

Energiesparen mit System(en)

– wie die **EN 50598-2** die Antriebstechnik verändert

Swisslog Kundentag in Augsburg



Dipl.-Ing. Oliver Timmerhues
Anwendungstechnik Energieeffizienz / TCO / Nachhaltigkeit
SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG / Bruchsal



Aktuelle Rahmenbedingungen
Heute den Standard von morgen einsetzen!

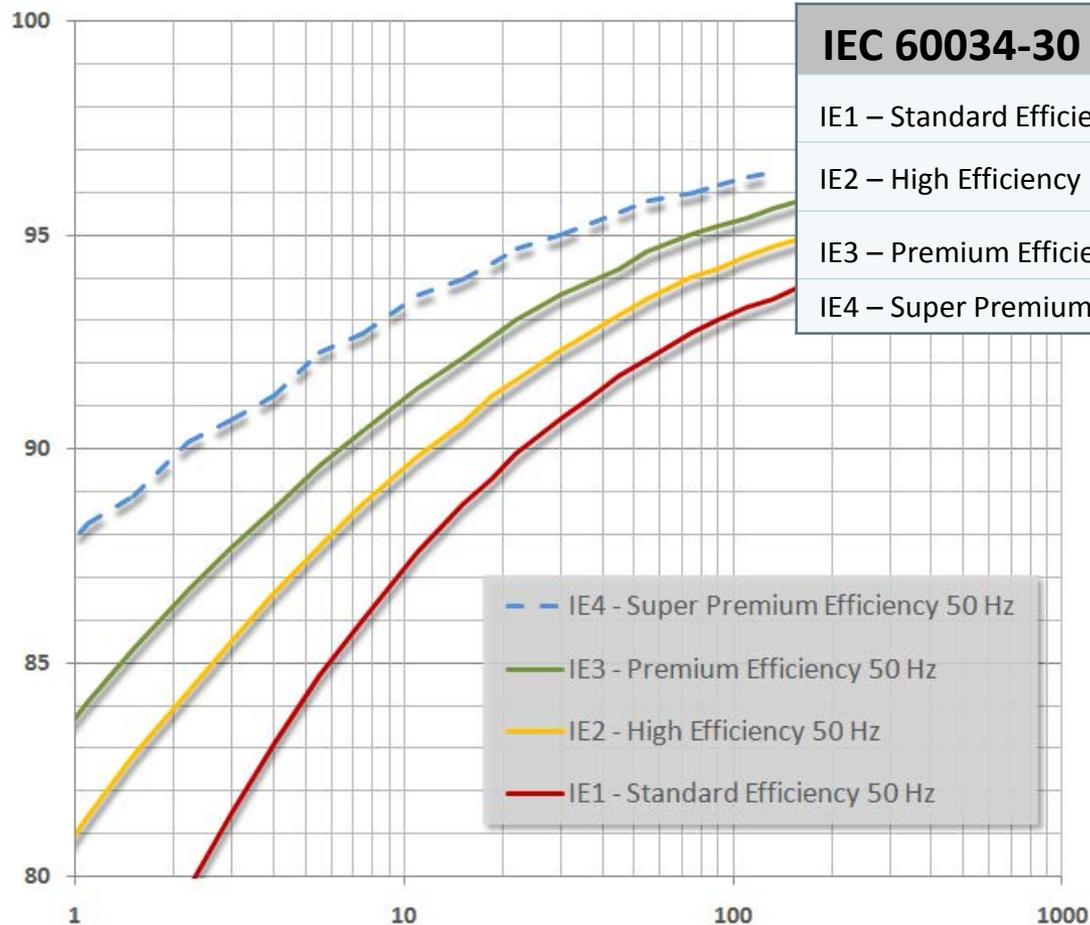
Aktuelle Rahmenbedingungen

Heute schon den Standard von morgen einsetzen



IEC 60034-30-1 (seit März 2014)

– Ziel: Weltweit übereinstimmende Effizienzklassen



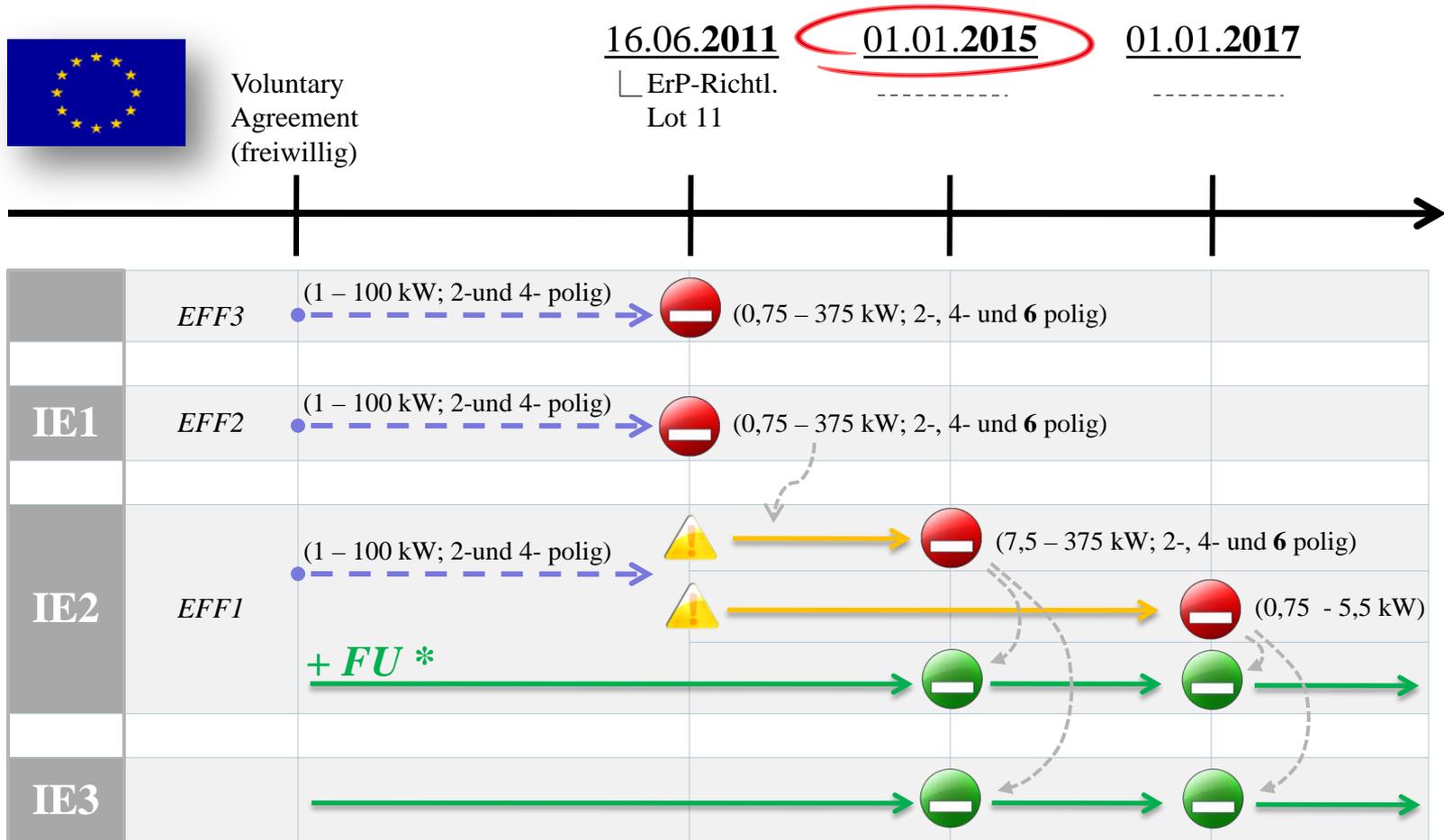
IEC 60034-30

IE1 – Standard Efficiency	vergleichbar eff2
IE2 – High Efficiency	vergleichbar eff1
IE3 – Premium Efficiency	erhöht zu eff1
IE4 – Super Premium Efficiency	



Aktuelle Rahmenbedingungen

Heute schon den Standard von morgen einsetzen



● = freiwillige Vereinbarung

⊘ = verboten

⊘ = Achtung / Übergangslösung

⊘ = frei

* Kennzeichnung der Motoren 2015/2017



Aktuelle Rahmenbedingungen

Heute schon den Standard von morgen einsetzen

Ausnahmen

ErP 2009/125/EG (Energy related Products) bzw. VO 640/2009 + VO 4/2014	
Alle „nicht S1 und S6“ ED-Zeiten	Ausgenommen sind alle Antriebe, die nicht als Dauerläufer (S1 oder S6) betrieben werden, zum Beispiel: die Einschaltdauer beträgt in einem Zeitraum von 10 Minuten max. 8 Minuten oder weniger (ED max. 80 %).
Alle Bremsmotoren	Ausgenommen sind alle Motoren, die mit einer mechanischen Anbaubremse ausgestattet sind.
Alle Motoren gemäß 94/9/EG (ATEX-Richtlinie)	Ausgenommen sind alle Motoren in explosionsgeschützter Ausführung (ATEX-Richtlinie 94/9/EG). SEW hat nur IE2-Motoren zertifiziert, d.h. EDRE-Motoren.
Motoren, die verschärften Umwelteinflüssen ausgesetzt sind (konstruktive Sondermaßnahmen)	<p>Motoren die durch konstruktive Sondermaßnahmen für den Betrieb unter folgenden Bedingungen ausgelegt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umgebungstemperatur über 40°C +60°C (ab 27.07.2014) • Umgebungstemperatur unter 15°C -30°C (ab 27.07.2014) • für folgende Aufstellhöhen: > 1000 4000 Meter über Normalnull (ab 27.07.2014) • alle o. g. Angaben müssen im Typenschild enthalten sein
Brandgasmotoren	Ausgenommen sind alle Brandgasmotoren (> 400°C) (siehe Definition Brandgasmotoren).
Umrichtergestempelte Motoren	Ausgenommen sind alle Motoren, die speziell für Frequenzumrichterbetrieb konzipiert sind. Auf dem Typenschild stehen keine typischen Netzangaben, z.B. 100Hz, 380-500V oder 40Hz, 320V, 1200min ⁻¹ (CT/CV, DRL, etc.).





Energiesparen mit Antriebssystemen Anlagenbewertung heute und zukünftig!

Energiesparen mit Antriebssystemen — Wirkungsgrad-Vorschrift vs. Systemwirkungsgrad?!



Motor nach IEC 60034-30-1 in Klasse IE_{xx}
Komponenten-Wirkungsgrad in einem Betriebspunkt



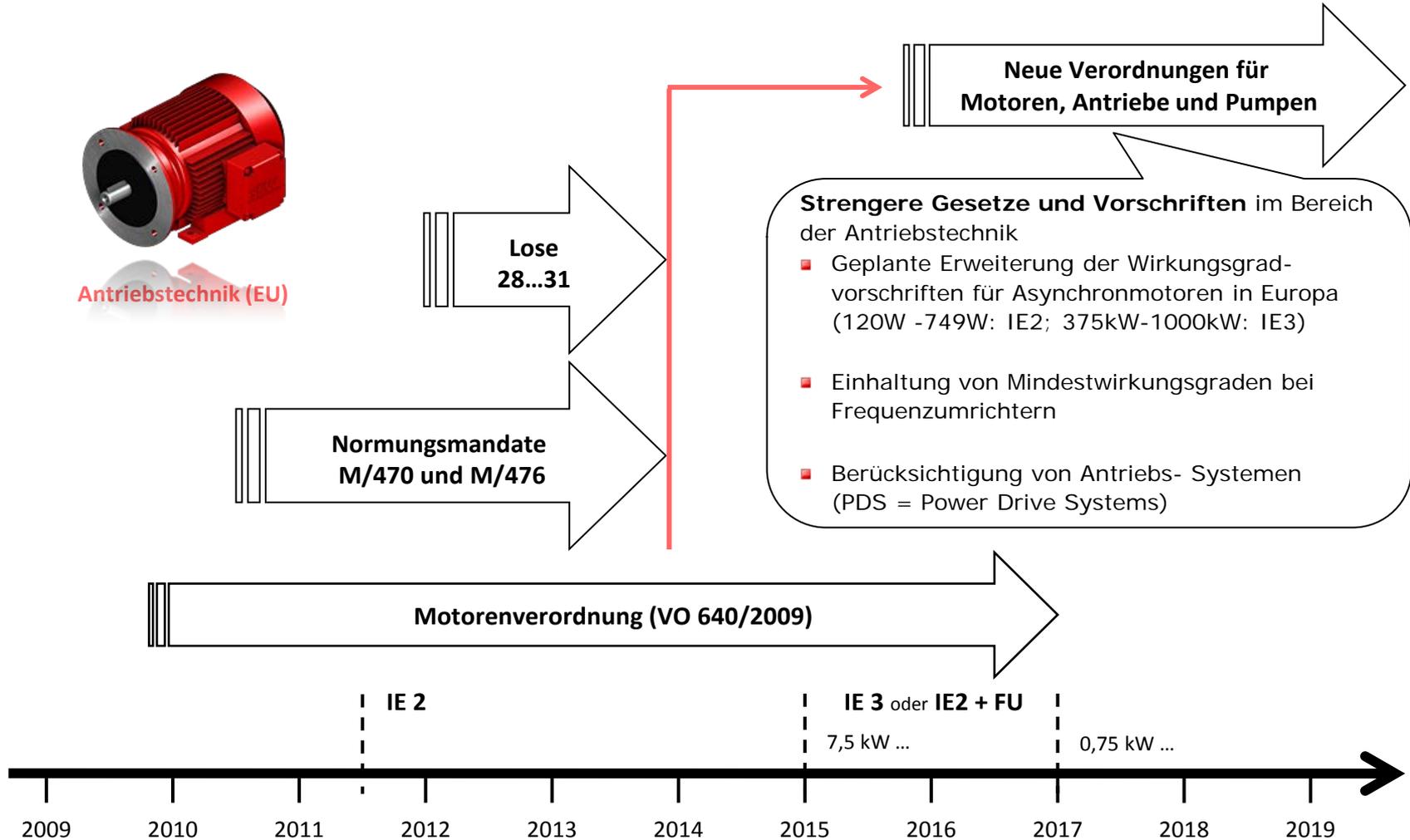
“Gesamt-Übertragungsfunktion der Energie” – “EPR”
Wandlung “elektrische Energie” in “mechanische Energie”
Basis reale Betriebsbedingungen



Wirkungsgrade - wie geht es weiter?

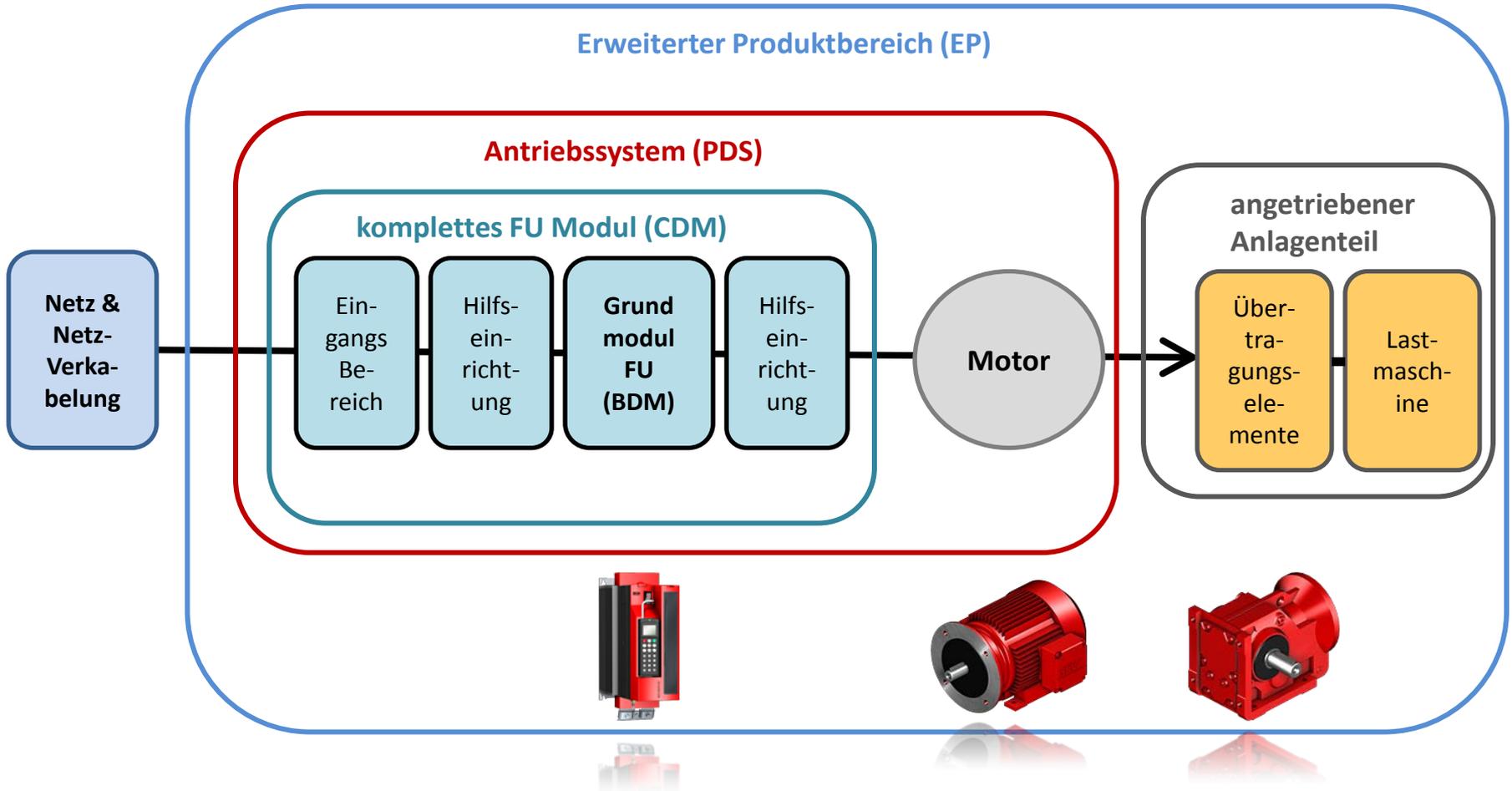


Antriebstechnik (EU)



Europäische Norm EN 50598

Übersicht Ökodesign-Produktnorm für Motorsysteme



Europäische Norm EN 50598

Übersicht Ökodesign-Produktnorm für Motorsysteme



Die **europäische Norm EN 50598** legt die **Ecodesign-Anforderungen** (Energieeffizienz und Ökobilanzierung) für elektrische **Antriebssysteme** fest.

Ökodesign für Power-Drive-Systems

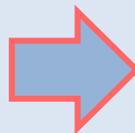
Energieeffizienz

Teil - 1

Allgemeiner Ansatz zur Ermittlung der Verluste von elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschinen

Teil - 2

- IE/IES-Wirkungsgradklassen
- Messmethoden
- Kalkulationsmethoden
- Verluste für
 - Drive Controller
 - Referenzmotor
 - Power-Drive-Systeme



Ökodesign / Umweltdeklaration

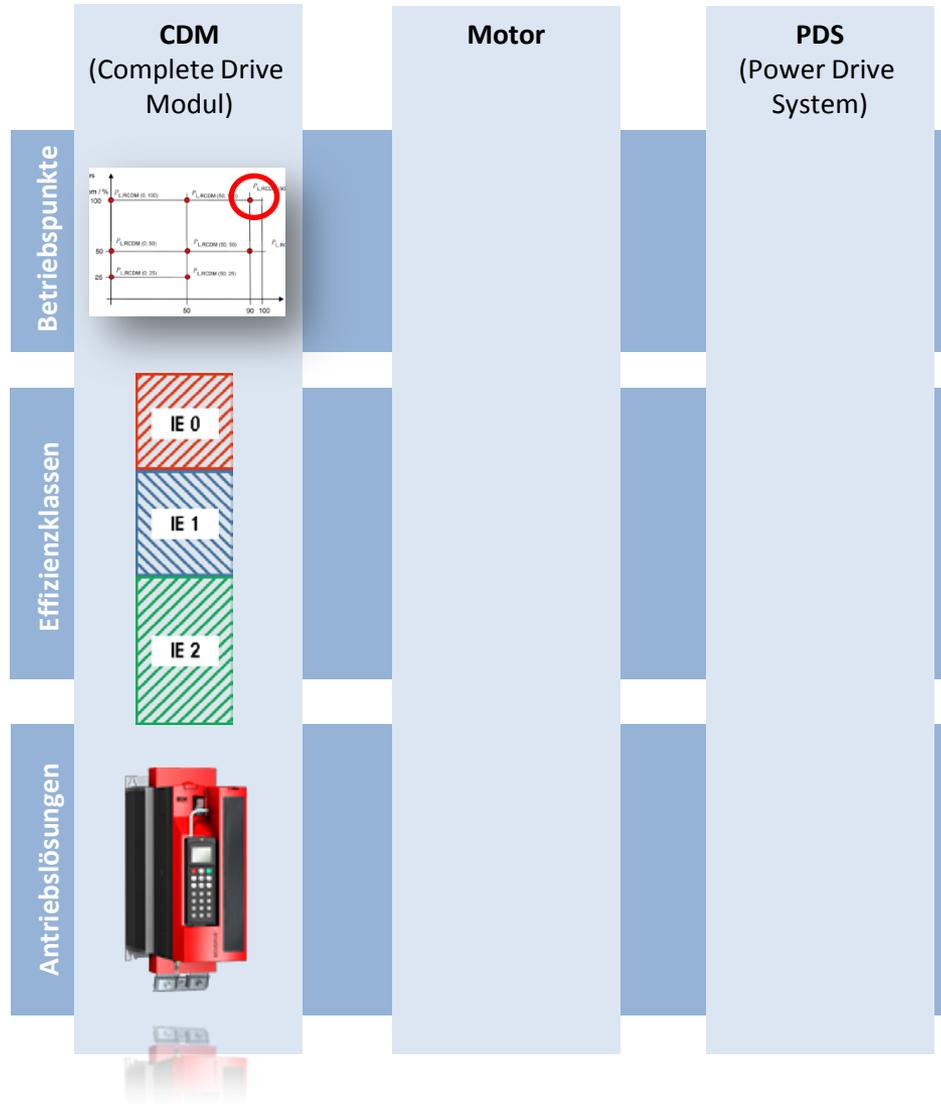
Teil - 3

Umweltaspekte und deren Berücksichtigung im Life Cycle
– Leitfaden zur Erstellung von Ökobilanzen und Umweltdeklarationen

Im Fokus steht der System-Gedanke

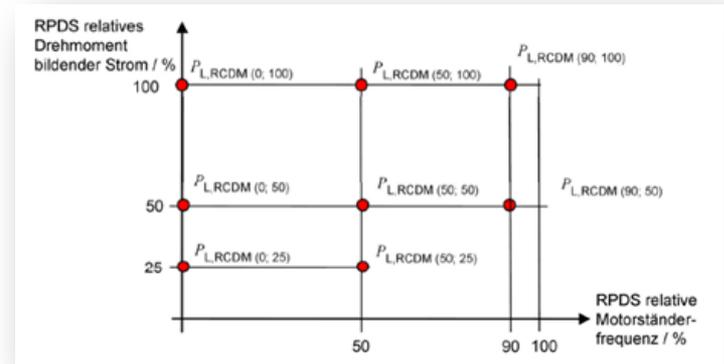
mit konkreten Effizienzklassen für Frequenzumrichter, Motoren und das komplette Antriebssystem

Europäische Norm EN 50598



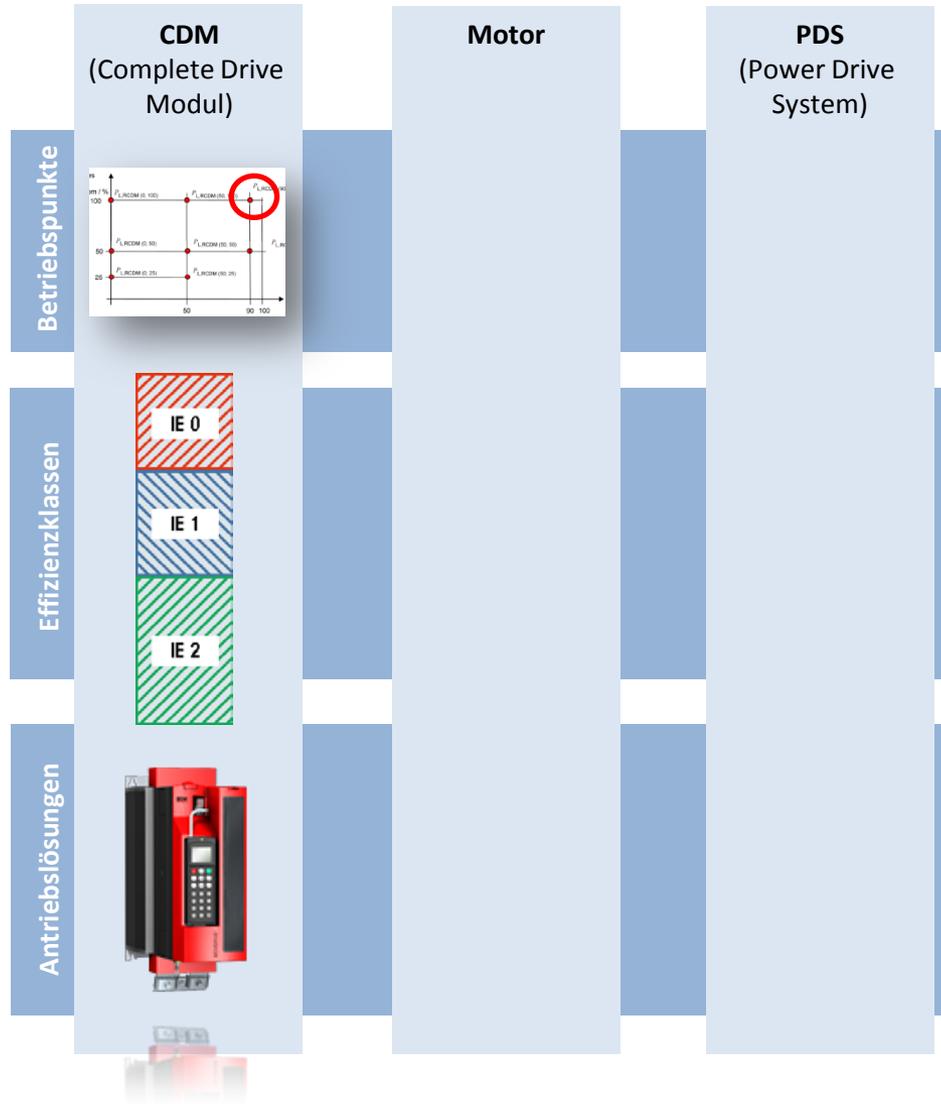
Normative Betriebspunkte:

Die Norm EN 50598 gibt 8 applikationsrelevante Betriebspunkte vor



Die 8 Betriebspunkte sind relevant für die Ermittlung der Komponenten-Verluste sowie der System-Verluste

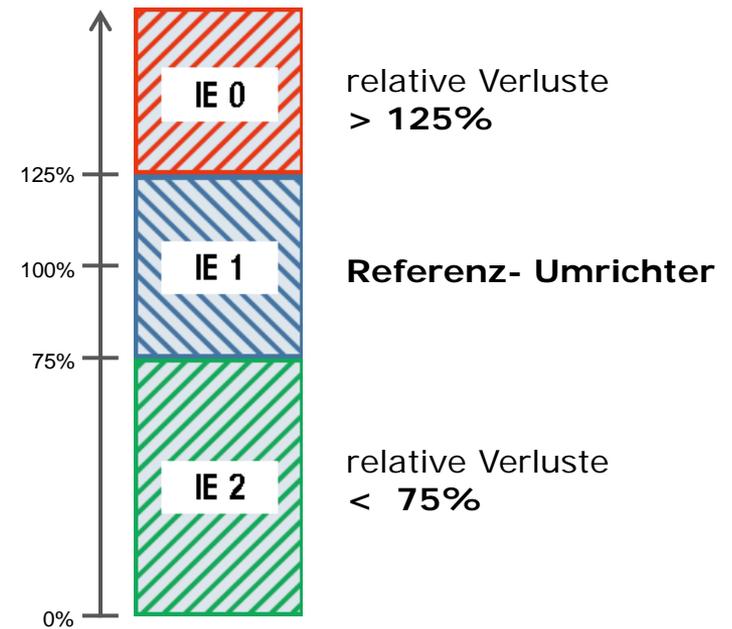
Europäische Norm EN 50598



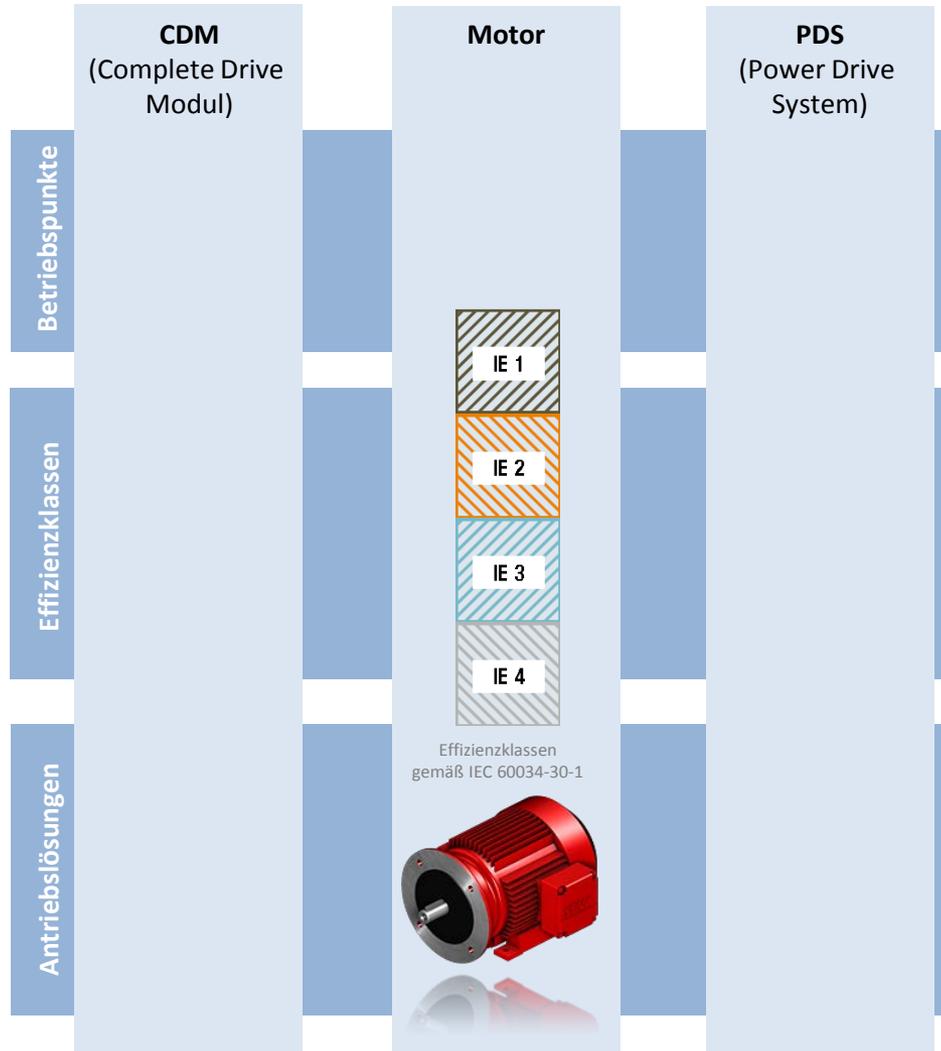
IE-Klassen für Frequenzumrichter

Frequenzumrichter- Wirkungsgrad
EN 50598 (Teil 2)
→ Effizienzklassen IE0, IE1, IE2

Verluste des betrachteten FU im
Bezug zu einem Referenzumrichter
(CDM = Complete Drive Modul)



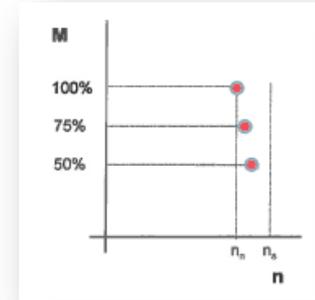
Europäische Norm EN 50598



IE-Klassen für Motoren

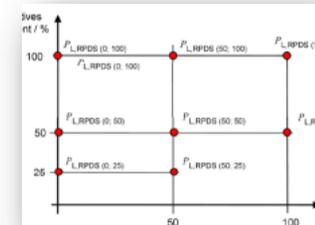
Motoren am Netz
 Motor-Wirkungsgrad
 IEC 60034-30-1 (2014)

Messnorm zur
 Bestimmung des
 Motor-Wirkungsgrades
 IEC 60034-2-1 (2008)

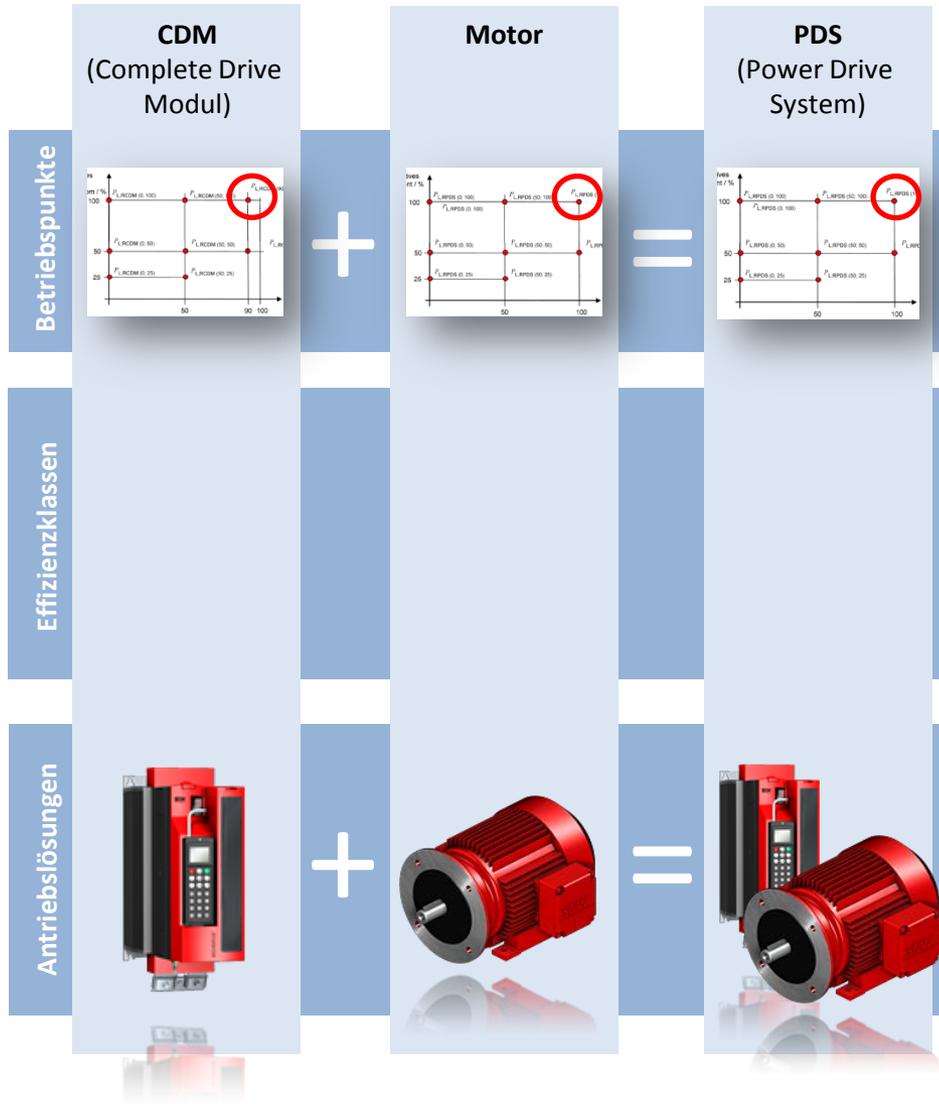


Umrichtergestempelte Motoren
 Motor-Wirkungsgrad
 IEC 60034-30-2 (2015)
CDV

Messnorm zur
 Bestimmung des
 Motor-Wirkungsgrades
 IEC 60034-2-3 (2015)
CDV

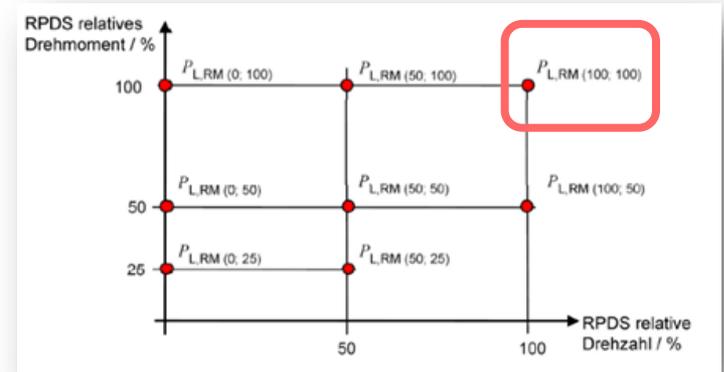


Europäische Norm EN 50598



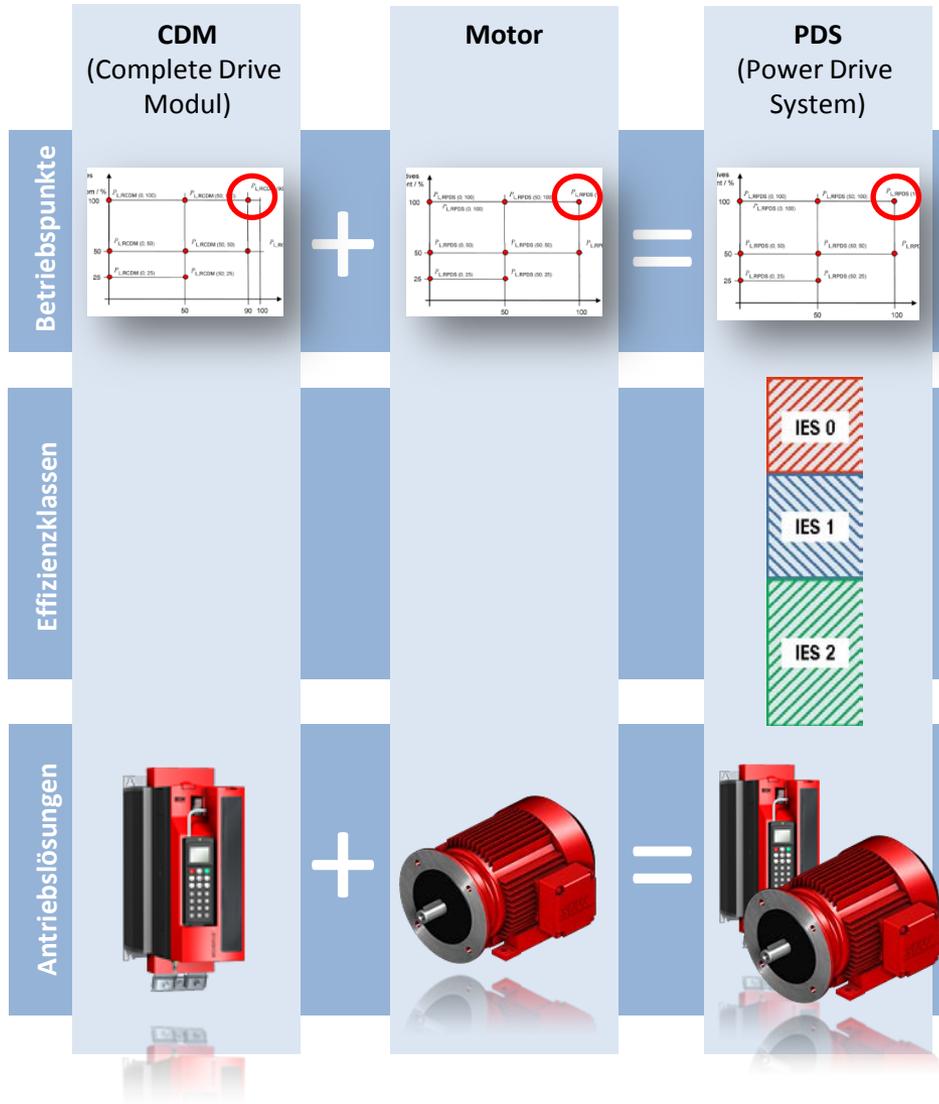
Ermittlung der Verluste eines Power-Drive-Systems:

- Die Addition der absoluten Verluste des CDM, des Motors und der zusätzlich anfallenden Hilfseinrichtungen (Eingangsdrossel, Kabel, etc.) ergeben die absoluten Verluste eines PDS
- Ermittlung der Verluste in 8 Betriebspunkten



- Die Effizienzklassen der Antriebssysteme beziehen sich auf 100% Last

Europäische Norm EN 50598

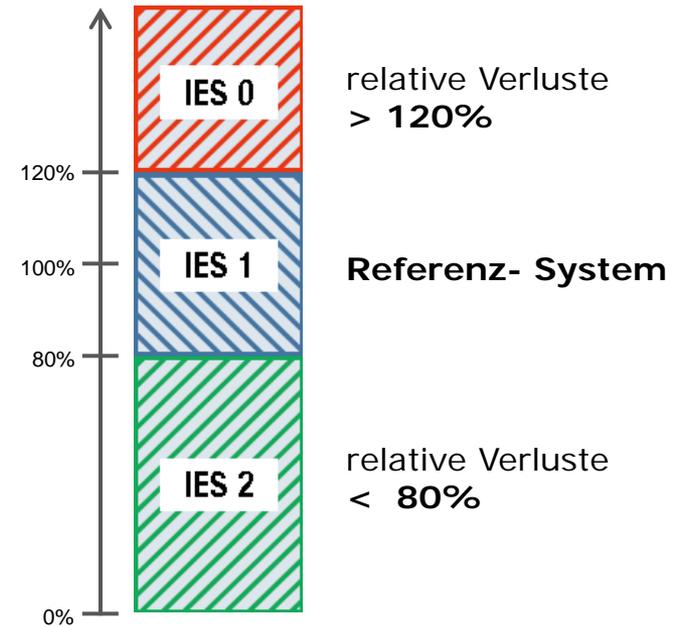


IES-Klassen für Systeme

System- Wirkungsgrad
EN 50598 (Teil 2)

→ Effizienzklassen IES0, IES1, IES2

Verluste des betrachteten Systems im
Bezug zu einem Referenzsystem
(PDS = **P**ower **D**rive **S**ystem)





Komponenten

Stellhebel der Energieeffizienz

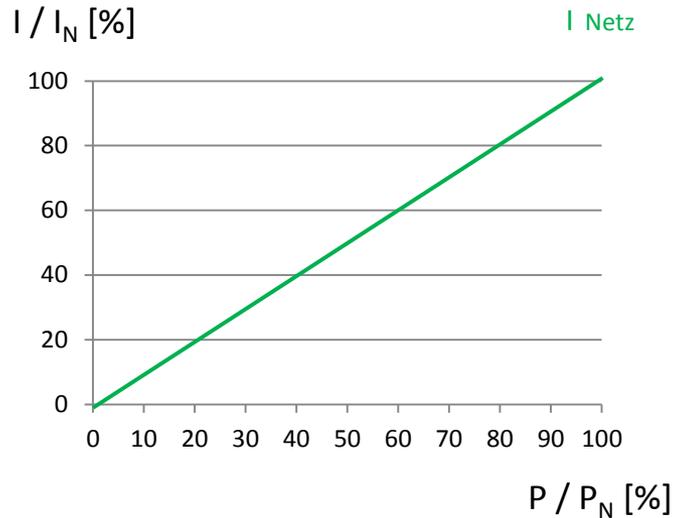
Energiesparen mit Antriebssystemen — Einflüsse auf die Verluste im Antriebssystem

	Drehmoment- (Strom) Abhängigkeit	Drehzahl- (Ausgangsfrequenz) Abhängigkeit	Einflussgrößen neben Moment, Drehzahl
Getriebe	Verzahnungsverluste	Plansch-Verluste, Lager-Verluste, Dichtungsverluste	Einlegeart Bauform Temperatur
Motor	Eisenverluste Stromwärmeverluste	Mechanische Verluste	PWM-Frequenz
Motorkabel	Ohmsche-Verluste		Kabellänge Kabeltyp PWM-Frequenz
Frequenz- Umrichter	Gleichrichter-Verluste Zwischenkreis-Verluste Wechselrichter-Verluste	Wechselrichter-Verluste	PWM-Frequenz

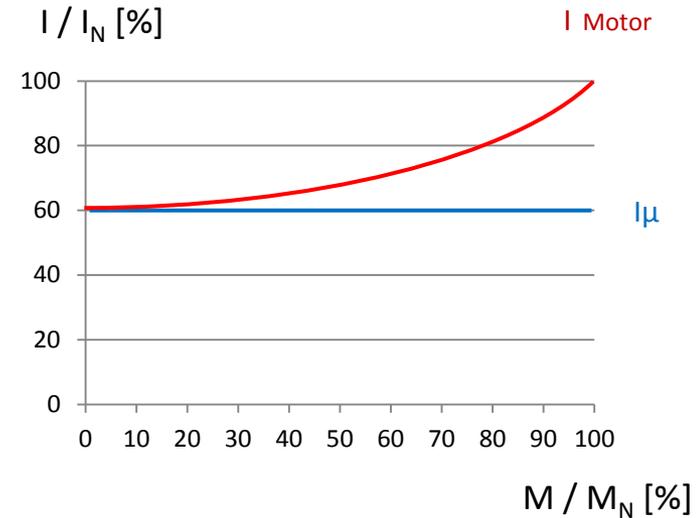
**Die System-Verluste ergeben
sich aus den Einzelverlusten
und deren Wechselwirkungen**

Prozess-Wirkungsgrad Umrichteraufstellung

Verhältnis von Netz- und Motorstrom bei Frequenzumrichterbetrieb von ASM
(vereinfacht); $\cos\phi_{\text{Motor}} = 0,8$



Netzstrom = $f(P)$ ($M * \omega$)



Motorstrom = $f(M)$

Da der Motorstrom meist höher als der Netzstrom ist, empfiehlt sich aus energetischer Sicht eine möglichst motornahe Aufstellung

Prozess-Wirkungsgrad Getriebe

Der Wirkungsgrad von Getrieben wird beeinflusst von der Abdichtung zwischen Motor und Getriebe sowie den **Verlusten innerhalb des Getriebes**

- Je höher die eintreibende Drehzahl desto höher die Verluste in den Lagern und die Planschverluste im Öl
- Die richtige Ölmenge und Ölsorte sorgt für minimale Verluste und langen verschleißarmen Betrieb
- **Pauschalangaben:** die wichtigen Einflussfaktoren finden nur ansatzweise Berücksichtigung (Wirkungsgrade pro Untersetzungsstufe)

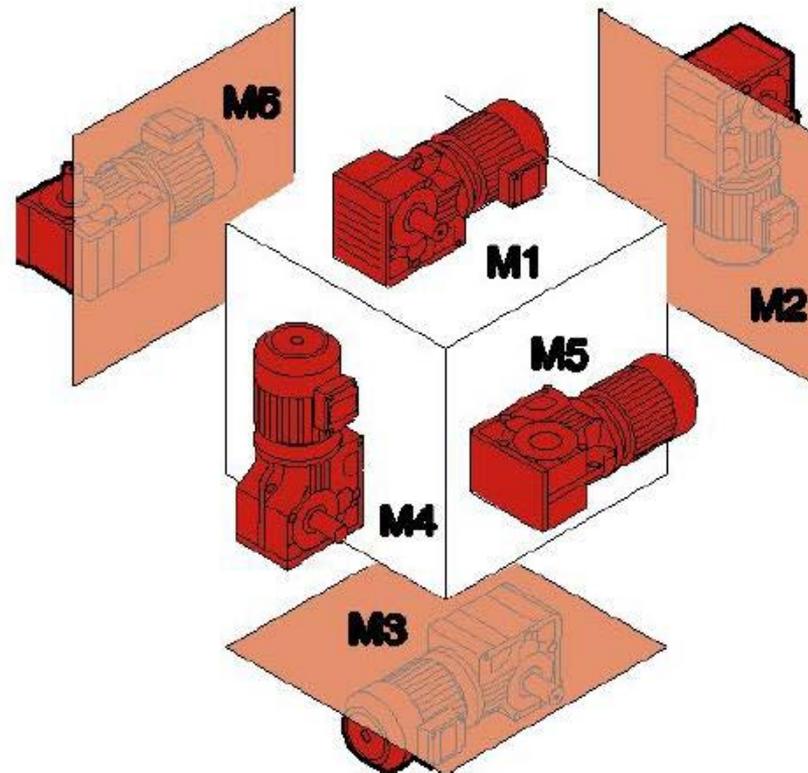
Kennwert pro Stufe			
Getriebeart	Stirrad	Kegelrad	Schnecke
max. Untersetzung	ca. 7	ca. 5	ca. 50
Wirkungsgrad	ca. 98 %	ca. 98 %	ca. 50 ... ca. 96 %

Quelle: „Energiesparen mit elektrischen Antrieben“, ZVEI Broschüre, April 2006

Prozess-Wirkungsgrad Einbaulage Getriebe

Auswirkung der Getriebeeinbaulage auf den Wirkungsgrad:

M1	
M2	
M3	
M4	
M5	
M6	



Prozess-Wirkungsgrad

Kraftübersetzung

- In vielen Fällen kommen zusätzliche Riemen oder Ketten zum Einsatz
- Keilriemen sollten wegen des etwas niedrigeren Wirkungsgrades vermieden werden
- Bei Ketten ist besonders auf gute Schmierung zu achten

Kennwert				
Getriebeart	Flachriemen	Keilriemen	Zahnriemen	Kette
max. Untersetzung	5	8	8	6
Wirkungsgrad	96 ... 98 %	92 ... 94 %	96 ... 98 %	96 ... 98 %

Reduktion des Lastmoments durch Einsatz von starren Übertragungsgliedern

- Die Kraftübertragung erfolgt idealer Weise mittels starrer Kupplung
- Es treten praktisch keine weiteren Verluste auf

Prozess-Wirkungsgrad

Kundenanwendung

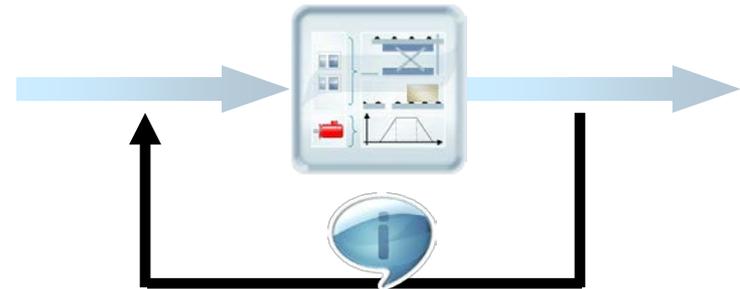
■ Reibung minimieren

- z.B. von Gleitreibung zur Rollreibung



■ Regeln statt Steuern

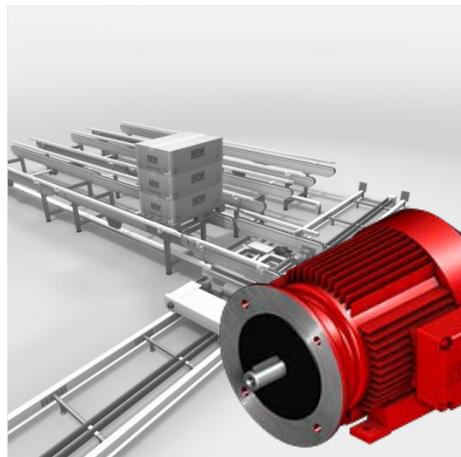
- tatsächlicher Energiebedarf ermitteln und regeln
- z.B. Bedarfsgerechte Druckluftherzeugung



■ Prozesse abschalten

- Muss das Band durchgehend laufen, auch wenn nichts darauf liegt?

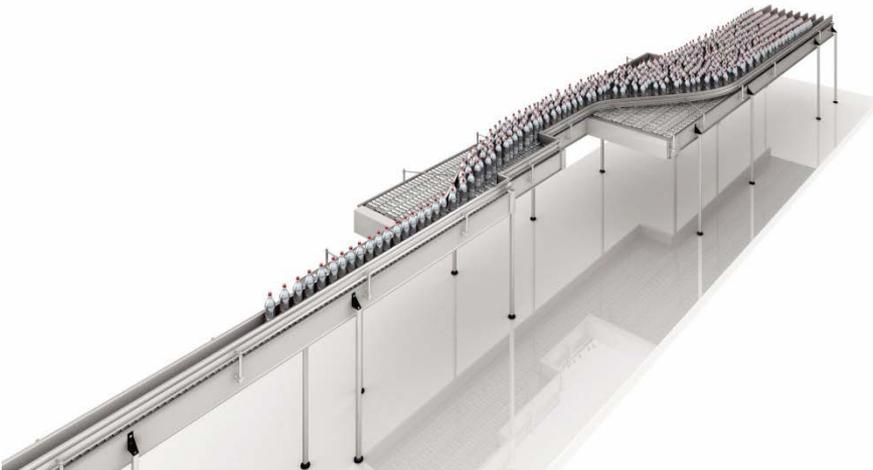




Theorie und Praxis

Den Unterschied zwischen Theorie und Praxis
beschreibe ich gerne mit Einkaufsliste und Kassenbon

Praxis: Realisierung Kundenanforderung



- Auslegung auf Maximalanforderung + Reserve
- Durch Baukastenprinzip Einsatz von gleichen Antrieben bei unterschiedlichen Förderstrecken
 - kurz – lang



- horizontal – steigend

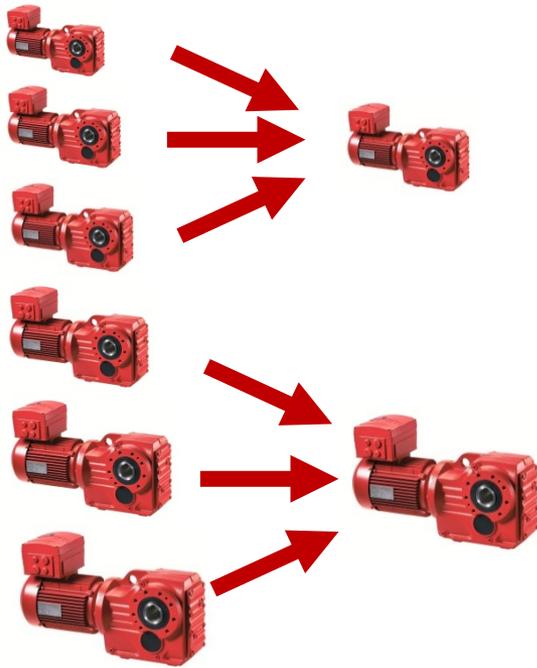


- Preisdruck; die Entscheidung für ein System fällt oft im Einkauf



Praxis: OEM-Vorgehensweise

Paketbildung bzw. Reduzierung der Typenvielfalt:
Motorgrößen, Übersetzungsstufen, Getriebetypen



Vorteile:

- Reduzierung der Typenvielfalt und der Getriebeübersetzungen -> Baukastenprinzip
- Service / Lagerhaltung / Materialwirtschaft

Nachteile:

Betrieb außerhalb des optimalen Wirkungsgradbereiches!

- Überdimensionierung der Antriebe
- Betrieb außerhalb des optimalen Drehzahlbereichs

Praxis:

Vergleichsmessung IE1 versus IE4-Antrieb

	Originalantrieb	Energiesparantrieb
Bauart	Movimot Antrieb mit Asynchronmotor mit Schneckengetriebe	Mechatronisches Antriebssystem (Motor, Stirnradgetriebe und Elektronik in einem Gehäuse)
Baureihe	DT-/DV-Getriebemotor	MOVIGEAR® B
Bestellbezeichnung	SA67 DV100L4,MM3X	MGFAT4-DSM-DAC-B/ECR/IV
Details	$P_{\text{Mot}}=3\text{kW}$ (400V / 6,6A), $i=7,56$, $n_1=1400\text{min}^{-1}$, $n_2=185\text{min}^{-1}$, $M_A=136\text{Nm}$	$U_N=400\text{V}$, $I_N=2,72\text{A}$, $i=10,79$, $n_1=2000\text{min}^{-1}$, $n_2=0,9\dots 182\text{min}^{-1}$, $M_A=75\text{Nm}$



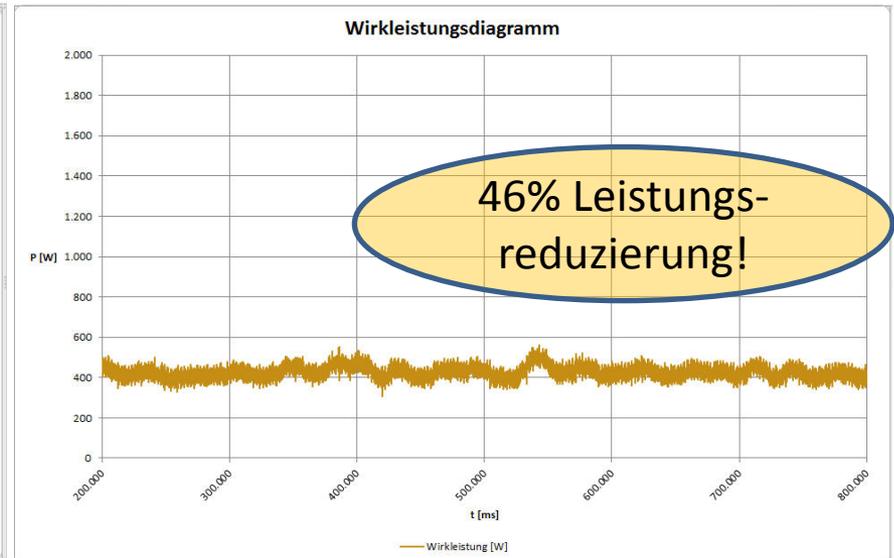
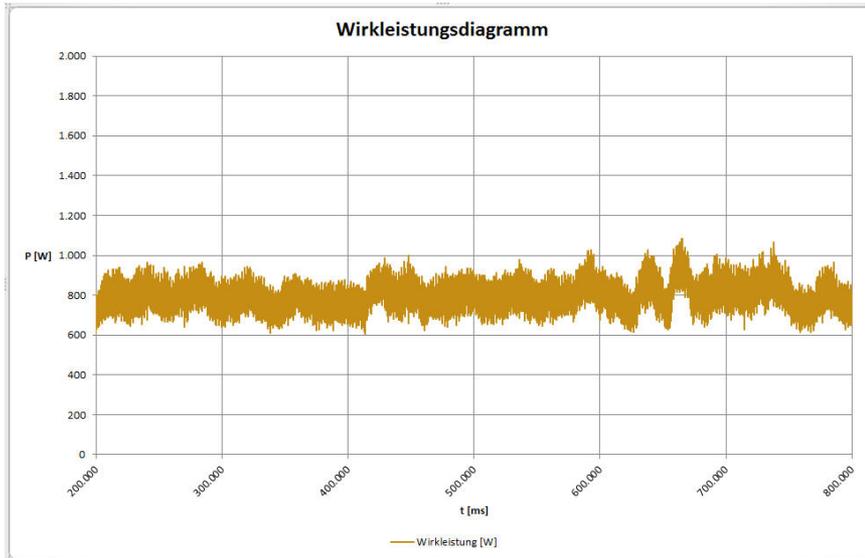
Praxis: Vergleichsmessung IE1 versus IE4-Antrieb

Originalantrieb

Zyklusdauer	600,0	[sec.]	0,17	[h]
Messwerte	Minimum	Mittelwert	Maximum	
Strom	1,2	1,5	1,9	[A]
Spannung	390,7	394,9	397,1	[V]
Wirkleistung	0	795	1.085	[W]
Scheinleistung	-	1.045	1.324	[VA]
Blindleistung	-	677	780	[var]
Powerfactor	-	0,76	0,82	

Energiesparantrieb

Zyklusdauer	500,0	[sec.]	0,14	[h]
Messwerte	Minimum	Mittelwert	Maximum	
Strom	0,7	0,9	1,1	[A]
Spannung	388,2	394,3	395,8	[V]
Wirkleistung	0	430	560	[W]
Scheinleistung	-	606	748	[VA]
Blindleistung	-	426	514	[var]
Powerfactor	-	0,71	0,78	



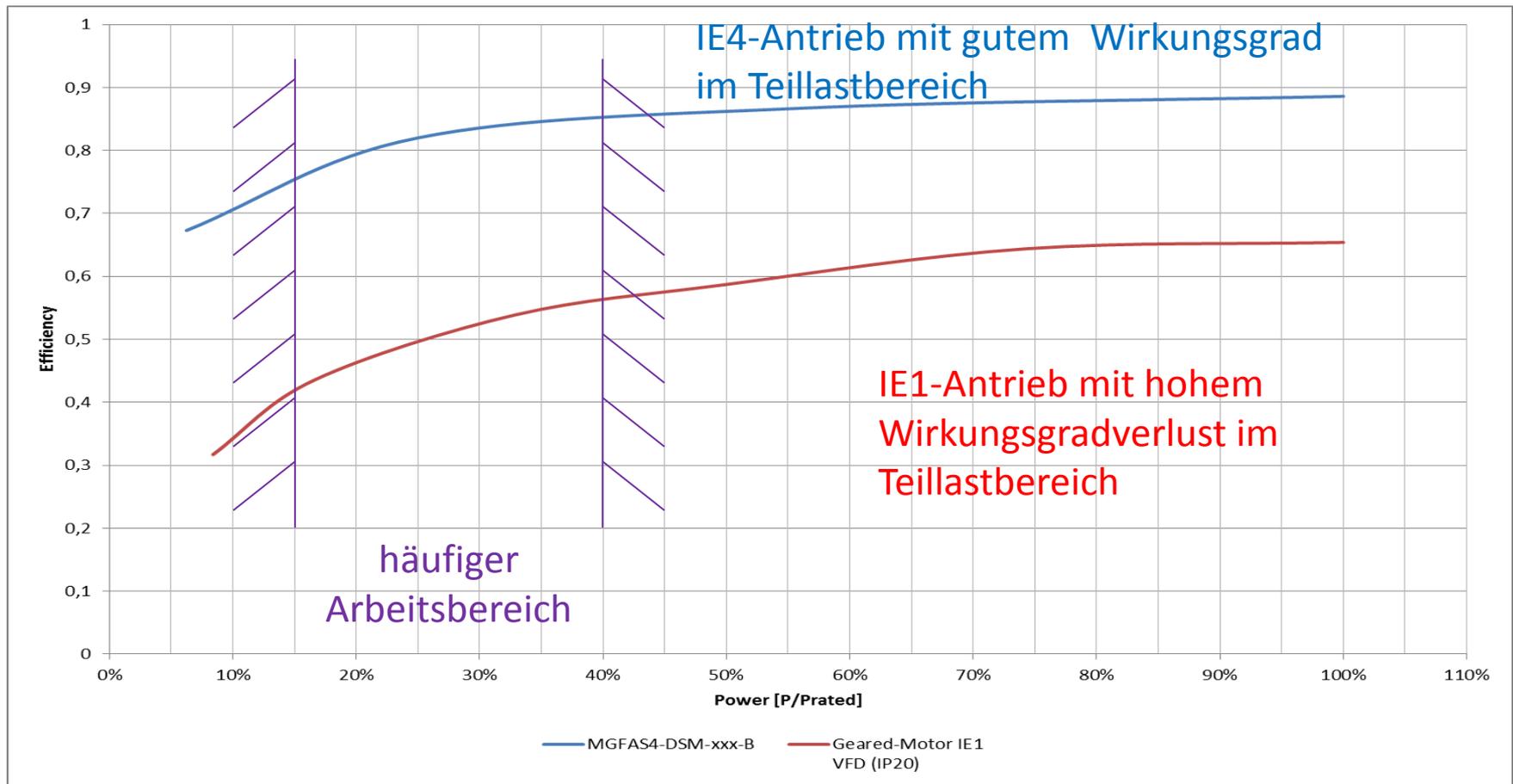
Praxis:

Vergleichsmessung IE1 versus IE4-Antrieb

Auswertung:

- Differenz in der Leistungsaufnahme: 360 W
- Betriebsstunden: 7000 h / Jahr
- Reduzierung Energieverbrauch: 2520 kWh / Jahr
- Energiekosten: 14 cent / kWh
- Jährliche Einsparung: 350 € / Jahr
- Nebeneffekt: Reduzierung der Netzströme um 40%

Antriebslösungen im Vergleich — FU + IE1-Getriebemotor 1,5kW vs. MOVIGEAR®



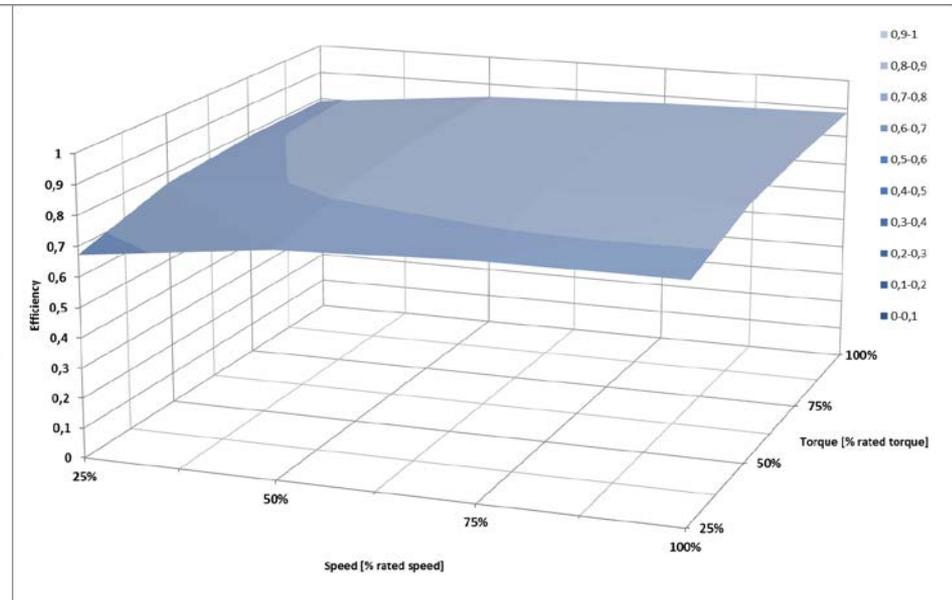
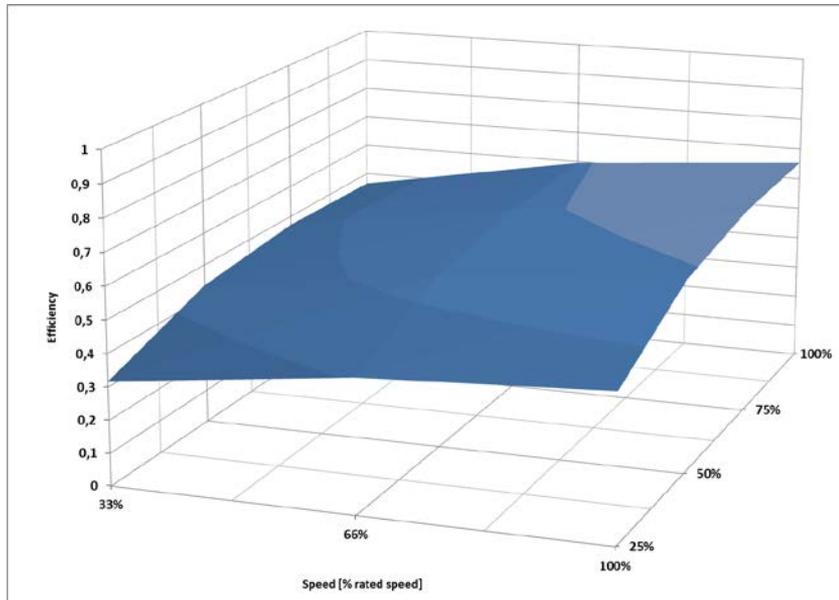
Antriebslösungen im Vergleich — FU + IE1-Getriebemotor 1,5kW vs. MOVIGEAR®



Antriebssystem:
Schaltschrank FU
10m Kabel
1,5kW Schnecken-
Getriebemotor in IE1



Antriebssystem:
MOVIGEAR MGF.4



Schritte zum Erreichen eines energetisch optimalen Antriebssystems:

- Optimale Auslegung der Antriebe mit realistischen Angaben über die Anforderung an die Anlagenteile

Betrieb der Anlagen im Nennbereich und nicht im Teillastbereich

- Verwendung von Komponenten mit optimalem Wirkungsgrad

- Bei der Planung alle an einen Tisch: OEM / Technik / Einkauf / Instandhalter

- Abwägung: Mehrkosten Beschaffung ~~Betr~~ Betriebskosten

- Betriebsdatenerhebung: Referenzmessungen durchführen

- Nicht benötigte Anlagenteile abschalten!

Energiemanagementsystem

Ziel: Energiesparlösungen, die sich rechnen

Optimierung des Leistungsbedarfs

$$P_{ab} = \downarrow$$

Optimierung der Komponenten

Prozessoptimierung



MOVIDRIVE®
BGO-BG7



MOVIAXIS®
BGO-BG7



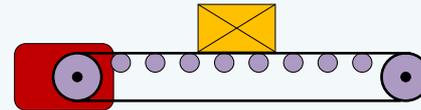
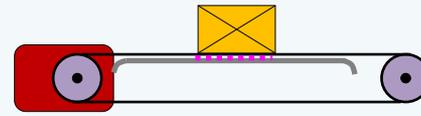
MOVITRAC®
BGO-BG5



MOVIMOT®



MOVIGEAR®
MGF2-MGF4
IE4



effiDRIVE™

VSD / Energy Recycling

Energiesparen mit System(en)

– wie die **EN 50598-2** die Antriebstechnik verändert

Swisslog Kundentag in Augsburg



Dipl.-Ing. Oliver Timmerhues
Anwendungstechnik Energieeffizienz / TCO / Nachhaltigkeit
SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG / Bruchsal