

Motor Summit 2012, Zürich – Umsetzung Schweiz, 6.12.2012

Effiziente Luftförderung in Gebäuden und industriellen Anlagen

Heinrich Huber, FHNW, IEBau, Muttenz



Bild: Merkblatt Luftförderung Topmotors

Anwendermodule – Merkblatt 24
Entwurf Oktober 2012

Effizienz ist wichtig
Luftförderung
in Gebäuden und bei industriellen Anlagen

topmotors.ch
Effizienz im Antrieb

Die fünf Punkte für energieeffiziente Luftförderung

- Weniger Widerstand: kurze, grosse, möglichst runde und dichte Luftleitungen, keine unnötigen Widerstände von Drosseln, Form- und Querschnittsänderungen, Wärmetauschern, etc.
- Weniger Luft: genaue Abklärung des benötigten Luftvolumenstroms (resp. Kälte/Wärme und Feuchte), bedarfsabhängige Betrieb (Tageszeit, kein Betrieb ohne Nutzen)
- Variabler Bedarf erfordert variablen Volumenstrom und regelbaren Antrieb
- Effizienter Ventilatorbetrieb aller Komponenten im Bereich des optimalen Wirkungsgrades
- Effizienter Motor mit Direktantrieb ohne Transmission und ohne Getriebe



Am 30. März 2011 wurde von der EU die Richtlinie 327/2011 mit Wirkungsgradanforderungen an Ventilatoren publiziert [1]. Sie legt Mindestwirkungsgrade für Ventilatoren im Leistungsbereich zwischen 125 W und 500 kW fest. Relevant ist die elektrische Leistungsaufnahme des Antriebsmotors im Bestpunkt des Ventilators. Eine erste Anforderungsstufe gilt ab 1. Januar 2013 (first tier), eine zweite ab 1. Januar 2015 (second tier). Die EU-Richtlinie nennt im Anhang Bestwerte von Wirkungsgraden, welche heute je nach Ventilatorotyp erreicht werden (Tabelle 1).

Ventilatorotyp	Messanordnung*	Wirkungsgradkategorie	Wirkungsgrad bei 10 kW Leistung %
Axialventilator	A, C	statisch	65 %
	B, D	total	75 %
Radialventilator mit vorwärts gekrümmten oder radial endenden Schaufeln	A, C	statisch	62 %
	B, D	total	65 %
Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln ohne Gehäuse	A, C	statisch	70 %
Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln und Gehäuse	A, C	statisch	72 %
	B, D	total	75 %
Diagonalventilator (Mischform von Axial- und Radialventilator)	A, C	statisch	61 %
	B, D	total	65 %
Querstromventilator	B, D	total	32 %

* A: frei ansaugend, frei ausblasend
B: frei ansaugend, Kanal druckseitig
C: Kanal ausseitig, frei ausblasend
D: Kanal ausseitig, Kanal druckseitig

Tabelle 1: Bestwerte für die Wirkungsgrade der verschiedenen Ventilatorotypen gemäss EU-Richtlinie 327/2011.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun Svizra

1 3 5 7 9

Merkblatt 24-Ventilatoren | Oktober 2012 | www.topmotors.ch | info@topmotors.ch

Entwurf Oktober 2012

24.1

topmotors.ch Merkblatt 24 Luftförderung

Zielpublikum: Planer, Installateure und Betreiber von Lüftungsanlagen

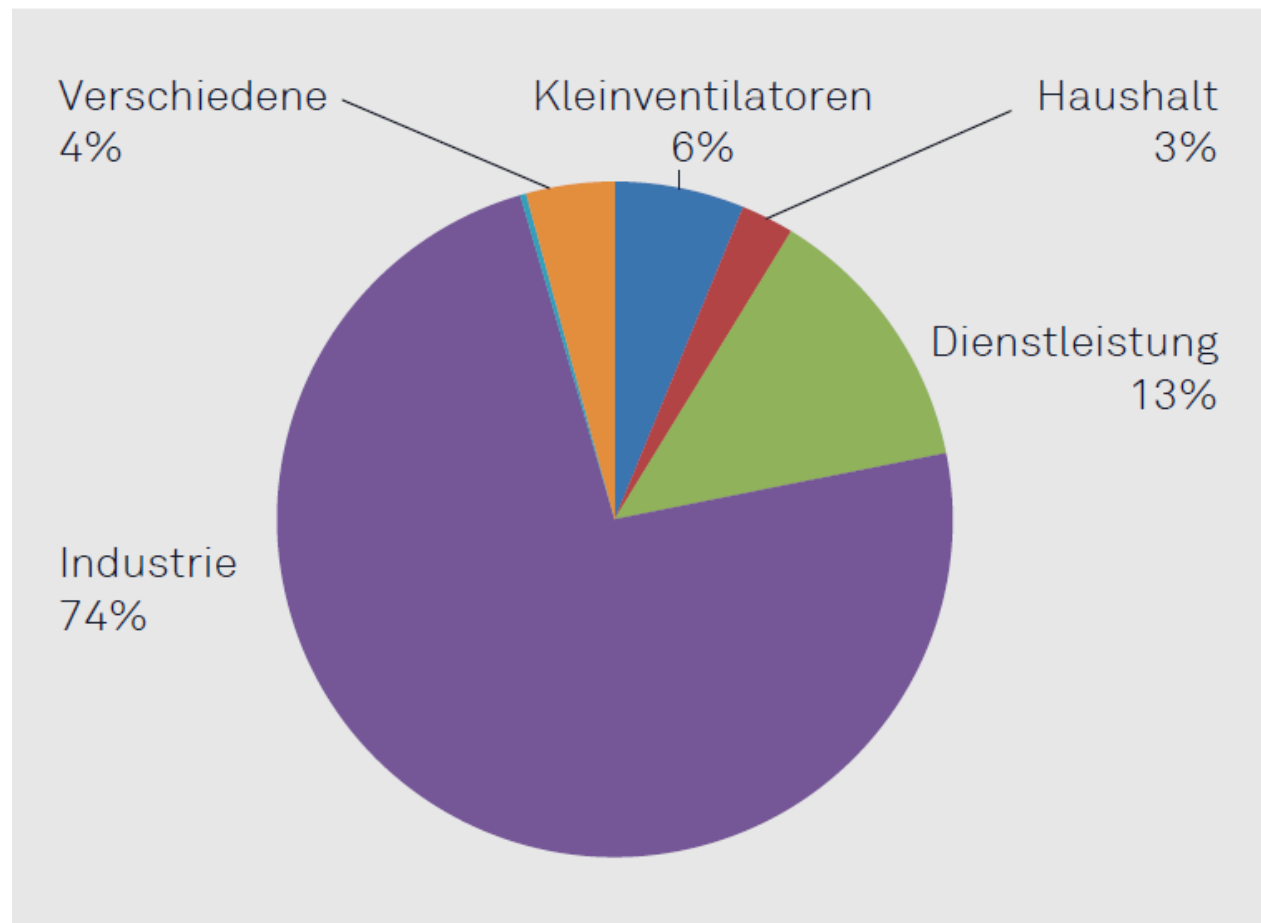
Inhalt:

- Komponenten: Wirkungsgrade
- Energiebedarf: Einflussgrössen und Optimierung
- Planung von effizienten Anlagen
- Überprüfung von bestehenden Anlagen
- Beispiele

Autoren: Conrad U. Brunner, Bruno Hari, Urs Steinemann, Heinrich Huber

Elektrizitätsverbrauch von Ventilatoren in der Schweiz

ca. 7500 GWh, entspricht 12,5% des Gesamtverbrauchs



Aufteilung des
Elektrizitätsverbrauchs
von Ventilatoren nach
Einsatzgebiet

Quelle Steinemann 2012

Elektrizitätsverbrauch für die Luftförderung

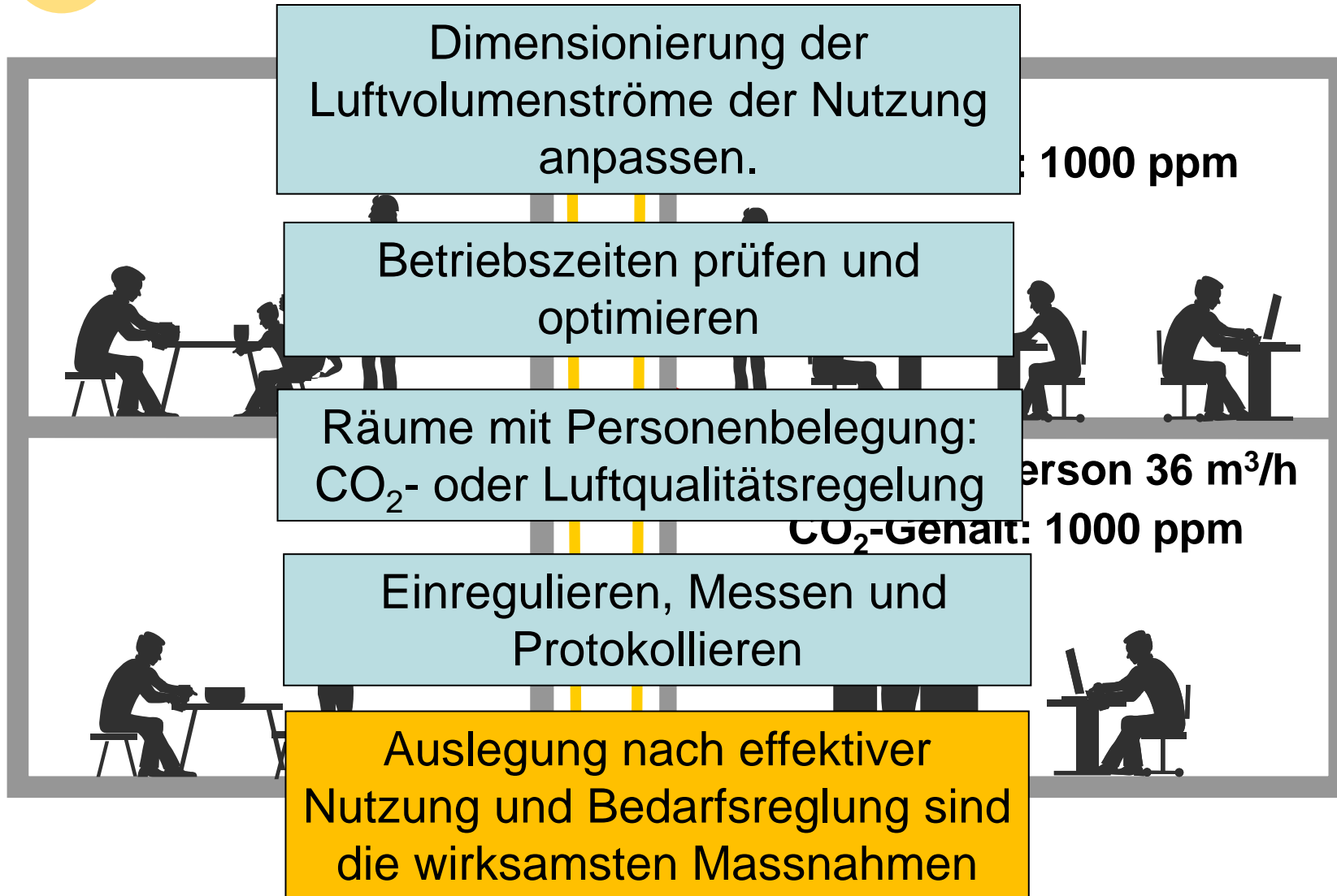
$$E = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_v \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \cdot \eta_r}$$

E	Elektrizitätsverbrauch für die Luftförderung
q_v	Luftvolumenstrom
Δp	Druckverlust
t	Betriebszeit
η_v	Wirkungsgrad Ventilator
η_{tr}	Wirkungsgrad Transmission (Riemenantrieb)
η_m	Wirkungsgrad Motor
η_r	Wirkungsgrad Steuerung/Regelung

q_v

t

Luftvolumenstrom und Betriebszeit



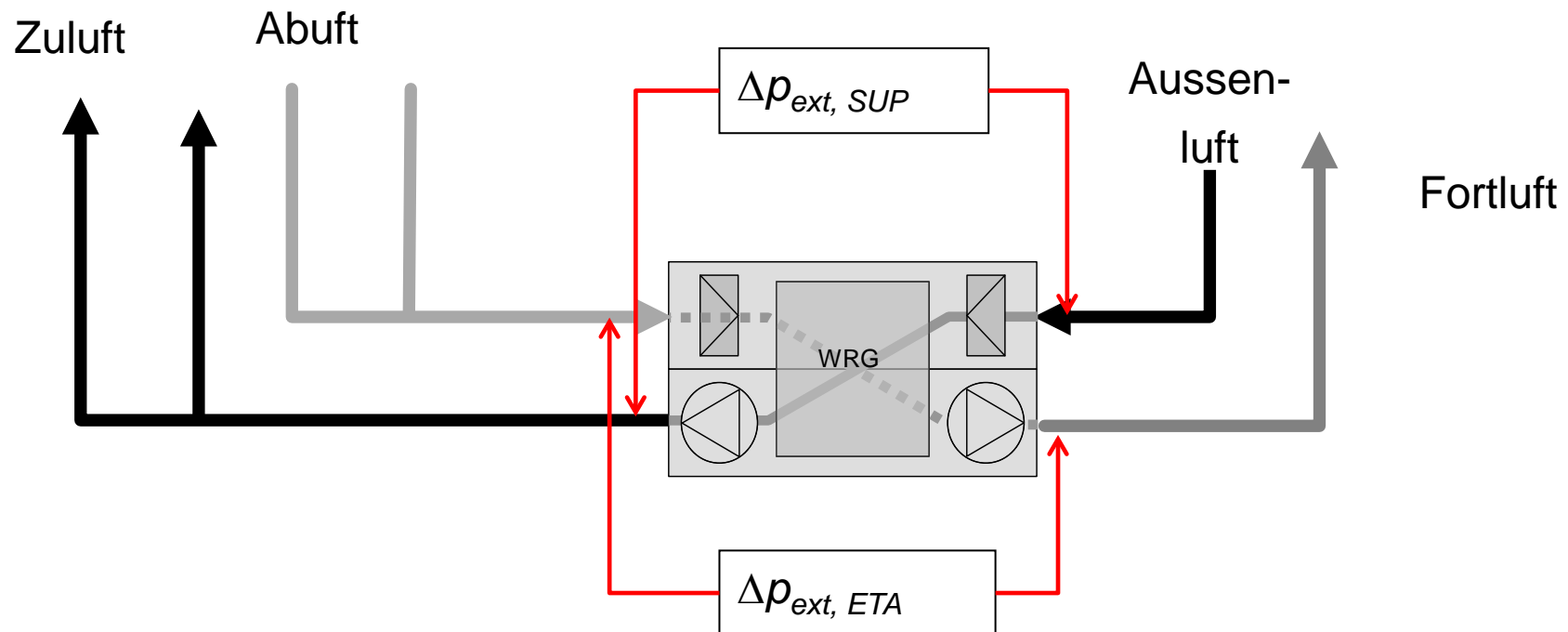
Δp Druckverlust

Externe Druckverluste klein halten:

Kleine Anlagen bis 1000 m³/h: 70 ... 150 Pa *

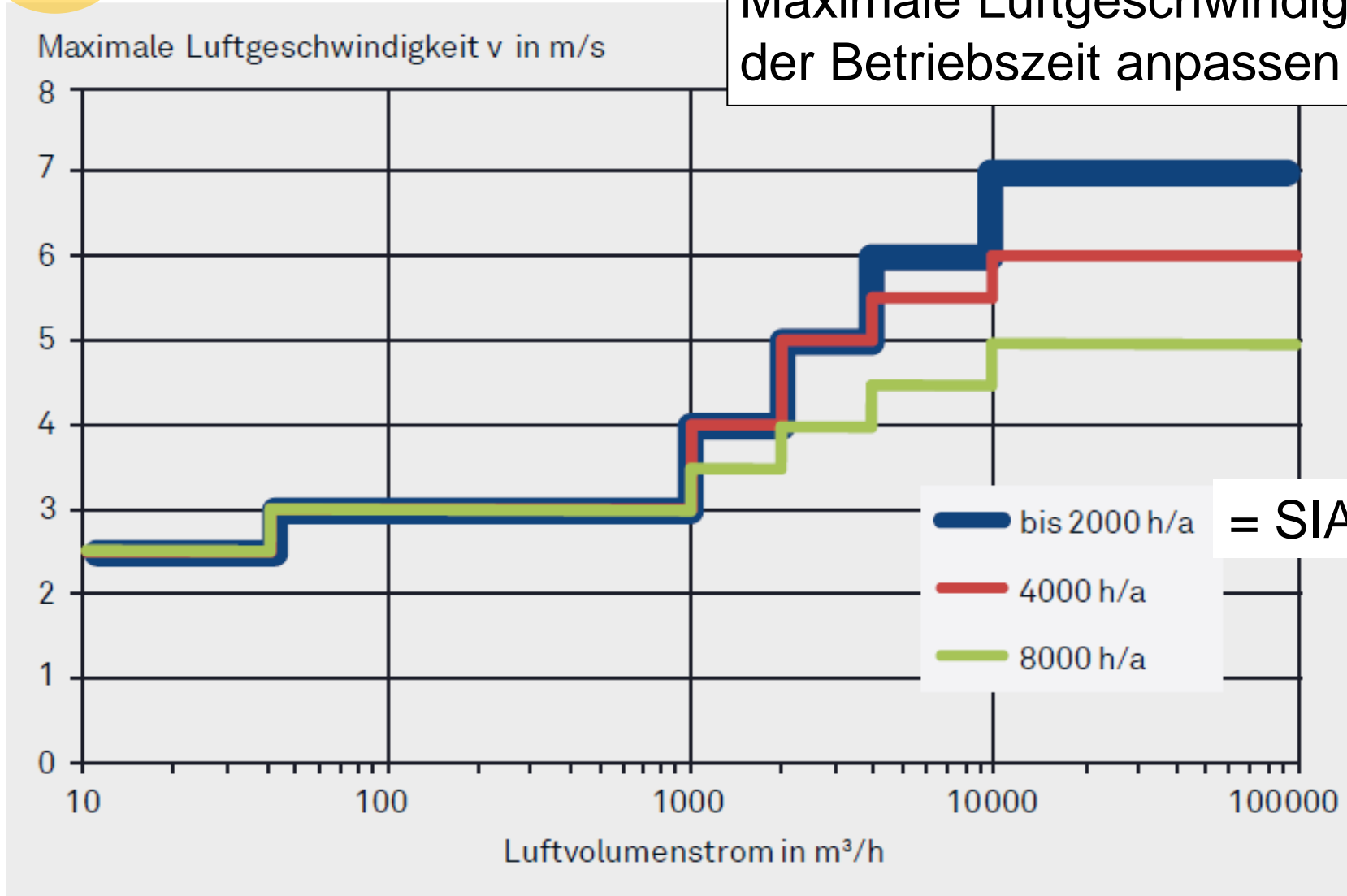
Grosse Anlagen über 10000 m³/h: max. 300 Pa *

* sowohl $\Delta p_{ext, ETA}$ als auch $\Delta p_{ext, SUP}$



Δp Druckverlust

Maximale Luftgeschwindigkeit der Betriebszeit anpassen



- bis 2000 h/a = SIA 382/1
- 4000 h/a
- 8000 h/a

$$\eta_r \cdot \eta_m \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_v$$

Wirkungsgrad der Luftförderung

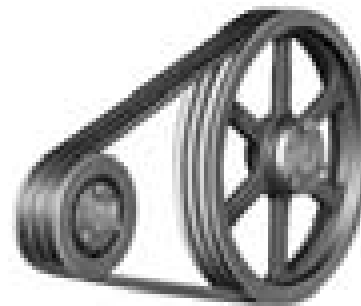
Elektronik, FU



Motor



Transmission



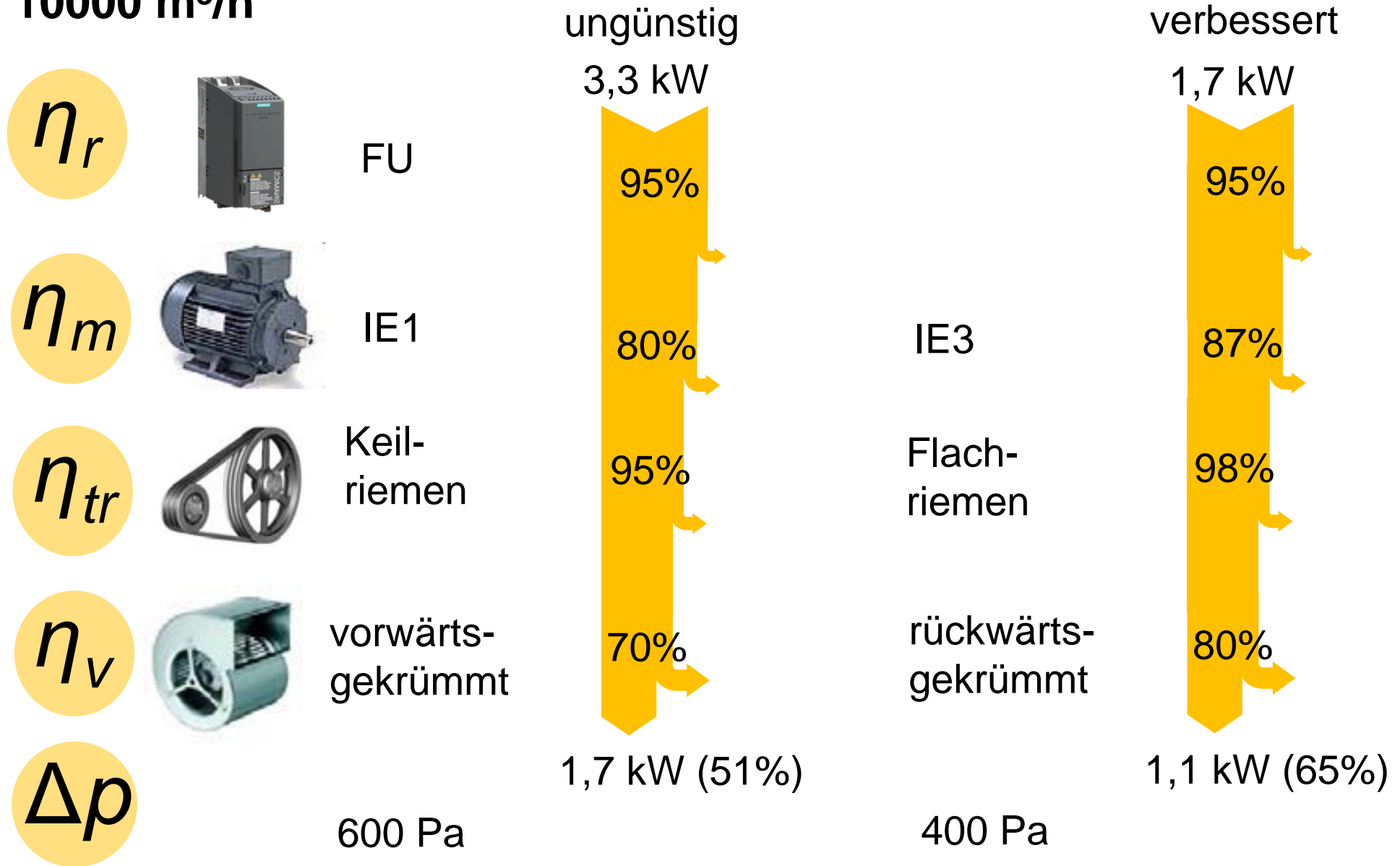
Ventilator



Bilder: EUP Lot 11



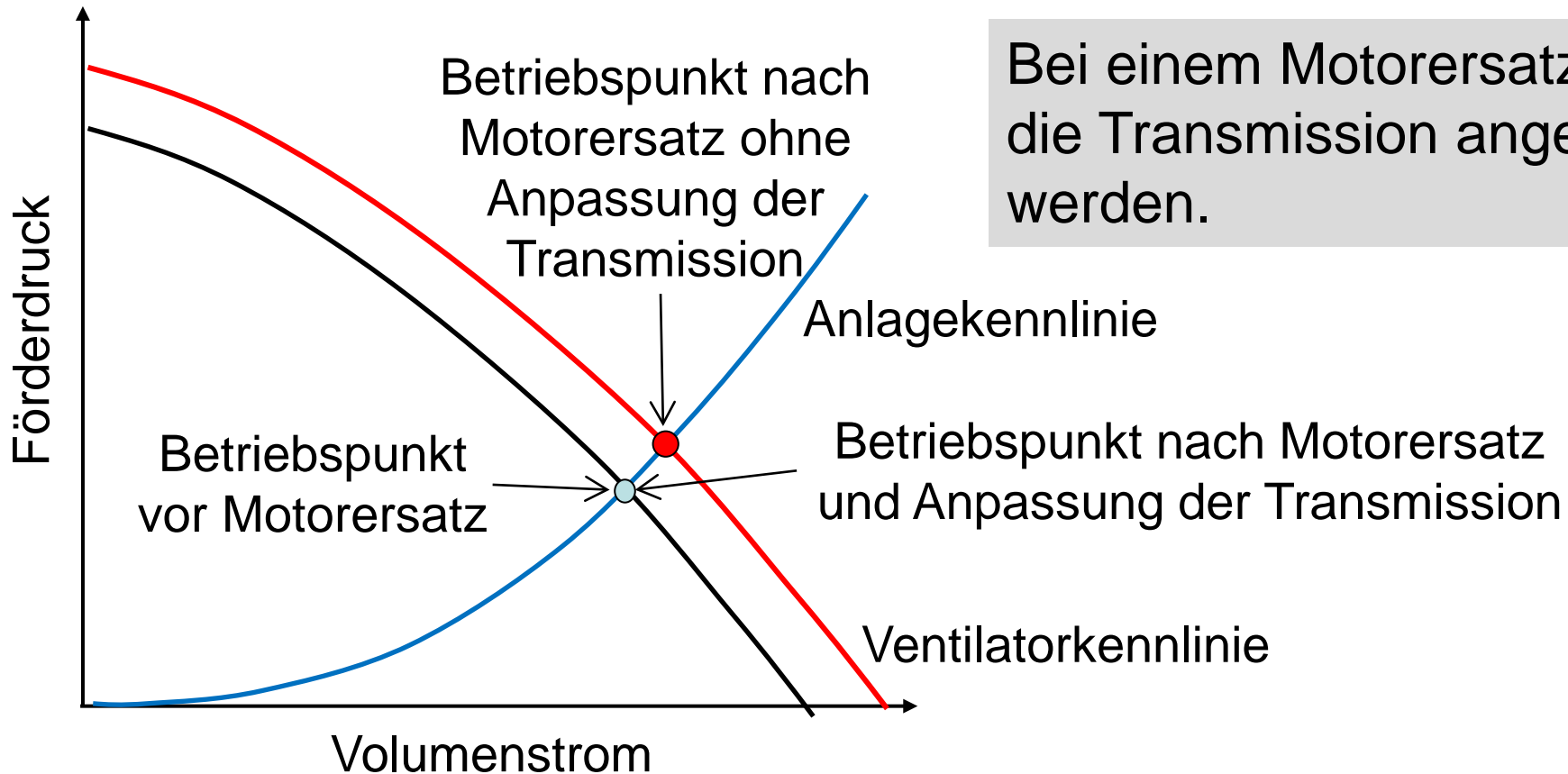
Beispiel: Zuluft einer einfachen Lüftungsanlage mit Lufterwärmung 10000 m³/h





Wirkungsgrad des Motors

Achtung: Die Drehzahl von effizienten Motoren (IE3) ist 1% bis 5% höher als von alten Motoren (IE1 und IE2)

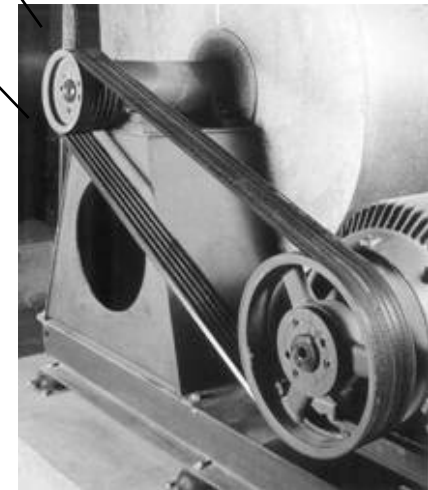
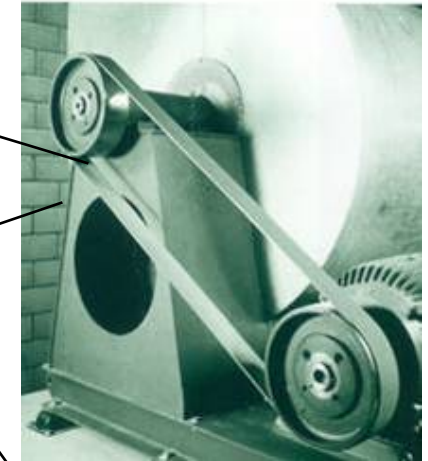
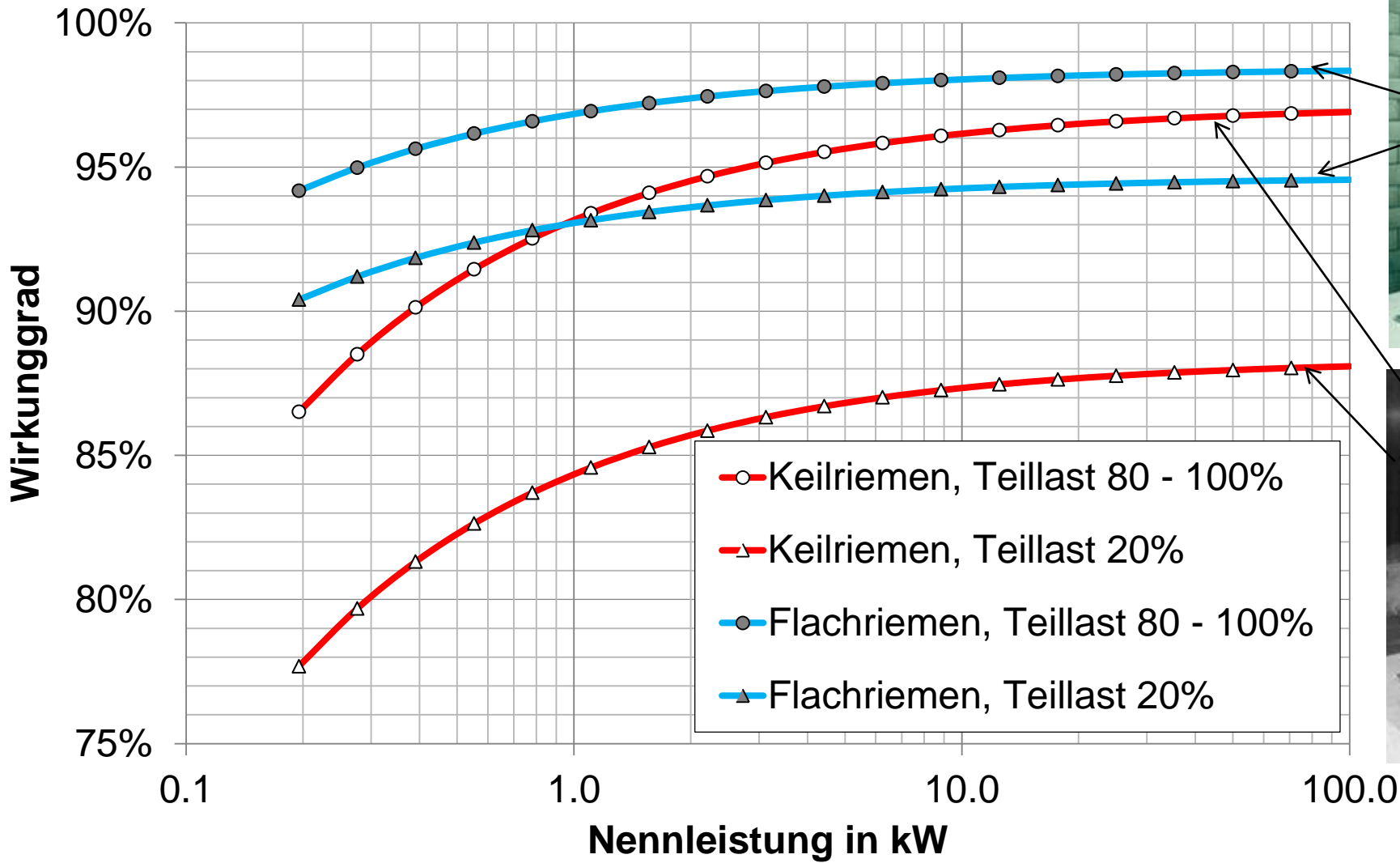


Bei einem Motorersatz muss die Transmission angepasst werden.



Antriebswirkungsgrad

Wirkungsgrade von Keilriemen sind bei kleinen Leistungen und bei Teillast tief.



Fotos: Habasit AG

Kennwerte: Spezifische Ventilatorleistung

$$P_{SFP} = \frac{P_{el}}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_v \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \cdot \eta_c}$$

P_{SFP} spezifische Ventilatorleistung

P_{el} elektrische Leistungsaufnahme

q_v Luftvolumenstrom

Δp Förderdruck des Ventilators

η_v Wirkungsgrad Ventilator

η_{tr} Wirkungsgrad Transmission

η_m Wirkungsgrad Motor

η_r Wirkungsgrad Steuerung/Regelung

P_{SFP} Spezifische Ventilatorleistung

Grenzwerte gemäss SIA 382/1 in W/(m³/h)

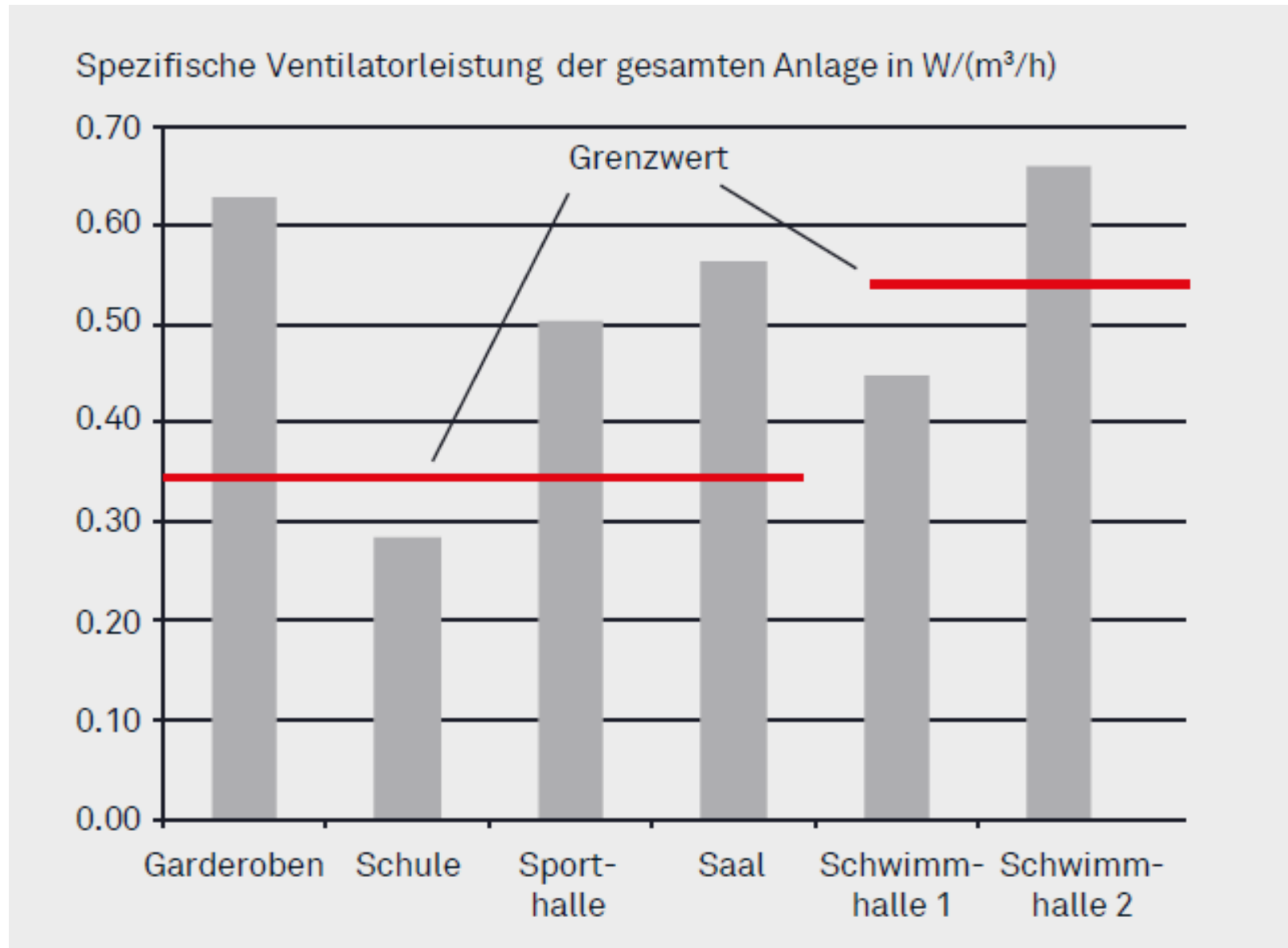
Anlagentyp	Zuluft	Abluft	Gesamt
Einfache Lüftungsanlage	0.14	0.14	0.28
Lüftungsanlage mit Lufterwärmer	0.20	0.14	0.34
Einfache Klimaanlage	0.35	0.20	0.55

Beispiel: Zuluft einer einfachen Lüftungsanlage mit Lufterwärmung

Luftvolumenstrom 10000 m³/h

Zulässige Aufnahmeleistung: 10000 m³/h · 0.20 W/(m³/h) = 2000 W

Messungen aus einem Projekt des AHB, Stadt Zürich



Vorgehen bei bestehenden Anlagen

- Überprüfung ca. alle 10 Jahre
- **1. Phase: Sichtkontrolle**
Allgemeiner Zustand, offensichtliche Schwachstellen, Beurteilung Betrieb
- **2. Phase: Beurteilung anhand der Anlagedokumentation**
Kennwerte (SFP) abschätzen, Qualität der Komponenten.
- **3. Phase: Messungen**
Luftvolumenströme, Drücke, elektr. Leistung
- Bei Reparaturen:
Einsatz von effizienten Komponenten.



Bilder: Camfil; ScanPro; EUP Lot 11]

Resümee

Die fünf wichtigsten Punkte:

- Weniger Widerstand: kurze, grosse, möglichste runde Leitungen. Strömungsgünstige Formstücke.
- Weniger Luft: Genaue Abklärung des benötigten Luftvolumenstroms. Bedarfsabhängiger Betrieb.
- Variabler Bedarf erfordert variablen Volumenstrom und regelbare Antriebe.
- Effizienter Ventilatorbetrieb aller Komponenten im Bereich des optimalen Wirkungsgrades.
- Effizienter Motor mit Direktantrieb oder effizienter Transmission.