

**Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH**

**Nachhaltigkeit beim Betrieb von Lüftungs- und Klimaanlage**

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke**



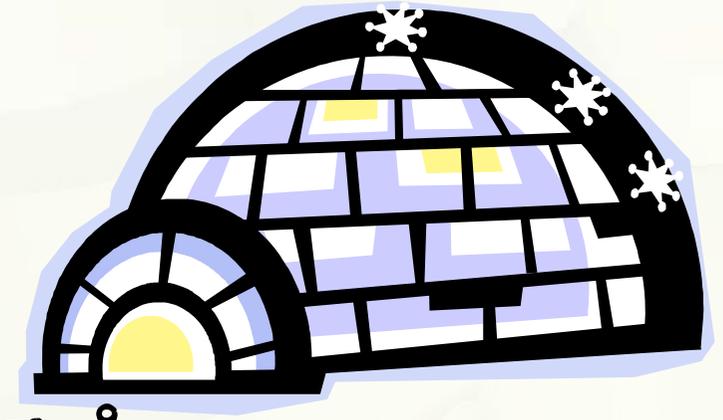
- ▶ **Einleitung**
- ▶ **Definitionen**
- ▶ **Beispiele für Nachhaltigkeitsüberlegungen**
- ▶ **Bestand an RLT-Anlagen – Ergebnisse der energetischen Inspektion**
- ▶ **Zusammenfassung**





Wäre ein Iglu in Dresden nachhaltig?

- Nachwachsender Rohstoff:
- Energieeffizient:
- Erfüllung der Nutzeranforderung:





## Heutige Auffassung und Ziele im Gebäudebereich

1. Weitgehende Schonung der Energie und Ressourcen bei der Herstellung und Verwendung von Baustoffen aller Art
2. Deutliche **Verminderung der Emissionen von Schadstoffen**
3. Verringerung des **Energieverbrauchs bei gleichbleibender Nutzungsqualität**
4. Beseitigen von Schwachstellen als Folge vertiefter Kosten-/Nutzenbetrachtungen über den gesamten Lebenszyklus (LCC) der Investitionen unter Einsatz von nachhaltigkeitsbetonten Mechanismen
5. Die Erwartung, mit nachhaltiger Bauweise eine Verlängerung der Nutzungs- und Lebensdauer der Gebäude zu befördern



- ▶ Energieeffiziente Gebäude sind Gebäude, die zur Erfüllung ihrer **Nutzungsbedingungen** einen möglichst geringen Energiebedarf (Energieaufwand) aufweisen
- ▶ In Relation zum speziellen Energiebedarf eines Gebäudes kann Energieeinsparung generell nur durch 2 Maßnahmen erreicht werden:
  - ▶ Energiebedarfsreduzierung
  - ▶ Anlagentechnik mit geringem Energieaufwand

**Energieeffizienz und erneuerbare Energie sind keine Kontrahenten**

**Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz:**

„Der effiziente Umgang mit Energie wird neben dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien das Kernelement werden, um den Standort Deutschland weiterhin international an der Weltspitze halten zu können.“

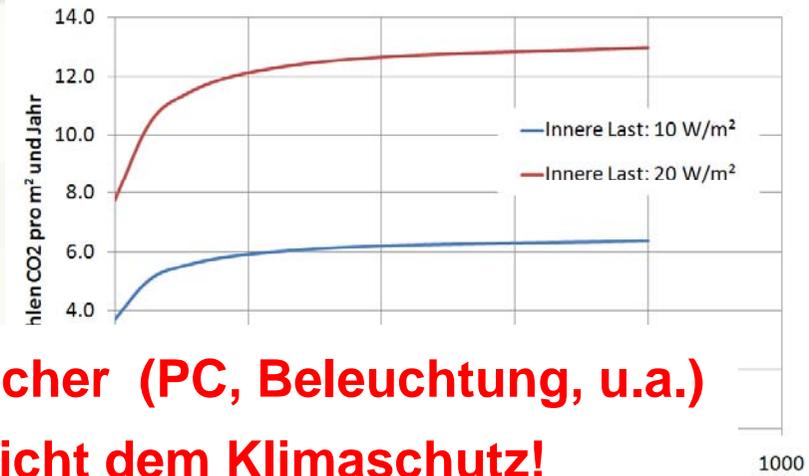


- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) – Input: 0,393 kg Sb-Äqv.
- **Treibhauspotential (GWP 100) – Output: 68,8 kg CO2-Äqv.**
- Versauerungspotential (AP) – Output: 0,33 kg SO2-Äqv.
- Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) – Output: 0,0186 kg Ethen-Äqv.
- Eutrophierungspotential (EP) – Output: 0,0416 kg Phosphat-Äqv.
- Ozonabbaupotential (ODP) – Output: 3,054E-6 kg R11-Äqv.

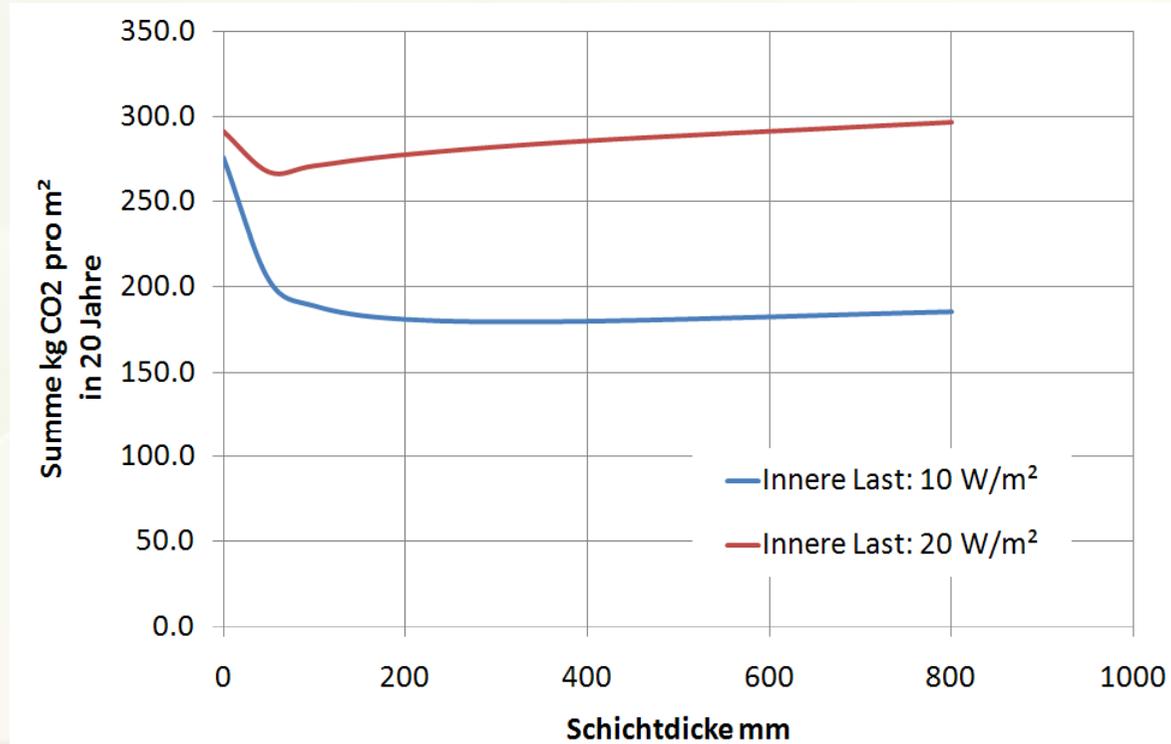
Quelle: Ökobaut.dat



# CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärmedämmung - Bürogebäude



**Ohne Leistungsverringerung der elektrischen Verbraucher (PC, Beleuchtung, u.a.) dienen weitere Maßnahmen zur Wärmedämmung nicht dem Klimaschutz!**





Referenzjahr	2008
Name	Basisname; Technische Kennwerte/ Eigenschaften Lüfter zentral WRG 10000 m3/h; 1 Stück
Technisches Anwendungsgebiet	Gerät zum Austausch von Luft in einem Gebäude über eine zentrale Anlage inklusive Wärmerückgewinnung.
Fluss	<a href="#">Lüfter</a>
Kerninformation des Datensatzes	703,942 kg (Masse)
Anwendungshinweis für Datensatz	Der Datensatz ist auf die Produktion von einem Lüfter mit spezifischer Leistung (siehe Technologiebeschreibung) skaliert. Er ist bereits mit einem Sicherheitszuschlag von 10% auf die Ergebnisse versehen, da kein unabhängiges Review vorliegt.
Gliederung Produktgruppe ()	<a href="#">Klassifizierung / Ebene / Ebene / Ebene</a> <a href="#">Prozesse / 8 Gebäudetechnik / 8.2 Klimatisierung/Lüftung / 8.2.1 Lüftungsanlagen</a>
	<input type="checkbox"/> Urheberrecht? Ja <input type="checkbox"/> Eigner des Datensatzes (contact data set) <a href="#">PE INTERNATIONAL</a>

## Quantitative Referenz

Referenzfluss (Name und Einheit)	Lüfter - kg (Masse)
----------------------------------	---------------------

## Zeitliche Repräsentativität

Zeitliche Gültigkeit des Datensatzes	2012
Erläuterungen zur zeitlichen Repräsentativität	jährlicher Durchschnitt

## Technische Repräsentativität

Technische Beschreibung inklusive der Hintergrundsysteme	Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und einer Leistung von 10000 m3/h und einem Gesamtgewicht von 704 kg. Die Lüftungsanlage besteht neben den Ventilatoren, die den Luftaustausch gewährleisten, aus einem Aluminiumwärmetauscher der mit der Wärme der Abluft die frische Zuluft erwärmt. Die Effizienz der Rückgewinnung beträgt ca. 70%. Die durchschnittliche Lebensdauer von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung beträgt nach VDI 2067 20 Jahre.
--	--

## Modellierung und Validierung

### Angewandte Methode und Allokation

Art des Datensatzes	EPD
---------------------	-----

### Datenquellen und Repräsentativität

Datenquellen (source data set)	<a href="#">VDI 2067</a> <a href="#">GaBi4 Software und Datenbank 2006</a> <a href="#">VENTOMAXX 2008</a> <a href="#">MITSUBISHI 2008</a> <a href="#">BUCK 2002</a> <a href="#">VENMAR 2008</a>
--------------------------------	--

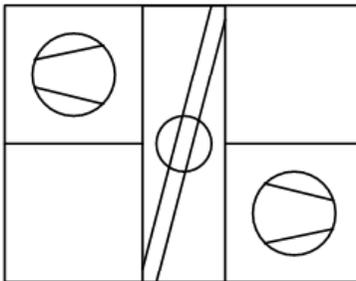
### Validierung

# Vereinfachte CO<sub>2</sub>-Bilanz



EnEV 2009  
 Zuluft: SFP4: 1500 W/(m<sup>3</sup>/s)  
 Abluft: SFP3: 1000 W/(m<sup>3</sup>/s)

- Gebäude/Raum
- 2.000 m<sup>2</sup> NF
  - schadstoffarm
  - RAL II
  - 2.607 Stunden pro Jahr



Lüftungsgerät mit 10.000 m<sup>3</sup>/h und 70 % WRG  
 704 kg

Stahlblechkanal 2 x 50 m  
 3.500 kg

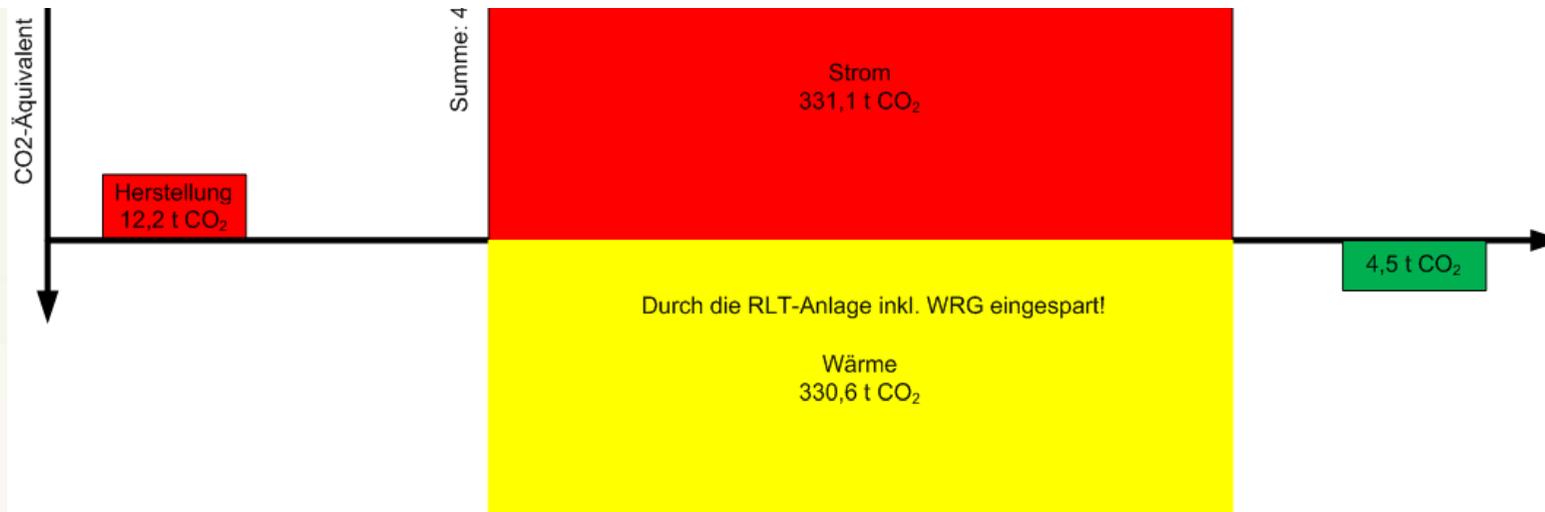
Herstellung

20 Jahre Betrieb

Entsorgung



**Weniger als 10 % der CO<sub>2</sub>-Emission entstehen bei der Herstellung!**





## § 12 Energetische Inspektion von Klimaanlage

**Betreiber von in Gebäuden eingebauten Klimaanlage mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als 12 Kilowatt haben spätestens 10 Jahre nach der Inbetriebnahme eine energetische Inspektion durchführen zu lassen.**

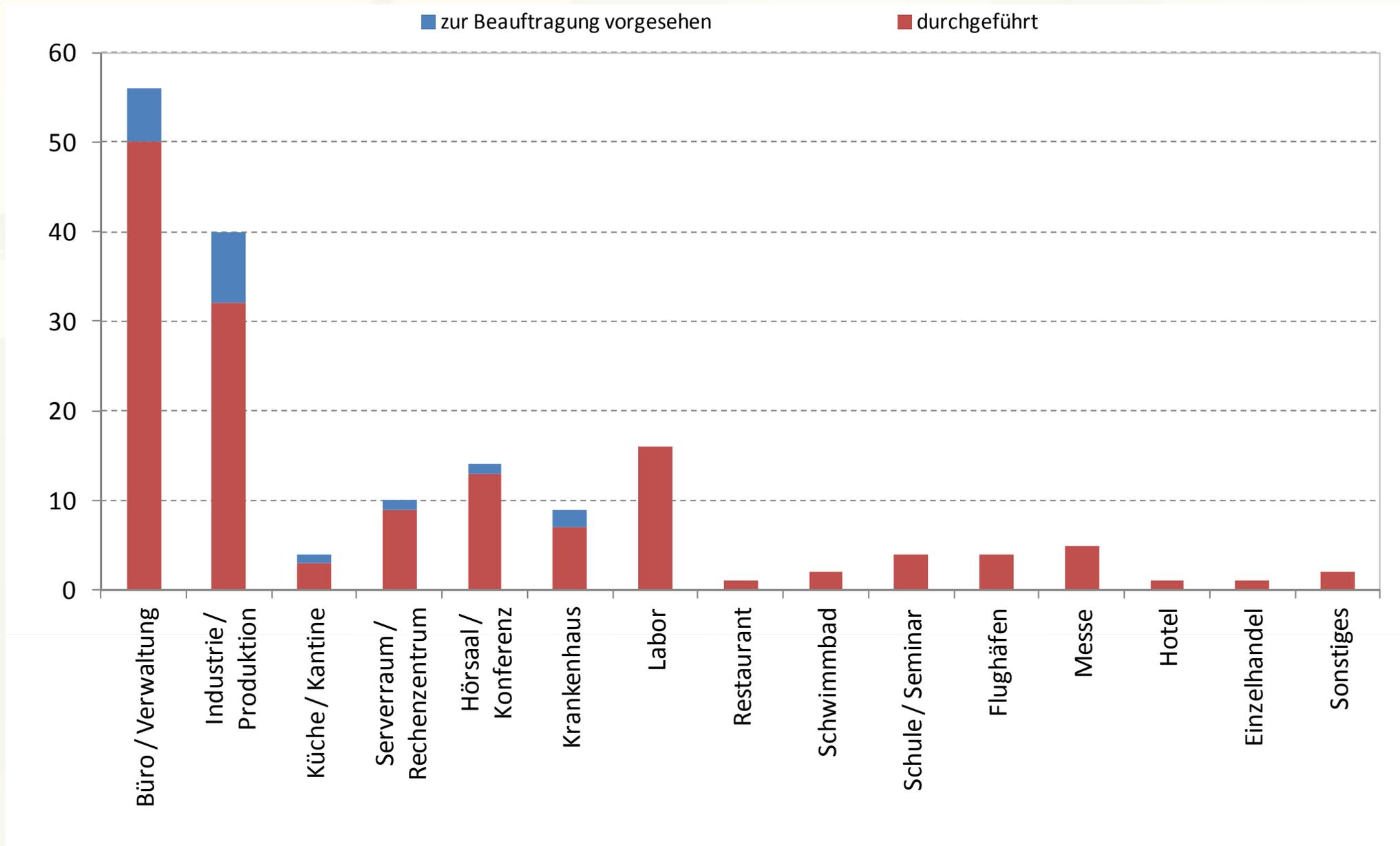
**Diese Verpflichtung beschränkt sich nahezu ausschließlich auf Nichtwohngebäude.**



## Die Inspektion umfasst Maßnahmen

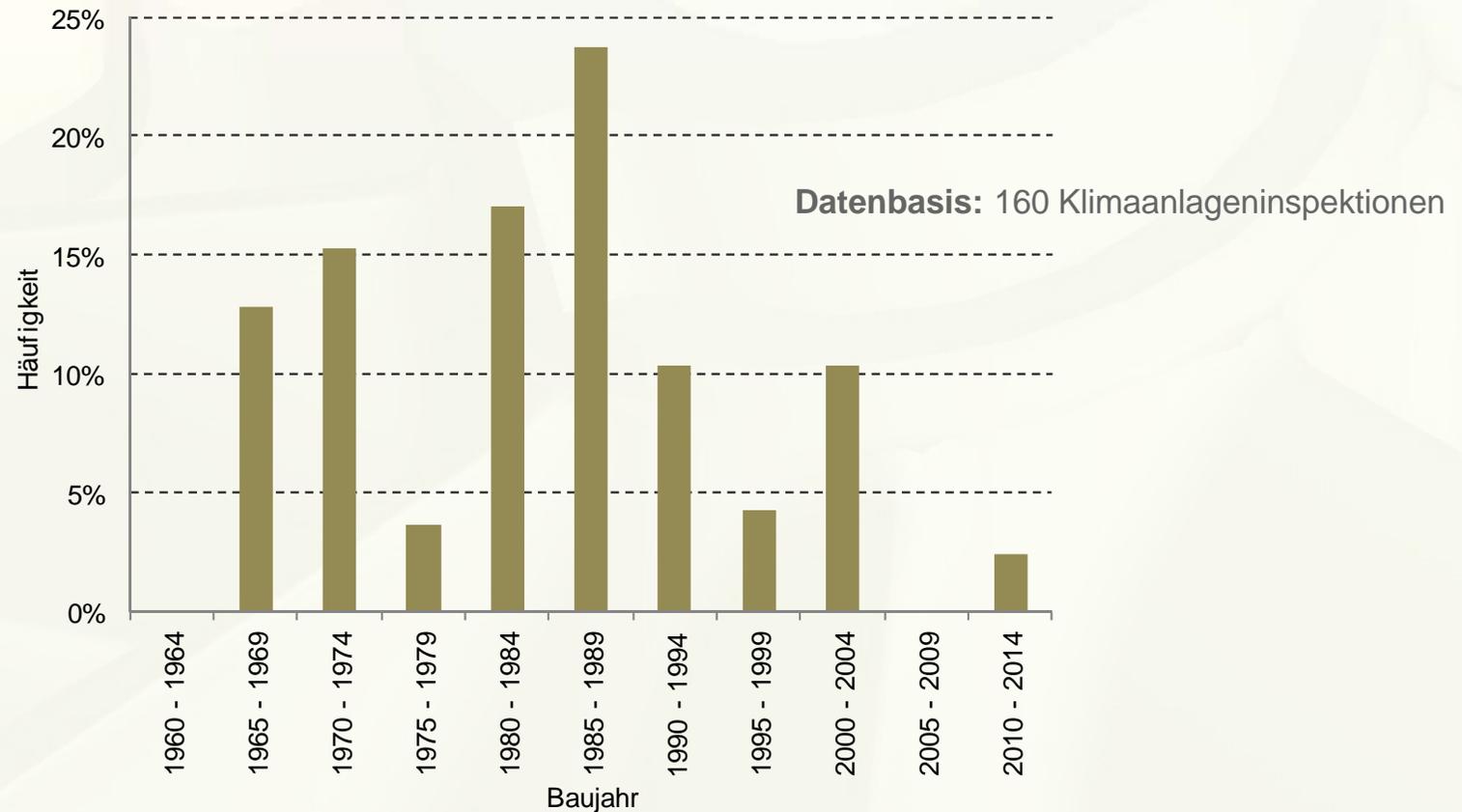
- ▶ zur Prüfung der Komponenten, die den Wirkungsgrad der Anlage beeinflussen,
- ▶ der Anlagendimensionierung im Verhältnis zum Kühlbedarf des Gebäudes

# Ergebnisse Marktumfrage - Nutzungsarten





# Baualtersverteilung von inspizierten RLT-Anlagen



Das mittlere Baualter aller inspizierten RLT-Anlagen liegt bei 25 Jahren (volumenstromgewichtet 28 Jahre) und reicht vom Baujahr 1965 bis 2010.

Volumenstrom ca. 5 bis 6 Milliarden m<sup>3</sup>/h.



## Soll - Inspektionen

Zum 1. Oktober 2013 mussten alle Anlagen inspiziert sein, die vor dem 1.10.2003 errichtet wurden!

Aufgrund der statistischen Altersverteilung folgt daraus, dass

- ca. 68 % des Bestandes an raumluftechnischen Anlagen mit > 12 kW Kühlleistung
- ca. 64 % des angenommenen Bestandes an Kaltwassersätzen

zeitlich betroffen sind

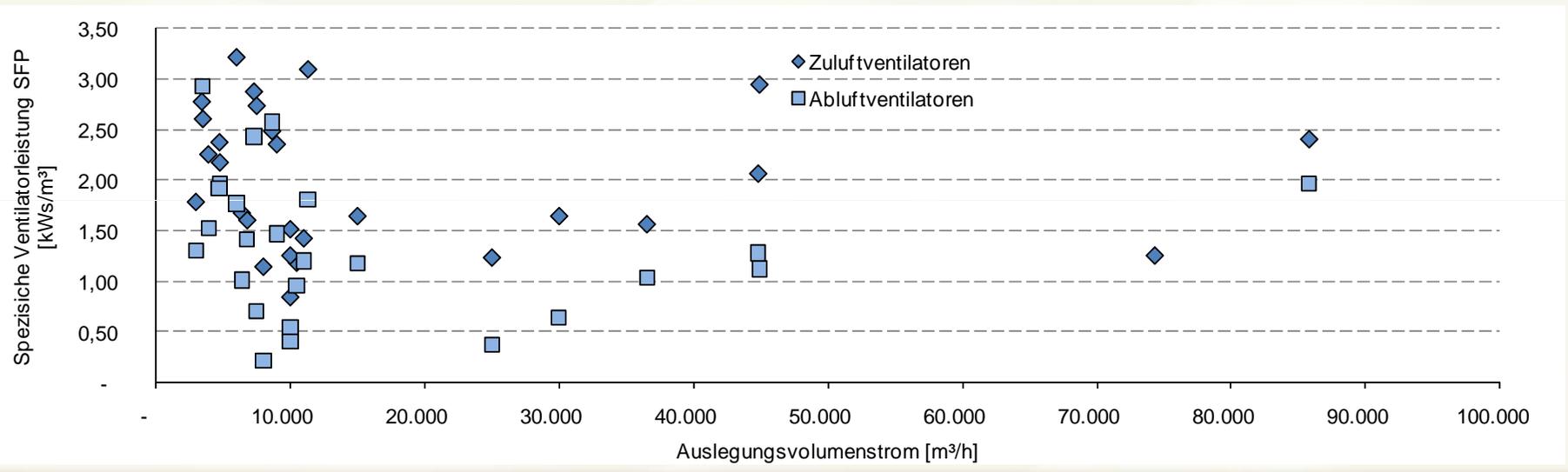
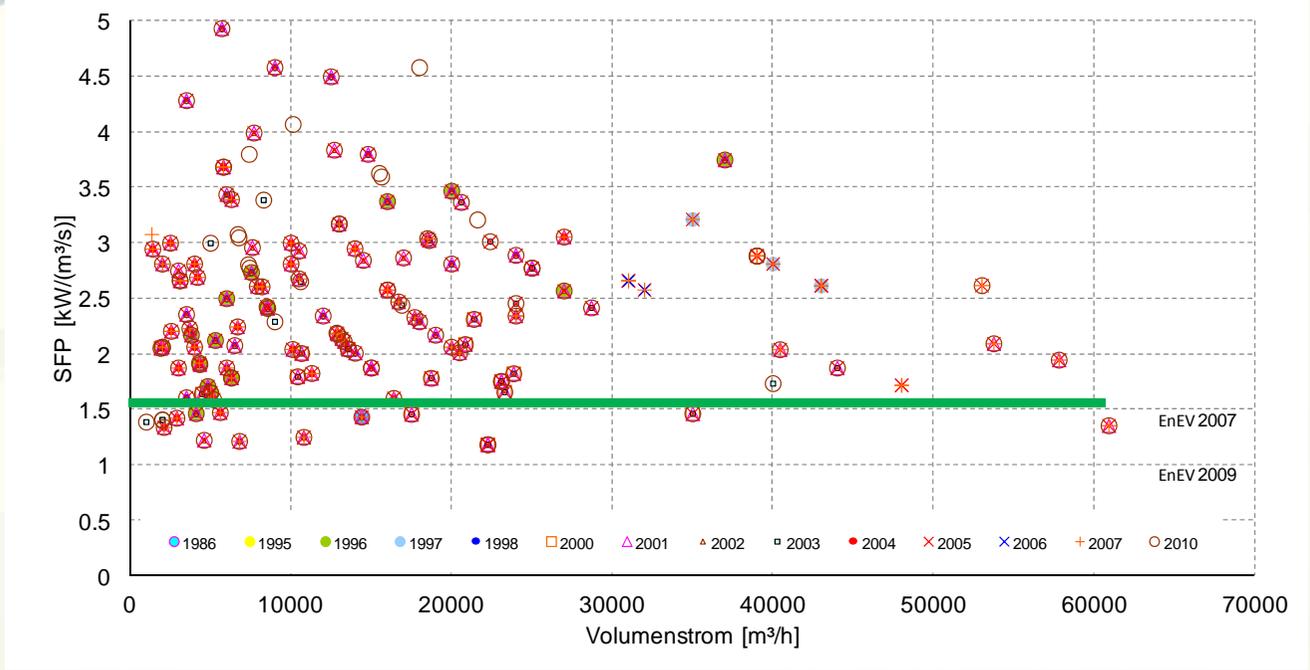
Dies führt zu folgenden Stückzahlen für die verpflichteten abgeschlossenen Inspektionen in 2013:

- 170.000 – 290.000 RLT-Geräte
- 20.000 wassergestützte Raumklimasysteme

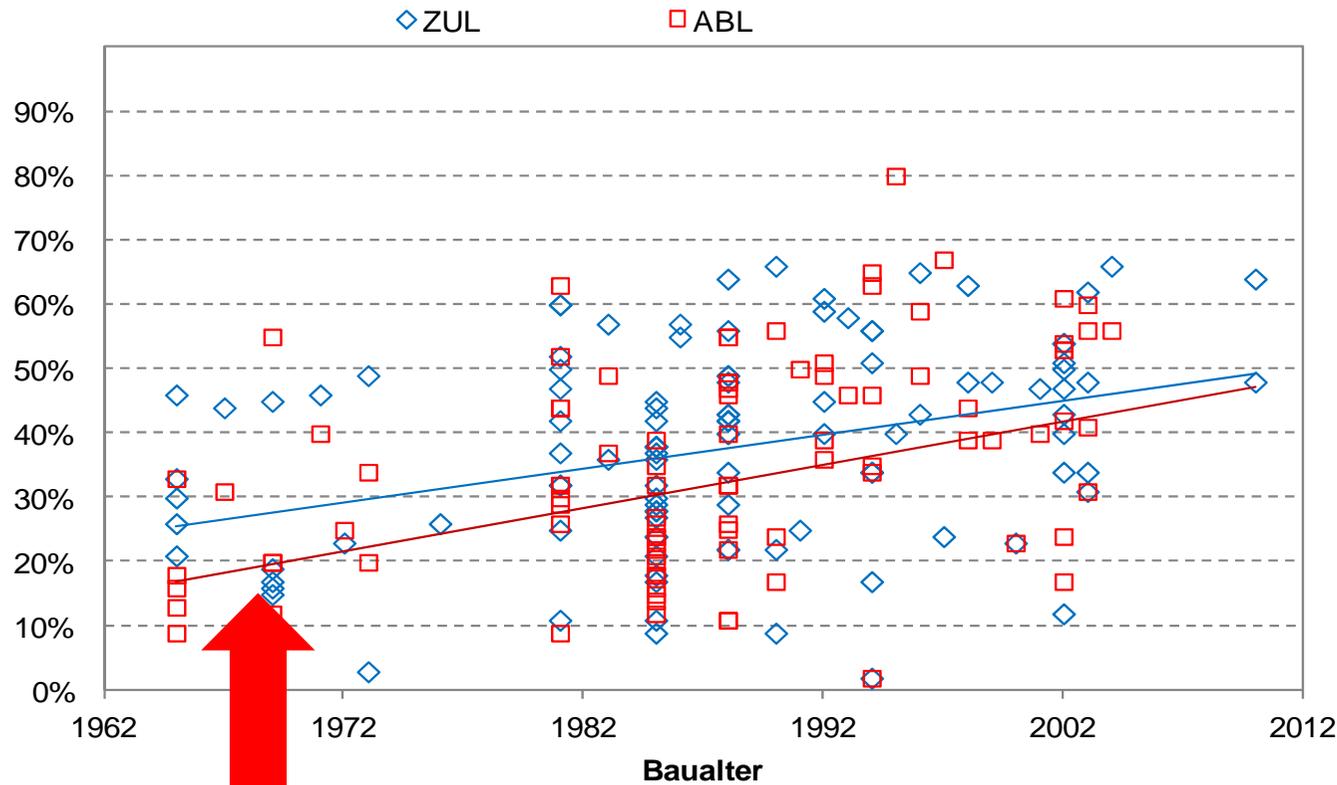


Auf Basis dieser Schätzungen ergeben sich:

- eine Vollzugsquote von 1,4 % bis 2,3 %
- Bei aller Unsicherheit die besteht, kann davon ausgegangen werden, dass eine **Vollzugsquote von mehr als 3 % äußerst unwahrscheinlich** ist
- Für eine stärkere Marktdurchdringung sind die bestehenden rechtlichen Instrumente unzureichend. Grundsätzlich bestehen zwar Sanktionsmöglichkeiten wie Ordnungsstrafen – praktisch ist aber kein Fall bekannt, bei dem diese Instrumente bisher genutzt wurden.



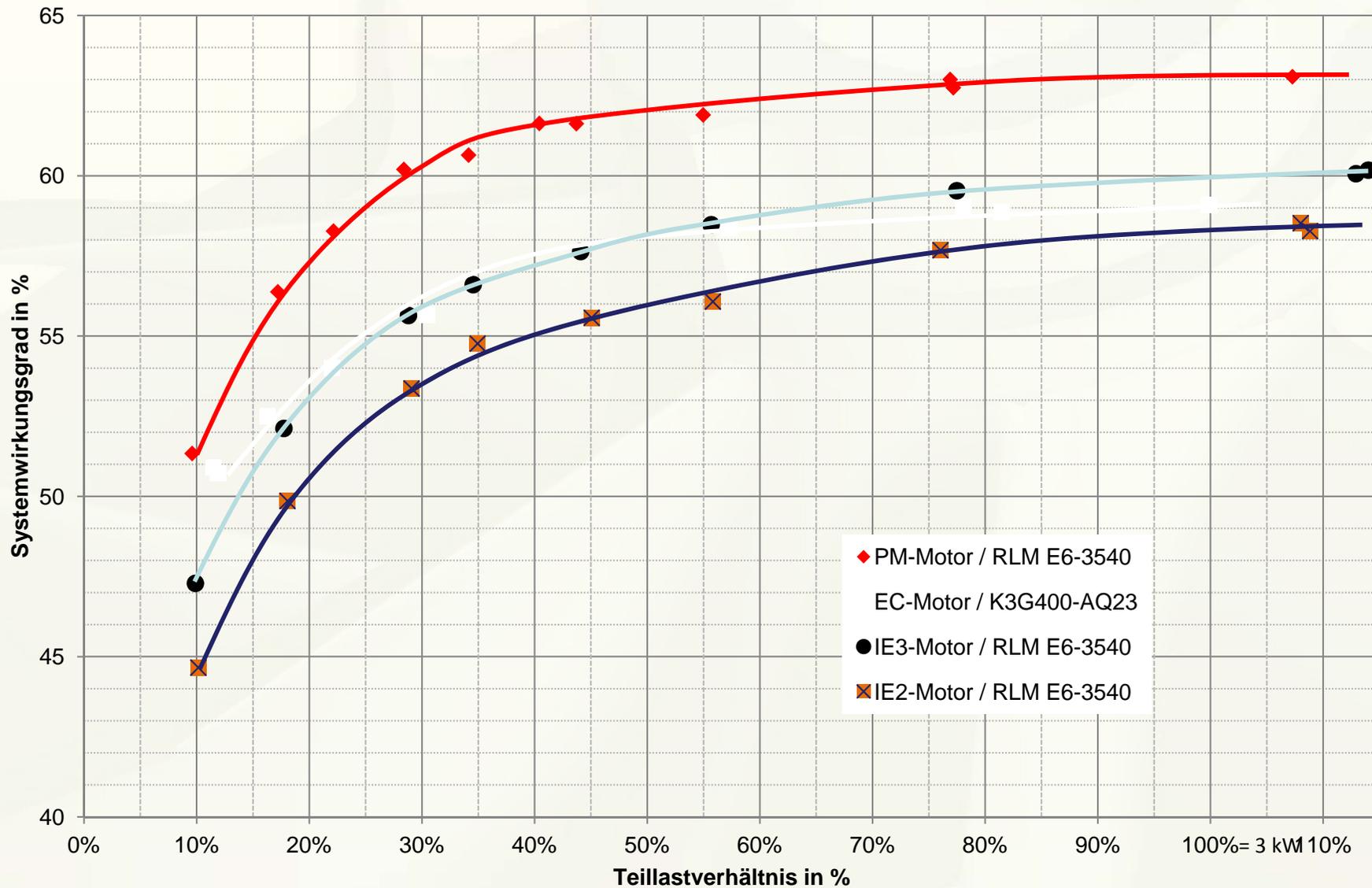
# Schwerpunkt Ventilator - Systemwirkungsgrade



**Das sind die Problemfälle!**

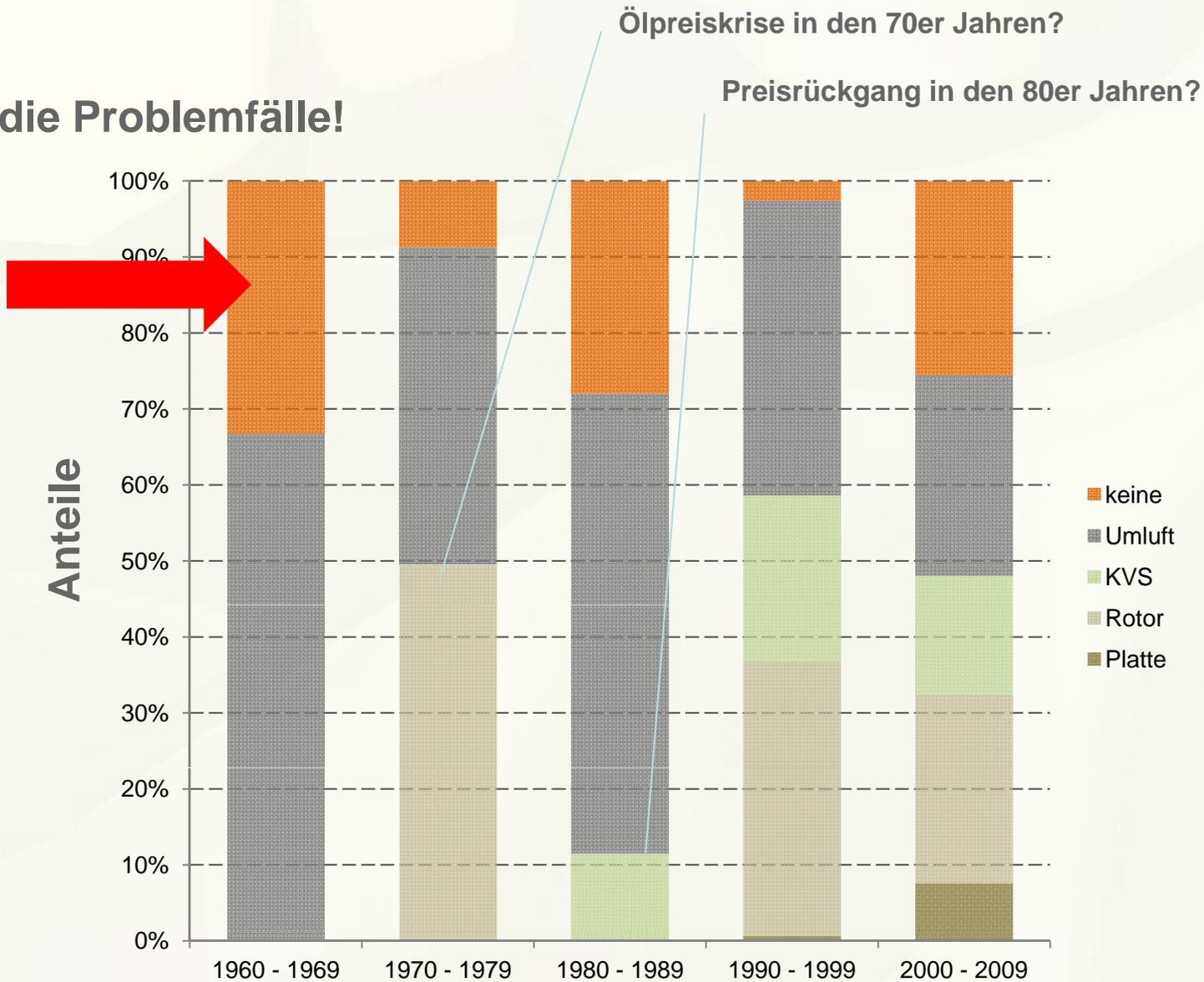
	Gewichteter Mittelwert aus Inspektionen	Benchmark
Zuluft	42 %	65 %
Abluft	38 %	65 %

# Wirkungsgrade aktueller Ventilatoren

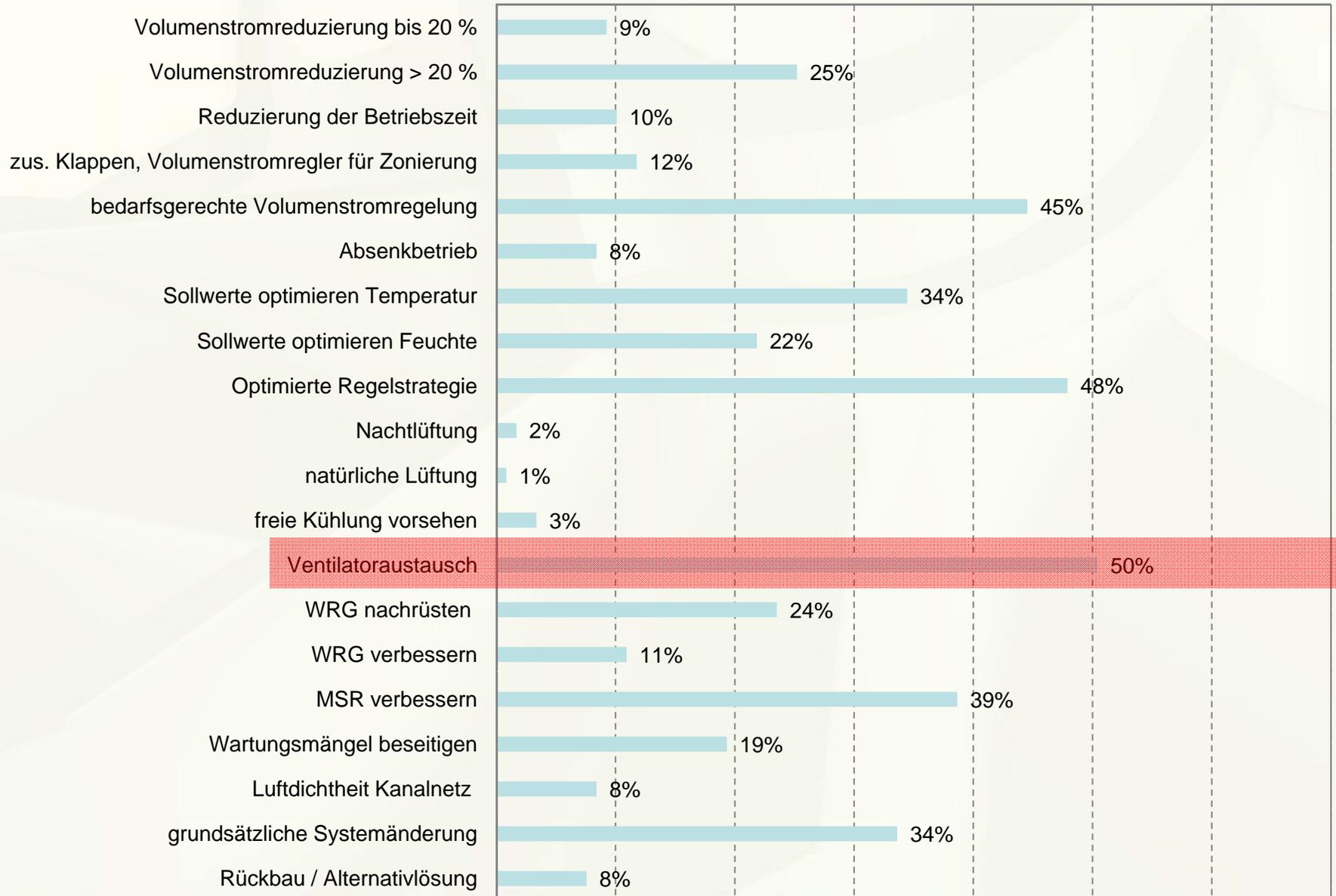




Das sind die Problemfälle!

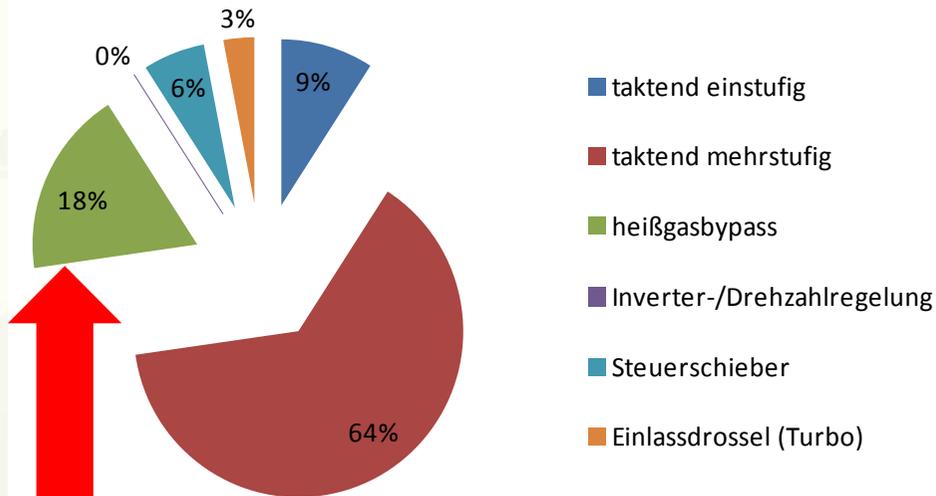


# Häufigkeit von Empfehlungen





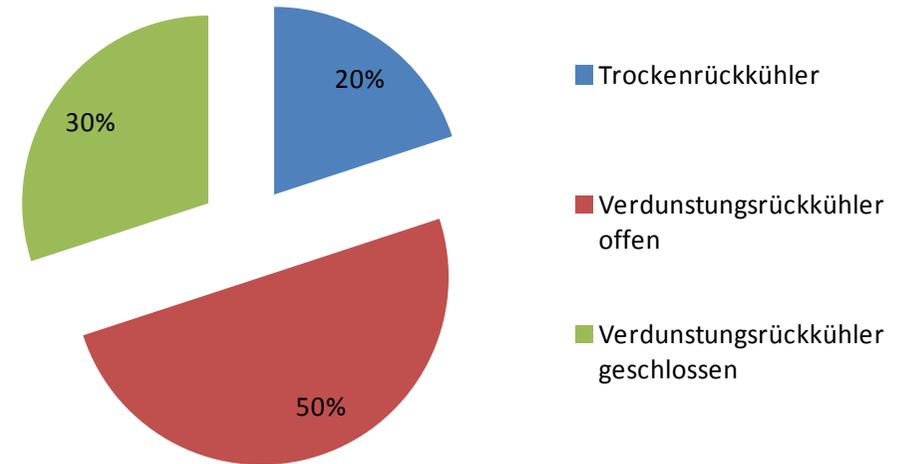
## Art der Teillastregelung



**Das sind die Problemfälle!**

- ▶ 73% taktende Systeme
- ▶ 18% Heißgasbypass
- ▶ keine Inverter- oder Drehzahlregelung
- Energetische Potentiale sind gering einzuschätzen

## Art der Rückkühlung



- ▶ 80% Verdunstungsrückkühler
- ▶ davon 65,2% offene Systeme
- ▶ 87% konstante Kühlwassereintrittstemperatur
- Energetische Potentiale bei variabler Kühlwasserregelung



## Nachrüstung WRG:

- ▶ Wirtschaftlichkeit ist stark abhängig von der Bauart (KVS, Platte, Rotor)
- ▶ unterschiedliche Amortisationszeiten bei gleicher WRG-Klasse
- ▶ Bafa-Fördervoraussetzungen im Bestand kaum erreichbar
- ▶ Einzelnachweis der Wirtschaftlichkeit immer erforderlich

## Austausch Ventilator:

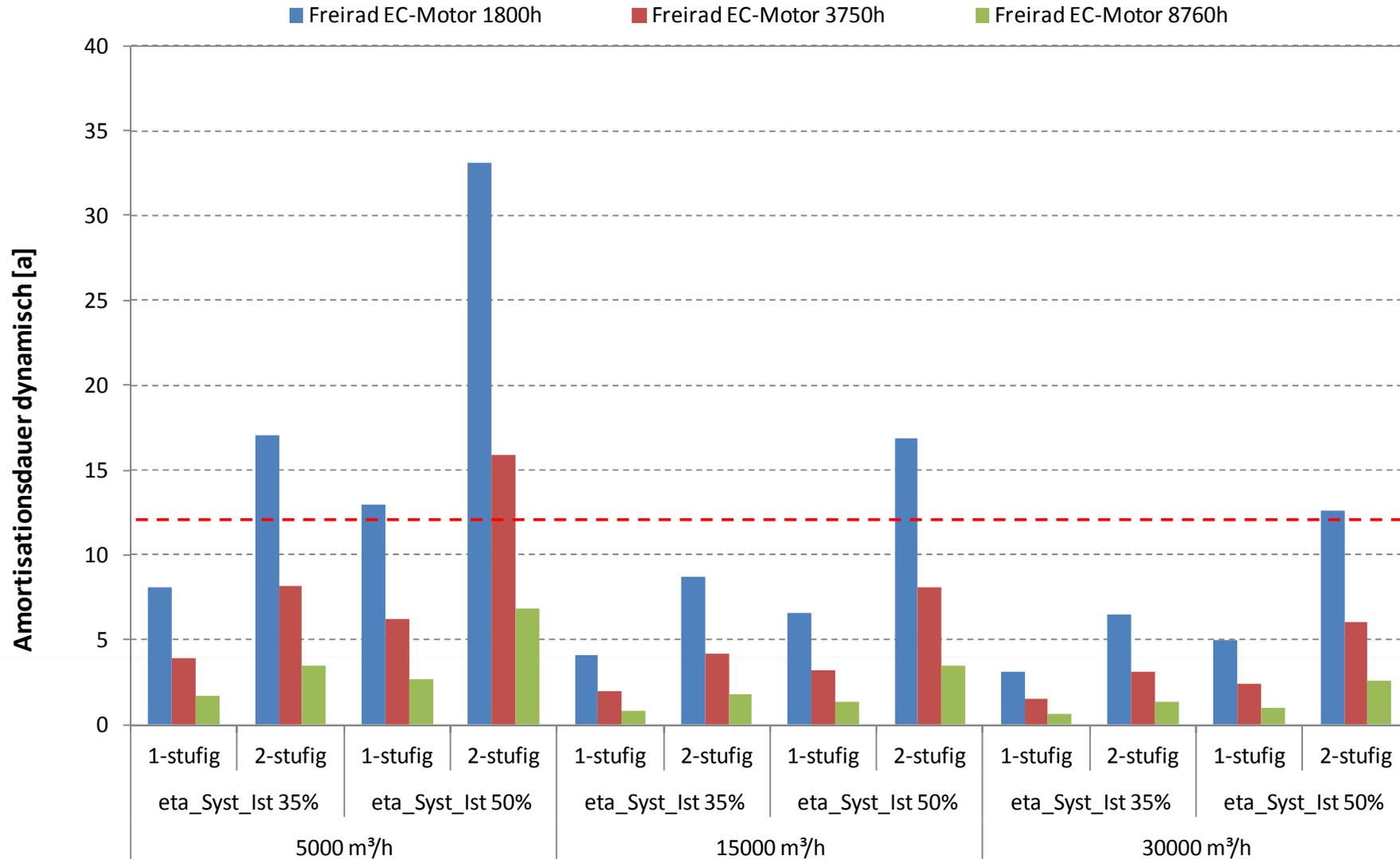
- ▶ Wirtschaftlichkeit ist stark abhängig von Effizienz des Bestandssystems
- ▶ Wirtschaftlichkeit bei einstufigen Bestandsanlagen ab 15.000 m<sup>3</sup>/h durch Sanierungslösung mit Drehzahlregelung immer gegeben
- ▶ sonst Einzelnachweis der Wirtschaftlichkeit erforderlich

## Austausch RLT-Gerät (Nennluftvolumenstrom reduziert)

- ▶ Wirtschaftlichkeit insbesondere bei kleinen RLT-Anlagen nicht prinzipiell gegeben
- ▶ Wirtschaftlichkeit bei einstufigen Bestandsanlagen ab 15.000 m<sup>3</sup>/h durch Sanierungslösung gemäß EnEV immer gegeben
- ▶ sonst Einzelnachweis der Wirtschaftlichkeit erforderlich



## Freilaufendes Rad mit EC-Motor + Kommutiereinheit



# Einsparpotenziale im Bereich Kältetechnik



Sanierungsmaßnahme	Maßnahmenpaket			Einsparpotential
	Betriebs- optimierung	Komponenten- änderung	System- umstellung	Strom
Sollwerte optimieren (Kaltwassertemperatur)	x		x	6%
Sollwerte optimieren (Kühlwassertemperatur)	x		x	4%
Reduzierung der Betriebszeit der Kältemaschine	x		x	3%
hydraulischer Abgleich	x		x	4%
Reduzierung der Pumpenbetriebszeit		x	x	7%
Austausch Pumpen				10%
Aufsplittung Kaltwasserhydraulik		x	x	0%
freie Kühlung mit Rückkühler		x	x	2%
Kältemittelumstellung				
Rückbau / Alternativlösung			x	20%
<b>Betriebsoptimierung</b>	x			17%
<b>Komponentenänderung</b>		x		19%
<b>Systemumstellung / Neubau (alle Maßnahmen)</b>			x	56%

10. Haushaltskühl- und -gefriergeräte mit HFKW mit einem GWP von 150 oder mehr		1. Januar 2015
11. Kühlgeräte und Gefriergeräte für die gewerbliche Verwendung (hermetisch geschlossene Einrichtungen)	die HFKW mit einem GWP von 2500 oder mehr enthalten	1. Januar 2020
	die HFKW mit einem GWP von 150 oder mehr enthalten	1. Januar 2022
12. Ortsfeste Kälteanlagen, die HFKW mit einem GWP von 2500 oder mehr enthalten oder zu ihrem Funktionieren benötigen, außer Einrichtungen, die für Anwendungen zur Kühlung von Produkten auf unter $-50\text{ °C}$ bestimmt sind		1. Januar 2020
13. Mehrteilige zentralisierte Kälteanlagen für die gewerbliche Verwendung mit einer Nennleistung von 40kW oder mehr, die fluorierte Treibhausgase mit einem GWP von 150 oder mehr enthalten oder zu ihrem Funktionieren benötigen, außer im primären Kältemittelkreislauf in Kaskadensystemen, in dem fluorierte Treibhausgase mit einem GWP von weniger als 1500 verwendet werden dürfen		1. Januar 2022
14. Bewegliche Raumklimageräte (hermetisch geschlossene Systeme, die der Endnutzer von einem Raum in einen anderen bringen kann), die HFKW mit einem GWP von 150 oder mehr enthalten		1. Januar 2020
15. Mono-Splitklimageräte mit weniger als 3 kg fluorierte Treibhausgase, die fluorierte Treibhausgase mit einem GWP von 750 oder mehr enthalten oder zu ihrem Funktionieren benötigen		1. Januar 2025



Kältemittel	GWP
R22	1810
R404a	3780
R410A	2088
R407C	1770
R32	675
R1234ze	6
R1234yf	4
R290 (Propan)	<3
R744 (CO <sub>2</sub> )	1
R717 (Ammoniak)	0



## **Eckpunktepapier für eine Rechtsverordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verdunstungskühlanlagen, Nassabscheider und Naturzugkühltürme)** (Stand 16.01.14)

### **Inhalt**

0. Vorbemerkungen.....	3
1 Erster Abschnitt – Allgemeine Vorschriften .....	6
1.1 Anwendungsbereich .....	6
1.2 Begriffsbestimmungen.....	7
2. Zweiter Abschnitt – Anforderungen an die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb.....	7
2.1 Allgemeine Anforderungen .....	7
2.2 Anforderungen an die Errichtung und Beschaffenheit .....	8
2.3 Anforderungen an die Inbetriebnahme .....	8
2.4 Anforderungen an den Betrieb.....	10
2.5 Anforderungen an die Begrenzung der Bakterienkonzentrationen im Kühlwasser .....	11
2.6 Anforderungen bei Betriebsstörung, Betriebsunterbrechung und Anlagenstillstand .....	13
2.6.1 Allgemeine Anforderungen .....	13



	Stichprobe		Hochrechnung auf den Bestand		
		Volumenstrom		untere Schätzung	obere Schätzung
		[Mio. m³/h]		[Mio. m³/h]	[Mio. m³/h]
		2.28		3 500	6 000
<b>Betriebsoptimierung</b>					
Wärme	[MWh]	4 637	[GWh]	7 118	12 202
Strom (Nutzkälte, Ventilatoren)	[MWh]	2 695	[GWh]	4 138	7 093
Strom (Kälteeffizienz-Maßnahmen, inkl. Raumkühlsysteme)			[GWh]	262	
<b>Primärenergieeinsparung</b>			<b>[GWh]</b>	<b>19 269</b>	<b>32 546</b>
Reduzierung CO <sub>2</sub> -Emissionen			[Mio. t]	4.5	7.6
<b>Betriebsoptimierung und Komponentenaustausch</b>					
Wärme	[MWh]	7 741	[GWh]	11 883	20 370
Strom (Nutzkälte, Ventilatoren)	[MWh]	4 484	[GWh]	6 883	11 800
Strom (Kälteeffizienz-Maßnahmen, inkl. Raumkühlsysteme)			[GWh]	659	
<b>Primärenergieeinsparung</b>			<b>[GWh]</b>	<b>32 681</b>	<b>54 801</b>
Reduzierung CO <sub>2</sub> -Emissionen			[Mio. t]	7.7	12.9



- **Nachhaltigkeit und Nutzungsqualität sind Partner nicht Gegner**
- **Energieeffizienz und erneuerbare Energien sind im Gebäudebereich gleichrangig**
- **Ohne Anpassung und Leistungsverringerung der elektrischen Verbraucher (PC, Beleuchtung, u.a.) sind weitere Maßnahmen zur Wärmedämmung unnötig**
- **Die Verwendung schadstoffarmer Baumaterialien ist existenziell für geringen Energieverbrauch**
- **Der Schwerpunkt ökologischer Betrachtungen muss nach wie vor beim Betrieb und nicht bei der Herstellung liegen**



## **Klimakonzept der Bundesregierung**

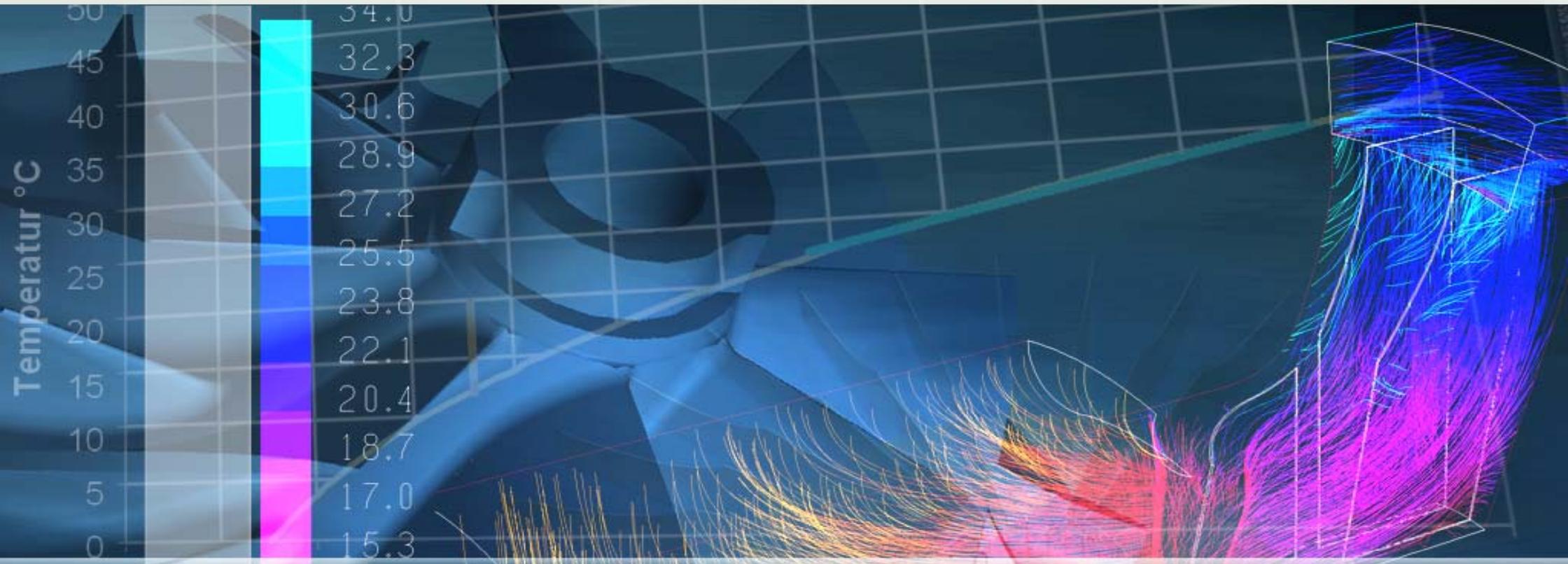
- 1. Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990**
- 2. Erhöhung der Sanierungsrate für Gebäude von derzeit jährlich weniger als 1 % auf 2 % des gesamten Gebäudebestandes**

**Die Forderung des § 12 der EnEV beinhaltet keine Sanierungsverpflichtung; sondern nur die Feststellung des Mangels!**

**Das bedeutet: Heutiges mittleres Alter: 28 Jahre**

**Prognostiziertes mittleres Alter nach erneuten 10 Jahren: 37 Jahre!**

**Die konsequente Umsetzung der Energetischen Inspektion bietet die Chance, konkret und belastbar die wirtschaftlich größten energetischen Effekte zu identifizieren und umsetzen zu lassen und damit das Klimakonzept zu unterstützen!**



## Institut für Luft- und Kältetechnik

Gemeinnützige Gesellschaft mbH  
Bertolt-Brecht-Allee 20  
01309 Dresden

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke

---

Tel.:	+49 351 / 4081-650
Fax:	+49 351 / 4081-655
E-Mail:	klima@ilkdresden.de
www:	www.ilkdresden.de

---