



**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

Lüftungsanlagen

Spezific-Fan-Power (SFP)

Errichtungs- + Betriebserfahrungen

Ing. Stephan Brenner
Haustechnik Planungsgesellschaft
Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt
3950 Gmünd, Turmweg 7
www.ht-w4.at

Übersicht

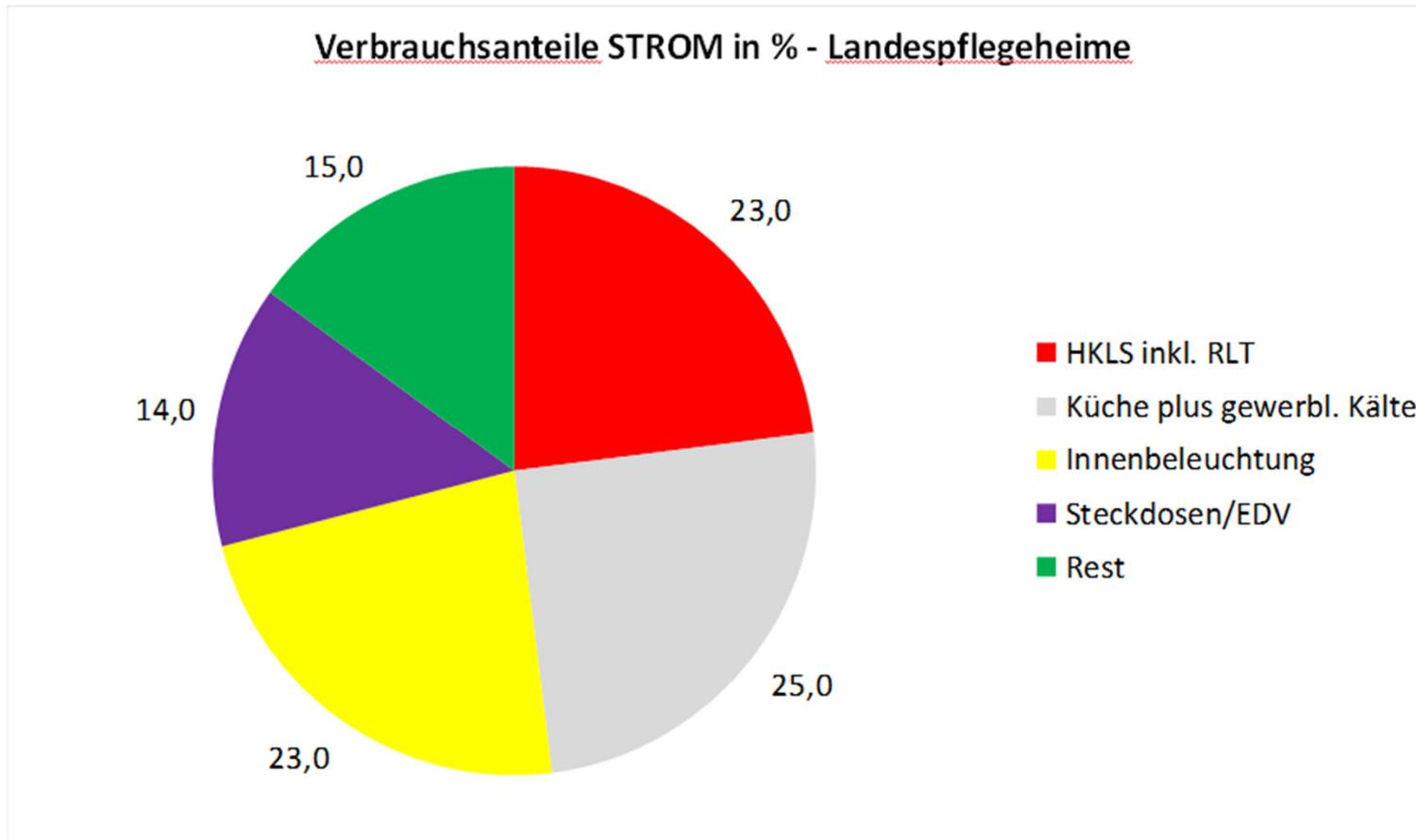


**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

1. Einleitung
2. Grundlagen
3. SFP - Errichtung
4. SFP - Betrieb
5. Bewertungen aus der Errichtung/Betrieb
6. Zusammenfassung und Ausblick

1. Einleitung

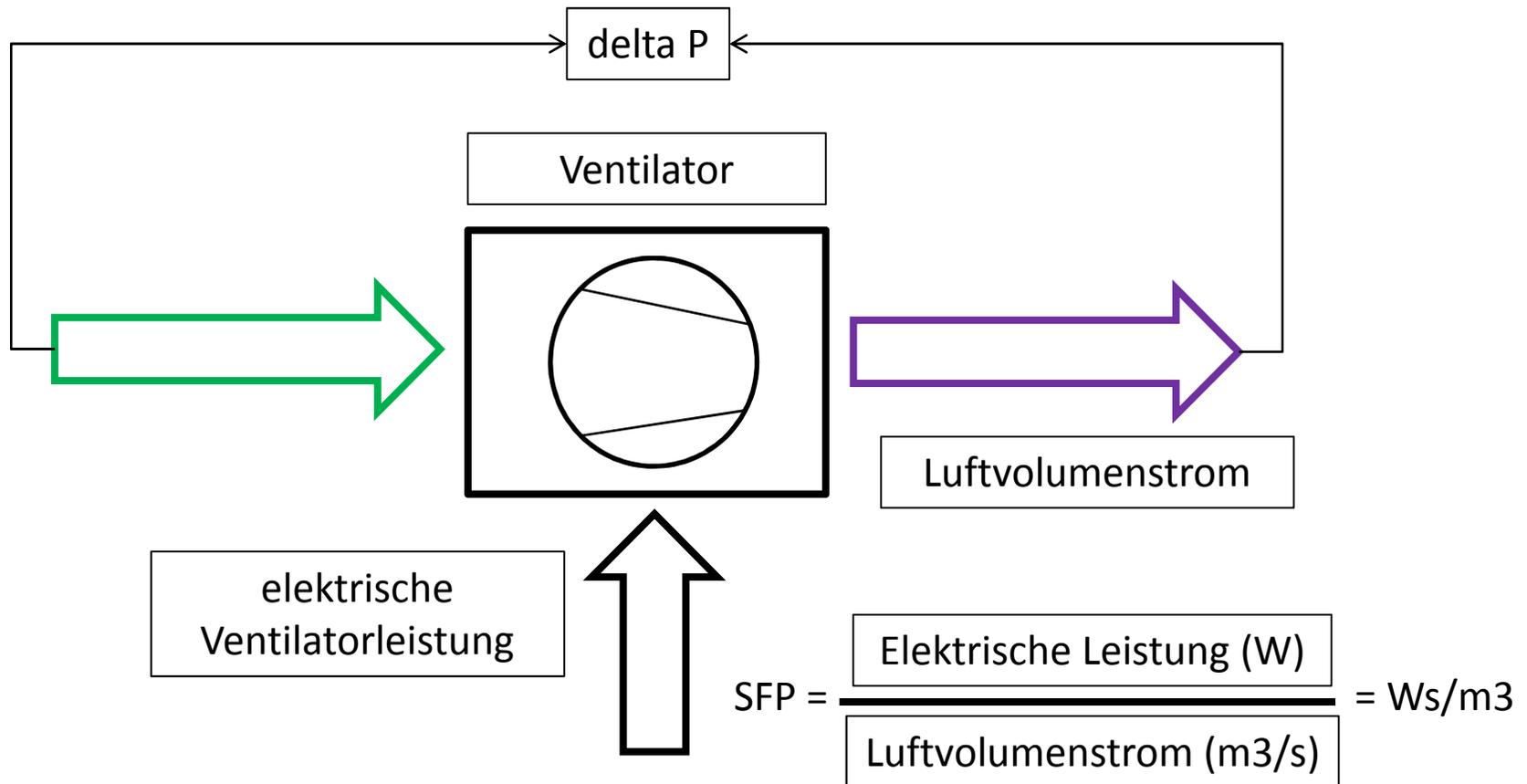


85% für HKLS inkl. RLT, Küche, Innenbeleuchtung und Steckdosen
77% für HKLS inkl. RLT, Küche und Stationen

1. Einleitung

SFP-Wert:

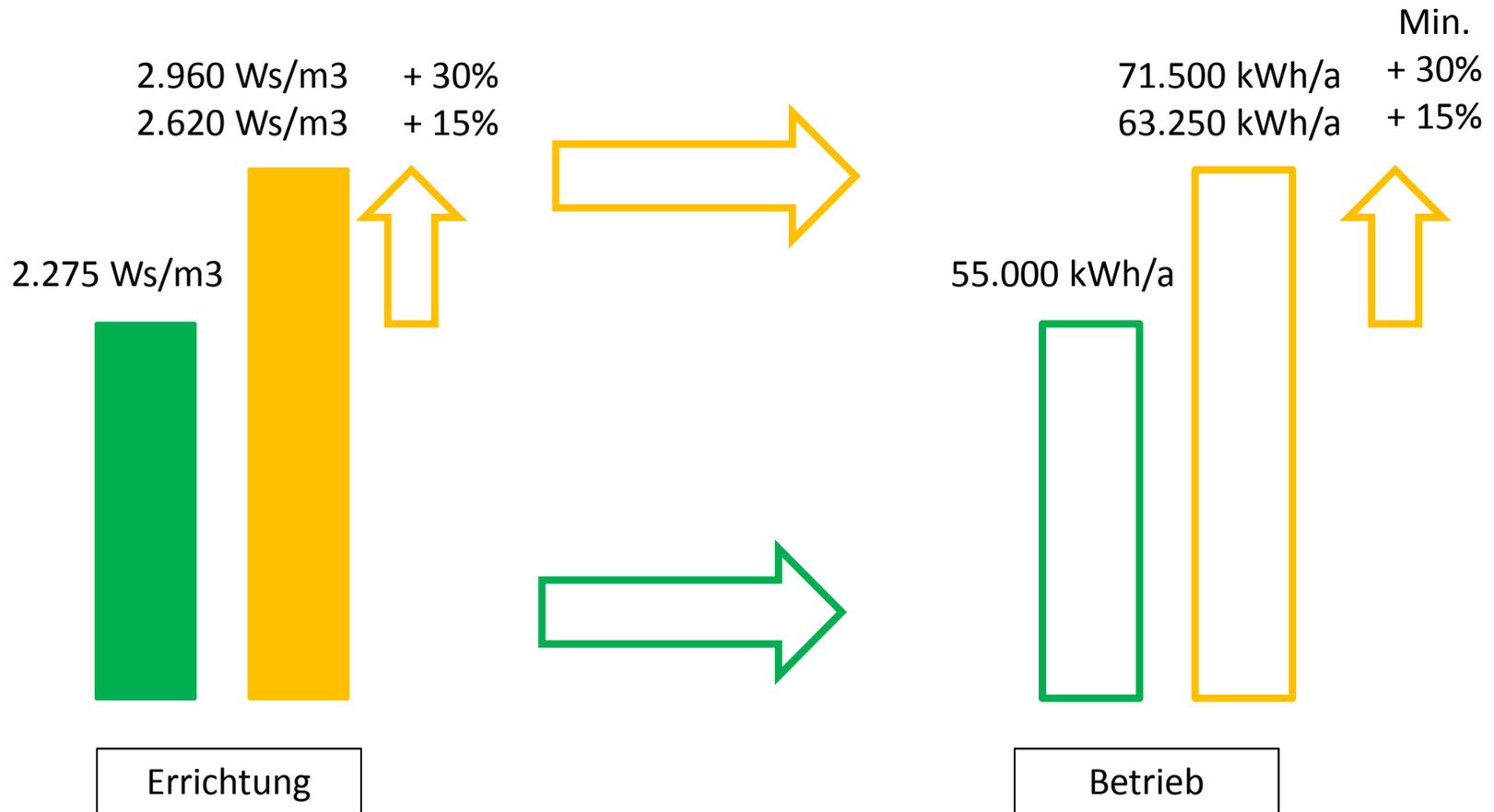
⇒ (S)pecific (F)an (P)ower => spezifische elektrische Antriebsleistung



1. Einleitung

Lüftungsanlagen-Errichtung versus Betrieb:

⇒ Errichtungsdefizite wirken sich mindestens 1:1 auf den Verbrauch aus



Übersicht



**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

1. Einleitung

2. Grundlagen

3. SFP - Errichtung

4. SFP - Betrieb

5. Bewertungen aus der Errichtung/Betrieb

6. Zusammenfassung und Ausblick



2.1 Norm

ÖNORM EN 13779:

PsFP Ws/m ³	01.01.2000 Entwurf	01.10.2003 Schluss-Entwurf	01.05.2005	01.01.2008
SFP 1	< 1.000	< 500	< 500	< 500
SFP 2	1.000 bis 1.500	500 bis 750	500 bis 750	500 bis 750
SFP 3	1.500 bis 2.500	750 bis 1.250	750 bis 1.250	750 bis 1.250
SFP 4	2.500 bis 4.000	1.250 bis 2.000	1.250 bis 2.000	1.250 bis 2.000
SFP 5	> 4.000	> 2.000	> 2.000	2.000 bis 3.000
SFP 6				3.000 bis 4.500
SFP 7				> 4.500

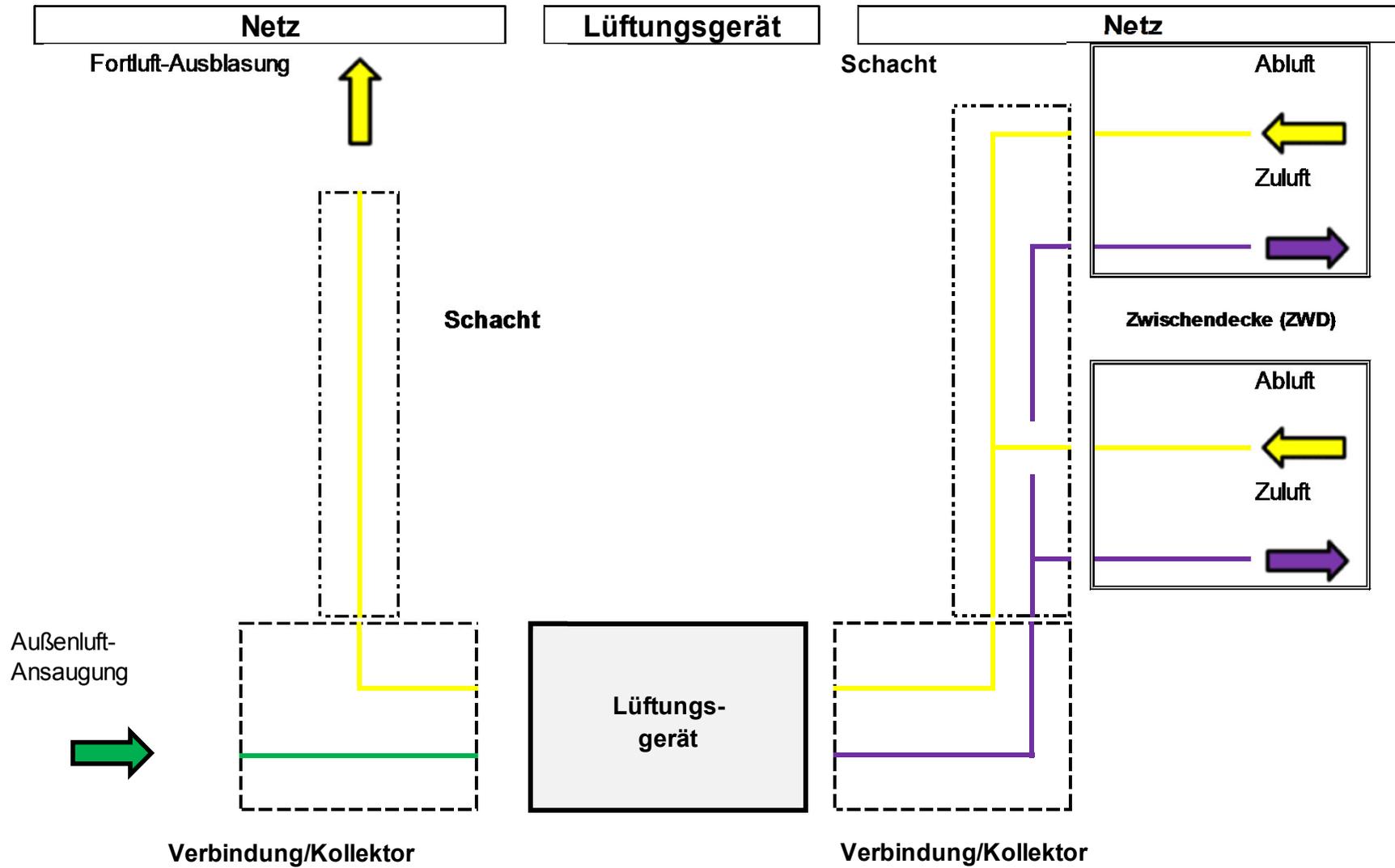
Erkenntniss:

⇒ Stabile Basis Wert-Defintionen seit dem Jahre 2003

⇒ ab 2008 auf Basis der Zuschläge für Zusatzbauteile SFP 3 umsetzbar

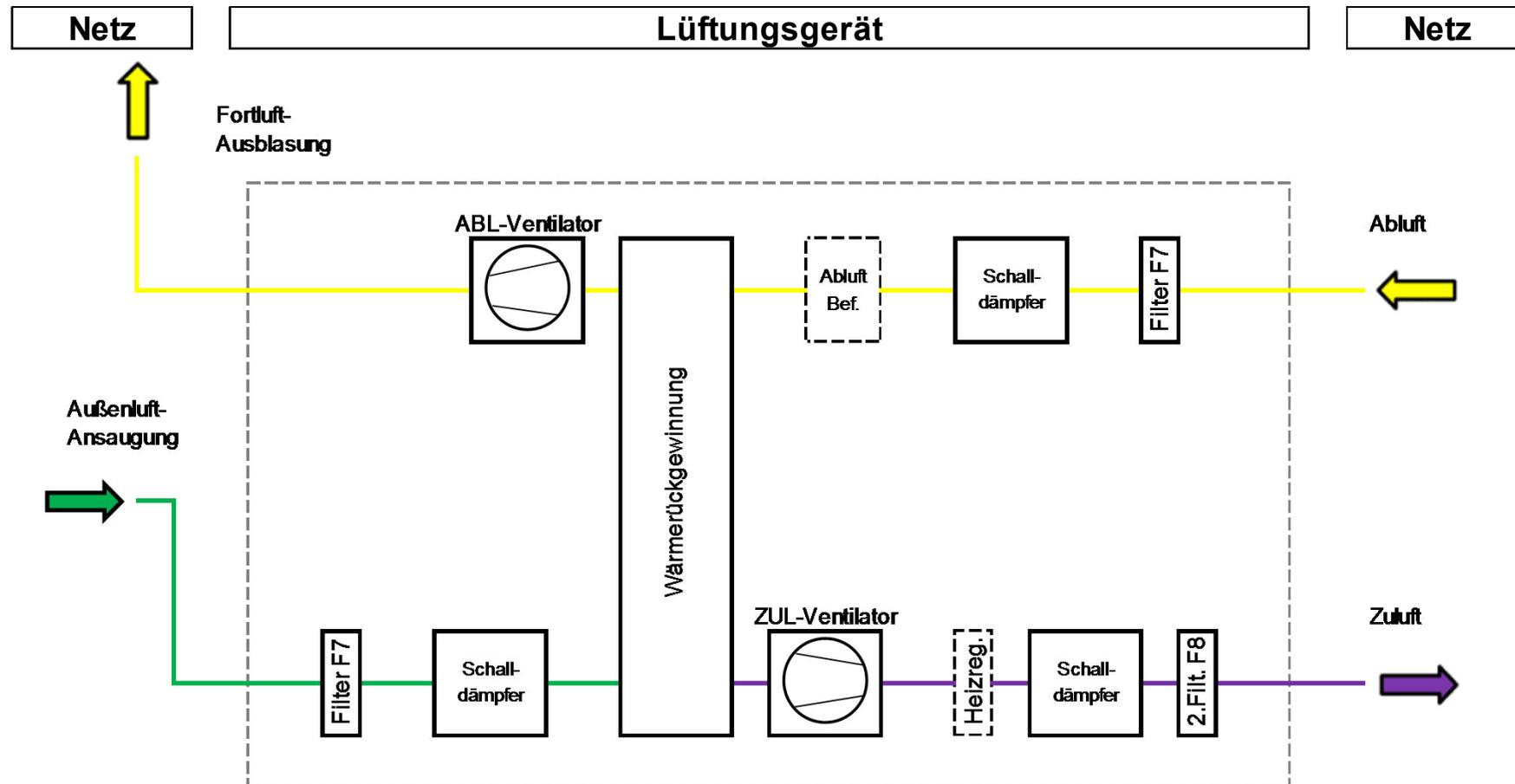


2.2 Lüftungsanlagen - Verteilung





2.3 Grundsätzlicher Anlagenaufbau





2.4 ÖKO-Design-Richtlinie

Wirksamkeit:

- ⇒ Über die ÖKO-Design-Richtlinie für Lüftungsanlagen wird die Energie-Effizienz-Anforderung definiert
- ⇒ Seit 01.01.2016 ist diese Richtlinie in Kraft gesetzt

Inhalt SFP-Defintionen:

Für die Lüftungsgerät ist der **SFP_{int}** die Vorgabe und umfasst die Bauteile:

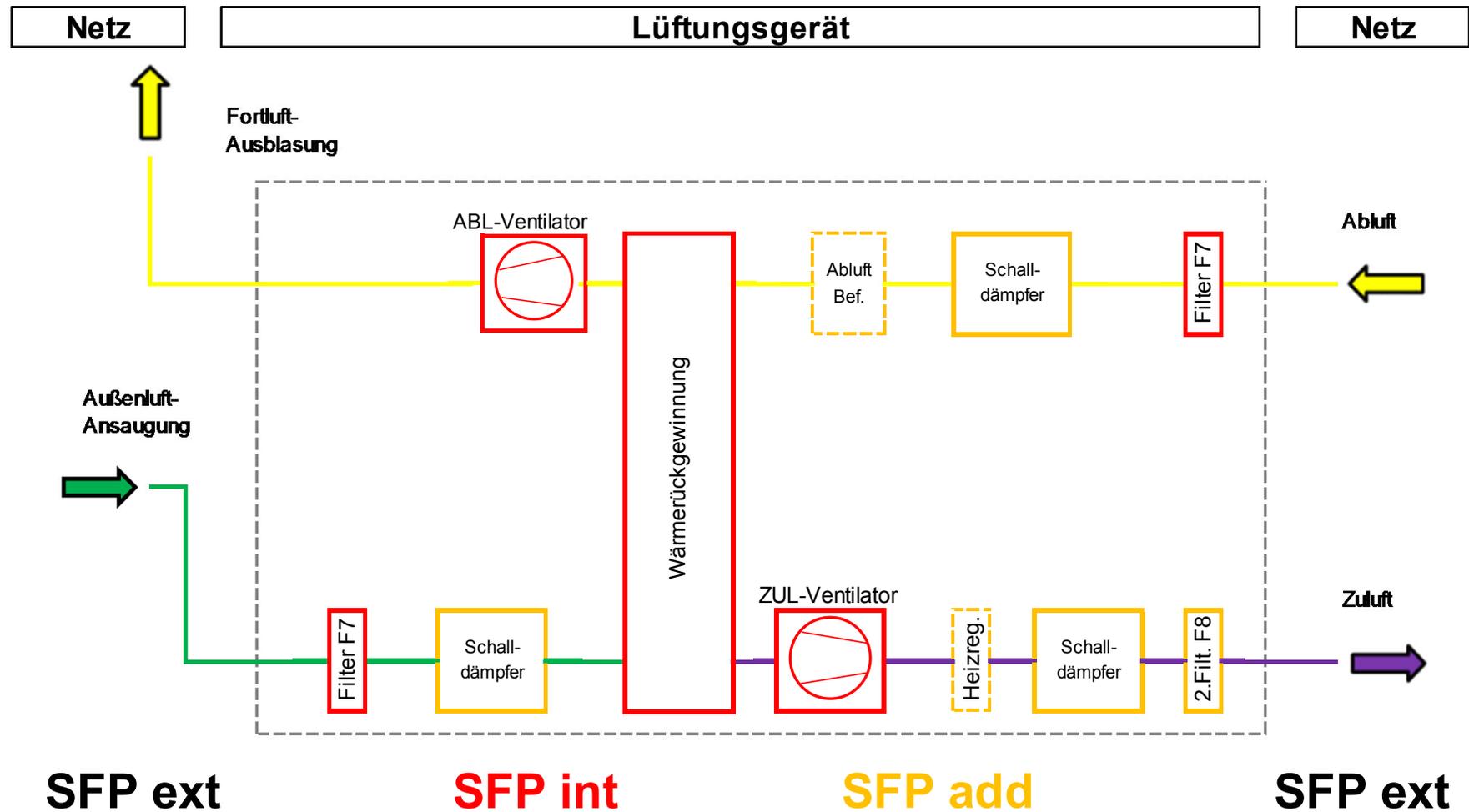
- ⇒ Filter (Außenluft + Abluft)
- ⇒ Wärmerückgewinnung
- ⇒ Nur der zugehörige Ventilatoranteil

nicht beinhaltet!!!:

- ⇒ Gerätezusatzausstattungen **SFP_{add}** (wie 2.Filterstufe, Kühlregister...)
- ⇒ Externe Pressung **SFP_{ext}** (wie Volumenstromregler, Schwebstoff-Filter, Nachbehandlungen, Brandschutzklappen, ...)



2.4 ÖKO-Design-Richtlinie - Prinzipbild





2.5 NÖ Energieeffizienz-Pflichtenheft

Wirksamkeit:

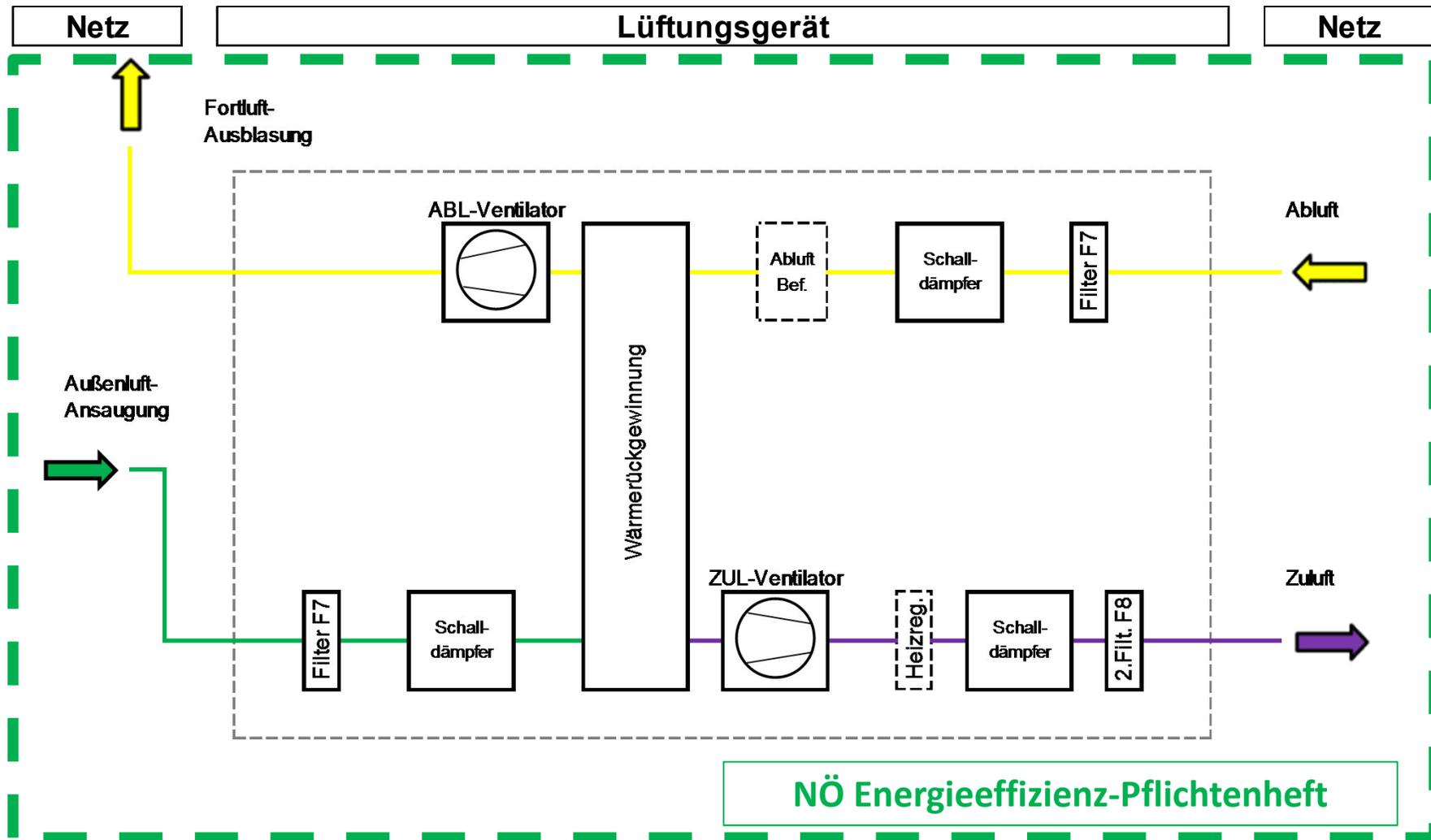
- ⇒ 01.06.2007 Version erstmals veröffentlicht
SFP Neuanlagen $< 0,9 \text{ Wh/m}^3 = < 3.240 \text{ Ws/m}^3$
- ⇒ 01.12.2007 Version 1.1 – SFP wie in Version 1.0
- ⇒ 22.01.2008 NÖ Landesbeschluss (LAD3-Erlass 29.05.2009)
- ⇒ 01.04.2011 in der Version 2.0
SFP alle Anlagen $\text{SFP } 3 = < 1.250 \text{ Ws/m}^3 + \text{Zuschläge ÖNORM EN 13779}$
- ⇒ **01.09.2014 in der Version 3.0 unverändert**
SFP alle Anlagen $\text{SFP } 3 = < 1.250 \text{ Ws/m}^3 + \text{Zuschläge ÖNORM EN 13779}$
(NÖ-Erlass 29.09.2015 gemeinsam mit NÖ-Fahrplan zur nachhaltigen Beschaffung)

SFP NÖ EEFF beinhaltet die gesamte Lüftungsanlage:

- ⇒ Gerätegrundausrüstung **SFP int** (wie WRG, Filter, Ventilator)
- ⇒ Gerätezusatzausstattungen **SFP add** (wie 2.Filterstufe, Kühlregister, ...)
- ⇒ Externe Pressung **SFP ext** (wie VVSR, S-Filter, Nachbehandlungen, ...)

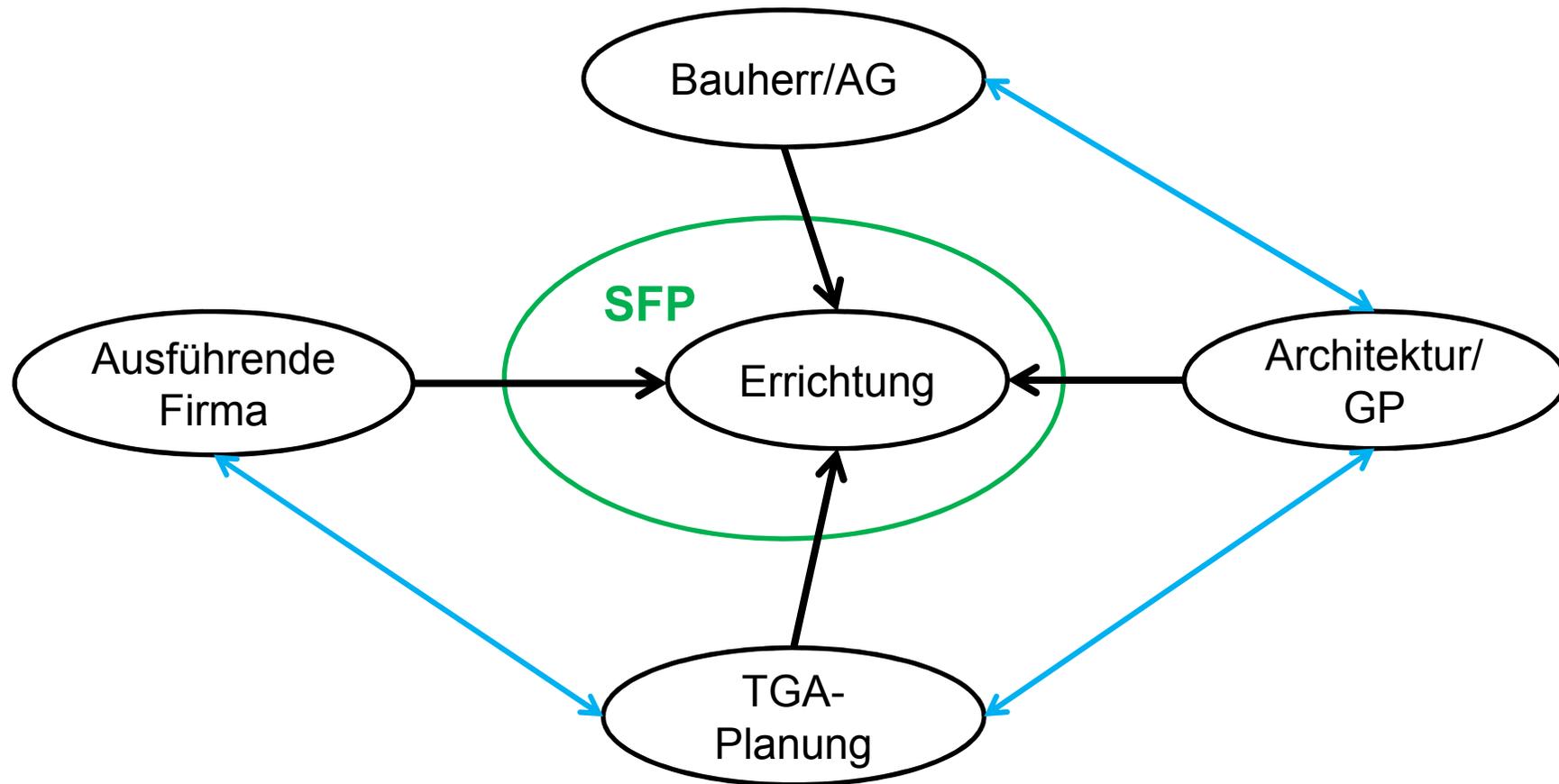


2.5 Anlagenaufbau – Umfang Pflichtenheft



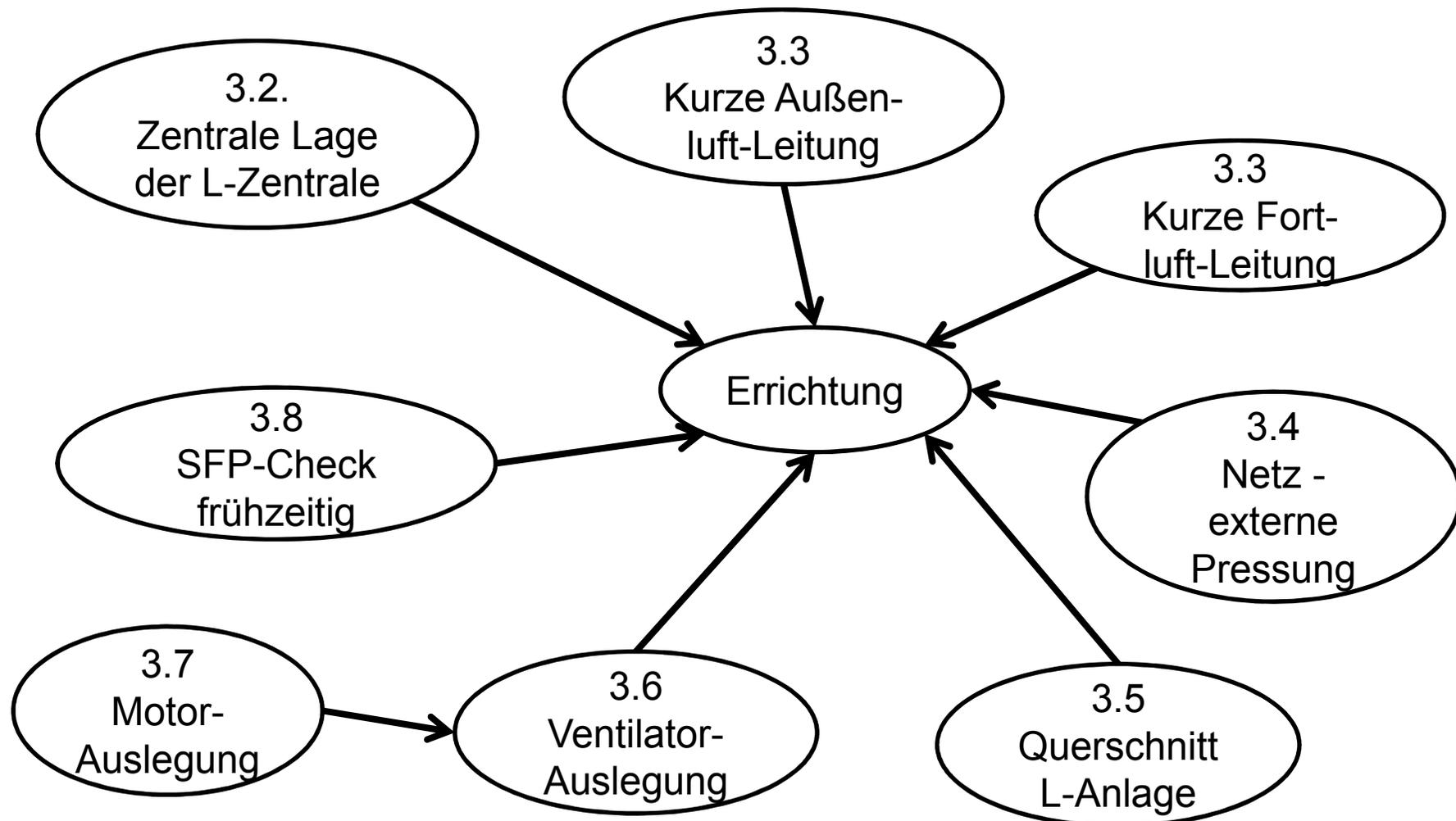


2.6 Einflussfaktoren Funktionsebene



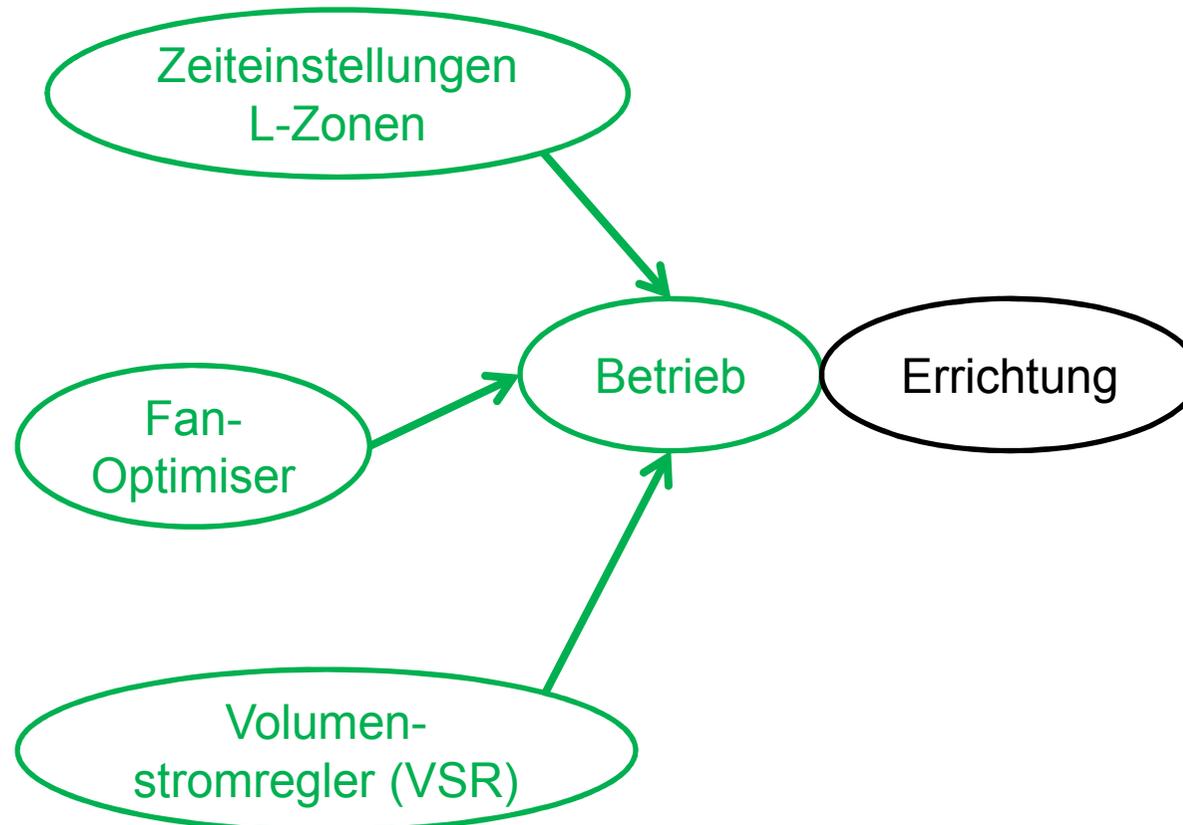


2.7 Einflussfaktoren Anlagenebene Planung





2.8 Optimierungsfaktoren Anlagenebene Betrieb



Übersicht



**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

1. Einleitung

2. Grundlagen

3. SFP - Errichtung

4. SFP - Betrieb

5. Bewertungen aus der Errichtung/Betrieb

6. Zusammenfassung und Ausblick

Erkenntnisse Errichtung

3.1 Hydraulik des Luftnetzes auf dem Weg des ungünstigsten Stranges z.B:

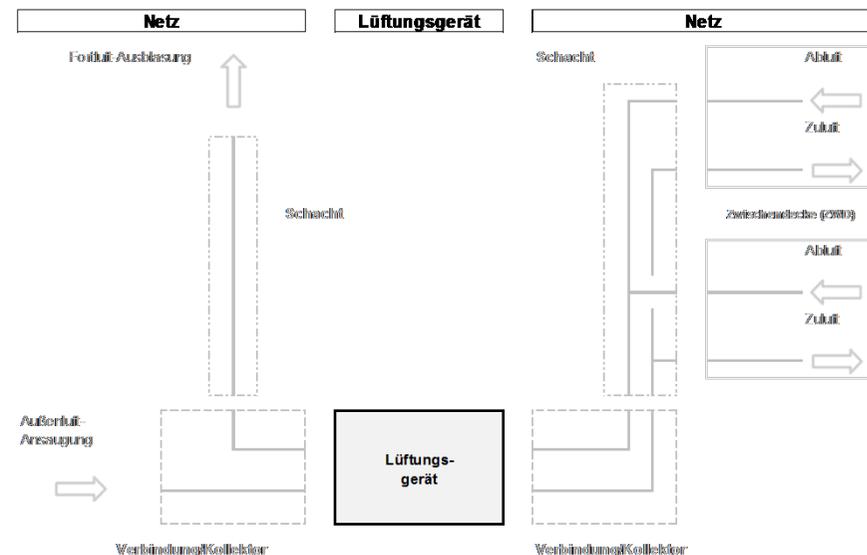
- ⇒ Abzweigungen mittels Hosenstücken und keine T-Stücke
- ⇒ Bögen mit Innenradien 150 mm und keine Knie-Stücke
(Messerfahrten 8 Pa/Stk zu 40 Pa/Stk.)
- ⇒ Etagenwinkel unter 30 Grad
- ⇒ zusätzliche Leitbleche bei Bögen

Diese Maßnahmen verbessern auch die Schallqualität!!!

Generell: Luftkanal Dichtheitsklasse „C“
(Verweis NÖ Energieeffizienz-Pflichtenheft Pkt. 9.11 c)

3.2 Anordnung Lüftungszentrale

- ⇒ zentrale Anordnung der Lüftungszentrale
- ⇒ Je nach Größe des Projekt auch auf mehrere Zentralen aufteilen (z.B. Gesundheitsbereich, Forschung)
- ⇒ Zentralengrößen, die eine geringere Gerätegeschwindigkeit ermöglichen erfordern:
größeres Raumvolumen
(Details folgen beim Punkt 3.5)

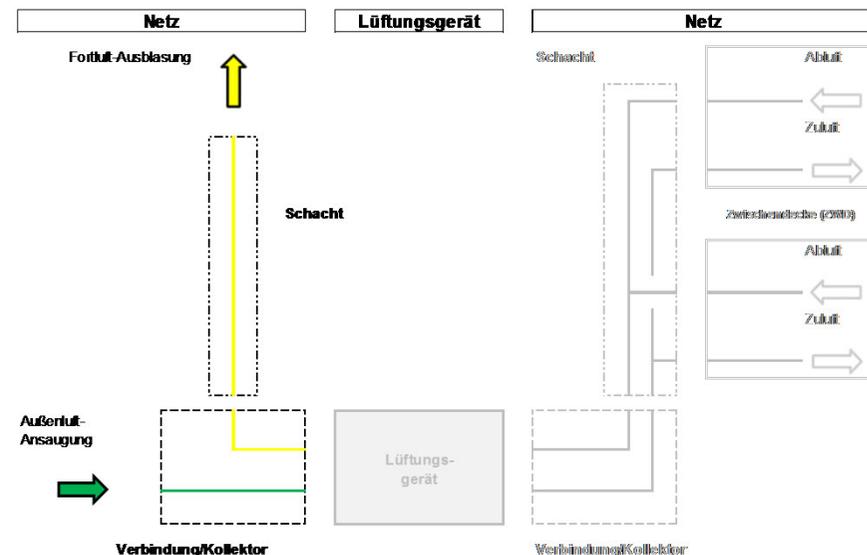


3.3 Gestaltung

Außen- (AUL) / Fortluft- (FOL)-Leitungen

Geringe Druckverlustaufwändungen durch:

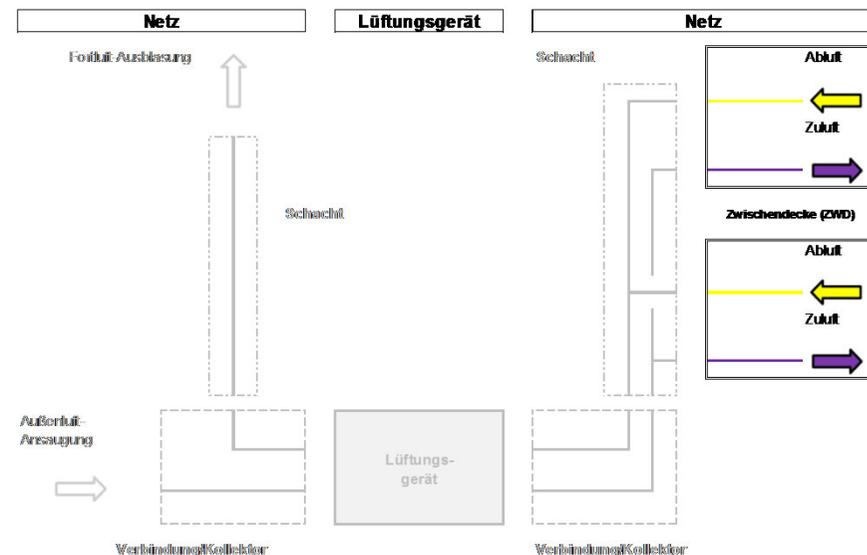
- ⇒ Kurze Verbindung mit dem Lüftungszentralgerät
optional über Verbindungsleitung, Kollektor oder Schacht
- ⇒ Bei AUL-Luftkollektoren (oberflächenbeschichtet – glatt/abriebfest)
sowie Ausstattung mit Grobstaubfilter unmittelbar bei Ansaugung
- ⇒ Oberflächen glatt und abriebfest



3.4 externe Pressung

3.4.1 Zwischendecken

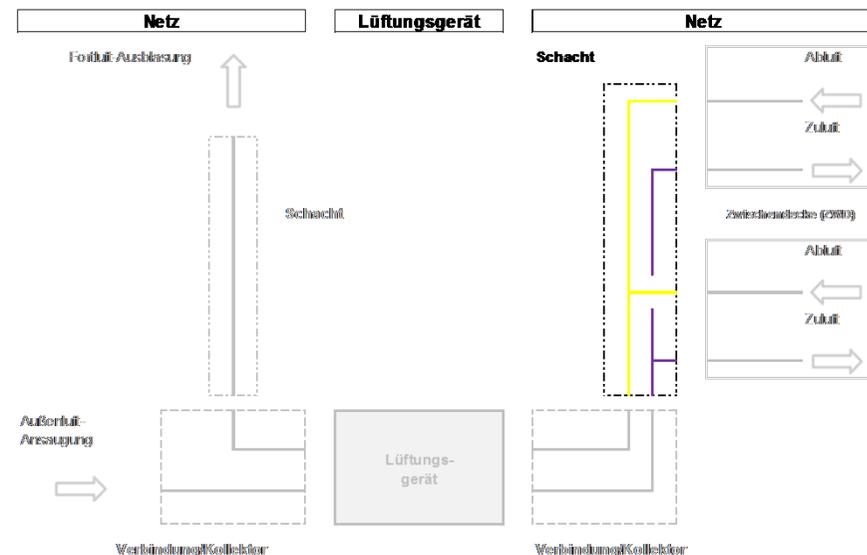
- ⇒ Auslegung mit geringeren Druckverlusten in der Regel aufgrund der beengten Zwischendeckenhöhen nur minimal möglich
- ⇒ Einziges Potential auf dem letzten Streckenabschnitt, wo die Luftleitungen bereits einen geringeren Querschnitt haben
- ⇒ Auswirkungen Brandschutz (z.B. BSK) bewirken kleinere verbleibende Luftkanal-Querschnitte die zu berücksichtigen sind



3.4 externe Pressung

3.4.2 Schachtbereiche

- ⇒ Potential positiv, wenn die Schachtangaben bereits ab dem Vorentwurf berücksichtigt werden
- ⇒ Potential negativ, wenn aufgrund von Änderungen (Raumaufteilungen, Luftmengen, zu geringe Schachtgröße, ...) Anpassungen notwendig werden, jedoch die Schachtangaben im Planungsverlauf im Grundriss bereits „einzementiert“ sind



3.4 externe Pressung

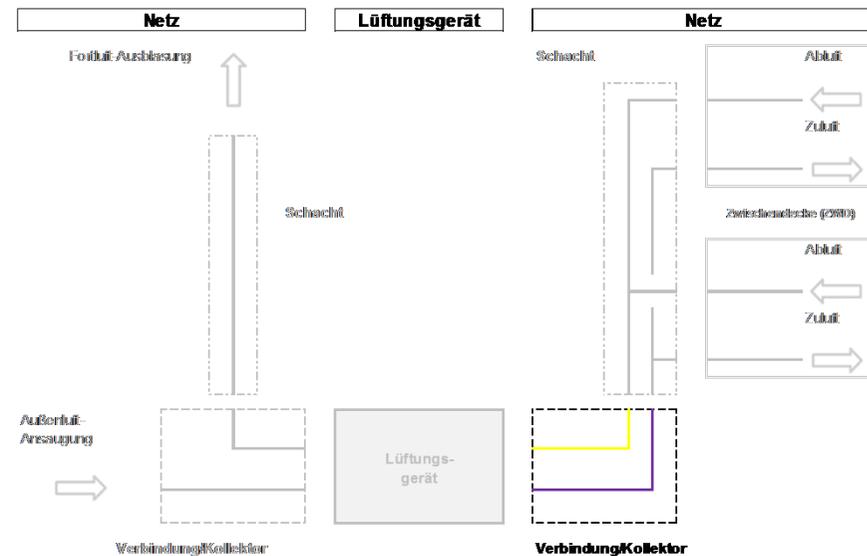
3.4.3 Kollektoren/Verbindungen

⇒ Meist noch bessere Planungsbeeinflussbarkeit, da sich diese meist in Nebenbereichen befinden

Dadurch können Potentiale zur Reduktion der Druckverluste erreicht werden.

z.B. kleiner 0,5 Pa/m Leitungsnetz

Vergleich Zwischendeckenbereich
1,5 bis über 2,0 Pa/m

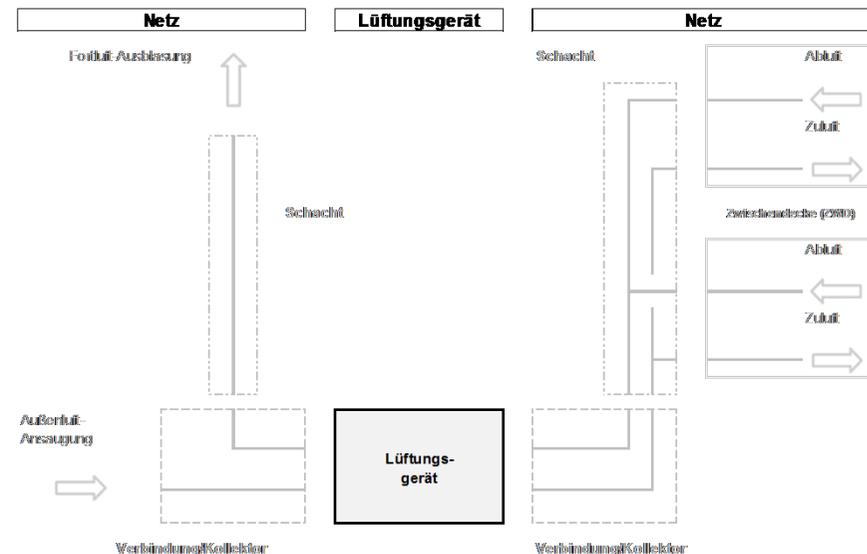


3.5 Lüftungszentrale/-Gerät

- ⇒ Gleiche Planungsbeeinflussbarkeit wie bei Kollektoren/Verbindungen
- ⇒ Potential positiv, bei größeren Raumvolumen:
(wie bei Punkt 3.2 angeführt)
bewirkt: Verringerung der Druckverluste
- ⇒ Geringere Gerätegeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Erreichung
des SFP-Zielwertes
- ⇒ Gerätegeschwindigkeiten unter 1,0 m/s Auslegung nicht zu
empfehlen
- ⇒ hydraulisch günstiges
Leitungsnetz

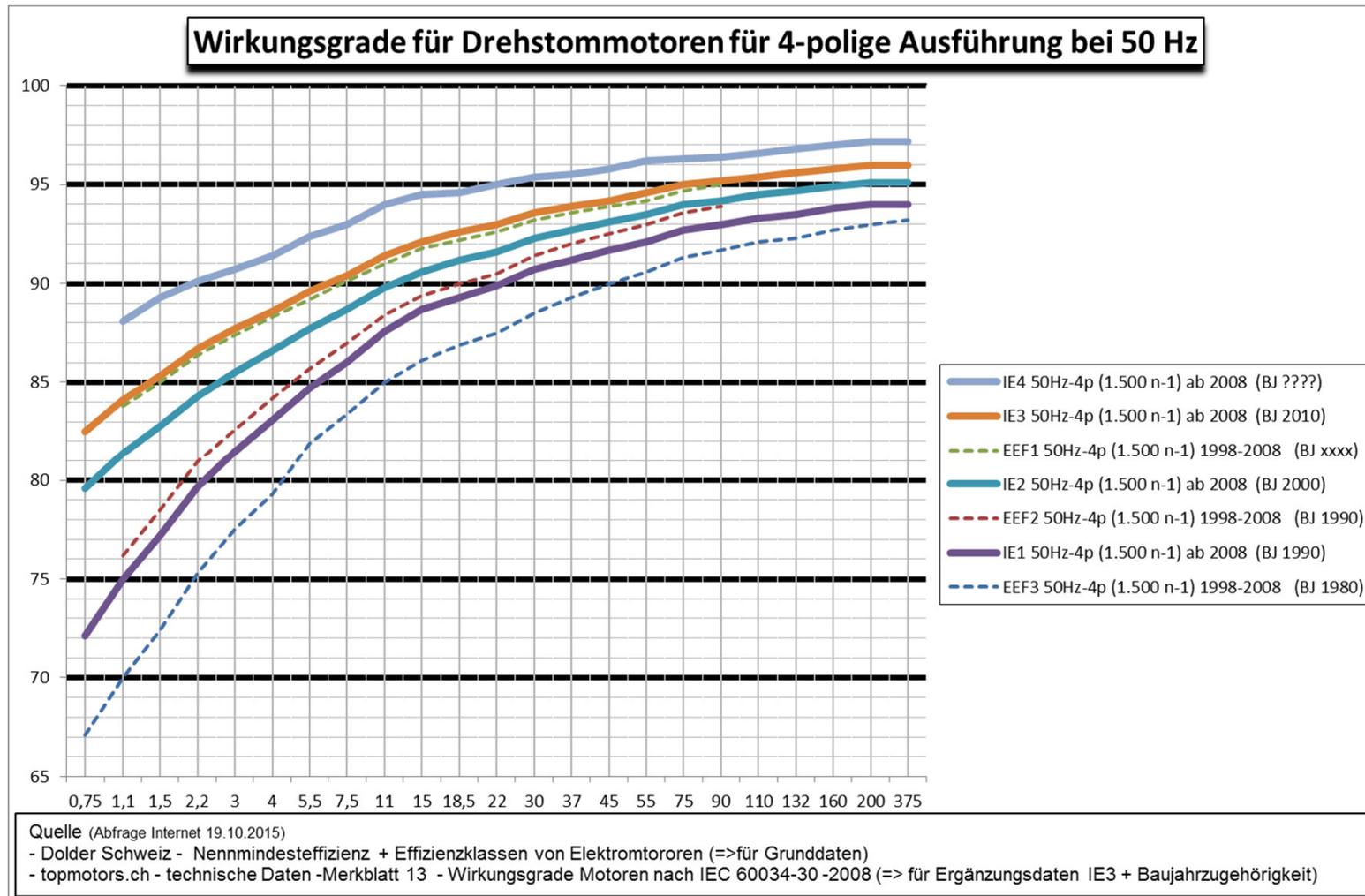
**Information ÖNORM EN 13053
Geschwindigkeitsklassen:**

- V1 ≤ 1.6 m/s
- V2 ≤ 1.8 m/s
- V3 ≤ 2.0 m/s
- V4 ≤ 2.2 m/s
- V5 ≤ 2.5 m/s



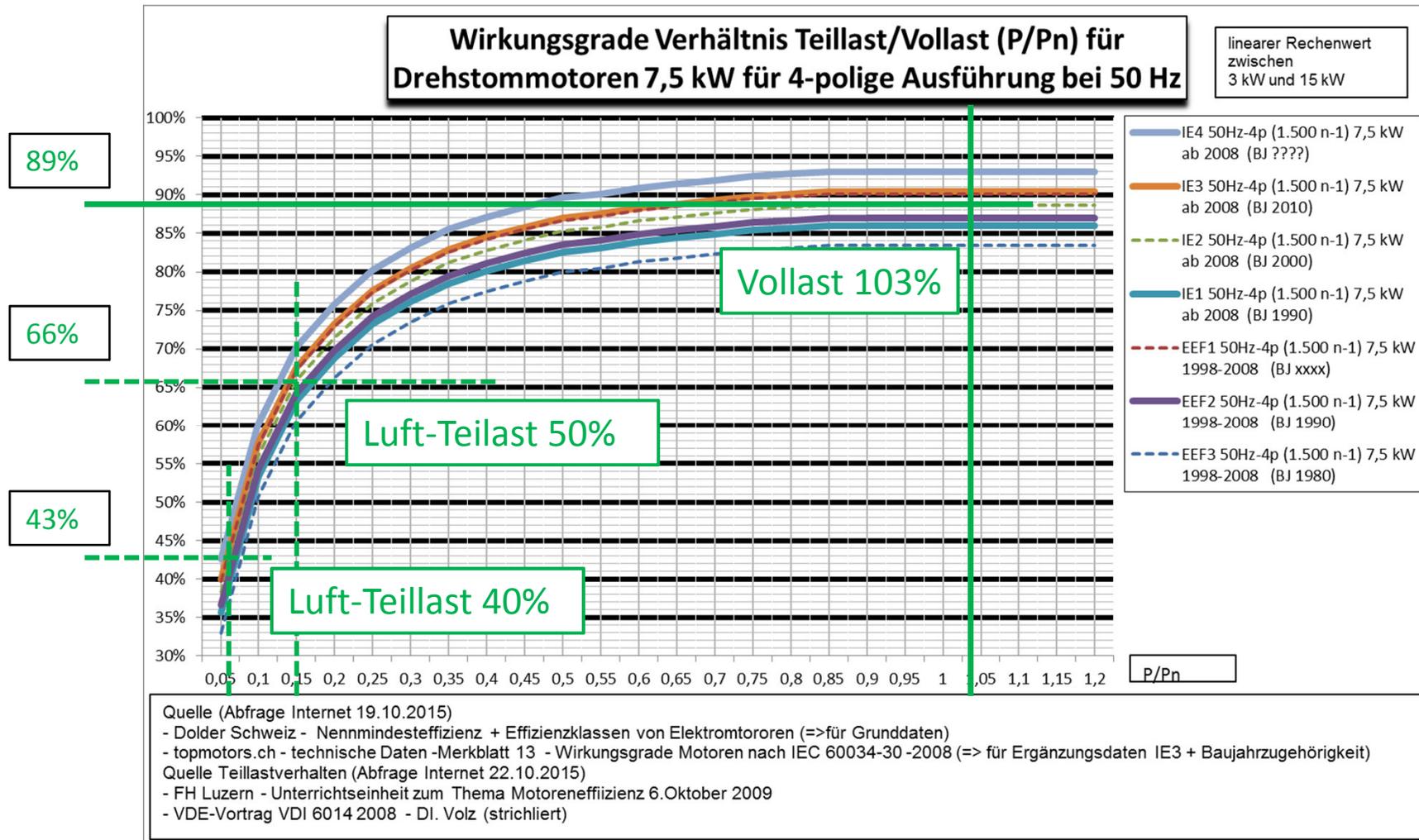
3.7 Motorauslegung

3.7.1 Entwicklung Motorklassifizierungen



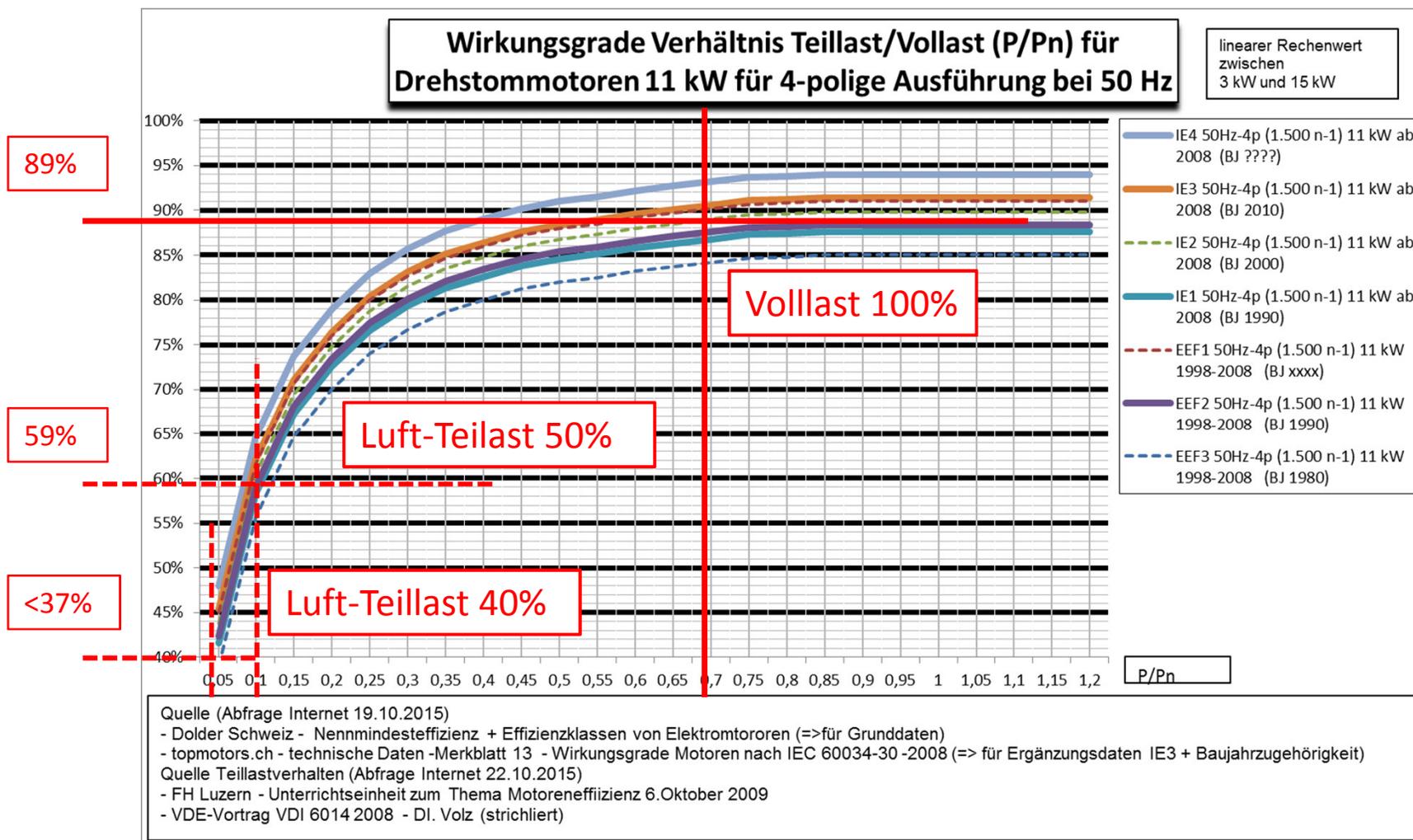
3.7 Motorauslegung

3.7.2 Praxisbeispiel - optimiert



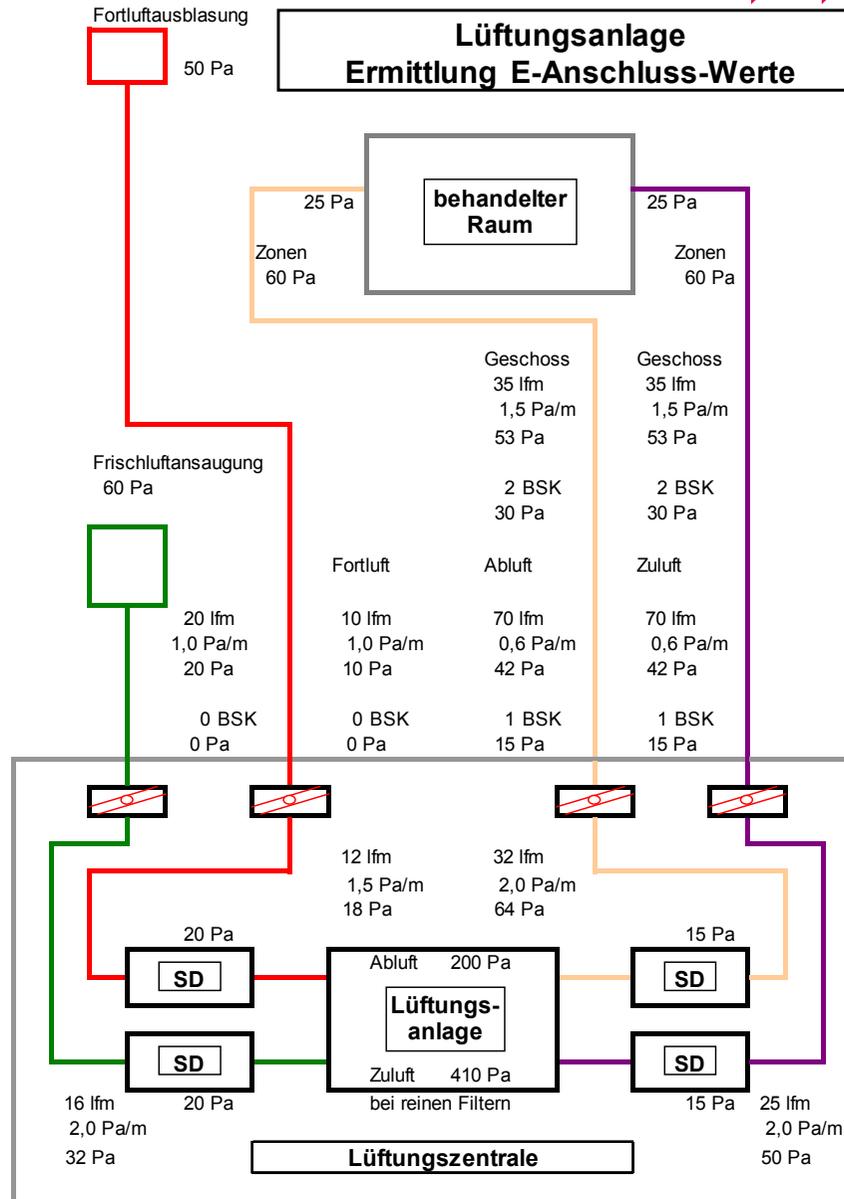
3.7 Motorauslegung

3.7.3 Praxisbeispiel – übliche Auslegung



3.8 SFP-Check

Schema L-Anlage Stand Pflichtenheft





3.8.1 SFP-Check - Wertevergleich

Grundsatz-Schema L-Anlage Auswertung:

	Luftmenge	ext.Pa	int. Pa	ges.Pa	Eta	Aufnahme-P	SFP	entspricht
ZUL	20.335 m ³ /h	290 Pa					EN 13779	EN 13779
AUL	20.335 m ³ /h	132 Pa						
		422 Pa	410 Pa	832 Pa	67%	6.987 W	1.237 Ws/m ³	
			Ventilator		77%			
			Motor		90%			
			FU		97%			
ABL	20.335 m ³ /h	304 Pa						
FOL	20.335 m ³ /h	98 Pa						
		402 Pa	200 Pa	602 Pa	67%	5.054 W	895 Ws/m ³	
			Ventilator		77%			
			Motor		90%			
			FU		97%			
Luft	20.335 m ³ /h			1.433 Pa		12.042 W	2.132 Ws/m³	

Vorgabe		1.250 Ws/m ³	SFP-Wert 3
Zuschlag WRG H1		600 Ws/m ³	
Zuschlag 2.Filterstufe		300 Ws/m ³	
Zuschlag adiabate ABL-Befeuchtung + Grobfilter Ansaugung		125 Ws/m ³	
Vorgabe inkl. Zuschläge		2.275 Ws/m³	
Vorgabe inkl. Messunsicherheit	-10%	2.048 Ws/m³	10% 2.503 Ws/m³

Übersicht



**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

1. Einleitung

2. Grundlagen

3. SFP - Errichtung

4. SFP - Betrieb

5. Bewertungen aus der Errichtung/Betrieb

6. Zusammenfassung und Ausblick



4.1 Betrieb variable Volumenstrom- regler (VSR)

Ausstattungen mit Volumenstromreglern in der Netzverteilung:

- ⇒ Haben sich heute zu einem technischen Standard entwickelt
- ⇒ Diese technischen Ausstattungen gewährleisten bei ordnungsgemäßen Betrieb, dass nur jene Luftmenge gefördert wird, die auch beim Verbraucher benötigt wird
- ⇒ Einsatzgrenzen technisches V_{min} beachten

Regelungsvoraussetzungen:

- ⇒ V_{min}/V_{max} -Festlegungen und Einstellungen an den Volumenstromreglern entsprechend dem Nutzerverhalten (möglichst frühzeitig)
- ⇒ Dies bedingt eine einregulierte/gemessene Anlage die bei der Inbetriebnahme durch die Lüftungsinstallationsfirma als auch der Regelfirma zu gewährleisten ist
- ⇒ V_{min}/V_{max} -Festlegungen nachstellbar für Betrieb



4.2 Betrieb Fan-Optimiser

Fan-Optimiser:

- ⇒ Führungssignal FU auf Basis Rückmeldungen der Volumenstromregler (VSR)
- ⇒ Verfeinerung des Betriebes von Volumenstromreglern, dass nicht nur die Luftmenge entsprechend geregelt wird, sondern auch der erforderliche Förderdruck

Regelungsvorraussetzungen:

- ⇒ Dauernde Periodische Abfrage der Rückmeldung der VSR
- ⇒ Entsprechend des höchsten Wertes (z.B. über oder unter 90%) Ausregelung mittels neuen Führungswert von MSR an den Ventilator
- ⇒ Maximaler Druckgrenzwert einstellbar auf ZLT-Bild für Nachjustierbarkeit

Übersicht



**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

1. Einleitung
2. Grundlagen
3. SFP - Errichtung
4. SFP - Betrieb
- 5. Bewertungen aus der Errichtung/Betrieb**
6. Zusammenfassung und Ausblick



5.1 Lüftungsanlagen - Vergleiche

	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3
	Standard 2007	wie Anlage 3 nur L-Anlage größere Geschwindigkeit	NÖ Pflichtenheft
Gerätgeschwindigkeit	1,8 m/s	1,4 m/s	1,1 m/s
Außenluftfilter	ja	ja	ja
Wärmerückgewinnung	Plattentauscher Klasse EFF2 mit Riementantrieb	wie Anlage 3	Hochleistungskreislauf- Verbundsystem (HKVS) Klasse IE3 direkt getrieben
Zuluftventilator		wie Anlage 3	nicht um Luftkreislauf => im HKVS-Kreislauf
Heizregister	ja	wie Anlage 3	
2.Filterstufe F8	ja	ja	ja
Abluftfilter F7	ja	ja	ja
Abluftbefeuchter	ja	ja	ja
Abluftventilator	Klasse EFF2 mit Riementantrieb	wie Anlage 3	Klasse IE3 direkt getrieben
Zuluft/Außenluft- Abluft/Fortluft-Netz	wie Anlage 3	wie Anlage 3	ja
Druckregelung	ja druckkonstant	ja druckkonstant	ja Fan-Optimiser



5.2 Bewertung – SFP-Basiswerte

	Anlage 1		Anlage 2		Anlage 3	
	Delta p-konst.		Delta p-konst.		Fan-Opt. Delta p-var.	
	Zuluft	Abluft	Zuluft	Abluft	Zuluft	Abluft
dp-SFP-int	16.300 m ³ /h 767 Pa	15.720 m ³ /h 516 Pa	16.300 m ³ /h 494 Pa	15.720 m ³ /h 342 Pa	16.300 m ³ /h 322 Pa	15.720 m ³ /h 223 Pa
dp-SFP-add	1.169 Ws/m ³ 52,8%	786 Ws/m ³ 49,5%	753 Ws/m ³ 47,4%	522 Ws/m ³ 41,5%	491 Ws/m ³ 38,6%	340 Ws/m ³ 32,7%
dp-ext	240 Pa 366 Ws/m ³ 16,5%	112 Pa 170 Ws/m ³ 10,7%	103 Pa 157 Ws/m ³ 9,9%	68 Pa 103 Ws/m ³ 8,2%	67 Pa 102 Ws/m ³ 8,0%	44 Pa 67 Ws/m ³ 6,5%
dp-gesamt	445 Pa 678 Ws/m ³ 30,6%	415 Pa 633 Ws/m ³ 39,8%	445 Pa 678 Ws/m ³ 42,7%	415 Pa 633 Ws/m ³ 50,3%	445 Pa 678 Ws/m ³ 53,4%	415 Pa 633 Ws/m ³ 60,9%
	1.452 Pa 2.459 Ws/m ³	1.042 Pa 1.765 Ws/m ³	1.042 Pa 1.588 Ws/m ³	825 Pa 1.257 Ws/m ³	834 Pa 1.271 Ws/m ³	682 Pa 1.039 Ws/m ³
Eta (Vent.)	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%	76,0%
Eta (Mot.)	89,0%	89,0%	89,0%	89,0%	89,0%	89,0%
Eta (Antrieb)	90,0%	90,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Eta (FU)	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
Eta	59,0%	59,0%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%



5.3 Bewertung – Anforderungen

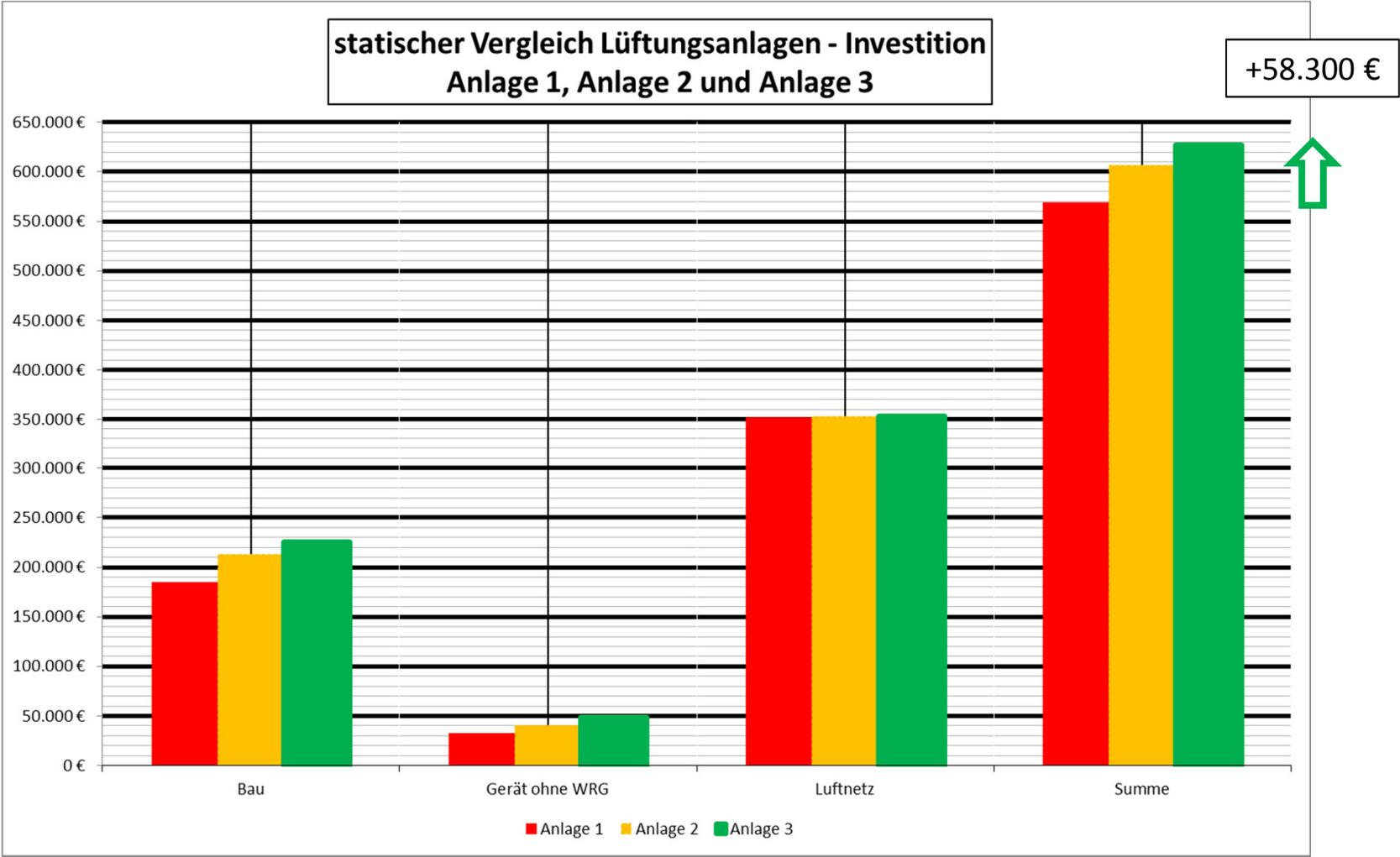
	Anlage 1 Delta p-konst.	Anlage 2 Delta p-konst.	Anlage 3 Fan-Opt. Delta p-var.
SFP	16.300 m ³ /h 18.843 W 4.162 Ws/m ³	16.300 m ³ /h 12.682 W 2.801 Ws/m ³	16.300 m ³ /h 10.294 W 2.274 Ws/m ³
NÖ-EFF-Pflichtenheft SFP3-Grenzwert Projekt erfüllt	2.275 Ws/m ³ NEIN	2.275 Ws/m ³ NEIN	2.275 Ws/m ³ JA
dp-SFP-int-ÖKO-Des. WRG-System WRG	1.955 Ws/m³ Platte 73,0%	1.275 Ws/m³ HKVS 76,0%	831 Ws/m³ HKVS 76,0%
Grenzwertermittlung ÖKO-Designrichtlinie			
Basis	800 Ws/m ³	1.300 Ws/m ³	1.300 Ws/m ³
E (2018)	0 Ws/m ³	240 Ws/m ³	240 Ws/m ³
F	0 Ws/m ³	0 Ws/m ³	0 Ws/m ³
SFP 2018 erfüllt	<u>800 Ws/m³</u> NEIN	<u>1.540 Ws/m³</u> JA	<u>1.540 Ws/m³</u> JA



5.4 Bewertung – Kosten

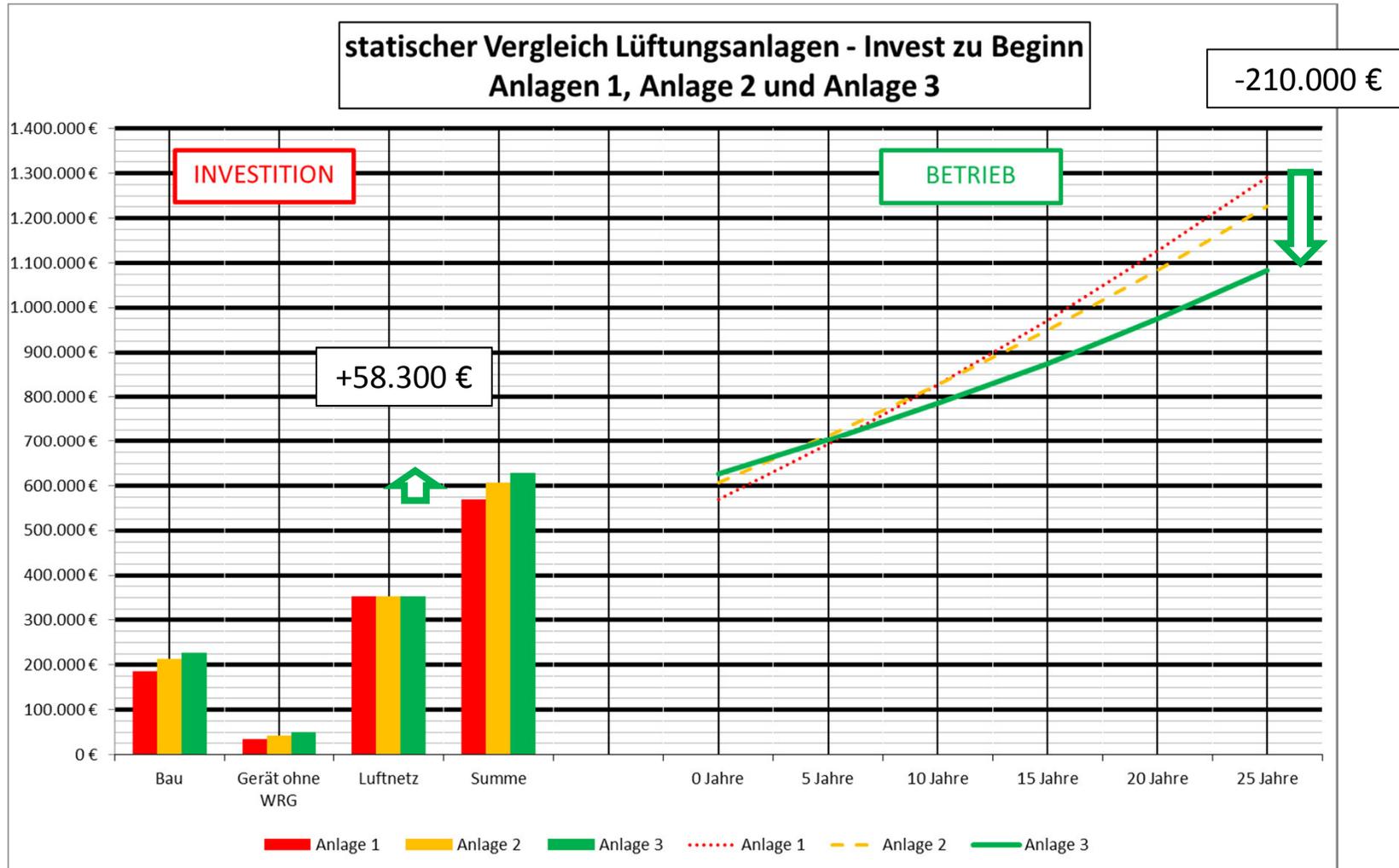
	Anlage 1 Delta p-konst.		Anlage 2 Delta p-konst.		Anlage 3 Fan-Opt. Delta p-var.	
	Zuluft	Abluft	Zuluft	Abluft	Zuluft	Abluft
Stromverbrauch						
Luftmenge	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%
Stunden/Nacht	12,0 h	12,0 h	12,0 h	12,0 h	12,0 h	12,0 h
dp-gesamt	1.452 Pa	1.042 Pa	1.042 Pa	825 Pa	250 Pa	220 Pa
Eta	39,7%	39,7%	34,9%	34,9%	48,7%	48,7%
Leistung	8.289 W	5.739 W	6.758 W	5.159 W	1.163 W	987 W
Arbeit/Nacht	99,47 kWh	68,87 kWh	81,10 kWh	61,91 kWh	13,96 kWh	11,84 kWh
Luftmenge	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Stunden/Tag	12,0 h	12,0 h	12,0 h	12,0 h	12,0 h	12,0 h
dp-gesamt	1.452 Pa	1.042 Pa	1.042 Pa	825 Pa	834 Pa	682 Pa
Eta	59,0%	59,0%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%
Leistung	11.134 W	7.709 W	7.192 W	5.490 W	5.755 W	4.539 W
Arbeit/Tag	133,61 kWh	92,51 kWh	86,30 kWh	65,88 kWh	69,06 kWh	54,47 kWh
elektr. Verbrauch/Jahr		143.978 kWh		107.744 kWh		54.505 kWh
elektr. Verbrauch inkl. Filterverschmutzung		158.376 kWh		118.519 kWh		59.956 kWh
Stromkosten		19.005 €/a		14.222 €/a		7.195 €/a
Investkosten-Bau		184.995 €		212.994 €		225.438 €
Investkosten-Gerät ohne WRG-Kosten		32.600 €		40.750 €		48.900 €
Investkosten-Netz		351.438 €		353.000 €		353.000 €
Investkosten		<u>569.033 €</u>		<u>606.744 €</u>		<u>627.338 €</u>
Jahre		25		25		25
Betriebskosten (inkl. Index 1%)		542.130 €		405.692 €		205.242 €
Wartungskosten (inkl. Index 2%)		180.978 €		213.649 €		249.587 €
		<u>723.108 €</u>		<u>619.341 €</u>		<u>454.829 €</u>
Invest + Betrieb		1.292.141 €		1.226.085 €		1.082.167 €

5.5 Bewertung - Projekt 1 Investitionskosten



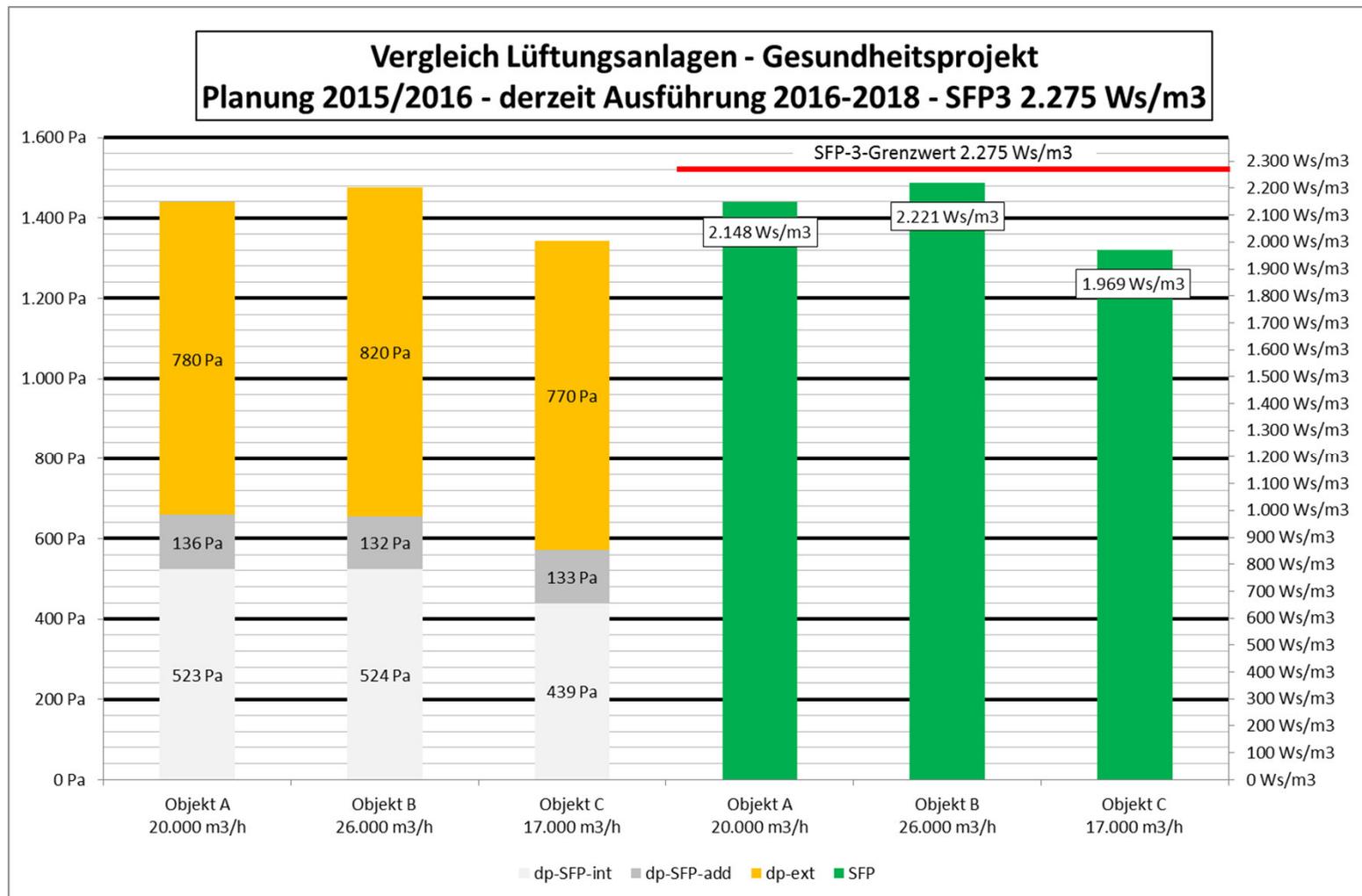
5.6 Bewertung – Projekt 1

Investitions- und Betriebskosten



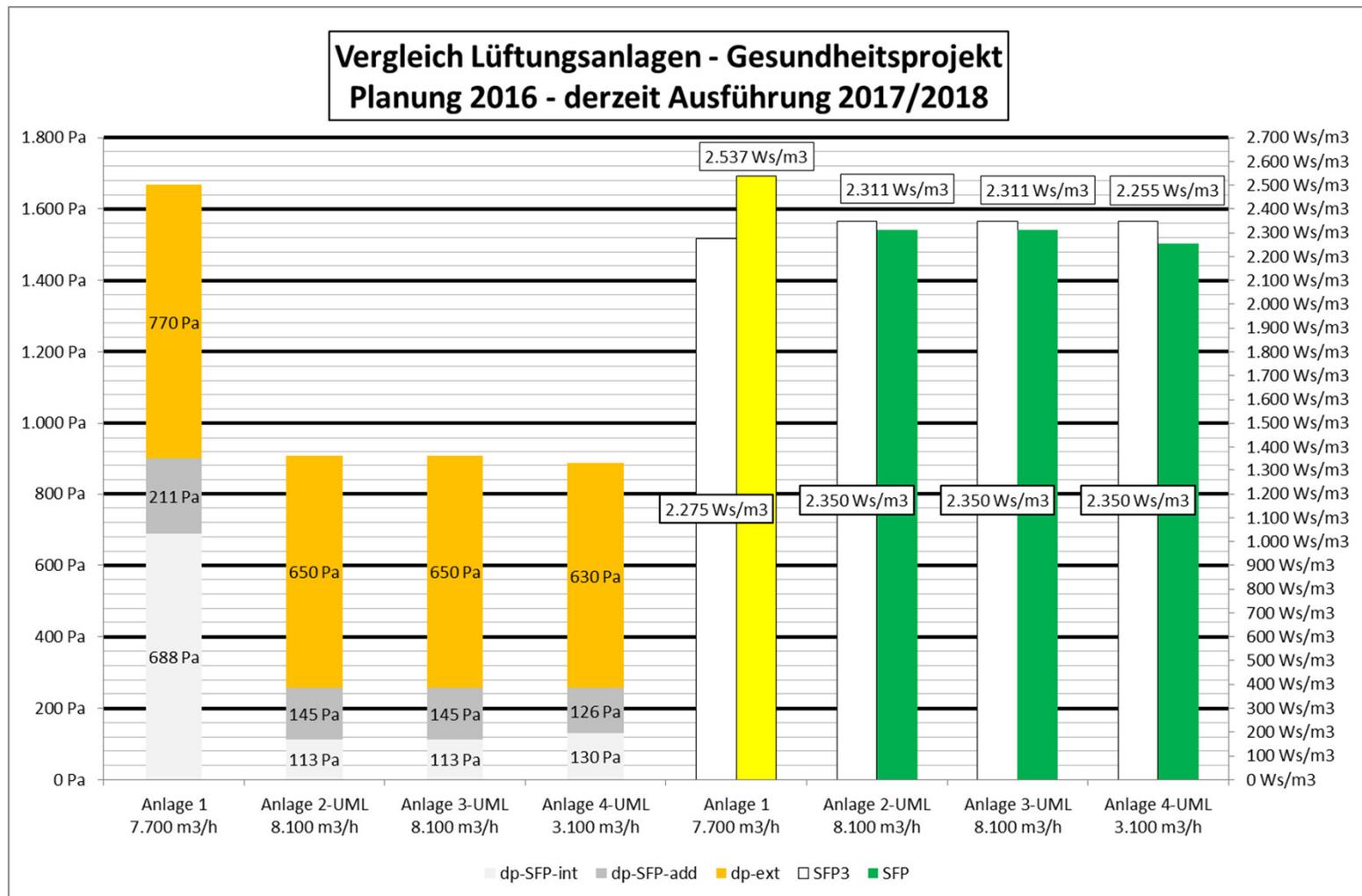


5.7 Planungserfahrung – Projekt 2





5.8 Planungserfahrung – Projekt 3



Übersicht



**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt

1. Einleitung
2. Grundlagen
3. SFP - Errichtung
4. SFP - Betrieb
5. Bewertungen aus der Errichtung/Betrieb
- 6. Zusammenfassung und Ausblick**

6.1 Zusammenfassung/Ausblick

⇒ Ausführung der Anlagen gemäß Energie-Effizienz-Pflichtenheft sind auch wirtschaftlich umsetzbar

Vorraussetzungen:

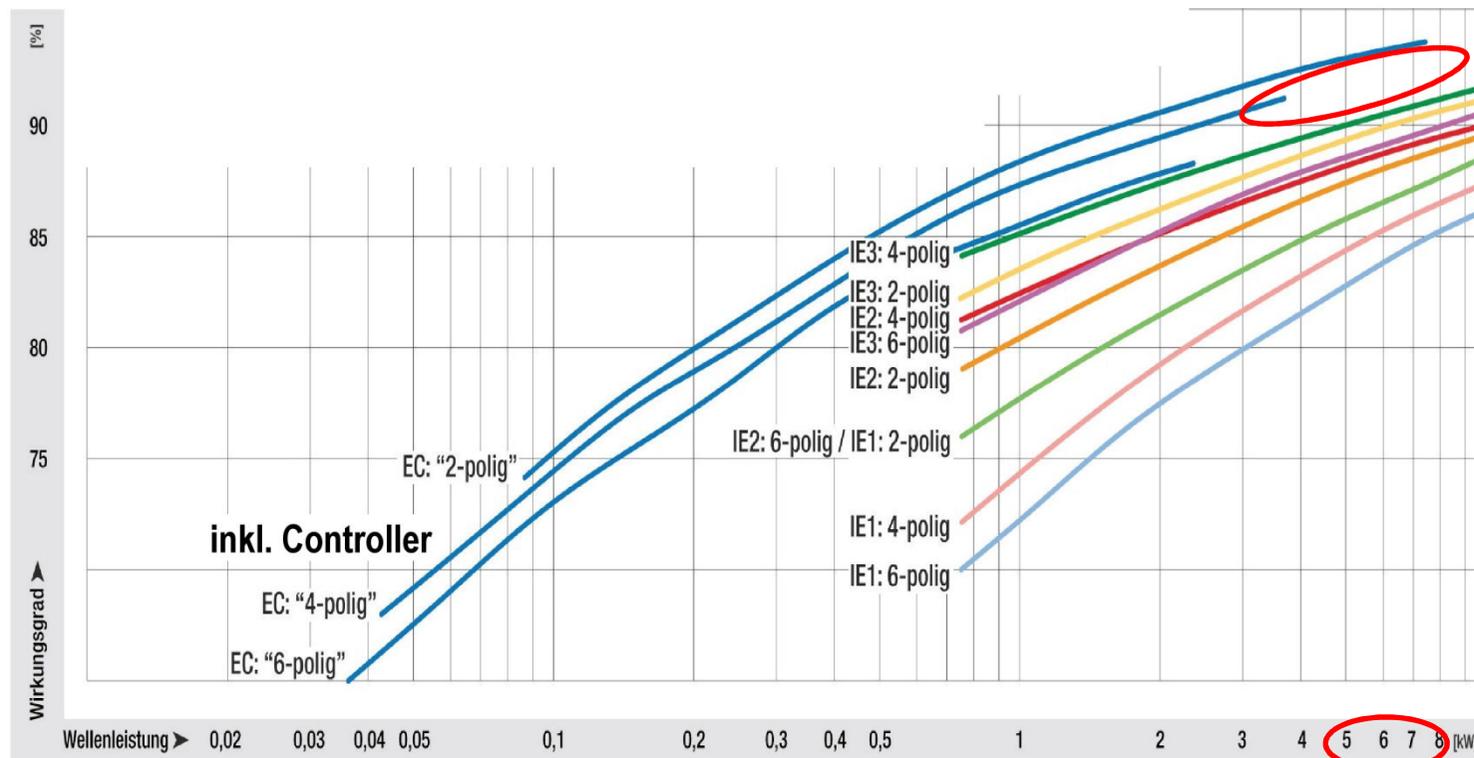
- ⇒ Frühzeitige Planungsberücksichtigung
- ⇒ Laufende Evaluierung entsprechend der Planungsstufen
- ⇒ Ausloten der Potentialmöglichkeiten der vorangeführten Bereiche einer Lüftungsanlage
- ⇒ Einbindung betroffener Projektbeteiligte und Weitergabe verständlicher, entscheidungsrelevanter Informationen

Zukünftiges Ziel:

- ⇒ Bei Neubauen Nutzung der Zwischendeckenerhöhung zur Senkung der externen Pressungen
- ⇒ Motorenentwicklung IE4
Verbesserung Wirkungsgrad; auch im Teillastverhalten



6.2 Zusammenfassung/Ausblick – Motoren



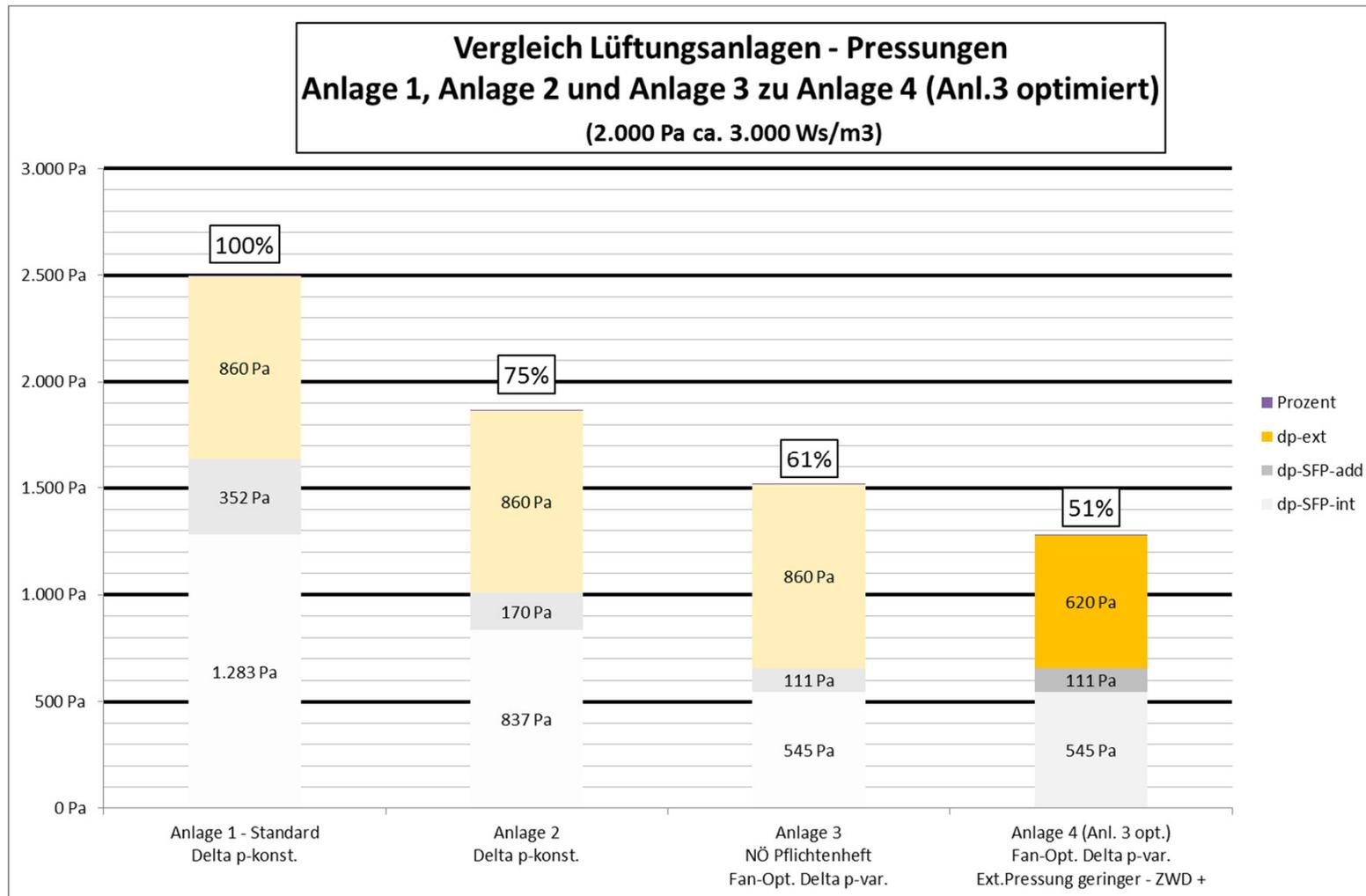
⇒ Verbesserung Motorwirkungsgrad

⇒ Motorenlieferbarkeit derzeit nur bis 6 kW

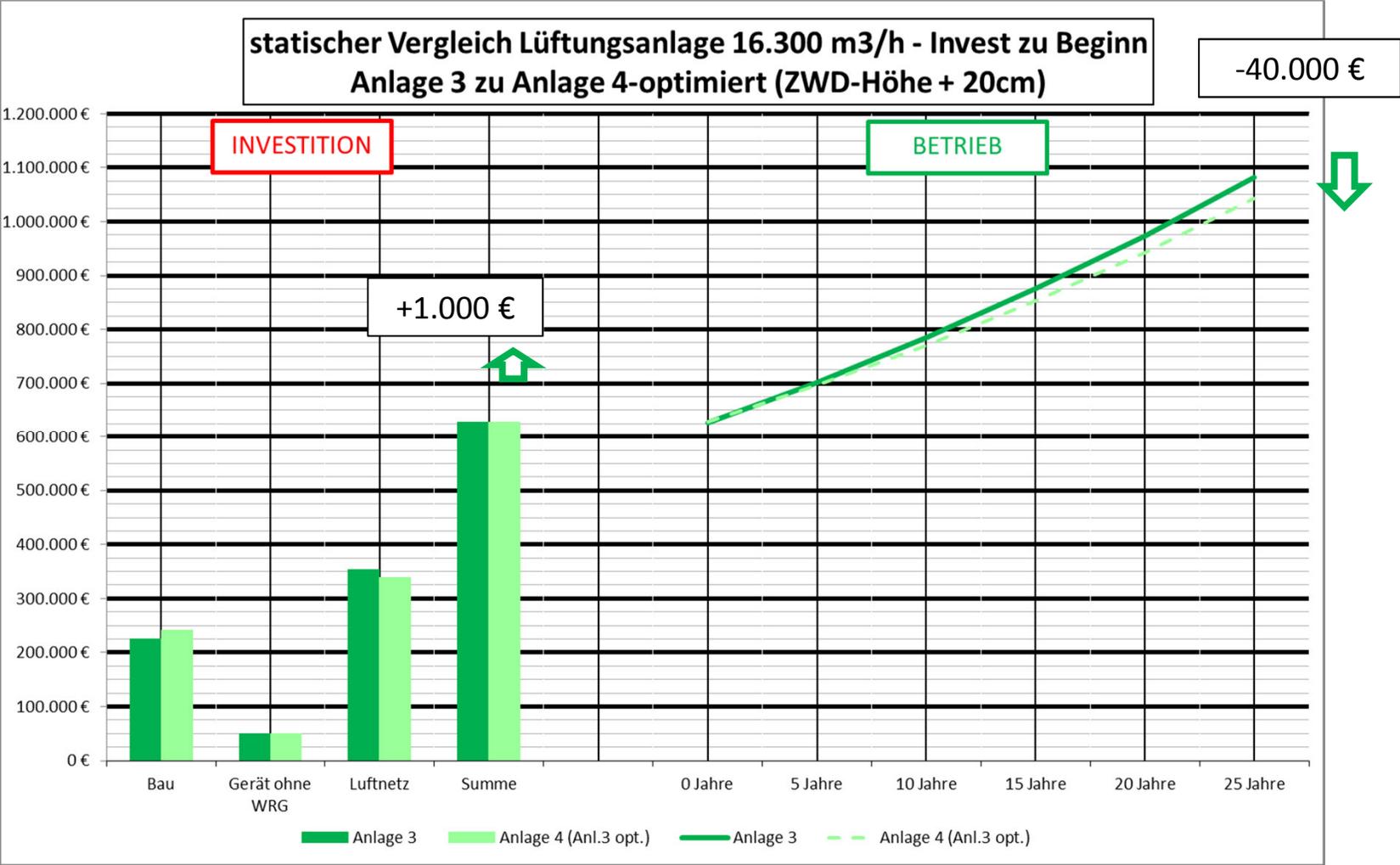
Quelle: Präsentation EBM Pabst 2015



6.3 Zusammenfassung/Ausblick – Grafik 1



6.4 Zusammenfassung/Ausblick – Grafik 2





**Haustechnik
Planungsgesellschaft**

Ingenieurbüro
Gebäudetechnik, Energie und Umwelt



Beauftrag und Mitwirkung

Amt der NÖ Landesregierung

Gruppe Raumordnung, Umwelt und Verkehr

Abteilung Umwelt- und Energiewirtschaft RU3

Herzlichen Dank!

**Pflichtenheft Energieeffizienz und Nachhaltigkeit
für NÖ-Landesgebäude:**

<http://www.noel.gv.at/Umwelt/Energie/Landesgebaeude/pflichtenheft.html>