)**

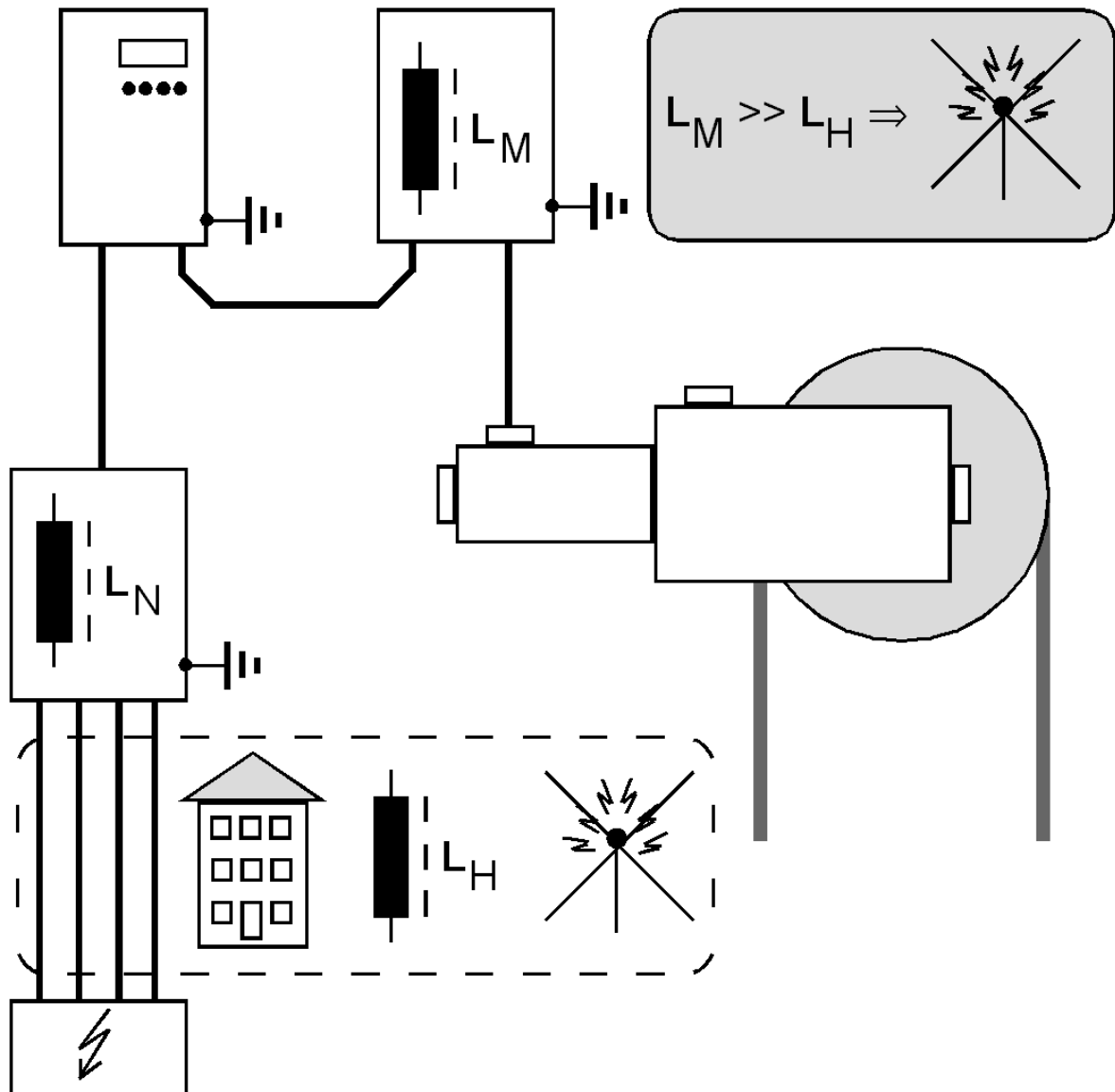
- Entstören Sie mindestens die Spulen der Motorschütze (Hauptantrieb, Türantrieb) und des Bremsschützes. Hierzu eignen sich Varistoren, Suppressoren oder RC-Glieder, die meist von den Herstellern jener Schütze passend angeboten werden. Freilaufdioden (bei DC-Spulen) sind nur bedingt geeignet, da sie den Abschaltzeitpunkt des Relais u. U. ungewollt verlängern. Legen Sie bei Verwendung von Dioden noch einen Widerstand mit dieser Dioden in Reihe, der ungefähr dem Ohm-Wert der Relaisspule entsprechen sollte, dann wird eine akzeptable Schaltzeit bei guter Impulsunterdrückung erreicht.
- Der größte Störer (hinsichtlich der sogenannten Knackstörung) ist die Spule der Bremsmagneten am Antrieb selbst. Diese Störung wird als sehr hohe induktive Rückschlagspannung an den Schaltschrank zurückgegeben, sobald die Bremse nach Beenden der Fahrt einfällt. Leider ist es bei den Herstellern der Bremsen oft immer noch nicht üblich, entsprechende Entstörmaßnahmen im Bereich der Bremspulen anzubringen. Im Grunde genommen sind es die selben Schutzbeschaltungen, wie sie auch bei den Relais- und Schützspulen zur Anwendung kommen. In der Regel werden heute Varistoren eingesetzt, da diese die Schaltzeiten der Bremse nur unwesentlich verlängern. Wichtig ist, dass diese Varistoren leicht überdimensioniert werden müssen, da eine zu knappe Leistungsaufnahme zu unerwünschter Alterung führt (ein derartige Alterung korrigiert die Ansprechspannung des Varistors mit der Zeit nach oben, was unerwünscht ist). Der Varistor muß unmittelbar an der Spule bzw. deren Anschlüsse liegen. Übrigens sind eventuelle Varistoren, die unmittelbar am Gleichrichter montiert werden völlig wirkungslos, man kann sie getrost weglassen. Wichtig ist, dass es auf dem Markt inzwischen Bremsen gibt, die mit Wechselstrom (statt mit Gleichstrom) arbeiten und eine besondere Elektronik besitzen, die im Klemmkasten der Bremse untergebracht ist. Diese Elektronik stellt einen aktiven Gleichrichter zur Verfügung, der Schalt- und Erhaltungserregung optimal regelt und die Spulen auch entstört.

**(Bild 2)**


- Ein weitere Störer ist der in der Regel eingesetzte Frequenzumrichter. Um den Funkstörgrad (normlerweise "B") einhalten zu können, werden meist Netzfilter und abgeschirmte Leitungen verwendet. Hierbei wird oft unterschätzt, dass gerade die Abschirmung der Motorleitung bei unsachgemäßer Handhabung u. U. den Störpegel heben statt senken kann. Ein vorhandener Schirm muß unbedingt beidseitig und breitflächig aufliegen (hierzu gibt es besondere PG-Verschraubungen bzw. für den Schrank spezielle Erdungsschellen für das Abfangen des Schirmgeflechts. Da die kapazitiven Ströme auf dem Schirm recht groß werden können (je nach dU/dt sind das mehrere Ampere), müssen die Erdungsverhältnisse entsprechend niederohmig vorhanden sein. Dies ist aber bei oberliegenden Antriebsräumen nicht immer der Fall, so wird die Störung über die Erdleitung und den Schacht als Freifeldabstrahlung weitergegeben.


(Bild 3a)

Der Störpegel sucht sich die Stelle mit der höchsten Induktivität und strahlt dort seine Leistung frei ab. Dies ist der Grund, warum manche Anlagen und Steuerungen - trotz abgeschirmter Motorleitungen - sporadisch nicht funktionieren. Wesentlich wirkungsvoller ist der Einsatz eines seriellen Motorfilters zwischen Frequenzumrichter und Maschine.


(Bild 3b)

Da durch einen derartigen Störungs-Tiefpass eine künstliche Abstrahlinduktivität in einem magnetisch geschlossenen Gehäuse bereitgestellt wird, wird nicht nur ein motorschonendes dU/dt an der Anlage erzeugt, sondern die kapazitive Rückwirkung (ein Nachteil des abgeschirmten Motorkabels) gänzlich unterbunden. Die netzseitige Entstörung kann somit mit deutlich kleineren Strömen gegen Erde vorgenommen werden. Bei korrekter Auslegung dürfen die Abschirmungen der Motorkabel im Bereich bis zu 10m entfallen. Die Ableitströme sind zudem so gering, dass normale "FI"-Schutzschalter zur Sicherung der Anlage verwendet werden können (dies ist im Falle des Baustromverteilers sehr wichtig). Ein hohes dU/dt am Motor führt insbesondere bei Altmürstungen von Siluminmotoren oft nach spätestens zwei Jahren zum Wicklungsschaden (meist am Wickelkopf), wenn kein Motorfilter eingesetzt wird. Die modernen Asynchronmotoren sind hier weniger empfindlich, wenn es sich um Markenmotoren mit Phasentrennung, F-Klassen-Draht und Vakuumtränkung im Ständerpaket handelt. Vorsicht jedoch bei Gearless-Winden oder Planetenradkombinationen mit Synchronmotoren. Diese Motoren haben naturgemäß eine sehr kleine Streuinduktivität, sind also sehr "hart". Hier erzeugt demnach ein

	Technische Kundeninformation	KI0101d0
	Aufbau, Entstörung und Drehgebersysteme für Aufzugsantriebe mit Frequenzumrichter	25.01.01
		Seite 5 von 10

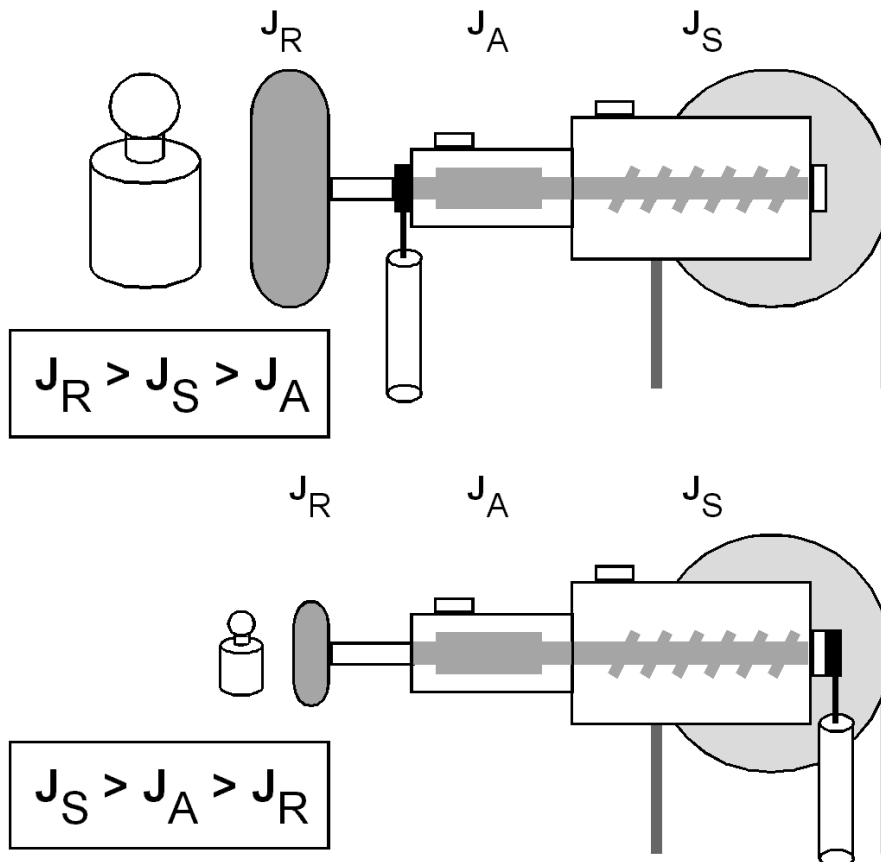
extremes dU/dt auch ein hohes dI/dt , was - trotz guter Wicklungen - zu Ausfällen dieser Motoren führen kann, wenn kein Motorfilter zur Anwendung kommt.

- Die Dämpfung der 5. Oberwelle im Netz sollte heute eigentlich Stand der Technik sein. Oft wird hier - aus Kostengründen - jedoch auf die mindestens erforderlichen Maßnahmen verzichtet. Dabei ist eine auf den mittleren Energiebedarf abgestimmte Netzdrossel (also z. B. 3-phasig 35A 0,7mH bei 4% uk) eine preiswerte Lösung. Eine aktive Cosphi-Regelung in Verbindung mit Netzurückspeisung ist meistens zu teuer.
- Eine ebenfalls hartnäckige Meinung herrscht immer noch bezüglich der Verwendung von notwendigen abgeschirmten Leitungen. Das eventuell geschirmte Leitungen zum Motor oder Bremswiderstand stets beidseitig aufliegen müssen, wurde bereits erklärt. Dies gilt aber auch für alle anderen Leitungen (z. B. Schnittstellen- und vergleichbare Busverbindungen, Leitungen zum Drehgeber, Tacho, Resolver und Impulszähler). Die einzige Ausnahme sind analoge Signale im Bereich 0...10V oder 0 bzw. 4...20mA, hier wird der Schirm nur einseitig auf der Seite der Quelle aufgelegt. Der Grund ist, dass es sich hier um langsame Signale handelt, bei denen eine "Netzbrummschleife" sich wesentlich störender auswirkt als ein eingestreuter HF-Störimpuls. Alle anderen Signale fallen jedoch in die Kategorie "digital" oder liegen zumindestens als typische Differenzsignale (Drehgeber) vor, womit ein vorhandener "Netzbrumm" keine Rolle spielt. Hier geht es aber um die Abschirmung gegen eingeschleppte HF-Störungen im oberen MHz-Bereich, für die ein einseitiger Schirm wie ein Laufzeitglied wirkt. Eine einseitige Schirmung erzeugt also u. U. eine Reflexion am nichtaufgelegten Ende des Kabelschirms, was sogar zu einer Aufschaukelung des Störpegels führen kann. Im Kapitel Drehgeber werden wir dieses Problem noch ausführlich besprechen.

Kapitel 2, der Drehgeber am Motor

Die nächsten Fehler werden meistens schon bei der Herstellung der Aufzugswinde gemacht. Trotz einiger Ausflüge in die "geberlose" Regelung von Elektromotoren kann man sehr schnell feststellen, dass das billigste Gebersystem sicherer und zuverlässiger arbeitet als jegliche Regelungstechnik ohne Rückführung eines echten Drehzahlwerts. Lediglich die langsamlaufenden Altunrüstungen mit erschwerter Anbaumöglichkeit von Gebersystemen sollten "geberlos" gefahren werden. Der Anbauort, die Geberkupplung, der Gebertyp und seine Verdaftung sind eine leider oft unterschätzte Angelegenheit.

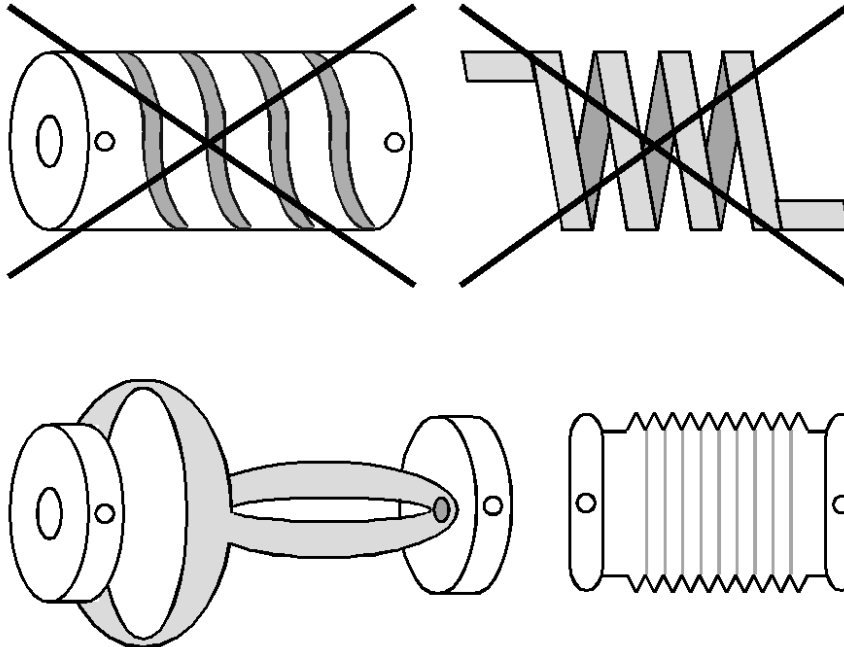
- Aus mechanischer Sicht muß der Drehgeber stets an der Stelle der höchsten Massenträgheit bei gleichzeitig höchster Drehzahl sitzen (also am Motor und nicht etwa am Ende des Getriebes).



- **(Bild 5)**

Bei Altmürüstungen, welche mit Rückführung laufen sollen, ist es - im Gegensatz zur landläufigen Meinung - nicht sinnvoll, das massive Gußhandrad zu entfernen, wenn an diesen Wellenende der Drehgeber angesetzt werden soll. Im Gegensatz zum U/f-Frequenzumrichter (ohne Istwertrückführung) hat ein feldorientiertes stromgeregeltes System keine Probleme mit der Schwungmasse. Neue Anlagen haben oft sehr geringe Massenträgheit im Bereich des Motors, dies ist sicherlich von der Energiebilanz beim Beschleunigen und Abbremsen des Aufzugs von Interesse, bringt aber u. U. aus regelungstechnischer Sicht einen oft sehr unruhigen Lauf der Anlage, da die Dynamik für das ansonsten träge Kabinensystem zu hoch ist. Da bei modernen Schneckengetrieben die Schnecke meistens mehr Massenträgheit aufbringt wie der Anker des Motors (in Verbindung mit einem heute vielfach üblichen Kunststoffhandrad), sollte der Drehgeber am Ende der Schneckenwelle angebracht werden und nicht am Motorwellenenden). Bei Hypoid- oder Planetenradgetriebe ist der Motoranker jedoch das "schwerere" Teil und somit ein Hohlwellengeber am Wellenende der Antriebsmaschine üblich. Hinsichtlich nachgeschalteter Handräder sei hier unbedingt angemerkt, das Kunststoff und Stahlguß erlaubt sind, keinesfalls jedoch Handräder aus Aluminium, da diese eine ungünstige Eigenresonanz haben. Derartige Handräder fangen bei bestimmten Drehzahlen an, Geräusche zu machen. Wird der Anbauort oder aber auch das Material des Handrades nicht beachtet, so sinkt die einstellbare Verstärkung des Drehzahlreglers stark ab und der Antrieb wird zu weich und instabil (Fahrkomfort läßt nach), oder aber der Antrieb "brummt" laut.

- Die Drehgeberkupplung ist ebenfalls ein sehr empfindliches Teil im Regelungssystem. Erfahrungsgemäß kann - trotz Beachtung des Anbauortes und Massenträgheiten - das System zu schlechten Regelungseigenschaften neigen, wenn das Material und die Ausführung der Kupplung zwischen Gebersystem und Motor nicht abgestimmt wurde.

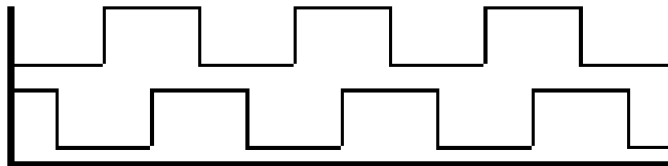
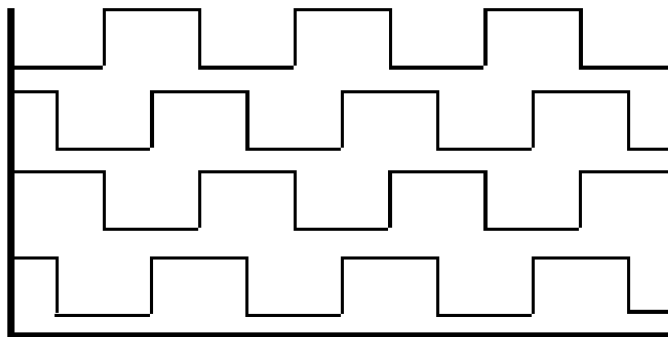
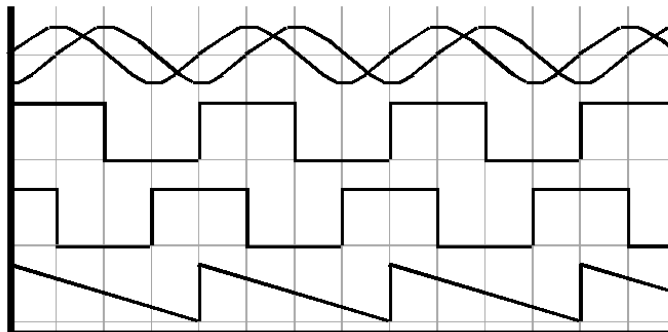


- (Bild 6)**

So darf die Drehgeberkupplung keine Eigenresonanz im Bereich des Regelzyklus besitzen. Aus diesem Grund dürfen keine Kupplungen verwendet werden, die wie eine Feder in Torsionsrichtung wirken. Auch das Material ist - wie beim Handrad - sehr entscheidend. Verwenden Sie daher keine Kupplungen aus Aluminium oder ähnlichen Leichtmetallen, welche aus einem Stück gefertigt sind und Ihr Verdrehspiel durch umlaufende Einsägung erhalten (Helical-Prinzip), da solche Kupplungen schwingen. Hinzu kommt, dass oft nicht beachtet wird, dass sich die Wellenenden - je nach Sitz des Festlagers bei Erwärmung ausdehnen und die Kupplung so zusammendrücken, dass kein Verdrehspiel verbleibt und somit das Drehgeberkugellager überlastet wird. Auch Kupplungen, welche wie gewickelte Stahlfedern aussehen (oft in den einfachen Getriebemotoren für Fördertechnik verwendet) sind ungeeignet, da sie eine zu hohe Eigenmasse und zudem in Torsionsrichtung eine starke Resonanzneigung besitzen. Die besten Kupplungen sind hier gleichzeitig auch einmal die preiswertesten Systeme: Ein simpler Gummischlauch (gewebearmiert) mit zwei Quetschschellen bringt im Versuchsaufbau sehr gute Ergebnisse. Ebenso liefert die Kupplung mit dem gekreuztem "gelben" Kunststoffband (Periflex-Prinzip) ein akzeptables und preiswertes Ergebnis. Der Grund ist einfach der, dass Gummi und Kunststoff aperiodisch bei Anregung ihrer Resonanz sehr schnell in der Schwingung abklingen, da die Dämpfung

erheblich ist. Eine idealere - jedoch nicht immer montierbare - Lösung ist ein Hohlwellengeber, der meist aber etwas teurer ist.

- Der Drehgebertyp ist ebenfalls sehr entscheidend für den Fahrkomfort, die Sicherheit (Überwachbarkeit) und das Motorgeräusch (Regelungsauflösung), daher sollen an dieser Stelle die drei gängigen Drehgebertypen erklärt und untersucht werden.

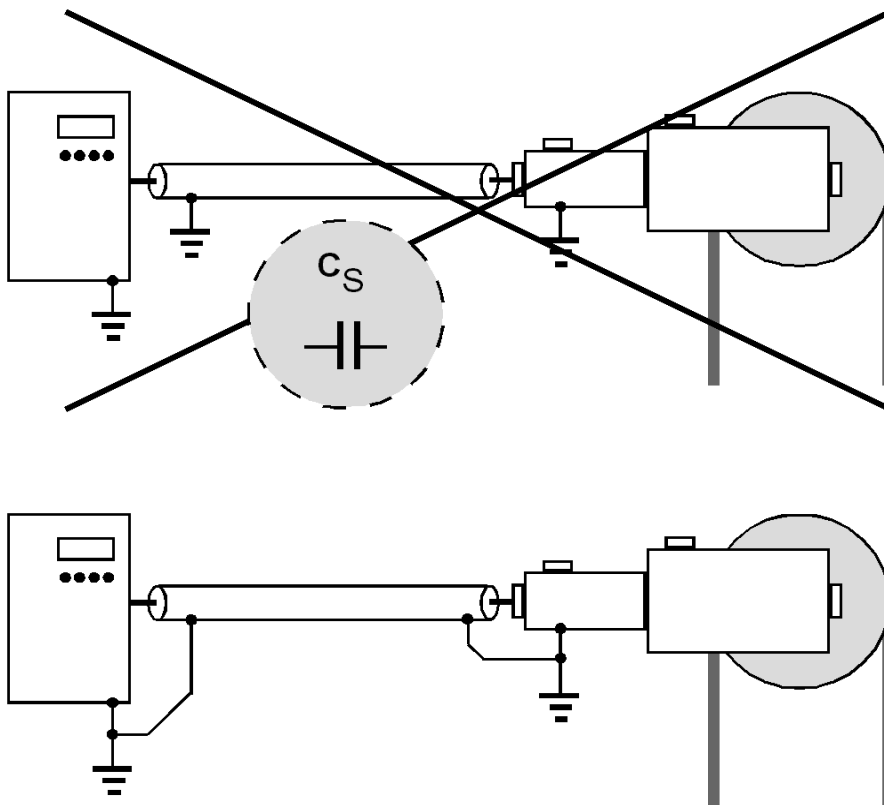

HTL

TTL

1V_{SS}

- **(Bild 7)**


Das älteste System ist hier der HTL-Geber mit nur zwei Spuren A und B, der mit sehr hohen Pegeln arbeitet (10...30V als Betriebs- und auch Ausgangsspannung). Es muß an dieser Stelle unbedingt gesagt werden, dass dieser Gebertyp nicht mehr Stand der Technik ist und unbedingt - zumindest bei Neuanlagen oder Nachrüstung - vermieden werden sollte. Der Grund ist, dass dieser Geber nur schwer auf Fehler überwachbar ist, dass er leicht störbar ist (kein Differentialsignal) und hohe Anschlußleistung hat. Etwas moderner sind die TTL-Drehgeber die 4 Spuren (also A+, A-, B+, B-) besitzen, die im Abstand von 90° einen ca. 4V-Pegel mit niederohmigem Ausgang abgeben. Diese Geber sind störfest und mit typisch 5...15V Betriebsspannung gut anwendbar. Stand der Technik ist aber ein Gebertyp, der ebenfalls 4 Spuren mit 90°-Versatz liefert, jedoch bei typisch 5V-Betriebsspannung vier 1V_{SS}-Sinusoidal-Analogsignale abgibt. Der Vorteil dieses Gebers ist, dass er auch im Stillstand auf eventuelle Fehler überwacht werden kann, dass er sehr störfest ist, dass er trotz geringer Strichzahlen eine sehr hohe Istwertauflösung liefert und für große Leitungslängen geeignet ist. Moderne Frequenzumrichter verfügen über eine Kombination aus Grundimpuls- und

Tangens-Auswertung, womit z. B. aus 1024 Strichen pro Geberumdrehung eine effektiv nutzbare Auflösung von 65536 Inkrementen pro Umdrehung gewonnen werden kann (also eine um den Faktor von 16 höhere Auflösung gegenüber einem 1024-TTL-Geber mit maximal möglicher flankengesteuerter Impulsvervielfachung, bzw. eine sogar um den Faktor 64 höheren Auflösung gegenüber einem 1024-HTL-Geber ohne Impulsvervielfachung). Da die Grundauflösung nicht mehr so hoch sein muß, ist die verwendete Glasscheibe (optischer Geber) auch preisweter wie die eines vergleichbaren TTL-Systems, dass derzeit maximal mit 10000 Strichen als TTL-Seriengeber verfügbar ist. Gerade in Verbindung mit der Gearlesstechnik und den extrem langsam laufenden Motoren (0...100 1/min. als typische Arbeitsdrehzahl) ist eine Anwendung von 1Vss-Gebern (es genügen z. B. 2048 Striche pro Umdrehung) eine zwingende Notwendigkeit. Derartige Drehgeber kommen auch als Kombisysteme mit zusätzlicher 13-Bit-Absolutwertgeberspur (bevorzugt als "SSI"-System) an Gearless-Synchronmotoren zur Anwendung (die meist deutlich schneller laufenden Synchronmotoren mit nachgesetztem Planetenradgetriebe verwenden stattdessen Resolversysteme, die rechnerisch dann z. B. in ein 1024-Striche-System zurückübersetzt werden).

- Die Erdung und Schirmung am Gebergehäuse und Geberkabel ist immer wieder ein Diskussionsthema zwischen der Lehrbuchtheorie und tatsächlicher Praxiserfahrung.



- (Bild 4)**
Es gibt immer noch Drehgebertypen, bei denen der Schirm des Drehgeberkables nicht mit dem Gehäuse des Gebers verbunden ist. Dies ist ein schwerer Fehler und rührt von einem Mißverständnis hinsichtlich eventueller Stromflüsse im Kugellager des Gebers her. Bei korrektem elektrischen und mechanischem Anschluß des Gebers am Motor besteht hier keinerlei Gefahr. Der nichtangeschlossene Geberschirm zerstört dagegen mit der Zeit die Elektronik im Drehgeber, da sich die Signalamplituden

	Technische Kundeninformation	KI0101d0
	Aufbau, Entstörung und Drehgebersysteme für Aufzugsantriebe mit Frequenzumrichter	25.01.01
		Seite 10 von 10

kapazitiv zu sehr von der Betriebsspannung entfernen. Sorgen Sie daher unbedingt dafür, dass das Geberkabel meßbar Motorerdpotential führt. Hierzu müssen zwei Bedingungen erfüllt sein: Das Gebergehäuse muß leitend mit dem Motorgehäuse (also mit dem Erdpotential des Motors) verbunden sein. Hierbei ist z. B. bei Hohlwellengebern zu beachten, dass die Drehmomentstütze keinesfalls isoliert montiert wird. Ist das Gebergehäuse nämlich isoliert montiert, können tatsächlich Ausgleichsströme über das Kugellager der Geberscheibe fließen, wodurch das Lager ungewollt erodiert. Das Geberkabel muß nun seinerseits leitend mit dem Gebergehäuse und somit indirekt mit dem Erdpotential des Motorgehäuses verbunden sein, so ist auch sichergestellt, dass vorhandene Potentialsprünge sich nicht auf das Nutzsignal der Spuren auswirken. Des weiteren sollte auch ein geeignetes Kabel für die Nutzsignale des Gebers zur Verfügung stehen. Hier müssen unbedingt vom Hersteller zugelassene "Twisted-Pair"-Kabel verwendet werden (also keine "PC-Druckerkabel"). Achten Sie außerdem auf saubere Löt- oder Krimp-Verbindungen!