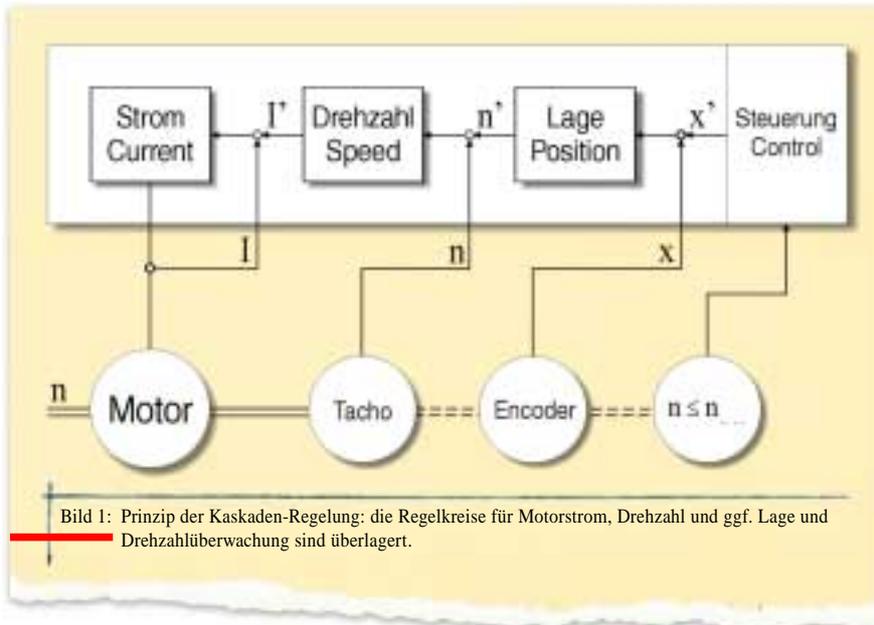




■ Tachospannung	8
■ Minimaler Lastwiderstand	9
■ Kalibriertoleranz	10
■ Linearitätstoleranz	10
■ Reversiertoleranz	10
■ Überlagerte Welligkeit	11
■ Temperaturkoeffizient	11
■ Verzögerungszeit (Ankerkreis-Zeitkonstante)	11
■ LongLife®-Technik	13
■ Hohlwellen-Tachos (Vierpol-Tachos)	14
■ Tachos mit eigener Lagerung (Zweipol-Tachos)	15
■ Minimale – maximale Drehzahl	16
■ Gehäuse	16
■ Bauformen	17
■ Kugellager	17
■ Leerlauf-Antriebsdrehmoment	17
■ Zweiseitige Lagerung	17
■ Kupplung	18
■ Schutz vor Wellenströmen	18
■ Temperaturbereich	19
■ Schwingungs- und Schockfestigkeit	19
■ Schutzart	20
■ Kabelanschluß	20
■ EURO-Flansch® B10	21
■ Ex-Schutz	21
■ ISO 9001	21
■ EU Konformitätserklärung · CE	21
■ AC-Tachogeneratoren	21
■ Trapez-Tachos	22
■ f/A-Converter HEAG 121 P	23



Die Meß-, Regelungs- und Automatisierungstechnik verwendet Tachos als Meßwert-Aufnehmer, um den mechanischen Istwert „Drehzahl“ in ein elektrisches Signal umzusetzen. Tachos (griechisch ταχος = Geschwindigkeit, Schnelligkeit) sind **echte** Drehzahl-Meßgeräte, deren Ausgangssignal $U_0(n)$ der Drehzahl n und der Drehrichtung unmittelbar folgt. Sie unterscheiden sich damit wesentlich von anderen Drehzahl-Aufnehmern, etwa Resolvieren, Digital-Tachos (Drehgebern) oder Sinus-Tachos (Sinusgebern), bei denen die Drehzahl aus dem pro Zeiteinheit überstrichenen Winkel, also durch Differenzieren, abgeleitet wird.

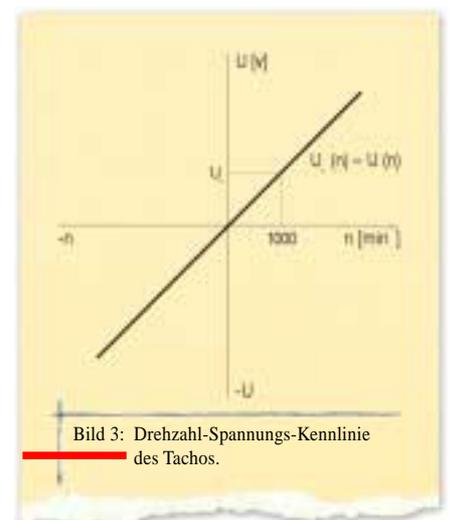
Das Prinzip der klassischen Kaskaden-Regelung mit Tacho zeigt Bild 1: Der innerste und schnellste Regelkreis erfaßt den Motorstrom I . Überlagert ist der **Drehzahl-Regelkreis** mit dem vom Tacho gelieferten Drehzahl-Istwert n , der mit dem Drehzahl-Sollwert n^* verglichen wird. Gegebenenfalls folgt eine Regelung der Lage x mit einem Digital-Tacho (Drehgeber). Zur Überwachung einer



Drehzahlgrenze $n \leq n_{\max}$ kann zusätzlich noch ein Drehzahl-Schalter vorgesehen sein. Eine HÜBNER-Kombination für die Größen „Lage“, „Drehzahl“ und „Drehzahl-Überwachung“ ist in Bild 2 gezeigt (→ *Doppel-Tachos und Kombinationen für besondere Antriebsaufgaben* auf Seite 25).

Tachospannung

Der Tachoanker ist mit der Antriebsmaschine, deren Drehzahl erfaßt werden soll, möglichst drehsteif verbunden. Bei Drehung des Ankers (Rotors) im Feld der Permanentmagnete werden in der Ankerwicklung Wechselspannungen induziert, die am Kommutator mit speziellen Bürsten abgegriffen und dabei phasenrichtig (Polarität in Abhängigkeit von der Drehrichtung) zu einer Gleichspannung umgeformt werden. An den Anschlußklemmen steht eine der Drehzahl n proportionale Leerlauf-Spannung $U_0(n)$ zur Verfügung (→ Bild 3). Für diese Signalgewinnung ist eine Hilfsenergie (Spannungsversorgung) wie bei anderen Drehzahl-Aufnehmern nicht erforderlich.



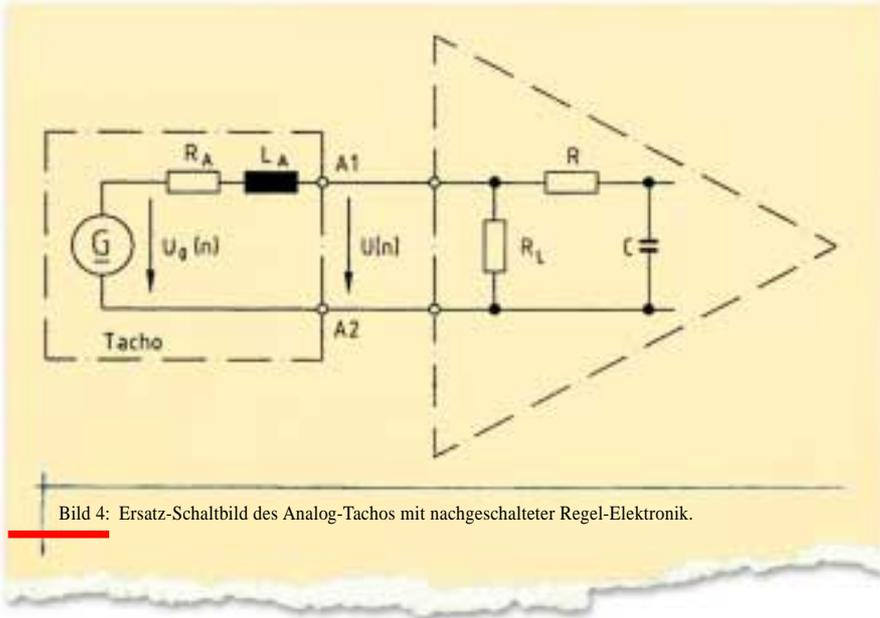


Bild 4: Ersatz-Schaltbild des Analog-Tachos mit nachgeschalteter Regel-Elektronik.

Aus elektrischer Sicht stellt der Tacho eine Gleichspannungsquelle G mit der Leerlauf-Spannung $U_0(n)$, dem Anker-(Innen-)Widerstand R_A und der Anker-Induktivität L_A dar, die mit dem Lastwiderstand R_L , in der Regel dem Eingangswiderstand der nachfolgenden Regelelektronik, belastet wird (→ Bild 4). Zur Kennzeichnung der **Drehzahl-Spannungs-Kennlinie** $U_0(n)$ (→ Bild 3) wird der Leerlauf-Spannungs-Gradient $[mV/min^{-1}]$, also die Steigung der Geraden, oder die bei der Nenndrehzahl n_n , normalerweise $n_n = 1.000 \text{ min}^{-1}$, abgegebene Leerlauf-Spannung U_0 angegeben. Beide Angaben sind gleichermaßen gebräuchlich.

● Beispiel:

Der LongLife®-Tacho TDP 0,2 LT-4 ist gekennzeichnet durch den

- Leerlauf-Spannungs-Gradienten 60 mV/min^{-1} bzw. die
- Leerlauf-Spannung $60 \text{ V/1.000 min}^{-1}$.

Die **Polarität** der Tachospannung (→ Bild 3) hängt von der Drehrichtung ab und folgt einem Drehrichtungswechsel ohne Verzögerungszeit (→ Seite 11). Nach den VDE-Bestimmungen ist die Polarität bei Rechtslauf des Antriebs definiert,

Blick auf die A-Seite des Tachos bzw. Antriebs (→ Bild 5):

Anschluß A1:+ Anschluß A2:-

Wird der Tacho mit dem **Lastwiderstand** R_L bzw. mit dem Laststrom I_L belastet (→ Bild 4), so stellt sich an den Anschlußklemmen A1 und A2 die um den Spannungsfall am Ankerwiderstand R_A reduzierte Spannung

$$U(n) = U_0(n) - I_L \cdot R_A = U_0(n) \cdot \frac{R_L}{R_A + R_L}$$

ein. In der Regel ist der Lastwiderstand R_L sehr viel größer als der Ankerwiderstand R_A , deshalb gilt mit guter Näherung

$$U(n) \approx U_0(n) \text{ für } R_L \gg R_A$$

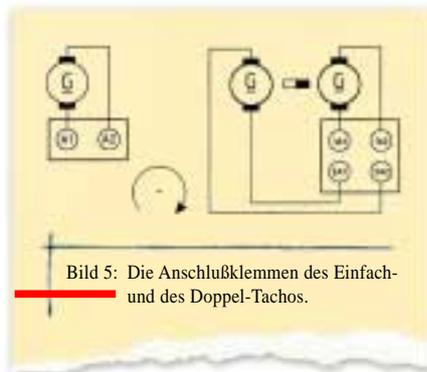


Bild 5: Die Anschlußklemmen des Einfach- und des Doppel-Tachos.

Der Spannungsfall am Ankerwiderstand R_A ist für diesen Fall so klein, daß er in der Drehzahl-Spannungs-Kennlinie (→ Bild 3) nicht in Erscheinung tritt.

Minimaler Lastwiderstand

Der minimale Lastwiderstand wird von der Belastbarkeit des Tachos festgelegt. In den HÜBNER-Datenblättern wird die **maximale Leistung** P_{max} , mit der der Tacho belastet werden darf, ausgewiesen. Sie hängt von der Baugröße ab und liegt zwischen 0,025 W (Miniatur-Hohlwellen-Tacho GT 3 für kleine Servo-Motore) und 40 W (eigengelagerter Tacho TDP 13 für Walzwerke).

Der aus der maximalen Leistung abzuleitende minimale Lastwiderstand

$$R_{Lmin} = \frac{U_0^2(n)}{P_{max}}$$

erhöht sich im Quadrat der Spannung U_0 bzw. der Drehzahl n . Zur Vereinfachung gibt HÜBNER in den Datenblättern drei Drehzahlbereiche

$$0 \dots n_1 \cdot 0 \dots n_2 \cdot 0 \dots n_{max}$$

mit den dazugehörigen minimalen Lastwiderständen R_{Lmin} an.

● Beispiel:

TDP 0,2 LT-4 (60 V/1.000 min^{-1} , $R_A \approx 90 \Omega$)		
$0 \dots n_1$	$0 \dots n_2$	$0 \dots n_{max}$
$0 - 3.000 \text{ min}^{-1}$	$0 - 6.000 \text{ min}^{-1}$	$0 - 10.000 \text{ min}^{-1}$
$R_{Lmin} = 2,7 \text{ k}\Omega$	$R_{Lmin} = 11 \text{ k}\Omega$	$R_{Lmin} = 30 \text{ k}\Omega$

Für die Praxis heißt das: arbeitet der Antrieb in einem kleinen Drehzahlbereich, so kann der Eingangswiderstand des Regelverstärkers ggf. deutlich kleiner sein als bei einem Antrieb, der den vollen Drehzahlbereich $0 \dots n_{max}$ ausschöpft. Die Tabelle zeigt weiterhin, daß die gelegentlich empfohlene Faustformel $R_{Lmin} = 100 \times R_A$ bei höheren Drehzahlen einen zu kleinen Lastwiderstand ergibt.

Ein Lastwiderstand $R_L < R_{Lmin}$ ist im Prinzip zulässig, sofern bei keiner Drehzahl im zeitlichen Mittel die nach VDE 0530 zulässige Grenztemperatur von $+130\text{ °C}$ entsprechend der ausgeführten Isolationsklasse B überschritten wird. Der **thermische Grenzstrom** kennzeichnet die maximale Belastung: oberhalb dieser Grenze ist aufgrund der inneren Erwärmung mit bleibenden Schäden des Tachos zu rechnen. Ein Lastwiderstand $R_L \leq R_{Lmin}$ schränkt die Genauigkeit der Tachospannung ein, insbesondere bei hohen Drehzahlen wegen der Ankerrückwirkung (→ *Linearitätstoleranz* im übernächsten Kapitel).

Ein **Kurzschluß** des Tachos ist zwar kurzfristig zulässig, jedoch besteht die Gefahr, daß die Permanentmagnete einen Teil ihres Feldes verlieren und damit die Kalibriertoleranz der Tachospannung beeinträchtigt wird.

Kalibriertoleranz

Die Permanentmagnete der Tachos werden in einem speziellen Verfahren „gealtert“, d. h. in ihren magnetischen Eigenschaften abgeglichen und stabilisiert. Dadurch wird der Leerlauf-Spannungs-Gradient $[\text{mV}/\text{min}^{-1}]$ bzw. die Leerlaufspannung $U_0/1.000\text{ min}^{-1}$ (→ Bild 3) auf einen Toleranz-Bereich von $\pm 1\%$ (TDP 0,2), $\pm 3\%$ (eingelagerte Tachos) bzw. $\pm 5\%$ (Hohlwellen-Tachos) eingestellt („justiert“). Die Kalibrier- oder Eichtoleranz hat auf die Linearität der Tachospannung keinen Einfluß.

Linearitätstoleranz

Die Tachospannung $U_0(n)$ ist in einem sehr engen Toleranzbereich der Drehzahl n proportional, also eine Gerade (→ Bild 3).

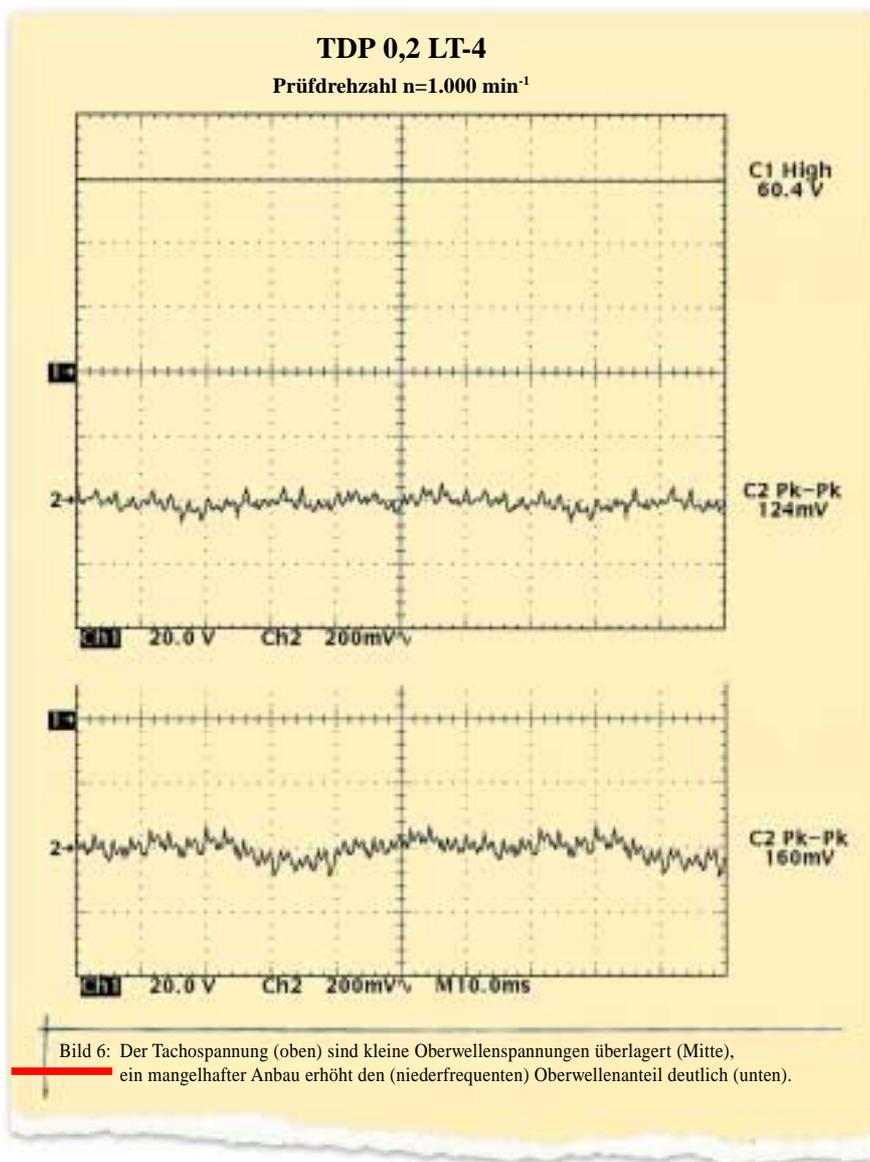


Bild 6: Der Tachospannung (oben) sind kleine Oberwellenspannungen überlagert (Mitte), ein mangelhafter Anbau erhöht den (niederfrequenten) Oberwellenanteil deutlich (unten).

Die Abweichung

$$\frac{U_{\text{ist}} - U_{\text{soll}}}{U_{\text{soll}}} \cdot 100\%$$

(normalerweise $\leq 0,15\%$) tritt praktisch nur bei hohen Drehzahlen auf. Ursache ist die Ankerrückwirkung des Laststromes, die Widerstandserhöhung der Wicklung aufgrund der Stromverdrängung, Ummagnetisierungsverluste im Eisen und der erhöhte Spannungsfall an den Übergangswiderständen zwischen Kommutator und Bürsten bei dem mit der Drehzahl ansteigenden Laststrom.

Reversiertoleranz

Bei Drehrichtungswechsel kommt es durch das konstruktiv bedingte Spiel der Bürsten in den Bürstenhaltern zu einer Lageänderung der Bürsten auf dem Kommutator. Dies kann einen geringfügigen Unterschied der Tachospannung bei Rechts- und Linkslauf

$$\frac{U_{\text{rechts}} - U_{\text{links}}}{U_{\text{rechts}}} \cdot 100\%$$

zur Folge haben. Die Abweichung ist $\leq 0,1\%$.

Überlagerte Welligkeit

Der Tachogleichspannung sind kleine Oberwellenspannungen u_{ss} überlagert (➔ Bild 6). Deren Frequenz und Amplitude hängen von der Drehzahl, der Polzahl (Anzahl der Magnetpole), der Nutenzahl des Ankers und der Lamellenzahl des Kommutators ab. Ein mangelhafter Anbau des Tachos an die Antriebsmaschine kann die Oberwellen deutlich erhöhen. Dem Anbau ist deshalb besondere Aufmerksamkeit zu widmen (➔ Seite 15 und 18). Für die Charakterisierung des Oberwellen-Anteils sind zwei Verfahren gebräuchlich:

Spitze-Spitze-Wert: Mit einem Oszilloskop in Stellung „AC“ wird die Oberwellenspannung u_{ss} gemessen, wobei der Tiefpaßcharakter der Regel-Elektronik (➔ Bild 4) durch ein RC-Filter mit der Zeitkonstanten

$$\tau_{RC} \approx R \cdot C \text{ für } R > R_L \gg R_A$$

nachgebildet wird. Je nach Tachotyp und Einsatzgebiet ist $\tau_{RC} = 0,2 \dots 1 \text{ ms}$. Die Oberwellenspannung u_{ss} wird auf den dazu gehörenden Gleichspannungswert U bezogen

$$\frac{u_{ss}}{U} \cdot 100 \%$$

Manche Hersteller legen der Berechnung nur den halben Spitze-Spitze-Wert zugrunde, wodurch sich das Ergebnis „optisch“ um den Faktor 2 verbessert.

Für hochdynamische Antriebe ist jedoch der Spitze-Spitze-Wert von Bedeutung, er sollte deshalb möglichst klein sein.

■ **Effektiv-Wert:** Mit einem bewertenden Meßgerät wird der Effektiv-Wert gemessen. Da die höherfrequenten Anteile der Oberwellenspannung zum Effektiv-Wert nur wenig beitragen, ist der Effektiv-Wert niedriger als der Spitze-Spitze-Wert. Die Angabe des Effektiv-Werts ist deshalb nur für große, weniger dynamische Antriebe von Bedeutung.

● Beispiel:

Die Tachospannung der TDP 0,2 hat einen Spitze-Spitze-Wert von $\leq 0,5 \%$ und einen Effektiv-Wert von $\leq 0,2 \%$.

Temperaturkoeffizient

Der Energie-Inhalt der Permanentmagnete verringert sich mit steigender Temperatur. Dies wirkt sich auf die Tachospannung mit einem Temperaturkoeffizienten von

$$T_K = -0,03 \%/K$$

aus. Mit speziellen Weicheisen-Legierungen, die einen positiven Temperaturkoeffizienten haben, und die einen Teil des Permanentmagnetfeldes kurzschließen, kann der Temperaturkoeffizient um fast eine Zehner-Potenz auf

$$T_K = \pm 0,005 \%/K$$

herabgesetzt werden. Der Temperaturgang der Ankerwicklung

$$R_A(t) = R_A(20 \text{ °C}) [1 + \alpha_{Cu} (t - 20 \text{ °C})]$$

($\alpha_{Cu} = +0,0039$) kann vernachlässigt werden, da üblicherweise $R_L \gg R_A$ ist.

Verzögerungszeit (Ankerkreis-Zeitkonstante)

Das Ersatzschaltbild des Tachos (➔ Bild 4) enthält neben dem Ankerwiderstand R_A auch die Anker-Induktivität L_A . Bei Abschluß des Kreises mit dem Lastwiderstand R_L folgt die Tachospannung $U(n)$ einer Änderung der generatorisch erzeugten Tachospannung $U_0(n)$ mit der Ankerkreis-Zeitkonstanten

$$\tau_A = \frac{L_A}{R_A + R_L} \approx \frac{L_A}{R_L} \text{ für } R_L \gg R_A$$

Die Anker-Induktivität

$$L_A = A_L \cdot N^2$$

hängt vom Quadrat der Windungszahl N ab. Der Faktor A_L faßt, wie bei Induktivitäten üblich, die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Tachos zusammen. Unabhängig von der Höhe der Tachospannung muß die Verlustleistung im Lastwiderstand R_L konstant bleiben, d. h. der Lastwiderstand muß, wie auf Seite 9, rechte Spalte, erläutert, quadratisch mit der Tachospannung bzw. der Windungszahl N ansteigen:

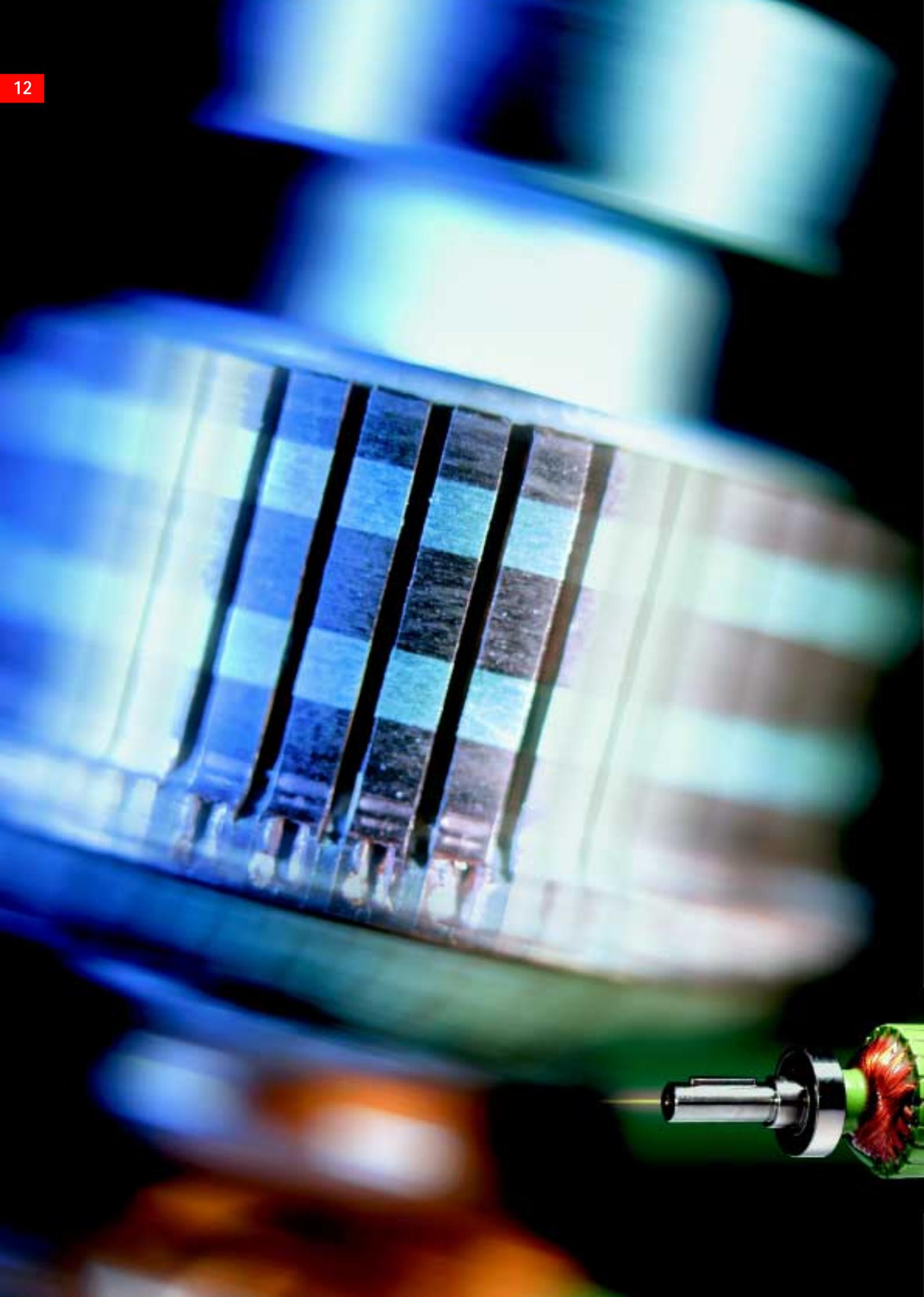
$$R_L \sim N^2$$

Für die Ankerkreis-Zeitkonstante folgt daher

$$\tau_A \approx \text{const}$$

Der Wert hängt also nur vom Tachotyp und nicht von der Tachospannung ab. Der in den HÜBNER-Datenblättern bei den einzelnen Tacho-Typen angegebene Wert τ_A ist auf den minimalen Lastwiderstand $R_{L\min}$ bezogen. Er liegt im μs -Bereich (➔ Tabellen auf Seite 14 und 15).

Für $R_L \rightarrow \infty$, also Leerlauf, geht $\tau_A \rightarrow 0$, d. h. bei einem unbelasteten Tacho folgt die Tachospannung $U_0(n)$ der Drehzahl n praktisch **verzögerungsfrei**.



LongLife®-Technik

HÜBNER-Tachos zeichnen sich durch eine hohe Genauigkeit der Tachospaltung $U_0(n)$ im gesamten Drehzahlbereich n aus. Das Übertragungssystem Kommutator – Bürsten, das von HÜBNER richtungsweisend weiterentwickelt wurde, hat hieran wesentlichen Anteil:



Bild 7: Hohlwellen-Anker (GTB 9) mit eingebetteter Silberspur.

Bild 8: Schnitt durch einen LongLife®-Kommutator (GT 5).

■ **Kupfer-Kommutator · Graphitbürsten**

Diese klassische Kombination ist technisch überholt. Niedrige Drehzahlen können nicht präzise erfaßt werden, da die Kupfer-Oxidschichten auf dem Kommutator wechselnde Übergangswiderstände und damit eine hohe Welligkeit (Rippel) der Tachospaltung verursachen. Von Vorteil dagegen ist die hohe Standzeit der Bürsten wegen der guten Gleiteigenschaften des Graphits.

Bild 9: Anker eines Zweipol-Tachos mit doppelter Silberspur (TDP 0,2).



■ **Kupfer-Kommutator · Silber-Graphitbürsten**

Die Forderung nach niedrigen Drehzahlen wird mit Edelmetallbürsten erfüllt, die beim Betrieb eine gut leitfähige „Patina“ auf dem Kommutator auftragen. Die guten Übertragungseigenschaften im gesamten Drehzahlbereich können jedoch bei widrigen Umgebungseinflüssen (Öl, Fett, schwefel- und salzhaltige Luft) verlorengehen, wenn sich keine „Patina“ ausbildet. Da die metallhaltigen Bürsten dann direkt auf dem Kupfer laufen, kann Verschleiß die Folge sein.

■ **LongLife®-Kommutator · HÜBNER-Bürsten**

Die von HÜBNER entwickelte und 1987 patentierte LongLife®-Technik kombiniert die positiven und beseitigt die negativen Eigenschaften der beiden vorgenannten Verfahren. In die Oberfläche des Kommutators werden in einem speziellen HÜBNER-Verfahren, je nach Tacho-Typ, eine oder zwei massive Silberspuren eingebettet (→ Bild 7 bis 9), die auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen

einen konstant kleinen Übergangswiderstand sicherstellen. Wegen der verhältnismäßig kleinen Tachoströme können die Silberspuren schmal sein. Die speziell angepaßten HÜBNER-Bürsten gewährleisten zusammen mit dem LongLife®-Kommutator eine wartungsfreie Standzeit, die über der Lebensdauer von Kugellagern liegt (→ *Kugellager* auf Seite 17).

LongLife®-Tachos sind aus Gründen der Kontaktsicherheit (Redundanz), insbesondere unter dem Einfluß von Schwingungen und Schock (→ *Schwingungs- und Schockfestigkeit* auf Seite 19), mit **vier** Bürsten ausgestattet (Ausnahme: Miniatur-Tacho TDP 0,03 zum Einsatz in Meßgeräten):

■ **Hohlwellen-Tachos** (Vierpol-Tachos): Die vier Bürsten sind mechanisch um 90° versetzt in einer sogenannten Bürstenbrücke untergebracht (→ Bild 10). Die jeweils um 180° mechanisch versetzt angeordneten Bürsten sind elektrisch parallel geschaltet, sie laufen auf **einer gemeinsamen** Silberspur (→ Bild 7).

Bild 10: Vierpol-Tachos sind durch ihre vier um 90° versetzten Bürsten gekennzeichnet (GTB 9).



■ Tachos mit eigener Lagerung

(Zweipol-Tachos):

Die Bürsten sind paarweise mechanisch um 180° versetzt in Doppelbürstenhaltern untergebracht.

Die jeweils nebeneinander liegenden zwei Bürsten sind elektrisch parallel geschaltet, sie laufen auf **zwei parallelen** Silberspuren (➔ Bild 9).

Hohlwellen-Tachos (Vierpol-Tachos)

Kennzeichen ist der **Anker mit Hohlwelle ohne eigene Lagerung**. Der Anker dreht sich in einem Magnetfeld, das in Analogie zu der Anordnung der Bürsten vier mechanisch um 90° im Stator versetzte, abwechselnd magnetisierte Magnetpole enthält. Daher werden diese Tachos auch als „Vierpol-Tachos“ bezeichnet. Diesen Aufbau haben die HÜBNER Hohlwellen-Tachos:

Typ	P_{\max} [W]	U_0 [mV/min ⁻¹]	τ_A [μs]
GT 3	0,025	5	≤ 2
GT 5	0,075	7 ... 10	≤ 4,5
GT 7	0,3 ... 0,6	10 ... 60	≤ 4
GT 9	0,3	10 ... 20	≤ 9
GTB 9 ¹⁾	0,3	10 ... 20	≤ 9
GTR 9	0,9	10 ... 60	≤ 5
GT 16	1,8	60, 100	≤ 7

¹⁾ Anbau-Tacho mit IP 68, sonst wie GT 9

und weitere Sonder-Typen, z. B. TDP 0,5 (Vorgänger zum GTR 9) (➔ *Technische Daten*).

Hohlwellen-Tachos sind für eine geringere Belastung und eine niedrigere Tachospaltung ausgelegt. Sie zeichnen sich aus durch eine sehr kleine Verzögerungszeit (Ankerkreis-Zeitkonstante) τ_A (➔ Seite 11), durch ein kleines Anker-Trägheitsmoment und einen direkten Anbau an die Antriebsmaschine ohne weitere Zwischenteile aus (➔ Bild 11 und 12).

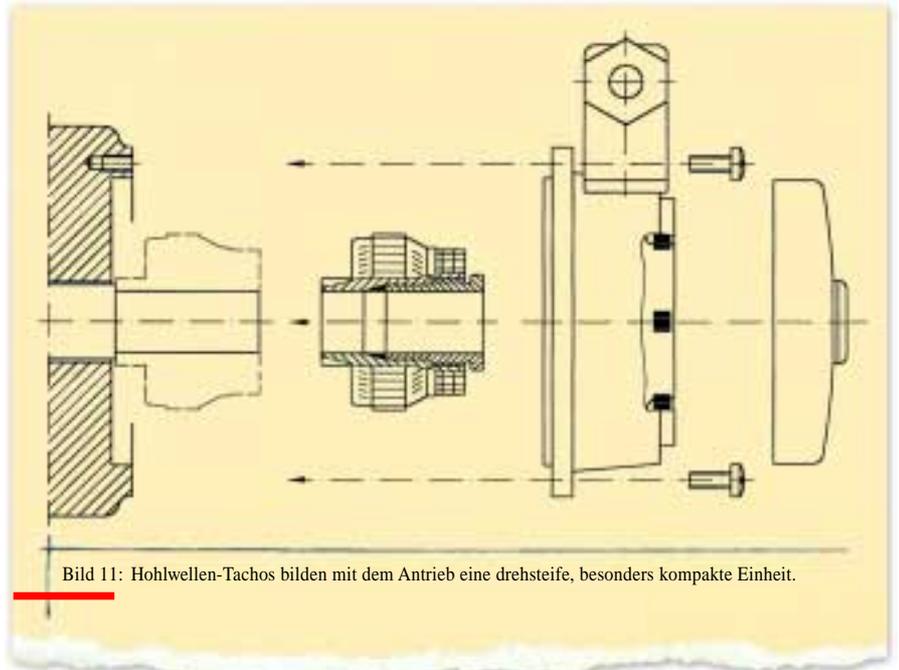


Bild 11: Hohlwellen-Tachos bilden mit dem Antrieb eine drehsteife, besonders kompakte Einheit.

Eine Gehäuse (Stator-) Kupplung ist nicht erforderlich, daraus resultiert eine **sehr hohe Resonanzfrequenz** des geschlossenen Regelkreises. Wegen der extrem kurzen Bauform werden die Hohlwellen-Tachos im amerikanischen Sprachraum auch „Pan cake tachogenerators“ genannt.

HÜBNER Hohlwellen-Tachos enthalten eine **Wellenwicklung** mit einem parallelen Ankerstromzweig, die für eine einwandfreie Funktion nur zwei mechanisch um 90° versetzte Bürsten erfordern würde. Die zwei zusätzlichen Bürsten erhöhen die Kontaktsicherheit, ohne den Ankerwiderstand R_A und damit die Tacho-

spannung oder den Oberwellen-Anteil zu beeinflussen. Manche Tacho-Hersteller setzen die weniger aufwendige Schleifenwicklung mit mehreren parallelen Ankerstromzweigen ein, die durch die Bürsten parallel geschaltet werden. Ein kurzfristiges Abheben der Bürsten aufgrund von mechanischen Einwirkungen erhöht den Ankerwiderstand R_A , was ein geringfügiges Absinken der Tachospaltung und demzufolge einen kräftigen Anstieg des Oberwellen-Anteils verursacht.

Typische Einsatzfälle von Hohlwellen-Tachos sind Antriebe mit hohen Anforderungen an die **Drehzahldynamik**.

Hohlwellen-Tachos werden in zwei Teilen geliefert: als Anker (Rotor) mit dem dazugehörigen Stator (mit angebaute Bürstenbrücke). Sie werden erst durch den Zusammenbau mit dem Antriebsaggregat betriebsbereit. Dieses muß deshalb einen Zentrierring und ein freies Wellenende aufweisen (➔ Bild 11). Die in den Datenblättern angegebenen Maße und Toleranzen für den Zentrierring und das Wellenende sind im Interesse der Genauigkeit der Drehzahl-Erfassung unbedingt einzuhalten.

Bild 12: Hohlwellen-Tacho (GTB 9 in IP 68) an einer Präzisions-CNC-Maschine.



- Der **Hohlwellen-Anker** wird ohne Kraft-einwirkung auf die Welle geschoben und mit ihr kraftschlüssig durch ein integriertes Spannelement bzw. durch eine stirnseitige Verschraubung verbunden. Der Radialversatz des Ankers ist auf max. $\pm 0,1$ mm und der Axialversatz auf max. $\pm 0,5$ mm begrenzt. Der Radialschlag sollte $\pm 0,05$ mm nicht überschreiten.
- Der **Stator** des Hohlwellen-Tachos wird über den montierten Anker auf den Zentrierrand geschoben und direkt am Antrieb angeschraubt. Zum einfachen Aufschieben des Stators über den Anker ohne vorherigen Ausbau der Bürsten hat HÜBNER einen Montagekegel im Zubehörprogramm.

Die Montage des Ankers und des dazugehörigen Stators ist mit Sorgfalt durchzuführen, insbesondere sind Kommutator und Bürsten vor Beschädigung und Verschmutzung zu schützen. Vorsicht ist auch vor Eisenspänen geboten, die von dem noch nicht montierten Stator angezogen werden.

Montage- und Betriebshinweise

stehen zur Verfügung.

Falls erforderlich, können Hohlwellen-Tachos demontiert werden, ohne daß ein Spannungsverlust auftritt.

Die in den Datenblättern angegebene Schutzart gilt für die Hohlwellen-Tachos in ordnungsgemäß montiertem Zustand.

Tachos mit eigener Lagerung (Zweipol-Tachos)

Kennzeichen ist der **Anker mit Vollwelle** und **eigener Lagerung**. Der Anker läuft in einem Magnetfeld, das in Analogie zu der Anordnung der Bürsten zwei mechanisch um 180° im Stator versetzte, abwechselnd magnetisierte Magnetpole enthält. Daher werden diese Tachos auch als „Zweipol-Tachos“ bezeichnet. Diesen Aufbau haben die HÜBNER-Tachos:

Typ	P_{\max} [W]	U_0 [mV/min ⁻¹]	τ_A [μ s]
TDP 0,03	0,14 ... 0,32	7 ... 20	≤ 20
TDP 0,09	1,2	10 ... 60	≤ 25
TDP 0,2	12	10 ... 150	≤ 160
EEx GP 0,2 TG 74 ¹⁾	12	20 ... 150	≤ 150
GMP 1,0	30	40 ... 175	≤ 550
TDP 13	40	20 ... 200	≤ 400

¹⁾ mit Ex-Schutz

und einige Sonder-Typen, z. B. Walzwerk-Tacho TDP 5,5.

Tachos mit eigener Lagerung zeichnen sich im Vergleich zu Hohlwellen-Tachos durch ein von Hause aus geschlossenes, robustes Gehäuse, eine höhere Belastbarkeit, eine höhere Tachospannung und eine höhere Verzögerungszeit (Ankerkreis-Zeitkonstante) τ_A (☞ Seite 11) aus.

Ein weiteres Merkmal ist der Antrieb des Tachos über eine Kupplung. Tachos mit Flansch, z. B. EURO®-Flansch B10 (☞ „EURO®-Flansch B10“ auf Seite 21), werden über einen Zwischenflansch („Laterne“) an die Antriebsmaschine angebaut (☞ Bild 13 und 14). Tachos mit Fuß („B3-Tachos“) werden auf einer eigenen Konsole befestigt. Bei dieser Anbauvariante ist besonders auf Anbaufehler zu achten (☞ *Kupplung* auf Seite 18). Die Tachowelle enthält normalerweise eine Paßfeder nut gemäß DIN 6885, Blatt 1. Die Tachospannung kann aufgrund ihrer Höhe und des niedrigen Tacho-Innenwiderstandes auch über größere Entfernungen zur Regелеlektronik übertragen werden (☞ *Optimale Signalübertragung* auf Seite 29).

Typische Einsatzfälle sind Maschinen und Anlagen mit hohen Anforderungen an die **Robustheit** und **Zuverlässigkeit**.

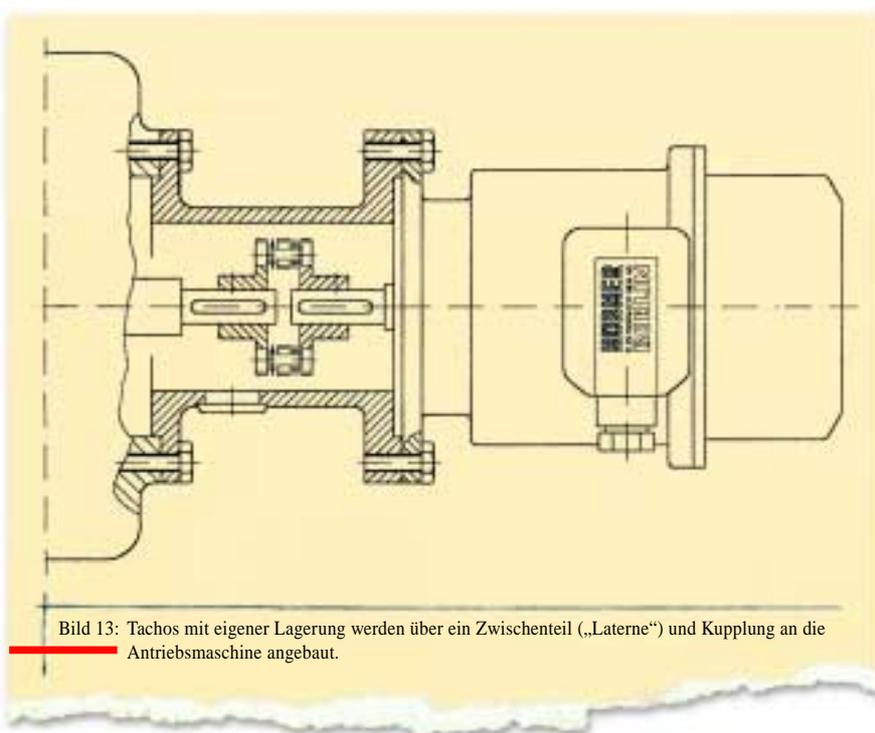


Bild 13: Tachos mit eigener Lagerung werden über ein Zwischenteil („Laterne“) und Kupplung an die Antriebsmaschine angebaut.



Bild 14: Tachos mit eigener Lagerung bilden eine robuste Einheit mit der Antriebsmaschine (hier TDP 0,2 an einem der 500 kW-Antriebe der Zugspitz-Seilbahn).

Falls eigengelagerte Tachos zum Austausch der Kugellager demontiert werden sollen, müssen die entsprechenden

Montage- und Betriebshinweise beachtet werden, damit nach dem Zusammenbau kein Spannungsverlust auftritt. Der LongLife®-Tacho TDP 0,2 kann ohne den sonst erforderlichen magnetischen Kurzschlußring demontiert werden.

Eine Ausnahme von der klassischen Einteilung „Hohlwellen-Tachos“/„Tachos mit eigener Lagerung“ stellen **modifizierte Hohlwellen-Tachos** dar, die HÜBNER für spezielle Einsatzfälle im Programm hat, z. B. den eigengelagerten Hohlwellen-Tacho GTL 5 und den Vollwellen-Tacho GTF 7 mit EURO-Flansch® B10, die aus den Hohlwellen-Tachos GT 5 und GT 7 abgeleitet wurden. Die Bezeichnungen weisen auf die eigene Lagerung bzw. den Flansch hin.

Minimale – Maximale Drehzahl

Die **minimale** Drehzahl hängt vom Tachotyp, der Höhe der Tachospaltung, der Störeinwirkung bei der Übertragung (→ *Optimale Signalübertragung* auf Seite 29) und der Empfindlichkeit der auswertenden Elektronik ab. Die HÜBNER LongLife®-Technik ist in der Lage, Tachospaltungen unter 5 mV zu erfassen. Dieser Wert liegt in der Größenordnung von Sinus-Tachos (Sinusgebern), deren analoge Sinus-/Cosinusspannungen von $1 V_{SS}$ bei entsprechender Qualität der Signale (→ Datenblätter der HÜBNER Low-Harmonics®-Sinus-Tachos und Sonderdruck „Der Rest ist Rauschen“) ebenfalls in Schritten in der Größenordnung von wenigen Millivolt interpoliert werden. Mit diesem Richtwert ergibt sich für einige typische HÜBNER-Tachos als minimale Drehzahl:

GT 5	(10 mV/min ⁻¹)	→ ≤ 0,5 min ⁻¹
TDP 0,2	(60 mV/min ⁻¹)	→ ≤ 0,08 min ⁻¹
HTA 16	(1.000 mV/min ⁻¹)	→ ≤ 0,005 min ⁻¹

Der Typ GT 5 ist damit bereits in der Lage, wie auf der Hannover Messe demonstriert, die „Drehzahl“ eines Sekundenzeigers zu erfassen. Bei der HTA 16 handelt es sich um einen Sonder-Tacho für sehr langsam laufende (Direkt-)Antriebe.

- Die **maximale** Drehzahl kann eine mechanische oder elektrische Grenze haben:
 - Die **mechanische Drehzahlgrenze** wird durch die maximal zulässige Umfangsgeschwindigkeit des Ankers bzw. bei eigengelagerten Tachos durch die maximale Drehzahl der Kugellager festgelegt. Sie liegt normalerweise bei $n_{max} = 10.000 \text{ min}^{-1}$ (→ *Kugellager* auf Seite 17).
 - Die **elektrische Drehzahlgrenze** wird von der maximal zulässigen Spannung zwischen benachbarten Lamellen des Kommutators (Lamellenspannung) bestimmt. Sie liegt in der Größenordnung von 30 V. Hieraus folgt, daß Tachos mit einem niedrigeren Spannungsgradienten eine höhere maximale Drehzahl aufweisen:

GT 5	(10 mV/min ⁻¹)	→ 10.000 min ⁻¹ (mechanische Grenze)
TDP 0,2	(60 mV/min ⁻¹)	→ 10.000 min ⁻¹ (mechanische = elektrische Grenze)
HTA 16	(1.000 mV/min ⁻¹)	→ 360 min ⁻¹ (elektrische Grenze)

Die mechanische oder elektrische maximale Drehzahl ist in den Datenblättern angegeben.

Damit ergibt sich für die als Beispiel genannten Tachos folgender **Drehzahlbereich**:

GT 5	(10 mV/min ⁻¹)	→ ≥ 1 : 20.000
TDP 0,2	(60 mV/min ⁻¹)	→ ≥ 1 : 125.000
HTA 16	(1.000 mV/min ⁻¹)	→ ≥ 1 : 72.000

Zum Vergleich: moderne 14 bit A/D-Wandler haben einen Dynamikbereich von 1 : 16.384.

Gehäuse

Die HÜBNER-Gehäuse bestehen aus Gründen der Robustheit aus einem vernickelten Stahlring (vorzugsweise Hohlwellen-Tachos) oder Leichtmetall-Druckguß mit Pulverbeschichtung im Farbton anthrazit nach RAL 7021 (Tachos mit eigener Lagerung). Einige Hohlwellen-Tachos sind mit einer Klarsicht-Abdeckhaube ausgestattet (→ Bild 10 und 12), damit auf einfache Weise die Drehrichtung des Antriebs kontrolliert werden kann.

Die **Tacho-** und damit **Gehäusegröße** sollte dem Einsatzfall angepaßt sein:

- Große Antriebsmaschinen erfordern eine **adäquate Baugröße** des Tachos (→ *Typische Applikationen* auf Seite 30).
- Für den Einsatz in Meeresnähe oder in besonders feuchtem bzw. feuchtwarmem Klima können die Tachos mit **Seeluft- und Tropenschutz** als Option ausgestattet werden.

Bitte nehmen Sie bei der Projektierung unsere **Fachberatung** in Anspruch.

Bauformen

Die Bauformen entsprechen der Norm IEC 34-7. Modifizierte Ausführungen sind durch zusätzliche Buchstaben gekennzeichnet. Die in den Maßzeichnungen der Datenblätter **waagrecht** dargestellten Geräte können auch **vertikal** betrieben werden. Die Maße in den Maßzeichnungen sind Richtwerte, die im Rahmen des technischen Fortschritts oder auf Kundenwunsch hin geändert werden können. Verbindlich sind die auf Anforderung zur Verfügung gestellten technischen Zeichnungen.

Kugellager

Die auf Lebensdauer gefetteten Kugellager sind für eine hohe Schwingungs- und Schockfestigkeit reichlich dimensioniert. Die Standzeit wird maßgebend von Vibration, Schock, Temperatur, Drehbeschleunigung und Reversieren beeinflusst. Die in den Datenblättern angegebene **maximale Drehzahl n_{\max}** darf nicht überschritten werden. Der angegebene Wert wird entweder von den Kugellagern, der maximalen Umfangsgeschwindigkeit des Ankers oder durch die maximal zulässige Spannung zwischen den Kollektorlamellen (Lamellenspannung) festgelegt (➔ *Minimale – Maximale Drehzahl* auf Seite 16).

Die Kugellager-Hersteller geben als nominelle **Lebensdauer** (Anzahl der Umdrehungen) folgende Beziehung an, die von 90 % der Lager erreicht oder überschritten wird:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

- L: Anzahl der Umdrehungen
- C: dynamische Tragzahl [N]
- P: Lagerbelastung [N]

● Beispiel:

Für einen HÜBNER-Tacho mit eigener Lagerung, z. B. TDP 0,2, dessen zwei Kugellager je zur Hälfte den Anker mit einem Gewicht von rund 700 g tragen, kann angesetzt werden

- C (typ. Wert) = 5.600 N
- P (typ. Wert) = 3,5 N
- ➔ L = 4,1 · 10⁹ Umdrehungen

Dieser Wert stimmt mit der Praxis gut überein: bei 2.000 min⁻¹ haben die Kugellager eine Lebensdauer von über 40.000 Std., was 4,8 · 10⁹ Umdrehungen entspricht.

Der in der HÜBNER Datenblättern angegebene Richtwert von **10⁹ Umdrehungen** bzw. 20.000 Betriebsstunden wird bei normalen Bedingungen deutlich überschritten.

Leerlauf-Antriebsdrehmoment

Die auf dem Kommutator gleitenden Bürsten und, bei Tachos mit eigener Lagerung, die Kugellager und Wellendichtungen verursachen beim unbelasteten Tacho ein Leerlauf-Antriebsdrehmoment, das in den Datenblättern angegeben ist. Bei elektrischer Belastung vergrößert sich dieser Wert entsprechend der abgegebenen Leistung.

Zweiseitige Lagerung

Zweipol-Tachos mit eigener Lagerung zeichnen sich wegen der zweiseitigen Lagerung des Ankers durch eine hohe radiale und axiale Belastbarkeit der Welle aus. Dies ist von Bedeutung, wenn der Tacho z. B. mit einem Zahnriemen oder einem Reibrad angetrieben wird. Die zweiseitige Lagerung eröffnet bei den meisten Tachos außerdem folgende **Anbauvarianten** (➔ *Doppel-Tachos und Kombinationen für besondere Antriebsaufgaben* auf Seite 25):

- *Zweites Wellenende:*
 - Auf dem optionalen zweiten Wellenende des Tachos können Geräte mit *Hohlwelle* ohne Kupplung direkt montiert werden.
 - Geräte mit *eigener Lagerung* werden über eine Kupplung vom zweiten Wellenende des Tachos angetrieben.
- *Doppel-Tachos und Kombinationen mit gemeinsamer Welle:*
 - Tacho + Tacho (Doppel-Tacho mit zwei getrennten Tachospannungen)
 - Tacho/Doppel-Tacho + Drehgeber
 - Tacho/Doppel-Tacho + Drehzahl-schalter.

Bild 15: HÜBNER Federscheiben-Kupplungen mit isolierter Nabe schützen vor Wellenströmen.



Kupplung

Die Kupplung zwischen Antrieb und eigengelagertem Tacho ist entscheidend für die Genauigkeit der Tachospannung (➔ *Überlagerte Welligkeit* auf Seite 11):

- Sie soll die Wellen des Antriebs und des Tachos möglichst **spielfrei** und **drehsteif** miteinander verbinden. HÜBNER hat passende Federscheiben-Kupplungen K 35, K 50 und K 60 im Programm (➔ Bild 15), die hohe Verdrehsteife mit großer Ausgleichsfähigkeit besonders von Axialversatz bis $\pm 0,7$ mm aufgrund von Wärmedehnung des Antriebs verbinden. In der Version mit isolierter Abtriebsnabe aus hochfestem Kunststoff schützen sie vor **Wellenströmen** (➔ nächstes Kapitel).
- Sie muß **ohne Kraftanstrengung** auf die Tachowelle geschoben werden, um die Präzisions-Kugellager keinem unkontrollierten Axialdruck auszusetzen. Ein hartes Auftreiben mit dem Hammer ist unter keinen Umständen zulässig. Bei strammer Passung muß ein Gummihammer behutsam eingesetzt werden.
- **Parallel-, Winkel- und Axialversatz** (Wellenversatz, Anbaufehler, Kupplungsfehler) sind im Interesse einer hohen Übertragungsgenauigkeit möglichst klein zu halten. Hierauf ist insbesondere bei Tachos mit Fuß („B3-Tachos“) zu achten (➔ Bild 16).

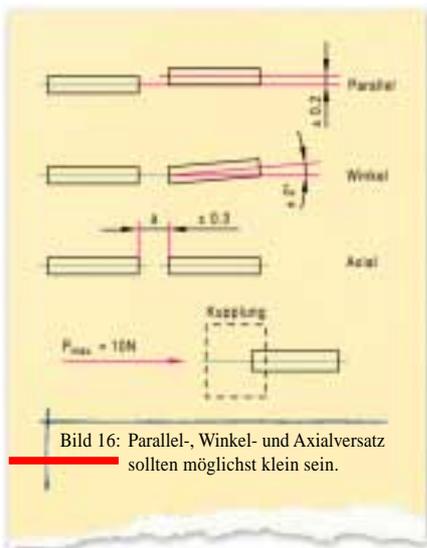


Bild 16: Parallel-, Winkel- und Axialversatz sollten möglichst klein sein.

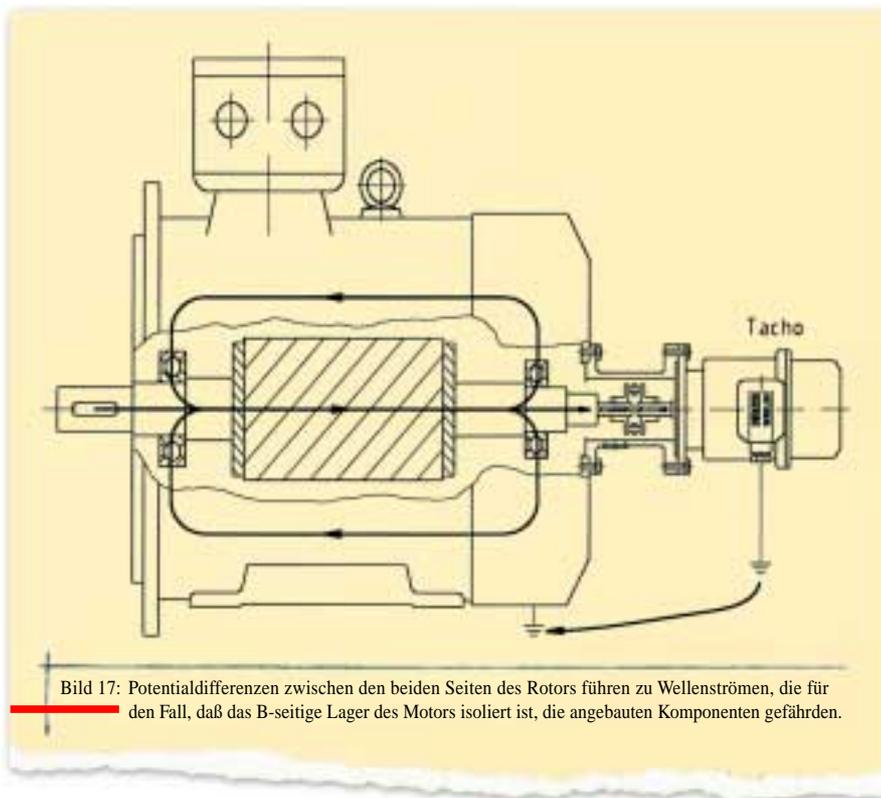


Bild 17: Potentialdifferenzen zwischen den beiden Seiten des Rotors führen zu Wellenströmen, die für den Fall, daß das B-seitige Lager des Motors isoliert ist, die angebaute Komponenten gefährden.

Das **Feder-Masse-System** aus Kupplung und Tachoanker sollte im geschlossenen Regelkreis eine möglichst hohe **Resonanzfrequenz f_R** aufweisen:

$$f_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_{T \text{ dyn}}}{J}}$$

- f_R : Resonanzfrequenz [Hz]
- $C_{T \text{ dyn}}$: Drehfedersteife der Kupplung [Nm/rad]
- J : Trägheitsmoment des Tachoankers [kgm²]

Die Werte sind in den Datenblättern angegeben.

● Beispiel:

- Kupplung K 35:
 $C_{T \text{ dyn}} = 900$ Nm/rad
- Analog-Tacho TDP 0,09:
 $J = 0,25$ Kgm²
- ➔ $f_R = 955$ Hz

Schutz vor Wellenströmen

Bei Motoren über 100 kW oder Motoren, die an schnell-schaltenden Frequenzumrichtern betrieben werden, ist im Motoranker mit Potentialdifferenzen zu rechnen, die zu Wellenströmen führen (➔ Bild 17). Ab einer Stromdichte von ca. 1 A/mm² wird die Lauffläche von Kugellagern geschädigt (➔ Bild 18).

Als Ursachen kommen in Betracht:

- Unsymmetrien im magnetischen Kreis
- Kapazitive Einstreuung durch schnelle Frequenzumrichter
- Fremdspannungen von Arbeitsmaschinen
- Elektrostatische Aufladung durch Keilriemen oder Schmierstoffe
- Unipolar-Spannungen von Gleitlagern.

Zum Schutz vor **induktiven** erzeugten Wellenströmen werden moderne Motoren mit einem B-seitig isolierten Lager ausgestattet. Damit verlagert sich das Problem auf die angebaute Komponenten (➔ Bild 17):



Bild 18: Von Wellenströmen geschädigte Kugellager sind durch eine riffelförmige Lauffläche gekennzeichnet.

- Bei **Tachos mit eigener Lagerung** ist das Tachogehäuse über den Zwischenflansch („Laternen“) mit dem Motor verbunden und damit geerdet. Aus Sicherheitsgründen sollten die Tachos zusätzlich über den eigenen **Erdungsanschluß** geerdet sein. Die Wellenströme des Motors würden somit über die Lager des Tachos einen Weg nach „Erde“ finden. Die HÜBNER-Federscheiben-Kupplungen K 35, K 50 oder K 60 mit isolierter Nabe (➔ Bild 15) trennen den Weg von der Motor- zur Tachowelle auf und unterbinden damit Wellenströme über die Tacholager.
- Bei **Hohlwellen-Tachos** ist der Tachoanker mechanisch und damit elektrisch fest mit der Motorwelle verbunden. Die Isolierung bietet Schutz vor Wellenströmen zwischen dem Ankerblechpaket und der Tachowicklung. Die **Isolierspannung** ist laut den VDE-Bestimmungen

$$2 \times \text{max. Tachospannung} + 1.000 \text{ V} \geq 1.500 \text{ V}$$

Diese Isolierspannung gilt generell bei allen HÜBNER-Tachos, also auch für die Tachos mit eigener Lagerung.

Zum Schutz vor **kapazitiv** eingekoppelten Wellenströmen reicht das Isolieren der Kugellager, der Kupplung und der Wicklung nicht aus, da sich auch über diese Isolierstrecken hinweg nach dem Prinzip des kapazitiven Spannungsteilers Wellenströme ausbilden. HÜBNER hat deshalb **Erdungsgeräte** entwickelt, deren zum Patent angemeldete Schleifring-Kontakte mit der HÜBNER LongLife®-Technik ausgestattet sind. Die Wellenströme können so an den Lagern des Motors und Tachos vorbei nach „Erde“ abfließen.

Weitere Informationen zum Thema *Wellenströme* entnehmen Sie bitte dem Sonderdruck „Drehgeberschutz durch Einbau isolierter Kugellager“.

Temperaturbereich

Die Datenblatt-Angabe über den Temperaturbereich bezieht sich auf die Temperatur an der Oberfläche des Gehäuses. Sie beträgt für alle Analog-Tachos einheitlich

$$- 30 \text{ °C bis } +130 \text{ °C}$$

Die **Eigentemperatur** des Tachos (Erwärmung der Ankerwicklung bei Belastung und der Kugellager und deren Dichtungen bei höheren Drehzahlen) muß beachtet werden.

Schwingungs- und Schockfestigkeit

Die Schwingungs- und Schockfestigkeit hängt von der Konstruktion des Tachos bzw. der Tacho-Kombination ab und ist in den Datenblättern spezifiziert:

- IEC 68-2-6 „Schwingen, sinusförmig“
- IEC 68-2-27 „Schocken“
- IEC 68-2-29 „Dauerschocken“.

Schwingungs-Untersuchungen, insbesondere hinsichtlich eventueller Resonanzfrequenzen von Bauelementen, führt HÜBNER auf einem speziellen Meßplatz durch (➔ Bild 19).

Das Zertifikat eines akkreditierten Testinstituts über erfolgreich absolvierte Schwingungs- und Schockprüfungen stellen wir Ihnen für den Tacho TDP 0,2 gern zur Verfügung.

Bild 19: Schwingungsprüfung, insbesondere hinsichtlich Resonanzfrequenzen, der Elektronik-Platine eines HeavyDuty®-Digital-Tachos für die Analog-Digital-Kombination TDP 0,2 + OG 9 im Frequenzbereich 2 Hz bis 4 kHz auf einem luftgelagerten Meßplatz.



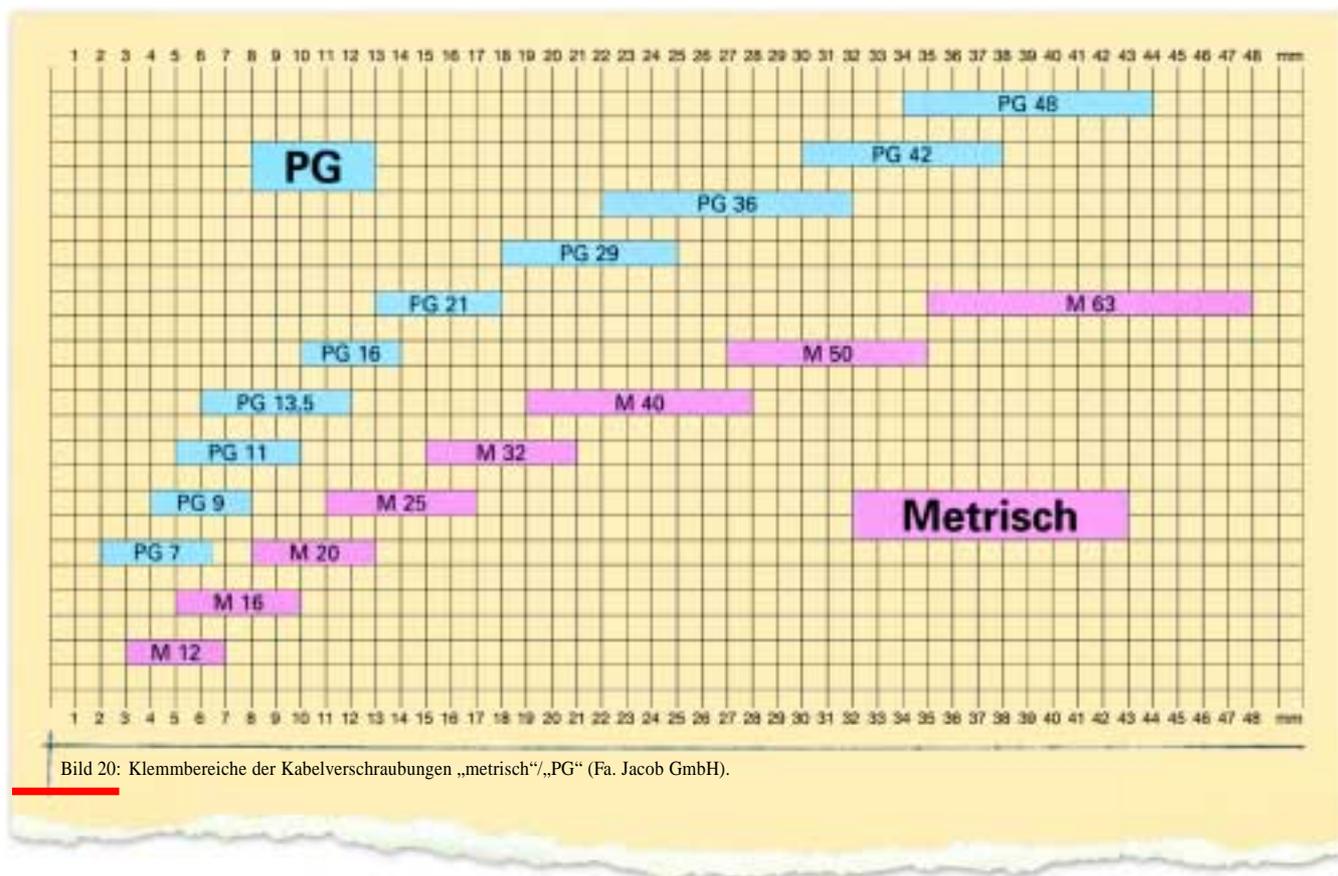


Bild 20: Klemmbereiche der Kabelverschraubungen „metrisch“/„PG“ (Fa. Jacob GmbH).

Schutzart

Die Schutzart IP (International Protection) nach **EN 60034-5** bzw. **IEC 34-5** (*Einteilung der Schutzarten durch Gehäuse*) ist für das Einsatzgebiet der Tachos von Bedeutung und in den Datenblättern wie folgt ausgewiesen:

Erste Ziffer: Berührungs- und Fremdkörperschutz

- 5** = Schutz gegen schädliche Staubablagerungen (staubgeschützt)
- 6** = Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht)

Zweite Ziffer: Schutz vor Eindringen von Wasser

- 4** = Schutz gegen Spritzwasser
- 5** = Schutz gegen Strahlwasser
- 6** = Schutz gegen Überfluten
- 7** = Schutz gegen Eintauchen
- 8** = Schutz gegen Untertauchen.

HÜBNER mißt der Schutzart besondere Bedeutung zu: Mit speziellen Abdichtungsmaßnahmen wird erreicht, daß beispielsweise der Hohlwellen-Tacho GTB 9 nach dem Anbau an die Antriebsmaschine die Schutzart IP 68 aufweist.

Kabelanschluß

Die Art, wie das Kabel angeschlossen wird, hängt vom Gerät und dem Einsatzfall ab:

- Klemmenkasten mit Combicon®-Klemmen und 180° drehbarem Deckel für Kabelabgang rechts oder links vom Tacho,
- innenliegende Anschlußklemmen,
- Metallstecker,
- herausgeführtes Anschlußkabel.

Das Anschlußkabel muß den in den Maßzeichnungen der Datenblätter angegebenen Durchmesser aufweisen, damit die **Kabeleinführung** (Kabel-Verschraubung) die Schutzart sicherstellen kann.

Die neue EURO-Norm

EN 50 262 – *Metrische Kabelverschraubungen für elektrische Installationen*

ersetzt die bisher üblichen PG-Gewinde durch das **metrische ISO-Feingewinde**. Anstelle der in zehn Stufen unterteilten Gewinde PG 7 bis PG 48 treten die metrischen Gewinde M 12 bis M 63 in 8 Stufen (➔ Bild 20).

Der **Kabelschirm** ist elektrisch gut leitend mit der Kabel-Verschraubung zu verbinden und der Erdung des Tachos besondere Aufmerksamkeit zu widmen. (➔ *Schutz vor Wellenströmen* auf Seite 18 und *Optimale Signalübertragung* auf Seite 29).

EURO-Flansch® B10

HÜBNER bietet mit dem international verbreiteten EURO-Flansch® B10 (➔ Bild 21 links) das umfangreichste Programm für die unterschiedlichsten Antriebsaufgaben:

- **Analog-Tachos/Doppel-Tachos**
- **Digital-Tachos (Drehgeber)**
- **Mechanische/Elektronische Drehzahlshalter**
- **Kombinationen** aus diesen Geräten **mit gemeinsamer Welle** (➔ *Doppel-Tachos und Kombinationen für besondere Antriebsaufgaben auf Seite 25*).

Im Abschnitt „Technische Daten“ auf den Seiten 36 bis 45 wird auf den EURO-Flansch® B10 bei den betreffenden Geräten hingewiesen. Der Standard-Tacho TDP 0,2 ist auch mit **NEMA-Flansch** (➔ Bild 21 rechts) als TDP 0,2 US lieferbar. Weitere Geräte mit NEMA-Flansch auf Anfrage.

Die vollständige Übersicht der Geräte mit EURO-Flansch und typische Anwendungsbeispiele enthält die Druckschrift „EURO-Flansch® B10“, die Sie auf unserer Website www.huebner-berlin.de finden oder die wir Ihnen gerne zusenden.

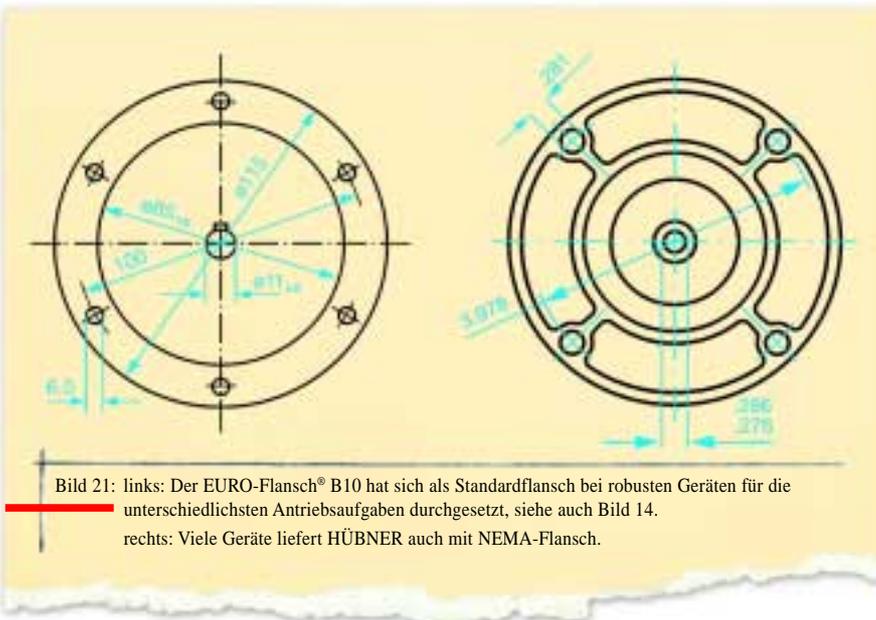


Bild 21: links: Der EURO-Flansch® B10 hat sich als Standardflansch bei robusten Geräten für die unterschiedlichsten Antriebsaufgaben durchgesetzt, siehe auch Bild 14.
rechts: Viele Geräte liefert HÜBNER auch mit NEMA-Flansch.

Ex-Schutz

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) hat mit Konformitätsbescheinigungen bestätigt, daß die Tachos **EEx GP 0,2** und **TG 74 d** gemäß

- **EN 50 014** *Allgemeine Bestimmungen*
- **EN 50 018** *Druckfeste Kapselung „d“*
- **EN 50 019** *Erhöhte Sicherheit „e“*

für den Betrieb mit Standard-Industriekabeln in explosionsgefährdeten Bereichen, Kennzeichen „**EEx de IIC T6**“, zugelassen sind (➔ Bild 22).

ISO 9001

Das **ISO 9001-Zertifikat** des TÜV CERT stellen wir Ihnen als genehmigten Nachdruck für Ihr Qualitätsmanagementsystem gern zur Verfügung.

EU Konformitätserklärung · CE

Die Hersteller-Erklärung, daß unsere Produkte mit der Europäischen Richtlinie **89/336/EEC** (*Richtlinie über die Elektromagnetische Verträglichkeit*) übereinstimmen, senden wir Ihnen gern zu.



Bild 22: PTB-Zertifikat und Ex-Tacho an einem Ex-Motor.

AC-Tachogeneratoren

AC-Tachogeneratoren sind bürstenlose Geräte mit einem Permanentmagnet-Rotor, der sich in einem 3-phasigen Stator-Wicklungssystem mit Sternpunkt (Y) dreht:

- Sie erzeugen drei elektrisch jeweils um 120° versetzte, verkettete **Leerlauf-Wechselspannungen $u_0(n)$** , deren Amplitude und Frequenz der Drehzahl n proportional ist (Version „D“, ➔ Bild 23 oben).
- Die Ausführung mit eingebautem Drehstrom-Brückengleichrichter gibt ab einer Mindest-Drehzahl n_{\min} (Schleusenspannung der Dioden) eine **Leerlauf-Gleichspannung $U_0(n)$** ab, deren Polarität unabhängig von der Drehrichtung ist (Version „DG“, ➔ Bild 23 unten). Der Oberwellen-Anteil beträgt 4,5 % effektiv.

AC-Tachogeneratoren mit eingebauter Gleichrichtung werden bei anzeigenden Drehzahl-Meßgeräten und bei einfachen geregelten Antrieben eingesetzt, bei denen weder Drehrichtungsumkehr noch Drehzahlen nahe Null auftreten, und bei denen der im Vergleich zu Analog-Tachos relativ hohe Oberwellen-Anteil keine nennenswerte Rolle spielt (z. B. Lüfterantriebe).

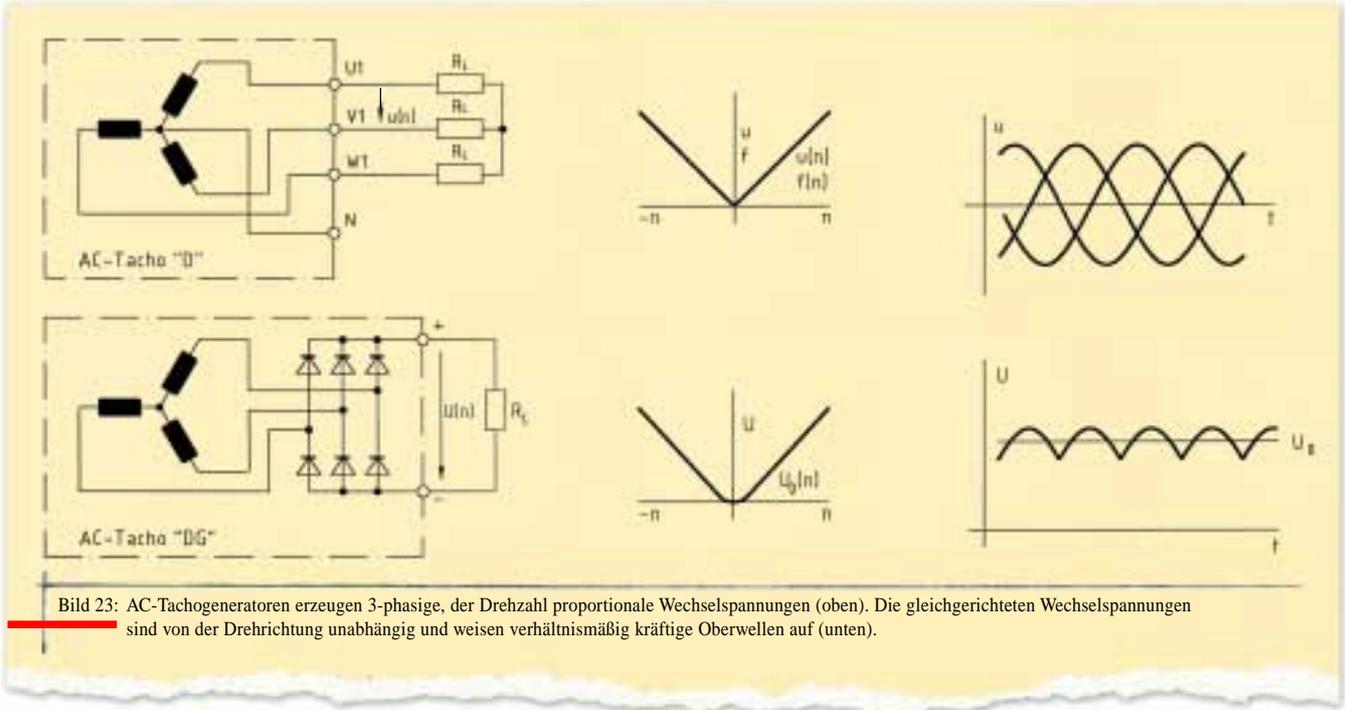


Bild 23: AC-Tachogeneratoren erzeugen 3-phasige, der Drehzahl proportionale Wechselspannungen (oben). Die gleichgerichteten Wechselspannungen sind von der Drehrichtung unabhängig und weisen verhältnismäßig kräftige Oberwellen auf (unten).

Trapez-Tachos

Bei manchen Einsatzfällen wird eine kontaktlose Signalgewinnung gefordert, deren Qualität deutlich über derjenigen von AC-Tachogeneratoren liegt. Im Hinblick auf den Aufwand der elektronischen Gleichrichtung muß die Anzahl der Wicklungen, deren Spannungen gleichgerichtet werden sollen, minimiert werden. Die induzierten Wechselspannungen müssen deshalb, um aneinandergereiht eine Gleichspannung zu ergeben, einen möglichst langen geradlinigen Verlauf aufweisen.

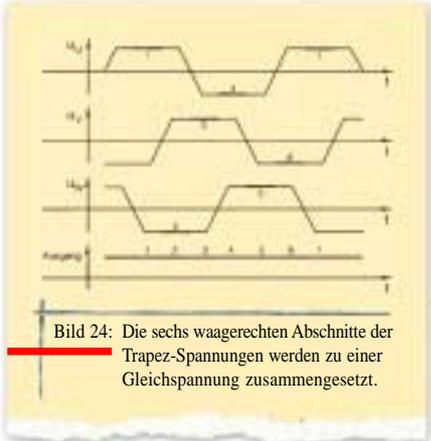


Bild 24: Die sechs waagerechten Abschnitte der Trapez-Spannungen werden zu einer Gleichspannung zusammengesetzt.

Die Bilder 24 und 25 zeigen den Lösungsweg: Ein 6-poliger, in besonderer Weise ausgebildeter Permanentmagnet-Rotor induziert in den entsprechend ausgelegten drei

Wicklungssystemen drei zeitlich gegeneinander versetzte, sich überlappende **Trapezspannungen**. Der Rotor steuert außerdem Hall-Sensoren an, um lageabhängige Kommutierungs-Signale zu erzeugen.

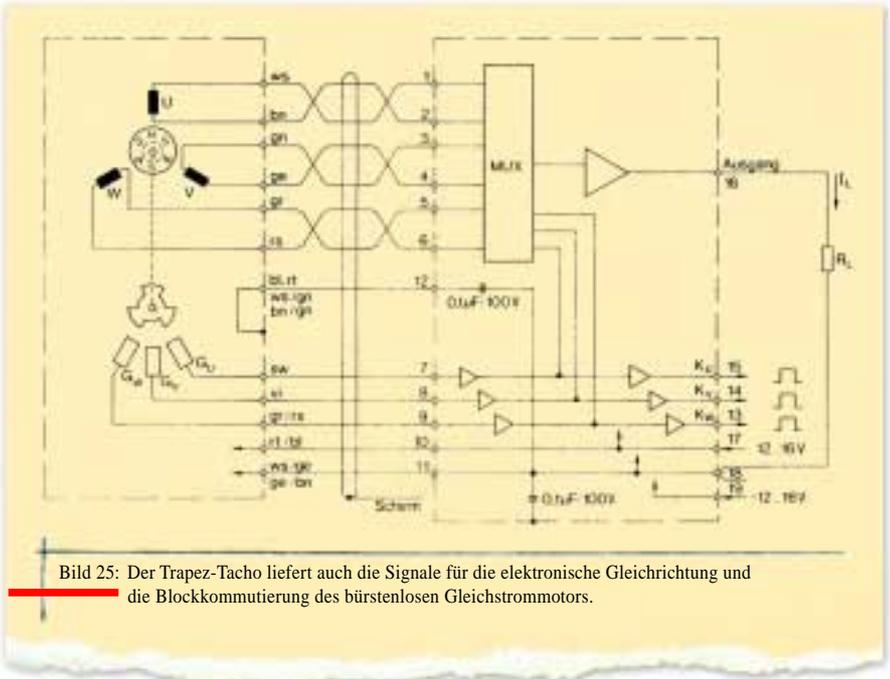


Bild 25: Der Trapez-Tacho liefert auch die Signale für die elektronische Gleichrichtung und die Blockkommutierung des bürstenlosen Gleichstrommotors.

Diese Signale schalten den elektronischen Gleichrichter (Multiplexer MUX mit Operationsverstärker), so daß aus den positiven und negativen Trapezspannungen u_U , u_V und u_W die Teilbereiche 1 ... 6 herausgeschnitten und zu dem Ausgangssignal zusammengesetzt werden. Während einer Drehung des Rotors werden so $3 \times 6 = 18$ Teilspannungen zu der gleichgerichteten Spannung zusammengefügt.

Die Kommutierungs-Signale des Lagegebers stehen außerdem an Treiberausgängen zur Ansteuerung der drei Strangströme eines 6-poligen, **blockkommutierten bürstenlosen Gleichstrommotors** zur Verfügung. Hierzu müssen die Wicklungssysteme im Trapez-Tacho und im Motor zueinander ausgerichtet werden. Das Gehäuse des Trapez-Tachos ist deshalb zur Justage mit einem Servoflansch ausgestattet.

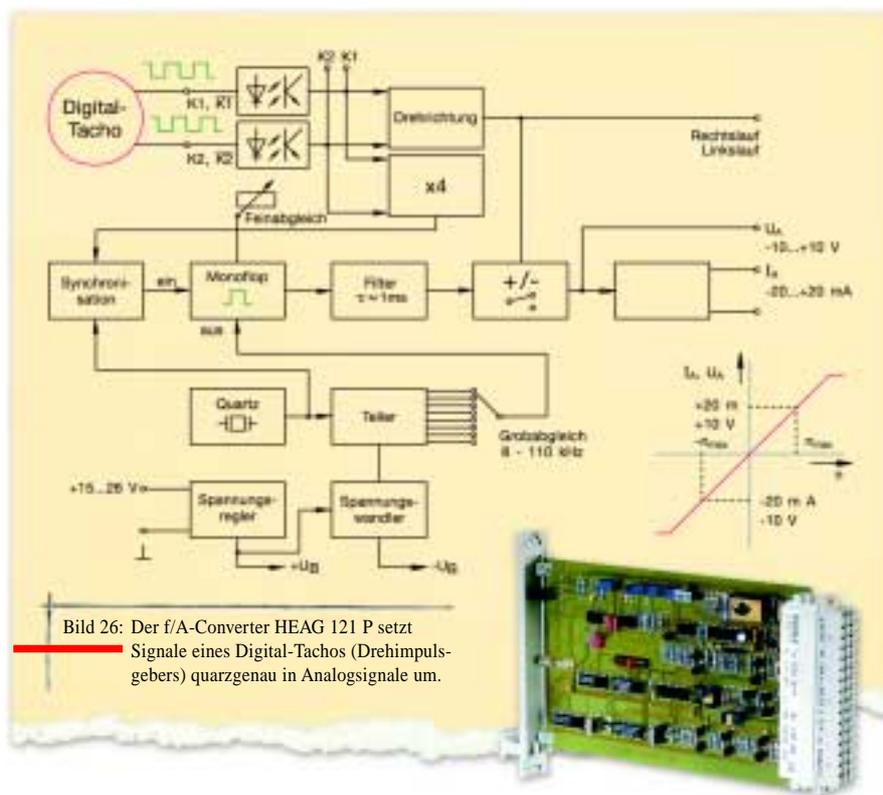


Bild 26: Der f/A-Converter HEAG 121 P setzt Signale eines Digital-Tachos (Drehimpulsgebers) quartzgenau in Analogsignale um.

f/A-Converter HEAG 121 P

In der Antriebstechnik besteht bei einigen Applikationen die Aufgabe, aus den Signalen eines Digital-Tachos (Drehimpulsgebers) auch ein Analog- oder Tachosignal abzuleiten. Der von HÜBNER entwickelte und gefertigte f/A-Converter HEAG 121 P setzt die vom Digital-Tacho gelieferte Impulsfrequenz f quartzgenau in die von der Drehzahl und der Drehrichtung abhängigen **bipolaren Analogsignale** Spannung $U_A(f)$ oder eingepprägten Strom $I_A(f)$ um (↻ Bild 26).

Das „P“ in der Typenbezeichnung HEAG 121 P weist auf die **Potentialtrennung** der Eingänge mit Opto-Kopplern hin.

Die **Welligkeit** des Analogsignals ist oberhalb einer Impulsfrequenz $f_{\text{Encoder}} \geq 1 \text{ kHz}$ vernachlässigbar klein. Unterhalb dieser Grenzfrequenz steigt die Restwelligkeit an, da bei niedrigen Drehzahlen nur eine begrenzte Anzahl von Inkrementalsignalen für die Auswertung zur Verfügung steht. Die Grenzfrequenz kann durch Beschalten des Tiefpassfilters mit einem externen

Kondensator zu niedrigeren Werten verschoben werden, jedoch steigt dadurch die Zeitkonstante τ an.

Die maximale Frequenz f [Hz] des Digital-Tachos hängt von der Auflösung (Strichzahl z) und der Drehzahl n [min^{-1}] ab:

$$f = z \cdot \frac{n}{60}$$

Der HEAG 121 P verfügt über 8 einstellbare Eingangs-Frequenz-Bereiche $f = 8 \dots 110 \text{ kHz}$ und eine Feineinstellung, um dem Anwender eine Anpassung der Eingangsfrequenz des f/A-Converters an die maximale Frequenz des Digital-Tachos bei der höchsten Drehzahl zu ermöglichen.

● Beispiel:

Digital-Tacho mit $z = 2.048$ Strichen,

max. Drehzahl $n_{\text{max}} = 3.000 \text{ min}^{-1}$

→ $f_{\text{max}} = 102,4 \text{ kHz} < 110 \text{ kHz}$.

Min. Drehzahl (Welligkeit der Analogspannung vernachlässigbar) $n = 29 \text{ min}^{-1}$.

HÜBNER ELEKTROMASCHINEN AG

Postfach 61 02 71, D-10924 Berlin
Planufer 92 b, D-10967 Berlin

Telefon + 49- (0) 30-69003-0
Telefax + 49- (0) 30-69003-104

<http://www.huebner-berlin.de>
eMail: marketing@huebner-berlin.de

Das entscheidende Mehr an Präzision in Drehzahl und Lage: HÜBNER-Technik.

LongLife® DC-Tachos mit der in den Kommutator eingebetteten, patentierten Silberspur. Auf die Lebensdauer geben wir eine Garantie von zwei Jahren.

Digital-Tachos (Drehimpulsgeber) in **HeavyDuty®** Technik: robuste elektrische und mechanische Konstruktion.

LowHarmonics® Sinus-Tachos: Sinussignale mit besonders geringem Oberwellenanteil – patentierter Maßstab für Präzision.

Drehzahlschalter: mechanisch mit Fliehkraft oder elektronisch mit eigener oder fremder Spannungsversorgung.

ExtendedSpeed® Dreh- und Linear-Beschleunigungs-Sensoren in patentierter Technik ohne Drehzahlbegrenzung.

Kombinationen: Digital-Tachos, DC-Tachos und/oder Drehzahlschalter in einem einzigen Gerät mit durchgehender Welle.

