



Wirtschaftlichkeit der dezentralen Klimatisierung im Vergleich zu zentralen RLT-Anlagen

(Kurzfassung)

TROX[®] TECHNIK
FSL
FassadenSystemLüftung

FassadenSystemLüftung
GmbH & Co KG
Heinrich-Trox-Platz
47506 Neukirchen-Vluyn

Telefon +49(0)28 45/2 02-7 11
Telefax +49(0)28 45/2 02-2 25
www.fsl-gmbh.com
e-mail fsl@trox.de

ILK Dresden



Institut für Luft- und Kältetechnik
Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20, D-01309 Dresden
www.ilkdresden.de

Wirtschaftlichkeit der dezentralen Klimatisierung im Vergleich zu zentralen RLT-Anlagen

(Kurzfassung)

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke
Dipl. Ing. Ralf Heidenreich;
Dipl. Ing. Angelika Ehle;
Dipl. Ing. (FH) Falko Ziller

Dresden, 27.06.2003

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	3
1 Einleitung	4
2 Ermittlung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs im Jahresgang	5
2.1 Das Mustergebäude	5
2.2 Energieaufwand zur Luftaufbereitung bei Fassadenlüftungssystemen	7
2.2.1 Energieaufwand zur Luftaufbereitung bei Fassadenlüftungssystemen in wärmeren Klimaregionen	9
3 Vergleich Zentrales vs. Dezentrales System	10
3.1 Technische Konzeption	10
3.1.1 Zentrales System	10
3.1.2 Dezentrales System	10
3.2 Platzbedarf für dezentrale Luftaufbereitung	11
3.3 Transportenergiebedarf der notwendigen Außenluft	12
3.4 Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung	13
3.4.1 Auswertung der Ergebnisse	13
4 Lufthygienische Aspekte	16
5 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung	18
6 Zusammenstellung der Entscheidungsfaktoren	21

Nomenklatur

Bezeichnungen

Δ	Differenz
\dot{V}	Volumenstrom
w	Geschwindigkeit

Abkürzungen

Osten	Fassade mit Ostorientierung
Süden	Fassade mit Südorientierung
Westen	Fassade mit Westorientierung
Norden	Fassade mit Nordorientierung

1 Einleitung

Moderne Bürogebäude haben aufgrund der Bestrebungen bezüglich der flexiblen Raumaufteilung eine geringe Bauwerks- und somit auch thermische wirksame Speichermasse. Zudem verwendet die moderne Architektur zunehmend Glas als Gebäudeumschließungsflächen, die wiederum die Strahlungseinträge von thermischen Lasten erhöhen. Die Wärmebelastung auf den Raum wird zusätzlich durch die in einem modernen Büro erforderliche Bürotechnik wesentlich erhöht. Demgegenüber stehen hohe Komfortanforderungen an Luftqualität und Raumtemperatur, die bei vorgegebener Bauweise nur durch Klimatechnik realisiert werden kann. Zudem steigt gleichzeitig das Interesse zur Kostenreduzierung durch neue Randbedingungen wie steigende Energiepreise und Primärenergieverbrauchsgrenzwerte des Gesetzgebers.

Ein Trend in der Raum- und Gebäudeklimatisierung, der den veränderten Anforderungen Rechnung tragen soll, ist die dezentrale Lüftung bzw. Teilklimatisierung. Diese geräte-technischen Lösungen zum Lüften, Heizen und Kühlen von Räumen haben sich in den letzten Jahren deutlich weiterentwickelt und werden nun verstärkt eingesetzt. Die Hauptargumente für diese Technik sind die hohe Flexibilität, die individuelle Beeinflussbarkeit sowie die verursacherbezogene Abrechenbarkeit und der geringe Platzbedarf. Eine Reihe von Argumenten, wie z.B. erhöhte Ansaugtemperaturen, die Kondensat-abfuhr und vor allem die Wartung, scheinen allerdings gegen dieses Technik zu sprechen. In der vorliegenden Arbeit sollen die Vorzüge und Nachteile, die sich durch dezentralen Klimatisierung im Vergleich zu zentralen RLT-Anlagen ergeben, objektiv bewertet werden.

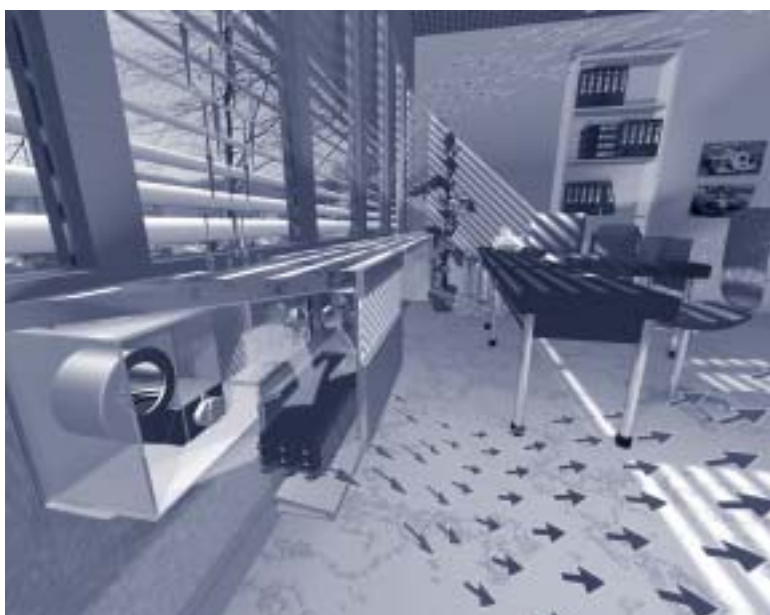


Bild 1 Beispiel eines dezentralen Lüftungsgerätes

2 Ermittlung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs im Jahresgang

2.1 Das Mustergebäude

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde als Mustergebäude ein Büro-Tower mit 30 Nutzgeschossen festgelegt. Die Himmelsausrichtung der jeweiligen Fassade hat entscheidenden Einfluss auf die Wärmeeinstrahlung und somit auf die Kühllast im Raum. Aus diesem Grund wurde im Interesse verallgemeinerbarer Ergebnisse als Mustergebäude ein Bürotower mit quadratischer Grundfläche und daraus resultierend mit gleichen Fensterflächenanteilen in jede Himmelsrichtung gewählt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Büroetage nicht in einzelne Räume unterteilt ist, sondern ein Temperatúrausgleich auf der gesamten Etage erfolgen kann.

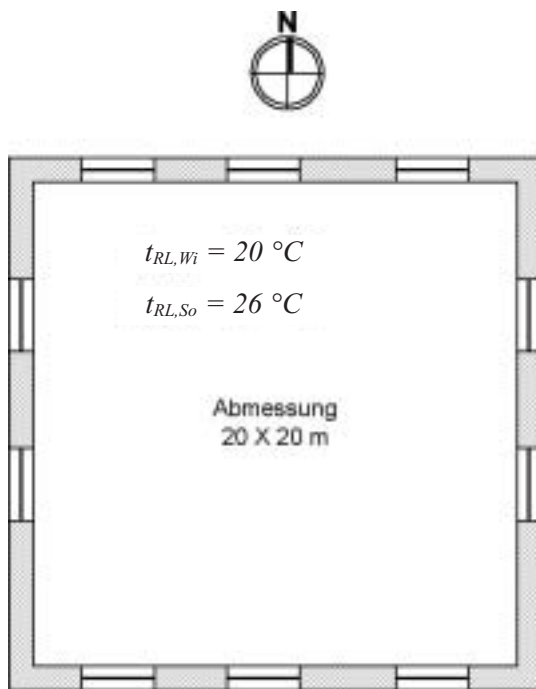


Bild 2 Gebäudegrundriss und Ansicht

Gebäude:

Bauwerksschwereklasse: mittel (ohne Abhangdecke); leicht (mit Abhangdecke)

Außenwand $k = 0,36 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Klimadaten: Frankfurt am Main

Fensterflächenanteil: 36 %

Verglasungsart: Wärmeschutzverglasung $k = 1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Durchlassfaktor $g = 0,4$

Sonnenschutz: innen liegend gezogen bei direkter Strahlung

Nutzung:

Personen: 40 Personen in Aktivität I von 8 bis 18.00 Uhr

Außenluftstrom $60 \text{ m}^3/\text{h}$ je Person (Großraumbüro DIN 1946)

PC: 40 PC's à 225 W von 8 bis 18.00 Uhr (Gleichzeitigkeit 0,8)

Beleuchtung: 10 W/m^2 von 8 bis 18.00 Uhr

Sollraumtemperatur

Winter: 20°C

Sollraumtemperatur

Sommer: $22..26^\circ\text{C}$ (gleitend gem. DIN 1946 T2)

Tabelle 1 Ergebnisse der Kühllast und Energiebedarfsberechnung für eine Büroetage

	zentrale Luftaufbereitung mit abgehängter Decke Bauwerksschwereklasse L	dezentrale Luftaufbereitung ohne Zwischendecke Bauwerksschwereklasse M
maximale Kühllast	21,0 kW	20,3 kW
maximale spezifische Kühllast	$52,5 \text{ W/m}^2$	51 W/m^2
Jahresenergiebedarf Heizen	14,4 MWh	14,1 MWh
Jahresenergiebedarf Kühlen	7,5 MWh	7,4 MWh

Es ist festzuhalten, daß der Einfluss der Wärmespeichereigenschaften der Decke auf die Kühllast bei den vorliegenden Belastungen gering sind. Andere bauliche Einflussfaktoren, wie z. B. Fensterflächen oder die Art des Sonnenschutzes haben signifikanten Einfluss auf den Kühlbedarf des Gebäudes.

2.2 Energieaufwand zur Luftaufbereitung bei Fassadenlüftungssystemen

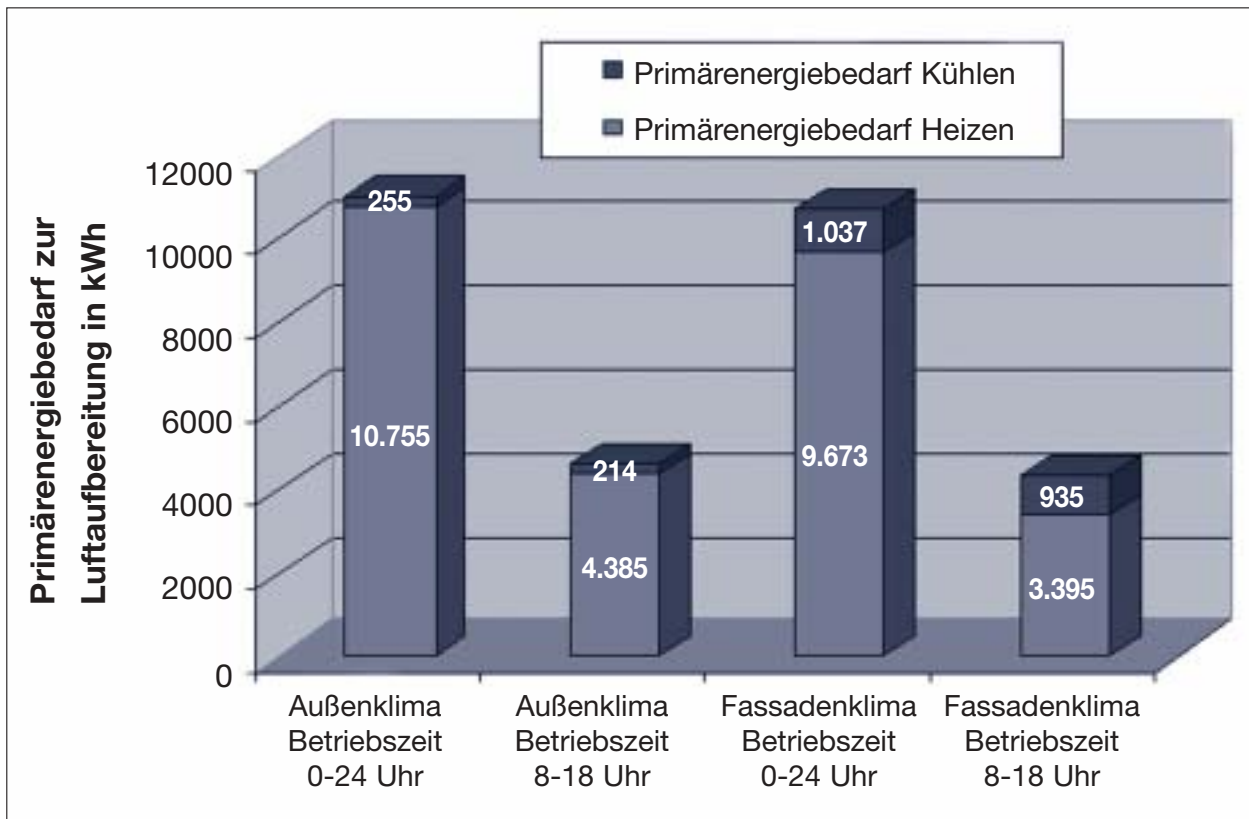


Bild 3 Jahresprimärenergiebedarf zur Außenluftaufbereitung (Außenluftanteil $300 \text{ m}^3/\text{h}$; ohne Kondensation, ohne Ventilatorenergie)

Im Gegensatz zur zentralen Luftaufbereitung, bei der die Luftansaugungen mittels Ansaugtürmen aus dem ungestörten Bereich der Gebäudeumströmung realisiert werden können, wird bei Fassadenlüftungssystemen immer unmittelbar aus der Grenzschicht angesaugt. Die erhöhten Temperaturen in der Grenzschicht gegenüber dem ungestörten Bereich führen zu unterschiedlichen Jahresprimärenergiebedarfen. Bei der Mehrzahl der ausgeführten zentralen Lüftungsanlagen wird die Luft jedoch ebenfalls aus der Grenzschicht angesaugt. Unter diesen Voraussetzungen ist der Jahresenergiebedarf zur Außenluftaufbereitung beider Systeme identisch.

Die Darstellung des Primärenergiebedarfes eines Fassadenlüftungsgerätes zur Außenluftaufbereitung in Bild 4 zeigt im Vergleich mit einem zentralen System (mit Ansaugung aus dem ungestörten Bereich), dass aus dem Gesichtspunkt des Primärenergiebedarfes beide Systeme nahezu gleichwertig sind. Weiterhin zeigt Bild 3 sowie Bild 4, dass durch Abschaltung der Geräte außerhalb der Nutzungszeit erhebliches Energieeinsparpotential besteht.

Bei Büroimmobilien, die an verschiedene Nutzer vermietet werden, weichen je nach Branche die Arbeitszeiten erheblich voneinander ab. Bei zentralen Lüftungsgeräten muss das Gerät für die gesamte Dauer, zu der sich Personen in einem versorgten Raumbereich befinden, eingeschaltet sein. Das heißt, es werden systembedingt Räume belüftet, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht oder nur teilweise genutzt werden. Die individuellen Schaltmöglichkeiten der dezentralen Lüftungssysteme erweisen sich hier als vorteilhaft. Durch Abschaltungen bzw. Reduzierung des Außenluftanteils auf die jeweiligen Erfordernisse des Raums sind hier erhebliche Betriebskostenreduzierungen bei Verwendung von Fassadenlüftungsgeräten zu erwarten.

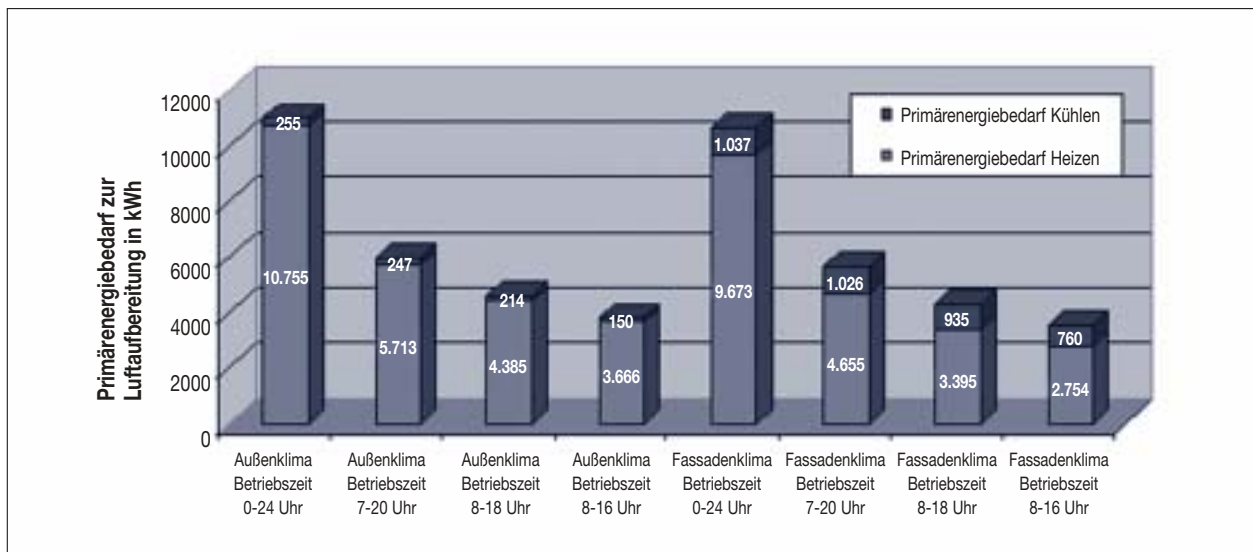


Bild 4 Jahresprimärenergiebedarf zur Außenluftaufbereitung in Abhängigkeit der Betriebszeit (Außenluftanteil 300 m³/h; ohne Kondensation, ohne Ventilatorenergie, Standort Frankfurt/M)

2.2.1 Energieaufwand zur Luftaufbereitung bei Fassadenlüftungssystemen in wärmeren Klimaregionen

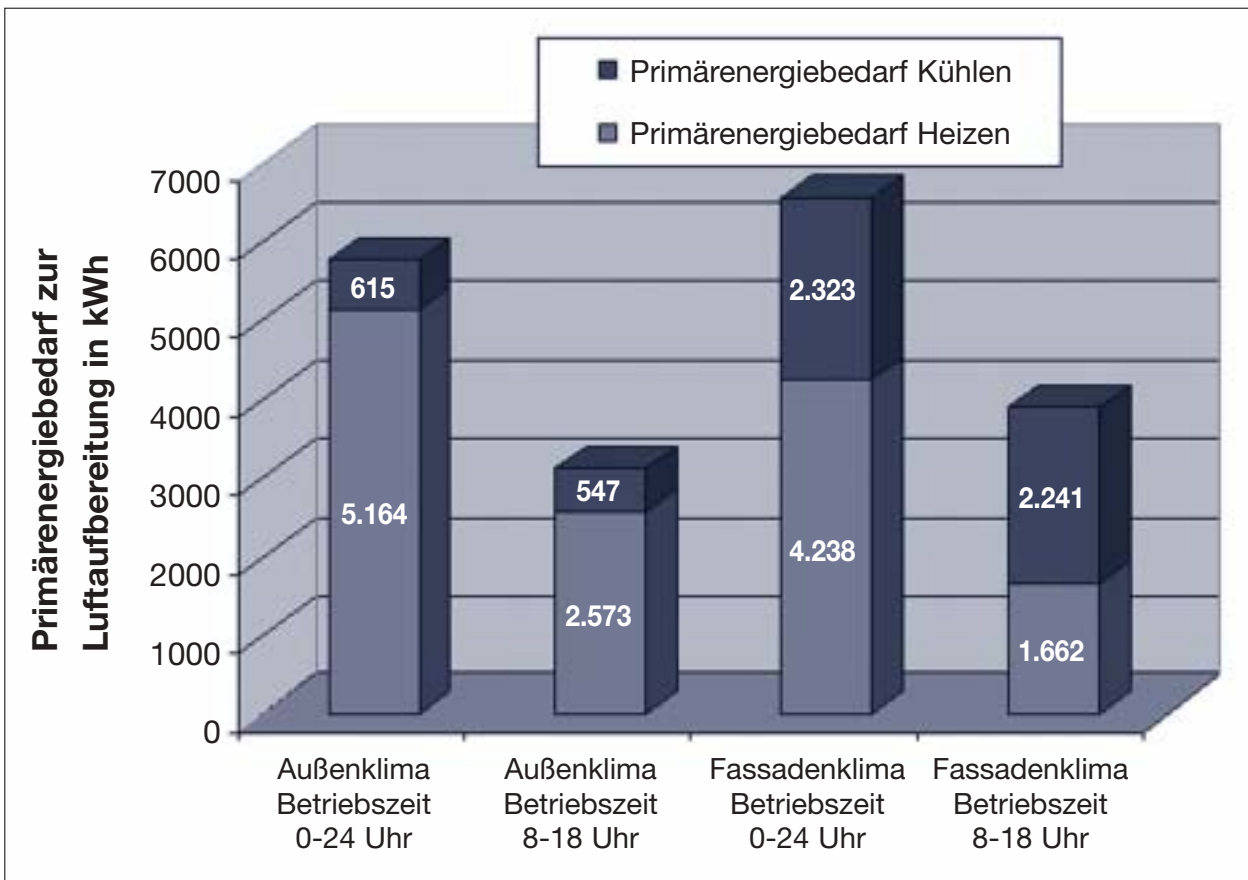


Bild 5 Jahresprimärenergiebedarf zur Außenluftaufbereitung für die Klimabedingungen für Lissabon / Portugal (Außenluftanteil 300 m³/h; ohne Kondensation, ohne Ventilatorenergie)

Wie Bild 5 zeigt, erweisen sich hier bezogen auf den Jahresprimärenergiebedarf zentrale Systeme (mit Ansaugung aus dem ungestörten Bereich!) zur Außenluftaufbereitung als vorteilhaft. Für den Fall, dass die Geräte während der gesamten Büronutzungszeit (8-18 Uhr) betrieben werden, übersteigt bei dezentralen Lüftungssystemen der Kühlprimärenergiebedarf den Heizenergiebedarf. Dezentrale Lösungen können hier energetisch vorteilhaft sein, wenn die Nutzungszeiträume der einzelnen Büros sehr stark über die Tagesstunden verteilt sind (Frühdienst / Spätdienst).

3 Vergleich Zentrales vs. Dezentrales System

Vorteile der zentralen Luftaufbereitung (klassische Klimaanlage)	Vorteile der dezentralen Lüftung
<ul style="list-style-type: none"> energieeffiziente Außenluftaufbereitung bei Ansaugung aus ungestörtem Bereich 	<ul style="list-style-type: none"> geringer Transportenergiebedarf des Kälteträgers
<ul style="list-style-type: none"> Wärmerückgewinnung mit geringem Aufwand möglich 	<ul style="list-style-type: none"> verursacherbezogene Zuordnung der Kühlenergiekosten leicht möglich
<ul style="list-style-type: none"> alternative Klimatisierung möglich (sorptionsgestützte Klimatisierung) 	<ul style="list-style-type: none"> individuelle Raumtemperatur- und Frischluftvolumenstromanpassung
<ul style="list-style-type: none"> Vollklimatisierung mit geringem Aufwand möglich 	<ul style="list-style-type: none"> geringer baulicher Aufwand (Kosten) (geringerer Flächenbedarf, Brandschutz einfacher umzusetzen)

3.1 Technische Konzeption

3.1.1 Zentrales System

Aufgrund des höheren Transportenergie- und Raumbedarfs ist zu erwarten, dass bei einer Gegenüberstellung der Lösungsvariante „dezentrale Fassadenlüftungsgeräte“ und der Lösungsvariante „klassische Zentralklimaanlage“ die zentrale Lösung zur Büroklimatisierung weniger geeignet ist. Aus diesem Grund wurde als zentrales Vergleichssystem zu den Fassadenlüftungsgeräten ein System gewählt, bei dem die Außenluftaufbereitung in einem Zentralgerät und thermische Beeinflussung des Raums dezentral mittels Umluftgeräten erfolgt. Der Energietransport zu den Raumkühlgeräten erfolgt also bei beiden Systemen mit Wasser als Energieträger. Die Kälte wird zentral erzeugt und über ein Rohrleitungssystem zu den Verbrauchern gefördert. Mit dieser Lösungsvariante ist eine individuelle Raumtemperaturanpassung sowie eine raumweise Abschaltung bei Nichtbedarf möglich.

3.1.2 Dezentrales System

Entscheidend für die spätere flexible Nutzung eines Raumes ist die Frage nach der Anlagenstruktur. Für eine Veränderung der Räume, ob unter nutzungs- oder flächenmäßigen Aspekten, sind dezentrale Lösungen vorteilhaft. Fassadenlüftungsgeräte gehören zu diesen dezentralen Lösungen. In der Vergangenheit wurden diese Geräte nur zum Lüften und Heizen eingesetzt. In den letzten Jahren sind neben der Luftfilterung auch die Funktionen Kühlen und Entfeuchten dazu gekommen. Moderne Fassadenlüftungsgeräte bieten zudem auch die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung. Neben der großen Flexibilität der dezentralen Klimatisierung ist eine individuelle und bedarfsbezogene Nutzung dieser Geräte leicht möglich. Bei der dezentralen Klimatisierung ist

die Realisierung der Anforderungen in Bezug auf Akustik, Wärmerückgewinnung, Wartung und die Ver- und Entsorgung der Klimageräte mit Hilfsenergien mit höherem Aufwand verbunden.

3.2 Platzbedarf für dezentrale Luftaufbereitung

Tabelle 2 Platzbedarf zentraler und dezentraler Luftaufbereitung

Kriterien	Zentrale Klimatisierung	Dezentrale Klimatisierung
Raumhöhe	2,65 m	2,65 m
Geschosshöhe	3,60 m	3,00 m
Decke / Fußboden	350 mm	350 mm
Abhangdecke	600 mm	
Platz für Kanäle / Steiger	86 m ²	
Technik-Zentralen	34 m ² – 69 m ² (VDI 3808)	
Zentrale Luftaufbereitung	275 m ²	
Gesamte Fläche	361 m ²	
	Der Platzbedarf für die Luftverteilung, Schalldämpfer, und Kältemaschinen sind nicht enthalten	

In Bezug auf den baulichen Aufwand ist zu erwarten, dass dezentrale Systeme Vorteile besitzen. Bei dezentralen Luftsystemen entfallen sowohl die Kosten für die Abschottung von Lüftungskanälen, die Brandschutzabschnitte überschreiten als auch die Verkleidung der Verteilkanäle durch eine Zwischendecke. Der bei der zentralen Luftaufbereitung notwendige Platzbedarf für die Steiger steht hier zusätzlich als Nutzfläche zur Verfügung.

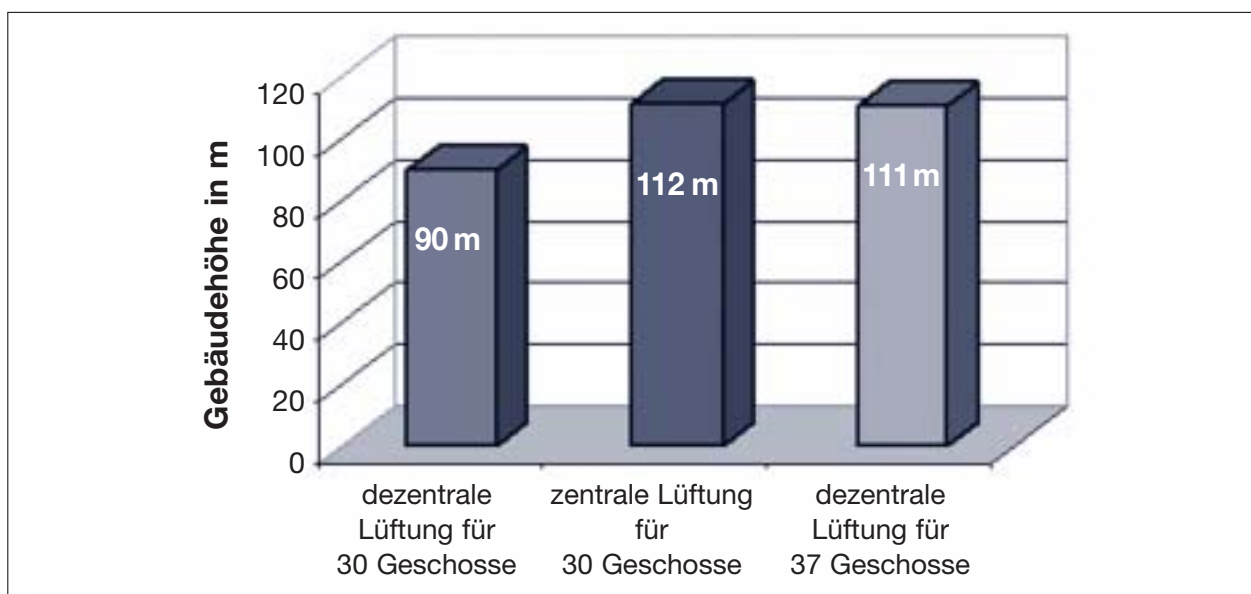


Bild 6 Gebäudehöhe eines Gebäudes mit dezentraler Luftaufbereitung im Vergleich zu einem Gebäude mit zentraler Luftaufbereitung und Verteilung

Durch die Einsparung der Zwischendecke und den geringeren Platzbedarf für Technikräume kann die Gebäudehöhe des Mustergebäudes bei gleicher Mietfläche um ca. 22 m reduziert werden. Unter der Voraussetzung dass bei vergleichbarem Grundriss die Baukosten linear mit der Gebäudehöhe steigen, würden die Baukosten bei dezentraler Lüftung um etwa 20 % geringer im Vergleich zur zentralen Klimatisierung ausfallen.

3.3 Transportenergiebedarf der notwendigen Außenluft

Generell liegt auch der Elektroenergieverbrauch bei zentraler und dezentraler Lüftung, trotz des bei dezentraler Lüftung schlechten Ventilatorwirkungsgrades, für das Gebäude dicht beieinander, wodurch sich bei einem Vergleich des Lufttransportenergiebedarfs in erster Betrachtung keine Entscheidung ergibt. Durch Einsatz von EC-Ventilatoren mit Wirkungsgraden von >20 % kann eine signifikante Energieeinsparung bei dezentraler Luftaufbereitung erzielt werden. Des weiteren erweist sich im Hinblick auf ein mögliches Energieeinsparpotential eine dezentrale Außenluftzufuhr durch die Möglichkeit der bedarfsbezogenen Zu- und Abschaltung als vorteilig (vgl. 2.2).

Tabelle 3 Berechnungswerte für eine überschlägige Leistungsermittlung der zentralen Luftaufbereitung		Tabelle 4 Berechnungswerte für eine überschlägige Leistungsermittlung der dezentralen Luftaufbereitung	
Größe	Wert	Größe	Wert
$\Delta p_{V, RLT}$	500 Pa	$\Delta p_{V, RLT}$	220 Pa
$\Delta p_{V, Kanalnetz}$	450 Pa	$\Delta p_{V, Kanalnetz}$	0 Pa
\dot{V}	9600 m ³ /h	$\dot{V}_{Gerät}$	100 m ³ /h
η_{Gesamt}	0,6	$\eta_{Geräte}$	96
$P_{Ventilator}$	4,2 kW	η_{Gesamt}	0,15
		$P_{Ventilator}$	3,9 kW

Aufwändig ist bei der dezentralen Luftversorgung die Bilanzierung der Luftmengen. Winddruck an der Gebäudefassade führt zu einer Verschiebung der Ventilatorarbeitspunktes infolgedessen unbestimmte Druckverhältnisse im Raum entstehen. Dieser Effekt kann durch entsprechende Regelungstechnik vermieden werden.

3.4 Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung

Eine weitere wichtige Betrachtung ist das Energieeinsparpotential durch eine Wärme- bzw. Kälterückgewinnung. Die Zweckmäßigkeit einer solchen Energierückgewinnung besteht im Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand. Aus energetischer Sicht ist jede Wärmerückgewinnung (WRG) zweckmäßig, die eine Primärenergieeinsparung mit sich bringt. Das heißt, der möglicherweise zusätzliche energetische Aufwand muss geringer sein als die Energiemenge, die damit eingespart werden kann. Eine Verminderung des Energieeinsatzes spiegelt sich somit auch in verringerten Betriebskosten wieder. Können die Minderausgaben für die Betriebskosten die zusätzlich anfallenden Kapital- und Wartungskosten decken, ist eine Wärmerückgewinnung als wirtschaftlich anzusehen.

3.4.1 Auswertung der Ergebnisse

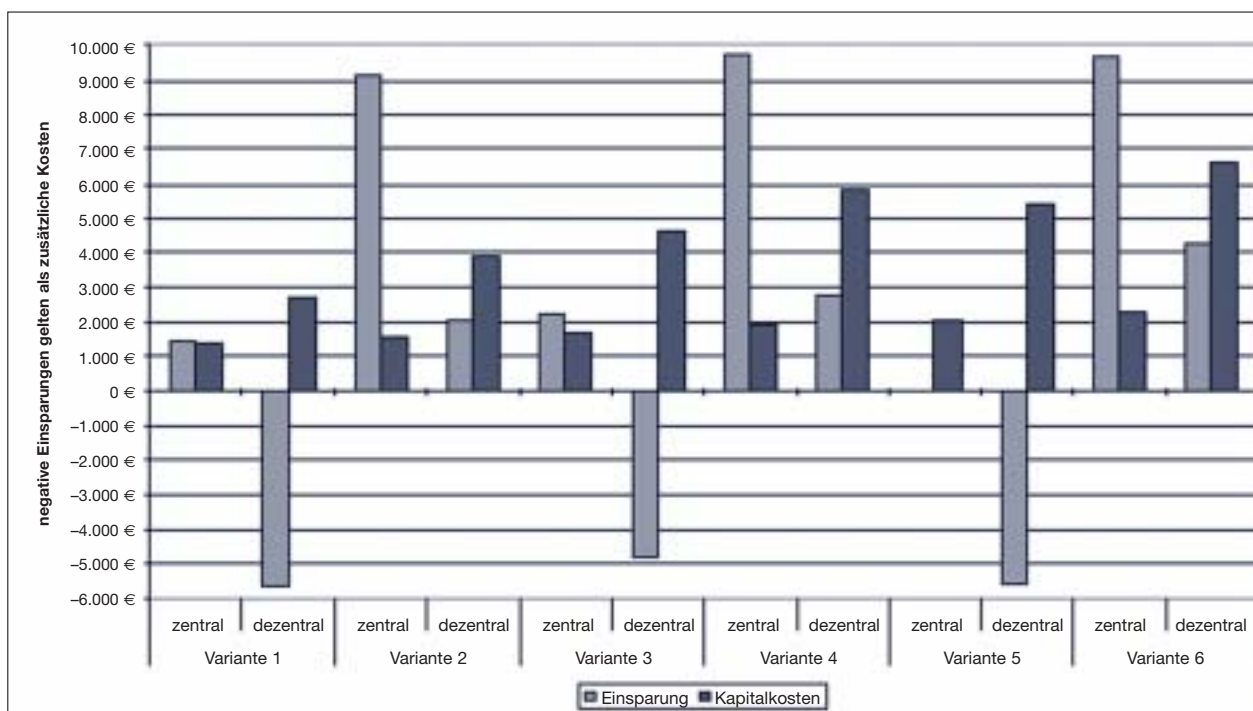


Bild 7 Darstellung des Wirtschaftlichkeitsvergleichs nach der Annuitätsmethode

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
WRG mit Plattenwärmetauscher Erhitzer / Kühler	Vorerhitzer WRG mit Plattenwärmetauscher Nacherhitzer / Kühler	WRG – Regenerator mit rotierender Speichermasse Erhitzer / Kühler	Vorerhitzer WRG – Regenerator mit rotierender Speichermasse Nacherhitzer / Kühler	Wie Variante 1, aber mit 1,5-fachem Außenluftvolumenstrom	Wie Variante 2, aber mit 1,5-fachem Außenluftvolumenstrom

In Bild 7 ist der Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der Annuitätsmethode dargestellt. Verglichen werden die jährlich aufzubringenden Wartungs- und Kapitalkosten für die WRG mit den durch die Wärmerückgewinnung erzielten Einsparungen. Die „negativen Einsparungen“ in den Varianten 1, 3 und 5 sind als zusätzlicher Kostenaufwand gegenüber Lüftung ohne Wärmerückgewinnung anzusehen. Das heißt, durch eine Wärmerückgewinnung können in diesen Varianten keine Kosten eingespart werden, sondern es entstehen zusätzliche Kosten. Die Varianten 1, 2, 3, 4 und 6 sind somit bei zentraler Wärmerückgewinnung wirtschaftlich. Die geringe Einsparung an Wärmekosten im Vergleich zum großen Einsatz an Stromkosten führt dazu, dass bei Variante 5 eine Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben ist. Eine dezentrale Wärmerückgewinnung ist nur in wenigen der Fälle als wirtschaftlich anzusehen.

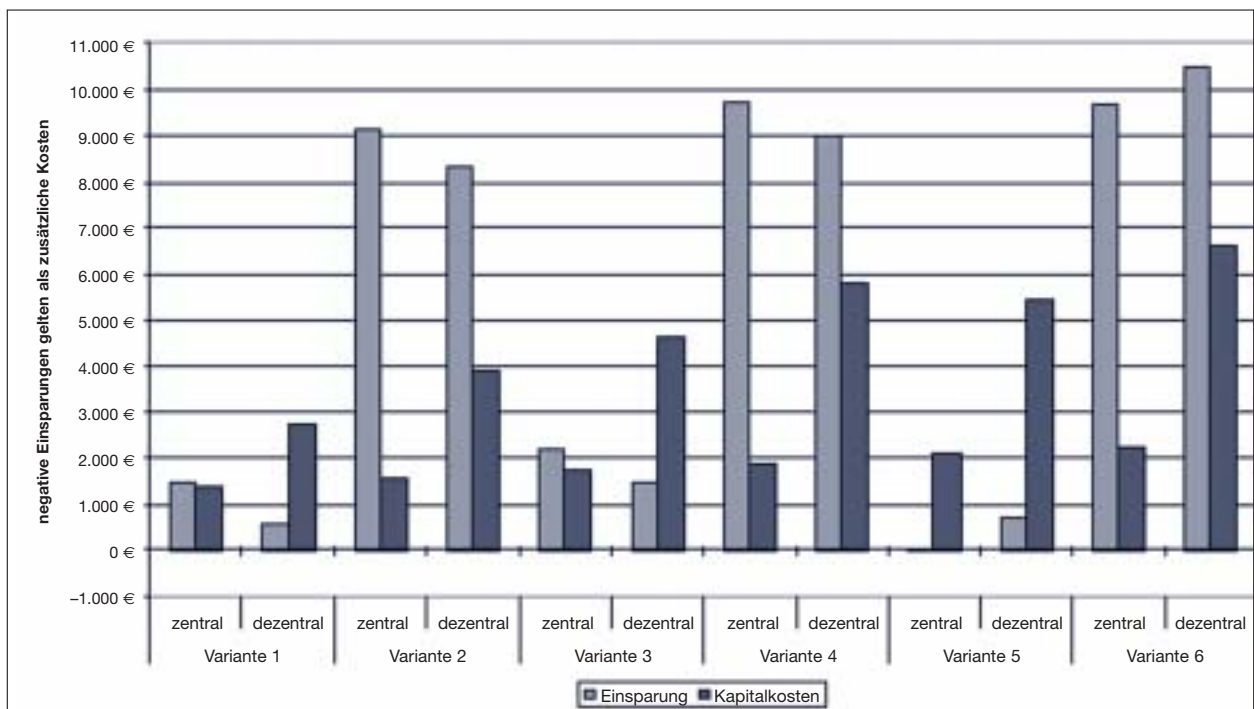


Bild 8 Vergleich der Wirtschaftlichkeit bei reduzierten Wartungskosten

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
WRG mit Plattenwärmetauscher Erhitzer / Kühler	Vorerhitzer WRG mit Plattenwärmetauscher Nacherhitzer / Kühler	WRG – Regenerator mit rotierender Speichermasse Erhitzer / Kühler	Vorerhitzer WRG – Regenerator mit rotierender Speichermasse Nacherhitzer / Kühler	Wie Variante 1, aber mit 1,5-fachem Außenluftvolumenstrom	Wie Variante 2, aber mit 1,5-fachem Außenluftvolumenstrom

Der Einfluss dieser Kosten auf die Wirtschaftlichkeit wurde deshalb noch einmal gesondert untersucht. Dazu wurde der Arbeitszeitaufwand je Gerät von 10 min/a auf 2 min/a reduziert. Das Ergebnis ist in Bild 8 grafisch dargestellt. Durch den geringeren Zeitaufwand können jetzt die dezentralen Systeme mit Vorerhitzer (Varianten 2, 4 und 6) ebenfalls als wirtschaftlich angesehen werden. Eine weitere Untersuchung ergab eine maximal zulässige Wartungszeitdauer von 6 min/a je Gerät, für die immer noch eine Kosteneinsparung zu erzielen ist. In der Praxis ist es denkbar, geringe Arbeitszeiten zu erreichen, wenn eine Wartung nur einmal jährlich stattfindet und dabei das Wechseln der Filter sowie das Staubsaugen der Wärmeübertrager und der Wärmerückgewinnung in einem Arbeitsgang erfolgt.

Einfluss des Bypasses für den Sommerfall: Die angenommene Ablufttemperatur beträgt 24°C und die Temperatur der Zuluft 20°C . Wird die Wärmerückgewinnung bei Außentemperaturen zwischen 20°C bis 24°C nicht umgangen, verursacht der Dauerbetrieb eine zusätzliche Kühllast in Höhe von 1.096,3 kWh/a. Damit ist ein Bypass am Wärmerückgewinner notwendig, um eine freie Kühlung zu ermöglichen und keine zusätzliche Kühllast zu erzeugen.

Der Einsatz einer zentralen Lüftungsanlage bei langen Wegen und hohen Luftvolumenströmen wird durch die hohen Transportenergiekosten zunehmend unwirtschaftlich, während die dezentrale Wärmerückgewinnung an Vorteil gewinnt. In allen Varianten ist sehr deutlich zu erkennen, dass eine dezentrale Lösung bei den Elektroenergiekosten günstiger ist. Die im Vergleich zu den zentralen Varianten hohen Wartungskosten verhindern jedoch einen wirtschaftlichen Vorteil und sprechen gegen eine dezentrale Wärmerückgewinnung bei kleinen Außenluftvolumenströmen. Gesenkt werden können diese Kosten bei einer jährlichen Wartung, die alle Wartungsmaßnahmen wie Filterwechsel und Staubsaugen der Wärmeübertrager und Wärmerückgewinner in einem Arbeitsgang beinhalten. Dann ist auch in dezentralen Systemen eine wirtschaftliche Wärmerückgewinnung erreichbar.

Als Vorzugsvarianten können die zentralen Versionen der Variante 2 und 4 vorgeschlagen werden. Deren dezentrale Versionen eignen sich unter oben genannten Bedingungen ebenfalls für eine Wärmerückgewinnung. Die Vorzugsvariante besteht dann jeweils aus Vorerhitzer, Wärmerückgewinnung mit Bypass und Nacherhitzer.

4 Lufthygienische Aspekte

Aus lufthygienischer Sicht sind für das Ziel, dem Nutzer physiologisch einwandfreie Luft zur Verfügung zu stellen, folgende Faktoren von Belang:

Tabelle 5: Lufthygienische Aspekte zentraler und dezentraler RLT- Geräte

RLT- Geräte mit zentraler Zuluftaufbereitung		Dezentrale RLT- Geräte	
Problematik	Gegenmaßnahme	Problematik	Gegenmaßnahme
Verschmutzung von Luftleitungen	Einsatz hochwertiger Filtertechnik	Verschmutzung von Gerätegehäusen	Vorfiltration, regelmäßige Reinigung
Verschmutzung von Wärmeübertragern durch Induktion	Filterstufe, regelmäßige Reinigung	Verschmutzung von Wärmeübertragern	Filterstufe, regelmäßige Reinigung
Geringe Luftqualität der Außen-/Umluft	geeignete Auswahl der Ansaugung, Kombinationsfilter	geringe Luftqualität der Außenluft; Kurzschlusseffekte	erfordert geeignete konstruktive Lösung ggf. Kombinationsfilter
Durchfeuchtung der Aussenluftfilter	konstruktiv, im Allgemeinen problemlos	Durchfeuchtung der Aussenluftfilter	erfordert geeignete konstruktive Lösung
Filterwechsel	Standardprodukte, problemlos	Filterwechsel	erfordert geeignete konstruktive Lösung

Tabelle 6 Gegenüberstellung des Wartungsaufwandes zentraler und dezentraler Luftaufbereitung

	zentrale Luftaufbereitung 1 Zentralgerät mit 9600 m ³ /h	dezentrale Luftaufbereitung 96 Fassadenlüftungsgeräte mit je 100 m ³ /h
Geräte reinigen	1 Gerät à 120 min 2 mal im Jahr 4 h à 35 € 140 €	2 mal im Jahr kpl. 96 Geräte à 10 min + 2 mal im Jahr Stichproben 12 Geräte à 10 min 36 h à 35 € 1.260 €
Filter Wechsel Material + Arbeitsleistung	1 Gerät à 520 € (Material) 4 mal im Jahr* 1 Gerät à 30 min (Arbeitsleistung) 4 x 0,5 h à 35 € 2.150 €	96 Gerät à 7 € (Material) 4 mal im Jahr* 96 Geräte à 2 min (Arbeitsleistung) 4 x 3,2 h à 35 € 3.136 €
Revision der Brandschutzklappen	18 Stück à 6 min 1,8 h à 35 € 1 mal im Jahr 63 €	0 Stück à 6 min 1 mal im Jahr 0 €
Luftkanalsystem und Luftauslässe reinigen	Verteilssystem durch Luftkanalreinigungsservice reinigen. 350 m ² Kanal à 10 €/m ² 48 Luftauslässe (5 min) und 24 Umluftgeräte (10min) reinigen 8 h à 40 €/h alle 2 Jahre 1.910 €	ist mit in den Kosten für die Gerätereinigung enthalten
jährliche Wartungskosten	4.263 €	4.396 €

* bei verschmutzter Außenluft (Basis: hygienische Anforderungen der VDI 6022)

5 Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Ein Trend in der Büroklimatisierung, mit dem den veränderten Anforderungen moderner Bürokomplexe Rechnung getragen werden soll, sind dezentrale Klimasysteme in Form von Fassadenlüftungsgeräten. Dabei werden die Funktionen Lüften, Luftaufbereitung und Raumkühlung direkt in den versorgten Raumbereichen durchgeführt. Argumente, wie die einfache, verursacherbezogene Abrechnungsmöglichkeit, die individuelle Beeinflussbarkeit sowie die hohe Flexibilität und der geringe Platzbedarf sprechen für dieses Technik.

Im Rahmen dieser Studie wurden Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit der dezentralen Klimatisierung im Vergleich zu zentralen RLT-Anlagen unter baulichen, energetischen und hygienischen Gesichtspunkten durchgeführt. Als dezentrales System wurden Fassadenlüftungsgeräte, als zentrale Anlage wurde ein Luft-Wasser-System gewählt. Nur Luft-Klimaanlagen sind für die hohen thermischen Lasten eines modernen Bürogebäudes nur bedingt geeignet, da diese einen 30-fach höheren Transportenergiebedarf für den Wärmeträger sowie einen sehr hohen Technikflächenbedarf haben.

Unter der Voraussetzung, dass bei Zentralen Lüftungsanlagen aus dem ungestörten Bereich Außenluft angesaugt wird, zeigte sich, dass Fassadenlüftungsgeräte im Sommer einen höheren Energiebedarf zur Luftaufbereitung als Zentralluftsysteme haben. Dies ist den höheren Lufttemperaturen im unmittelbaren Bereich der Fassadengrenzschicht durch Sonnenbestrahlung geschuldet. Es erweist sich jedoch, dass dieser Mehraufwand im Sommer durch die Heizenergieeinsparungen im Winter kompensiert wird. Beide Systeme haben auf das gesamte Jahr bezogen einen vergleichbaren Primärenergiebedarf. Dies ist auf das für Mitteleuropa typische Verhältnis zwischen Jahresheizenergiebedarf und Jahreskühlenergiebedarf zurückzuführen. In Klimaregionen mit einem höheren Jahreskühlstundenanteil ist bei dezentralen Lüftungssystemen ein höherer Primärenergiebedarf als bei Zentralanlagen zu verzeichnen. Da jedoch auf Grund unzureichender Ansaugtürme bei der Mehrzahl der realisierten zentralen Lüftungsanlagen die Luft ebenfalls aus der Grenzschicht gesaugt wird, relativiert sich dieses Entscheidungskriterium. Dezentrale Systeme erweisen sich als energetisch besonders vorteilhaft, wenn benachbarte Räume, die durch eine Zentralanlage gemeinsam erschlossen würden, zu unterschiedlichen Zeiten genutzt werden. Die Möglichkeit, dass der jeweilige Nutzer des Raumes die Betriebszeiten bzw. die Betriebsparameter bestimmt, kann zu erheblichen Energieeinsparungen, jedoch auch zu Mehraufwendungen führen.

Weiterhin wurden die Möglichkeiten in Bezug auf eine Wärmerückgewinnung bei Fassadenlüftungsgeräten untersucht. Aufgrund der vergleichsweise hohen Ansaugtemperaturen und den zusätzlich erforderlichen Regelungs-, Ventilatorenergie- und Wartungsaufwand konnten nur in wenigen Fällen wirtschaftlichen Vorteile durch dezentrale Wärmerückgewinnungssysteme nachgewiesen werden. Die Bemühungen zur Primärenergieeinsparung sollten vielmehr in Richtung einer intelligenten Gerätesteuerung (Qualitätsüberwachung der Raumluft) gerichtet werden.

In Bezug auf die Umsetzung der hygienischen Anforderung der einschlägigen Richtlinien erweisen sich teilweise die heute am Markt befindlichen dezentralen, aber auch die zentralen Systeme als mangelhaft. Es zeigt sich, dass bei geschickter Gerätekonstruktion und Verwendung von Filtern aus der Fahrzeugklimatisierung die hohen hygienischen Anforderungen durchaus mit zumutbarem Wartungsaufwand umzusetzen sind. Nicht vollständig ausgeschlossen werden kann bei dezentralen Geräten die Geruchs- bzw. Schadstoffübertragung über die Fassade. Für den jeweiligen Anwendungsfall ist zu prüfen, ob dieser Luftkurzschluss über die Fassade akzeptabel ist. Toiletten, Küchen und Abluft von Raucherinseln sollte in jedem Fall in separaten Absaugeinrichtungen über Dach geführt werden. Die direkte Raumluftfeuchtebeeinflussung (Ent- und Befeuchtung) ist bei dezentralen Systemen bei Einhaltung der hygienischen Anforderungen wirtschaftlich nicht vertretbar.

Da bei Fassadenlüftungsgeräten die Zuluftauslässe meist im Brüstungsbereich installiert sind, können bei sehr hohen Kühlleistungen (bei Wärmelasten $> 50 \text{ W/m}^2$) die notwendigen Temperaturdifferenzen zu unbehaglichen Zugserscheinungen führen. Die konkreten Bedingungen dieser Einsatzfälle sollten durch Raumströmungssimulationen bzw. Laborversuche unter den jeweiligen Gegebenheiten geprüft werden. Können die Zuluftauslässe der Fassadenlüftungsgeräte im Deckenbereich installiert oder mit anderen Raumkühlflächen (z. B. Kühldecken) kombiniert werden, eignen sich diese Systeme auch zu Klimatisierung bei hohen Wärmelasten.

In Bezug auf die zusätzlichen Aufwendung zur Einhaltung von Brandschutzbestimmungen erweisen sich dezentrale Geräte als günstig, da die Außenluft nicht durch verschiedene Brandschutzabschnitte transportiert werden muss (Wegfall von Brandschutzklappen). Die Vermeidung von Brandübertragung über die Fassade muss dennoch auch bei dezentralen Systemen berücksichtigt werden. Weiterhin ist durch Wegfall des Flächenbedarfs für das Luftkanalsystem und die Zentralgeräte eine effizientere Ausnutzung der verfügbaren Geschossfläche gegeben. Auch die Kosten für eine Unterhangdecke, die oft als Verblendung des unter der Decke installierten Luftkanal-

netzes dient, kann bei dezentralen Systemen entfallen. Zudem ist durch den Wegfall der Zwischendecke eine geringere Gesamtgebäudehöhe (geringere Baukosten) bei gleicher Raumhöhe möglich.

Nicht vernachlässigbar sind die Auswirkungen des auf das Gebäude wirkenden Winddruckes, aufgrund der zahlreichen dezentralen Lüftungsöffnungen in der Fassade. Aus diesem Grund sollten in den Fassadenlüftungsgeräten entsprechende Reguliereinrichtungen zur Vermeidung des „Querzugs“ im Gebäude und zur Kompensation der Verschiebung der Ventilatorbetriebspunkte berücksichtigt werden.

Sofern in dem Gebäude ein Kaltwassernetz im Bereich der Brüstung und die notwendigen Öffnungen in der Fassade vorgehalten werden, kann das Gebäude auch schrittweise ausgestattet werden. Bei Mietkomplexen können durch diese Technik die Bauerrichtungskosten verringert werden, da der Ausstattungswunsch der einzelnen Nutzer zum Teil sehr verschieden ist.

Bezüglich des Klimatechnikmarktes ergeben sich durch dezentrale Systeme auch neue Bedingungen. Da die dezentralen Lüftungssysteme in die Fassade integriert werden müssen, ist Hauptansprechpartner und Entscheidungsträger für das jeweilige System der Architekt. Es ist beispielsweise auch vorstellbar, die gesamte Medienversorgung für die Lüftungsgeräte in der Fassade zu führen. Da das Fassadenlüftungssystem beim Hersteller weitestgehend komplettiert wird, sind auf der Baustelle nur noch geringe Montageleistungen notwendig. Es ist abzusehen, dass eine Verlagerung des Hauptkostenanteils zum Hersteller der Komplettgeräte erfolgt. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Fassadenhersteller und Gerätehersteller ist technisch notwendig und kann gleichzeitig auch zu einer noch stärkeren Konzentration der Marktanteile führen.

Tabelle 7 Gegenüberstellung der an den Technikkosten beteiligte Branchen und Gewerke

Zentralklimaanlagen	Fassadenlüftungsgeräten
Zentralgerätehersteller	Fassadenhersteller
Komponentenhersteller (Luftauslässe, Brandschutzklappen, ..)	Hersteller für Fassadenlüftungsgeräte
Kaltwassererzeugung und Kaltwassernetz	Kaltwassererzeugung und Kaltwassernetz
E-MSR	E-MSR
Anlagenerrichter	

6 Zusammenstellung der Entscheidungsfaktoren

Kriterien	zentrale Systeme	dezentrale Systeme
Technikzentralen	hoher Flächenbedarf für Zentralgeräte	geringer Flächenbedarf
Druckverlust im Verteilsystem	hoch	entfällt
Wirkungsgrad der Ventilatoren	hoch	gering
Flächenbedarf für Luftverteilung	hoch	entfällt
technischer Aufwand für Brandschutz	hoch (Verteilkanäle durchstoßen Brandschutzabschnitte)	gering
Aufwand für den Wetterschutz an Außen- und Fortluftöffnung (Vermeidung der Durchfeuchtung der Filter)	gering	aufwendig
Kondensatabfuhr	leicht realisierbar	Nur bei Entfeuchtung erforderlich – aufwendig
Energieaufwand	<ul style="list-style-type: none"> • im Sommer geringer als dezentrale Lösung • im Winter höher als dezentrale Lösung 	<ul style="list-style-type: none"> • im Sommer höher als zentrale Lösung • im Winter geringer als zentrale Lösung
baulicher Aufwand	<ul style="list-style-type: none"> • höherer Platzbedarf für Luftaufbereitung und Verteilung • Zwischendecke zur Verkleidung der Installation 	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Abstimmungsbedarf bezüglich der Fassadengestaltung • weniger Gewerkeschnittstellen
Klimatisierungskomfort	Vollklimatisierung möglich	mit vertretbarem Aufwand nur thermische Luftbehandlung möglich
Luftqualität	hoch (zentrale Außenluft ansaugung an ausgewählten Punkten möglich)	sehr Verschieden (abhängig von der Luftqualität am Ansaugort)
Schadstoffübertragung aus anderen Raumbereichen	vernachlässigbar	durch Übertragung über die Fassade möglich
Funktionskontrolle (Überprüfung des notwendigen Außenluftanteils, Funktionen der energieintensiven Komponenten)	möglich	mit hohem Aufwand verbunden
Wartungsaufwand	hoch	hoch – Wartung der Geräte in den Nutzungsräumen
Nutzung der Gebäudespeichermassen zur Heizung / Kühlung	Durch abgehängte Decke nicht möglich	Betonkernaktivierung möglich

Kriterien	zentrale Systeme	dezentrale Systeme
Bauzeit – Montage vor Ort	hoch	gering (Modulbauweise möglich)
Nutzung des Luftleitungssystems zur maschinelle Entrauchung	möglich	nicht zweckmäßig
Verhalten im Brandfall	Rauchsensoren in der Zuluft. Anlage schaltet ab	Anlagenabschaltung im Brandfall aufwendig zu realisieren
Lüftungseffektivität	hoch	durch Kurzschlüsse zum Teil geringere Lüftungseffektivität
Verbraucherzuordnung / Abrechnung	Luftaufbereitungskosten sind nur pauschal umlegbar	Verursacherbezogene Abrechnung leicht möglich
Zu / Abschaltung	für den gesamten Versorgungsbereich -> hohe Einschaltdauer	für den jeweiligen Raum -> geringere Betriebsdauer möglich
schrittweiser Ausbau / Nachrüstung	sehr schwierig je nach Bedarf	leicht realisierbar bei entsprechender Vorhaltung
Wärmerückgewinnung	mit geringem Aufwand	hoher Aufwand
Regelungsaufwand für Grundfunktionen	gering	gering
Aufwand zur Parameterüberwachung für Energiemanagement	gering	hoch
lokale Sollwertvorgabe	• Temperatur	• Temperatur • Betriebszeit (Außenluftvolumenstrom)
Akzeptanz der Nutzer	mäßig	aufgrund individuell einstellbarer Parameter hoch
Anlagensicherheit (gezielte Anschläge)	sehr große Flächenwirkung	räumlich begrenzte Wirkung