

## **Forschungsbericht**

# **Energetische Einsparpotentiale und wirtschaftliche Bewertung des hydraulischen Abgleiches für Anlagen der Gebäudeenergie-technik**

**Anhang zum Gutachten vom 04.02.2019:**

**Betrachtung des Heiz- und Kühlfalls bei Nichtwohngebäuden (Hotel)**

**Auftraggeber:**

Danfoss GmbH Heating Segment  
Carl-Legien-Str. 8  
63073 Offenbach am Main

**Auftragnehmer:**

ITG Dresden  
Tiergartenstraße 54  
01219 Dresden

**Autoren:**

Dipl.-Ing. Bettina Mailach  
Prof. Dr.-Ing. B. Oschatz

Dresden, den 07.11.2019

## Inhalt

1	Hintergrund.....	3
2	Vorgehensweise.....	4
3	Ergebnisse energetische Betrachtung und Wirtschaftlichkeit .....	9
4	Vereinfachte Abschätzung des gesamtwirtschaftlichen Einsparpotenzials .....	13
5	Fazit.....	15
6	Literaturverzeichnis .....	16

## 1 Hintergrund

Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union hat die Richtlinie (EU) 2018/844 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz erlassen [1].

Darin werden Anforderungen an Nichtwohngebäude mit mehr als 290 kW hinsichtlich der Gebäudeautomation erlassen. Konkret heißt es:

*„... (4) Die Mitgliedstaaten legen Anforderungen fest, um sicherzustellen, dass Nichtwohngebäude mit einer Nennleistung für eine Heizungsanlage oder eine kombinierte Raumheizungs- und Lüftungsanlage von mehr als 290 kW, sofern technisch und wirtschaftlich realisierbar, bis zum Jahr 2025 mit Systemen für die Gebäudeautomatisierung und -steuerung ausgerüstet werden.*

*Die Systeme für die Gebäudeautomatisierung und -steuerung müssen in der Lage sein,*

*a) den Energieverbrauch kontinuierlich zu überwachen, zu protokollieren, zu analysieren und dessen Anpassung zu ermöglichen;*

*b) Benchmarks in Bezug auf die Energieeffizienz des Gebäudes aufzustellen, Effizienzverluste von gebäudetechnischen Systemen zu erkennen und die für die Einrichtungen oder das gebäudetechnische Management zuständige Person über mögliche Verbesserungen der Energieeffizienz zu informieren; und*

*c) die Kommunikation zwischen miteinander verbundenen gebäudetechnischen Systemen und anderen Anwendungen innerhalb des Gebäudes zu ermöglichen und gemeinsam mit anderen Typen gebäudetechnischer Systeme betrieben zu werden, auch bei unterschiedlichen herstellereigenen Technologien, Geräten und Herstellern...“*

Vor dem Hintergrund einer nachträglichen Ausrüstung mit einer Gebäudeautomatisierung und -steuerung, ist gleichzeitig ein hydraulisch abgestimmtes System anzustreben. Nur dann kann die optimale Energienutzung von *Systemen für die Gebäudeautomatisierung und -steuerung* wie von Artikel 8(1) gefordert gewährleistet werden. Als Anhang zur Studie: „Energetische Einsparpotentiale und wirtschaftliche Bewertung des hydraulischen Abgleiches für Anlagen der Gebäudeenergie-technik“ [2] werden Untersuchungen zum nachträglichen hydraulischen Abgleich in Nichtwohngebäuden durchgeführt. Betrachtet werden ein kleines Hotel (Nettogrundfläche der Hotelzimmer: 1.600 m<sup>2</sup>) und ein großes Hotel (Nettogrundfläche der Hotelzimmer: 4.600 m<sup>2</sup>). Beim großen Hotel wird davon ausgegangen, dass es unter die Anforderungen der Richtlinie zur nachträglichen Ausrüstung mit Gebäudeautomatisierung und -steuerung fällt.

Es werden für den Heiz- und Kühlfall die Einsparmöglichkeiten durch einen hydraulischen Abgleich bei einem zentralen Gas-Brennwertkessel und Gebläsekonvektoren in den Hotelzimmern untersucht.

## 2 Vorgehensweise

### Gebäude

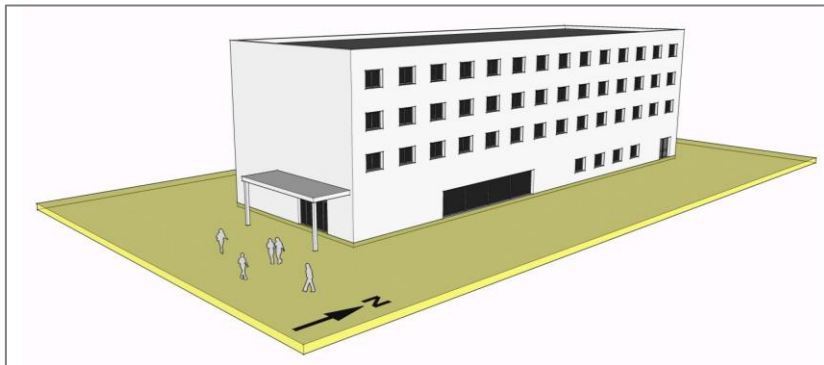


Abbildung 1 Hotel – klein [3]

Nettogrundfläche 2.240 m<sup>2</sup>  
 Hotelzimmer A<sub>NGF</sub>: 1.600 m<sup>2</sup>  
 Anzahl Konvektoren: 80  
 (1 je Zimmer)

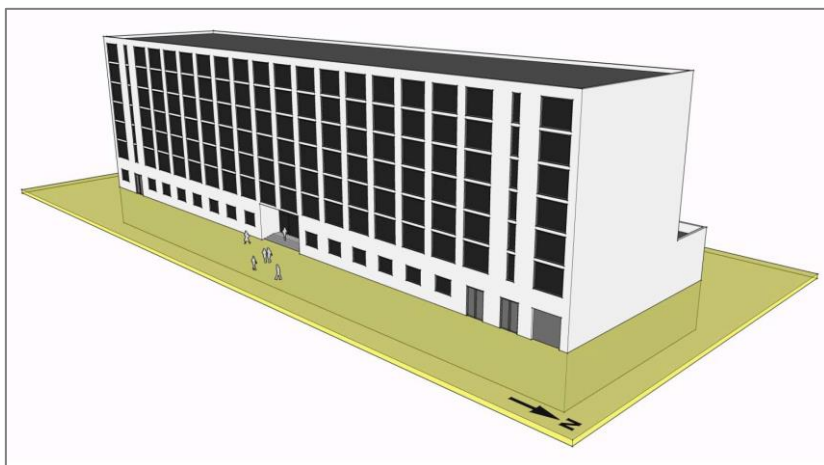


Abbildung 2 Hotel – groß [3]

Nettogrundfläche 11.700 m<sup>2</sup>  
 Hotelzimmer A<sub>NGF</sub>: 4.605 m<sup>2</sup>  
 Anzahl Konvektoren: 216  
 (1 je Zimmer)  
 Hotel mit höherwertiger Ausstattung

### Methodik und Randbedingungen

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erfolgen analog zur Vorgehensweise im Hauptgutachten. Die angesetzten Energiepreise für das enthält Tabelle 1, Preissteigerung und Zinssatz Tabelle 2.

Tabelle 1 angesetzte Energiepreise

Energieträger	Arbeitspreis [€/kWh]
	Hotel
Erdgas: Tarif Gewerbe	0,05
Strom: Tarif Gewerbe	0,20

Tabelle 2 Preissteigerung und Zinssatz

Preissteigerung und Zinssatz		
Preissteigerung	Erdgas	1,0 %
	Strom	1,0 %
Zinssatz		0 %

## Technische Lösungen

In Abbildung 3 ist der Ausgangszustand in einer Prinzipskizze dargestellt, dabei wird von folgender Ausstattung ausgegangen:

- Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel
- Kälteerzeuger: Kompressionskältemaschine
- Zentrale saisonale Umschaltung zwischen Heizen und Kühlen
- Gebläsekonvektoren mit 3-Wege-Ventil (konstanter Volumenstrom)
- AN/AUS-Regelung auf der Primärseite des Konvektors
- Zentrale Pumpe(n): unregelt oder stufig
- Stränge statisch abgeglichen

Für die Hotels werden folgende technischen Lösungen näher untersucht.

### Szenario (1)

- Einbau druckunabhängiges Regelventil (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren

### Szenario (2)

- Einbau druckunabhängiges Regelventil (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren
- Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen

### Szenario (3)

- Einbau druckunabhängiges Regelventil (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren
- Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen
- neue modulierende Raumregelung am Gebläsekonvektor

Bei Szenario (1) und (2) werden die vorhandenen Raumregelungen (AN/AUS) weiter genutzt.

Abbildung 4 enthält eine Prinzipskizze nach Sanierung.

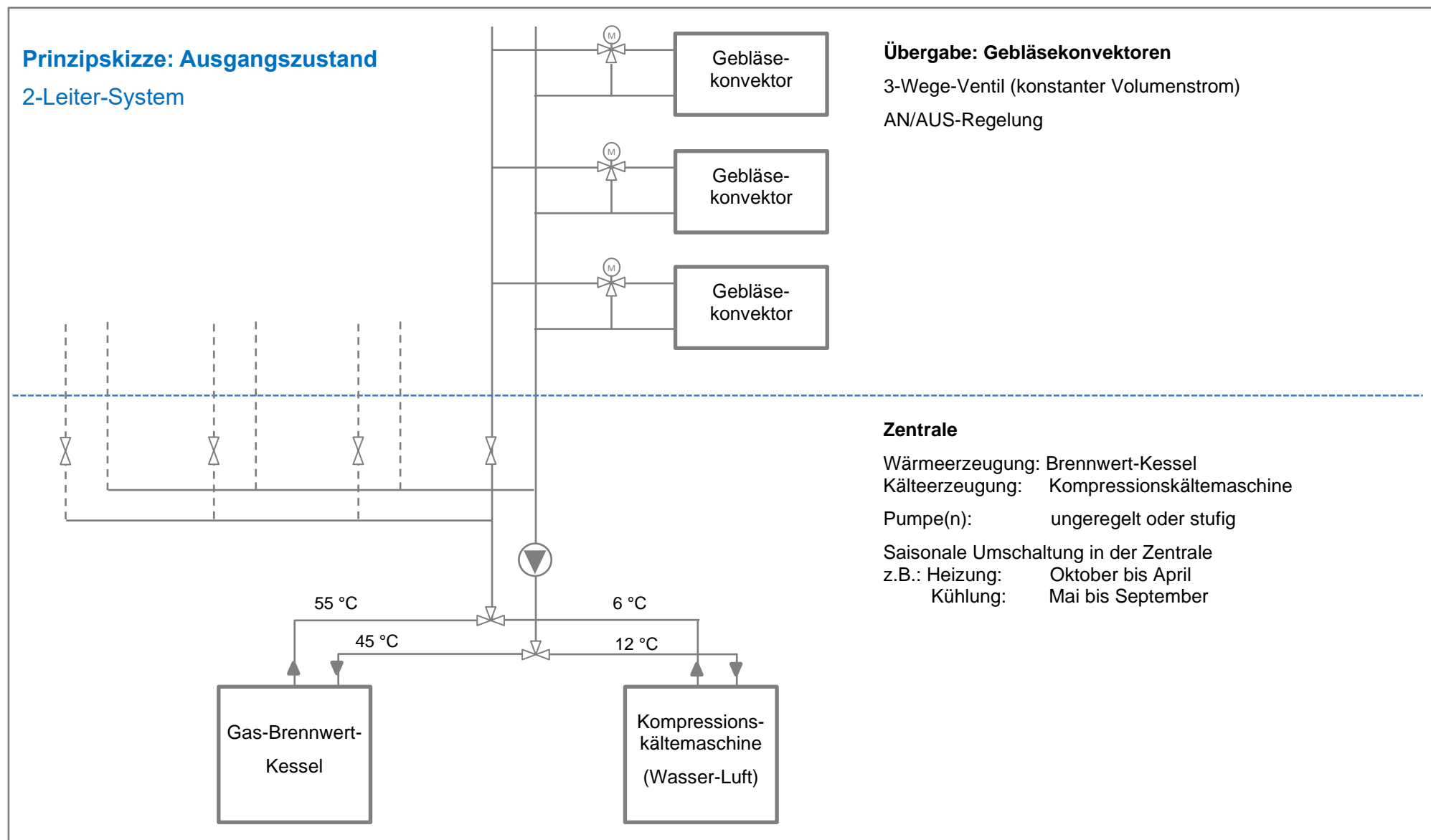


Abbildung 3 Prinzipskizze Ausstattung Hotel im Ausgangszustand

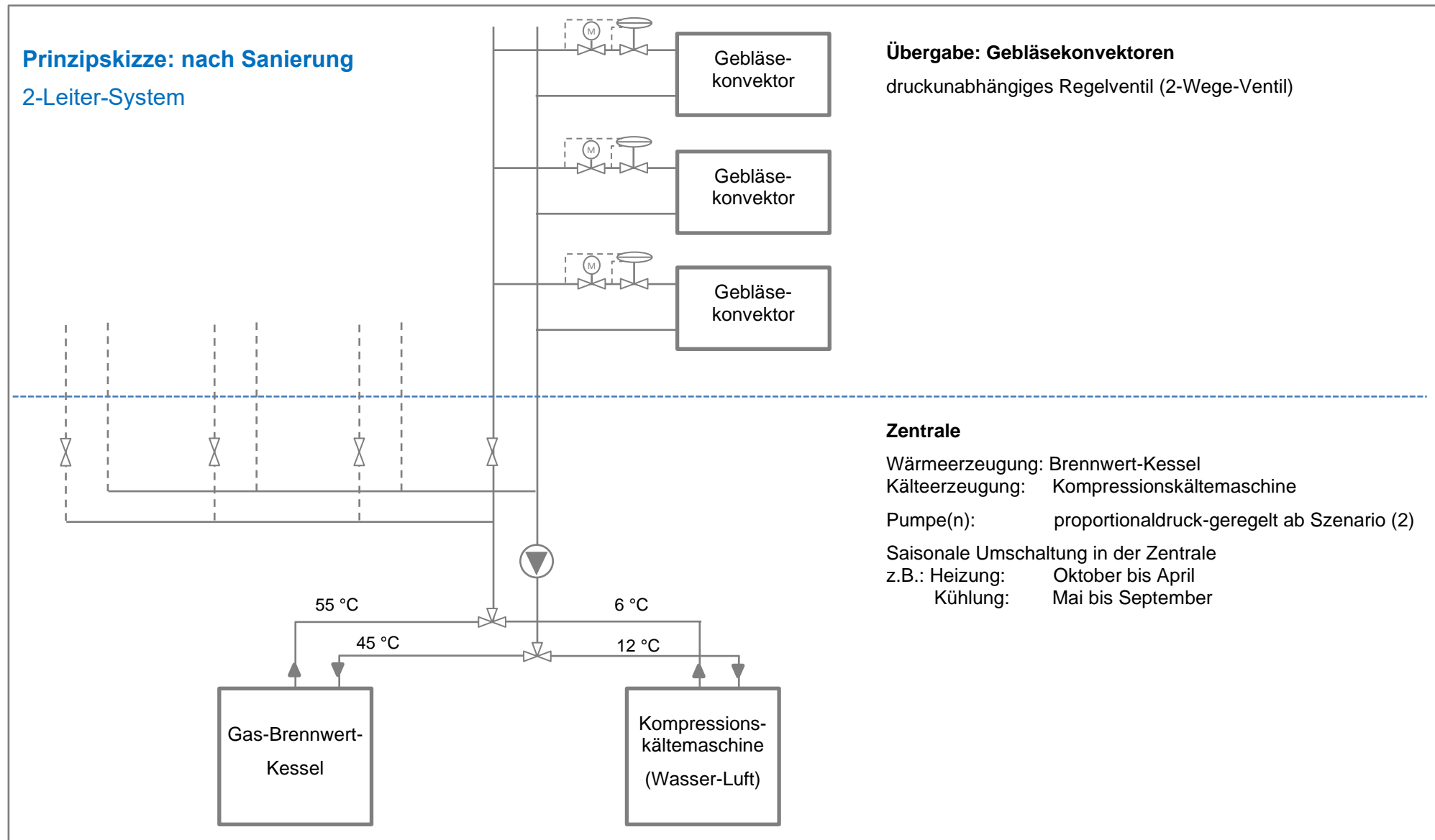


Abbildung 4 Prinzipskizze Ausstattung Hotel nach Sanierung

## Ansatz Einsparungen

DIN V 18599 differenziert bei der Bewertung des hydraulischen Abgleichs nicht zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Ebenso wenig sind belastbare Literaturquellen für durchschnittliche Einsparungen im Nichtwohngebäudebereich verfügbar. Es ist aber zu vermuten, dass die Einsparungen bei einem Hotel auf Grund des dynamischeren Betriebsverhaltens und eines abweichenden Nutzerverhaltens höher ausfallen. Auch die Einsparungen an Elektroenergie (Hilfsenergie) durch einen hydraulischen Abgleich sind höher als im Wohngebäudebereich zu erwarten, da die Anlage des Hotels für Volllast und maximalen Komfort ausgelegt ist, durch Nichtauslastung diese aber mindestens zeitweise nur in Teillast betrieben wird. Zudem ist der Einfluss des hydraulischen Abgleichs auf den Strombedarf der Pumpen im Kühlfall durch die geringere Temperaturspreizung höher als im Heizfall.

Für die nachfolgenden Berechnungen der Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Einsparung wird als Ergebnis der Einsparungen im Wohngebäudebereich und eigener Abschätzungen von den in Tabelle 3 angegebenen Energieeinsparungen ausgegangen. Diese umfassen die Bereiche Wärme-/Kälte-Übergabe, Verteilung, Pumpen und Wärme-/Kälteerzeuger. Die Angaben sollen typische Verhältnisse beschreiben. Es ist jedoch keinesfalls auszuschließen, dass sich im Einzelfall abweichende Werte ergeben.

**Tabelle 3 Einsparungen Endenergie Wärme/Kälte und Hilfsenergie**

Hotel-Variante		Endenergieeinsparung in kWh/m <sup>2</sup> a	
		Wärme Brennwertkessel Erdgas	Strom für Kompressi- onskältemaschine
		Winterbetrieb	Sommerbetrieb
(1)	dynamischer hydraulischer Abgleich mit neuem druck-unabhängigen Regelventil am Gebläsekonvektor	18,0	1,8
	Einsparungen Hilfsenergie (Hilfsenergie Pumpen für Heizfall bzw. Kühlfall) ohne Austausch Pumpe	0,1	2,2
(2)	dynamischer hydraulischer Abgleich mit neuem druck-unabhängigen Regelventil Gebläsekonvektor	18,0	1,8
	Einsparung Hilfsenergie durch hydraulischen Abgleich und Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen	0,2	3,0
(3)	dynamischer hydraulischer Abgleich mit neuem druck-unabhängigen Regelventil am Gebläsekonvektor	18,0	1,8
	Einsparung Hilfsenergie durch hydraulischen Abgleich und Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen	0,3	3,4
	neue modulierende Raumregelung am Gebläsekonvektor	4,2	0,7

Alternativ zum dem in den Szenarios 2 und 3 unterstellten Einbau einer neuen Hocheffizienzpumpe (mit integrierter Druckerfassung und Regelung) könnte auch eine externe Regelung der Pumpe(n) durch zusätzliche Drucksensoren am hydraulisch ungünstigsten Deckenkonvektor installiert werden, wodurch weitere Einsparpotenziale bei der Pumpe erschlossen werden könnten. Da eine solche Lösung zusätzlichen Installationsaufwand erfordert (u.a. Steuerungskabel zwischen Sensor und Regelung/Pumpe) wird sie im Folgenden nicht weiter betrachtet.



## Investitionen

Die Kosten für die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs mit Gebläsekonvektoren beinhalten folgende Arbeiten durch einen Heizungsfachmann:

- Datenaufnahme (Größe Konvektoren, Wärmedämmstandard, ...)
- Je nach Variante:
  - o Einbau neuer druckunabhängiger Regelventile an den Gebläsekonvektoren
  - o Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen
  - o Einbau modulierende Raumregelung
- Dokumentation
- An- und Abfahrt<sup>1</sup>.

Die angesetzten Investitionskosten basieren auf den Listenpreisen führender Hersteller und umfassen neben den Materialkosten auch die Lieferung und Montage sowie typische Rabatte und Preiszuschläge.

## Emissionen CO<sub>2</sub>-Äquivalent

Für die betrachteten Möglichkeiten zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs werden die Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausgewiesen. Den Berechnungen zum CO<sub>2</sub>-Äquivalent liegen die Faktoren nach aktuellem (inoffiziellem) Entwurf des Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude [4] zu Grunde.

**Tabelle 4 Emissionsfaktoren CO<sub>2</sub>-Äquivalent**

Energieträger	Faktor CO <sub>2</sub> -Äquivalent [g/kWh]
Erdgas	240
Heizöl	310
Fernwärme – aus KWK, gasförmiger Brennstoff	180
Strom	560

## 3 Ergebnisse energetische Betrachtung und Wirtschaftlichkeit

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Maßnahmen werden die eingesparten Energiekosten und die notwendigen Investitionskosten ermittelt und die sich daraus ergebende statische und dynamische Amortisationszeit ausgewiesen. Aus dem eingesparten Endenergiebedarf für Wärme (Erdgas) und Kälte (Strom) und dem eingesparten Hilfsenergiebedarf (Strom) werden zudem die eingesparten Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalent ermittelt.

---

<sup>1</sup> Dabei wird unterstellt, dass der hydraulische Abgleich als eigenständige Maßnahme durchgeführt wird, erfolgen gleichzeitig weitere Arbeiten, verringert sich dieser Kostenbestandteil anteilig.

**Tabelle 5 Abschätzung dynamischer hydraulischer Abgleich am Gebläsekonvektor - Hotel (nur Zimmer), Szenario (1)**

Szenario (1) - Einbau druckunabhängiger Regelventile (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren		Heizsystem	Hotel klein		Hotel groß	
			Gas-Brennwertkessel / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren		Gas-Brennwertkessel / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren	
			Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Nettogrundfläche A <sub>N</sub> (nur Zimmer: geheizte/gekühlte Fläche)		m <sup>2</sup>	1.600		4.605	
Einsparung spezifisch	druckunabhängige Regelventile	kWh/m <sup>2</sup> a	18	1,8	18	1,8
	neue Raumreglung	kWh/m <sup>2</sup> a	-	-	-	-
Einsparung absolut		kWh/a	28.800	2.880	82.890	8.289
Einsparung Energiekosten Wärme / Kälte		€/a	1.440	576	4.145	1.658
Einsparung Hilfsenergie spezifisch		kWh/m <sup>2</sup> a	0,1	2,2	0,1	2,2
Einsparung Hilfsenergie absolut		kWh/a	160	3.520	461	10.131
Einsparung Energiekosten Strom für Hilfsenergie		€/a	32	704	92	2.026
Einsparung Energiekosten gesamt		€/a	2.752		7.921	
Kosten hydraulischer Abgleich		€	4.800		12.600	
<b>statische Amortisationszeit J</b>		<b>a</b>	<b>1,7 a</b>		<b>1,6 a</b>	
<b>Amortisationsdauer T<sub>A</sub></b>	Preissteigerung Erdgas / Strom	1,0%	<b>1,7 a</b>		<b>1,6 a</b>	
	Zinssatz	0,0%				
<b>Einsparung Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>		kg/a	<b>10.586</b>		<b>30.467</b>	

**Tabelle 6 Abschätzung dynamischer hydraulischer Abgleich am Gebläsekonvektor - Hotel (nur Zimmer), Szenario (2)**

Szenario (2) - Einbau druckunabhängiger Regelventile (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren - Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen		Heizsystem	Hotel klein		Hotel groß	
			Gas-Brennwertkessel / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren		Gas-Brennwertkessel / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren	
			Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Nettogrundfläche A <sub>N</sub> (nur Zimmer: geheizte/gekühlte Fläche)		m <sup>2</sup>	1.600		4.605	
Einsparung spezifisch	druckunabhängige Regelventile	kWh/m <sup>2</sup> a	18	1,8	18	1,8
	neue Raumreglung	kWh/m <sup>2</sup> a	-	-	-	-
Einsparung absolut		kWh/a	28.800	2.880	82.890	8.289
Einsparung Energiekosten Wärme / Kälte		€/a	1.440	576	4.145	1.658
Einsparung Hilfsenergie spezifisch		kWh/m <sup>2</sup> a	0,20	3,00	0,20	3,00
Einsparung Hilfsenergie absolut		kWh/a	320	4.800	921	13.815
Einsparung Energiekosten Strom für Hilfsenergie		€/a	64	960	184	2763
Einsparung Energiekosten gesamt		€/a	3.040		8.750	
Kosten hydraulischer Abgleich		€	8.700		24.400	
<b>statische Amortisationszeit J</b>		<b>a</b>	<b>2,9 a</b>		<b>2,8 a</b>	
<b>Amortisationsdauer T<sub>A</sub></b>	Preissteigerung Erdgas / Strom	1,0%	<b>2,8 a</b>		<b>2,8 a</b>	
	Zinssatz	0,0%				
<b>Einsparung Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>		kg/a	<b>11.392</b>		<b>32.788</b>	

**Tabelle 7 Abschätzung dynamischer hydraulischer Abgleich am Gebläsekonvektor - Hotel (nur Zimmer), Szenario (3)**

Szenario (3) - Einbau druckunabhängiger Regelventile (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren - Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen - neue modulierende Raumreglung am Gebläsekonvektor		Heizsystem	Hotel klein		Hotel groß	
			Gas-Brennwertkessel / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren		Gas-Brennwertkessel / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren	
			Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Nettogrundfläche A <sub>N</sub> (nur Zimmer: geheizte/gekühlte Fläche)		m <sup>2</sup>	1.600		4.605	
Einsparung spezifisch	druckunabhängige Regelventile	kWh/m <sup>2</sup> a	18	1,8	18	1,8
	neue Raumreglung	kWh/m <sup>2</sup> a	4,2	0,7	4,2	0,7
Einsparung absolut		kWh/a	35.520	4.000	102.231	11.513
Einsparung Energiekosten Wärme / Kälte		€/a	1.776	800	5.112	2.303
Einsparung Hilfsenergie spezifisch		kWh/m <sup>2</sup> a	0,30	3,4	0,30	3,4
Einsparung Hilfsenergie absolut		kWh/a	480	5.440	1.382	15.657
Einsparung Energiekosten Strom für Hilfsenergie		€/a	96	1.088	276	3.131
Einsparung Energiekosten gesamt		€/a	3.760		10.822	
Kosten hydraulischer Abgleich		€	16.400		45.000	
<b>statische Amortisationszeit J</b>		<b>a</b>	<b>4,4 a</b>		<b>4,2 a</b>	
<b>Amortisationsdauer T<sub>A</sub></b>	Preissteigerung Erdgas / Strom	1,0%	<b>4,3 a</b>		<b>4,1 a</b>	
	Zinssatz	0,0%				
<b>Einsparung Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalent</b>		kg/a	<b>14.080</b>		<b>40.524</b>	

#### 4 Vereinfachte Abschätzung des gesamtwirtschaftlichen Einsparpotenzials

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotentiale werden für den Hotelgebäudebestand in Deutschland hochgerechnet, unter einer plausiblen globalen Annahme für die Ausstattung des derzeitigen Hotelgebäudebestandes mit 3-Wege-Ventilen.

Aus der Anzahl der Hotelzimmer in Deutschland nach den Angaben von [5] wird die Fläche der Hotelzimmer mit Klimaanlage ohne hydraulischen Abgleich abgeschätzt, vgl. Tabelle 8. Dabei wird bei der zentralen Wärmeerzeugung zwischen den Energieträgern Erdgas, Heizöl und Fernwärme differenziert.

**Tabelle 8 Abschätzung Fläche Hotelzimmer in Deutschland, klimatisiert mit Gebläsekonvektoren, ohne hydraulischen Abgleich**

Anzahl Zimmer Hotel incl. Hotel garni		812.218
Anzahl Zimmer Hotel (ohne Hotel garni)	75 %	610.499
Anzahl Hotelzimmer mit Klimaanlage	35%	213.674
Anzahl Hotelzimmer mit Klimaanlage ohne hydraulischen Abgleich mit Erdgaskessel	20%	42.735
Anzahl Hotelzimmer mit Klimaanlage ohne hydraulischen Abgleich mit Ölkessel	20%	42.735
Anzahl Hotelzimmer mit Klimaanlage ohne hydraulischen Abgleich mit Fernwärme	20%	42.735
Ansatz Fläche je Hotelzimmer mit Klimaanlage		20 m <sup>2</sup>
Fläche Hotelzimmer mit Klimaanlage ohne hydraulischen Abgleich		2.560.000 m <sup>2</sup>

**Tabelle 9 Abschätzung des gesamtwirtschaftlichen Einsparpotenzials - Hotelzimmer**

Hochrechnung			Szenario (1)		Szenario (2)		Szenario (3)	
			Kessel bzw. Übergabestation / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren		Kessel bzw. Übergabestation / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren		Kessel bzw. Übergabestation / Kompressionskältemaschine + Gebläsekonvektoren	
			Wärme	Kälte	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Fläche Hotelzimmer mit Klimaanlage ohne hydraulischen Abgleich	m <sup>2</sup>	2.560.000		2.560.000		2.560.000		
Einsparung spezifisch	druckunabhängige Regelventile	kWh/m <sup>2</sup> a	18	1,8	18	1,8	18	1,8
	neue Raumreglung	kWh/m <sup>2</sup> a	-	-	-	-	4,2	0,7
Einsparung absolut	Erdgaskessel	kWh/a	15.360.000	1.536.000	15.360.000	1.536.000	18.944.000	2.133.333
	Heizölkessel	kWh/a	15.360.000	1.536.000	15.360.000	1.536.000	18.944.000	2.133.333
	Fernwärmeübergabe	kWh/a	15.360.000	1.536.000	15.360.000	1.536.000	18.944.000	2.133.333
Einsparung Hilfsenergie spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a	0,1	2,2	0,20	3,0	0,30	3,4	
Einsparung Hilfsenergie absolut	kWh/a	256.000	5.632.000	512.000	7.680.000	768.000	8.704.000	
Einsparung	Wärme gesamt	kWh/a	46.080.000		46.080.000		56.832.000	
	Strom	kWh/a	10.496.000		12.800.000		15.872.000	
Einsparung Emissionen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	Erdgas	t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	3.686		3.686		4.547	
	Heizöl	t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	4.762		4.762		5.873	
	Fernwärme	t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	2.765		2.765		3.410	
	Strom	t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	5.878		7.168		8.888	
	gesamt	t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	17.100		18.400		22.700	

## 5 Fazit

Durch einen hydraulischen Abgleich von Heizungs- und Kühlsystemen können Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale erschlossen werden. Die vorliegende Ergänzung zum Gutachten „Energetische Einsparpotentiale und wirtschaftliche Bewertung des hydraulischen Abgleiches für Anlagen der Gebäudeenergie-technik“ betrachtet derartige Maßnahmen exemplarisch für den Hotelgebäudebestand. Infolge des dynamischeren Betriebsverhaltens und eines abweichenden Nutzerverhaltens sind die zu erwartenden Einsparungen höher als im Wohngebäudebestand. Die Untersuchungen werden anhand zwei verschiedener Hotelgebäude (80 Zimmer / 216 Zimmer) für 3 verschiedene technische Lösungen durchgeführt:

### Szenario (1)

- Einbau druckunabhängiger Regelventile (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren

### Szenario (2)

- Einbau druckunabhängiger Regelventile (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren
- Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen

### Szenario (3)

- Einbau druckunabhängiger Regelventile (2-Wege-Ventil) an den Gebläsekonvektoren
- Einbau proportionaldruck-geregelter Pumpen
- neue modulierende Raumregelung am Gebläsekonvektor

Die ermittelten Amortisationszeiten weisen zwischen einem kleinen Hotelgebäude und einem großen Hotelgebäude keine wesentlichen Unterschiede auf. Beim Szenario (1) mit Einbau druckunabhängiger Regelventile an den Gebläsekonvektoren liegen die Amortisationszeiten bei 1,6 bzw. 1,7 Jahren.

Werden zusätzlich proportionaldruck-geregelte Pumpen eingesetzt, erhöhen sich die Einsparungen und die notwendigen Investitionen (Szenario (2)). Die Amortisationszeiten liegen bei 2,8 bzw. 2,9 Jahren.

Werden zudem neue modulierende Raumregler am Gebläsekonvektor (Szenario (3)) eingebaut, dann ergeben sich nochmals höhere Energieeinsparungen, allerdings bei höheren Investitionen. Es ergeben sich Amortisationszeiten von 4,2 bzw. 4,4 Jahren.

Die Amortisationszeiten liegen in allen betrachteten Fällen deutlich unterhalb der rechnerischen Lebensdauer der Komponenten.

Werden die Einsparungen an Endenergie Wärme, Hilfsenergie und daraus resultierend an Emissionen CO<sub>2</sub>-Äquivalent auf den Hotelgebäudebestand (mit Klimaanlage / ohne hydraulischen Abgleich) in Deutschland hochgerechnet, können je nach technischer Lösung die in Tabelle 10 angegebenen Einsparungen erzielt werden.

**Tabelle 10 Abschätzung des gesamtwirtschaftlichen Einsparpotenzials - Hotelzimmer**

			Szenario (1)	Szenario (2)	Szenario (3)
Einsparung	Wärme	GWh/a	46,1	46,1	56,8
	Strom	GWh/a	10,5	12,8	15,9
Einsparung Emissionen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	gesamt	t CO <sub>2</sub> -Äquivalent	17.100	18.400	22.700

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] *Richtlinie (EU) 2018/844 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz vom 30. Mai 2018.*
- [2] *ITG Dresden: Energetische Einsparpotentiale und wirtschaftliche Bewertung des hydraulischen Abgleiches für Anlagen der Gebäudeenergie-technik.*
- [3] *ZUB Kassel e.V. im Auftrag des BMVBS/BBSR: Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit, Oktober 2010.*
- [4] *Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude, Fassung vom 01.11.2018.*
- [5] *<https://www.hotelier.de/hotellerie/hotelgewerbe/38737-hotelmarkt-deutschland-2013-2012-2011-2010-2009-hotelgewerbe-news>.*