



ENERGIE KONSENS, PROZESSOPTIMIERUNG IM UNTERNEHMEN, 19. APRIL 2018

Grundlagen für elektrische Antriebssysteme

Einsatzgebiete und Potenziale, Anwendungsbeispiele

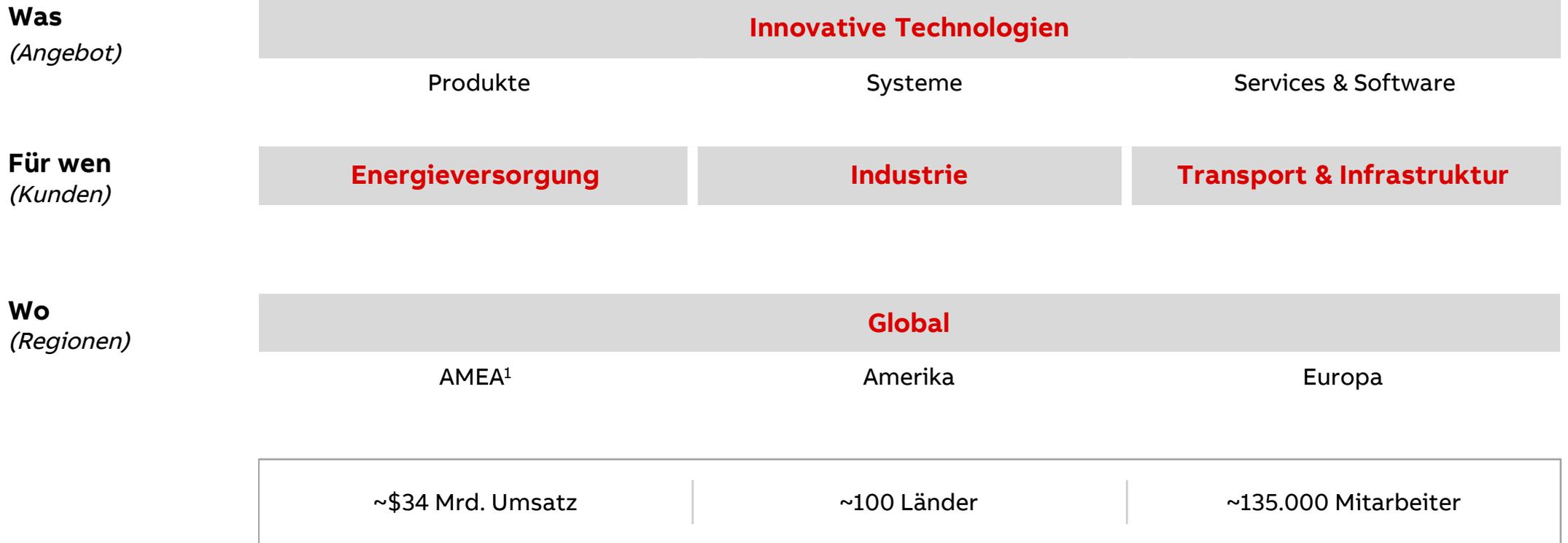
Klaus Allgaier, Branchenmanagement Motors&Drives, ABB Automation Products GmbH





ABB

Ein kurzer Überblick über das Unternehmen



Stromverbrauch in Deutschland

Größte Verbraucher sind elektromotorische Systeme

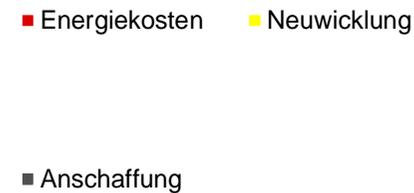
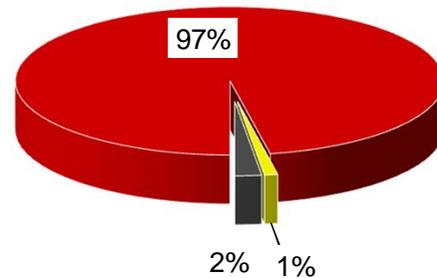


- § Größter Stromverbraucher mit 46% des Gesamtstromverbrauchs 2011 in Deutschland ist die Industrie (250 TWh)
 - § 70% des Stromverbrauchs der Industrie entfallen auf Elektromotoren und elektromotorische Systeme (175 TWh)
 - § Drehzahlgeregelte Antriebe können den Energieverbrauch in vielen Anwendungen um 30 bis 50% senken
 - § Das Einsparpotenzial durch drehzahlgeregelte Antriebe und effiziente Motoren liegt bei 33 TWh bzw. 5 Mrd EUR
- *

* Quelle: ZVEI

Energie sparen mit effizienten Elektromotoren

Typische Life-Cycle-Kosten eines Elektromotors



- § Anschaffungskosten eines Motors meist weniger als 2% der gesamten Life-Cycle-Kosten
- § Größtes Einsparpotenzial beim Energieverbrauch und weniger bei den Anschaffungskosten

Antriebsauslegung für drehzahlgeregelte Motoren

Lastkennlinien

Konstante oder quadratische Lastkennlinie?

- Bei Anwendungen mit quadratischer Lastkennlinie, steigt das Moment und damit Strombedarf, mit dem Quadrat zur Drehzahl! Der Leistungsbedarf, steigt kubisch zur Drehzahl.
- Bei Nachrüstung von Motoren mit Drehzahlregelung, ist der tatsächliche Strombedarf bei Nennlast zu ermitteln!

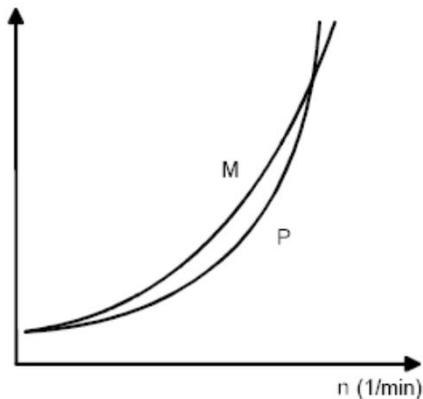


Bild 6.2 Typische Drehmoment-/Leistungskurve bei einer Applikation mit quadratischem Drehmoment.

Typische Antriebsbeispiele:

- § Zentrifugalpumpen
- § Lüfter

Antriebsauslegung für drehzahlgeregelte Motoren

Lastkennlinien

Konstante oder quadratische Lastkennlinie?

Bei Anwendungen mit konstanter Lastkennlinie ist durch den Frequenzumrichter der erforderliche Anlaufstrom aufzubringen.

Auf die ausreichende, thermische Auslegung des Motors ist zu achten. Dazu ist der

- Stellbereich des Motors und
- die Lastzyklen zu berücksichtigen.

Typische Antriebsbeispiele:

- § Kolbenverdichterpumpen
- § Excenterschneckenpumpen
- § Hubwerke

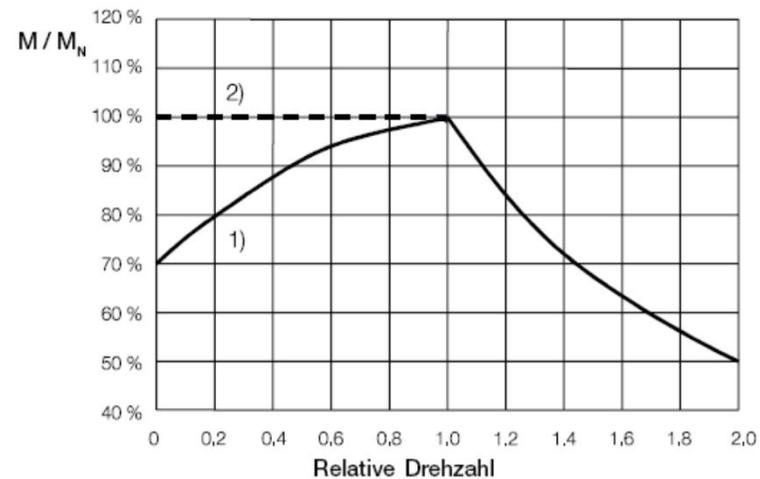


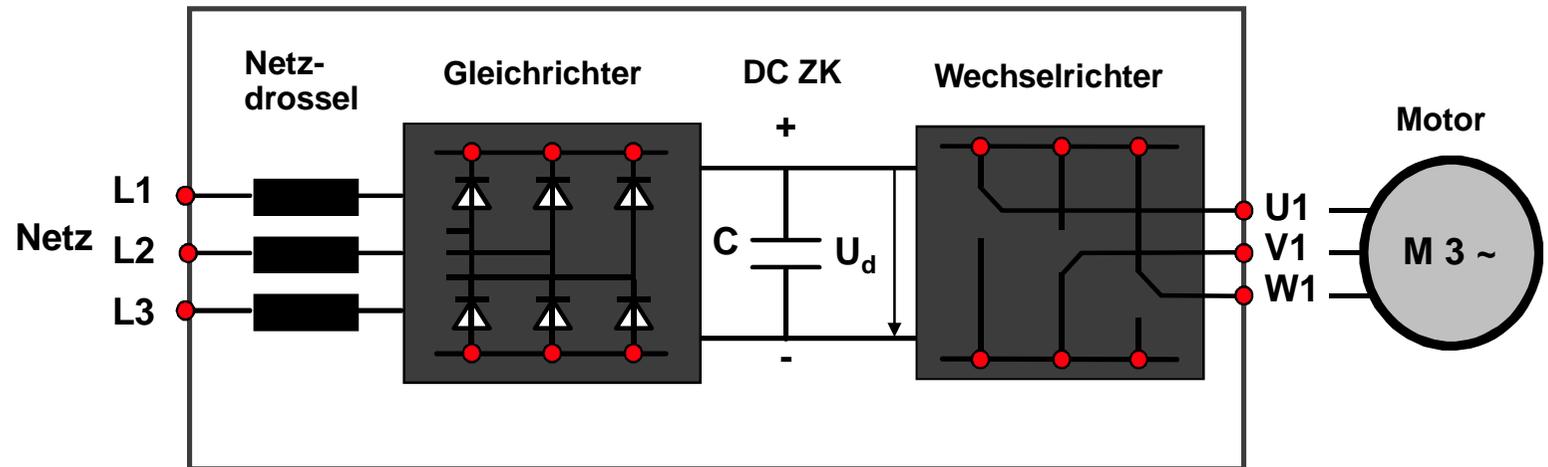
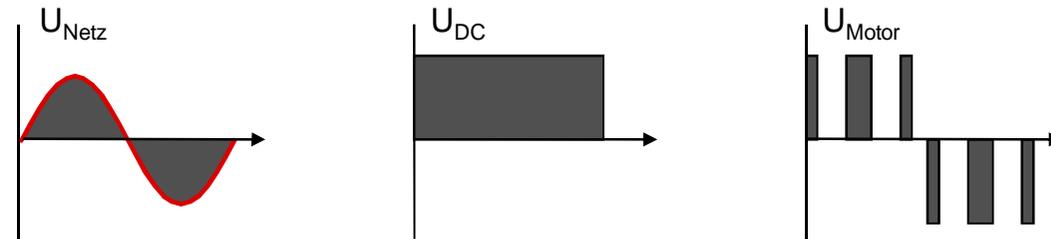
Bild 7.1 Typische Belastbarkeit eines Standard-Drehstrommotors mit frequenzgeregeltem Antrieb 1) ohne Fremdlüftung und 2) mit Fremdlüftung.

Antriebsauslegung

Motoren am Umrichter haben geringere Leistung

Motoren am Umrichter haben eine geringere Leistung!

Der Spannungsverlust ist durch einen um ca. 10% höheren Strom, auszugleichen!



Kühlung der Motoren

Motor mit oder ohne Fremdlüfter?

Konstantmomentanwendungen

- § Beachtung des zulässigen, kontinuierlichen Lastmomentes über den Stellbereich
- § Berücksichtigung der Lastzyklen
- § Auswahl der optimalen Polpaarzahl (z.B. 2-, 4-, 6-Pol)
- § Abwägung der wirtschaftlich und mechanisch besten Lösung

Beispiel, ausgelegt mit ABB Drive Size:

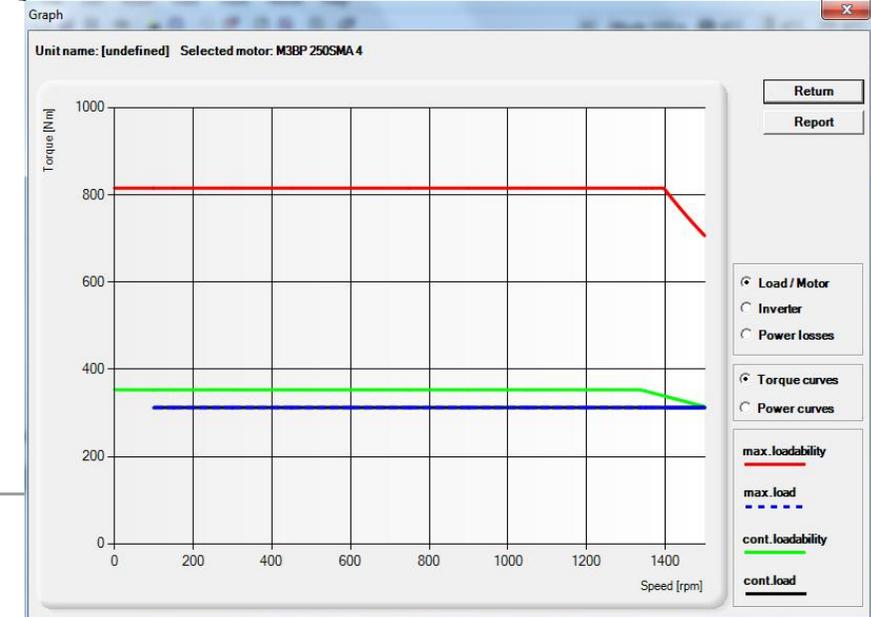
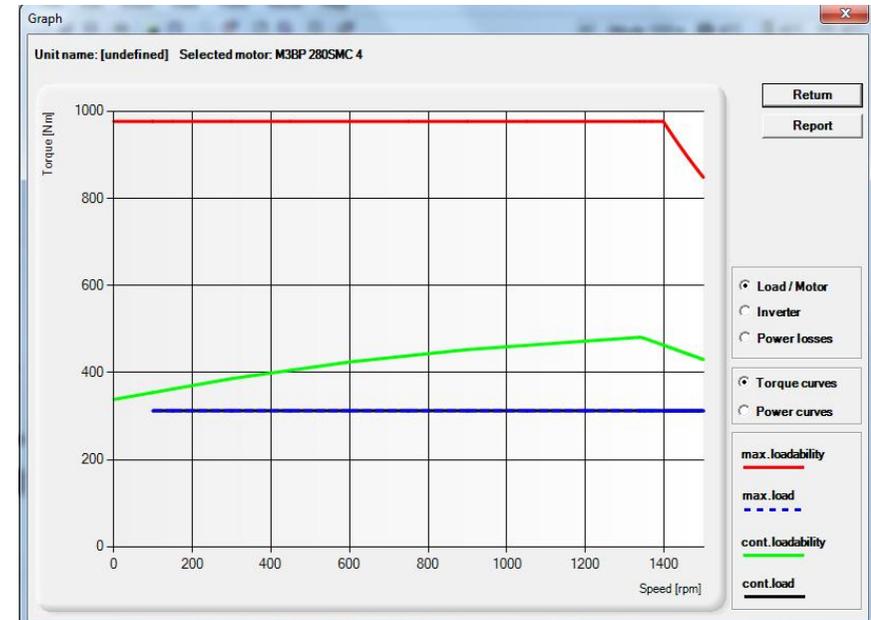
Stellbereich: 100-1500rpm

Leistung Arbeitsmaschine: 49kW/1500rpm

Ergebnis ohne Fremdlüfter: 75kW Motor

Ergebnis mit Fremdlüfter: 55kW Motor

Mehrpreis Motor mit Fremdlüfter: 18%



Umrichtertauglichkeit des Motors

Isolationsfestigkeit der Motorwicklungen?

Moderne Umrichter mit IGBTs haben höhere Taktfrequenzen als Umrichter der älteren Generationen.

Eine größere Spannungsanstiegsgeschwindigkeit (du/dt) und größere Spannungsspitzen (\hat{U}), sind die Folge!

Die Isolation des Motors muß für diese Belastungen geeignet sein!

Ab 90kW sollten isolierte Lager B-seitig eingesetzt werden: Lagerströme!

- Vermeidung von Potenzialdifferenzen durch gute Erdung des Motors und des Umrichters. Ggf. Einsatz von Gleichtaktfiltern (Ferritringen)

Umrichtertauglichkeit des Motors

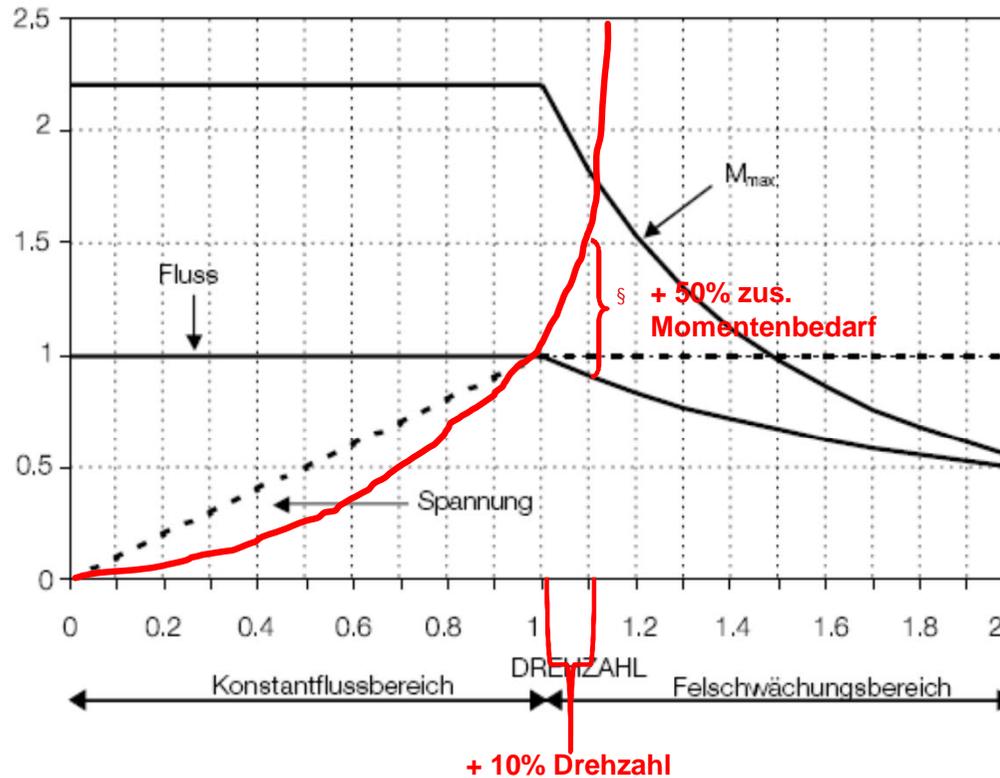
Isolationsfestigkeit der Motorwicklungen?

Motortyp	Netz-Nennspannung (U_N)	Anforderungen an die Motorisolation und Filtermaßnahmen
ABB M2- und M3-Motoren	$U_N \leq 500 \text{ V}$	Standardisolation.
	$500 \text{ V} < U_N \leq 600 \text{ V}$	Standardisolation + du/dt-Filter oder verstärkte Isolation.
	$600 \text{ V} < U_N \leq 690 \text{ V}$	Verstärkte Isolation + du/dt-Filter.
ABB HXR- u. AM-Motoren Formwicklung	$380 \text{ V} < U_N \leq 690 \text{ V}$	Standardisolation.
ABB HXR- u. AM-Motoren Träufelwicklung	$380 \text{ V} < U_N \leq 690 \text{ V}$	Angaben zur Motorisolation erhalten Sie vom Motorenhersteller. du/dt-Filter bei Spannungen über 500 V.
Nicht-ABB-Motoren Träufelwicklung und Formwicklung	$U_N \leq 420 \text{ V}$	Die Isolation muss für $\hat{U}_{LL}=1300 \text{ V}$ ausgelegt sein.
	$420 \text{ V} < U_N \leq 500 \text{ V}$	Wenn die Isolation $\hat{U}_{LL}=1600 \text{ V}$ und $\Delta t=0,2 \mu\text{s}$ standhält, ist kein du/dt-Filter erforderlich. Mit du/dt-Filter muss die Isolation für $\hat{U}_{LL}=1300 \text{ V}$ ausgelegt sein.
	$500 \text{ V} < U_N \leq 600 \text{ V}$	Wenn die Isolation $\hat{U}_{LL}=1800 \text{ V}$ standhält, ist kein du/dt-Filter erforderlich. Mit du/dt-Filter muss die Isolation für $\hat{U}_{LL}=1600 \text{ V}$ ausgelegt sein.
	$600 \text{ V} < U_N \leq 690 \text{ V}$	Wenn die Motorisolation $\hat{U}_{LL}=2000 \text{ V}$ und $\Delta t=0,3 \mu\text{s}$ standhält, ist kein du/dt-Filter erforderlich. Mit du/dt-Filter muss die Isolation für $\hat{U}_{LL}=1800 \text{ V}$ ausgelegt sein.

Betrieb über der Netzfrequenz

Reichen die Momentenreserven des Antriebspaketes?

- Das durch Motor und Umrichter aufzubringende Moment ergibt sich aus dem Moment der Anlagenkennlinie + Momentenverlust durch Feldschwächung + Moment für Kompensation des Spannungsverlusts



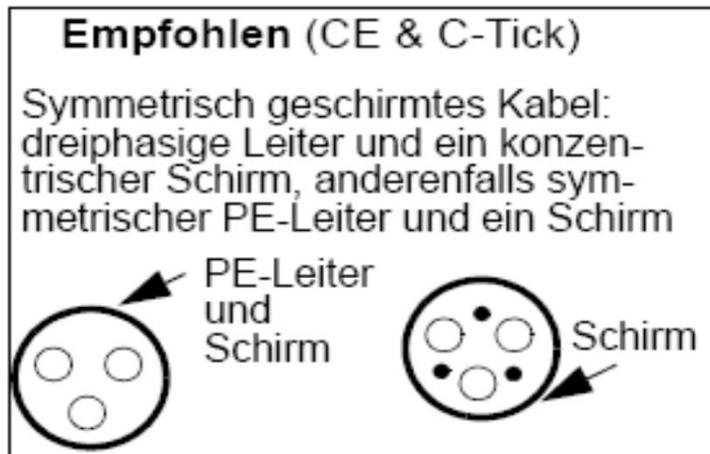
§ Momentenreserven sind durch Feldschwächung und steil ansteigende Momentenkennlinie, schnell aufgebraucht!

Bild 4.3 Maximales Drehmoment, Spannung und Fluss als Funktion der relativen Drehzahl.

Drehzahlgeregelte Motoren

Anforderungen an die Motorleitungen

- Ungeschirmte Motorleitungen können zu EMV (Elektro Magnetische Verträglichkeit) Störungen führen.
- Empfehlung: EMV Kabel mit symmetrischem Aufbau oder Sinusausgangsfiler + Gleichtaktfilter einsetzen.
- Sinusausgangsfiler reduzieren die Motorleistung um ca. 8%!!



Beispiele für Kabeltypen

- § Ölflex-Servo-FD, Lapp Kabel
- § MCCMK, Draka NK Kabel

Antriebsauslegung

Zulässige Motorkabellängen

Physikalische und EMV-technische Grenzen nicht überschreiten!

Maximale Kabellänge für 400 V Frequenzumrichter																			
Bau- größe	EMV-Grenzen												Betriebsgrenzen						
	Zweite Umgebung (Kategorie C3 ¹)						Erste Umgebung (Kategorie C2 ¹)						Basiseinheit				Mit du/dt- Filtern		
	1 kHz		4 kHz		8 kHz		1 kHz		4 kHz		8 kHz		1/4 kHz		8/12 kHz		m		ft
	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	
R1	300	980	300	980	300	980	300	980	300	980	300	980	100	330	100	330	150	490	
R2	300	980	300	980	300	980	300	980	100	330	30	98	200	660	100	330	250	820	
R3	300	980	300	980	300	980	300	980	75	245	75	245	200	660	100	330	250	820	
R4	300	980	300	980	300	980	300	980	75	245	75	245	200	660	100	330	300	980	
R5	100	330	100	330	100	330	100	330	100	330	100	330	300	980	150 ²	490 ²	300	980	
R6	100	330	100	330	3	3	100	330	100	330	3	3	300	980	150 ²	490 ²	300	980	

¹ Siehe neue Angaben in Abschnitt [IEC/EN 61800-3 \(2004\) Definitionen](#) auf Seite 316.

² 12 kHz Schaltfrequenz nicht verfügbar.

³ Nicht geprüft.

Mit Sinusfiltern sind längere Kabel möglich.

April 9, 2018 | Slide 13

Antriebsauslegung

Fehlerstromschutzeinrichtungen und elektr. Antriebe

Ableitströme durch Funkentstörmaßnahmen führen zum Auslösen von Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs)

Fehlfunktion bei glatten Gleichfehlerströmen durch Wandlersättigung, bei RCDs Typ A!

Fehlerstromschutzeinrichtungen des Typs B (allstromsensitiv) decken diese Fehlersituation ab.

Höhe des Ableitstromes ist abhängig von:

- Nennleistung des Frequenzumrichters
- Ausführung und Baugröße des Motors
- Motorkabel (+ symmetrischer Aufbau und gute Auflage Schirm, gute direkte Erdung)
- Funkentstörfilter (- gute Filterung)
- Taktfrequenz (- hohe Taktfrequenz)
- Umrichter Ausgangsfilter (+ Ausgangsfilter)
- Netzunsymmetrie und Netztransienten (-)

Antriebsauslegung

Fehlerstromschutzeinrichtungen und elektr. Antriebe

Höhe des Ableitstromes ist abhängig von:

- Netzspannung (- große Netzspannung)
- Oberschwingungen in der Netzspannung (-)
- Betrieb des Antriebes (- kleine Drehzahlen)
- Hohe Anlaufströme (-)

Grenzen der Fehlerstrom- Schutzeinrichtungen:

- Erfahrungswerte zeigen, daß eine FI-Schutzeinrichtung mit 30mA Bemessungsdifferenzstrom bei Anschluß eines Antriebes von bis zu 500Watt, bzw. eine FI-Schutzeinrichtung mit 300mA Bemessungsdifferenzstrom bei Anschluß eines Antriebes mit einer Leistung von bis zu 5kW in der Regel zufriedenstellend arbeitet (Motorleitung kleiner 10m!)

Weitergehende Informationen finden Sie unter: www.zvei.org Fachbereich elektrische Antriebe

Antriebsauslegung

Fehlerstromschutzrichtungen und elektr. Antriebe

Höhe des Ableitstromes bei ACx550 Umrichter:

Results

Leakage currents are calculated from measurements by following formulas defined in IEC 60990:

Unweighted touch current: $I_{rms} [mA] = (U_{1rms} [V] / 0.5)$

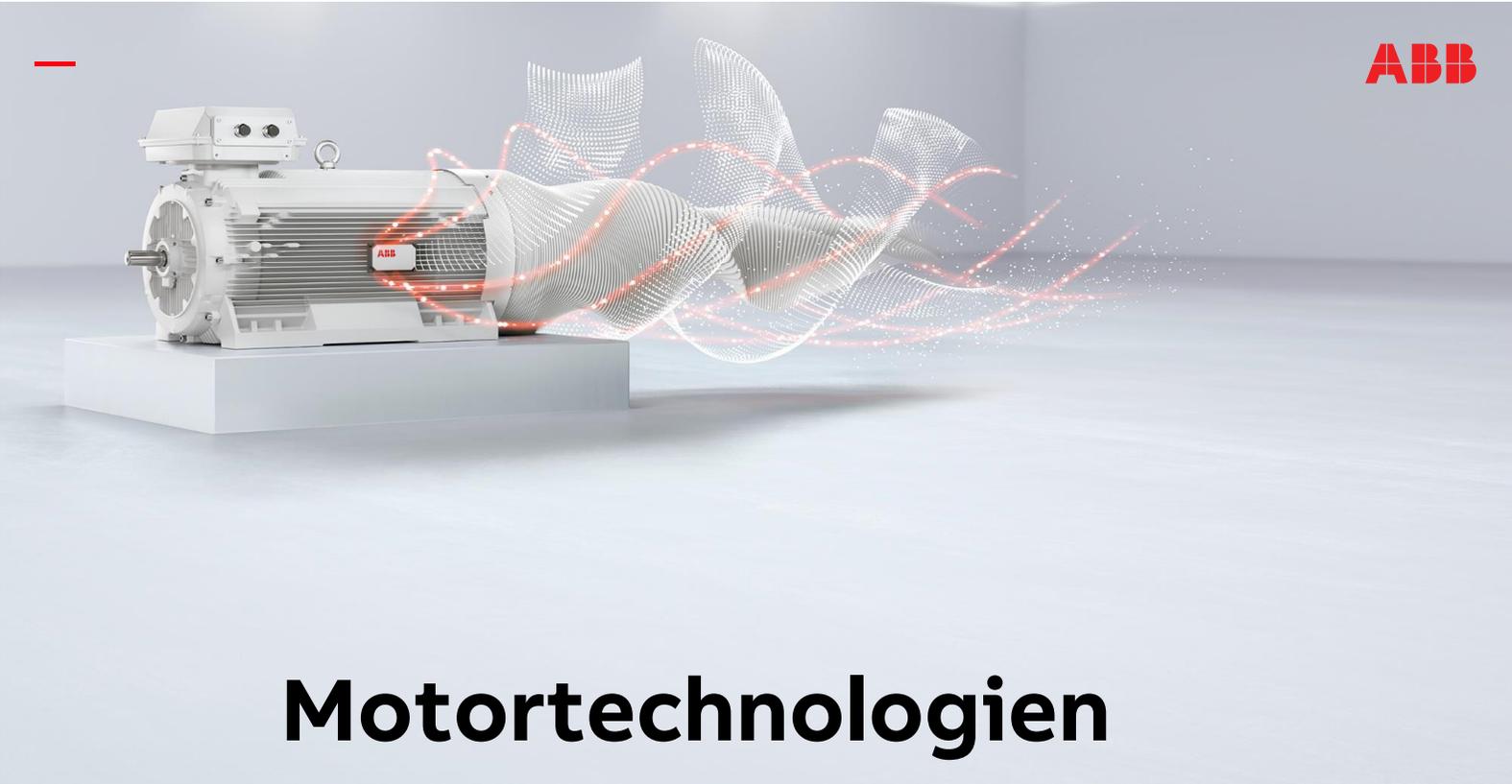
Weighted touch current: $I_{peak} [mA] = ABS (U_{2max/min}) / 0.5$

Earth leakage current measurement results 24.03.2009

Drive type	Motor cable	EMC screw	Switch power 'ON'	Power is 'ON'	Power is 'ON' and modulating
ACS550-01E-08A8-4 (R1)	30 m	Connected		I_{rms} 10.5 mA	I_{rms} 13.7 mA
ACS550-01E-08A8-4 (R1)	30 m	Connected	I_{peak} 40 mA	I_{peak} 18 mA	I_{peak} 28 mA
ACS550-01E-08A8-4 (R1)	30 m	Disconnected		I_{rms} 2.2 mA	I_{rms} 41. mA
ACS550-01E-08A8-4 (R1)	30 m	Disconnected	I_{peak} 8 mA	I_{peak} 6 mA	I_{peak} 28 mA
ACS550-01E-023A-4 (R2)	30 m	Connected		I_{rms} 10.9 mA	I_{rms} 12.5 mA
ACS550-01E-023A-4 (R2)	30 m	Connected	I_{peak} 38 mA	I_{peak} 18 mA	I_{peak} 24 mA
ACS550-01E-023A-4 (R2)	30 m	Disconnected		I_{rms} 2.1 mA	I_{rms} 69.4 mA
ACS550-01E-023A-4 (R2)	30 m	Disconnected	I_{peak} 12 mA	I_{peak} 6 mA	I_{peak} 32 mA
ACS550-01E-045A-4 (R3)	50 m	Connected		I_{rms} 7 mA	I_{rms} 9.8 mA
ACS550-01E-045A-4 (R3)	50 m	Connected	I_{peak} 74 mA	I_{peak} 14 mA	I_{peak} 20 mA
ACS550-01E-045A-4 (R3)	50 m	Disconnected		I_{rms} 2.6 mA	I_{rms} 76 mA
ACS550-01E-045A-4 (R3)	50 m	Disconnected	I_{peak} 18 mA	I_{peak} 6 mA	I_{peak} 32 mA
ACS550-01E-087A-4 (R4)	25 m	Connected		I_{rms} 7.1 mA	I_{rms} 8.8 mA
ACS550-01E-087A-4 (R4)	25 m	Connected	I_{peak} 20 mA	I_{peak} 16 mA	I_{peak} 16 mA
ACS550-01E-087A-4 (R4)	25 m	Disconnected		I_{rms} 3 mA	I_{rms} 72.4 mA
ACS550-01E-087A-4 (R4)	25 m	Disconnected	I_{peak} 22 mA	I_{peak} 6 mA	I_{peak} 32 mA

Conclusion

ACX550s up to ACx550-...-087A-4 can be connected with typical 100mA RCD.



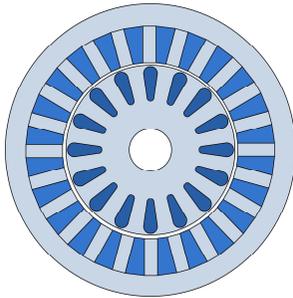
The image shows a white industrial motor on a pedestal. From the motor, a series of glowing, semi-transparent digital waves emanate, representing advanced motor technology. The waves are composed of fine white lines and are accented with red highlights. The background is a clean, light gray studio setting.

Motortechnologien

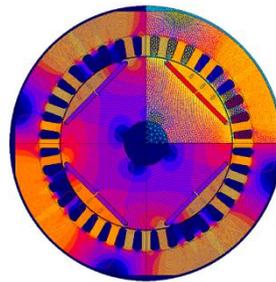
Für Hochwirkungsgradmotoren

Vergleich IE4 Motortechnologien

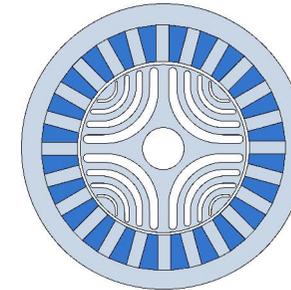
Verfügbare Produkte



Induktion Motor



Permanent Magnet Motor



SynRM

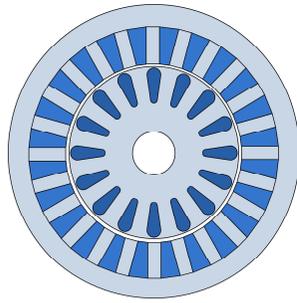
IE4 Wirkungsgradklasse ist ein regulärer Standard seit April 2014

IE4 ist die z.Zt. höchste standardisierte Wirkungsgradklasse

Technische Entwicklung geht weiter. Neue Technologien mit 20% weniger
Verlusten sind bereits in Sicht!

Vergleich IE4 Motortechnologien

Induktionsmotor

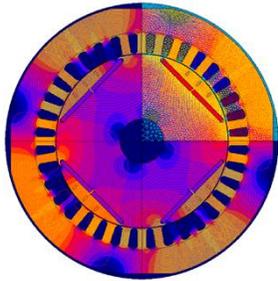


Induktion Motor

- § Start am Netz möglich (DOL)
- § Hohe Überlastfähigkeit
- § Vertraute und bewährte Technologie
- § Kraftübertragung nur im Asynchronbetrieb (Schlupf)
- § Verluste im Rotor betragen ca. 40% der gesamten Motorverluste!

Vergleich IE4 Motortechnologien

Permanent Magnet Motor

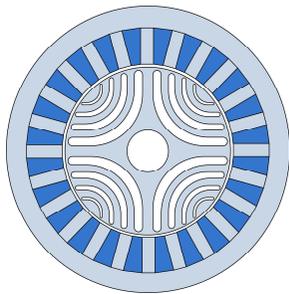


Permanent Magnet Motor

- § Hoher Wirkungsgrad bei kompakter Bauform
- § Synchrondrehzahl. Kein Netzbetrieb
- § Sehr gut für Anwendungen mit kleinen Drehzahlen, ggf. verzicht von Getrieben.
- § Magnete aus Seltenen Erden!
 - § Rohstoffkosten, hohe Umweltbelastung!
 - § Demagnetisierungsrisiko
 - § Schwierigere Wartung wegen Permanentmagneten
- § Schwierige Inbetriebnahme möglich!
- § “Backfire” bei Leerlaufbetrieb, kann zu Schäden an den Umrichtern führen.

Vergleich IE4 Motortechnologien

Synchronreluktanzmotor

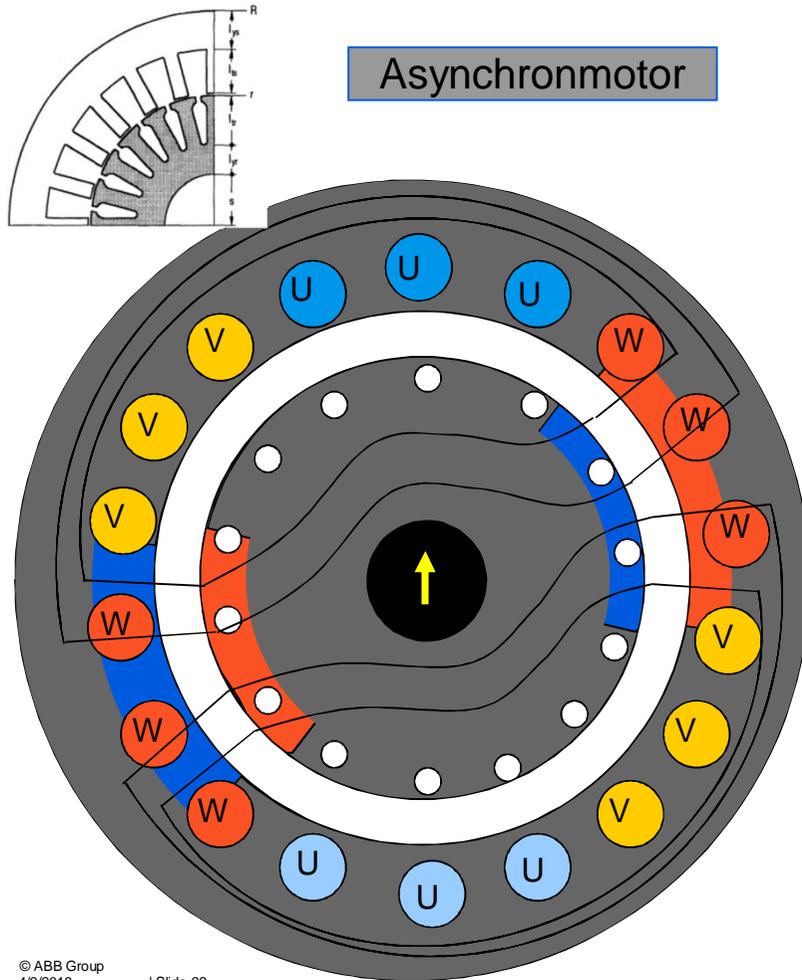


SynRM



- § Hoher Wirkungsgrad, bei kompakter Baugröße und geringem Gewicht.
- § Keine Abhängigkeit von seltenen Rohstoffen
- § Einfache Inbetriebnahme, wie beim Induktionsmotor
- § Synchrondrehzahl. Nur für FU Betrieb!
- § Geringe Lagertemperaturen und damit längere Standzeiten
- § Sicheres Verhalten im Leerlaufbetrieb, da Läufer nicht erregt (kein backfire)
- § Hochwirkungsgrad- und Hochleistungsvarianten
- § Für Pumpen, Lüfter, Kompressoren und viele weitere Applikationen geeignet.
- § Blindleistung höher. Wird korregiert durch FU

Die Synchronreluktanztechnologie Funktionsweise verglichen mit Asynchronmotor!



Vermeiden der
Motorverluste

Digitalisierung: Neue Produkte für Motoren erhöhen Verfügbarkeit

ABB Ability™ Smart Sensor für Motoren

Technologiebeschreibung

Der Smart Sensor ermöglicht eine Fernüberwachung von Niederspannungsmotoren über das Internet der Dinge, um so die Produktivität zu erhöhen.



ABB-Lösung

Der Smart Sensor misst regelmäßig präzise die wichtigsten Motorparameter. Über eine integrierte Kommunikationsschnittstelle überträgt er die Daten drahtlos über ein Smartphone oder einen Gateway an einen Cloud-basierten, sicheren Server.

Kundennutzen

Wird ohne Verdrahtung am Motor befestigt und ermöglicht einfache Realisierung

Reduziert Motorstillstandszeiten um bis zu 70%

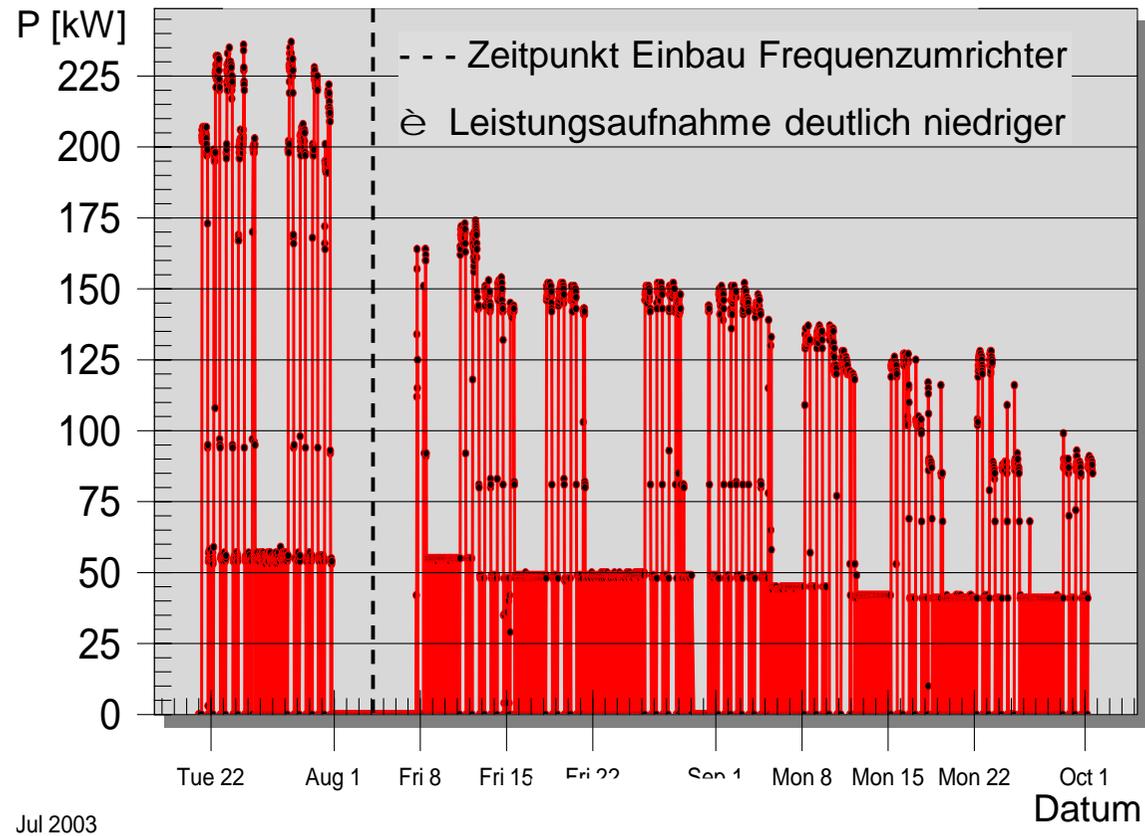
Verlängert die Motorlebensdauer um 30%

Senkt den Energieverbrauch um bis zu 10%

— Beispiel Kühlmittel-Pumpstation, Umrüstung auf FU Entfernung aller Drosselungen im Rohrsystem



— Beispiel Kühlmittel-Pumpstation, Umrüstung auf FU è 60% Energieeinsparung



Synchronreluktanzmotor Referenzanlagen Rügenwalder Mühle



Kunde:

Rügenwalder Mühle, Bad
Zwischenahn,
Fleischwarenhersteller

Applikation:

Lüfter für Räucherkammern

Synchronreluktanzmotor Referenzanlagen Rügenwalder Mühle



Eingesetzte Technik:

30 SynRM IE4 – ACS880 Pakete mit
11kW u. 15kW

Ersetzte Technik:

Polumschaltbare Asynchronmotore
Keilriemen

Einsparungen:

50%, durch IE4 Antriebstechnik und
Prozessoptimierung mit
Drehzahlregelung
sowie Wechsel auf Zahnriemenantrieb



ABB