

Energieeffiziente Antriebe/Motoren

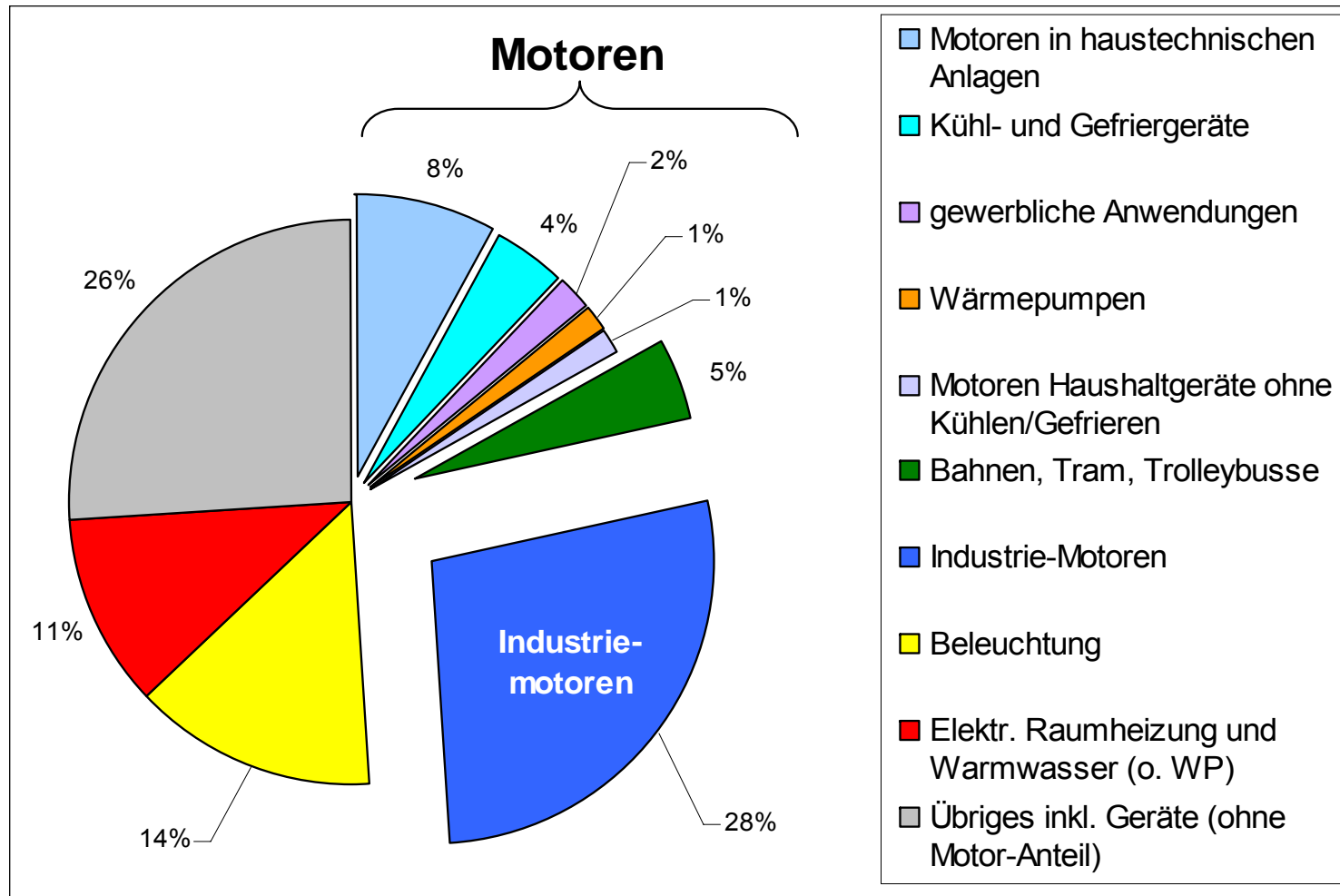
Neuster Stand und Trends

Jürg Nipkow, S.A.F.E., Zürich
Dipl. Elektroingenieur ETH

Elektrische Antriebe

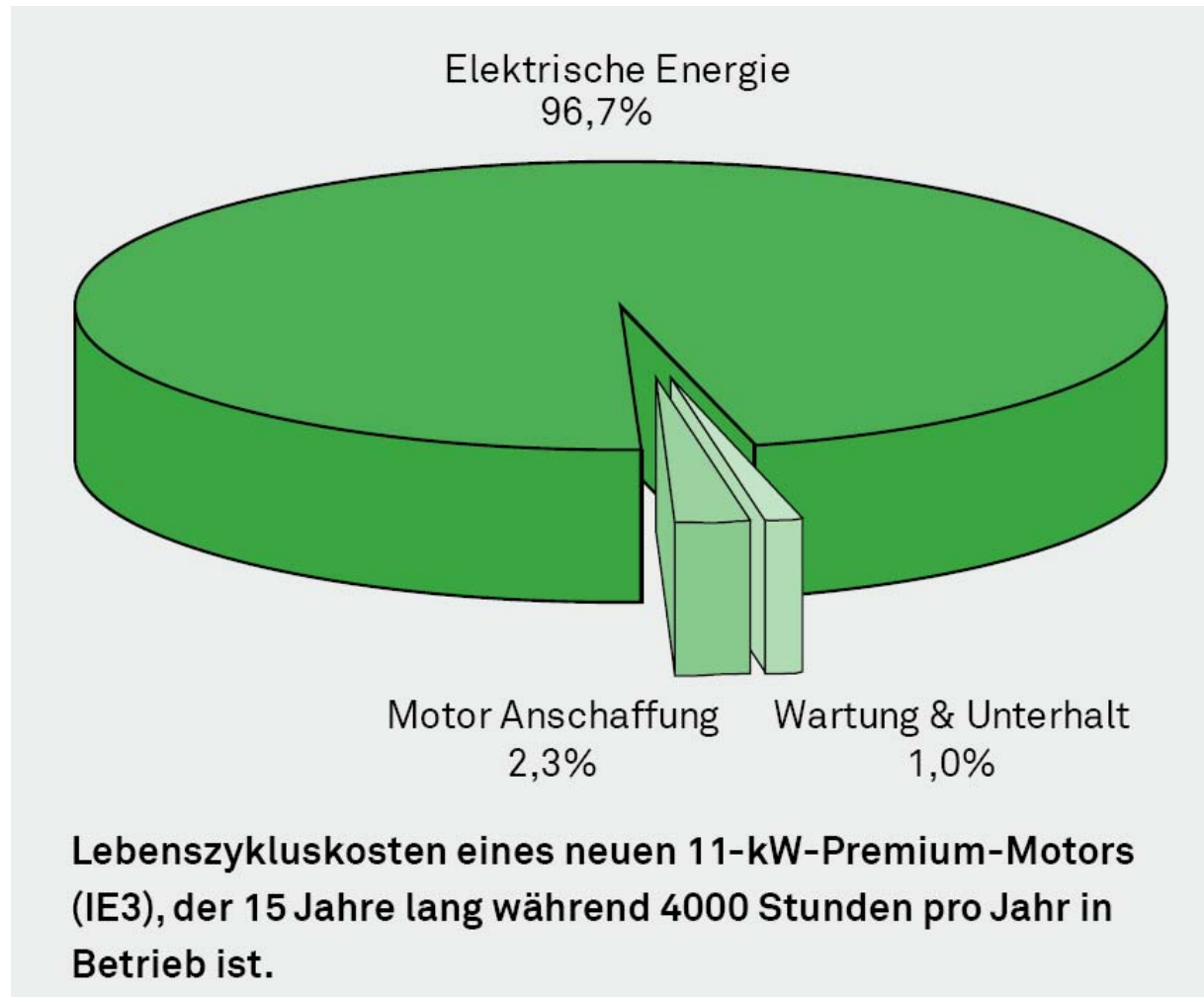


Bedeutung, Verbrauchs-Aufteilung



Den effizientesten Motor kaufen!

4



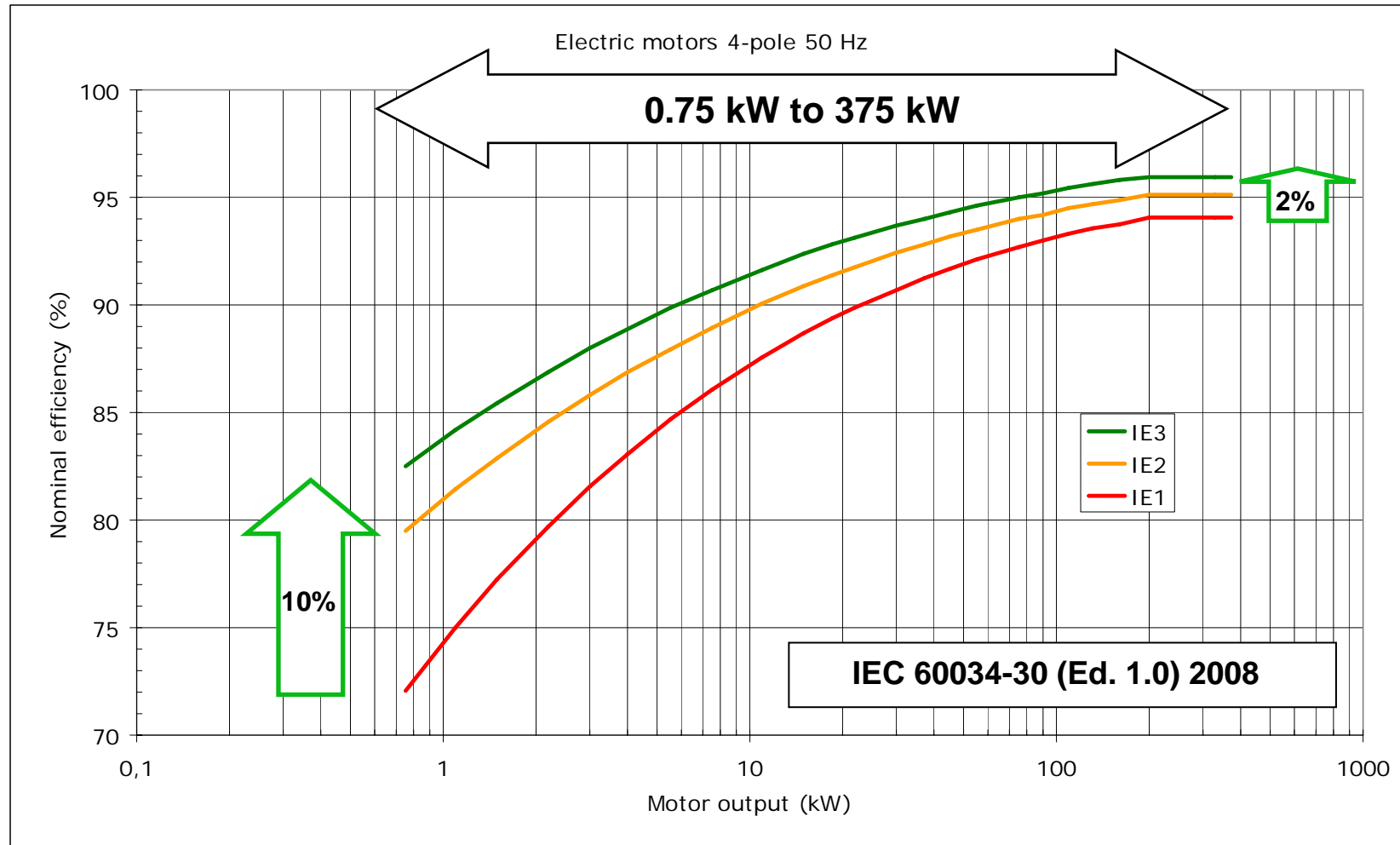
- Wie lange im Vollbetrieb bis Stromkosten = Kaufpreis?
- Motor kostet:
Fr. 2'400
Strom:
Fr./kWh 0.10
- 2000 h, 83 Tage
- Mehrpreis IE3 (Premium) ist innert < 1 bis 3 Jahren bezahlt

Wo klemmt's?

1. Überdimensionierung: 2- bis 10-fach, früher Angst vor Verbrennen
2. Wechselnde Lasten – Motor-Wirkungsgrad im Keller!
3. Lecks – es pfeift und zischt (Lüftung, Druckluft)!
4. Unnötig grosse Volumenströme – unklare Nutzeranforderung
5. Zu hohe Mediengeschwindigkeit (3. Potenz) – Rohr/Kanal zu klein
6. Zu hohe Widerstände Luft und Wasser – Armaturen, W'tauscher
7. Betrieb ohne Nutzen (BoN) – kein Nutzer da!
8. Uralte Antriebssysteme – er läuft ja, wieso ändern!
9. Niemand im Betrieb interessiert/zuständig/kompetent

Lebenszyklus Kosten – ein Fremdwort

IEC Energie Effizienzklassen



Ecodesign Direktive Europa

7

Mindestvorschriften für Motoren

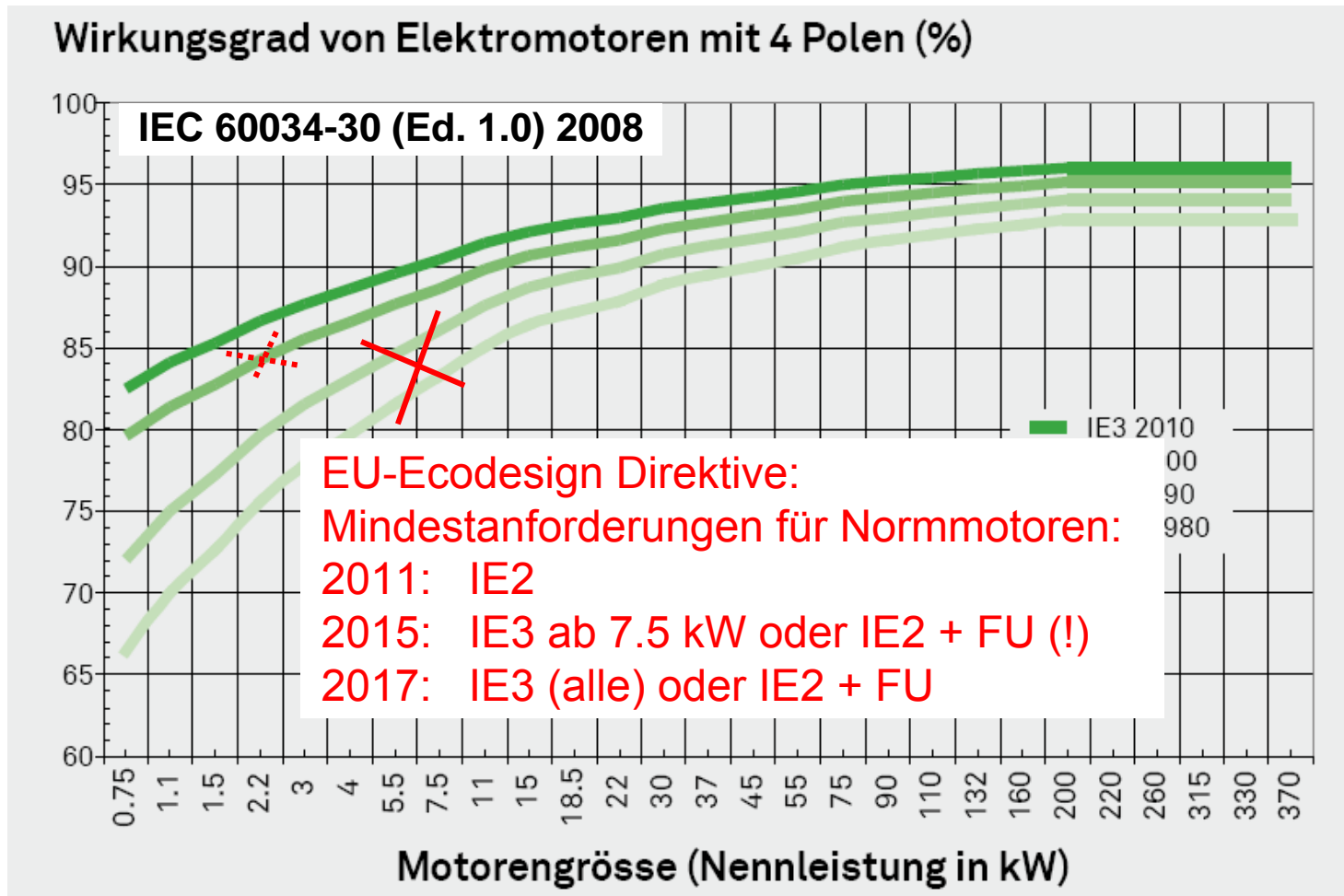
- IEC-Normmotoren (0.75 – 375 kW_m)
 - 2011 IE2
 - 2015 IE3 (ab 7.5 kW – 375 kW) oder IE2+FU
 - 2017 IE3 (ab 0.75) oder IE2+FU

Schweizer Gesetz (Energieverordnung)

ab 2010: IE1,
2011: IE2

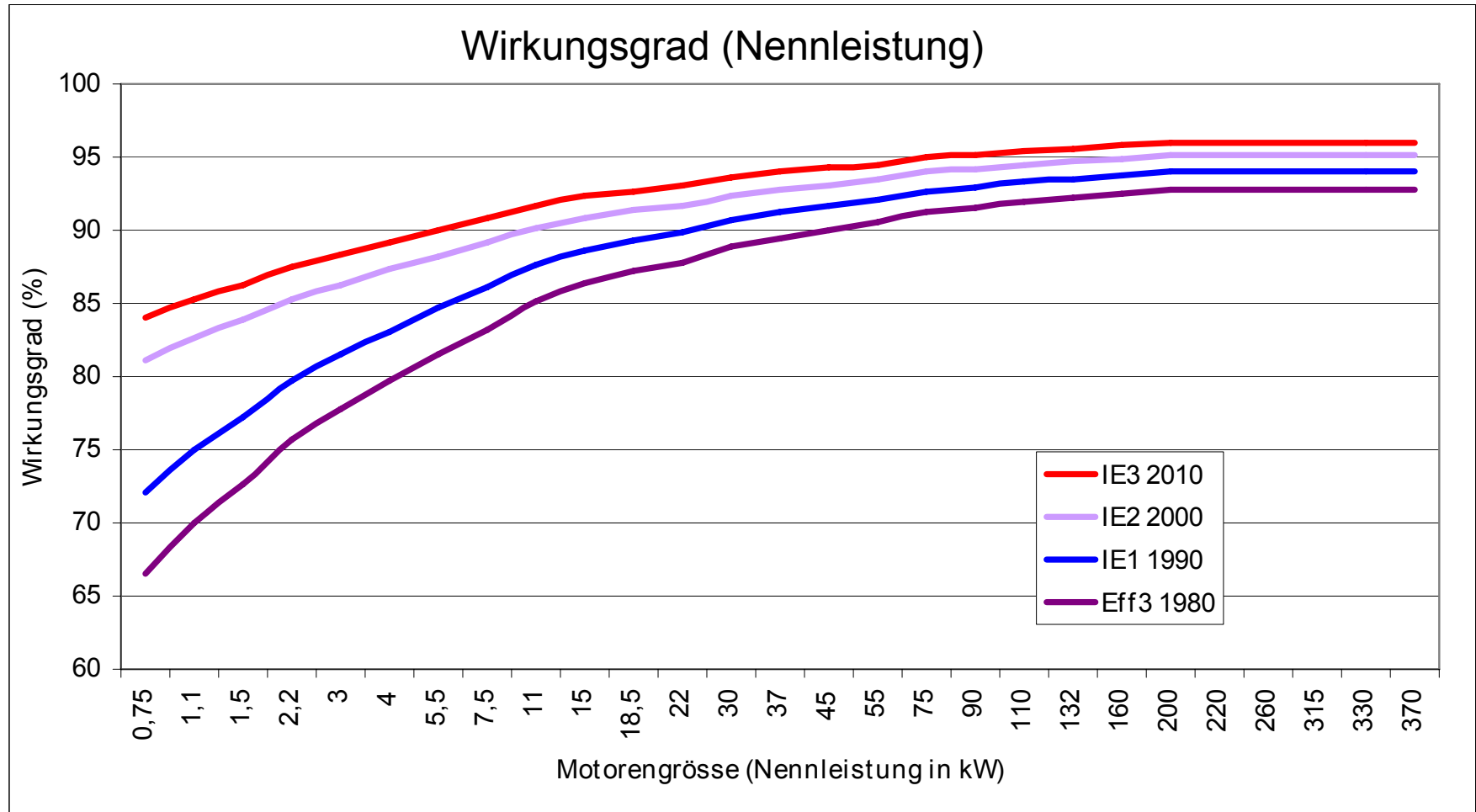
(weiter: Ecodesign-Übernahme vorgesehen)

IEC Effizienzklassen Normmotoren



- IE3: US Premium, noch wenig auf dem EU-Markt
- IE2: alt Eff1
- IE1: alt Eff2
- IE1 + IE2 bald nicht mehr Markt-zugelassen (Ecodesign...)

Motoren-Alter und Wirkungsgrad



Hocheffiziente Normmotoren

7) Dickere Wicklungsdrähte im Stator reduzieren den ohmschen Widerstand und damit die Stromwärmeverluste. Dies ist die wichtigste Massnahme für hohe Effizienz.

1) Dünnere Bleche vermindern die Wirbelstromverluste

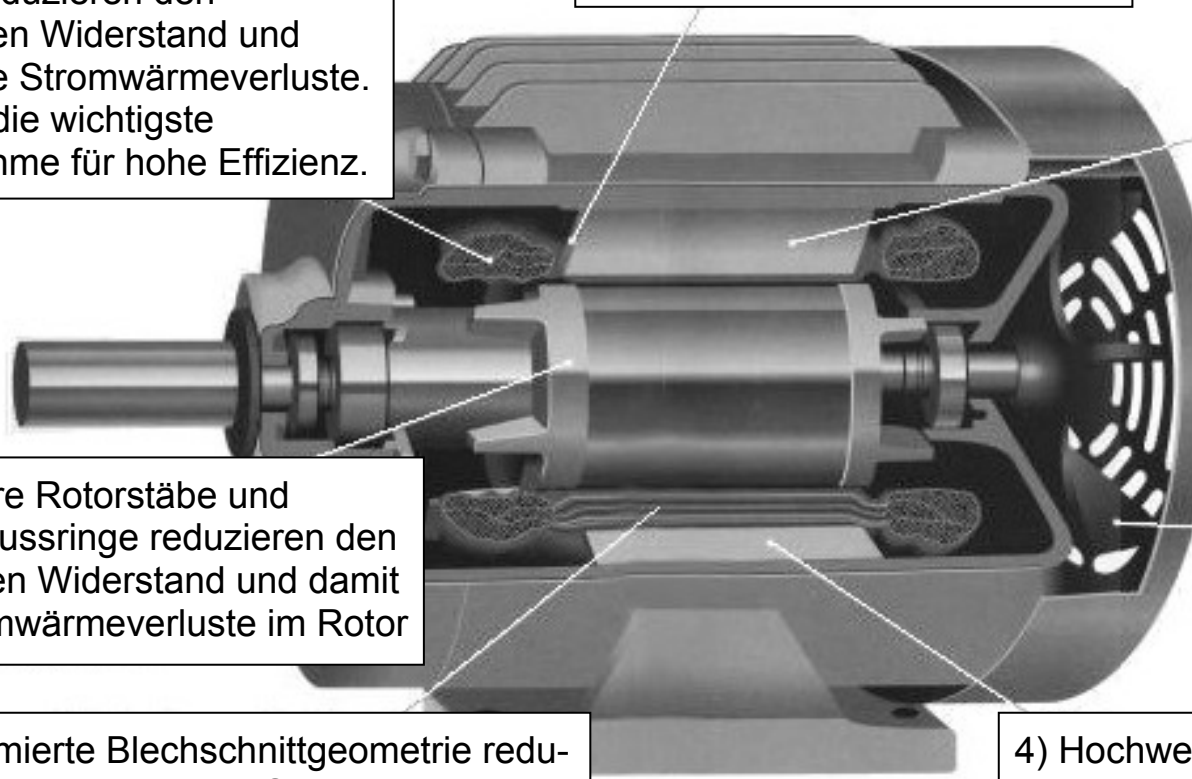
2) Längerer Stator ermöglicht eine geringe magnetische Flussdichte und somit geringe Wärmeverluste im Eisen. Zusätzlich kann mehr Wärme ans Gehäuse abgeführt werden.

6) Dickere Rotorstäbe und Kurzschlussringe reduzieren den ohmschen Widerstand und damit die Stromwärmeverluste im Rotor

3) Optimierte Flügelform des Lüfterrades fördert mehr Kühlluft und braucht weniger Antriebsleistung

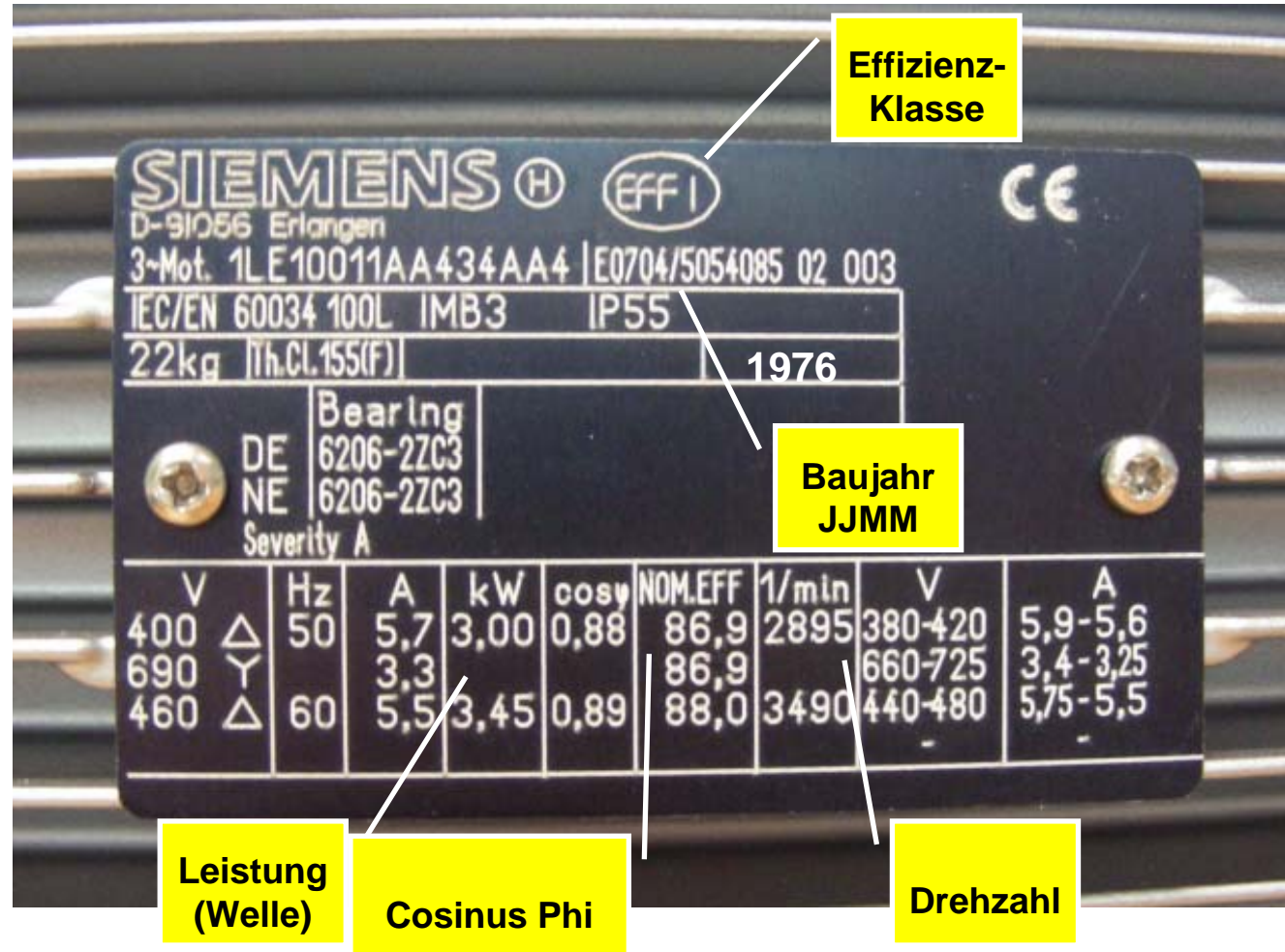
5) Optimierte Blechschnittgeometrie reduziert die magnetischen Streuverluste und bietet mehr Platz für die Statorwicklung

4) Hochwertiges Blechmaterial reduziert die Hystereseverluste



Quelle: NYSERDA 2006, Übersetzung: R. Gloor

Informationsquelle Typenschild



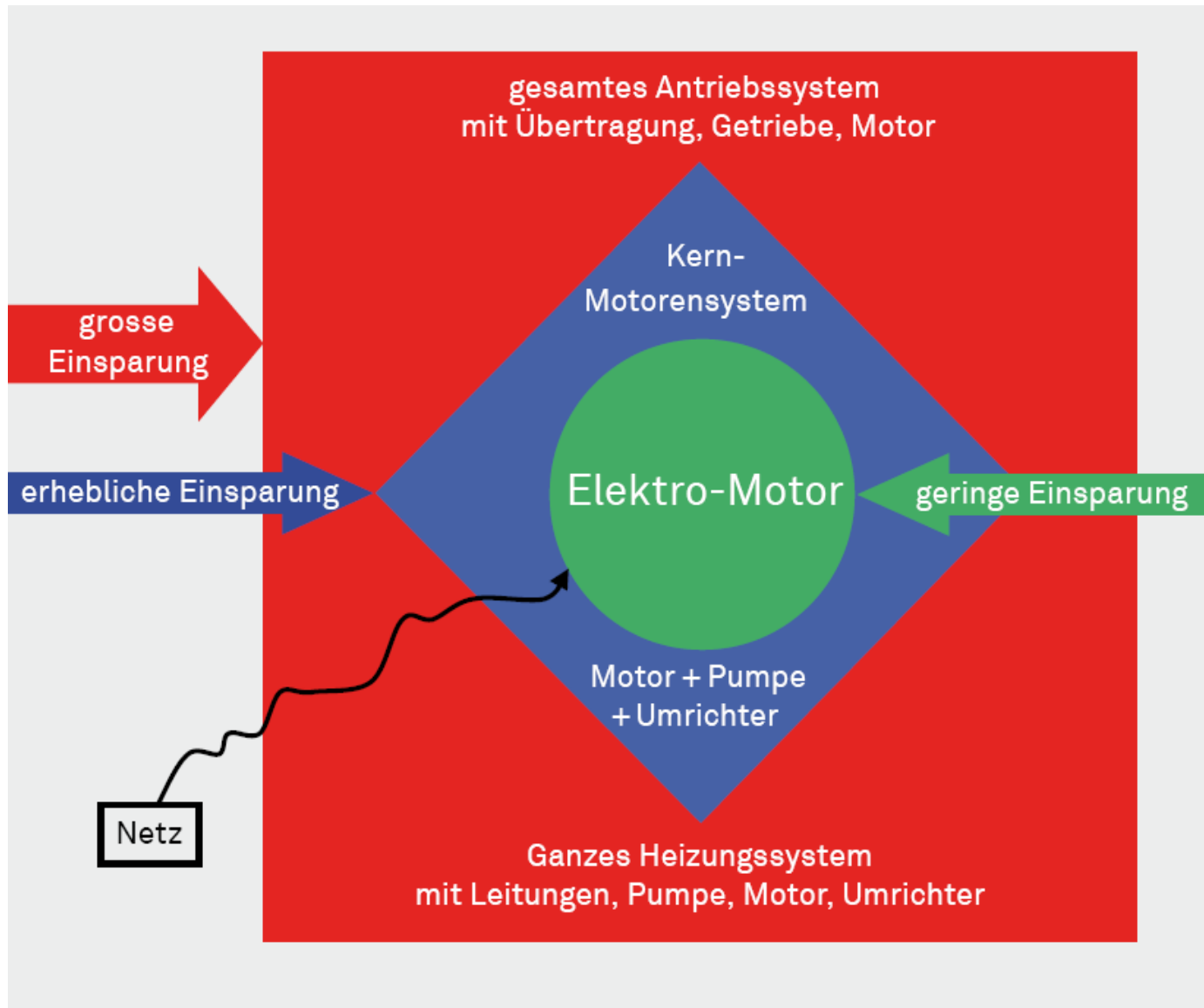
Wirkungsgrad lässt sich berechnen, wenn nicht deklariert:

$$\eta = P_{\text{Welle}} / P_{\text{elektr}}$$

$$\eta = P_2 / (U * I * 1.73 * \cos \varphi)$$

Antrieb als System betrachten

12



Gelegenheit
für System-
betrachtung
nicht
verpassen!
(Reparatur,
Änderung,
Neuplanung)

Beispiel Systemansatz

Massnahme	Energieeinsparung
Alle Motoren durch solche mit höherem Wirkungsgrad, evtl. kleinerer Leistung ersetzen	5%
Steuerung bedarfsabhängig optimieren	25%
Drehzahlregelung im Teillastbereich	15%
Systemoptimierung: Wärmelasten vermindern! Sonnenschutz, neue Beleuchtung, Ausschalt-Management für Betriebseinrichtungen. Dazu Free-Cooling.	50%
Total-Systemsanierung (nach Vermindern der Wärmelasten): Umbau auf reine Lüftungsanlage mit minimalen, bedarfsabhängigen Luftmengen; evtl. z.T: Wärmeabfuhr mit Wasser	90%



Kälteerzeugung für Klimaanlage

Topmotors Vorgehen

- Zweistufiger Motor Check
- Ergebnisse: Investitionsplan und Unterhaltskonzept
- Software-Tool für effiziente Antriebe SOTEA zum Einstieg bei der Firmen-Geschäftsleitung

Grobanalyse:
Stromverbrauchs-Profil Tag/Woche/Jahr,
Motoren-Liste, 1-2-3 Check mit
„Intelligenter Liste“ ILI

Feinanalyse:
Verbrauchsanalyse einzelner Antriebe,
Messung wichtiger Motoren/Systeme,
Einzelmassnahmen

- Investitionsplan mit Kosten-/ Nutzenanalyse für Massnahmen
- Präventives Unterhaltskonzept

Software-Tools

15

SOTEA

**Software Tool zur
Potenzialabschätzung**

Fachlicher Dialog mit Betriebsleitung

Input:

**Gesamtverbrauch Elektrizität
Betriebskenndaten: Schichten, Alter**

Output:

**Motorenverbrauch, Ersatzpotenzial,
Payback**

ILI

Intelligente Motorenliste

**Liste aller (wichtiger)
elektrischer Motoren**

**Input: Alter, Leistung, Funktion,
Betriebsstunden, FU**

Output:

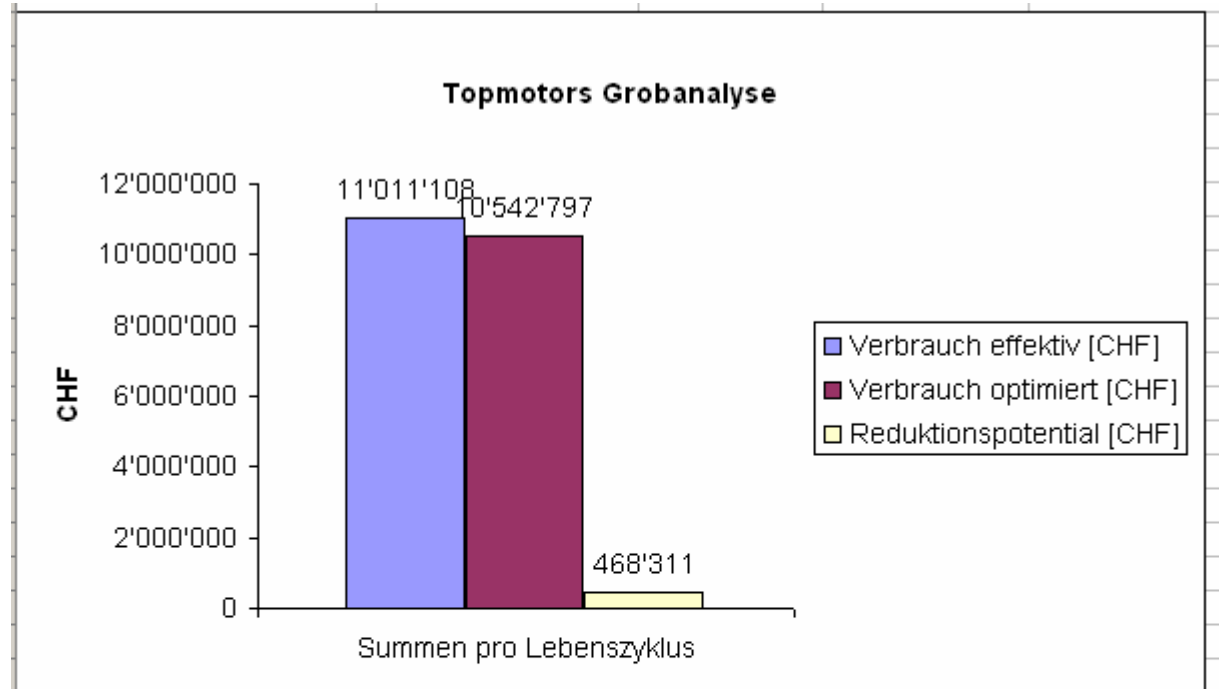
Drei Dringlichkeitsklassen

Beispiel ILI

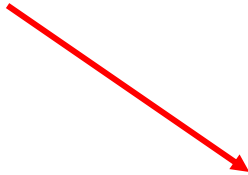
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	T
topmotors.ch Effizienz im Antrieb		Intelligente Motorenliste (ILI)												
Anlage:		Chocolats Halba				Markers ein/aus				Details ein/aus				
BearbeiterIn:		Markus Disch								Beispielzeile ein/aus				
Bearbeitungsdatum:		01.07.2009												
Basisinformationen													Ausgabeteil	
Nr	Anlagenbezeichnung	Motorbezeichnung	Hersteller	Prioritäten	Baujahr	Alter	Betriebsstunden	Anwendung*	FU vorhanden*	mech. Nennleistung	Lastfaktor	Polzahl*	Effizienzklasse*	Dringlichkeitskategorien
						[a]	[h/a]			[kW]	[%]			
1	Fw/W 12 Linie A	Walzenmotor	Oerlikon	1	1980	29	2000	Walzenantrieb	nein	90	58	4		genauer überprüfen
2	Fw/W 13 Linie A	Walzenmotor	Oerlikon	1	1980	29	2000	Walzenantrieb	nein	90	58	4		genauer überprüfen
3	Fw/W 14 Linie A	Walzenmotor	Oerlikon	1	1980	29	2000	Walzenantrieb	nein	90	58	4		genauer überprüfen
4	Stahlband 2	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
5	Stahlband 3	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
6	Stahlband 4	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
7	Fw/W 21 Linie B	Walzenmotor	Oerlikon	1	1994	15	2000	Walzenantrieb	ja	90	58	4		keine Vorkehrungen nötig
8	Fw/W 22 Linie B	Walzenmotor	Oerlikon	1	1980	29	2000	Walzenantrieb	nein	90	58	4		genauer überprüfen
9	Fw/W 23 Linie B	Walzenmotor	Oerlikon	1	1980	29	2000	Walzenantrieb	nein	90	58	4		genauer überprüfen
10	Stahlband 2	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
11	Stahlband 5	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
12	Stahlband 6	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
13	Fw/W 1	59B4	Oerlikon	1	1989	20	1500	Walzenantrieb	nein	63	53	4		genauer überprüfen
14	Fw/W 2	C159az4	Oerlikon	1	1989	20	1500	Walzenantrieb	nein	63	53	4		genauer überprüfen
15	Fw/W 3	C159az4	Oerlikon	1	1989	20	1500	Walzenantrieb	nein	63	53	4		genauer überprüfen
16	Stahlband 1	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
17	Stahlband 2	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
18	Steigband 3	R83DT100L-4Z	SEW	3	1994	15	1500	Transportband	nein	3	40	4		genauer überprüfen
19	SMP-Mischer	1LA6 223-4AA79Z	Siemens	3	1989	20	1500	Rührwerk	nein	45	49	4		genauer überprüfen
20	PIW 21	1LA6 283-0AB40Z 280M	Siemens	keine	1987	22	3000	Rührwerk	nein	70	54	2		genauer überprüfen
21	PIW 22	1LA6 283-0AB40Z 280M	Siemens	keine	1987	22	3000	Rührwerk	nein	70	54	2		genauer überprüfen
22	Conche 11	M2BA 315MLA 8 B3	ABB	3	2002	7	5000	Rührwerk	ja	110	60	4		genauer überprüfen
23	Conche 12	KA7315M-HB019-Z	Frissa	3	1994	15	5000	Rührwerk	nein	115	60	4		genauer überprüfen
24	Conche 13	K 47315M-HB019-Z	Frissa	3	1994	15	5000	Rührwerk	nein	115	60	4		genauer überprüfen

ILI-Grobauswertung

- Trotz vieler alter Motoren nur bescheidenes Sparpotenzial durch reinen Motorenwechsel.
- Interessant: mit nur 7 neuen IE3-Motoren kann die Hälfte des Potenzials realisiert werden.



Grob- und Feinauswertung				
Startnummer	1		Endnummer	74
	Motoren Stück	Leistung kW	Elt. verbrauch kWh/a	Einsparpotenzial CHF/LC
Beste 10%	1	120	393'753	50'817
Bester Drittel	5	464	1'879'020	180'557
Hälfte	7	614	2'579'213	253'540
Alle	74	1'418	4'682'757	468'306



(Energie-) Risikofaktoren erfassen

- Alte Motoren und Anlagen (vor 1990), ➤ aus ILI
- Keine FU oder alles FU ➤ vgl. ILI
- Drosselklappen bei Pumpen und Ventilatoren
- Schneckengetriebe
- Keilriemen (statt Flach- oder Zahnriemen)



Betriebsoptimierung

- Einfache Massnahmen lassen sich häufig ohne Motorenkenntnisse und ohne Motor Check realisieren:
 1. Betriebszeiten dem effektiven Bedarf anpassen; vor allem bei Haustechnikanlagen:
Leitsystem, Schaltuhren anpassen oder neu einsetzen.
 2. Motorleistung/-drehzahl dem effektiven Bedarf anpassen:
Frequenzumrichter, geeignetes Regelsystem.
Grosse Einsparpotenziale bei Pumpen und Lüftungen, vgl. „Drehzahl regeln statt drosseln“.
 3. Wenn Anlagen-Ersatz/-Erneuerung ansteht: unbedingt Gesamtsystem betrachten! Spezialisten beiziehen.

Lüftungsventilatoren

- Getrennt aufgestellte Motoren: einfach zu kontrollieren (Typenschild) und auszutauschen
- Grund-Drehzahl durch Auswechseln von Pullys anzupassen
- Effizienzpotenzial Drehzahlregelung analog Pumpen
- Flach- und Zahnriemen deutlich effizienter als Keilriemen
- Ventilatoren in Monoblocks
 - Ausschreibung mit Effizienzkriterien
 - Nachweis bzw. Deklaration verlangen



Druckluft – die teuerste Energie!

21

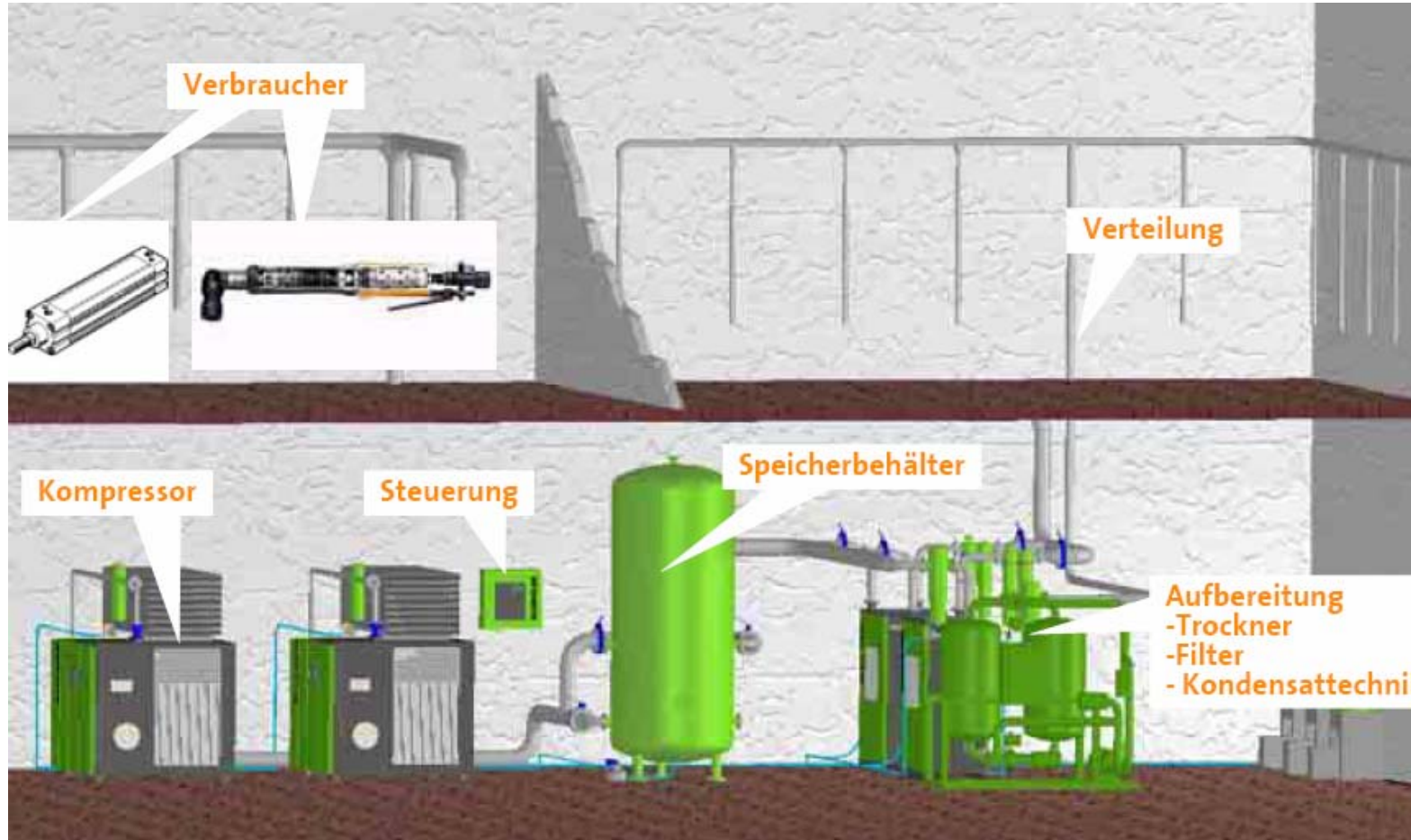
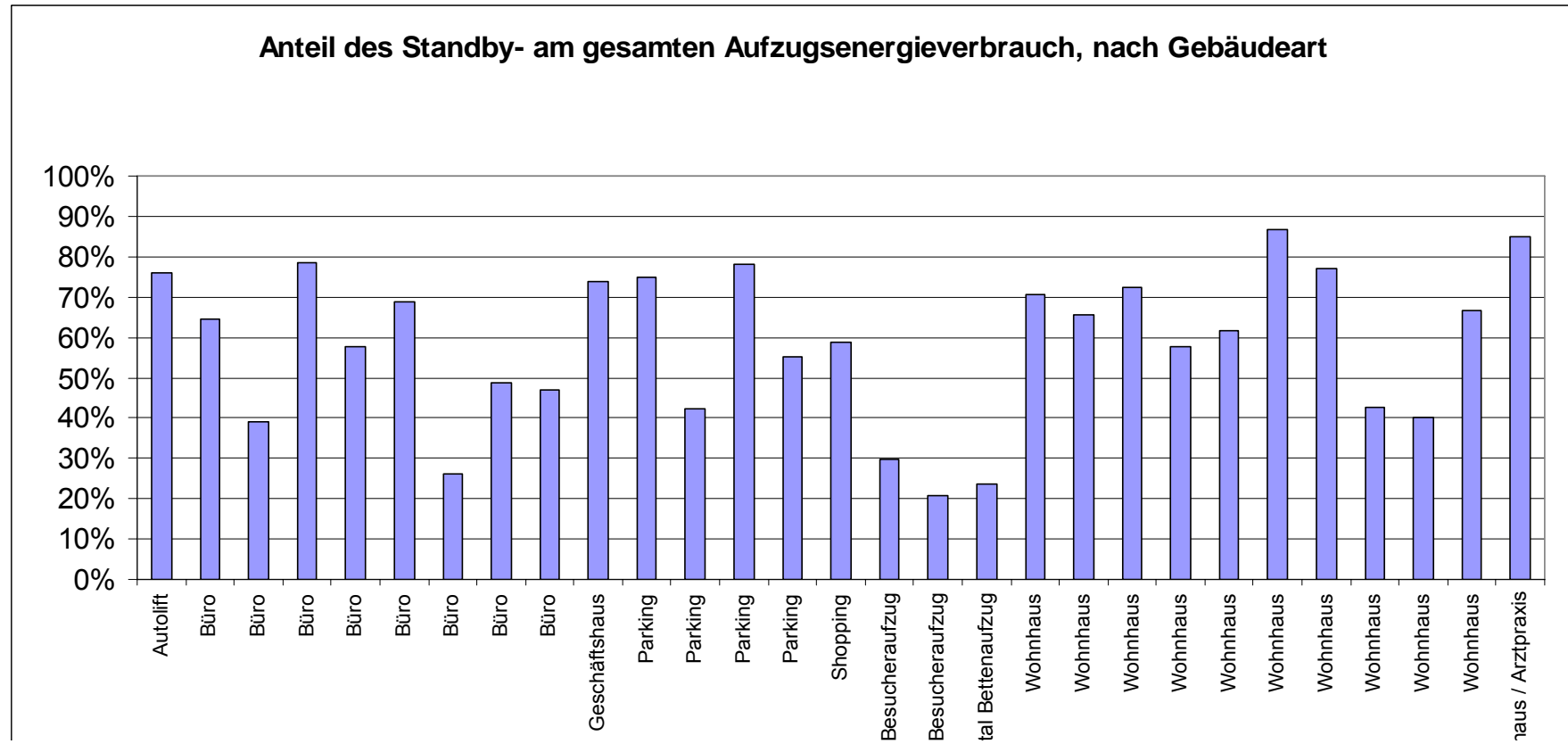


Bild P. Radgen/ Fraunhofer ISI

Effizienzmassnahmen Druckluft

- Unzweckmässige Anwendungen substituieren (z.B. Kühlung, Reinigung, Transport)
- Undichtigkeiten (Lecks) suchen und beheben
- Druckverluste in Leitungen minimieren
- Druckniveau optimieren, ggf. mehrere Netze
- Temperatur der Ansaugluft senken
- Erzeugungssystem optimieren (Kompressortyp, -grösse, Regelung, Trockner, etc.)
- Wartung (Leckprüfung, Filterreinigung, Armaturen-/Steuerungsüberprüfung etc.)
- Abwärmenutzung

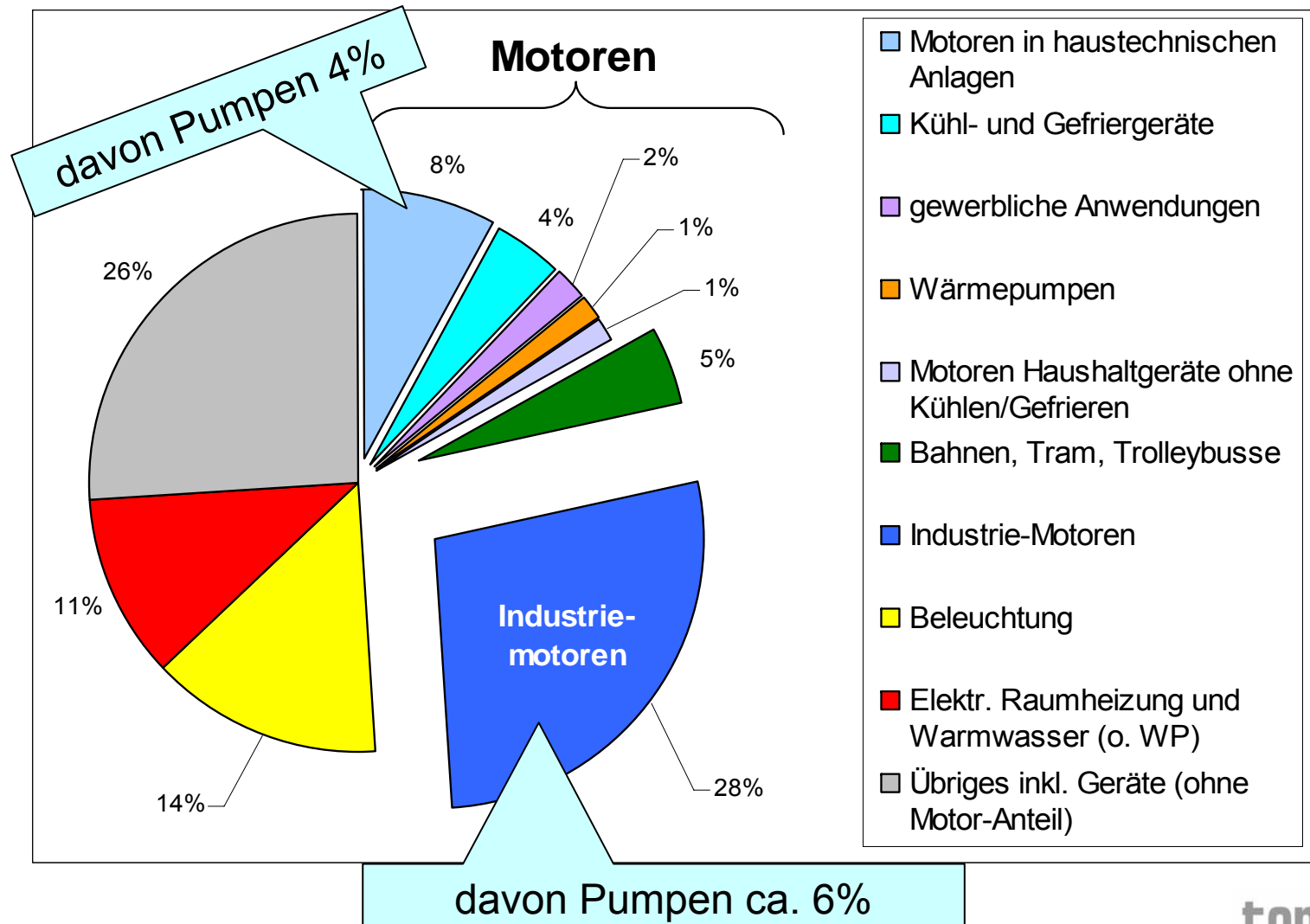
Aufzüge: Achtung Standby



J. Nipkow/ S.A.F.E. 2005

- Maschinen mit kurzen Motorlaufzeiten: Standby / Bereitschaft messen und hochrechnen.

Pumpen: vielfältig, gewichtig



Pumpen: grosse Effizienzpotenziale

25

- Pumpen in industriellen Prozessen:
ca. 6% des Schweizer Stroms.
Oft überdimensioniert, uneffizient.
- Rund 2,5 Mio. kleine/mittlere Umwälz-
pumpen in der Haustechnik
verbrauchen ca. 4% des Schweizer Stroms
Die meisten sind bis 3x überdimensioniert...
 - Sparpotenzial im Mittel über 50%
 - Bei Neuanlagen und Erneuerung wirtschaftlich
 - Hemmnisse: Nichtwissen, Überwälzung der Stromkosten



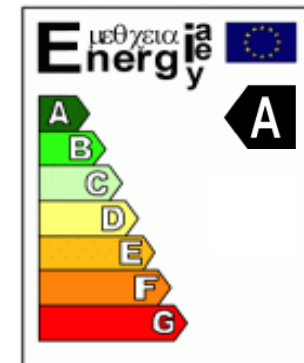
EuP Effizienzvorgaben Pumpen

26

- Haustechnik-Pumpen (Nassläufer bis 2.5 kW): Minimum Energy Performance Standards (MEPS) beschlossen!
Europump-EEI ≤ 0.27 ab 1.1.2013
(Effizienzklasse A), EEI ≤ 0.23 ab 2015
- Industrielle Pumpen: EuP Massnahmen noch in Beratung, zu erwarten:
 - MEPS-Werte unterschiedlich für 5 Bauarten (nach Lager/Kupplung, ein-/mehrstufig, Tauchpumpen) und z.T. 2 Drehzahlen



MEPS als Zulassungsvorschriften,
Bedingung für CE - Zeichen



Europump Energy Label



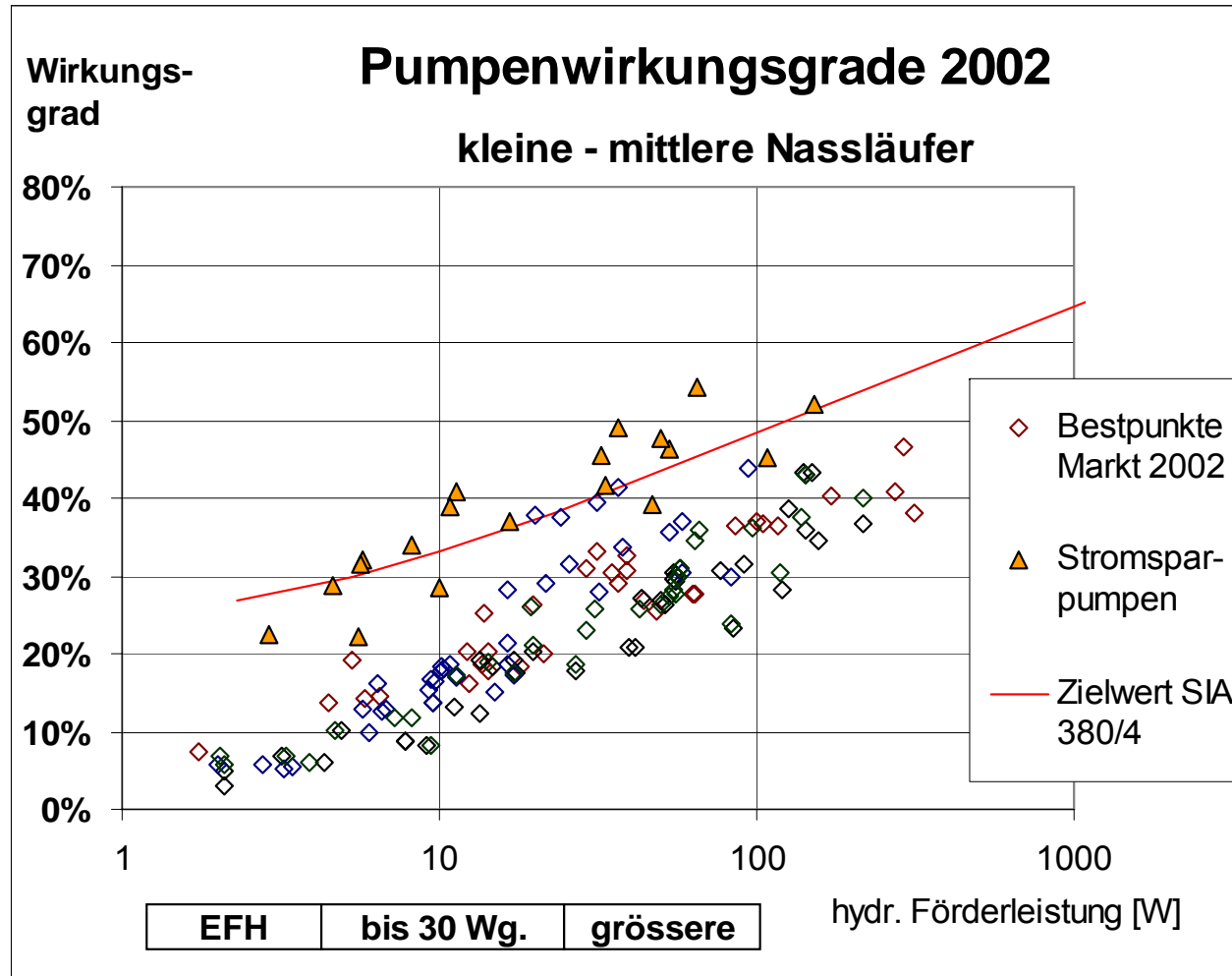
Pumpen in industriellen Prozessen

27

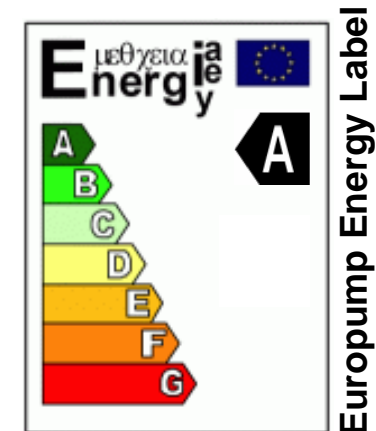
- Umwälzung in geschlossenen Kreisläufen: analog Heizung
- Hebepumpen (Wasserversorgung, auch Betriebswasser):
 - Wasserbedarf bzw. -anfall reduzieren
 - Hebehöhe gering halten (bauliche und betriebliche Optimierung)



Umwälzpumpen Haustechnik

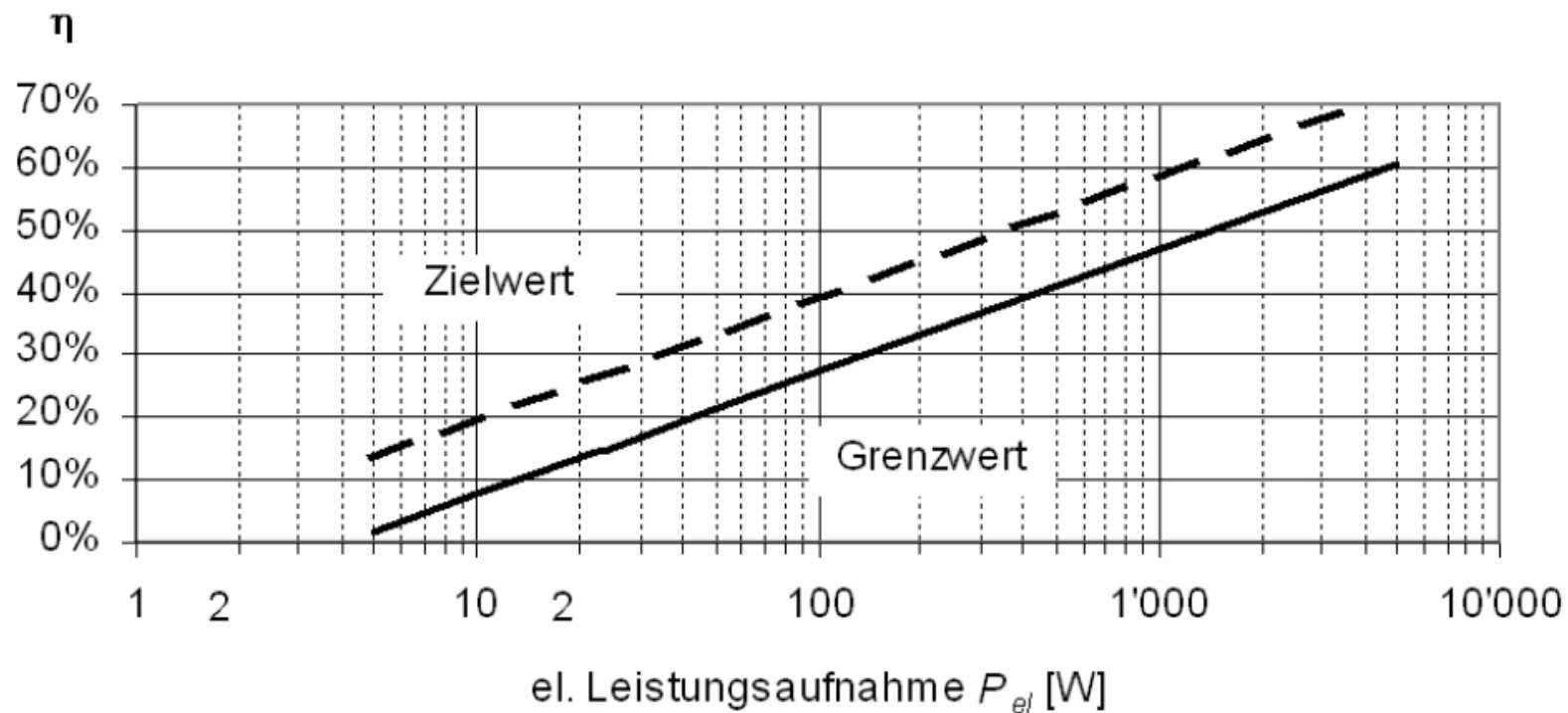


Die neue A-Klasse ist bis 4x effizienter
www.topten.ch >
 Haus



SIA-Anforderung

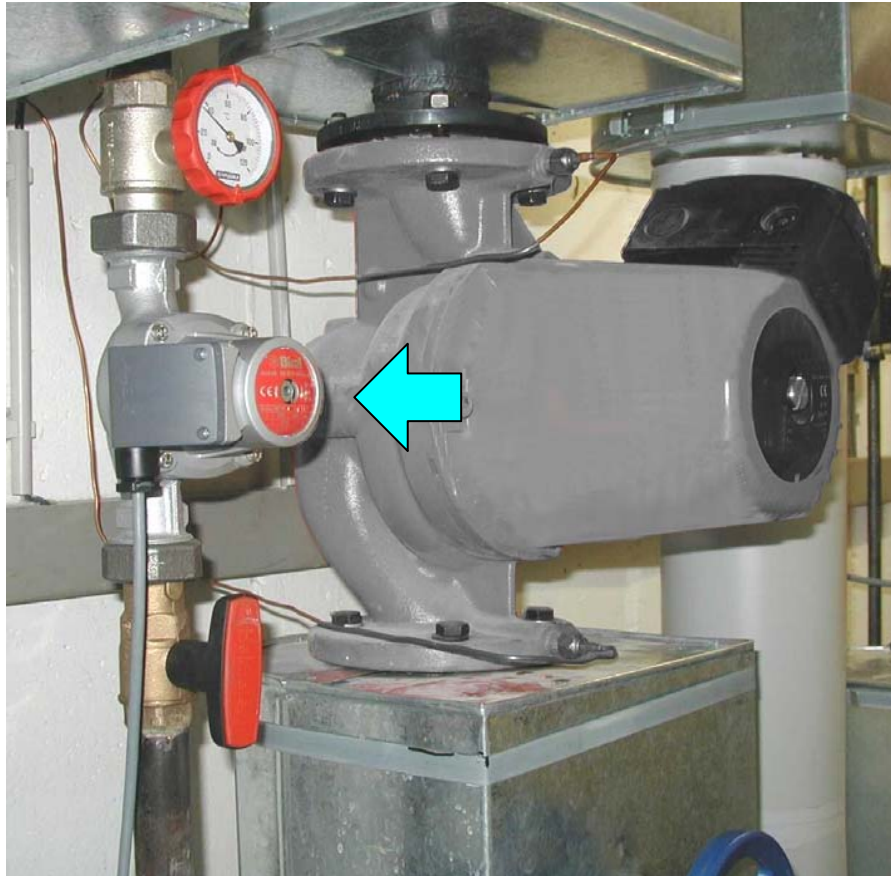
Umwälzpumpen-Wirkungsgradanforderung aus SIA 380/4 (2006), gilt für Heizgruppen-, Wärmeerzeuger-, (Warmwasser-) Lade- und Zirkulationspumpen



Achtung hier P1 (el.), nicht hydr.

Beispiel Faktor 20

30



Alte Pumpe ca. 450 W,
Hochwirkungsgrad-
Pumpe Biral MC 12
(ca. 24 W).

Quelle: Biral











Topten A-Pumpen (Regelung inkl.)

topten.ch Der Klick zum besten Produkt! [Dialog](#) [Suche](#) [Sitemap](#) [Unsere Ziele](#) [Partner](#) [Deutsch](#) [Français](#) [Italiano](#)

Beleuchtung Büro Freizeit Haus **Haushalt** Mobilität Unterhaltung Ökostrom

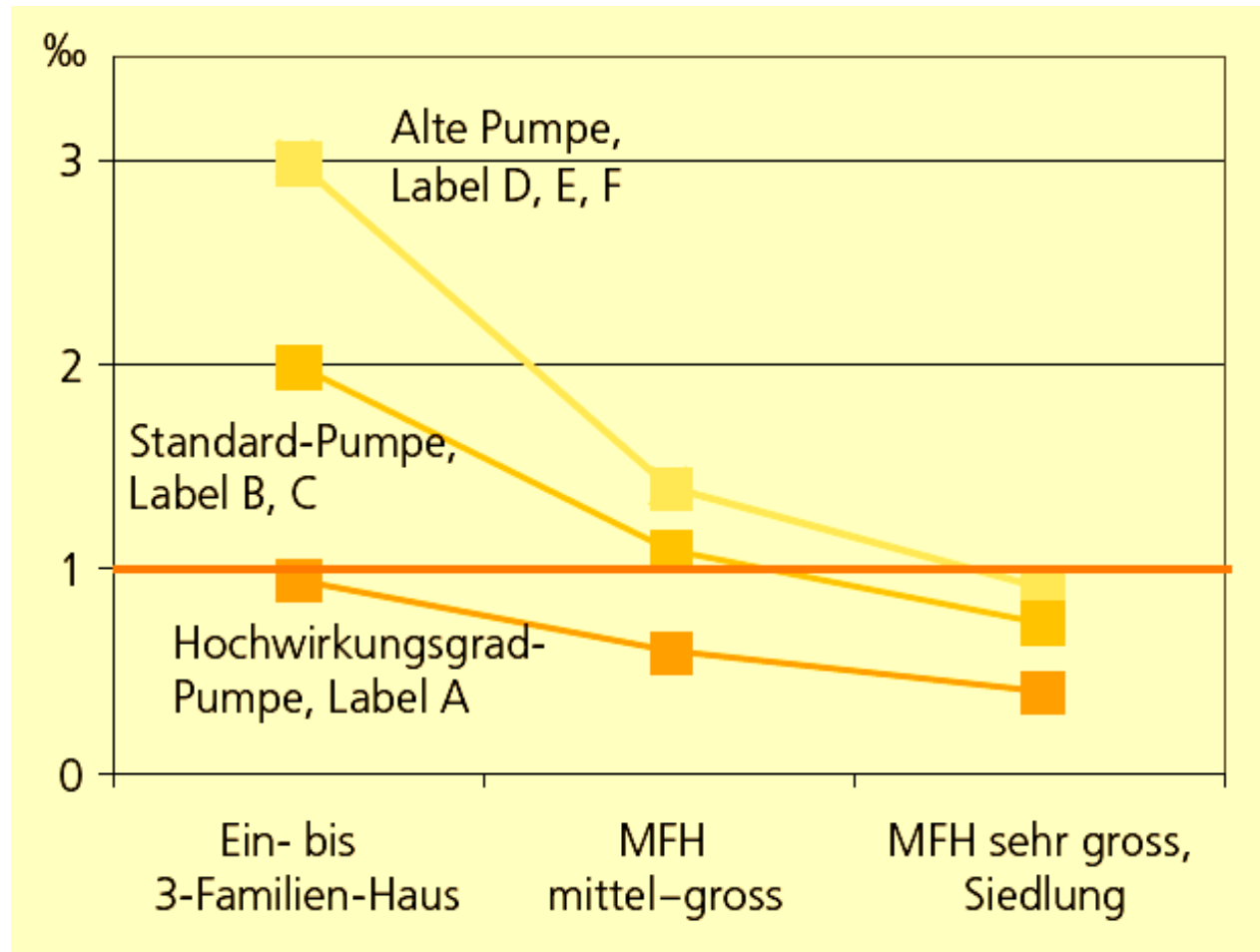
Sie sind hier: [Deutsch](#) » [Haus](#) » [Heizungspumpen](#) » **Grössere Gebäude >1.85 m³/h** [Seiteninhalt drucken](#)

[Ratgeber Heizungspumpen](#) [Auswahlkriterien Heizungspumpen](#) [XLS-Download](#)

	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marke	Grundfos	Biral	Biral	Biral	Biral	Grundfos	Biral	EMB-Pumpen	EMB-Pumpen	Ineffizientes Modell
Modell	Alpha2 25-60	AX13	A 12	A 13	A 14	Magna 25-60	A 15	Stratos 25/1-6	Stratos 40/1-4	
Optionen		AX13-1 AX13-2						auch als 30/1-6		
Katalogpreis Fr.	k. A.	716.00	802	912	1370	k. A.	1603	1448	1810	
Stromkosten (Fr.in 15 Jahren)	303	312	300	426	585	621	879	522	798	2554
Einsparung gegenüber herkömmlicher Pumpe mit EEI= 1 (Fr. in 15 Jahren)	1032	1041	1023	1218	1431	1629	1875	1563	2052	-
Energy-Label	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D
Energie-Effizienz-Index EEI	<0.25	0.23	0.23	0.26	0.29	<0.30	0.32	0.25	0.28	0.87
Volumenstrom (m³/h)	1.92	2.00	3.6	3.6	4	4.27	5	5.1	8.5	8.6
Förderhöhe (m)	2.97	2.88	1.5	2.5	3.3	3.69	4.3	3	3	2.7
Max. Leistungsaufnahme (W)	50	44	33	49	70	85	108	85	130	187
Stromverbrauch (kWh/Jahr)	101	104	100	142	195	207	293	174	266	544
Datenblatt (Download PDF)	Datenblatt	Datenblatt	Datenblatt	Datenblatt	Datenblatt	k. A.	Datenblatt	Datenblatt	Datenblatt	
energy+										

10/06/2008

Dimensionierungskontrolle



Promille-Regel:
Verhältnis der elektrischen Pumpenleistung zur maximal benötigten thermischen Heizleistung (Norm-Heizlast Φ_{HL}).

aus: Minergie-Leistungsgarantie

Energievernichter eliminieren

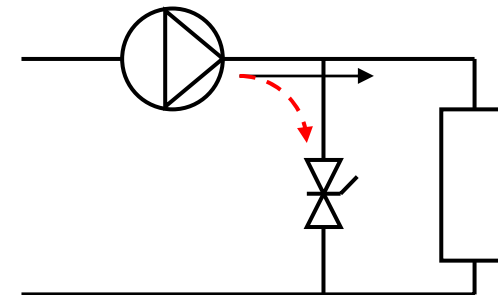
- Drossel- und Bypass-Regelungen sind Energievernichter. Frequenzumrichter nicht!

- ~~Überströmventil, Bypass, z.B. bei Brennwert-Heizgeräten~~

➤ Drehzahlregelung

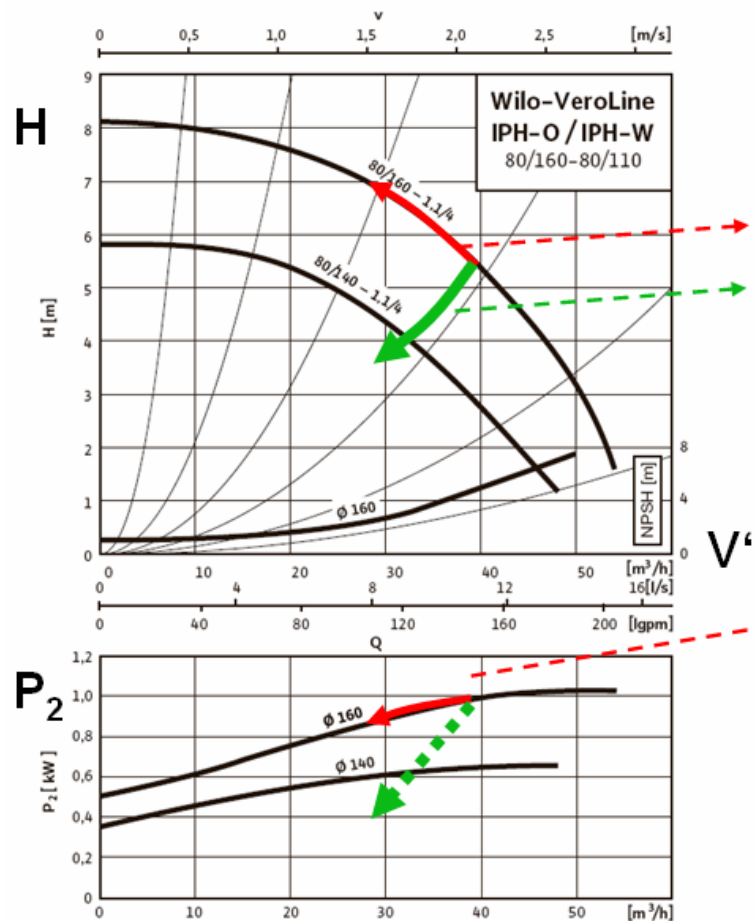
- ~~Drosselklappe bei Lüftungsanlagen~~

➤ Drehzahlregelung

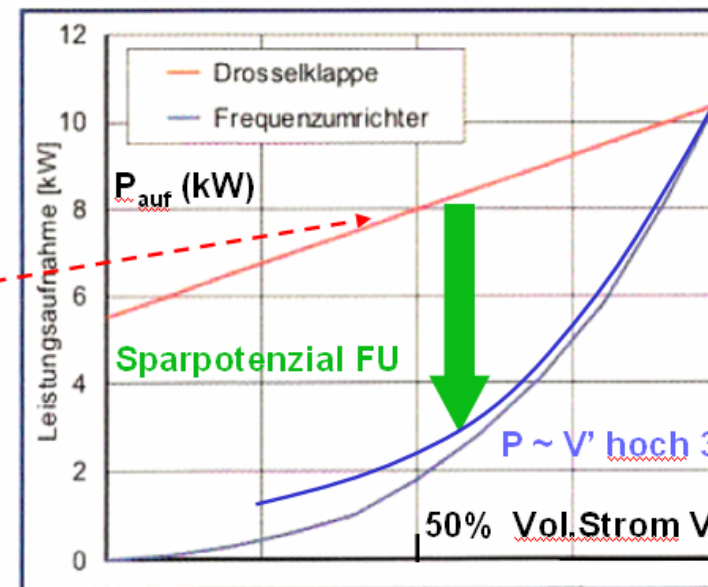


Drehzahl regeln statt drosseln

Drehzahl 1450 1/min

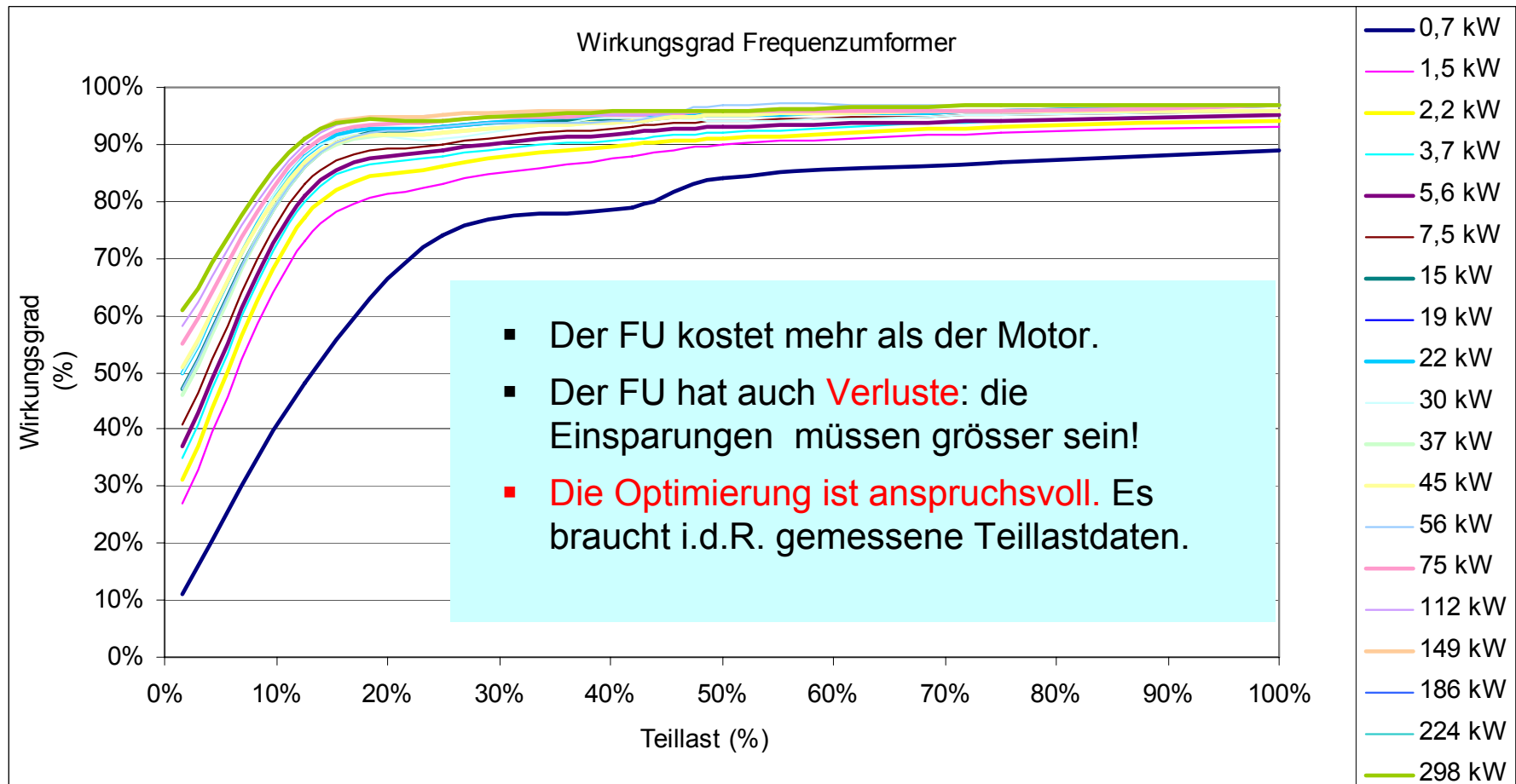


- H Förderhöhe
- V' Volumenstrom
- P_2 (mech.) Leistungsaufnahme
- ϕ Laufrad-Durchmesser
- Bei Drosseln von V'
- Bei Drehzahlreduktion mit FU



Geschlossene Kreisläufe,
Umwälzpumpen (Hebepumpen anders)

Frequenzumformer gezielt einsetzen

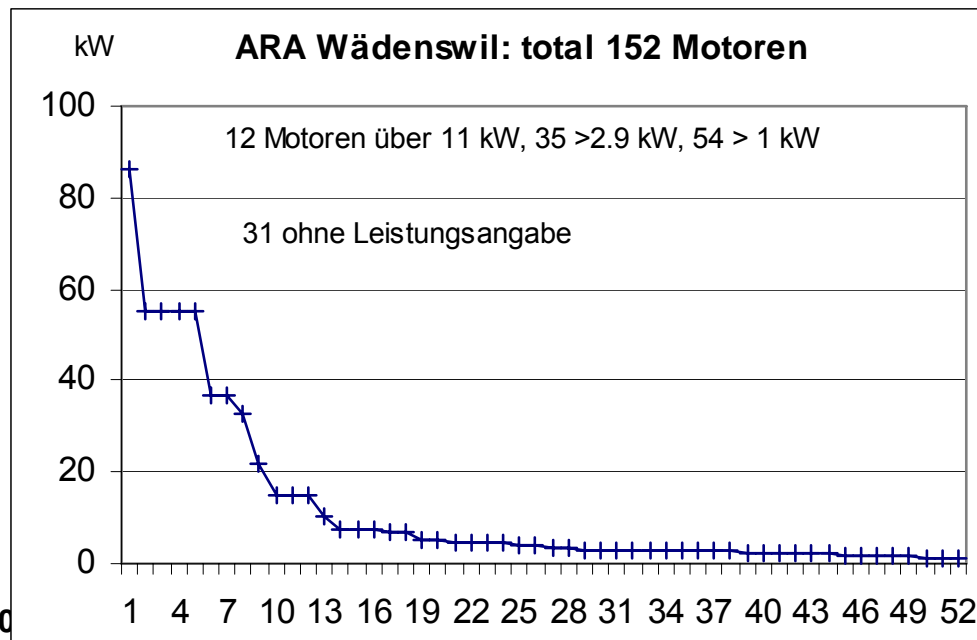


Pilotstudie Abwasserreinigung

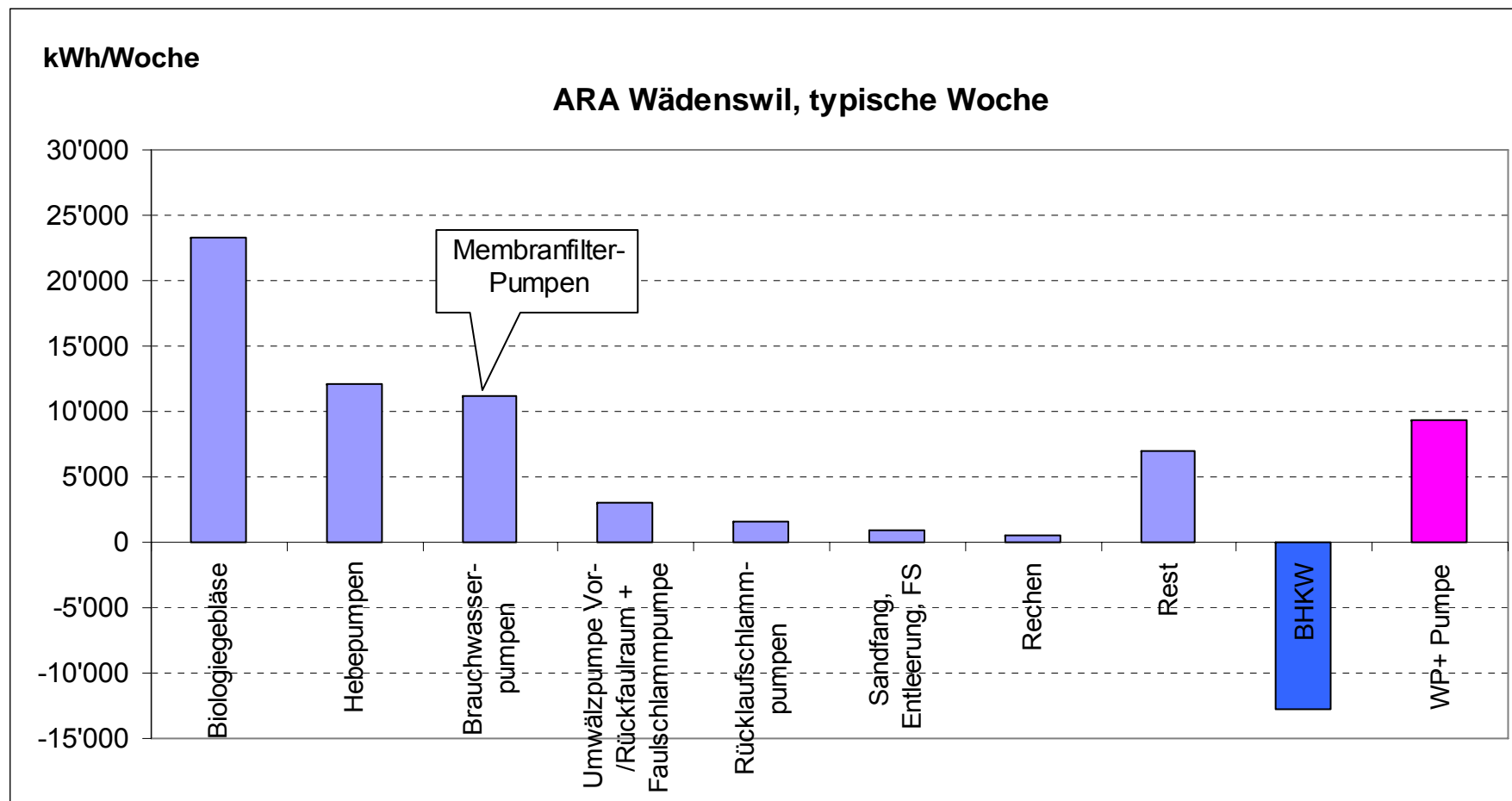
- **EKZ Motor-Check ARA Wädenswil**
 - Elt. Verbrauch total ca. 2,5 GWh ab Netz
 - 50 Motoren >1 kW:
Pumpen, Kompressoren, Ventilatoren
 - Gesamterneuerung 2005,
viele neue Motoren mit FU



Membranfilterpumpe



ARA: Verbrauchergruppen



Gesamtverbrauch ab EW zu korrigieren wg. Eigenerzeugung und Fernwärme-WP

ARA Wädenswil, Folgerungen

- Haupteinfluss auf die Last: Regenwasser-Anfall
- Anlagenerneuerung 2005:
(zu) viele Frequenzumrichter eingebaut
- Betriebliche Massnahmen:
 - Optimierung Pumpen-Umschaltung, insb. Rohwasser-Hebepumpen
 - Optimierung Frequenzumrichter-Einsatz, Planung 2005 hinterfragen
 - Lastmanagement > Leistungsspitzen!



Pumpe Rohwasserzulauf
(1 von 4)



Kontakt Downloads Partner Links Intern français

- News
- Topmotors kurz & bündig
- Argumente für den Chef
- Motor Check
- Tools
- Herstellerdaten
- Standards
- Veranstaltungen
- Newsletter



MOTOR SUMMIT



[S · A · F · E]

Motoren- und Pumpenstandards beschlossen [» mehr dazu](#)



Am 22. Juli 2009 wurde die Commission Regulation No 640/2009 mit den Ecodesign Richtlinien mit zwingenden Mindestanforderungen für elektrische Motoren beschlossen, die nun innert 20 Tagen formell in Kraft gesetzt wird. Durch die beschlossene Verordnung wird ab 16. Juni 2011 das Inverkehrbringen von Motoren von 0.75 kW bis 375 kW untersagt, die nicht den Effizienzstandard IE2 einhalten. Ab 1.1. 2015 müssen grosse Motoren (7.5 kW und mehr) und ab 1.1. 2017 sämtliche Motorengrössen von 0.75 kW bis 375 kW der Premium Effizienzklasse IE3 entsprechen. Motoren der Effizienzklasse IE2 können auch nach 2015 in den Handel kommen, wenn sie mit einer variablen Motorsteuerung mit Frequenzumformer betrieben werden. [Siehe Download EU Motoren MEPS.](#)

Am 22. Juli 2009 wurde ebenfalls die Commission Regulation No 641/2009 mit den Ecodesign Richtlinien mit zwingenden Mindestanforderungen für Umwälzpumpen (Nassläufer und Kesselpumpen) von 1 bis 2500 Watt beschlossen: Ab 1.1. 2013 Energieeffizienzindex EEI 0.27 oder weniger, ab 1.1. 2015 EEI 0.23 oder weniger. [Siehe Download EU Pumpen MEPS.](#)

In der Schweiz hat der Bundesrat am 24. Juni 2009 die Energieverordnung EnV so angepasst, dass im Anhang 2.10 für Elektromotoren von 0.75 kW bis 375 kW ab 1. Januar 2010 nur noch mindestens IE1 und ab dem 1. Juli 2011 mindestens IE2 verlangt werden. [Siehe Download Schweiz EnV.](#)

Danke!

- www.topmotors.ch
Enthält die wichtigsten weiteren Links
- www.motorsystems.org
IEA-Annex 4E „Motor Systems“: Internationale News
- www.energie.ch
Technisches Grundwissen Motoren und Antriebe
- www.druckluft.ch
Druckluft Kampagne und Dokumente
- www.topten.ch > Haus
Heizungs-Umwälzpumpen, inkl. Ratgeber
- www.energieeffizienz.ch
S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz