

## Abschlussbericht

### 8 Passivhaus-Kitas in Hannover

#### Optimierung von Qualitätssicherungsprozessen für Nachhaltige Gebäude



Foto: Olaf Mahlstedt

#### **Bewilligungsempfänger**

Landeshauptstadt Hannover

#### **Verfasser**

energydesign braunschweig GmbH, Braunschweig

Dr.-Ing. Stefan Plesser (Projektleitung)

Adrian Görtgens, B. Eng.

Oliver-N. Ahrens-Hein, staatl. Gepr. Techniker

Maik Wussler, cand. B. Eng.

Tasja Eckhoff, cand. B. Eng.

#### **Förderung**

4A-SIDE GmbH, Braunschweig

Dipl.-Psych. Hilko Paulsen

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Az.: 30256)

proKlima – der enercity Fonds

#### **Datum**

31.03.2015

## Projektkennblatt DBU

06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>30256</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>123.000 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Acht Passivhaus-Kindertagesstätten - Optimierung vor Qualitätssicherungsprozessen für nachhaltige Gebäude</b>			
<b>Stichworte</b>		Kindertagesstätten Passivhausstandard Energiemanagement Qualitätsmanagement Nutzerschulung			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>24 Monate</b>	<b>02.07.2012</b>	<b>31.12.2014</b>	<b>1</b>		
Zwischenberichte	<b>02.07.2013</b>				
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Landeshauptstadt Hannover Vertreten durch Fachbereich Gebäudemanagement Ihmeplatz 5 30449 Hannover		Tel 0511/168-43128 Fax 0511/168-41197 Projektleitung Stefan Bär Bearbeiter Dirk Stapenhorst	
<b>Kooperationspartner</b> energydesign braunschweig GmbH, Braunschweig 4 A-SIDE GmbH, Braunschweig Synavision GmbH, Aachen					
<b>Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens</b> Ziel des Projekts ist eine gebäudeübergreifende Analyse des Passivhausstandards sowie der eingesetzten Maßnahmen und Prozesse zur Qualitätssicherung bei 8 Kindertagesstätten der Stadt Hannover. Die Gebäude werden in etwa gleichzeitig mit gleichem Raumprogramm und annähernd identischer Nutzung realisiert. Die Ergebnisse sollen die bestehenden QS-Prozesse ergänzen und für konventionelle Beschaffungen wie auch ÖPP-Verfahren aufbereitet werden.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b> AP1 Analyse der Zielsetzungen und Prozesse AP2 Analyse des Betriebs der 8 Kitas AP3 Analyse der Nutzung der 8 Kitas AP4 Entwicklung von Optimierungsempfehlungen AP5 Kommunikation					
<b>Ergebnisse und Diskussion</b> Aus den Ergebnissen und Erfahrungen des Projekts werden Empfehlungen für das Energiedesign, das Qualitätsmanagement und die Nutzereinbindung abgeleitet: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Energiedesign sollten einfach und robust gewählt werden.</li> <li>• Ein unabhängiges Qualitätsmanagement ist für Gebäude heute unverzichtbar.</li> <li>• Die Einbindung der Nutzer durch Workshops vor und nach der Inbetriebnahme sowie das Einbinden eines „Gebäudepartners“ als Ansprechpartner auf Seiten der Stadt wird empfohlen.</li> </ul>					
<b>Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation</b> Die Projektergebnisse wurden im Zuge des Projekts bereits veröffentlicht, u.a. auf der Bautech Berlin 2014 und der Norddeutsche Passivhauskonferenz 2014. Geplant sind Präsentationen auf der Passivhauskonferenz 2015 in Leipzig und ein Beitrag im Jahrbuch Energieeffizienz in Gebäuden 2015.					
<b>Fazit</b> Die nächsten Schritte auf dem Weg zu einem nachhaltigen Gebäudebestand wird weniger die weitere Verbesserung des technisch Möglichen sein, sondern die Optimierung der verfügbaren Konzepte in der Umsetzung. Dazu effektive und gleichzeitig wirtschaftlich umsetzbare Konzepte für das notwendige Qualitätsmanagement zu schaffen, muss zentrale Aufgabe für die Forschung sein. Das Format einer Nullserie wie in diesem Projekt ist hierzu ein vielversprechender Ansatz.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

## Inhaltsverzeichnis

1	Verzeichnis von Bildern, Tabellen, Abkürzungen .....	5
1.1	Abbildungsverzeichnis .....	5
1.2	Tabellenverzeichnis .....	6
1.3	Abkürzungen und Indices .....	6
2	Zusammenfassung .....	7
3	Einleitung, Projektziel und Umsetzung .....	8
3.1	Zielsetzung .....	8
3.2	Zeitlicher Ablauf .....	8
3.3	Projektteam für die Umsetzung .....	9
3.4	Gebäudekonzepte des umgesetzten Entwurfs .....	10
3.4.1	Energieversorgungskonzepte .....	12
3.4.2	Konstruktion und Gebäudehülle .....	13
3.4.3	Wärmeerzeugung und Trinkwarmwasserbereitung .....	14
3.4.4	Wärmeübergabe .....	15
3.4.5	Kühlung .....	15
3.4.6	Lüftung .....	15
3.4.7	Beleuchtung .....	17
3.4.8	Gebäudeautomation und sonstige ELT-Systeme .....	17
3.4.9	Küche .....	17
3.4.10	Aufzüge .....	19
3.4.11	Ausstattung .....	19
4	Leistungsbeschreibung und Qualitätsmanagement .....	20
4.1	Übersicht über die relevanten Ausschreibungsunterlagen .....	20
4.1.1	VU Teil A Allgemeine Bedingungen für die Auftragsvergabe (VU-A) .....	20
4.1.2	VU Teil B Leistungsbeschreibung Bau (VU-B) .....	20
4.1.3	Projektvertrag, Stand 28.11.2011 (PV) .....	21
4.1.4	Nebenangebote .....	21
4.1.5	Bewertungsmethode .....	21
4.2	Anforderungen der Funktionalen Leistungsbeschreibung .....	22
4.2.1	Nachhaltigkeit und Energiestandard .....	22
4.2.2	Nutzerkomfort / Raumklima .....	22
4.2.3	Vorgaben zu technischen Ausführung .....	22
4.3	Qualitätsmanagement im Projekt .....	28
4.3.1	Planung .....	28
4.3.2	Errichtung .....	29
4.3.3	Inbetriebnahme und Abnahmen .....	33
4.3.4	Einweisungen der LHH-Bauunterhalter und der Nutzer .....	35
4.3.5	Revisionsunterlagen und Dokumentation .....	36
4.3.6	Wartung und Einregulierung .....	37
4.4	Qualitätssicherung nach proKlima .....	37
4.4.1	Förderkriterien und Vorgaben für Prüfungen und Dokumentation .....	37
4.4.2	Umsetzung im Projekt .....	38
4.5	Fazit Qualitätsmanagement .....	40

5	Akteursanalyse und Entwicklung von Seminarkonzepten.....	41
5.1	Nutzerworkshops.....	41
5.2	Ergebnisse der Workshops.....	42
5.3	Bewertung der Workshops als Gesamtmaßnahme.....	43
5.4	Reflexionsgespräche.....	43
5.5	Ergebnisse der Reflexionsgespräche.....	44
5.6	Ansätze für Coaching und Informationskampagnen.....	44
6	Analyse des Gebäudebetriebs.....	47
6.1	Monitoringkonzepte.....	47
6.2	Ergebnisse des Betriebsmonitorings.....	49
6.2.1	Energie.....	49
6.2.2	Raumklima.....	53
6.3	Energetische Betriebsoptimierung.....	56
6.3.1	Nutzungsgrad Gasbrennwertkessel.....	56
6.3.2	Betriebszeiten der Lüftungsanlagen.....	57
6.3.3	Volumenstrom der Lüftungsanlagen.....	58
6.3.4	CO <sub>2</sub> -Regelung der Lüftungsanlagen.....	59
6.3.5	Spezifische Ventilatorleistung.....	61
6.3.6	Beleuchtung.....	62
6.3.7	Elektrische Grundlast.....	62
6.3.8	Nutzerverhalten.....	64
6.3.9	Weitere Auffälligkeiten im Betrieb.....	65
6.3.10	Bewertung der Optimierungspotenziale.....	67
6.4	Fazit Gebäudebetrieb.....	68
7	Fazit und Empfehlungen.....	71
7.1	Empfehlungen zum Energiedesign der Kitas.....	71
7.1.1	Energieversorgung.....	71
7.1.2	Heizung.....	71
7.1.3	Lüftungsanlage.....	71
7.1.4	Beleuchtung.....	72
7.1.5	Kleinkälte.....	72
7.1.6	MSR/GA.....	72
7.2	Inhalte des Qualitätsmanagements.....	73
7.2.1	Wettbewerb.....	73
7.2.2	Planung.....	73
7.2.3	Errichtung.....	74
7.2.4	Inbetriebnahme / Abnahme / Übergabe.....	74
7.2.5	Einweisungen.....	75
7.2.6	Einregulierung und Monitoring.....	76
7.3	Empfehlungen zur Nutzereinbindung.....	76
7.4	Weiterer Forschungsbedarf.....	77
8	Anhang.....	78
8.1	Empfohlene Ift-Richtlinien.....	78
8.2	Quellenverzeichnis.....	78

# 1 VERZEICHNIS VON BILDERN, TABELLEN, ABKÜRZUNGEN

## 1.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Lage der Kitas im Gebiet der Landeshauptstadt Hannover .....	10
Abbildung 2	Beispiel der beiden Gebäudetypen links: Staffelgeschoss (Foto: Posthornstraße) rechts: Villa (Foto: Röntgenstraße).....	11
Abbildung 3	Energieversorgungskonzepte mit Gas (oben) und Fernwärme .....	12
Abbildung 4	Beispiele für die verschiedenen Ausführungen der Außenwände .....	13
Abbildung 5	Schema der Wärmeerzeugung (oben: Gas, unten: Fernwärme) .....	14
Abbildung 6	Lüftungsauslässe in den Gruppenräumen (Kita Posthornstraße) .....	16
Abbildung 7	Lüftungszentralgerät (MSR-Schema Kita Röntgenstraße) .....	16
Abbildung 8	Kühlschränke im Küchenbereich EG (links) und Außenaufstellung der Rückkühleinheiten auf dem Dach (Kita Robinienweg) .....	18
Abbildung 9	MSR-Schema Kühlung Küche Kita Röntgenstraße.....	18
Abbildung 10	MSR-Schema Küche Lüftung Kita Röntgenstraße.....	19
Abbildung 11	Nebenangebote eines Bieters zur Energieversorgung (Erstangebot) .....	21
Abbildung 12	Auszug aus dem Raumbuch .....	28
Abbildung 13	Protokoll Qualitätssicherung Bauausführung, 17.12.2012.....	31
Abbildung 14	Protokoll Baubegehung zur Qualitätssicherung Bauausführung, LHH, 25.10.2012, mit Stellungnahme/Anmerkungen der Fachplaner.....	31
Abbildung 15	Übersicht über protokollierte Sachverhalte im Zuge der Errichtung.....	32
Abbildung 16	Einweisungen: links K5, 31.07.13, rechts K2, 24.05.2013.....	36
Abbildung 17	Liste der Revisionsunterlagen (Ausschnitt).....	36
Abbildung 18	Aktennotiz des Qualitätssicherers, Baubegehung zur Qualitätssicherung Bauausführung, 02.12.2012.....	39
Abbildung 19	Protokoll der Luftmengenmessung in Kita K5 vom 16.07.2013 .....	40
Abbildung 20	Steckplatz SD-Karte (Automationsstation SAIA Kita Bürgerstraße).....	47
Abbildung 21	Beispiel für die Datenübergabe aus der GLT als csv-Datei .....	47
Abbildung 22	Messkonzept Wärme .....	48
Abbildung 23	Messkonzept Strom .....	48
Abbildung 24	Jahres-Primärenergieverbrauch 2014 .....	49
Abbildung 25	Endenergieverbrauch Strom 2014.....	50
Abbildung 26	Endenergieverbrauch Strom Küchen 2014.....	50
Abbildung 27	Endenergieverbrauch Strom Beleuchtung 2014 .....	51
Abbildung 28	Endenergieverbrauch Strom Lüftung 2014.....	51
Abbildung 29	Endenergieverbrauch Wärme 2014.....	52
Abbildung 30	Mittelwerte der Raumtemperaturen und Überhitzungsstunden 2014.....	53
Abbildung 31	Rel. Raumlufffeuchte über der Raumtemperatur K3, Räume 1/2/3 .....	54
Abbildung 32	Rel. Raumlufffeuchte über der Raumtemperatur K7, Räume 1/2/3 .....	54
Abbildung 33	CO <sub>2</sub> -Konzentration in den Kitas in 2014 .....	55
Abbildung 34	CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Raumluff in den Kitas.....	55
Abbildung 35	K8: Kesselnutzungsgrad und Außenlufttemperatur 2014 .....	56
Abbildung 36	Betriebszeiten der Lüftungsanlagen in 2014.....	57
Abbildung 37	Gesamt-Volumenströme der Raumluffanlagen.....	59
Abbildung 38	Beispielhafte Wochengänge des Gesamt-Volumenstrom in K3 .....	60
Abbildung 39	K3 Gruppenraum: Volumenstrom und CO <sub>2</sub> -Konzentration .....	60
Abbildung 40	K7: Tageswerte für den Stromverbrauch der Lüftungsanlage bezogen auf den geförderten Gesamtvolumenstrom aus Zu- und Abluft.....	61
Abbildung 41	Jahresprofile Strom 2014 der Kitas auf Basis der EVU-Zähler.....	63
Abbildung 42	Jahresprofile Strom 2014 der Kitas auf Basis der EVU-Zähler.....	63
Abbildung 43	Kita 7: Position der Windfangtüren innen und außen 2014 .....	64
Abbildung 44	Kita 7: Anteil der Zeitpunkte, an denen die Türen geöffnet waren .....	65
Abbildung 45	Kita 7: Anteil der Zeitpunkte, an denen beide Windfang-Türen gleichzeitig geöffnet waren.....	65
Abbildung 46	Jahresprofile Strom im Sommer und Winter 2014 (EVU-Zähler) .....	66

## 1.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zeitplan des Projekts .....	8
Tabelle 2	Projektteam .....	9
Tabelle 3	Gebäude und Nutzer.....	10
Tabelle 4	Kennwert der Gebäudehülle.....	14
Tabelle 5	Vorgaben für die technische Ausführung.....	23
Tabelle 6	Prüfvorgaben in der Planungsphase laut Projektvertrag .....	28
Tabelle 7	Prüfvorgaben in der Errichtung im Projektvertrag .....	30
Tabelle 8	Prüfvorgaben für Inbetriebnahmen und Abnahmen laut FLB.....	33
Tabelle 9	Vorgaben für Inbetriebnahmen und Abnahmen im Projektvertrag.....	34
Tabelle 10	Vorgaben zur Durchführung von Einweisungen im Projektvertrag .....	35
Tabelle 11	Prüfvorgaben in der Planungsphase laut VU-Teil A .....	37
Tabelle 12	Prüfumfang proKlima-Qualitätssicherung, im Download verfügbar unter www.proKlima-hannover.de.....	38
Tabelle 13	Beschreibung der Phasen der Nutzerworkshops .....	42
Tabelle 14	Wünsche, Vorstellungen und Maßnahmen der Nutzerinnen & Nutzer .....	42
Tabelle 15	Methodische Ansätze für Coaching und Informationskampagnen .....	44
Tabelle 16	Jahresbetriebsstunden, berechnet.....	57
Tabelle 17	Zuluftmengen 01.09.2014 bis 28.09.14.....	59
Tabelle 18	Spezifische Ventilatorleistungen Zu- und Abluft .....	62
Tabelle 19	Übersicht über die Optimierungspotenziale.....	67
Tabelle 20	Kennwerte für die 8 Kitas .....	68

## 1.3 Abkürzungen und Indices

E	Endenergie
EBF	Energiebezugsfläche
el	elektrisch
NGF	Nettogrundfläche
PE	Primärenergie
Q	Arbeit
RLT	Raumluftechnische Anlagen
RWA	Rauch- und Wärmeabzug
SFP	Specific Fan Power (Spezifisch Ventilatorleistung)
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
th	thermisch
TWW	Trinkwarmwasser
$\dot{V}$	Volumenstrom
Wbr.	Witterungsbereinigt
WMZ	Wärmemengenzähler

## 2 ZUSAMMENFASSUNG

Die integrale Planung hat in den letzten 20 Jahren erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung nachhaltiger, energieeffizienter und zugleich komfortgerechter Gebäude ermöglicht. Dass die entsprechenden Konzepte im gebauten Maßstab funktionieren können und dass sie ihre Zielwerte erreichen können, haben zahlreiche Demonstrationsgebäude gezeigt.

Dieses Projekt hat eine etwas andere Ausrichtung. Die Errichtung von 8 annähernd bauglichen Kitas, also Nicht-Wohngebäuden, im Passivhaus-Standard zwischen 2012 und 2013 ermöglichte die Untersuchung, ob energieeffiziente Konzepte auch in größerer Stückzahl erfolgreich umgesetzt werden können und welche zusätzlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung hierzu gegebenenfalls erforderlich sind.

Nach dem ersten Betriebsjahr 2014 zeigt sich, dass die errichteten Gebäude ihren Zweck als Kita erfüllen und von den Nutzern positiv angenommen wurden. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass selbst bei einem umfangreichen Qualitätsmanagement während der Planungs- und Errichtungsphase, wie es in Hannover unter anderem durch die Förderung von proKlima möglich ist, die energetischen Ziele deutlich verfehlt werden. Dabei zeigen die 8 Kitas auch untereinander starke Unterschiede. So weisen die Gesamt-Energiekennwerte der Kitas untereinander Abweichungen von mehr als  $\pm 15\%$  auf. Diese Abweichungen sind auf Unterschiede in Planung, Errichtung, Nutzung und Betriebsführung zurückzuführen. Diese waren in Teilen nicht beabsichtigt und können entsprechend als Qualitätsdefizite bewertet werden.

Die Ursachen für diese Qualitätsdefizite sind zum einen in teilweise inadäquaten Planungsannahmen (z.B. der Raumtemperatur) zu suchen, die auf Basis der Projektergebnisse in Zukunft angemessener angesetzt werden können. Zum anderen zeigt sich, dass das Qualitätsmanagement für Gebäude mit anspruchsvollen technischen Konzepten in einzelnen Punkten ergänzt werden sollte. Wichtig sind hier insbesondere die Gewerke Lüftung und Gebäudeautomation. Unverzichtbar ist ein angemessenes Monitoring der ersten beiden Betriebsjahre, in dem die angestrebte Effizienz geprüft und gegebenenfalls durch Optimierungsmaßnahmen erreicht werden kann. Realistisch erscheint in diesem Projekt ein Einsparpotential durch Betriebsoptimierung zwischen 10-15 % bzw. 12.000 - 20.000 €/a in der Summe der Kitas.

Aus den Ergebnissen und Erfahrungen des Projekts werden Empfehlungen für das Energiedesign, das Qualitätsmanagement und die Nutzereinbindung für Kitas abgeleitet:

- Das **Energiedesign** sollten einfach und robust gewählt werden. Insbesondere sollten komplexe Versorgungskonzepte und anspruchsvolle Automatisierungen vermieden werden.
- Ein **Qualitätsmanagement** ist für Gebäude heute unverzichtbar. Die proKlima-Vorgaben bilden hier gute Grundlagen. Ergänzende Detaillierungen sollten im Bereich der Lüftungs- und Automationsanlagen sowie im Monitoring der ersten beiden Betriebsjahre erfolgen.
- Für die **Einbindung der Nutzer** wird empfohlen, bis zu drei Nutzerworkshops vor und nach der Inbetriebnahme durchzuführen. Als Schnittstelle sowohl zwischen Nutzer und den beteiligten Fachexperten auf allen Seiten sowie zwischen Planung/Errichtung und Betrieb wird die Einrichtung eines Technischen Hausmeisters empfohlen, der die Nutzer ab der Errichtung als „Gebäudepartner“ begleitet.

Die nächsten Schritte auf dem Weg zu einem nachhaltigen Gebäudebestand wird weniger die weitere Verbesserung des technisch Möglichen sein, sondern die Optimierung der verfügbaren Konzepte in der Umsetzung. Dazu effektive und gleichzeitig wirtschaftlich umsetzbare Konzepte für das notwendige Qualitätsmanagement zu schaffen, muss zentrale Aufgabe für die Forschung sein. Das Format einer Nullserie wie in diesem Projekt umgesetzt ist hierzu ein vielversprechender Ansatz.

### 3 EINLEITUNG, PROJEKTZIEL UND UMSETZUNG

Fast immer werden Nicht-Wohngebäude als Unikate errichtet. Entsprechend schwer ist es, vergleichende Bewertungen und Analysen durchzuführen, die eine allgemeine Aussage für die entsprechenden Gebäudestandards bzw. Ihre Planung und Errichtung zulassen oder wenigstens die Möglichkeit bieten, die Unschärfe von Aussagen wie Energiekennwerten zu definieren.

Das Projekt „8 Passivhaus-Kitas“ der Landeshauptstadt Hannover bot die seltene Chance, einen solchen Vergleich für acht annähernd gleiche Gebäude anzustellen. Die 8 Kindertagesstätten wurden mit sehr ähnlichen architektonischen Konzepten und zwei Typen von Techniksystemen für die gleiche Nutzung, in derselben Stadt, durch dasselbe Unternehmen in einem Zeitraum von 2012 bis 2013 errichtet.

So bot sich die Möglichkeit, durch eine Analyse der Gebäude und der begleitenden Prozesse zu erfahren, wie groß die Unterschiede in Energiebedarf, Energieverbrauch und Nutzerkomfort etc. bei annähernd identischen Gebäuden sind. Die Studie gibt deshalb nicht nur Aufschluss über den Bautyp „Kindertagesstätte im Passivhausstandard“, sondern auch über die Aussagekraft von Energiekennwerten einzelner Nicht-Wohngebäude.

#### 3.1 Zielsetzung

Ziel des Projekts war die Analyse des Qualitätsmanagements sowie die vergleichende Evaluation des Gebäudebetriebs der 8 Kitas. Dabei sollten Aspekte wie Energieverbrauch, Raumklima und technische Funktionalität betrachtet werden, um Aussagen über die Abweichung der entsprechenden Kennwerte bei annähernd bau- und nutzungsgleichen Gebäuden zu entwickeln.

In diesem Abschnitt werden zunächst das Gesamtprojekt und anschließend die realisierten Gebäudekonzepte vorgestellt.

#### 3.2 Zeitlicher Ablauf

Die Landeshauptstadt Hannover – im weiteren LHH – hat am 30.09.2010 nach einem europaweiten Teilnahmewettbewerb 10 Bieter zur Abgabe eines Angebots für den Neubau von 8 Kindertagesstätten aufgefordert<sup>1</sup>. Die Vergabe erfolgte als Verhandlungsverfahren nach VOB/A mit dem Ziel, innerhalb von rund 30 Monaten alle Gebäude nutzen zu können, siehe Tabelle 1.

**Tabelle 1** Zeitplan des Projekts

	Geplanter Zeitpunkt	Realisierter Zeitpunkt
Aufforderung zur Abgabe eines Angebots für den Bau von 8 Kitas im Passivhausstandard	30.09.2010	
Einreichung der Angebote	25.01.2011	
Zuschlagfrist	30.09.2011	28.11.2011 (Projektvertrag)
Fertigstellung / Nutzungsbeginn	31.03.2013	31.05.13 – 31.8.2013
Monitoringphase im Rahmen des Forschungsprojekts	01.01.14 – 31.12.14	

### 3.3 Projektteam für die Umsetzung

Sieger des Wettbewerbsverfahrens war die Bietergemeinschaft um die Generalunternehmung Carl-Schuchmacher aus Wolfenbüttel. Das Bieterteam ist in Tabelle dargestellt.

**Tabelle 2 Projektteam**

	Projektteam
Generalunternehmer	Carl Schumacher GmbH Salzdahlumer Straße 128 38302 Wolfenbüttel
Architekten	ahrens & grabenhorst architekten stadtplaner BDA Georgstrasse 38 30159 Hannover  MOSAIK Architekten BDA
Landschaftsarchitekten	nsp christoph schonnhoff landschaftsarchitekten stadtplaner bdla/dwb  Grün plan Hannover
Tragwerksplanung	MEIER   Ingenieurbüro für Baustatik und Konstruktion Hannover  Sellmann Ingenieure Hannover
TGA-Planung	RIEDEL + PARTNER Ingenieurbüro für Technische Ausrüstung Nenndorfer Straße 82 30952 Ronnenberg / Empelde
Bauphysik	CRP Ingenieurgemeinschaft Cziesielski, Ruhnau und Partner GmbH, Hannover  Torsten Schwarz Passivhauskonzepte GmbH Hannover
Akustik	Peter Reichert Hannover

### 3.4 Gebäudekonzepte des umgesetzten Entwurfs

Die 8 Kitas wurden zwischen 2012 und 2013 verteilt über das Stadtgebiet der Landeshauptstadt Hannover errichtet, Abbildung 1.

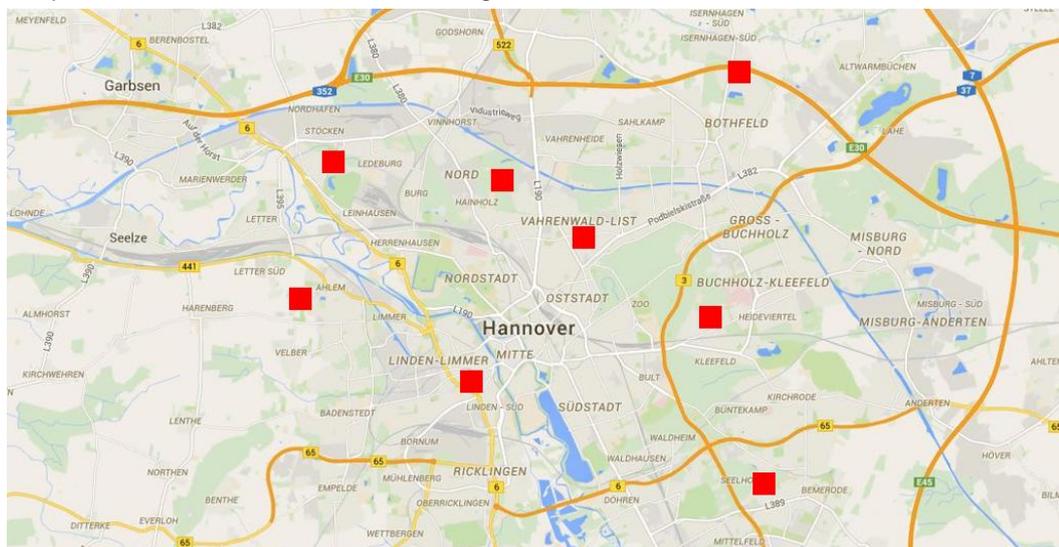


Abbildung 1 Lage der Kitas im Gebiet der Landeshauptstadt Hannover

Von Anfang 2012 bis Mitte 2013 ließ die Stadt Hannover in einer Öffentlich-Privaten Partnerschaft (ÖPP) 8 neue Kindertagesstätten im Passivhausstandard errichten. In einer Bauzeit von je rund einem Jahr entstanden verteilt über das Stadtgebiet 345 Krippen-, 400 Kindergarten- und 20 Hortplätze. Jede Kita bietet Platz für die Betreuung von in der Regel drei Krippengruppen mit jeweils 15 Kindern und zwei Kindergartengruppen mit je 25 Kindern. Auf Basis der Gebäudegrundtypen „Villa“ und „Staffelgeschoss“ wurden die Kitas anhand der konkreten Grundstückssituation und Umgebung variiert, siehe Tabelle 3.

Tabelle 3 Gebäude und Nutzer

Kita	Typ	Energiebezugs- Fläche [m <sup>2</sup> ]	Nutzer
Börgerstraße	Staffel	926	Kinder! Kinder! GmbH
Bomhauerstraße	Villa	953	DRK
Robinienweg	Villa	953	CJD Hannover, Christliche Jugenddorfwerk Deutsch- lands e.V.
Röngenstraße	Villa	953	LHH
Otto Rheinhold Weg	Staffel	929	Kinderhilfe Stephansstift
Hogrefestraße	Villa	953	LHH
Am Ahlemer Holz	Villa	953	Gem. Gesellschaft für paritätische Sozialarbeit – GGPS
Posthornstraße	Staffel	918	LHH

Im Weiteren werden für die Kitas die Abkürzungen K1 - K8 verwendet (die Reihenfolge der Tabelle entspricht nicht den Kennziffern im Bericht).

Abbildung 2 zeigt beispielhaft Grundrisse und Fotos der Typen Staffelgeschoss und Villa.



1.OG



Erdgeschoss



Abbildung 2 Beispiel der beiden Gebäudetypen  
links: Staffelgeschoss (Foto: Posthornstraße)  
rechts: Villa (Foto: Röntgenstraße)

### 3.4.1 Energieversorgungskonzepte

Entsprechend der Randbedingungen am Standort wurden drei der Kitas an die vorhandene Fernwärme angeschlossen und die übrigen fünf mit Gas und Brennwertkessel versorgt.

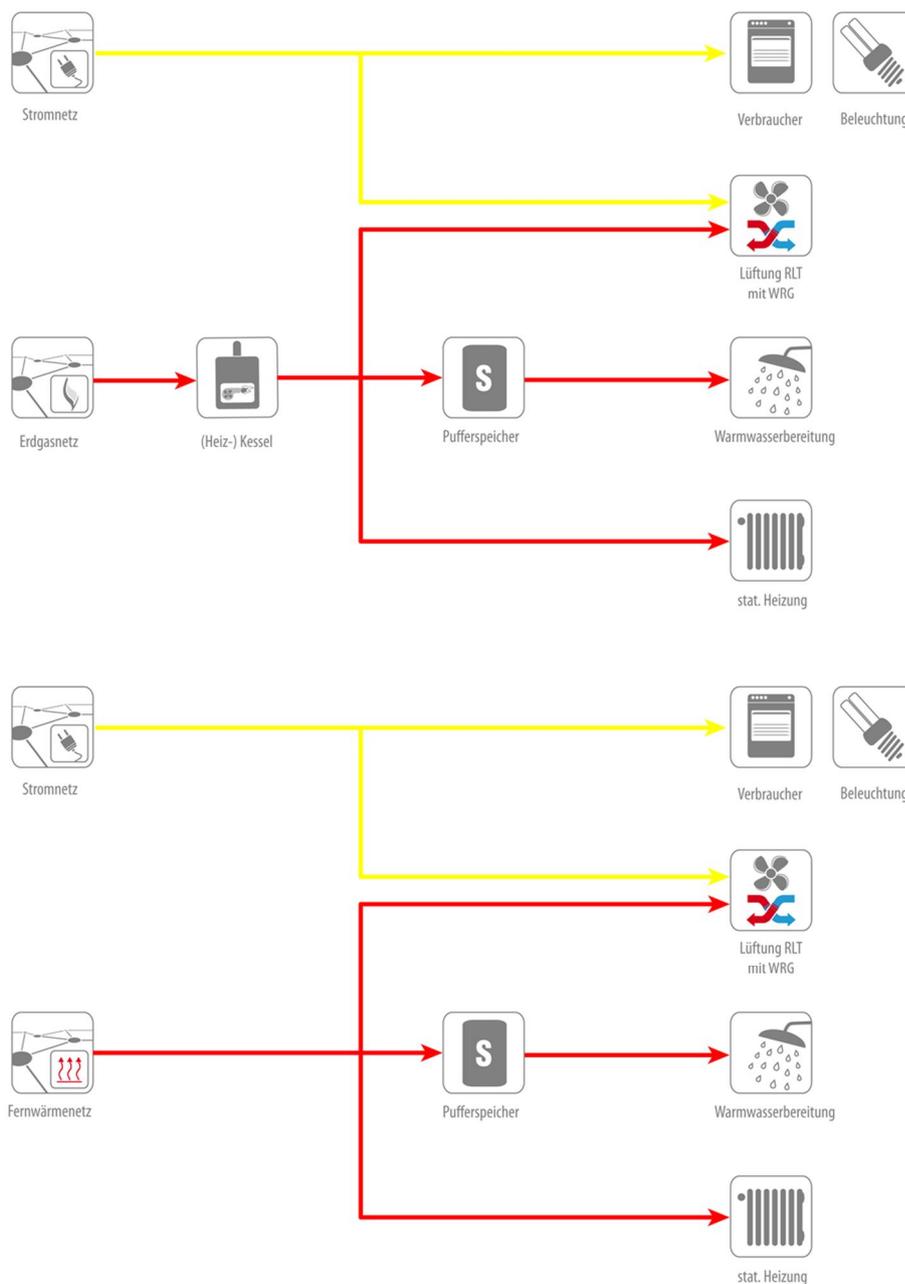
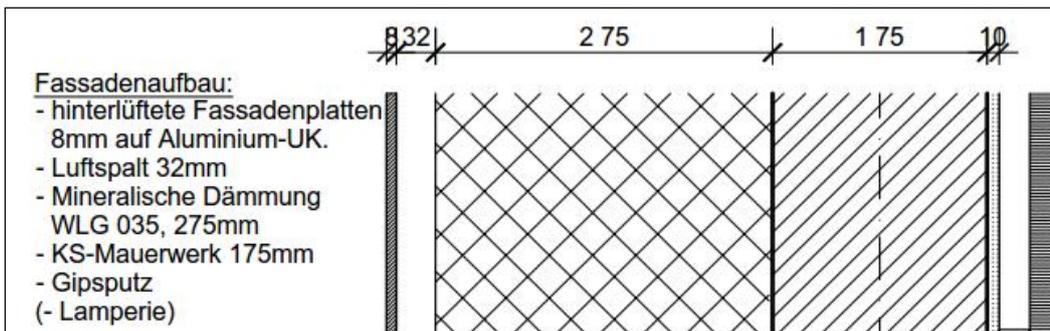


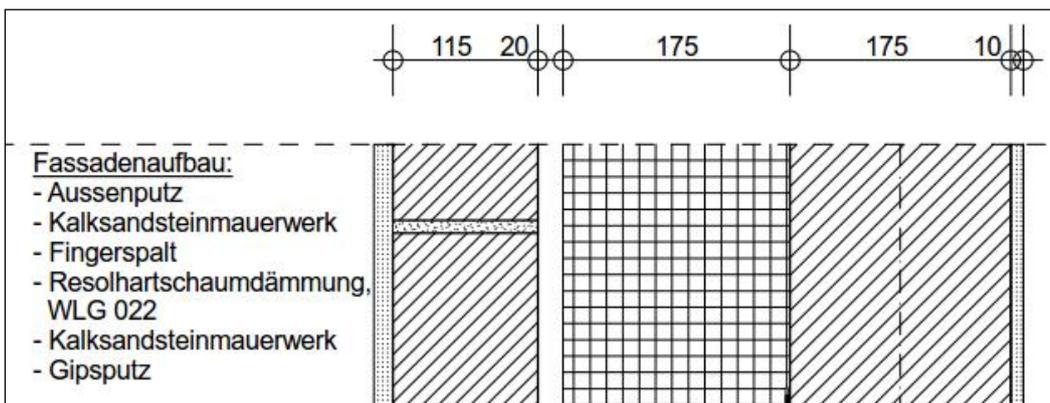
Abbildung 3 Energieversorgungskonzepte mit Gas (oben) und Fernwärme

### 3.4.2 Konstruktion und Gebäudehülle

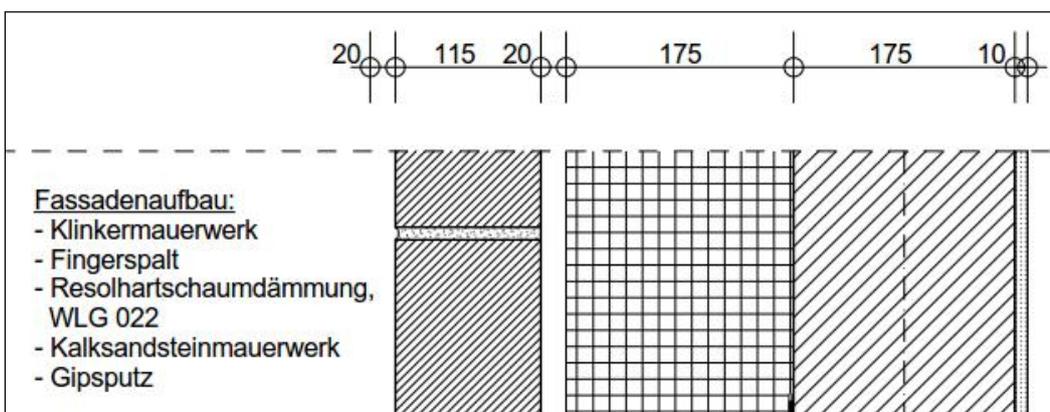
Die Gebäude sind als Massivbauten ausgeführt, wobei verschiedene Arten der Dämmung und Verkleidung zur Ausführung kamen, siehe Abbildung 4.



Hogrefestraße (Trespa facade)



Robinienweg (Plaster facade)



Röntgenstraße (Brick facade)

**Abbildung 4 Beispiele für die verschiedenen Ausführungen der Außenwände<sup>2</sup>**

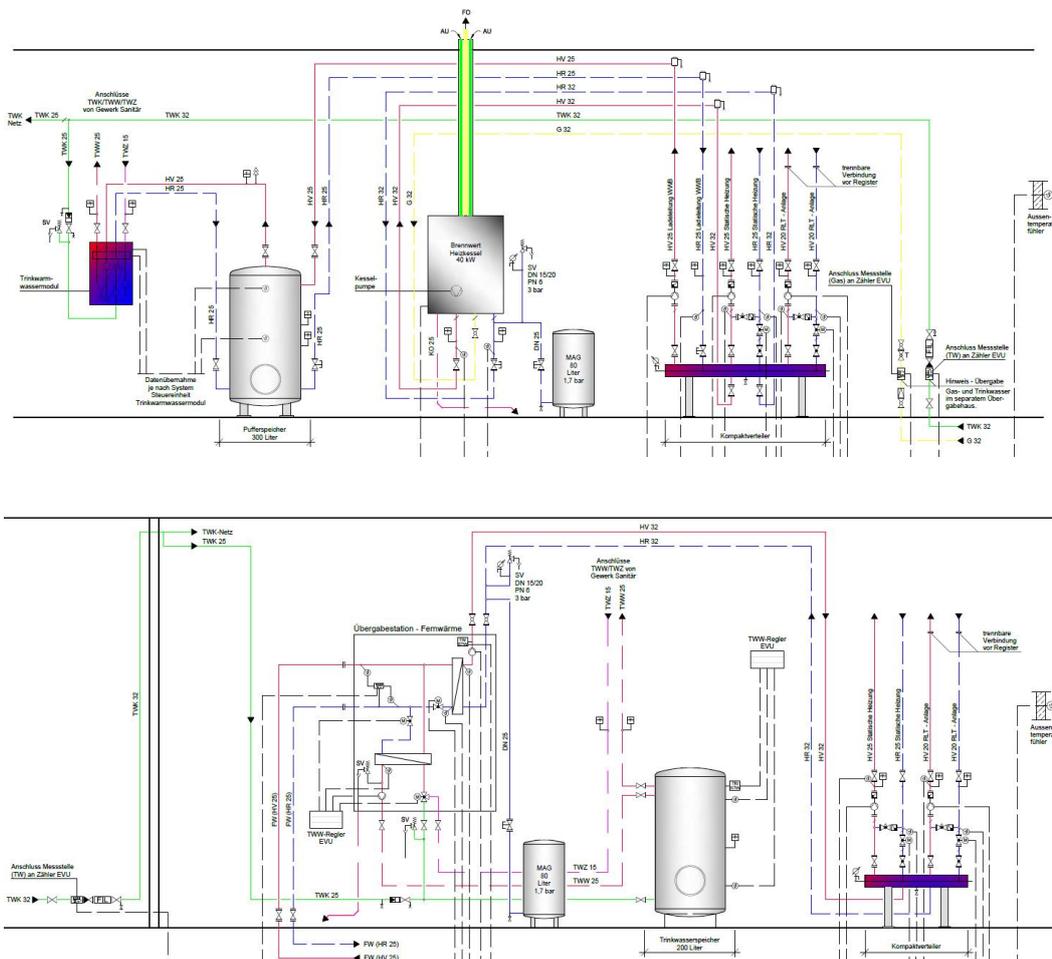
Tabelle 4 zeigt die wesentlichen Kennwerte der Gebäudehülle, die jeweils für die Standardaufbauten der Gebäudehülle umgesetzt wurden.

**Tabelle 4 Kennwert der Gebäudehülle**

	Kennwert
$A/V_e$ -Verhältnis	0,6 - 0,7 $m^{-1}$
U-Wert Außenwand	Ca. 0,13 $W/(m^2K)$
U-Wert Dach	Ca. 0,09 $W/(m^2K)$
U-Wert Bodenplatte	Ca. 0,11 $W/(m^2K)$
U-Wert Verglasung	Ca. 0,6 $W/(m^2K)$
U-Wert Rahmen	0,8 - 1,0 $W/(m^2K)$
U-Wert Mittel thermische Hülle	Ca. 0,19 $W/(m^2K)$
g-Wert Verglasung	0,4 - 0,5
Luftdichtheit $n_{50}$ (gemessen)	0,2-0,4 1/h

### 3.4.3 Wärmeerzeugung und Trinkwarmwasserbereitung

Fünf der Kitas werden mit Gas und einem Gasbrennwertkessel, drei mit Fernwärme und einer entsprechenden Übergabestation versorgt, siehe Abbildung 5.



**Abbildung 5 Schema der Wärmeerzeugung (oben: Gas, unten: Fernwärme)<sup>3</sup>**

Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt in allen Gebäuden zentral über eine Frischwasserkompaktstation, die bei den Kitas mit Fernwärmeanschluss bereits in der Übergabestation integriert sind. Die außenliegenden Zapfstellen sind über eine Trennstation angeschlossen, um der hygienischen Anforderung der Trinkwasserverordnung und der VDI 6023 zu entsprechen.

#### 3.4.4 Wärmeübergabe

In den Räumen der Kindertagesstätten sind statischen Heizkörper mit manuell zu bedienenden Thermostatventilen zur Wärmeübergabe installiert.

#### 3.4.5 Kühlung

In den Kitas ist keine mechanische Kälteerzeugung vorgesehen. Möglich ist eine „intensive Nachlüftung“ (INL) der Räume durch die Lüftungsanlage. Für die Regelung werden laut Funktionsbeschreibung die Raum- und Außentemperaturen verwendet:

„Zur Überprüfung der Raumtemperaturen und Anforderung der Nachkühlung werden die in den Räumen montierten Raumtemperaturfühler herangezogen. [...] Die Anlagenstufe Intensive Nachlüftung wird eingeschaltet, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- die INL ist vom Zeitschaltprogramm freigegeben
- die Außentemperatur liegt unter dem einstellbaren Grenzwert
- die Raumtemperatur liegt über dem einstellbaren Grenzwert
- die Differenz zwischen Raum- und Außentemperatur ist größer als die Temperaturdifferenz 3K.

Die intensive Nachlüftung schaltet aus, wenn eine der obenstehenden Einschaltbedingungen nicht mehr erfüllt ist, jedoch frühestens nach Ablauf der einstellbaren Minimalbetriebszeit.“<sup>4</sup>

#### 3.4.6 Lüftung

Alle Kitas sind mit mechanischen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Die Räume werden über ein Zu-/Abluftsystem, teilweise mit variablen Volumenstromreglern versorgt. Zwischen einigen Räumen sind Überströmöffnungen installiert. Die Funktionsbeschreibung macht folgende Vorgaben für den Betrieb:

„Die Lüftungsanlage versorgt die Räume mit ausreichend Frischluft. In den Sommermonaten werden die Volumenstromregler für die Gruppenräume, Mehrzweckraum und den Multifunktionsraum komplett geschlossen. Die Belüftung erfolgt über die vorhandenen Fenster. Die innenliegenden Räume (Diele, Flure und Garderobe) werden weiterhin mit Frischluft über die Lüftungsanlage versorgt. Die Abluft (Sommerlüftung) übernimmt ein separater Abluftventilator. Die Umschaltung von Sommer auf Winterbetrieb erfolgt über die Außentemperatur.

Hierbei wird ein Tagesmittel aus drei Messungen errechnet.

Messung 1 erfolgt um 6:00 Uhr

Messung 2 erfolgt um 11:00 Uhr

Messung 3 erfolgt um 15:00 Uhr

Dieser Wert wird am folgenden Tag zur Betriebswahl Umschaltung herangezogen.

[...]

#### LUFTQUALITÄTSREGELUNG

In den Gruppenräumen sind CO<sub>2</sub>-Sensoren installiert. Diese sind auf eine PI-Regleinrichtung geschaltet. Das Ausgangssignal der Regleinrichtung wirkt

bei zunehmender Verschlechterung der Luftqualität auf die Maximalauswahl des Führungssignales der beiden Volumenstromregler. Die Volumenstromregler im Zuluft- und Abluftkanal werden stetig geöffnet. Der Luftdurchsatz des Raumes wird stetig erhöht.

Sollwert für die CO<sub>2</sub> Konzentration im Gruppenraum: 900 ppm.<sup>45</sup>

Abbildung 6 zeigt beispielhaft die Position der Luftauslässe und der Überströmöffnungen.



Abbildung 6 Lüftungsauslässe in den Gruppenräumen (Kita Posthornstraße)

Die angenommenen Gesamtluftmengen sind jedoch höher (Zuluft: ca. 4.200; Abluft: ca. 5.000 m<sup>3</sup>/h), da angenommen wurde, dass nicht alle Räume gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte erreichen und so den maximalen Volumenstrom anfordern. Die Lüftungszentralgeräte sind auf maximale Luftwechsel von ca. 3.400 bis 3.900 m<sup>3</sup>/h mit einem effektiven Wärmebereitstellungsgrad von 78% ausgelegt. Da das zu belüftende Raumvolumen ca. 2.700 m<sup>3</sup> beträgt, wird insgesamt ein Luftwechsel von n = 1,3-1,4 [1/h] erreicht.

Die Lüftungszentralgeräte verfügen über Heizregister und Kreuzstromwärmetauscher mit Bypass, siehe Abbildung 7.

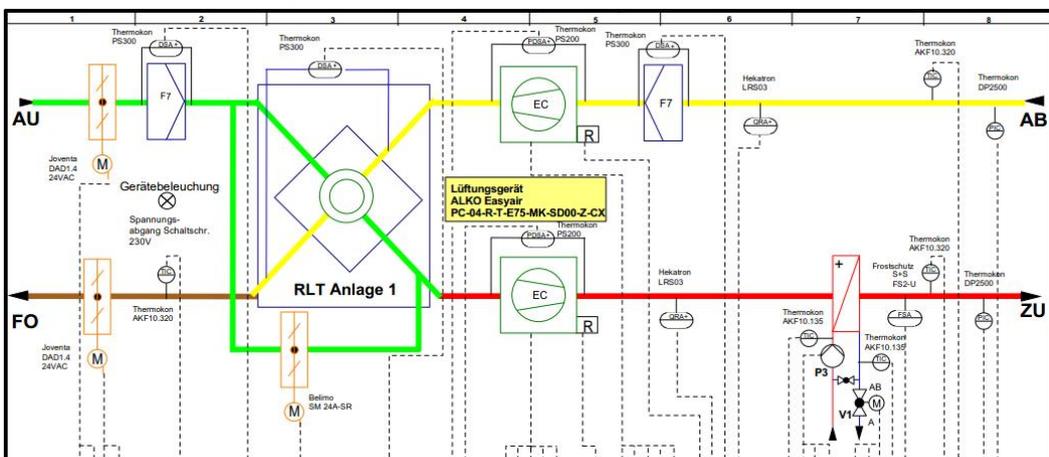


Abbildung 7 Lüftungszentralgerät (MSR-Schema Kita Röntgenstraße)

Die Zuluft läuft vollständig über variable Volumenstromregler, während die Abluft einen Anteil von rund 1.800 m<sup>3</sup>/h als konstanten Volumenstrom umfasst. Dies ist entsprechend der Mindestvolumenstrom während der Betriebszeiten.

Die spezifische Ventilatorleistung wurde in der Planung mit 0,33 Wh/m<sup>3</sup> bzw. ca. 1.200 Ws/m<sup>3</sup> angesetzt („Elektroeffizienz des Lüftungsgeräts“). Dies entspricht Klasse SFP-3 nach DIN EN 13779<sup>6</sup>.

#### 3.4.7 Beleuchtung

Zur Beleuchtung sind konventionelle Leuchtstofflampen mit EVG installiert worden. Die Beleuchtung wird manuell geschaltet. Es ist eine Beleuchtungsstärke von 300 lx in Aufenthaltsräumen, 500 lx in der Küche und 100 lx in den Nebenräumen zugrunde gelegt. In der Planung wurde von einer installierten Beleuchtungsleistung von 2 W/m<sup>2</sup> ausgegangen.

#### 3.4.8 Gebäudeautomation und sonstige ELT-Systeme

Alle Kitas wurden mit einer Gebäudeautomation für die Gewerke Heizung und Lüftung inkl. Brandmeldeanlage ausgeführt. Neben dieser Anlage sind unter anderem folgende Systeme installiert:

- Außenliegender Sonnenschutz
- Einbruchmeldeanlage
- Notrufsystem in Behinderten-WCs
- Türsprech-, Türklingel- und Türöffneranlagen
- Fluchttürsteuerung

Einzelne Funktionen der lokalen Gebäudeautomation wurden über eine BACnet-Schnittstelle auf die Leitebene der LHH aufgeschaltet.

#### 3.4.9 Küche

Die Küchen sind in allen Kitas als Kochküchen ausgeführt. Die Ausstattung umfasst lt. VU-B in der Regel:

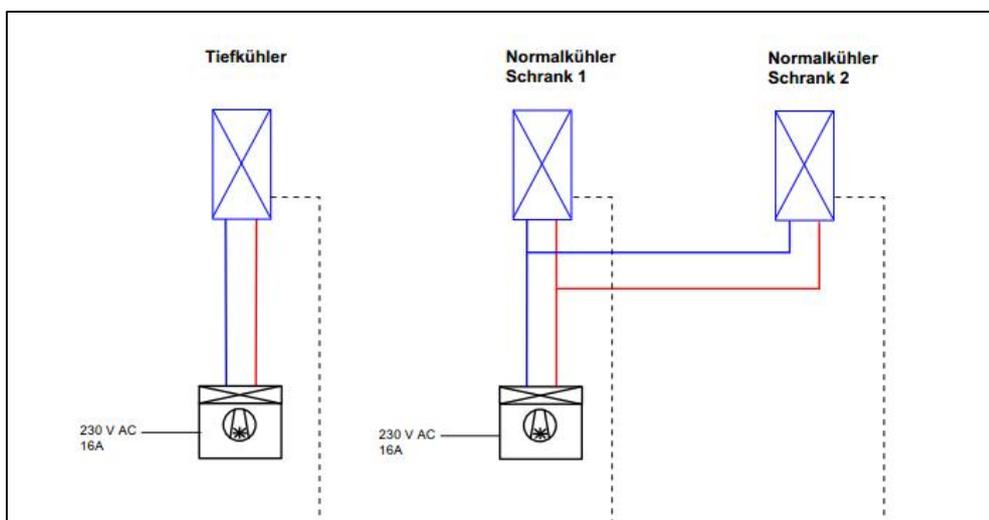
- Platten - Industrieherd mit Umluftbackofen
- Konvektomat/Kombidämpfer mit 10 x 1/1 GN- Einschüben auf Edelstahl, Untergestell, Hordengestell- wagen Grundausstattung Wasser – und Abwasseranschluss
- Hockerkocher, alternativ: Kochkessel 60 l
- Abluftanlage Edelstahl
- Kühlschrank 160 l / Personal
- Kühlschrank 400 l
- Kühlschrank 200 l (Molkereiprod.)
- 2 Tiefkühlschränke á 400 l
- Industriegeschirrspüler mit Schnellprogramm, auf Untergestell min. 40 cm, (alternativ: Spülstraße)

Die Ausstattung wurde in Teilen mit den Nutzern abgestimmt.

In den Vergabeunterlagen wurde eine Aufstellung von Kühlschränken außerhalb der Küche sowie die Beachtung des Wärmeeintrags gefordert<sup>7</sup>. Die Kühlschränke befinden sich entsprechend in einem separaten Raum. Die Rückkühleinheiten der Kühlschränke sind im Außenbereich auf dem Dach des Erdgeschosses aufgestellt, um eine Überhitzung der Innenräume zu vermeiden, siehe Abbildung 8.



**Abbildung 8** Kühlschränke im Küchenbereich EG (links) und Außenaufstellung der Rückkühlleinheiten auf dem Dach (Kita Robinienweg)



**Abbildung 9** MSR-Schema Kühlung Küche Kita Röntgenstraße

Die Küchen werden über eine Induktionshaube be- und entlüftet. Die erforderliche Zuluft strömt als Außenluft nach, die Abluft wird mit separatem Ventilator ohne Wärmerückgewinnung über Dach abgeführt (Auslegungsvolumenstrom: 800 m³/h).

In den Tee- bzw. Milchküchen war folgende Ausstattung gefordert:

- Unterbaukühlschrank, integriert, 4 Sterne, 129 Liter Nutzinhalt, Energieeffizienzklasse A+
- Gewerbe-Geschirrspülmaschine, Unterbau, Blende aus Edelstahl, Frontladergerät mit Klapptür, Durchlauferhitzer, Energieeffizienzklasse A+,
- 2-Platten Kochfeld, konventionell

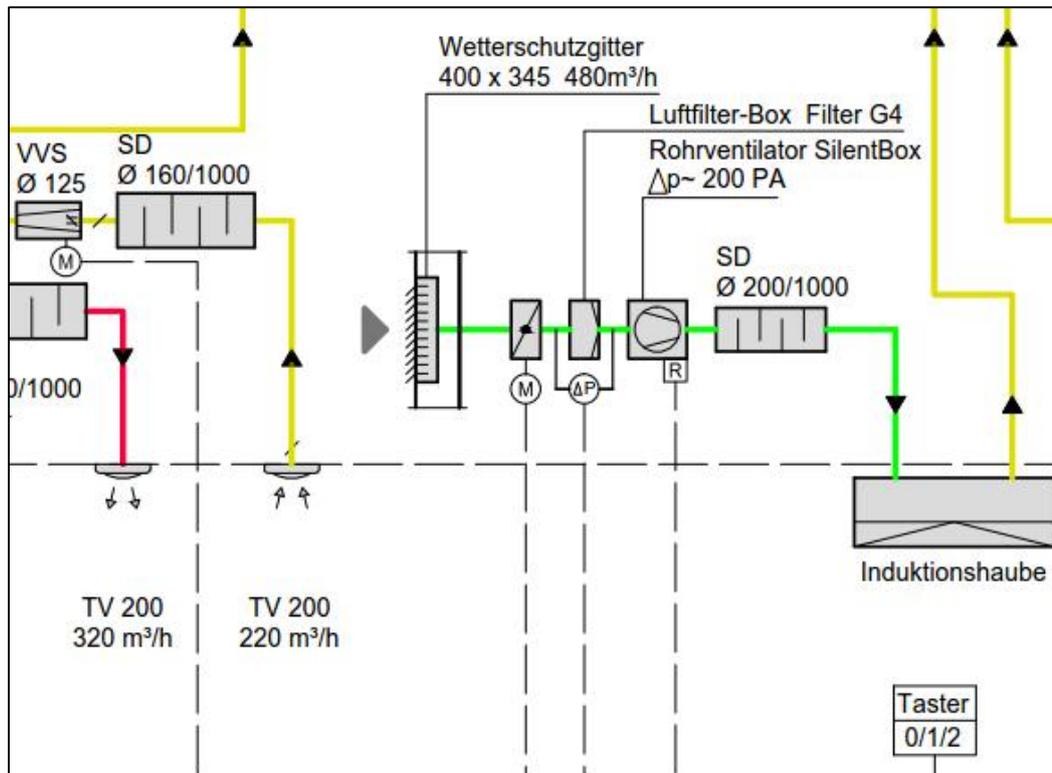


Abbildung 10 MSR-Schema Küche Lüftung Kita Röntgenstraße

#### 3.4.10 Aufzüge

Jede Kita ist mit einem Aufzug ausgestattet.

#### 3.4.11 Ausstattung

Die Ausstattung umfasst übliche Geräte für Kindertagesstätten in den verschiedenen funktionalen Bereichen. Hierzu wurden in der VU-B keine Vorgaben gemacht.

## 4 LEISTUNGSBESCHREIBUNG UND QUALITÄTSMANAGEMENT

### 4.1 Übersicht über die relevanten Ausschreibungsunterlagen

Die Bieter erhielten mit der Aufforderung zur Angebotsabgabe folgende Unterlagen:

- A Allgemeine Bedingungen für die Auftragsvergabe
- B Funktionale Bauleistungsbeschreibung
- C Leistungsbeschreibung Finanzierung
- D Vertragsentwürfe (Bauerrichtungs- und Finanzierungsvertrag)
- E Formblätter für das Vertragsangebot

sowie zahlreiche Anlagen.

Die Angebote sollten die „Teilleistungen Planung und Bau, Wartung während der Mängelanspruchsfrist, Finanzierung, den Entwurf des Projektvertrags sowie die mit dem Angebot einzureichenden Formblätter nebst den jeweiligen Anlagen“ umfassen<sup>8</sup>.

Alle Bieter folgten der Aufforderung, so dass der LHH insgesamt 10 Angebote vorlagen. Am 28.11.2011 wurde zwischen der LHH und der Firma Carl Schuhmacher, Wolfenbüttel, ein Projektvertrag geschlossen.

Dieser Bericht geht insbesondere auf die qualitätsrelevanten Aspekte der Teile A und B der Vergabeunterlagen sowie den Projektvertrag ein. Im Folgenden wird dargestellt, wie in diesen Unterlagen Ziele für die Wirtschaftlichkeit, die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort definiert und wie diese anschließend im Projekt nachverfolgt und überprüft wurden. Die technische Evaluation des Gebäudebetriebs wird in Abschnitt 5 dargestellt.

#### 4.1.1 VU Teil A Allgemeine Bedingungen für die Auftragsvergabe (VU-A)

Die Unterlage umfasst 48 Seiten als Text- bzw. pdf-Dokument und beschreibt wesentliche organisatorische Vorgaben für das Verfahren unter anderem in den Abschnitten

- Aufgabenstellung
- Grundsätze des Verfahrens
- Angebot
- Nebenangebote
- Bewertung der Angebote

sowie weiteren Aspekten der Vergabe.

#### 4.1.2 VU Teil B Leistungsbeschreibung Bau (VU-B)

Die Unterlage umfasst 170 Seiten als Text- bzw. pdf-Dokument und ist strukturiert in die Abschnitte

- Vorbemerkungen,
- Kostengruppen 200-500 (nach DIN 276),
- Standortbeschreibungen,
- Raumliste/Raumbuch,
- Ausstattungstabelle und
- Anlagen.

Mit Anlage 10 war eine Vorlage für eine Erklärung zur Einhaltung des Passivhausstandards in den Vergabeunterlagen enthalten. Es wurde hierzu zu diesem Zeitpunkt keine Berechnung gefordert.

#### 4.1.3 Projektvertrag, Stand 28.11.2011 (PV)

Der Projektvertrag umfasst 38 Seiten mit 37 Paragraphen. 14 Anlagen umfassen unter anderem die Dokumentation der Bietergespräche und der Verhandlungen, die Vergabeunterlagen und die Unterlagen des Angebots.

#### 4.1.4 Nebenangebote

Nebenangebote waren im Wettbewerb zugelassen. Auf Grund der Anforderungen wurden so verschiedene Varianten von Energiekonzepten, insbesondere für die Energieversorgung, angeboten, siehe Abbildung 11.

Standort	Standard/Hauptangebot		Nebenangebot 1	Nebenangebot 2	Nebenangebot 3
Konzeptbestandteile	3x Fernwärmeversorgung für FW-Kompaktstation mit Warmwasserbereitung	5 x Gasversorgung für Gas-Brennwertheizkessel  Warmwasseraufbereitung mit Frischwasserstation	Mini-BHKW  inkl.  Warmwasseraufbereitung mit Frischwasserstation	Monoenergetische Erschließung  Raumwärme: Wärmepumpe; Warmwasser: elektrische Durchlauferhitzer; Photovoltaik (Fondsmodell);	zu 5 x Gasversorgung für Gas-Brennwertheizkessel  Solarthermie
Ökologische-Bewertung	Einsatz innovativer Energien Fernwärme und Gas-Brennwerttechnik plus Passiv-Haus-Konzept		günstige Energiebilanz durch Kraft-Wärmekopplung  Einspeisevergütung Strom	höchste Energieeffizienz als Gesamtkonzept  Einspeisevergütung Strom	effiziente Gas-Brennwerttechnik  Solarnutzung

Abbildung 11 Nebenangebote eines Bieters zur Energieversorgung (Erstangebot)

#### 4.1.5 Bewertungsmethode

Entsprechend der VU-A war das „Ziel der Auftraggeberin [...], in diesem Ausschreibungsverfahren unter Nutzung der Möglichkeiten eines ÖPP-Modells die wirtschaftlichste Gesamtlösung für das Investitionsvorhaben gemäß Ziffer 1.1 zu erzielen.“<sup>9</sup> Die Identifikation des wirtschaftlichsten Angebots war damit Ziel des weiteren Verfahrens. Nicht in Frage stand hier die Wirtschaftlichkeit der in den Vergabeunterlagen geforderten Standards und Qualitäten für die Gebäude wie z.B. die Erreichung des Passivhausstandards im Vergleich mit anderen Lösungen.

Die Wirtschaftlichkeit der Angebote sollte hinsichtlich des Verhältnisses von Barwert und Nutzwert bewertet werden: „Die Wirtschaftlichkeit des Angebots zeigt sich in einem Preis-Leistungs-Verhältnis, das als Summe von Punktwerten ermittelt wird. Insgesamt werden maximal 6.000 Punkte vergeben, davon entfallen 2.400 Punkte auf die Bewertung des Barwerts (Ziffer 5.2, Teil A) und 3.600 Punkte auf die Bewertung der Entwürfe, der baulichen Qualität, der Funktionalität, der Nachhaltigkeit und der technischen Konzeption (Ziffer 5.3, Teil A). Wirtschaftlichstes Angebot ist das mit der höchsten Punktzahl.“<sup>10</sup>

In der Funktionalen Leistungsbeschreibung, Teil B der Vergabeunterlagen, Abschnitt KG421 Wärmerversorgungsanlagen, wurde zusätzlich eine Bewertung der Versorgungsvarianten Fernwärme, BHKW (Gas), Brennwertkessel (Gas) und Erdwärme/Solar/Wasser/Holz nach VDI2067 gefordert. Die Bewertung sollte anhand der technischen Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit erfolgen<sup>11</sup>.

Die Bewertung der qualitativen Kriterien erfolgt dabei auf Basis einer Bewertungstabelle, die mit unterschiedlicher Gewichtung die fünf Aspekte architektonische Gestaltung (20%),

Organisation und Funktionalität (35%), Technische Gebäudeausrüstung (15%), Außenanlagen (15%) und Nachhaltigkeit (15%) beinhaltet.

Die Genehmigung des Projekts als ÖPP erfolgt nur nach Prüfung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur konventionellen Beschaffung. Die Bewertung erfolgt auf Basis eines vergleichbaren Referenzprojekts einer konventionellen Beschaffung<sup>12</sup>.

## 4.2 Anforderungen der Funktionalen Leistungsbeschreibung

Dieser Abschnitt zur technischen Funktionalität mit den Schwerpunkten Energieeffizienz und Nutzerkomfort dokumentiert die Ziele sowie die Art und Weise der Festlegung. Die Zieldefinition bzw. das Lastenheft für die Gebäude wird fast vollständig in der Vergabeunterlage „Teil B Leistungsbeschreibung Bau“<sup>13</sup> definiert. Es werden sowohl allgemeine Anforderungen z.B. an den Energiestandard, aber auch konkrete technische Vorgaben definiert. Darüber hinaus macht die LHH allgemeinen Vorgaben zu einzelnen Leistungen, insbesondere der Dokumentation.

### 4.2.1 Nachhaltigkeit und Energiestandard

Zur Nachhaltigkeit und Energieeffizienz wurden unter anderem eine Minimierung des Aufwands für „Installation, Überwachung, Austausch und Nachrüstung von Installationen aller Art“<sup>14</sup> sowie eine „integrierte Planung“<sup>15</sup> gefordert. Die Planungskonzepte sollten „die Gebäudetechnik und deren Steuerung minimieren“<sup>16</sup>.

Als energetische Anforderungen wurde die Erreichung des Passivhausstandards festgelegt<sup>17</sup>. Dazu wurde auf die Anforderungen nach proKlima verwiesen. Einige Kriterien wurden explizit genannt, wie z.B. der Energiekennwert Heizwärmebedarf (max. 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)) oder der Drucktestluftwechsel (max. 0,6 1/h). Der Nachweis war mit dem Passivhaus Projektierungspaket 2007 (PHPP 2007) zu erbringen. Die Zusammenarbeit mit einem „Ingenieurbüro für Energieberatung“ wurde empfohlen.

Als Nachweis der Einhaltung des Passivhausstandards wurde in der Angebotsphase in Anlage 10 zunächst nur eine Erklärung zur Einhaltung des Standards gefordert<sup>18</sup>. Für die Gebäudekonzeption wird konkret eine zweigeschossige Bauweise und die Optimierung von Kompaktheit, Raumhöhen sowie natürlicher Belichtung und Belüftung gefordert<sup>19</sup>.

Durch den AG wird ein Büro für eine Qualitätssicherung beauftragt. Dieses soll die Qualitätssicherung für Nichtwohngebäude nach den Vorgaben von proKlima durchführen, welche Voraussetzung für die Passivhaus-Förderung von proKlima ist. Der Prüfumfang ist in Anlage B15 dargestellt und umfasst die Prüfkriterien nach proKlima vom 15.02.2010 zur Qualitätssicherung von Nicht-Wohngebäuden.

### 4.2.2 Nutzerkomfort / Raumklima

Die raumklimatischen Anforderungen werden nur qualitativ beschrieben, z.B. mit „Zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung sind ausreichende Speichermassen an die Räume anzukoppeln (z.B. Verzicht auf abgehängte Decke, Einbau massiver Innenwände) und entsprechende Auskühlmöglichkeiten vorzusehen“<sup>20</sup>. Indirekt wird eine massive Bauweise gefordert, da diese der Behaglichkeit diene.

### 4.2.3 Vorgaben zu technischen Ausführung

Die Leistungsbeschreibung Bau enthält einige konkrete, energetisch relevante Vorgaben für die Ausführung, geordnet nach der Kostengruppenstruktur der DIN 276<sup>21</sup>. Aspekte, die in besonderem Maße für den Energieverbrauch und das Raumklima von Bedeutung sind, sind in Tabelle 5 aufgelistet. Dabei werden zu einzelnen Positionen Optimierungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

**Tabelle 5** Vorgaben für die technische Ausführung<sup>22</sup>

KG	Nr.	
200	2.2.3 2.2.4	Die Kitas sind, soweit vorhanden, an das Gas- und Fernwärmenetz anzuschließen.
300	3.3	<p>Es werden keine Vorgaben in Bezug auf die Konstruktion der Gebäudehülle gemacht. „Wärmedämmverbundsysteme mit Putzoberfläche“ werden als „kritisch“ bezeichnet.</p> <p>In besonders anfälligen Bereichen ist eine Graffiti prophylaxe in geeigneter Form vorzusehen.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Der Begriff „kritische Bereiche“ ist zu definieren, sowie die Art des gewünschten Prophylaxe-Systems: Permanente Systeme, Semipermanente Systeme oder Temporäre Systeme. Siehe hierzu auch das Merkblatt zur Graffitientfernung und Prophylaxe_April_2004 vom Landesdenkmalamt Berlin.</p>
	3.3.1	<p>„Fenster [müssen] den Richtlinien des Institutes für Fenstertechnik e.V. in Rosenheim entsprechen“ und sind mit Dreh-Kipp-Beschlägen auszustatten. Außentüren sind mit VSG-Verglasung auszuführen.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Die Richtlinien sollten im Einzelnen benannt werden, z.B.</p> <p>ift-Richtlinie MO-01/1 - Baukörperanschluss von Fenstern - Teil 1: Verfahren zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit von Abdichtungssystemen</p> <p>ift-Richtlinie WA-15/2 – Passivhaustauglichkeit von Fenstern, Außentüren und Fassaden</p> <p>Weitere Richtlinien sind im Anhang aufgeführt.</p>
	3.3.3	<p>Sonnenschutz wird auf den Ost-, Süd- und Westseiten gefordert. Ausführung und Regelung werden umfassend und mit vergleichsweise hoher Komplexität beschrieben.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Es sollte überlegt werden, ob eine einfachere Lösung und Beschreibung möglich ist.</p> <p>„Das gewählte System ist auf den geforderten Passivhausstandard abzustimmen...“.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Ziel ist die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes anhand der zu verbauenden Systeme. Nachzuweisen ist die Einhaltung der strengeren Kriterien des sommerlichen Wärmeschutznachweises gemäß EnEV.</p>
	3.6	<p>Dächer sind bis zu einer Neigung von 20% zu begrünen, eine Nachrüstung von PV ist zu berücksichtigen.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Es werden „Konstruktionsvarianten“<sup>23</sup> genannt, von denen nicht klar ist, ob sie verbindlich oder nur als Option dargestellt werden. In den Konzepten sollte daher bereits nach den beschriebenen Vorgaben die Umsetzungsmöglichkeit erläutert und zeichnerisch dargestellt sein (Zeichnungen und Datenblätter).</p>
		<p>Die Installation von PV-Anlagen durch Dritte ist möglich.</p> <p>Vorschlag:</p>

		Hierzu sollte jeweils ein Umsetzungskonzept in der späteren Planung als Nachweis der Realisierbarkeit gefordert werden.
400		
420	4.01	Die Raumtemperaturen müssen „auch bei erfolgter kurzfristiger Fensterlüftung und /oder Betreten und Verlassen der Nutzer des Gebäudes in den Nutzungsbereichen kurzfristig wieder erreicht werden“. Vorschlag: Hier sollten statische Heizflächen für alle Räume mit zu öffnenden Fenstern gefordert werden. Diese sind nach Heizlastberechnung DIN EN 12831 und Heizkörperauslegung nach DIN EN 442 zu berechnen.
	4.0.1.2	„Die Art der Heizwärmeerzeugung ... ist entwurfsabhängig zu wählen“. Vorschlag: Es ist fraglich, ob wirklich „entwurfsabhängige“ Faktoren für die Heizwärmeerzeugung vorhanden sind. Nicht zielführende Prüfungen in der Vorentwurfsplanung sollten nicht gefordert werden. Nr. 2.2.2 fordert den Anschluss an das Fernwärme- oder Gasnetz. Entsprechend konkrete Lösungen, ergänzt durch eine „Nur-Strom-Lösung“ mit Wärmepumpe – sollten präzise gefordert werden.
		„Kältetechnische Anlagen sind dabei nicht vorzusehen, alternative Kühlmöglichkeiten (Nachtauskühlung, Regenerative Systeme) sind zu betrachten.“ Vorschlag: Auch hier sollten konkrete Lösungen vorher ermittelt und im Wettbewerb vorgegeben werden.
		Lüftungsanlagen können zur Heizung genutzt werden, Heizkörper sollen jedoch vorrangig zum Heizen genutzt werden. Vorschlag: Heizung und Lüftungsfunktionen sind zu trennen.
		„Im Grundkonzept der Be- und Entlüftung des Gebäudes kann eine Querströmung innerhalb des Gebäudes erarbeitet werden.“
	4.0.1.3	Für die Brauchwarmwasserbereitung können mehrere Optionen angeboten werden (Frischwasserstation (Anlage B10), Brauch-Warmwasserbereiter, Speicherladesystem). Vorschlag: Auf Basis der Erfahrungen in den Kitas sollte überlegt werden, ob eine Lösung in Zukunft präferiert werden soll.
	4.0.1.4	Es wird ein Automationssystem gefordert für eine „außenwitterungsabhängige, bedarfsgerecht optimierte wirtschaftliche Betriebsweise“. Regelgruppen <i>sollen</i> sinnvoll z.B. nach Himmelsrichtung und Nutzungszeit geplant werden. „Gebäudekennwerte“ sollen parametrierbar sein. Vorschlag: Die Funktionalitäten sollten präzise und ggf. mit Bezug auf das Normenwerk (DIN EN 15232) gefordert werden. Hier „Außentemperaturgeführte Vorlauftemperatur mit zeitlich gesteuertem Absenkbetrieb“.
	4.1.1.5	Als Mindestausstattung sind ausreichende Beleuchtung, ausreichende Steckdosen für Wartungs- und Geräteschalter zu planen. Vorschlag: Hier sollten präzise Vorgaben im Raumbuch gemacht werden.

		Zur Montage und späteren Wartungsarbeiten, sowie Sanierungsarbeiten sind die Zentralen so zu beplanen, dass diese Arbeiten problemlos möglich sind. Dieses gilt auch für die Zuwegung zur Technikzentrale. Vorschlag: Hier sind entsprechende zeichnerische Nachweise im Angebot bzw. der Entwurfsplanung zu liefern.
	4.2.1	Gefordert wird, dass „Vorrangig ist ein Fernwärmeanschluss zu berücksichtigen“ ist. Eine Bewertung der Varianten FW, BHKW (Gas), Brennwärtekessel (Gas), Erwärme/Solar/Wasser/Holz ist nach VDI 2067 vorzunehmen. Vorschlag: Dies ist ein Widerspruch zu 2.3.3 und 2.3.4. Außerdem ist die Prüfung im Rahmen eines ÖPPs nicht zielführend, da innerhalb des Verfahrens kaum mit der nötigen Sorgfalt durchzuführen. Komplexe multivalente Systeme sollten grundsätzlich vermieden werden.
	4.2.2.2	Es sind Hocheffizienzpumpen zu verwenden. Vorschlag: Der Effizienzgrad der Pumpen sollte als Ziel angegeben werden.
	4.2.3	Es sind Plattenheizkörper mit voreinstellbaren Thermostatventilen und Rücklaufverschraubung zu installieren.
	4.2.2 4.2.4	Die Dämmung der Rohrleitungen ist gemäß EnEV auszuführen. Vorschlag: Soll Passivhausstandard erreicht werden, sind auch die Anforderungen des PHPP sind zu berücksichtigen.
430	4.3.0.1	Gefordert wird eine Grundlüftung in Abhängigkeit der max. Personenbelegung (min. $25\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$ ). Vorschlag: Die Auslegung nach ASR, DIN EN 13779 und DIN EN 15251 haben höhere Auslegungswerte als $25\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$ ). Die Angaben müssen entsprechend eindeutig definiert sein.
	4.3.1.1	Vorschlag: Es sollte ein effektiver Wärmerückgewinnungsgrad von mind. 83 % mit Feuchterückgewinnung gem. PHI- und proKlima-Berechnungsgrundlage gefordert werden. Es sollten explizit maximal zulässige spezifische Ventilatorleistungen nach DIN EN 13779 für die Gesamtsysteme ausgeschrieben werden (max. SFP-3).
	4.3.1.3	„Das Luftverteilsystem ist aus Rohren und Kanälen für Niederdrucklüftungsanlagen mit folgenden Qualitäten zu erstellen.“ Vorschlag: Die Luftdichtheitsklasse ist mindestens mit Klasse B, (besser die empfohlene Klasse C) nach DIN EN 13779 auszuschreiben.
	4.3.2.2	Luftsystem - Zuluftkanäle in Installationsschächten und oberhalb von abgehängten Decken sind mit alukaschierten, mineralischen Dämmmatten, min. 30 mm stark, gegen Wärmeverlust zu isolieren. - Außenluftkanäle sind mit geschlossenzelligen Weichschaumplatten, 20 mm stark (Wärmeleitwiderstand mindestens $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) zur Vermeidung der Schwitzwasserbildung zu bekleben.

		<p>Vorschlag:</p> <p>Im Passivhaus sind 20 mm Dämmstärke i.d.R. nicht ausreichend und nicht vorrangig für die Schwitzwasservermeidung. Hier sind gleich bei der Außenluft- und Fortluftdämmung 2 x 19 mm vorzusehen, sofern sich die Kanäle innerhalb der thermischen Hülle befinden.</p> <p>WLG/WLK sind bei Zu- und Abluftdämmung ebenfalls angeben.</p>
440	4.4.3.2	<p>„Optional ist eine Photovoltaikanlage vorgesehen.“</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Für eine nachträgliche Installation ist eine Entwurfsplanung zu erstellen.</p>
	4.4.5	<p>Sämtliche Leuchten für Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen sind mit EVG mit Warmstarteigenschaften auszuführen.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Der Einsatz von LED-Leuchtstoffmitteln sollte allgemein geprüft werden. Für die Regelung sollten Taster EIN/AUS sowie leuchtenintegrierte Helligkeits- (DIMMEN) und Präsenzsensoren (AUS) vorgesehen werden.</p>
460	461	<p>Abgehängte Stahlblechdecke weiß lackiert, mit Leuchtmitteln nach AN Standard als Stromsparleuchten, Kaltkathodenleuchten, LED, etc. mit Sicherheitsabdeckung. Halogenspots sind nicht zulässig.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Für die Beleuchtung im Aufzug sollte eine präsenzabhängige Beleuchtung gefordert werden.</p>
470	4.7 ff	<p>Effizienzklassen werden für Kühlschrank und Geschirrspüler, vorgegeben.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Effizienzklassen sollten für die gesamte Kühlung und die Tiefkühlschränke gefordert werden</p> <p>Die Aufstellung der Verflüssiger außerhalb der wärmedämmenden gebäudehülle sollte gefordert werden.</p>
480	4.8 ff	<p>Luftmengenregelung in Abhängigkeit von der CO<sub>2</sub>-Konzentration.</p> <p>Vorschlag:</p> <p>Variable Volumenstromregler sollten bei Kitas soweit möglich nicht zum Einsatz kommen. Ggf. ist ein Grenzwert für den Auslegungsvolumenstrom festzulegen und eine häufige Teilnutzung des Raumes nachzuweisen.</p> <p>Wird eine Regelung umgesetzt, sind jeweils untere und obere Grenzwerte für die Regelhysterese festzulegen (z.B. &lt;1.200 ppm Grundlast; &gt; 1.500 ppm Volllast)</p>
		<p>Vorschlag:</p> <p>Die Ausschreibung sollte ein konkretes Monitoringkonzept vorgeben. Hierbei sind unter anderem zu definieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soll(Ziel-)werte (konkrete Werte für Betriebszeiten, Wirkungsgrade, Systemtemperaturen, Energieverbräuche etc.)</li> <li>- Ist(Mess-)werte</li> <li>- Prüfmethodik (Datenerfassung möglichst über MSR einschl. Übergabe an eine externe Stelle)</li> </ul>

	<p>- Wirkungsweise des Monitorings (Unterstützung der Abnahmen, Unterstützung der Einregulierung im Ersten Betriebsjahr, Validierung der Planung nach den ersten beiden Betriebsjahren etc.)</p> <p>Soll das Monitoring bereits in den Abnahmen eingesetzt werden, ist das Vorliegen entsprechender Sollwerte (Fachplaner) und Istwerte (Errichter) Abnahmevoraussetzung.</p>
--	---

Ergänzend zu den Unterlagen wurde eine Raumliste bzw. ein Raumbuch mit Vorgaben für die verschiedenen Kostengruppen beigefügt, siehe Abbildung 12.

Objekt	Neubau von acht Kindertagesstätten				
Vorhaben	Planen, Finanzieren, Errichten im Rahmen einer öffentlich privaten Partnerschaft				
Raumprogramm	5-GruppenKita, nach Raumliste (standortabhängig)				
Projekt Nr.	PR - 17- 2009 - 416				
<b>Raumbuch</b>				<b>Seite 1</b>	
Raumbezeichnung	Mehrzweckraum	Pos.-Nr.	1	Anzahl	1
Raumgruppe	Mehrzweckbereich	Gebäudeteilbereich	Hauptgebäude	NGF	75 m <sup>2</sup>
Belichtungs-kategorie	Tageslicht	Schallschutz	erhöhte Schallabsorption	Raumtemp	20°C
funktionale Vorgaben, Raumbezüge	Lage im Erdgeschoss - Eignung für Bewegungsspiele, Klettergeräte - Vorrichtungen zum Schwingen, Schaukeln etc.				
<b>KG 300 Bauwerk - Baukonstruktion</b>	<b>Typ</b>	<b>ja/nein</b>	<b>bes. Anforder./Eigensch.</b>	<b>Verweis allg. BauB</b>	
3.2. Außenwand			entwurfsabhängig, passivhausgeeignet	3.3	
3.2.1. Außenfenster			passivhausgeeignet, Fensterbänke wandbündig (GUV)	3.3.1	
3.2.2. Tür nach außen	F6	sofern EG	passivhausgeeignet	3.3.1	
3.2.4. Sonnenschutz	SO1 und SO1.1		robust, revisionierbar	3.3.3	
3.3. Innenwand	W5			3.4	
3.3.1. Wand zu VF	W5			3.4	
3.3.2. Rauntrennwände	W5			3.4	
Sonstiges					
3.3.4. Tür zur VF		ja	Rw, R=32 dB, mind. 2.00 / 2.135 m, zweiflügelig, 180° offenbar	3.4.2	
3.3.4. Verbindungstür	T1 und T2 o. T3	ja	zu Pos.6, Abstellraum 0.88 5x 2.135	3.4.2	
3.3.6. Innenfenster			entwurfsabhängig	3.4.2	
3.4. Decke	D2.01			3.5	
Sonstiges	SO2		Verstärkungsprofile für Vorhänge		
3.4.5. Fußboden, Belag	F1.1			3.5.1	
Sockel	W3.2				
Sonstiges					
<b>Einbauten und Ausstattung</b>					
1	Einbauten	Kletterwand 2.00x2.50m	Prallwand raumhoch		
		Traversen	Vorrichtung zum Schwingen, Schaukeln etc		
2	Sonstiges		Raum muß mit Vorhängen insgesamt zu verdunkeln sein		

<b>Objekt</b>	<b>Neubau von acht Kindertagesstätten</b>				
<b>Vorhaben</b>	Planen, Finanzieren, Errichten im Rahmen einer öffentlich privaten Partnerschaft				
<b>Raumprogramm</b>	5-Gruppenkita, nach Raumliste (standortabhängig)				
<b>Projekt Nr.</b>	PR - 17- 2009 - 416				
<b>Raumbuch</b>					<b>Seite 2</b>
<b>Raumbezeichnung</b>	Mehrzweckraum	Pos.-Nr.	1	Anzahl	1
<b>Raumgruppe</b>	Mehrzweckbereich	Gebäudeteilbereich	Hauptgebäude	NGF	75 m²
<b>Belichtungsklasse</b>	Tageslicht	Schallschutz	erhöhte Schallabsorption	Raumtemp	20°C
<b>KG 400 Bauwerk</b>		ja/nein			Verweis
<b>- Technische Anlagen</b>	Typ	Anzahl	bes. Anforder./Eigensch.		allg. BB
<b>Anlagengruppe 1 GWA</b>					
Abwasseranschluß					
Sonstiges					
bes. Abwasseraufb.					
Wasserversorgung					
Kaltwasseranschluß					
Warmwasseranschluß					
Waschtisch					
Duschen					
WC					
Einbauten					
Sonstiges					
<b>Anlagengruppe 2 WBR</b>					
Heizung	entwurfsabh		Heizlast entwurfsabhängig		4.2
Wärmeverteilnetz	entwurfsabh		Verteilleitung verdeckt, Anschlussleitung offen, Revision beachten		4.2.2
Heizflächen	entwurfsabh				4.2.3
Lüftung	entwurfsabh		Grundlüftung 25 m³/h pers.Schallschutz beachten		4.3
Auslass, Absaugung	entwurfsabh		zugfrei, geräuschfrei		4.3
Sonstiges	entwurfsabh		Einbauelemente		4.3
MSR	entwurfsabh				4.8
<b>Anlagengruppe 3 ELT</b>					
Starkstrom					
Beleuchtung	E8.1.1 oder E8.4		300 lx		4.4.5
Steckdosen	E2.3	min. 7			4.4.7
Anschlüsse	E3.1+3.2+3.3+3.4		entwurfsabhängig		4.4.8
Sonstiges	E2.8+2.7		entwurfsabhängig		
Schaltungen	E2.5	min. 3			4.4.5, 4.4.7
Schwachstrom					
Femmeldeanschluss		nein			
Datenanschluss	JK2.2	1	Pädagogisches Netz		4.5.4
Sonstiges		nein			

Abbildung 12 Auszug aus dem Raumbuch

### 4.3 Qualitätsmanagement im Projekt

Die Planung und Errichtung der Kitas wurde als ÖPP umgesetzt und formal als Gesamtwerk an die Landeshauptstadt geliefert. Die eigentlichen Planungsleistungen nach HOAI und Bauleistungen nach VOB einschließlich der entsprechenden Maßnahmen zum Qualitätsmanagement waren formal vollständig auf Auftragnehmerseite verankert.

Im Folgenden werden die einzelnen Projektphasen in Bezug auf die geplanten und umgesetzten Maßnahmen des Qualitätsmanagements und Erfahrungen aus der Projektbearbeitung hierzu beschrieben.

#### 4.3.1 Planung

Die gesamte Planung nach dem Wettbewerbsentscheid war wie oben beschrieben vom Auftragnehmer zu erbringen. Im Zuge der Planung sollten einzelne Planstände jedoch kontinuierlich durch den Auftraggeber, die LHH, freigegeben werden, siehe Tabelle 6.

Tabelle 6 Prüfvorgaben in der Planungsphase laut Projektvertrag<sup>24</sup>

§	Vorgaben
3.4	„Alle vertragsrelevanten vom Auftragnehmer zu fertigenden Projekt- und Planungsunterlagen wird der Auftragnehmer der Auftraggeberin rechtzeitig vor Ausführungsbeginn, spätestens aber 15 Werktagen vor der notwendigen Freigabe in 3-facher Ausfertigung und zusätzlich als pdf-Datei vorlegen.“

	<p>Die Auftraggeberin wird die Freigabe binnen 15 Werktagen schriftlich erteilen, sofern die freizugebenden Unterlagen nicht gegen rechtliche Bestimmungen oder die Vorgaben dieses Projektvertrages verstoßen.</p> <p>Von der Auftraggeberin festgestellte notwendige Korrekturen sind in die Unterlagen einzuarbeiten. Geänderte Unterlagen sind der Auftraggeberin innerhalb von 6 Werktagen zur Kontrolle neu vorzulegen. Die Auftraggeberin wird dann diese bei Einverständnis in einem Zeitraum von 6 Werktagen freigeben.“</p>
3.4	<p>„Die Freigabe der Pläne und Unterlagen durch die Auftraggeberin bzw. in §34 benannten Beauftragten entbindet den Auftragnehmer nicht von seiner Verantwortlichkeit für eine dem Vertragsumfang entsprechende technisch einwandfreie und mit allen anderen Teilgewerken abgestimmte Ausführung der beauftragten Leistung. Die Auftraggeberin ist nicht verpflichtet, die vom Auftragnehmer vorgelegten Pläne auf Vollständigkeit und Richtigkeit zu prüfen. Der Freigabevermerk gilt ausschließlich als Sichtvermerk und entbindet den Auftragnehmer nicht von seiner Verantwortung für die technische und maßliche Richtigkeit und Vollständigkeit der freigegebenen Unterlagen.</p> <p>Die Auftraggeberin hat jederzeit das Recht bestimmte Unterlagen von der Vorlagepflicht auszunehmen. Anmerkungen oder Hinweise der Auftraggeberin auf den freigegebenen Plänen berechtigen den Auftragnehmer weder zu Mehrforderungen und/oder Minderleistungen. Bei Leistungsänderungen ist das in § 11 beschriebene Verfahren anzuwenden.“</p>
11	<p>In §11 des Projektvertrags wird ein detailliertes Verfahren für Änderungen von Planungs- oder Bauleistungen definiert.</p>

Der Projektvertrag legt zwar ein detailliertes Vorgehen bzw. einen Prozess für die Prüfungen fest. In der Funktionalen Leistungsbeschreibung wurden jedoch keine inhaltlichen Vorgaben zur Prüfung der Planung durch den AG oder seine Vertreter gemacht. Auch wurde im Projektvertrag nicht eindeutig vereinbart, welche Planungsunterlagen in den einzelnen Planungsphasen vorzulegen sind und welche Inhalte diese mindestens enthalten müssen. Organisatorisch sah der Projektvertrag detaillierte Fristenregelungen für mögliche Einsichtnahmen und Sichtvermerke für Planunterlagen durch den Auftraggeber vor. Diese sollten jedoch keine Veränderung der geschuldeten Leistung bewirken, sondern lediglich der Information des Auftraggebers dienen.

In der Praxis zeigte sich, dass die Einhaltung der Fristen, auch auf Grund der großen Anzahl von Projekten, nicht nur Anforderungen an den Auftragnehmer stellt, sondern auch erhebliche Ressourcen des Auftraggebers in Anspruch nahm. Entsprechend kam es hier trotz intensiver fachlicher Begleitung seitens des Auftraggebers zu einer an den zeitlichen Erfordernissen des Projekts orientierten Handhabung der Prüfungen. Durch die Vereinbarung von VDI 6026<sup>25</sup> mit ihren Vorgaben für Umfang und Inhalte von Planunterlagen in den verschiedenen Phasen oder BHKS-Regel 2.006<sup>26</sup> („Prüfliste für Vergabe und Ausführung von Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung“) könnte klarer definiert werden, welche Unterlagen in welcher Qualität vorzulegen sind und so der Prozess unterstützt werden.

#### 4.3.2 Errichtung

Für das Qualitätsmanagement im Zuge der Errichtung ist wie auch schon für die Planung zu beachten, dass die Errichtung der Kitas als ÖPP umgesetzt wurde, formal also ein Gesamtwerk an die Landeshauptstadt geliefert wurde. Entsprechend hatte die LHH vereinbart, jederzeit selbst bzw. durch einen Dritten im Zuge der proKlima-Qualitätssicherung (siehe 4.4) Prüfungen vor Ort vornehmen zu können.

**Tabelle 7 Prüfvorgaben in der Errichtung im Projektvertrag<sup>27</sup>**

§	Vorgaben
10.1	Nach Vertragsschluss sind die Auftraggeberin bzw. die von der Auftraggeberin gemäß §34 Beauftragten jederzeit berechtigt, die Grundstücke/die Baustellen zu betreten, an den Baubesprechungen teilzunehmen und in die Planungs- und Bauunterlagen Einsicht zu nehmen. Die Auftraggeberin bzw. deren Beauftragte erhalten zeitgerecht die erforderlichen Terminmitteilungen zu den Baubesprechungen und die Protokolle aller regelmäßigen oder relevanten Baubesprechungen.
10.2	Der Auftragnehmer verpflichtet sich insbesondere, die seitens der Auftraggeberin eingeschaltete Qualitätssicherung für die Verifizierung des Passivhausstandards rechtzeitig über alle diesbezüglich abnahmerelevanten Vorgänge (z. B. PHPP-Berechnungen, Konstruktionsdetails, Materialentscheidungen, relevante bauliche Maßnahmen, Luftdichtigkeitsprüfungen, Abnahmen relevanter Komponenten, Nachberechnungen etc.) in Kenntnis zu setzen und alle dazu notwendigen Abstimmungen mit ihr durchzuführen. Nur bei Testierung des fertig gestellten Objekts als Passivhaus durch die Qualitätssicherung ist dessen Abnahmefähigkeit gegeben.
10.3	„Die Auftraggeberin hat das Recht, sich durch Einsicht in alle Akten, Unterlagen oder Verträge mit Dritten über die Einhaltung der Vertragsbedingungen, die ordnungsgemäße Bauabwicklung und –durchführung zu informieren. Der Auftragnehmer ist verpflichtet, die geforderten Auskünfte auf Verlangen der Auftraggeberin unverzüglich zu erteilen. Wirtschaftliche Details können vor Einsicht der Auftraggeberin geschwärzt werden.“
10.4	„Sämtliche baurelevanten Unterlagen (z.B. Ausführungspläne, Protokolle, technische Teile der Bauverträge einschließlich zugehöriger technischer Nachtragsvereinbarungen) hat der Auftragnehmer im Bauleitungsbüro in aktueller Fassung bereitzuhalten.“

Die LHH hatte als Auftraggeber das Recht zur Sichtung aller relevanten Unterlagen und Bauleistungen. Im Projekt wurde dieser Aufgabe in der Errichtung jedoch in deutlich erweiterter Form wahrgenommen, um die Qualität der Bauleistungen zu sichern. Insgesamt wurden durch Mitarbeiter der LHH im Zuge der Errichtung in den Bereichen Architektur/ Baukonstruktion, HLSK/ MSR und Elektro rund 50 Einzelprotokolle erstellt. Diese haben damit in umfangreichem Maße Aufgaben der Fachbauleitung übernommen. Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigen ein Beispiel für ein Protokoll des Gewerks Elektro.

Landeshauptstadt		Hannover		<b>Fachbereich Gebäudemanagement</b> Bearbeiter: Mein Zeichen: Telefon: (0511) E-Mail: Datum: 17.12.2012
<b>Neubau von acht Kindertagesstätten im Rahmen eines ÖPP-Modells</b>				
<b>Qualitätssicherung Bauausführung</b>				
<b>Objekt:</b>			<b>Kita</b>	
<b>Baustellenbericht der Begehung am:</b>			<b>17.12.2012</b>	
<b>Gewerk(e) / Anlagengruppe(n):</b>			<b>Elektrotechnik...</b>	
2	Ausführung von Kabelverlegearbeiten bei 0°C im Inneren des Gebäudes (Außentemperatur +6°C) Die Kabel sind dabei nicht vorgewärmt.			Kabelverlegearbeiten sind erst ab +5°C zugelassen.
3	Näherung von Sonnenschutzleitung zu Blitzschutzableitung nahe unterhalb der Attika			Auf der Südfassade befinden sich diverse Näherungen in dieser Form. Die Näherungen sind zu beseitigen.

Abbildung 13 Protokoll Qualitätssicherung Bauausführung, 17.12.2012

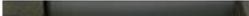
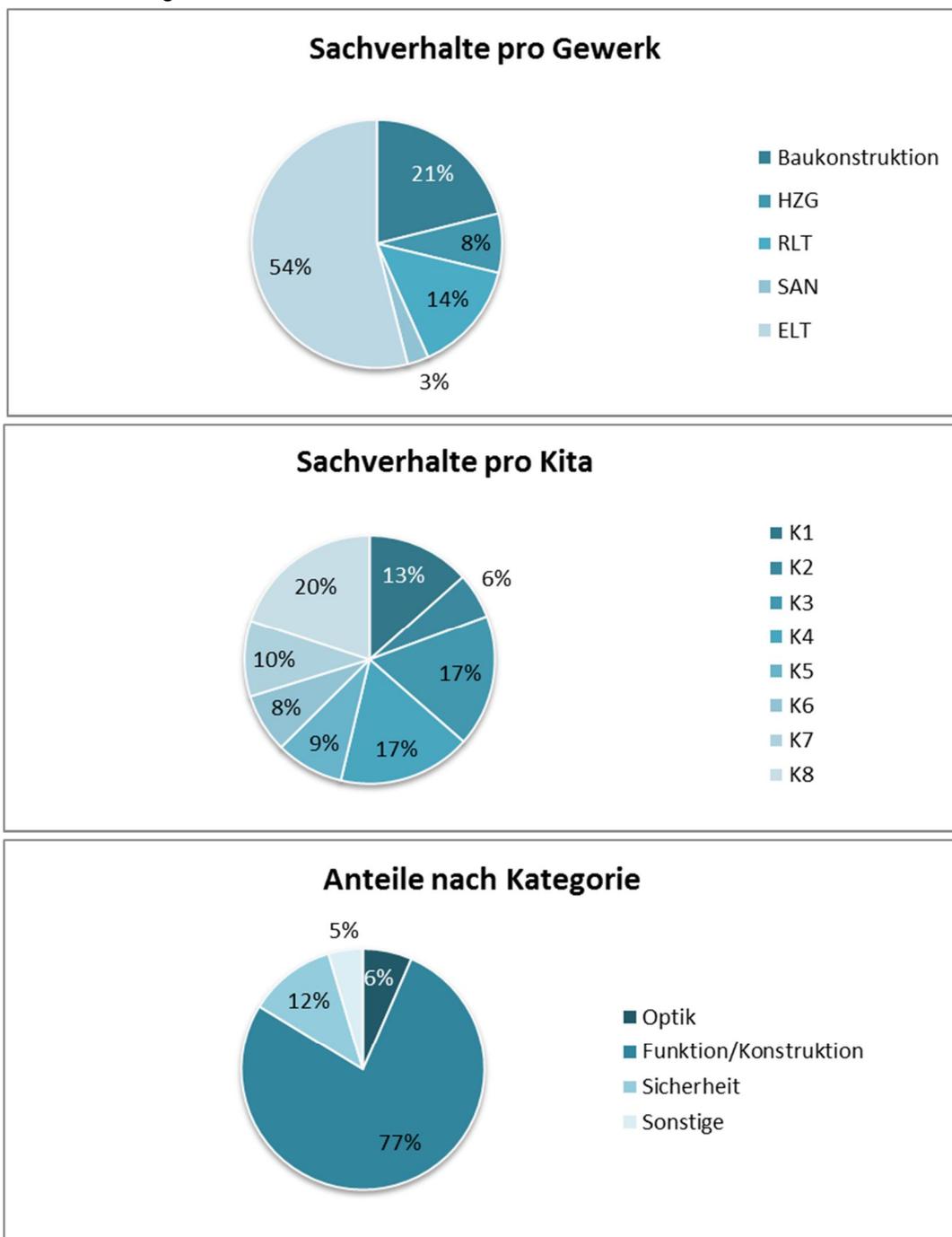
<b>Neubau von acht Kindertagesstätten im Rahmen eines ÖPP-Modells</b>				
<b>Qualitätssicherung Bauausführung</b>				
<b>Objekt:</b>			<b>Kita</b>	
<b>Baustellenbericht der Begehung am:</b>			<b>25.10.2012</b>	
<b>Gewerk(e) / Anlagengruppe(n):</b>			<b>Heizung und RLT /400</b>	
2	Kanalmontage allgemein  Diverses:  Kanalverbindungen in Aussparungen. Bei verschließen der Aussparungen ist ein direkter Körperkontakt mit dem Gebäude vorauszusehen. => Schallübertragung als Problematik zu erwarten. R+P: Dämmung ist erfolgt /wird erg. Bei Rohr in Durchführung direkter Körperkontakt. R+P: Wurde angepasst Kanalführung sehr dicht an Decke. Körperkontakt mit Verbindungsrahmen anzunehmen.	    		<b>Positiv:</b> Es ist ein starkes Bemühen zum Schutz der Rohrleitungen/ Kanäle gegen Verschmutzung zu erkennen.  Dies sollte jedoch auch auf die zur Bearbeitung gelagerten Kanäle und Rohre stärker erweitert werden. Planen sind nicht ausreichend, wenn sie nicht ein geschlossenes

Abbildung 14 Protokoll Baubegehung zur Qualitätssicherung Bauausführung, LHH, 25.10.2012, mit Stellungnahme/Anmerkungen der Fachplaner

Insgesamt wurden durch die LHH rund 700 Sachverhalte in Protokollen festgehalten, die in der Regel eine Aufforderung an Fachplaner und Errichter zur Korrektur enthalten. Weitere rund 150 Punkte wurden im Zuge der proKlima-Qualitätssicherung dokumentiert, siehe Abbildung 16.



**Abbildung 15 Übersicht über protokollierte Sachverhalte im Zuge der Errichtung**

Auffallend ist insbesondere die hohe Anzahl von knapp 600 funktionalen und konstruktiven Sachverhalten.

Formal fällt bei den Protokollen auf, dass sie in überwiegender Zahl nicht vorstrukturiert sind, sondern als Text vom jeweiligen Experten der LHH erstellt werden. Die Verwendung vordefinierter Checklisten könnte diesen Prozess unterstützen.

### 4.3.3 Inbetriebnahme und Abnahmen

Das Prüfkonzept für die Phasen Errichtung und Abnahme wird sowohl in der Funktionalen Leistungsbeschreibung als auch im Projektvertrag definiert. Die wichtigsten Vorgaben aus der Funktionalen Leistungsbeschreibung (VU-B) für Prüfungen und Nachweise sind in Tabelle 8 dargestellt.

**Tabelle 8 Prüfvorgaben für Inbetriebnahmen und Abnahmen laut FLB<sup>28</sup>**

Nr.	Vorgaben
1.1	Zum vollständigen Leistungsbild des Auftragnehmers gehören im Besonderen <ul style="list-style-type: none"> <li>• [...]</li> <li>• die Genehmigungsplanung einschl. Bauanträge bis zur Erlangung der Baugenehmigung und mängelfreien Schlussabnahme durch die Bauaufsicht</li> <li>• [...]</li> <li>• Stellung von Fachbauleitungen für Hochbau, TGA-Anlagengruppen und Freiflächen (Architekten/Ingenieure/Landschaftsarchitekten) und deren Teilnahme an den Planungs- und Koordinierungsbesprechungen sowie Abnahmen</li> <li>• [...]</li> <li>• Die Dokumentation der fertig gestellten Anlagen ist 14 Tage vor der Abnahme jeder einzelnen KiTa in einfacher Ausführung vorzulegen. Nach Gesamtfertigstellung aller acht KiTas ist die Dokumentation ggf. entsprechend Prüfvermerk zu überarbeiten und 14 Tage vor der letzten Abnahme in dreifacher Ausführung zu übergeben</li> <li>• Fehlende Dokumentationsunterlagen können zur Verweigerung der Abnahme führen“.</li> </ul>
4.0.1.4	„Die Abnahme der BACnet-Schnittstelle erfolgt durch die Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Gebäudemanagement, OE 19.23 gemäß der „Abnahmeprotokoll BACnet-Server (siehe Anlage allgB18_2)“.
4.5.0.1	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen: „Vorabnahmen von einem Sachverständigen sind gegebenenfalls durchzuführen, bevor Trassen oder Steigepunkte baulich geschlossen werden“.
4.5.3.3	BMA: „Sämtliche Protokolle der Abnahmen sind dem AG zur Verfügung zu stellen“.
4.6.1	Förderanlagen: „Vorprüfung und Abnahme der Anlagen durch den AN“.
4.8.1.2	Gebäudeautomation: „Die Anwendersoftware ist in der jeweils aktuellen Fassung dem Betriebsverantwortlichen zu übergeben, spätestens zur Abnahme der Leistung“.

Der Projektvertrag ergänzt und präzisiert die Vorgaben für die Prüfungen in der Errichtung und bei den Abnahmen. Die wichtigsten Punkte sind in Tabelle 9 aufgeführt.

**Tabelle 9**      **Vorgaben für Inbetriebnahmen und Abnahmen im Projektvertrag<sup>29</sup>**

§	Vorgaben
23.2	„Der Auftragnehmer hat mit Ausführungsbeginn eine Liste der zur Abnahme erforderlichen technischen Prüfungen zu übergeben.“
23.3	„Der Auftragnehmer wird die Auftraggeberin über alle ... Abnahmen von Nachunternehmerleistungen rechtzeitig unterrichten und eine Teilnahme der Auftraggeberin ermöglichen.“
23.4	„Die Feststellung des technischen Befundes ... erfolgt gesondert.“
23.6	„Sobald die Bauleistungen überwiegend fertig gestellt wurden und der Auftragnehmer einschätzt, dass in etwa 30 Werktagen die Abnahmereife gegeben sein wird, teilt er dies der Auftraggeberin schriftlich mit und fordert zu einer Vorbegehung innerhalb von 10 Werktagen auf. Zuvor hat der Auftragnehmer technische Begehungen mit seinen Nachunternehmern durchzuführen und die dabei festgestellten Mängel- und Restarbeiten zu dokumentieren.“
23.7	„Über die Vorbegehung mit der Auftraggeberin wird ein vom Auftragnehmer zu erstellendes und von den Vertragsparteien zu unterzeichnendes Protokoll angefertigt, in dem etwaige Mängel, Beanstandungen oder Restarbeiten - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - festzuhalten sind. Die Vorbegehung ist lediglich technischer Natur und führt nicht zu einer Abnahme im rechtlichen Sinn. Der Zustand von Teilen der Leistung ist gemeinsam von Auftraggeberin und Auftragnehmer festzustellen, wenn diese Teile der Leistung durch die weitere Ausführung der Prüfung und Feststellung entzogen werden. Das Ergebnis ist schriftlich niederzulegen. Für diese Teile der Leistung hat der Auftragnehmer rechtzeitig gemeinsame Feststellungen zu beantragen.“
23.8	„Nachdem die im Protokoll der Vorbegehung festgestellten Mängel, Beanstandungen oder Restarbeiten abgearbeitet wurden, wird der ... [AN] die ... [AG] schriftlich zur Abnahme innerhalb von 15 Werktagen auffordern.“
23.9	„Der Auftragnehmer ... [hat] bei der Abnahme mitzuwirken und die erforderlichen Arbeitskräfte und Messgeräte auf eigene Kosten zu stellen.“
23.10	„Der Auftragnehmer ist verpflichtet, auf seine Kosten folgende Prüfungen, Messungen und Analysen durchzuführen und mit der Aufforderung zur Abnahme die folgenden entsprechenden Unterlagen vorzulegen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. alle beanstandungsfreien behördlichen Abnahmebescheinigungen;</li> <li>2. alle zur Benutzung und Inbetriebnahme der Gebäude erforderlichen betrieblichen Genehmigungen;</li> <li>3. alle nach VOB/C notwendigen Prüfprotokolle/-gutachten von Sachverständigen, in denen die Abnahme bescheinigt wird, insbesondere die Messung der Luftdichtigkeit (Blower-Door-Test) sowie den Energiepass;</li> <li>4. sämtliche Bestandspläne im erforderlichen Maßstab in normgerechter (Layerstrukturen gemäß Vorgabe Auftraggeberin) Darstellung in Papierformat sowie auf elektronischem Datenträger im dxf- oder dwg-Format. ...</li> <li>5. Geräte- und Anlagenverzeichnisse inkl. Bedienungs- und Instandhaltungsanleitungen (dies betrifft auch die Spielgeräte im Außenbereich);</li> <li>6. die Gewährleistungs- und Herstellerverzeichnisse sowie die Abnahmeprotokolle;</li> <li>7. den Nachweis der erfolgreichen Einweisung der Nutzer in technische Anlagen.“</li> </ol>

Für den Prozess der Errichtung und die Abnahmen werden umfangreiche Vorgaben gemacht. Für die Vorabnahmen wird der Auftragnehmer als Ersteller benannt, bei der Abnahme fehlt diese Festlegung. Es erfolgt bei der Abnahme keine klare Differenzierung zwischen den Abnahmen nach VOB von Bauherr/Fachplaner gegenüber den Errichtern und der Abnahme der ÖPP-Leistung von LHH gegenüber dem ÖPP-Anbieter. Für die Durchführung werden Zeitpunkte und Fristen benannt. Es werden jedoch mit wenigen Ausnahmen keine verbindlich zu verwendenden Vorlagen für Dokumente mit fachlichen Inhalten vorgegeben.

Die Inbetriebnahmen sollten frühzeitig, am besten im Zuge der Vertragsverhandlungen im Grundsatz formal und inhaltlich abgestimmt werden. In §23.9 wird z.B. gefordert, dass „Der Auftragnehmer ... [hat] bei der Abnahme mitzuwirken“ hat. Der Auftragnehmer hat im Projekt nach VOB die Abnahmen mit seinen Fachplanern und ausführenden Firmen vollständig umzusetzen.

Inhaltlich sind in §23.10 lediglich ein Protokoll zur Luftdichtheit und der Energiepass gefordert. Auch hier könnte eine frühzeitige Abstimmung der durchzuführenden Prüfungen, geschuldeten Unterlagen und ihrer Erstellung den Prozess unterstützen. Hierzu sollte vereinbart werden, dass der Auftragnehmer einen Inbetriebnahmeplan erstellt, der Unterlagen und Verantwortlichkeiten festlegt und dem Auftraggeber die Möglichkeit zur Begleitung ermöglicht. Für die Gebäudeautomation und Anlagentechnik sollte ein Probetrieb von mindestens 4 Wochen mit geeigneten Nachweisverfahren vereinbart werden. Dazu kann der Probetrieb in der Regel auch in das erste Betriebsjahr gelegt werden und so von der Vollständigkeitsprüfung entkoppelt werden.

#### 4.3.4 Einweisungen der LHH-Bauunterhalter und der Nutzer

Im Rahmen von Einweisungen wird das spätere Betriebspersonal eines Gebäudes mit den Anlagen vertraut gemacht und in die Lage versetzt, diese fachgerecht zu betreiben. Für die verschiedenen Gewerke sind nach VOB-C (z.B. für die Gebäudeautomation<sup>30</sup>) Einweisungen als Nebenleistung festgelegt. Wiederholte oder zusätzliche Einweisungen sind besondere Leistungen. Die VOB regelt nicht im Detail die Form oder Inhalt der Einweisung. Eine Einweisung der Nutzer ist nicht explizit vorgesehen.

In den Vergabeunterlagen werden Einweisungen nach VOB nicht explizit erwähnt. Jedoch wird im Projektvertrag der Nachweis von Einweisungen der Nutzer in technische Anlagen gefordert, siehe Tabelle 10.

**Tabelle 10 Vorgaben zur Durchführung von Einweisungen im Projektvertrag<sup>31</sup>**

§	Vorgaben
23.10	„Der Auftragnehmer ist verpflichtet, auf seine Kosten folgende Prüfungen, Messungen und Analysen durchzuführen und mit der Aufforderung zur Abnahme die folgenden entsprechenden Unterlagen vorzulegen: [...] 7. den Nachweis der erfolgreichen Einweisung der Nutzer in technische Anlagen.“

Die Formulierung lässt offen, welche Gewerke und Anlagen betroffen sind und in welcher Form die Einweisungen durchzuführen sind. Der Nachweis der durchgeführten Einweisung soll bei Aufforderung zur Abnahme vorgelegt werden. Dies bedeutet nach PV 23.7+8, dass die Einweisungen der Nutzer spätestens 3 Wochen vor Abnahme erfolgen muss. Da hier viele Bedienelemente betroffen sind, die erste sehr spät im Bauablauf installiert und in Betrieb genommen werden, erscheint diese Vorgaben nicht praktikabel.

Die Begleitung der Nutzer zeigte, dass diese zum einen zum Zeitpunkt der Einweisung in besonderer Weise mit Ihren eigentlichen Kernaufgaben beim Bezug des Gebäudes be-

lastet sind. Die einweisenden Vertreter der Errichter waren offensichtlich auch wenig vorbereitet auf die (unübliche) Aufgabe einer Einweisung von Nutzern (nicht des Betriebspersonals) und stehen im weiteren Verlauf der Nutzung auch nicht mehr als Ansprechpartner zur Verfügung. Eine effektive und nachhaltige Einweisung der Nutzer ist unter diesen Umständen nur schwer umsetzbar. Dies wurde auch in den Nutzerworkshops deutlich (siehe Abschnitt 5).



Abbildung 16 Einweisungen: links K5, 31.07.13, rechts K2, 24.05.2013<sup>32</sup>

#### 4.3.5 Revisionsunterlagen und Dokumentation

In Anlage allgB14 ist eine Liste geforderter Revisionsunterlagen angehängt, siehe Abbildung 17.

FB 19 Revisionsunterlagen 09.09.2010 ENTWURF

Proj. Nr.:	Bitte eintragen	ist erforderlich	liegt vor	wird nachgereicht	Grundleistung HOA I	Termin
LA Buch Nr.:	Bitte eintragen					
Geb. Nr.:	Bitte eintragen					
Lieg. bez.:	Bitte eintragen					
Nr.	Gegenstand					
	Produktnachweise der verwendeten Fabrikate				8	
	Übersicht Kundenservice				8	
	Montageanleitungen der Hersteller				8	
	Zulassungen verwendeter Bauteile (z. B. BSK) einschl. Übersichtspläne				8	
	Partikelmessung AUR 1. Messung				8	
	MSR Technik Unterpunkte siehe Anlage				8	
	Sonstiges					
	<b>Heizung/ zentrale Wassererwärmungsanlagen</b>		X			
	Anlagenbeschreibung				5/8	
	Nachweis zum hydraulischen Abgleich	X			8	
	technische Berechnungen zum Wärmebedarf, zum Rohrnetz und Auslegung der Heizflächen	X			8	
	Einstellwerte der Ventile	X			8	
	Revisionsunterlagen mit Lage der Revi-Öffnungen	X			8	
	Schaltschemata				8	

Abbildung 17 Liste der Revisionsunterlagen (Ausschnitt)<sup>33</sup>

Es wird nicht beschrieben, wie die Liste im Projekt anzuwenden ist. Ein Verweis, z.B. auf VDI 6026 oder BHKS-Regel 2.001<sup>34</sup>, erfolgt nicht. Außerdem sind in der Anlage allgB14 weitere Vorgaben für die CAD-Dokumentation sowie die Beschriftung und Dokumentation technischer Anlagen enthalten.

Die tatsächliche Umsetzung der Dokumentation ist nicht Gegenstand dieses Projekts.

#### 4.3.6 Wartung und Einregulierung

Vorgaben für die Wartung und Einregulierung werden in Teil A der Vergabeunterlagen gemacht, siehe Tabelle 11.

**Tabelle 11 Prüfvorgaben in der Planungsphase laut VU-Teil A<sup>35</sup>**

Nr.	Vorgaben
3.4.4	„Die anzubietenden Einregelungsleistungen werden mit dem Ziel vergeben, die technisch bedingten Verbräuche zu optimieren. Nach Nutzungsbeginn hat der Auftragnehmer in den ersten drei Jahren durch geeignete Maßnahmen die technischen Anlagen auf die konkreten Bedingungen in den betreffenden Gebäuden so einzustellen und einzuregeln, das die Verbräuche im Rahmen der technischen Möglichkeiten weitestgehend optimiert werden. Die vorgenommenen Maßnahmen sind für den Auftraggeber nachvollziehbar zu dokumentieren.“
3.4.5	„Die Kosten für diese Wartungs- und Einregelungsleistungen sind für jede Kita einzeln zu kalkulieren und werden zusätzlich zum Pauschalpreis vergütet. Ausgenommen sind ausschließlich Entstörungen und Instandsetzungen, die nachweislich nicht auf einen Gewährleistungsmangel zurückzuführen sind. Die Zahlung erfolgt vierteljährlich nach Leistungserbringung. Die durchgeführten Wartungsarbeiten sind in geeigneter Weise vom Auftragnehmer regelmäßig zu dokumentieren.“

Für Gebäude mit dem technischen Anspruch der 8 Kitas ist eine aktive Einregulierungsphase erforderlich, um die Ziele für Komfort, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Deshalb erscheint die sehr allgemein gehalten Forderung nach „Einregulierung“ als zu schwache Forderung, zumal die Erreichung der energetischen Ziele im Betrieb nicht vom Auftragnehmer geschuldet ist.

Es wird deshalb empfohlen, für die Funktionalitäten der technischen Anlagen, die im Betrieb einreguliert werden können (Hydraulik, Gebäudeautomation) so genau zu spezifizieren, dass eine exakte, vertragsfeste Prüfung möglich ist.

Möglich ist dies zum Beispiel durch die Weiterführung des Probebetriebs als Monitoring in den ersten beiden Betriebsjahren. Dies sollte, auch schon in der Inbetriebnahme, durch einen unabhängigen Dritten erfolgen. Bei Abweichungen zu den vereinbarten Zielen können diese im Zuge von Einregulierungsterminen behoben werden. Um konstruktive Reaktionen zu ermöglichen und Streitigkeiten über Ursachen und Schuldigkeiten zu vermeiden, könnte ein festes Kontingent von Präsenztagen mit dem Auftragnehmer vereinbart werden. Erst wenn Abweichungen nicht durch Einregulierung zu beheben sind, ist festzustellen, ob hier ein Fehler des Betreibers, ein Fehlverhalten des Nutzers oder ein versteckter Mangel vorliegt.

#### 4.4 Qualitätssicherung nach proKlima

Für die Gebäude wurde die Ausführung im Passivhausstandard verlangt. Dieser ist lt. Ausschreibungsunterlagen durch proKlima – der enercity Fonds zu bestätigen. Hierzu war ein unabhängiger Qualitätssicherer zu beauftragen, der die Maßnahmen in Planung und Errichtung begleitet.

##### 4.4.1 Förderkriterien und Vorgaben für Prüfungen und Dokumentation

Alle Kitas erhielten die geforderte Qualitätssicherung entsprechend der Förderanforderungen des regionalen Klimafonds proKlima. Die Qualitätssicherung umfasst Prüfungen von Bauphysik, Gebäudetechnik und Passivhaus-Bilanz und wird von in der Passivhaus-Bauweise erfahrenen Planern durchgeführt. Die nachstehende Tabelle 12 gibt eine Übersicht zum Prüfumfang der proKlima-Qualitätssicherung:

**Tabelle 12 Prüfumfang proKlima-Qualitätssicherung, im Download verfügbar unter [www.proKlima-hannover.de](http://www.proKlima-hannover.de)**

Qualitäts-sicherung	Gebäudehülle	Gebäudetechnik	Passivhaus-Bilanz
<b>Schritt 1</b>	Prüfung Entwurfs- und Ausführungsplanung: - Flächen- und Volumenberechnung - energetische Kennwerte der Gebäudehülle - Wärmebrückenoptimierung, Luft- und Winddichtheit der Anschlussdetails - Sommerkomfort nach DIN 4108	Prüfung Entwurfs- und Ausführungsplanung Lüftungsanlage: - Raumluftqualität, Betriebsstundenprognose, Zeitschaltprogramme, Volumenströme, Wärmebereitstellungsgrad, Druckverluste Kanalnetz, Schalldämpfer Prüfung Entwurfs- und Ausführungsplanung Heizungsanlage: - Erzeugung, Speicherung, Verteilung, Heizregister, Heizflächen, Pumpen - Heizlastberechnung und hydraulischer Abgleich	
<b>Schritt 2</b>	Vor-Ort-Prüfung während der Bauphase: Check, ob die Komponenten bauphysikalisch korrekt eingebaut sind und mit den Ansätzen der Passivhaus-Bilanz übereinstimmen	Vor-Ort-Prüfung Lüftungsanlage während der Bauphase: - Montage Kanalnetz  Vor-Ort-Prüfung Heizungsanlage während der Bauphase: - Rohrnetz Heizungsanlage	Laufender Abgleich der Passivhaus-Bilanz bis zur Fertigstellung
<b>Schritt 3</b>	Luftdichtheitsmessung	Check von Zugänglichkeit, Sicherheitseinrichtungen, Reinheit sowie Anlagendokumentation inklusive Einstellungen zur Inbetriebnahme	
<b>Schritt 4</b>	Abschlusstestat Passivhaus-Standard		

#### 4.4.2 Umsetzung im Projekt

Die in diesem Projekt durchgeführten Qualitätsprüfungen nach den Vorgaben von proKlima entsprechen dem dargestellten Ansatz. Die entsprechenden Prüfergebnisse wurden in den normalen Projektablauf integriert. Entsprechende Protokolle wurden zur Berücksichtigung im weiteren Planungs- und Bauverlauf an den Auftragnehmer geleitet.

Punkt	Inhalt	zuständig/ Termin
	<p><b>Fensterdetails:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandleibungen müssen für das Ankleben des Dichtbandes glatt (Glattstrich) und staubfrei sein, der Untergrund ist mit Haftgrund zu versehen</li> <li>• Dichtband ist dauerhaft, luftdicht mit elastischer Klebemasse anzuschließen.</li> <li>• Dichtband außen für unteren Anschluss an Sockel ist dauerhaft, luftdicht anzuschließen. Für den Selbstklebestreifen muss das Profil trocken und staubfrei sein. Der Klebestreifen ist so an das Profil anzudrücken, dass die Klebefläche möglichst groß ist. Hier ist, wie auf der Baustelle mit dem Polier erörtert, die Klebefläche in das Profil zu drücken.</li> </ul>  <p><b>Hinweis:</b> Fugen zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk sind mit Steinwolle auszustopfen.</p> <p><b>Datenblätter/bauaufsichtliche Zulassung:</b> Datenblätter, bauaufsichtliche Zulassungen und Produktzertifikate der eingebauten Fenster, des luftdichten Gewebeklebebandes und des Kartuschenklebstoffes sind an [redacted] einzureichen.</p>	<p>[redacted]</p> <p>[redacted]</p> <p>[redacted]</p>

**Abbildung 18 Aktennotiz des Qualitätssicherers, Baubegehung zur Qualitätssicherung Bauausführung, 02.12.2012**

Für einzelne Messungen wurden Ergebnisse in Prüfprotokollen dokumentiert, siehe Abbildung 19.

Für die Gebäude wurde nach Fertigstellung durch ein Abschlusstest des Qualitätssicherers bestätigt, dass die Anforderungen an den Passivhausstandard nach proKlima erfüllt sind. proKlima fördert auch die Umsetzung eines Monitorings in den ersten zwei Jahren des Gebäudebetriebs. Dies wurde im Fall der 8 Kitas im Rahmen dieses Forschungsprojekts durchgeführt.

Der Qualitätssicherungsprozess nach proKlima ist umfangreich, hat sich aber auch in diesem Projekt als praktikabel erwiesen. Weitere Entwicklungen erfolgten während des Projekts im Bereich der TGA, insbesondere der Lüftung. Sinnvolle Möglichkeiten für Ergänzungen der Qualitätssicherung werden in den bereits oben angesprochenen Prüfungen der Inbetriebnahme, insbesondere Automation, sowie der Betriebsoptimierung im Zuge eines Monitorings der ersten beiden Betriebsjahre gesehen. Dies bestätigt auch die im folgenden Abschnitt dargestellte Analyse des Gebäudebetriebs

## Messprotokoll

Zuluft					
Raumbezeichnung	Geschoss	Luftmenge geplant [m³/h]	Luftmenge gemessen [m³/h] Installateur	Abweichung [%]	Abweichung [m³/h]
0.07 Küche	EG	320	316	99%	-4
0.12 Essen	EG	600	636	106%	36
0.14 Gruppenraum U3	EG	425	452	106%	27
0.18 Gruppenraum U3	EG	275	305	100%	0
0.19 Kleingruppenraum	EG	150	120		
0.24 Büro Kitaleitung	EG	50	45	90%	-5
1.02 Flur / Garderobe	OG	470	483	103%	13
1.04 Gruppenraum Kinder	OG	675	665	99%	-10
1.08 Multifunktionsraum	OG	250	245	98%	-5
1.09 Gruppenraum Integ.	OG	400	429	106%	32
1.10 Kleingruppenraum	OG	150	153		
1.13 Gruppenraum U3	OG	275	288	103%	13
1.14 Kleingruppenraum	OG	150	150		
1.17 Behinderten-WC	OG	80	83	104%	3
<b>Summe</b>		<b>4270</b>	<b>4370</b>	<b>102%</b>	<b>100</b>

Abbildung 19 Protokoll der Luftmengenmessung in Kita K5 vom 16.07.2013

### 4.5 Fazit Qualitätsmanagement

Für die 8 Kitas wurde ein ambitionierter Gebäudestandard angestrebt. Dieser wurde in den Vergabeunterlagen umfangreich definiert. Dabei wurde in vielen Punkten auf den Passivhausstandard bzw. die Anforderungen nach proKlima verwiesen. Insgesamt zeigten die Unterlagen in Bezug auf die erwarteten technischen Lösungen eine Ambivalenz zwischen Präzisierung der Forderungen und dem Wunsch nach ergebnisoffener Lösungssuche. Hierzu wurden oben Vorschläge gemacht, die für die Bauaufgabe Kita eine eher straffere Vorgabe von technische Lösungen vorsehen. Ziel ist eine Vermeidung nicht zielführender Planungsleistungen, von denen keine weiteren Optimierungen zu erwarten sind, sowie eine Vereinfachung des darauf folgenden Qualitätsmanagements bis in die Instandhaltung, deren beider Leistungen mit einfachen und wiederkehrenden Lösungen effektiver erbracht werden können.

Zur Erreichung der Zielsetzungen wurde in diesem Projekt ein umfangreiches Qualitätsmanagement geplant und umgesetzt. In der Praxis wurden nicht alle Schritte wie erwartet umgesetzt. Dafür wurde der Prozess aber an anderer Stelle mit zusätzlichem Einsatz durch Mitarbeiter der LHH erweitert. Auch die ergänzende Qualitätssicherung nach proKlima hat das Projekt von der Konzeption bis zur Übergabe begleitet, so dass am Ende alle Gebäude durch proKlima zertifiziert wurden. Insofern kann das Qualitätsmanagement als erfolgreiche Maßnahme bezeichnet werden.

Trotzdem werden auch hier einige ergänzende Empfehlungen gegeben, die sich aus der Akteursanalyse (Abschnitt 5, 4A-Side GmbH) und der Betriebsanalyse ergeben (Abschnitt 6, energydesign braunschweig GmbH). In den nächsten Abschnitten werden diese Maßnahmenbereiche des Qualitätsmanagements dargestellt, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts umgesetzt wurden.

## 5 AKTEURSANALYSE UND ENTWICKLUNG VON SEMINARKONZEPTEN

Im Zuge des Forschungsprojekts wurden Nutzerworkshops konzipiert und durchgeführt. Die Nutzerworkshops dienten einerseits der Akteursanalysen und beinhalteten andererseits eine Intervention, da die am Workshop teilnehmenden sich mit anderen Projektbeteiligten austauschen und sich auf die Inbetriebnahme vorbereiten konnten. Die Akteursanalysen wurden durch Reflexionsgespräche nach der Inbetriebnahme ergänzt. Im Zuge des Projektes hat sich herausgestellt, dass die Kita-Leitung eine zentrale Rolle einnimmt, so dass der Fokus auf die Kita-Leitung gelegt wurde. Die Kita-Leitung ist unmittelbar mit Aufgaben und Problemen bei Inbetriebnahme des neuen Gebäudes betroffen und die Kommunikationsschnittstelle zwischen anderen Projektbeteiligten, Mitarbeitenden, Eltern und Kindern. Eine nutzerspezifische mobile Anwendung als Feedbacksystem zwischen Nutzer und Gebäudeverwaltung wurde nicht gewünscht und erschien daher nicht sinnvoll. Aus den Workshops und Interviews ergeben sich methodische Ansätze für Coaching und Informationskampagnen für die verschiedenen Akteure.

### 5.1 Nutzerworkshops

Ziel der Nutzerworkshops war es, dass Nutzerinnen und Nutzer sowie weitere Projektbeteiligte zur Perspektivübernahme angeregt werden, die Nutzerinnen und Nutzer eigene Erfahrungen aktivieren und ihren Handlungsspielraum nutzen, um sich auf den Inbetriebnahmeprozess vorzubereiten. Gleichzeitig diente der Workshop dazu, Nutzerbedürfnisse zu identifizieren.

Vor der Inbetriebnahme wurden Nutzerworkshops durchgeführt. Zu diesen Nutzerworkshops wurden die Kita-Leitungen sowie weitere Beteiligte eingeladen. Die Workshops fanden an drei Terminen von März 2013 bis Mai 2013 statt. Nach der Begrüßung und Erwartungsabfrage folgten im Workshop drei Phasen: (1) Informationsphase, (2) Analyse- und Integrationsphase und (3) Lösungs- und Kreativphase, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

An den Workshops nahmen insgesamt 54 Personen teil. Davon durchliefen 20 Nutzerinnen und Nutzer sowie vier Beteiligte der LHH aus den Fachbereichen Gebäudemanagement und Jugend und Familie den kompletten Workshop. 30 weitere Projektbeteiligte nahmen ausschließlich an der Informationsphase teil.

**Tabelle 13 Beschreibung der Phasen der Nutzerworkshops**

Phase	Inhalt
(1) Informationsphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Nutzerinnen und Nutzer wurden über gewöhnliche Prozesse, die im Rahmen von Inbetriebnahmen ablaufen, informiert und bekamen die Gelegenheit zum Austausch mit weiteren Projektbeteiligten, die in der Informationsphase an den Nutzerworkshops teilnahmen.</li> </ul>
(2) Analyse und- Integrationsphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Nutzerinnen und Nutzer verbanden die erhaltenen Informationen mit eigenen Erfahrungen in Bezug auf Einweisungen, Umgang mit Handwerkern und Notfällen in Gebäuden, um Handlungsbedarfe festzustellen.</li> </ul>
(3) Lösungs- und Kreativphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Nutzerinnen und Nutzer entwickelten Ideen zur Bewältigung der künftigen Herausforderungen, legten Maßnahmen fest und dokumentierten diese in einem Maßnahmenplan.</li> </ul>

## 5.2 Ergebnisse der Workshops

In den Nutzerworkshops konnten Wünsche und Vorstellungen der Nutzerinnen und Nutzer hinsichtlich ihres Informationsbedarfes, der Einweisung in technischen Anlagen und Geräte, der Dokumentation von Wartungsarbeiten sowie des Austausches der Kindertagesstätten untereinander und des Austausches mit der LHH identifiziert werden. Diese Wünsche sind in Tabelle 14 beschrieben.

**Tabelle 14 Wünsche, Vorstellungen und Maßnahmen der Nutzerinnen & Nutzer**

Kategorie	Beschreibung
<b>Informationsbedarf</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Nutzerinnen und Nutzer wünschen sich eine Liste mit allen Ansprechpartnern und zudem eine Notfallnummer. Einem Ansprechpartner würden sie gerne mehrere Anliegen schildern können, der diese dann entsprechend verteilt. Es wurde in den Workshops bedauert, dass es keinen Hausmeister-Service gibt.</li> <li>Zudem werden Informationen in Form von Nutzerhandbüchern in Papierform und als Datei gewünscht. Auch wurde angesprochen, dass Informationen zur Funktionsweise der Gebäude für die gesamte Belegschaft hilfreich wären.</li> </ul>
<b>Einweisungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aus der Einweisung soll hervorgehen, in welchen Fällen die Nutzerinnen und Nutzer aktiv werden sollen und wo ein Eingreifen unterlassen werden soll. Die Einweisung soll notwendige Handlungen schrittweise aufführen. Verhaltensregeln für Mitarbeitende sollen im Nachgang die Nachhaltigkeit sicherstellen.</li> <li>Die Einweisungen sollten daher durch entsprechende Hinweisschilder unterstützt werden, in denen kurz und knapp die wichtigen Handlungsschritte</li> </ul>

	bei definierten Fällen festgehalten werden. Insbesondere soll dabei darauf verwiesen werden, welche Informationen Ansprechpartner im Falle von Störungen benötigen, um weitere Maßnahmen veranlassen zu können.
<b>Dokumentationen über Rest- und Wartungsarbeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Nutzerinnen und Nutzer hielten ein „Handwerkerbuch“ für nützlich, in dem sich Handwerker eintragen und die Arbeit kurz dokumentieren, damit ein Überblick bestehen bleibt. Die Nutzerinnen und Nutzer haben dies in ihrem Maßnahmenplan als zu erledigende Tätigkeit aufgenommen.</li> </ul>
<b>Austausch</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ein Austausch der KiTas untereinander wurde befürwortet, um von den Erfahrungen der anderen zu lernen und Fehler frühzeitig zu vermeiden.</li> <li>Auch der kontinuierliche Austausch mit anderen Projektbeteiligten ist den Nutzerinnen und Nutzern wichtig. Eine Vorstellung der Strukturen und Abläufe des Gebäudemanagements der LHH wird dabei als förderlich gesehen.</li> </ul>

### 5.3 Bewertung der Workshops als Gesamtmaßnahme

Von den 24 Workshopteilnehmern, die alle Phasen durchliefen, waren vier Teilnehmer sehr zufrieden, elf zufrieden, neun weder zufrieden noch unzufrieden und eine Person unzufrieden. Gut gefiel den Teilnehmenden besonders, dass sie die Projektbeteiligten und Kolleginnen und Kollegen der anderen Kindertagesstätten kennenlernen, mit Ihnen in den Austausch gehen und Fragen stellen konnten. Sie schätzten diesen Austausch und diese Möglichkeit der Kommunikation. Ebenfalls positiv gefiel den Teilnehmenden, dass sie zielgerichtet arbeiten konnten, eine Klärung von Fragen erzielt wurde und Ergebnisse in Form von Checklisten und Maßnahmenplänen erzielt wurden. Zudem wurde die Organisation und Moderation der Workshops positiv hervorgehoben. Weniger gut gefiel den Teilnehmenden, dass sie keine konkrete Vorstellung der Themen hatten. Sie hatten zudem das Gefühl, dass zum Teil nicht genügend Informationen geliefert wurden und erst auf Nachfrage Fragen beantwortet werden konnten. Die Räumlichkeiten, in denen die Workshops durchgeführt wurden, gefielen den Nutzerinnen und Nutzern nicht. Zudem wurde der Workshop zum Teil als zu lang wahrgenommen.

### 5.4 Reflexionsgespräche

Die Reflexionsgespräche wurden drei bis acht Monate nach der Inbetriebnahme mit der an den Workshops teilnehmenden Kita-Leitung oder deren Stellvertretung durchgeführt. Zielsetzung war es, einerseits zu prüfen, welche Maßnahmen umgesetzt werden konnten und welche förderlichen und hinderlichen Faktoren es bei der Umsetzung gab. Andererseits konnten die Nutzerinnen und Nutzer ihr Erleben des Inbetriebnahmeprozesses schildern, aus dem weitere Handlungsempfehlungen für künftige Projekte abgeleitet werden können. Die Reflexionsgespräche erfolgten leitfadengestützt. Zunächst wurden die Interviewpartnerinnen und –partner danach befragt, was seit dem Nutzerworkshop geschehen sei und welche besonderen Ereignisse besonders in Erinnerung geblieben sind. Danach wurden die Maßnahmen aus dem Nutzerworkshop reflektiert. Schließlich wurden Auffälligkeiten erfragt und festgehalten, welche Wünsche die Nutzerinnen und Nutzer an den Inbetriebnahmeprozess haben.

## 5.5 Ergebnisse der Reflexionsgespräche

Während der Inbetriebnahme berichtete das Leitungspersonal über verschiedene Aufgaben. Das Team musste Arbeitsabläufe besprechen, z.T. wurde noch Personal ausgewählt, Elterngespräche wurden geführt und Kinder aufgenommen. Parallel kamen durch Restarbeiten und Probleme mit dem Gebäude bis hin zu Schäden weitere Anforderungen auf die Nutzerinnen und Nutzer zu. Die Kita-Leitungen waren insbesondere gefordert, sich mit Projektbeteiligten abzustimmen. Erfahrene Kita-Leitungen städtischer Träger forderten hier stärker von den Projektbeteiligten Lösungen ein, da sie die Erfahrung gemacht haben, dass man hartnäckig sein müsse, damit die Probleme gelöst werden.

Weniger erfahrenen Nutzerinnen und Nutzern blieb häufig nicht klar, wer wann anzusprechen ist. In der Praxis konnten sie z.T. aber Wege finden, um Anliegen zu transportieren (z. B. vor Ort befindliche Ansprechpartner).

Die Absprache mit den Gewerken funktioniert dabei teilweise gut, teilweise gibt es Schwierigkeiten. Die Kita-Leitungen unterscheiden sich vor allem in der Bewertung der Situation. Einige erwarten eine fertige Kita ohne Restarbeiten, während andere Restarbeiten als üblich einstufen. Dabei musste sich das Personal durch ausstehende Restarbeiten anpassen. Nicht zur Verfügung stehende Räume oder Anlagen (z.B. Fahrstuhl) wirkten sich auf die Arbeitsorganisation und z.T. auch auf das pädagogische Konzept aus.

Einweisungen für die Nutzerinnen und Nutzer haben ebenfalls stattgefunden, wobei viele erst später als gewünscht stattfanden. Zum Teil konnten sich die Nutzerinnen und Nutzer vor der Einweisung die Geräte erklären lassen. Hilfreich fanden die Nutzerinnen und Nutzer vor allem die Anwesenheit von Ansprechpartnern vor Ort, die bei Problemen die Geräte erklären konnten.

Obgleich die Nutzerinnen und Nutzer vorwiegend Probleme berichteten und mit der aktuellen Situation eher unzufrieden waren, berichteten sie auf Nachfrage auch über Vorteile des Gebäudes. Insbesondere im Vergleich zu den bisherigen Gebäuden, in denen sich die Kita befand oder die Kita-Leitung gearbeitet hatte, wird das aktuelle Gebäude positiv beurteilt. Die Kita-Leitungen sehen überwiegend, dass wenn ausstehende Probleme beseitigt werden, die Gebäude sehr hohe Komfortstandards erfüllen können. Dieser Punkt ist insbesondere insofern hervorzustellen, da die Nutzerinnen und Nutzer dies kaum gegenüber anderen Projektbeteiligten kommunizieren.

## 5.6 Ansätze für Coaching und Informationskampagnen

Auf Basis der Nutzerworkshops und Reflexionsgespräche konnten methodische Ansätze für Coaching, Training und Informationskampagnen entwickelt werden.

**Tabelle 15 Methodische Ansätze für Coaching und Informationskampagnen**

Akteure	Maßnahmen
<b>Nutzerinnen und Nutzer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Handlungswissen vermitteln</li> </ul> <p>Die Nutzerinnen und Nutzer benötigen neben grundsätzlichen Informationen zur Funktionsweise des Gebäudes, Informationen über den Ablauf des Inbetriebnahmeprozesses. Dabei soll der Schwerpunkt auf Handlungswissen liegen. Die Nutzerinnen und Nutzer sollen in die Lage versetzt werden, in verschiedenen Fällen richtig zu reagieren (z.B. bei Störungen, Notfällen) und proaktiv zu handeln (z.B. Festlegung von Zuständigkeiten bei Einweisungen). Um sicherzustellen, dass das Nutzerinnen und Nutzer dieses Handlungswissen aneignen, kann mehr als eine Einweisung sinnvoll sein. Vor allem lernen Nutzerinnen und</p>

	<p>Nutzer eher problemorientiert. Erst wenn ein Problem oder ein Anlass auftaucht und die Nutzerinnen und Nutzer dann das Wissen gezeigt bekommen, lernen die Nutzerinnen und Nutzer nachhaltig.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzerinnen und Nutzer auf künftige Aufgaben vorbereiten</li> </ul> <p>Die Kita-Leitung ist gefordert während des Inbetriebnahmeprozesses, Probleme zu kommunizieren und deren Lösung nachzuhalten. Diese Aufgaben werden nicht zwingend von der Kita-Leitung im Vorfeld antizipiert. In den Workshops können sich Nutzerinnen und Nutzer auf anstehende Aufgaben vorbereiten und erste Absprachen mit anderen Projektbeteiligten sprechen. Reflexionsgespräche können dazu beitragen, die Nutzerinnen und Nutzer zu unterstützen.</p>
<p><b>Planer</b> <b>Ausführende Firmen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer erfahren und darauf eingehen</li> </ul> <p>Planer und ausführende Firmen kennen die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer nur unzureichend. In Workshops können sie erfahren, welche Aufgaben Nutzerinnen und Nutzer neben der Inbetriebnahme zu bewältigen haben und welches Vorwissen bei den Nutzerinnen und Nutzern vorhanden ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktives Zuhören und Fragetechniken lernen und anwenden</li> </ul> <p>Um Nutzerbedürfnisse zu identifizieren müssen Planer und andere Beteiligte aktiv zuhören und Fragen stellen, um Informationen einzuholen. In Trainings können diese Kompetenzen vermittelt werden.</p>
<p><b>Bauherr</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzereinbindung steuern</li> </ul> <p>Der verantwortliche Bauherr sollte die Nutzereinbindung bewusst steuern. Hierfür helfen Workshops auf betrieblicher Ebene, die den Umfang der Nutzereinbindung bestimmen und planen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leitfäden und Checklisten nutzen</li> </ul> <p>Um die Nutzereinbindung in konkreten Situationen (z.B. bei der Einweisung) zu gewährleisten, bieten sich Leitfäden und Checklisten an, die dem Bauherrn erleichtern, die Nutzereinbindung zu planen und zu koordinieren.</p>

Aus den Nutzerworkshops und den anschließenden Reflexionsgesprächen ergeben sich Handlungsempfehlungen für die Einbindung von Nutzerinnen und Nutzern.

- Nutzereinbindung beginnt auf betrieblicher Ebene. Hier sollten in Workshops die Ziele der Nutzereinbindung einschließlich erwünschter und unerwünschter Folgen diskutiert und konkrete Maßnahmen vereinbart werden.
- Die Maßnahmen der Nutzereinbindung müssen in die Gesamtplanung des Bauvorhabens integriert werden. Dabei ist sicherzustellen, dass die Nutzereinbindung im Zuge der Fertigstellung nicht ihre zugewiesene Priorität verliert und nicht der Dringlichkeit anderer Arbeiten zum Opfer fällt.
- Die Nutzereinbindung muss die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer berücksichtigen. Diese beschränkt sich nicht allein auf Funktionsweisen des Gebäudes. Vielmehr geht es um einen globaleren Veränderungsprozess der mit dem Einzug in ein neues Gebäude einhergeht. Neben dem Zeitplan des Bauvorhabens sind bei der Nutzereinbindung die gegenwärtigen Anforderungen der Nutzerinnen und Nutzer zu berücksichtigen (z.B. Einstellung von Personal bei Bildung einer neuen KiTa). Diese Anforderungen können die Bereitschaft der Nutzerinnen und Nutzer sich mit gebäudespezifischen Themen auseinander zu setzen reduzieren.
- Eine erfolgreiche Nutzereinbindung sollte um Informationen über Gebäude mit einem hohen Energieeffizienzstandard und deren Funktionsweise ergänzt werden und Informationen über den Ablauf des Inbetriebnahmeprozesses und die relevanten Ansprechpartnerinnen und -partner beinhalten. Es besteht allerdings die Gefahr, dass wenn die Art des Gebäudes zu sehr in den Vordergrund gerückt wird, Nutzerinnen und Nutzer Probleme, die typisch für Neubauten sind, auf die Art des Gebäudes zurückzuführen.
- Die erfolgreiche Nutzereinbindung setzt eine Einbindung von relevanten Ansprechpartnerinnen und -partnern voraus. Diese kann sich auf die Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner beschränken, mit denen die Nutzerinnen und Nutzer in den ersten Monaten vor und während der Inbetriebnahme Kontakt haben. Diese und die Nutzerinnen und Nutzer sollten sich frühzeitig persönlich kennenlernen.

Konkret kann die Nutzereinbindung in künftigen Bauprojekten durch drei kompaktere Workshops im Umfang von zwei bis vier Stunden gestaltet werden.

1. Workshops auf betrieblicher Ebene: Vor- und Nachteile der Nutzereinbindung abwägen, Nutzereinbindung planen
2. Workshop vor Inbetriebnahme: Nutzerinnen und Nutzer über Inbetriebnahme Prozesse informieren, über typische Probleme aufklären und mit den Nutzerinnen und Nutzern Maßnahmen vereinbaren. Dabei die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer aufnehmen.
3. Workshop nach Inbetriebnahme: Reflexion des Inbetriebnahmeprozesses und Vereinbarung von weiteren Maßnahmen

Flankiert kann diese Umsetzung durch Multiplikatorenschulungen (z.B. von technischen Hausmeistern) im Umgang mit den Nutzerinnen und Nutzern durchführen.

## 6 ANALYSE DES GEBÄUEBETRIEBS

Ziel der Landeshauptstadt Hannover war es, die 8 Kitas mit hohen Anforderungen sowohl an die Energieeffizienz als auch an den Komfort umzusetzen. Um die Erreichung der Ziele im Betrieb bewerten zu können, wurde ein umfangreiches Monitoring durchgeführt. Da die Kitas im Verlauf des Jahres 2013 nach und nach in Betrieb gingen, wurde 2014 als Jahr für die Bewertung festgelegt.

### 6.1 Monitoringkonzepte

Für alle 8 Kitas wurden die Gesamtenergieverbräuche Strom und Wärme (Fernwärme/Gas) gemessen. Darüber hinaus wurden bei 5 Kitas detaillierte Messungen zu den Verbrauchsanteilen der einzelnen Systeme installiert. Die Messstellen für den Energieverbrauch sind in Abbildung 22 und Abbildung 23 dargestellt.

Außerdem wurden hier auch rund 250 Datenpunkte aus der Gebäudeautomation erfasst, wie z.B. System- und Raumtemperaturen, Betriebsmeldungen, Zuluftmengen oder Tür- und Fensterkontakte. Die Datenerfassung erfolgte mit Ausnahme der Stadtwerkzähler über die Gebäudeautomation als 15-minütige Momentanwerte.

Daten der Gebäudeautomation wurden sowohl lokal in den Automationsstationen (Fabrikat SAIA) auf einer SD-Speicherkarte, als auch auf der übergeordneten Leitebene gespeichert, auf der Daten über BACnet-Protokoll zentral erfasst werden.

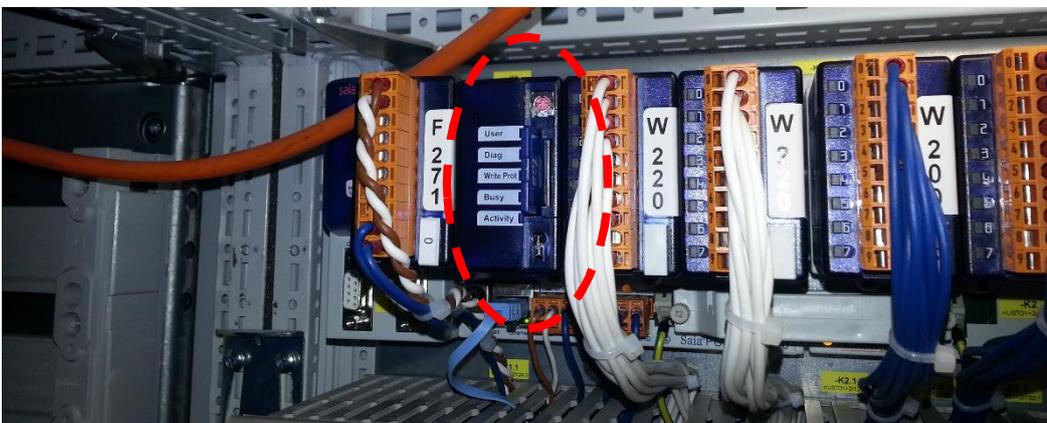


Abbildung 20 Steckplatz SD-Karte (Automationsstation SAIA Kita Börgerstraße)

	A	B	DX	DY	DZ
1	\$Date	\$Time	V043001601WE01K1SF01BS	V043001601WE01K1TF01AU	V043001601WE01K1TF01RL
2		.Comment	Lüftung Kita Betriebsstunden	Lüftung Kita Aussenlufttempeatur	Lüftung Kita Rücklauftemperatur
3		.Units	h	°C	°C
14	29.12.2014	02:35	3600,00	1,90	54,10
15	29.12.2014	02:50	3600,00	1,90	44,10
16	29.12.2014	03:05	3600,00	1,90	40,80
17	29.12.2014	03:20	3600,00	1,80	39,90
18	29.12.2014	03:35	3600,00	1,80	58,90
19	29.12.2014	03:50	3600,00	1,80	42,40
20	29.12.2014	04:05	3600,00	1,80	40,20
21	29.12.2014	04:20	3600,00	1,80	40,20
22	29.12.2014	04:35	3600,00	1,80	59,20
23	29.12.2014	04:50	3600,00	1,80	42,70
24	29.12.2014	05:05	3600,00	1,80	40,50

Abbildung 21 Beispiel für die Datenübergabe aus der GLT als csv-Datei

Die Datenverarbeitung erfolgte mit der Software *energie navigator* der synavision GmbH und mit Microsoft Excel.

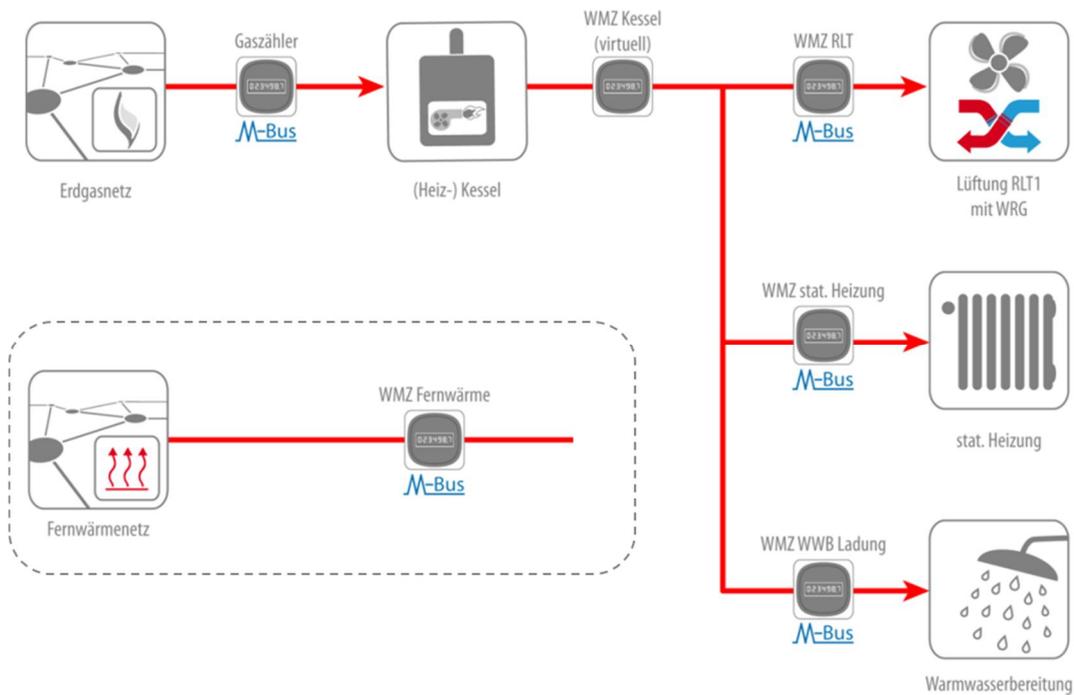


Abbildung 22 Messkonzept Wärme

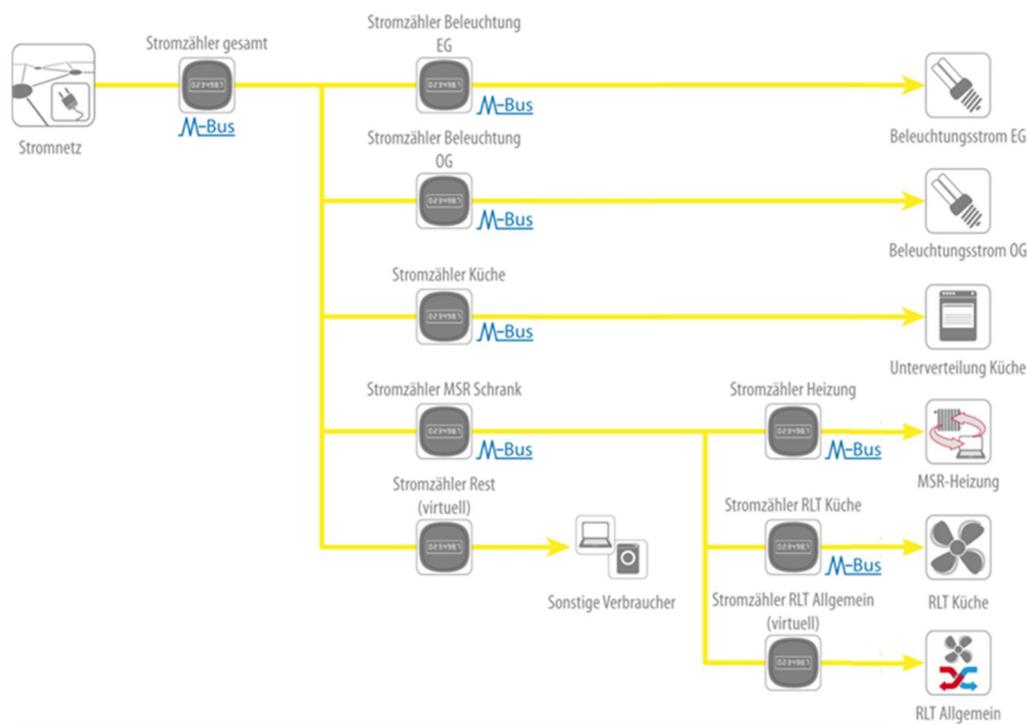


Abbildung 23 Messkonzept Strom

## 6.2 Ergebnisse des Betriebsmonitorings

Der Mess- und Auswertzeitraum für das Monitoring war das Jahr 2014. Auf Basis der Betriebsdaten wird zunächst ein Vergleich zwischen den acht Kitas durchgeführt, der sowohl die absoluten Ergebnisse als auch die Schwankungsbreite zwischen den Kitas aufzeigt.

### 6.2.1 Energie

Ein Schwerpunkt für die Kitas ist die Erreichung der durch den Passivhausstandard vorgegebenen Ziele für die Energieeffizienz der Gebäude. Im Folgenden werden zunächst die gemessenen Energiekennwerte für die Gebäude dargestellt.

#### 6.2.1.1 Primärenergie

Der Primärenergieverbrauch (einschließlich Ausstattung) lag im Mittel bei etwa 150 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>). Dieser Wert umfasst sowohl Kitas mit Fernwärmeversorgung (ca. 100 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>); PE-Faktor: 0,19) und Gas (ca. 179 kWh<sub>PE</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>; PE-Faktor 1,1).

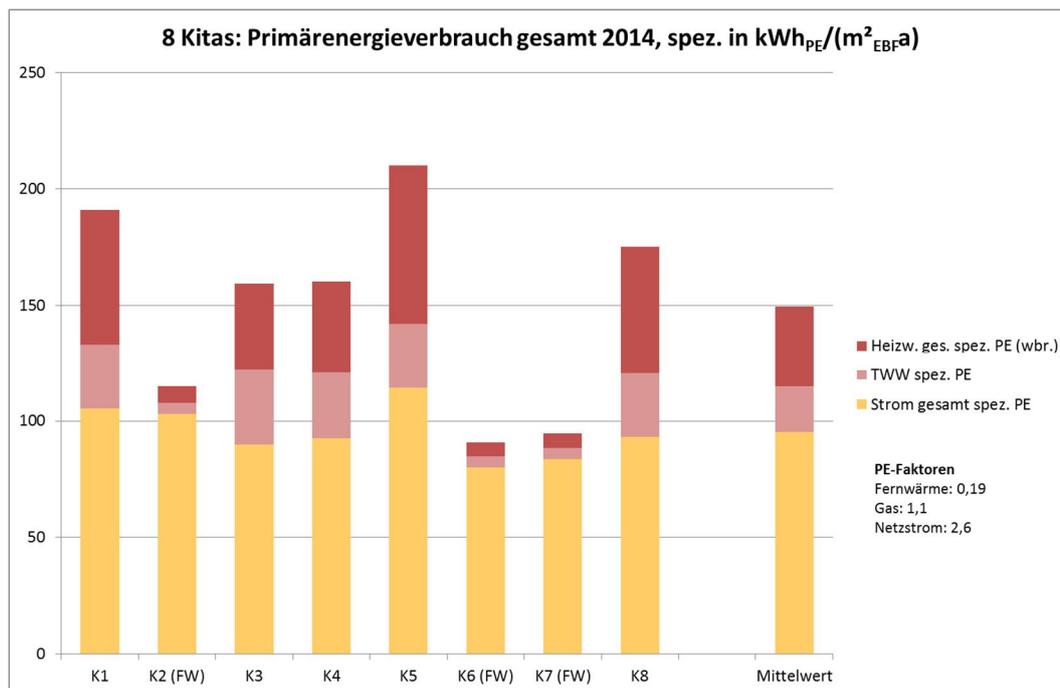
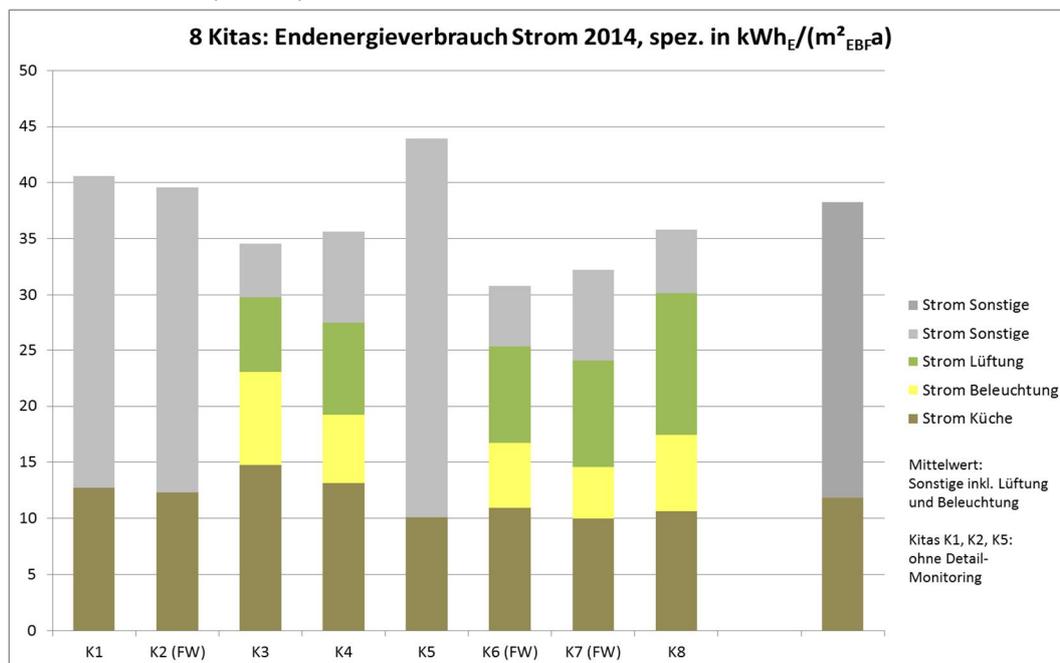


Abbildung 24 Jahres-Primärenergieverbrauch 2014

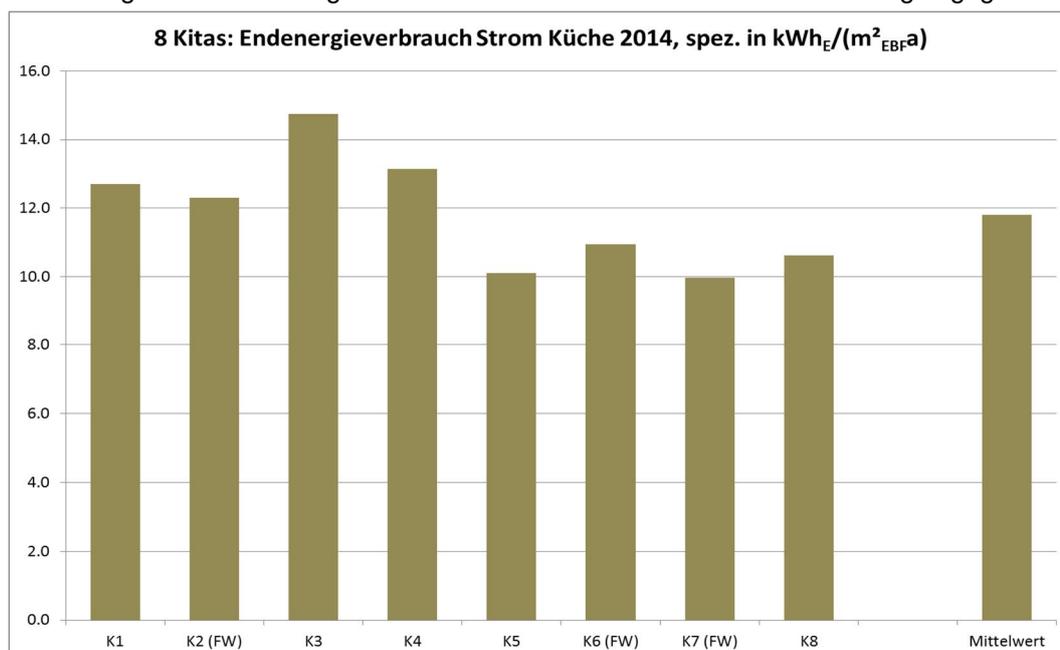
### 6.2.1.2 Endenergie Strom

Der Endenergieverbrauch Strom lag bei ca. 37 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>) mit Einzelwerten im Bereich von 31-44 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>).



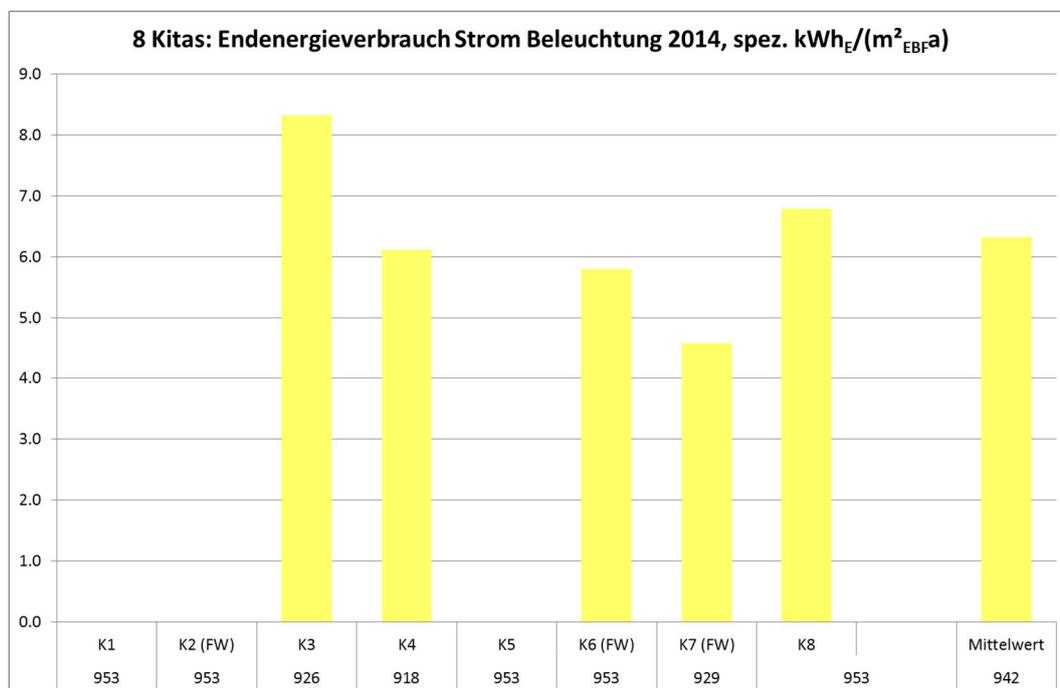
**Abbildung 25 Endenergieverbrauch Strom 2014**

Abbildung 26 bis Abbildung 28 zeigen als separate Darstellung die Energiekennwerte der einzelnen Verbrauchergruppen sowie jeweils den Mittelwert der 8 Kitas. Die Kennwerte für Lüftung und Beleuchtung sind nur für die 5 Kitas im detaillierten Monitoring angegeben.



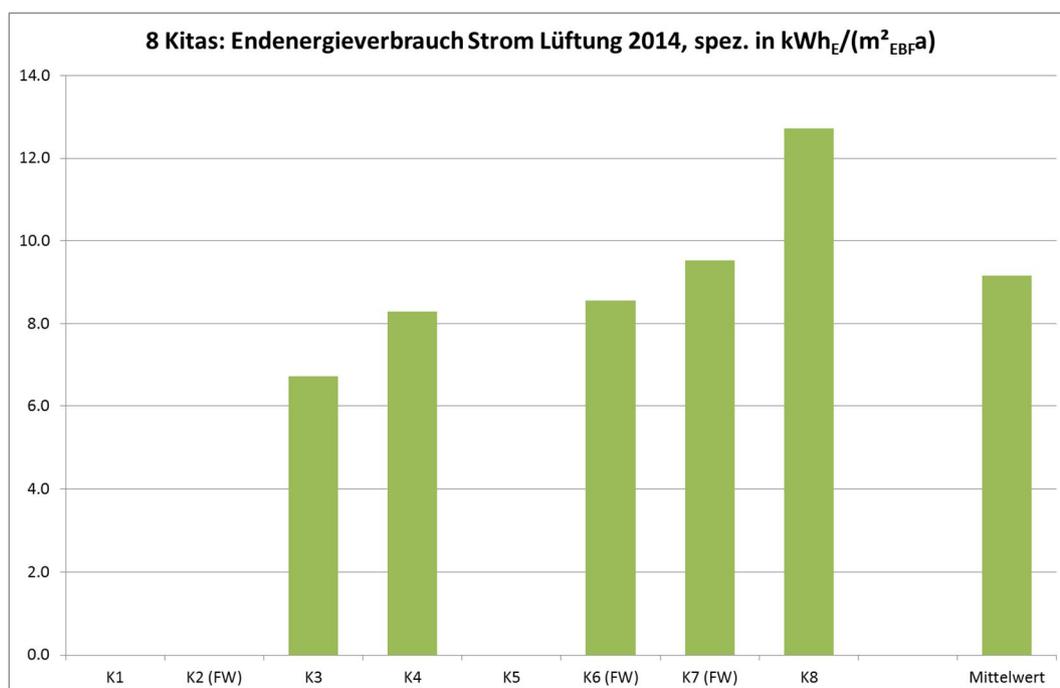
**Abbildung 26 Endenergieverbrauch Strom Küchen 2014**

Der Stromverbrauch der Küchen umfasst die gesamte Ausstattung inkl. Abluft, jedoch ohne die Beleuchtung. Er liegt zwischen 10 und gut 14 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>) mit einem Mittelwert von knapp 12 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>).



**Abbildung 27 Endenergieverbrauch Strom Beleuchtung 2014**

Der Stromverbrauch der Beleuchtung liegt zwischen knapp 5 und mehr als 8 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>) mit einem Mittelwert von rund 6 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>).



**Abbildung 28 Endenergieverbrauch Strom Lüftung 2014**

Der Stromverbrauch der Lüftung liegt in einem Bereich zwischen rund 7 und rund 13 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>) mit einem Mittelwert von 9 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>).

### 6.2.1.3 Endenergie Wärme

Der Endenergieverbrauch Wärme wurde aus dem Gas- bzw. Fernwärmeverbrauch berechnet. Speicherverluste und Umwandlungsverluste der Gaskessel sind enthalten. Messabweichungen zwischen Gesamtmessung und vollständigen Teilmessungen sind in den Werten für die statische Heizung berücksichtigt.

TWW wurde separat nur für die Kitas K3, K4, K6 und K8 gemessen. Bei den anderen Kitas wurde ein Mittelwert dieser Messungen angesetzt, um die übrigen Anteile näherungsweise zu bestimmen. Die Anteile für statische und dynamische Heizung wurden mit einer GTZ (20/12) auf ein Mittel von 3.337 Kd/a<sup>i</sup> normalisiert.

Abbildung 29 zeigt die Zusammensetzung des Wärmeverbrauchs in 2014 und die entsprechenden Mittelwerte für die 8 Kitas.

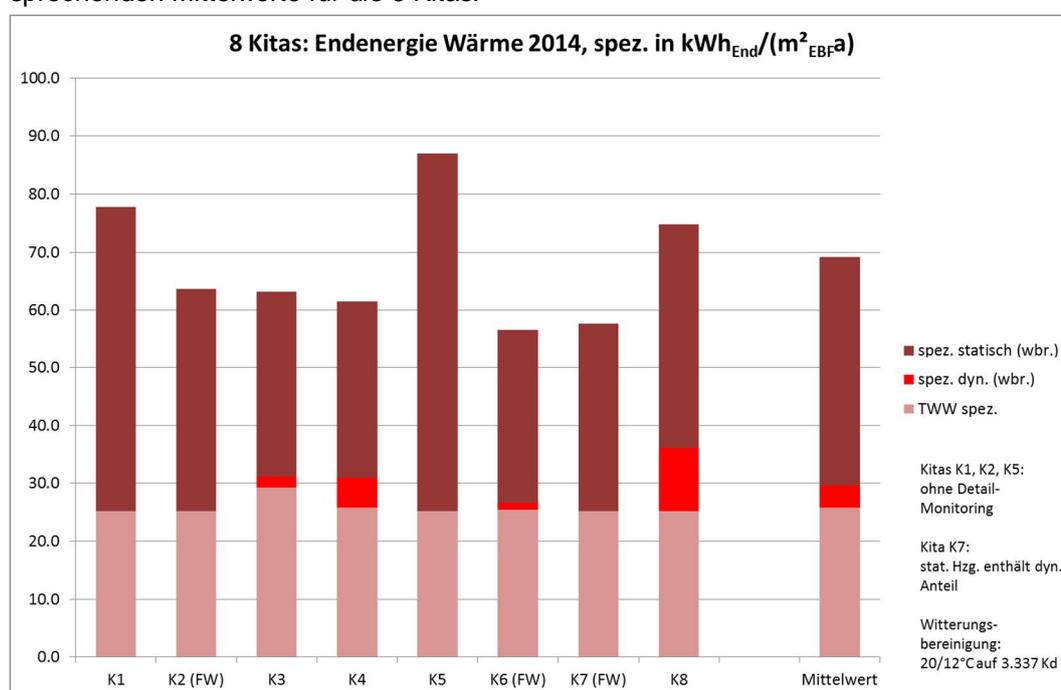


Abbildung 29 Endenergieverbrauch Wärme 2014

Der Endenergieverbrauch Wärme liegt im Mittel bei 69 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFA</sub>) mit Einzelwerten überwiegend zwischen 57 und 87 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Der Anteil Wärme für die Trinkwarmwasserbereitung liegt bei rund 26 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFA</sub>) und damit bei knapp 40% des Gesamt-Wärmeverbrauchs. Der (separat ohne dynamischen Anteil gemessene) Heizwärmeverbrauch liegt zwischen 30 und 39 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFA</sub>). Der Anteil für die dynamische Heizung ist mit einer Ausnahme mit weniger als 6 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>EBFA</sub>) sehr gering. Auffallend ist, dass die drei Kitas mit deutlich überdurchschnittlichem Heizwärmeverbrauch (K1, K5, K8) alle mit Gas versorgt werden.

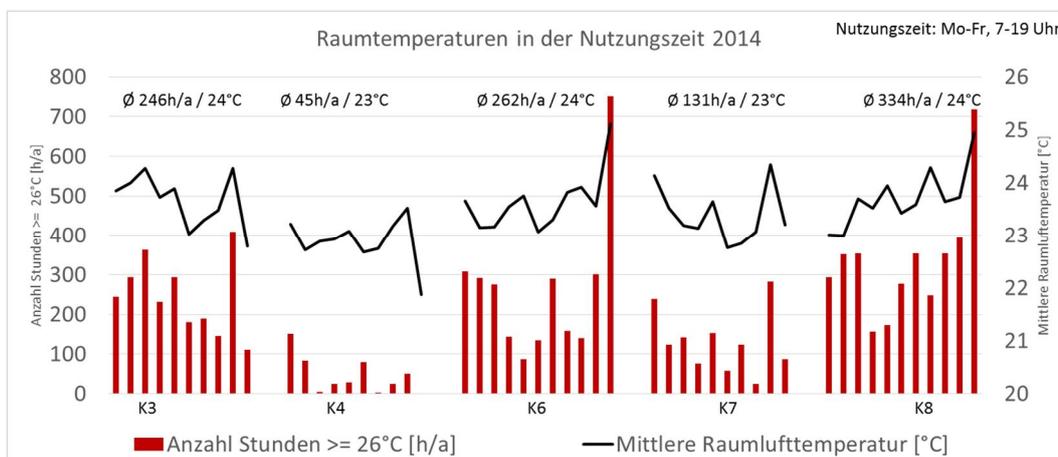
<sup>i</sup> <http://www.iwu.de/downloads/fachinfos/energiebilanzen/#c205>, 21.02.2015, 18.13 Uhr

## 6.2.2 Raumklima

Neben der Energieeffizienz ist die Erreichung eines guten Innenraumklimas ein wichtiges Ziel für die 8 Kitas. Im Folgenden werden die wichtigsten Messergebnisse zu den Raumlufttemperaturen, der relativen Raumluftfeuchte und zur CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft dargestellt.

### 6.2.2.1 Raumlufttemperatur und -feuchte

In Abbildung 30 sind die jährlichen Raumlufttemperaturen und Überheizungsstunden der im Detail vermessenen Kitas dargestellt. Berücksichtigt sind die Messwerte in den Zeiträumen Montag-Freitag von 7:00 bis einschließlich 19:00 für das Jahr 2014 für jeweils rund ein Duzend Räume je Kita. Die Werte liegen nicht für das gesamte Jahr vor, da es in den Monaten Januar und Februar 2014 zu Messausfällen kam. Für die Bewertung der Überhitzung der Räume hat dies jedoch keine Bedeutung.



**Abbildung 30 Mittelwerte der Raumtemperaturen und Überheizungsstunden 2014**

Die mittlere Anzahl der Überheizungsstunden je Kita während der Nutzungszeit liegen zwischen 131 und 334 h/a, die mittleren Raumtemperaturen zwischen 23 und 24°C. Die relative Raumluftfeuchte wird in den beiden folgenden Abbildungen über der jeweiligen Raumlufttemperatur mit den entsprechenden Kennfeldern nach DIN EN ISO 7730 dargestellt. Die Messwerte für die relative Raumluftfeuchte liegen fast vollständig oberhalb von 30%. Die Raumlufttemperaturen liegen wie oben im Detail beschrieben, zeitweise oberhalb von 26°C.

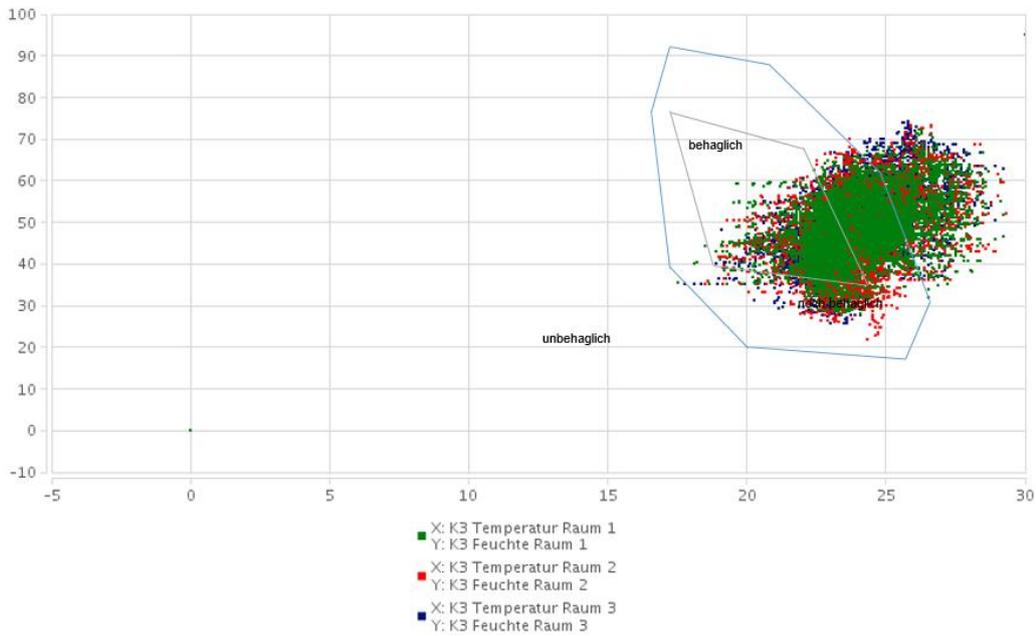


Abbildung 31 Rel. Raumlufteuchte über der Raumtemperatur K3, Räume 1/2/3

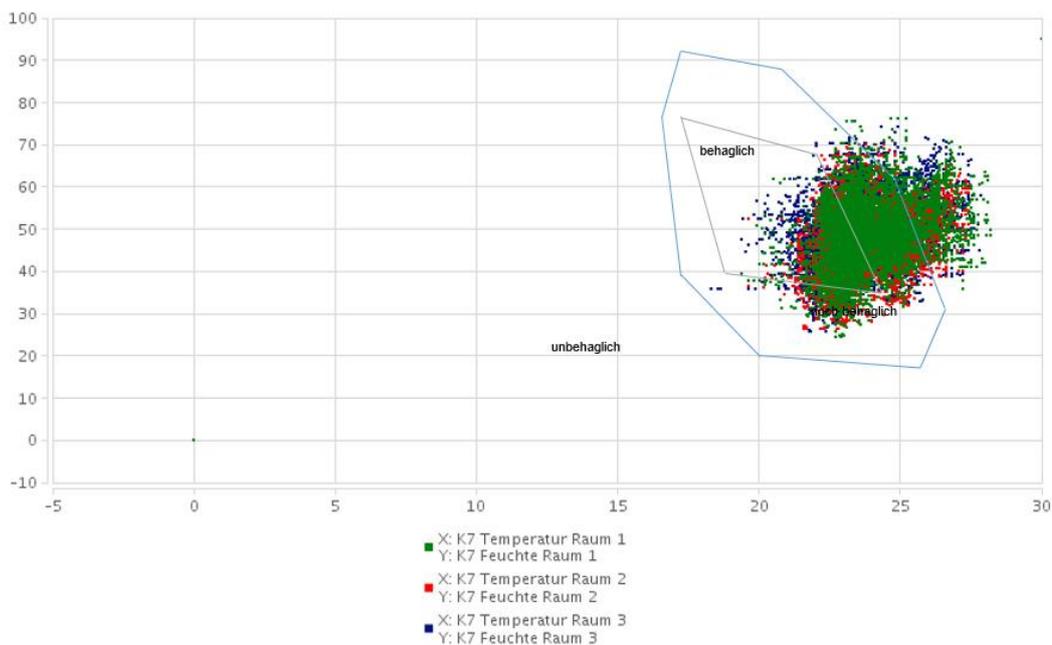


Abbildung 32 Rel. Raumlufteuchte über der Raumtemperatur K7, Räume 1/2/3

### 6.2.2.2 CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft

Der in der Ausschreibung angestrebte Grenzwert für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Räumen lag bei 900 ppm. Dieser Wert wurde im Zuge der Planung auf 1.200 ppm erhöht. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wurde in jeweils 10 Räumen der 5 detailliert vermessenen Kitas erfasst. Der Grenzwert wurde in den Kitas während der Nutzungszeiten in fast allen Räumen in weniger als 200 h/a überschritten, im Mittel über alle Kitas an rund 100 Stunden im Jahr, siehe Abbildung 33<sup>ii</sup>.

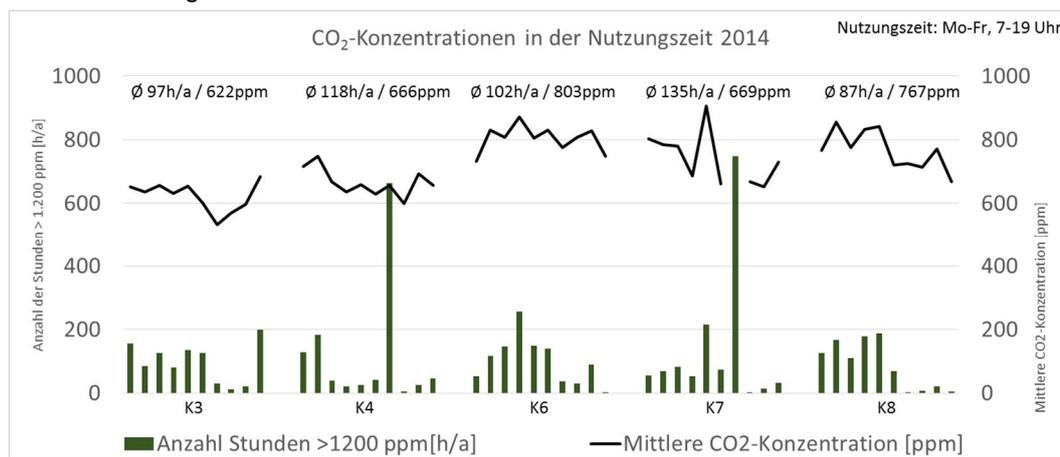


Abbildung 33 CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Kitas in 2014

Abbildung 34 zeigt beispielhaft die Summenkurven für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den einzelnen Räumen der Kita 8.

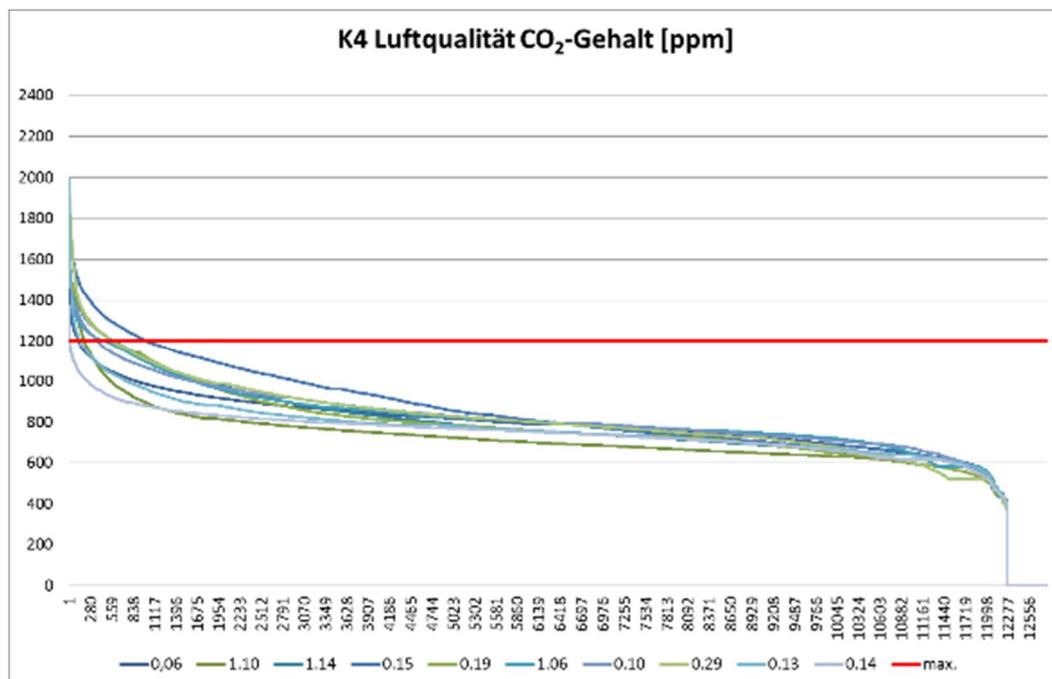


Abbildung 34 CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft in den Kitas

<sup>ii</sup> Die beiden stark erhöhten Werte in K4 und K7 sind vermutlich auf Messfehler zurückzuführen.

### 6.3 Energetische Betriebsoptimierung

Im Zuge des Monitoring für die Kitas wurden geprüft, ob einzelne Ziele und angestrebte Funktionen tatsächlich erreicht werden. So konnten im ersten Betriebsjahr einige signifikante Optimierungspotenziale bzw. Auffälligkeiten identifiziert werden. Diese können voraussichtlich teilweise behoben werden, so dass eine weitere Verbesserung des Raumklimas und eine Senkung der Energieverbräuche möglich ist.

#### 6.3.1 Nutzungsgrad Gasbrennwertkessel

Der Wärmeverbrauch der Kitas mit Gasbrennwertkesseln wurde an zwei Stellen ermittelt. Zum einen als Summe der Wärmemengenzähler für statische und dynamische Heizung sowie Trinkwarmwasser, zum anderen als Berechnung aus dem Gasverbrauch mit einem Brennwert von  $H_{s,n} = 10 \text{ kWh/m}^3$ . Der zweite Wert umfasst also auch die Anlageverluste der Erzeugung und Verteilung.

Die Gasbrennwertkessel erreichen im Winter Nutzungsgrade, berechnet aus den beiden genannten Werten von rund 0,9. Im Teillastbetrieb im Sommer, wenn ausschließlich Trinkwarmwasser bereitgestellt wird, sinkt der Nutzungsgrad auf rund 0,7, sodass im Jahresmittel ein Nutzungsgrad von rund 0,8 erreicht wird, siehe Abbildung 35.

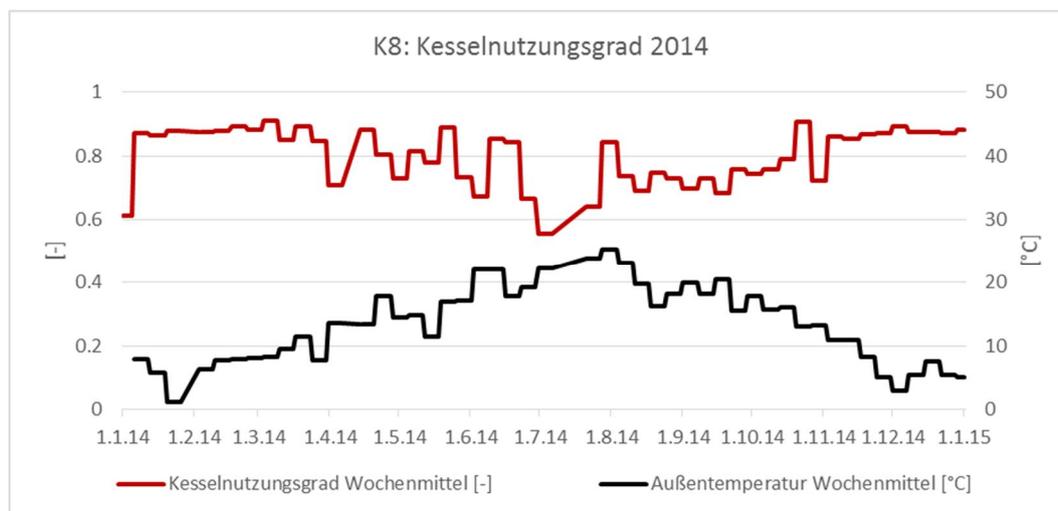


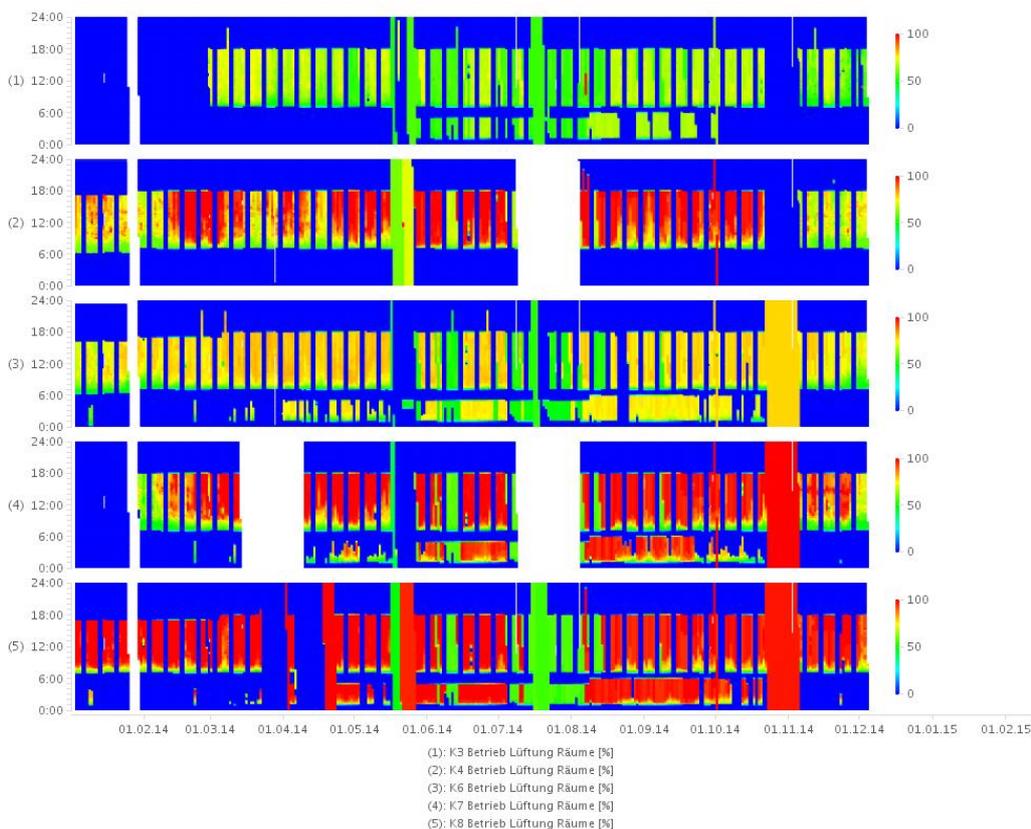
Abbildung 35 K8: Kesselnutzungsgrad und Außenlufttemperatur 2014

Berechnung der Einsparpotenziale:

Die niedrigen Nutzungsgrade liegen überwiegend im Sommer vor, also dann wenn Wärme überwiegend für Trinkwarmwasser (TWW) gebraucht wird. Vereinfacht wird deshalb als Optimierungspotenzial bewertet, dass bei besserer Auslegung der Heizungsanlage TWW in den 6 Sommermonaten mit einem höheren Wirkungsgrad bereitgestellt werden kann. Der entsprechende Wärmeverbrauch in den Sommermonaten April bis September 2014 lag bei 12.000 kWh. Bei einer Verbesserung des Wirkungsgrades von 0,7 auf 0,9 könnte der entsprechende Verbrauch auf rund 9.300 kWh, also um rund 2.700 kWh/a bzw. knapp 3 kWh/(m<sup>2</sup>a) reduziert werden. Geht man davon aus, dass der Jahresnutzungsgrad des Gas-Brennwertkessels insgesamt von 80 auf 85-95% verbessert werden kann, ergibt sich bei einem gemessenen Jahres-Wärmeverbrauch von rund 60.000 kWh/a ein Optimierungspotential von 3.500-10.000 kWh/a bzw. 4-10 kWh/(m<sup>2</sup>a).

### 6.3.2 Betriebszeiten der Lüftungsanlagen

Die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen sind in den Kitas ähnlich. Die Anlagen starten ganzjährig morgens um 7.00 Uhr und laufen bis 18.00 Uhr. Mit Ausnahme von K4, bei der keine Sommerlüftung läuft, werden die Lüftungsanlagen zusätzlich im Sommer zur Kühlung eingeschaltet. Auch hier sind die Laufzeiten ähnlich, in der Regel von 2.00 bis 5.00 Uhr morgens. Mit Ausnahme von K3, wo die Anlage nur in der Zeit von Juni bis September lief, begann die Nachtlüftung im April/Mai und lief bis Anfang bzw. Mitte Oktober, siehe Abbildung 36.



**Abbildung 36 Betriebszeiten der Lüftungsanlagen in 2014**

Da in 2014 einige Messausfälle vorlagen, werden die gesamten Jahresbetriebsstunden (Stunden, an denen die Anlage in Betrieb war, nicht Volllaststunden) aus den Laufzeiten hochgerechnet.

**Tabelle 16 Jahresbetriebsstunden, berechnet**

Betrieb	Wochen	Tage	Stunden	Jahresbetriebsstunden
Normale Lüftung	52.1 <sup>iii</sup>	5	11	2.866
Nachtkühlung	25	5	3	375
Jahresbetriebsstunden				3.241

Die Betriebszeiten der Lüftungsanlagen (nicht Vollbetriebsstunden) der Kitas liegen zwischen 2.800 und 3.300 h/a. Bei den Kitas K1 und K5 wurde ein fehlerhafter Betrieb der Lüftungsanlagen an den Wochenenden festgestellt.

<sup>iii</sup> Die Daten zeigen keine Unterbrechungen der Betriebszeiten in Sommer- oder Weihnachtsferien.

### Berechnung der Einsparpotenziale:

Die Nachtlüftung hat nur eine sehr geringen (<1K) und kurzzeitigen Effekt auf die Raumlufttemperatur gezeigt, so dass zum Nutzungsbeginn meist die gleiche Temperatur im Raum gemessen wurde wie vor der Nachtlüftung. In K4, in der die Nachtlüftung nicht eingeschaltet war, wurden (zufällig) die niedrigsten Raumtemperaturen gemessen, so dass auch hier kein Hinweis auf einen erheblichen Einfluss erkennbar war.

Das Abschalten der Nachlüftung würde die Laufzeit der Lüftungsanlagen um rund 375 h/a und den Stromverbrauch reduzieren. Die Einsparung wird wie folgt berechnet.

$$\begin{aligned} Q_{el,Zu-/Abluft} &= SFP * V_{Zu-/Abluft} * \text{Betriebszeit} \\ &= 0,5 \text{ Wh/m}^3 * 8.000 \text{ m}^3/\text{h} + 375 \text{ h/a} \\ &= 1.500 \text{ kWh/a} \end{aligned}$$

mit

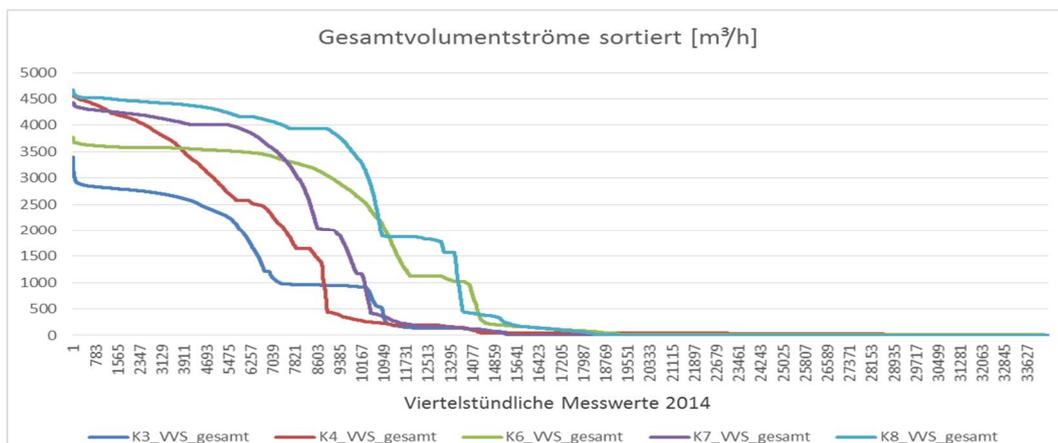
$Q_{el,Zu-/Abluft}$	Jahres-Stromverbrauch der Lüftungsanlage [kWh/a]
SFP	Spezifische Ventilatorleistung in [Wh/m <sup>3</sup> ]
$V_{Zu-/Abluft}$	Volumenstrom (Summe aus Zu- und Abluft) [m <sup>3</sup> /h]
Betriebszeit	Betriebsstunden im Jahr [h/a]

Die Abschaltung ermöglicht eine Einsparung von rund 1.500 kWh/a bzw. von 1-2 kWh/(m<sup>2</sup>a).

### 6.3.3 Volumenstrom der Lüftungsanlagen

Die Zuluft wird in den Kitas vollständig über variable Volumenstromregler geführt. Bei der Abluft wird ein Anteil von rund 1.800 m<sup>3</sup>/h als konstanter Volumenstrom aus Nebenräumen abgeführt, so dass dieser im Betrieb als Mindestvolumenstrom vorliegen muss. Als Messwerte für den Zuluftvolumenstrom wurden die Stellsignale an die variablen Volumenstromregler verwendet.

Bei den gemessenen maximalen Zuluft-Volumenströmen zeigten sich zwischen den Kitas erhebliche Unterschiede. Die Maximalwerte liegen zwischen knapp 3.000 und 4.500 m<sup>3</sup>/h und damit teilweise über dem Nennvolumenstrom der Geräte. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die tatsächlichen Volumenströme teilweise niedriger waren, als die hier verwendeten Daten angeben. Abbildung 37 zeigt die Summenkurven der Gesamt-Volumenströme für die fünf im Detail vermessenen Kitas.



### Abbildung 37 Gesamt-Volumenströme der Raumlufthanlagen<sup>iv</sup>

Die Volumenströme unterschieden sich stark zwischen den Kitas und schwankten auch bei jeder einzelnen Kita im Verlauf des Jahres 2014. Da in einzelnen Perioden Messfehlern auftraten, kann nur aus einzelnen Messperioden auf den Gesamtvolumenstrom geschlossen werden. Im Monat September 2014 lagen vollständige Werte für alle 5 im Detail gemessenen Kitas vor. Tabelle 17 zeigt die mittleren Zuluftströme (bezogen auf einen Dauerbetrieb) und die in der überwiegenden Nutzungszeit vorliegenden Regel-Volumenströme im Betrieb vom 01.09.14 bis zum 28.09.14.

**Tabelle 17 Zuluftmengen 01.09.2014 bis 28.09.14**

	K3	K4	K6	K7	K8
Mittlerer Zuluftvolumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	1.200	1.300	1.750	1.800	2.100
Regel-Volumenstrom im Betrieb [m <sup>3</sup> /h]	2.800	4.200	3.500	4.200	4.400

In den PHPP-Berechnungen wurden 1.715 Betriebsstunden mit einem Zuluft-Volumenstrom von 2.714 m<sup>3</sup>/h angenommen. Umgerechnet auf einen Dauerbetrieb ergibt dies einen mittleren Volumenstrom von 531 m<sup>3</sup>/h. Die Werte im Betrieb sind also um das 2,3 - 4-fache höher als in der Planung angenommen.

#### Berechnung der Einsparpotenziale:

Ebenso wie bei der Nachtlüftung könnte die Raumlüftung im Sommer auf den Mindestvolumenstrom von 1.800 m<sup>3</sup>/h reduziert, also in etwa halbiert werden. Geht man auch hier von einer Abschaltung für 6 Monate im Sommer aus, würde dies entsprechend rund 25% des Stromverbrauchs für die Lüftung am Tag ausmachen, also weitere rund 2.000 kWh/a bzw. 2 kWh/(m<sup>2</sup>a).

#### 6.3.4 CO<sub>2</sub>-Regelung der Lüftungsanlagen

Die Lüftungsanlage soll mit Hilfe von variablen Volumenstromreglern eine maximal CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Räumen von 1.200 ppm<sup>v</sup> bei möglichst geringem Volumenstrom sicherstellen. Im Tagesverlauf ist dabei keine gleitende Regelung des Volumenstroms zu erkennen, sondern eher ein Schalten. In Abbildung 38 sind Betriebsstufen bei rund 150, 1000 und knapp 3.000 m<sup>3</sup>/h zu erkennen.

Die Betriebsstufe 1000 m<sup>3</sup>/h lässt sich in etwa mit der Anforderung der Zuluft erklären, die mindestens zugeführt werden muss, um den Anteil der konstant geregelten Abluft nachzuführen. Zu diesen Zeitpunkten liegt also keine CO<sub>2</sub>-Anforderung vor, die Anlage ist aber zur Ablüftung der Nebenräume in Betrieb.

Auch das Verhalten der einzelnen Volumenstromregler zeigt jeweils eher ein sprunghaftes Ansteigen auf einen maximalen Volumenstrom als ein stetiges Ansteigen, dass ein Regelverhalten erwarten lassen würde. Dabei ist der Grenzwert von 1.200 ppm i.d.R. deutlich unterschritten.

<sup>iv</sup> Die Messwerte weisen für 2014 teilweise Lücken auf. Die Summenkurven können deshalb nicht in Bezug auf die Gesamtsummen bewertet werden, sondern lediglich hinsichtlich der erkennbaren Leistungsstufen.

<sup>v</sup> In der vorliegenden Funktionsbeschreibung ist ein Wert von 900 ppm angegeben. Der Wert 1.200 ppm ist jedoch in allen Automationsanlagen als Grenzwert eingestellt.

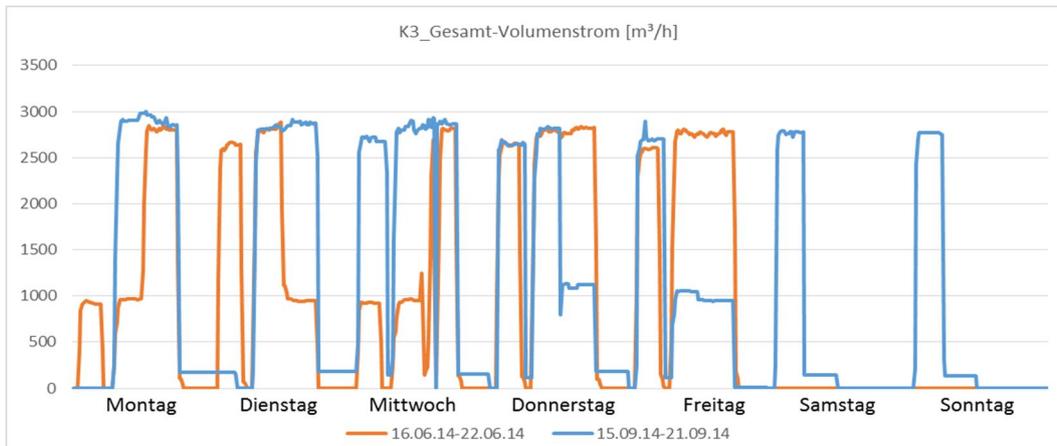


Abbildung 38 Beispielhafte Wochengänge des Gesamt-Volumenstrom in K3

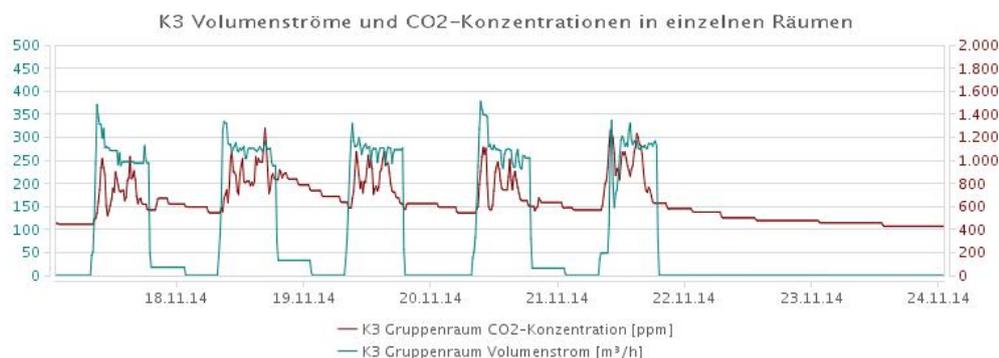
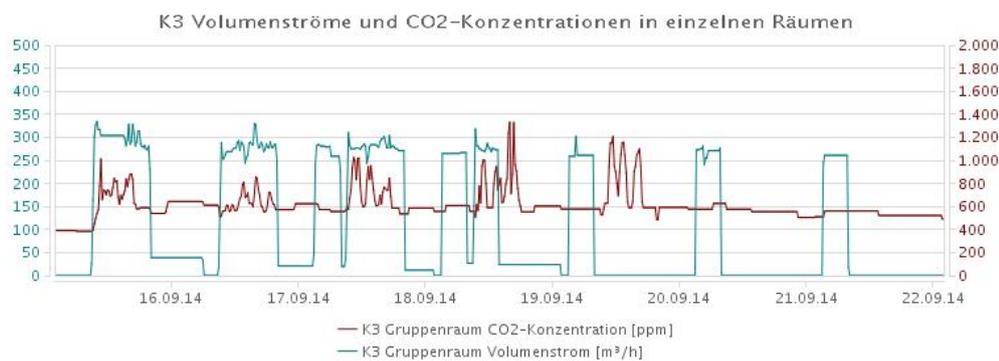
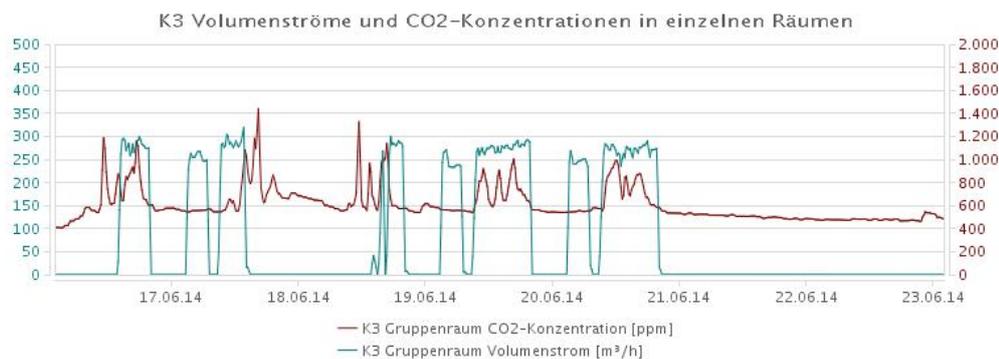


Abbildung 39 K3 Gruppenraum: Volumenstrom und CO<sub>2</sub>-Konzentration

Durch eine maßvolle Anpassung der CO<sub>2</sub>-Regelung kann der Volumenstrom und damit der Stromverbrauch der Lüftungsanlagen reduziert werden. Dabei ist keine Einschränkung der Luftqualität zu erwarten.

#### Berechnung der Einsparpotenziale:

Ein Mindestvolumenstrom von 1.800 m<sup>3</sup>/h muss in den Betriebszeiten gewährleistet sein. Entsprechend umfasst der regelbare Bereich der Zuluft- und Abluft nur jeweils ca. 2.000 m<sup>3</sup>/h bzw. in Summe 4.000 m<sup>3</sup>/h. Geht man davon aus, dass durch die CO<sub>2</sub>-Regelung eine Einsparung von (optimistischen) 50% erreicht werden könnte, entspräche dies im Jahr 50% \* 0,5 Wh/m<sup>3</sup> \* 4.000 m<sup>3</sup>/h \* 2.866 h/a = 2.866 kWh/a bzw. 3 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Dies entspricht bei Stromkosten von 0,25 €/kWh einer Kosteneinsparung von rund 750 €/a. Die Kosten für die CO<sub>2</sub>-Regelung aus mehr als 20 variablen Volumenstromreglern, 12 CO<sub>2</sub>-Sensoren, Verkabelung und Automation können mit deutlich über 10.000 € (ohne Wartungskosten) angesetzt werden. Entsprechend ist für diese Regelung keine Wirtschaftlichkeit innerhalb der Lebensdauer erkennbar.

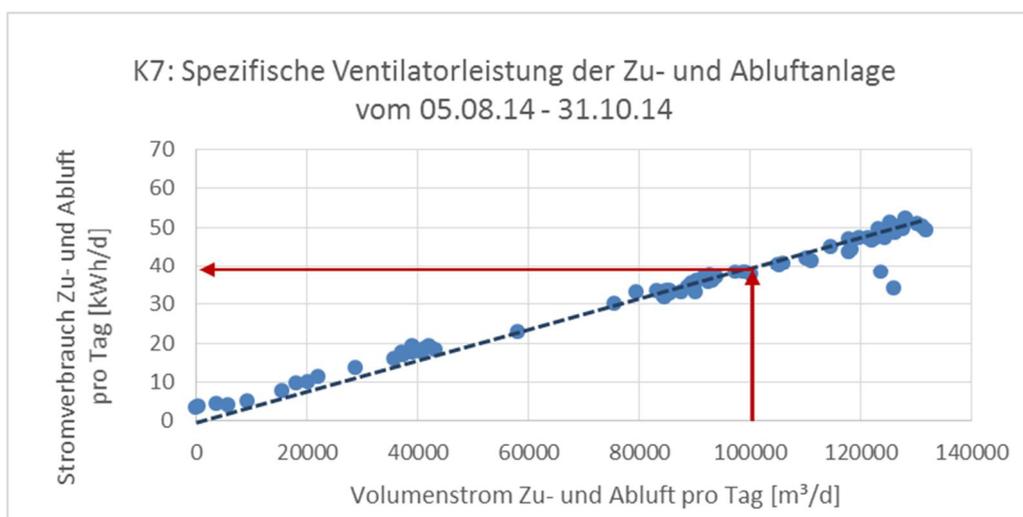
Im Sommer kann vermutlich vollständig auf eine Lüftung oberhalb der Grundlüftung verzichtet und diese stattdessen durch die Fensterlüftung ergänzt werden.

#### 6.3.5 Spezifische Ventilatorleistung

Die spezifische Ventilatorleistung SFP ist nach DIN EN 13779<sup>36</sup> ein Kennwert für die elektrische Leistung P [W], die ein Ventilator aufnimmt, in Bezug auf einen dabei erzeugten Volumenstrom q [m<sup>3</sup>/s].

Die spezifische Ventilatorleistung wurde in der Planung mit 0,33 Wh/m<sup>3</sup> bzw. ca. 1.200 Ws/m<sup>3</sup> angesetzt („Elektroeffizienz des Lüftungsgeräts“). Dies entspricht Klasse SFP-3 nach DIN EN 13779<sup>37</sup>.

Zur Evaluierung wurde bei den Kitas auf Grund der grob aufgelösten Messung des Stromverbrauchs der Ventilatoren (Summe von Zu- und Abluft) der SFP-Wert näherungsweise aus Tagessummen des Stromverbrauchs sowie der Zu- und Abluft-Volumenströme gebildet. Abbildung 40 zeigt die Tageswerte der Kita K7 für den Zeitraum 05.08.14 bis 31.10.14.



**Abbildung 40** K7: Tageswerte für den Stromverbrauch der Lüftungsanlage bezogen auf den geförderten Gesamtvolumenstrom aus Zu- und Abluft

Es ergibt sich für den markierten Bereich überschlägig ein SFP-Wert von ca. 40 kWh/d / 100.000 m<sup>3</sup>/d, also ca. 0,4 Wh/m<sup>3</sup> bzw. ca. 1.600 Ws/m<sup>3</sup>. Dies entspricht nach DIN EN 13779 der mittleren Effizienzklasse SFP-4 (1.250 – 2.000 Ws/m<sup>3</sup>). Die entsprechenden Werte für alle 5 im Detail gemessenen Kitas sind in Tabelle 18 dargestellt.

**Tabelle 18 Spezifische Ventilatorleistungen Zu- und Abluft**

	K3	K4	K6	K7	K8
SFP [Wh/m <sup>3</sup> ]	0,5	0,4	0,4	0,4	0,7

Da die angenommenen Volumenströme wie in Abschnitt 6.3.3 beschrieben, vermutlich etwas geringer sind, als die Stellwerte der variablen Volumenstromregler angeben, sind spezifischen Ventilatorleistungen vermutlich etwas höher, als hier angegeben.

Berechnung der Einsparpotenziale:

Die Ventilatorleistung wird durch Planung und Errichtung weitgehend festgelegt und ist nur bedingt im Betrieb zu optimieren. Das Einsparpotential bei einer tatsächlichen Realisierung von 0,33 statt 0,5 Wh/m<sup>3</sup> beträgt in etwa 30%. Bei einem Stromverbrauch von ca. 9.000 kWh/a bzw. 9 kWh/(m<sup>2</sup>a) ergibt sich ein Einsparpotenzial von rund 3.000 kWh/a bzw. 3 kWh/(m<sup>2</sup>a), entsprechend ca. 750 €/a für eine Kita (bei 25ct/kWh).

### 6.3.6 Beleuchtung

Für die Beleuchtung wurde eine installierte Leistung über alle Flächen von 2 W/m<sup>2</sup> angesetzt. Im Betrieb wurden mittlere regelmäßig stündliche Leistungen von 3 W/m<sup>2</sup> und mehr gemessen. Die Installationen wurden in der ausgeführten Form nicht in Bezug auf die installierte Leistung geprüft, die Messwerte legen jedoch nahe, dass diese in der Planung zu niedrig angesetzt wurde.

### 6.3.7 Elektrische Grundlast

Die elektrische Wirklast der Gebäude ist ein einfach zu messender und aussagekräftiger Indikator für die Performance von Gebäuden, da sie in der Regel vom Energieversorger erfasst wird und mit entsprechender Analyse gute erste Aussagen über den Gebäudebetrieb ermöglicht. Abbildung 41 zeigt die Wirklast der Kitas in 2014 als Carpet-Plots.

Gut zu erkennen sind in der Sichtanalyse die Betriebsrhythmen der Kitas von ca. 7 bis 18 Uhr sowie die Wochenenden. Mit Ausnahme von Kita K4 ist im Sommer die Nachlüftung zu erkennen. Bei den Kitas K1 und K5 ist zu erkennen, dass an den Wochenenden eine erhöhte Grundlast vorliegt. Die könnte auf ein Durchlaufen der Lüftungsanlagen hindeuten.

Die Profile zeigen auch in den absoluten Werten „auf den ersten Blick“ deutliche Unterschiede, z.B. zwischen Kita K4 und K5.

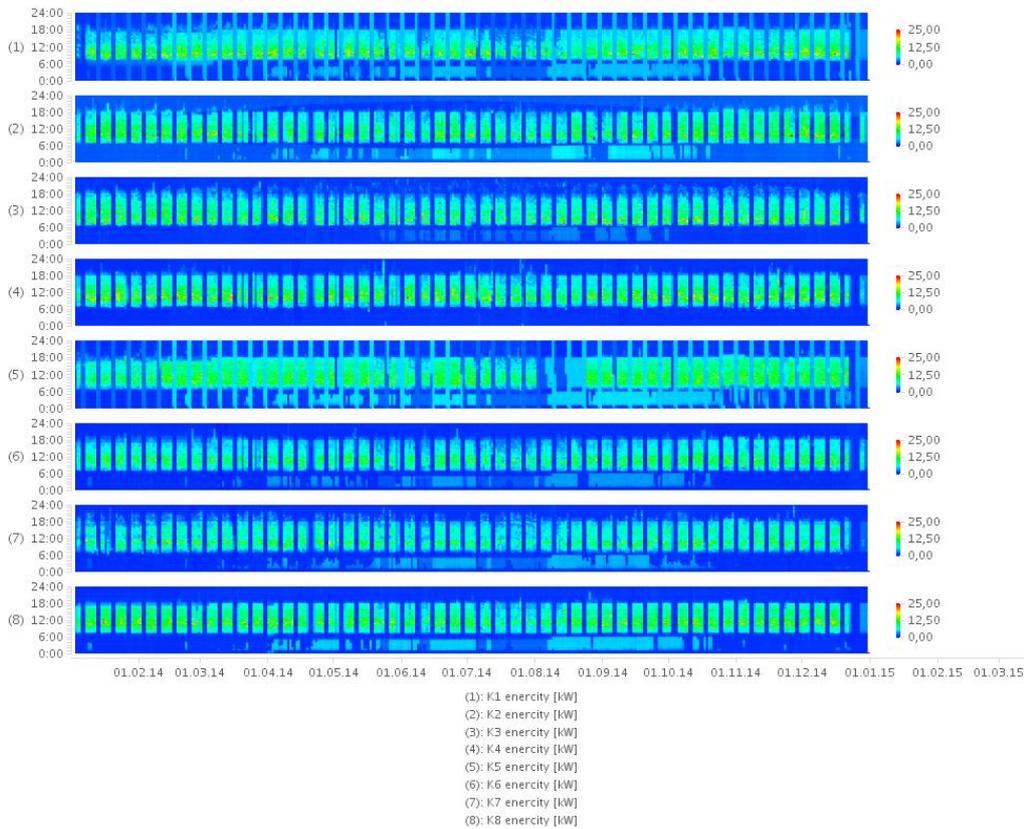


Abbildung 41 Jahresprofile Strom 2014 der Kitas auf Basis der EVU-Zähler

Abbildung 42 zeigt die gleichen Werte für die Wirklast als Summenkurven, hier jedoch nicht als absolute Werte, sondern bezogen auf die Energiebezugsfläche.

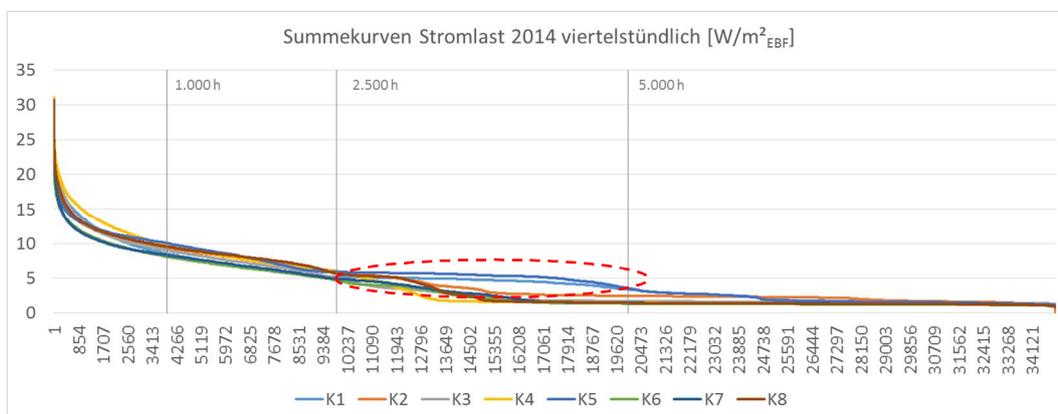


Abbildung 42 Jahresprofile Strom 2014 der Kitas auf Basis der EVU-Zähler

Hier sind die erhöhten Grundlasten der Kitas K1 und K5 gut zu erkennen im Bereich zwischen 2.500 h (normale Nutzungszeit) und 5.000 h.

Bemerkenswert sind darüber hinaus zum einen die gemessenen viertelstündlichen Spitzenlasten von über  $15 W/m^2_{EBF}$ . Dies ist vermutlich auf einzelne Küchengeräte zurückzuführen. Die Werte treten überwiegend in den Mittagsstunden auf.

Außerdem fällt die Grundlast von ca.  $1,1 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$  auf. Unterstellt man diese als Dauerlast, ergibt sich allein hierdurch schon ein Jahresstromverbrauch (Endenergie) von ca.  $9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , obwohl die wesentlichen gebäudetechnischen Anlagen wie Lüftung und Beleuchtung nicht in Betrieb sind. Der Grundlastverbrauch ist damit in etwa so hoch wie der Stromverbrauch für die Gebäudelüftung.

#### Berechnung der Einsparpotenziale:

Die Grundlast wird, mit Ausnahme von Betriebsfehlern, nicht durch die Anlagen Lüftung und Beleuchtung verursacht, sondern sind auf andere Verbraucher zurückzuführen. Mit dem umgesetzten Messkonzept konnte nicht im Einzelnen festgestellt werden, wo die Ursachen liegen. Es wird aber vermutet, dass sie sich aus der Vielzahl von Kleinverbrauchern zusammensetzt, wie z.B. den Kühlschränke der Küche, Netzteilen von Geräten, Einbruchmelde- und Telefonanlage, Aufzug, Zirkulationspumpen TWW, RWA's sowie der Gebäudeautomation. Eine Reduzierung sollte hier im Detail untersucht werden.

#### 6.3.8 Nutzerverhalten

Die oben beschriebenen Einsparpotentiale sind technischer Natur. Darüber hinaus bestehen natürlich auch Einsparpotentiale durch eine Anpassung des Nutzerverhaltens. So könnte der Stromverbrauch der Beleuchtung reduziert werden. Diese wird manuell abschließend geschaltet und verbraucht rund  $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Hier wäre eine automatische Abschaltung (nicht Einschaltung) über Bewegungs- und Helligkeitssensoren eine Möglichkeit, eine Einsparung von rund  $2\text{-}3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  zu erreichen.

Auch könnte versucht werden, die Raumtemperaturen von  $24^\circ\text{C}$  auf  $21^\circ\text{C}$  abzusenken. Das Einsparpotenzial kann auf  $6\text{-}9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  Endenergie Wärme abgeschätzt werden. Hierzu sollten im Rahmen der Nutzereinbindung geeignete Lösungen untersucht werden.

Im einigen Kitas wurden die Öffnungszeiten von Türen und Fenster gemessen. So sollen Rückschlüsse auf Wärmeverluste durch resultierende unkontrollierte Lüftung gezogen werden. Abbildung 43 bis Abbildung 45 zeigen die Öffnungsdauern der inneren und äußeren Windfangtüren der Kita 4 in 2014 und den zeitlichen Anteil, an denen die Türen geöffnet waren.

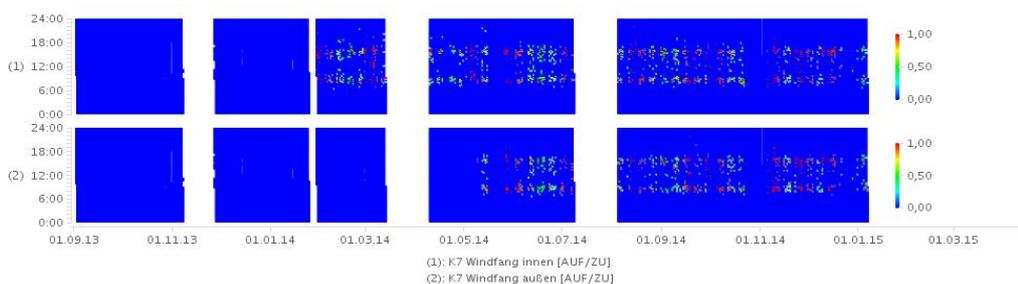
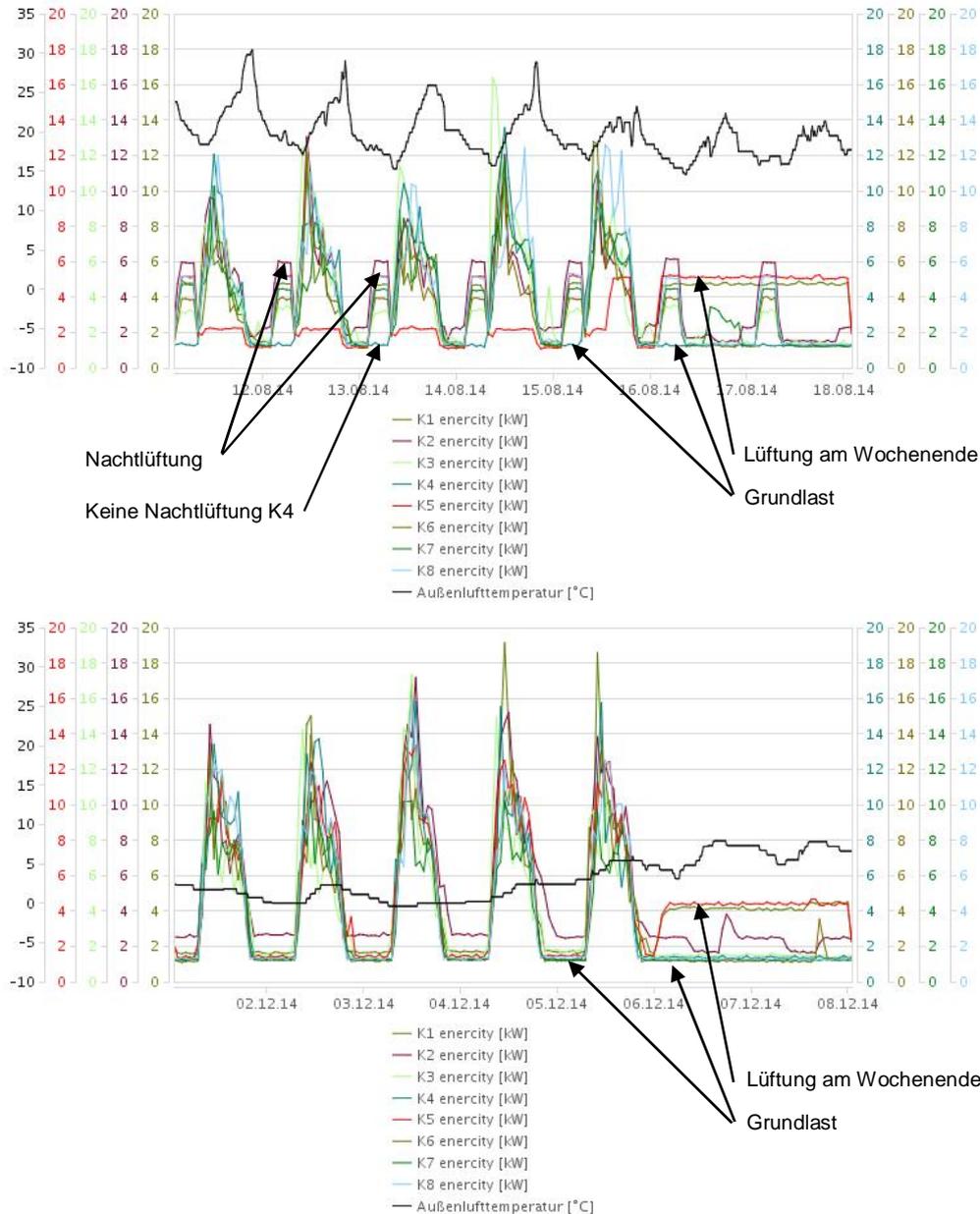


Abbildung 43 Kita 7: Position der Windfangtüren innen und außen 2014<sup>vi</sup>

<sup>vi</sup> Werte zwischen 0 und 1 repräsentieren interpolierte Werte.





**Abbildung 46 Jahresprofile Strom im Sommer und Winter 2014 (EVU-Zähler)**

Das Einsparpotential in den Kitas K1 und K5 durch die Korrektur des Lüftungsbetriebs an Wochenenden beträgt bei rund 2.500 h/a (je 48h an 52 Wochenenden) und einer Leistung von rund 2 kW gut 5.000 kWh/a bzw. mehr als 5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Stromverbrauch der Lüftung wurde für die beiden Kitas nicht separat gemessen. Das Einsparpotential wird aber vermutlich bei rund 50% des Stromverbrauchs der Lüftung liegen.

Für weitere Auffälligkeiten, z.B. eine möglicherweise fehlende Verriegelung von Heizregister und Nachtlüftung in der Lüftungsanlage sowie hohe Systemtemperaturen in den Heizregistern der Lüftungsanlage, konnten die Ursachen im Rahmen der Bearbeitung noch nicht im Einzelnen ermittelt werden.

### 6.3.10 Bewertung der Optimierungspotenziale

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Optimierungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 19.

**Tabelle 19 Übersicht über die Optimierungspotenziale<sup>vii</sup>**

Maßnahmen	PHPP	Betrieb 2014	Einsparpotenzial
Wirkungsgrad Gas-Brennwertkessel	>95%	Ca. 80%	Endenergie Wärme: 4-10 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 0,30 – 0,70 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Planung (Auslegung)
Betriebszeiten der Lüftungsanlagen – Nachtlüftung	0 m <sup>3</sup> /h	ca. 375 h/a	Endenergie Strom: 1-2 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 0,25 – 0,5 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Betrieb (Automation)
Absenkung des Volumenstroms im Tagbetrieb im Sommer	1.715 h/a	2.866 h/a (Mo-Fr. 7-18 Uhr)	Endenergie Strom: 2 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 0,50 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Betrieb (Automation)
Absenkung des mittleren Volumenstroms durch optimierte CO <sub>2</sub> -Regelung	531 m <sup>3</sup> /h	1.200 – 2.100 m <sup>3</sup> /h	Endenergie Strom: 3 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 0,75 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Planung/Betrieb (Konzept)
Spezifische Ventilatorleistung	0,33 Wh/m <sup>3</sup>	0,4 - 0,7 Wh/m <sup>3</sup>	Endenergie Strom: 3 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 0,75 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Planung
Mittlere Raumtemperatur	20°C	23-24	Endenergie Strom: 6-9 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 1,5 – 2,25 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Planung/Betrieb/Nutzer
Beleuchtung	3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	6 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Endenergie Strom: 2-3 kWh/(m <sup>2</sup> a) Kosten: 0,5 - 0,75 €/m <sup>2</sup> a Umsetzung: Planung/Nutzer
Grundlast			Überprüfung erforderlich

Zu beachten ist, dass einzelne Einsparpotenziale nicht vollständig addiert werden können, sondern sich in ihrer Wirkung bei gleichzeitiger Umsetzung gegenseitig beeinflussen bzw. abmindern.

Realistisch erscheint eine Einsparung von 5-10 kWh/(m<sup>2</sup>a) sowohl für den Wärme- als auch für den Stromverbrauch. Bei Preisen von 0,07 €/kWh für Wärme und 0,25 €/kWh für Strom entspricht dies einem realistisch zu erschließenden Einsparpotenzial durch eine Betriebsoptimierung von rund 1,5 - 3 €/m<sup>2</sup>a bzw. 1.500 – 3.000 €/a für eine Kita. In der Summe der 8 Kitas besteht also ein Einsparpotential durch Betriebsoptimierung von 12.000 - 20.000 €/a. Bei Gesamtkosten von rund 38.000 €/a für Wärme und 74.000 €/a für Strom, also insgesamt rund 112.000 €/a Energiekosten für alle 8 Kitas, bedeutet dies ein Einsparpotential durch Betriebsoptimierung von 10-15%. Dies ist ein bemerkenswertes Potential und dürfte bei Gebäuden, die nach konventionellen Standards und ohne unabhängige Qualitätssicherung errichtet werden, noch deutlich höher sein.

<sup>vii</sup> Als Energiepreise (brutto) wurden 0,07 €/kWh für Wärme und 0,25 €/kWh für Strom angesetzt.

## 6.4 Fazit Gebäudebetrieb

Tabelle 20 fasst die Kennwerte für Energie, Raumklima und einzelne Funktionen der 8 Kitas aus den oben dargestellten Analysen zusammen.

**Tabelle 20 Kennwerte für die 8 Kitas**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Mittel	PHPP
Primärenergie spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	191	115	159	160	210	91	95	175	150	60-100
Endenergie Strom spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	41	40	35	36	44	31	32	36	37	18
Endenergie Wärme gesamt spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	78	64	63	62	87	57	58	75	68	40-50
Endenergie TWW spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	25	25	29	26	25	25	25	25	26	25
Strom Lüftung spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	-	-	7	8	-	9	10	13	9	3
Strom Beleuchtung spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	-	-	8	6	-	6	5	7	6	3
Strom Küche spez. [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	13	12	15	13	10	11	10	11	12	10
Mittl. Raumtemperatur [°C]	-	-	24	23	-	24	23	24	24	20
Mittlere Anzahl Überhitzungsstunden [h/a]	-	-	246	45	-	262	131	334	204	-
Mittl. CO <sub>2</sub> – Konzentration [ppm]	-	-	622	803	-	669	767	666	705	-
Mittlere Anzahl von Stunden > 1.200 ppm	-	-	97	102	-	135	87	118	108	-
Betriebsstunden der Lüftungsanlagen [h/a]	2.800 - 3.300									1715
Mittlerer Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	-	-	1.200	1.300	-	1.750	1.800	2.100	1630	531
SFP Lüftungsanlagen [W/(m <sup>3</sup> /s)]	-	-	0,5	0,4		0,4	0,4	0,7	0,5	0,33

Die Kennwerte der 8 annähernd bau- und nutzungsgleichen Kitas schwanken bei den gesamten Energiekennwerten mit Abweichungen von mehr als ±15%. Für komplexere Nicht-Wohngebäude sind entsprechend noch deutlich größere Schwankungen innerhalb des gleichen Gebäudetyps zu erwarten, da hier auch noch unterschiedliche Nutzungen, Ausstattungen, Altersklassen etc. zu Unterschieden führen. Entsprechend ist eine Bewertung der gesamten Gebäudeeffizienz über Verbrauchskennwerte nur mit sehr großen Unschärfen möglich.

Im Vergleich zu den Kennwerten zum Nichtwohngebäudebestand des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung<sup>38</sup> von 2009 liegen die Kitas mit einem Stromverbrauch von rund 37 kWh/(m<sup>2</sup>a) fast doppelt so hoch wie der Kennwert für den Gebäudebestand von 20 kWh/(m<sup>2</sup>a), beim Wärmeverbrauch mit 70 kWh/m<sup>2</sup> dagegen bei weniger als 65% des Kennwerts von 110 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Die erheblichen Abweichungen bei einzelnen Kennwerten für die verschiedenen Verbrauchergruppen und Parameter deuten darauf hin, dass diese Unterschiede nur zum Teil auf das Nutzerverhalten zurückzuführen sind. So sind die Raumtemperaturen zwar alle deutlich höher als in der Planung angenommen, jedoch alle in etwa gleich. Auch der Stromverbrauch der Küchen ist in allen Kitas in etwa gleich.

Der überwiegende Teil der Abweichungen – wie der Nutzungsgrad der Kessel, die Laufzeiten der Lüftungsanlagen und deren spezifische Ventilatorleistungen – hat seine Ursache in nicht beabsichtigten Unterschieden in Planung, Ausführung und Betrieb. Da die Kitas weitgehend identische Zielsetzungen hatten, können diese Abweichungen deshalb als Qualitätsdefizite bezeichnet werden.

Die energetischen Zielwerte der Kitas mit Bezug auf die energetischen Planungskennwerte wurden im ersten Betriebsjahr 2014 auch insgesamt nicht erreicht.

- Der Endenergieverbrauch Strom lag mit rund 37 kWh/(m<sup>2</sup>a) annähernd doppelt so hoch wie der Wert der Planung von 18 kWh/(m<sup>2</sup>a).
- Der gesamte Energieverbrauch Wärme (berechnet als Summe der Teilkreise) lag mit rund 68 kWh/(m<sup>2</sup>a) rund 30-40% über den angestrebten Werten der Planung von 40-50 kWh/(m<sup>2</sup>a).
- Der Primärenergieverbrauch lag mit rund 150 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Fernwärme) und 179 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Gas) rund 50-80% über den Zielwerten von rund 60 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Fernwärme) und 100 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Die Ursachen hierfür können in drei Gruppen eingeteilt werden:

#### **Annahmen in der Planung:**

Die eingesetzten Planungswerkzeuge umfassten offensichtlich nicht alle technischen Systeme, die im Gebäude Energie verbrauchen. Insbesondere die elektrische Grundlast von rund 1,1 kW, die alleine rund 9 kWh/(m<sup>2</sup>a) und damit 1/3 des Stromverbrauchs ausmacht, ist in den Berechnungen weitgehend nicht berücksichtigt, da Lüftung und Beleuchtung nachts abgeschaltet sind, so dass von Seiten der Gebäudetechnik lediglich die Umwälzpumpen zur Grundlast beitragen und in der Berechnung berücksichtigt sind. Spülen, Kochen, Kleinkälte und Kühlschränke sind als Pauschalwerte berücksichtigt, erzeugen aber keine Dauerlast, so dass sie keine Verursacher der Grundlast sind. Für die Büroausstattung gilt mit Ausnahme von Netzteilen vermutlich dasselbe.

Nicht berücksichtigt in der PHPP-Berechnung sind allerdings u.a.

- die Behinderten-Notruf und WC-Spülung,
- die vier Sonnenschutzsteuerungseinheiten,
- die Klingelanlage,
- die Brandmeldeanlage
- die Einbruchmeldeanlage,
- die Sicherheitsbeleuchtung sowie
- die Gebäudeautomation.

Diese Anteile sollten in der Planung in Zukunft zumindest näherungsweise berücksichtigt werden. Insbesondere der Umfang der Automation ist auch konzeptionell zu bewerten. Im Rahmen dieses Projekts nicht zu klären ist, ob die plausiblen Öffnungszeiten der Windfangtüren und die damit einhergehenden Wärmeverluste in der Planung realistisch abgebildet sind.

#### **Abweichungen in der Nutzung:**

Die Gebäude werden teilweise anders genutzt, als in der Planung angenommen. Während die Annahmen für den Stromverbrauch der Küchen gut mit dem Betrieb übereinstimmen, liegt die Raumtemperatur mit 23-24°C deutlich über den Annahmen der Planung (die auch mit den entsprechenden Werten der EnEV übereinstimmen). Zu prüfen wäre hier, ob die Raumtemperaturen durch eine Verbesserung des Nutzerverhaltens reduziert werden können, oder in Zukunft höhere Raumtemperaturen (wie sie in der Regel in hocheffizienten

Gebäuden vorliegen) angesetzt werden sollen. In beiden Fällen lägen Planungs- und Messwerte für den Endenergieverbrauch Wärme näher beieinander.

**Fehler im Betrieb:**

Es konnten zahlreiche Ansätze für eine Optimierung des Betriebs identifiziert werden. Diese beziehen sich insbesondere auf die Lüftungsanlagen und die entsprechende Automation. Mit den abgeschätzten, im Betrieb möglichen Einsparungen von rund 5-10 kWh/(m<sup>2</sup>a) für den Stromverbrauch insgesamt und der Berücksichtigung der Grundlast in den Planungswerten nähern sich auch hier Soll- und Istwerte deutlich an.

Für zukünftige Projekte sollten diese Fehlerursachen berücksichtigt werden. Dazu werden im folgenden Abschnitt Empfehlungen einige gegeben.

Ingenieurgesellschaft  
für energieeffiziente Gebäude mbH  
Konzepte - Planung - Betrieb

Mühlenpfordtstraße 23  
38106 Braunschweig

tel: 0531-391 3556  
fax: 0531-391 8125

info@energydesign-bs.de  
www.energydesign-bs.de

## 7 FAZIT UND EMPFEHLUNGEN

Als Ergebnis der Begleitung des Projekts 8 Kitas mit einem Fokus auf dem Qualitätsmanagement, umfasst dieser Abschnitt eine Reihe von Empfehlungen

- für das technische Energiedesign von Kitas
- für die Durchführung eines effektiven und wirtschaftlichen Qualitätsmanagements und
- für die Einbindung der Nutzer.

Die Autoren haben selbst in zahlreichen Gebäuden Konzepte in allen Planungsphasen entwickelt und sind sich der Vielfalt sowohl der Möglichkeiten zur technischen Konzeption wie auch der Modellierung in der Planung bewusst. Die Herausforderung – und das haben die Erfahrungen bei allen Beteiligten dieses Projekts gezeigt – liegt nach 20 Jahren integraler Planung heute nicht so sehr in der technischen Machbarkeit des einzelnen Objekts, sondern in der Erreichung einer hohen Qualität bei einer Vielzahl von Projekten unter hohem Kosten- und Zeitdruck. Entsprechend berücksichtigen wir in unseren Empfehlungen auch Aspekte, die in der Industrie weniger mit einem Prototyp, der die technische Machbarkeit prüft, sondern in der Nullserie analysiert werden, die die Qualität der Fertigung in großer Stückzahl prüft und optimiert.

### 7.1 Empfehlungen zum Energiedesign der Kitas

In diesem Abschnitt geben wir Empfehlungen für die technische Konzeption von Kitas. Sie lassen sich zusammenfassen unter den Stichworten „Angemessenheit“ und „Klarheit“.

#### 7.1.1 Energieversorgung

Kitas sind kleine Gebäude mit geringen absoluten Energiekosten. Die Möglichkeiten der Instandhaltung sind entsprechend begrenzt. Das Konzept der Energieversorgung sollte deshalb einfach und von großer Robustheit sein. Nutzen Sie vorhandene Versorgungsstrukturen und vermeiden Sie komplexe, multivalente Versorgungssysteme. Eine elektrische Trinkwarmwasserbereitung sollte geprüft werden.

#### 7.1.2 Heizung

Wärmeeinsparungen durch Einzelraumregelung sind möglich, sind aber bei hocheffizienten Gebäuden mit kleinen Anlagen kaum wirtschaftlich umzusetzen. Trotzdem erfordern Sie eine hohe Kompetenz in der Gebäudeautomation. Wir empfehlen für den Gebäudetyp Kita deshalb:

- Entkoppeln Sie die Funktionen von Heizung und Lüftung: die Heizung heizt, die Lüftung lüftet (mit ca. 20°C Zulufttemperatur, geregelt oder mit komplettem Verzicht auf ein Heizregister im Lüftungsgerät).
- Verwenden Sie Heizkreise mit witterungsgeführte Vorlauftemperatur und zeitlich festgelegtem Absenk-/ Abschaltbetrieb.
- Nutzen Sie Heizkörper mit manuell bedienbaren Thermostatventilen.

#### 7.1.3 Lüftungsanlage

Lüftungsanlagen werden erst seit kurzem durch die gestiegenen Anforderungen an das Raumklima und die Energieeffizienz im Gebäudetyp Kita eingesetzt. Wir empfehlen:

- Luftdichtheitsklasse C für Kanäle und Klasse D für Rundrohrsysteme nach DIN EN 1507<sup>39</sup>
- Dämmstandard für Kaltluftkanäle innerhalb der thermischen Gebäudehülle (Fortluft nach WRG und Außenluft): 2x19mm min. WLГ 035

- Konstant-Volumenstromregelung mit Zeitprogramm und manuellem Spülprogramm (keine volumenstromvariablen Regelungen für Standardnutzungsbereiche wie Hort, Gruppenräume etc.)
- Sommer-/Winterprogramm abhängig von der Außenlufttemperatur (Winter: Zeitprogramm entsprechend Nutzungszeit; Sommer aus und Fensterlüftung, keine mechanische Nachtlüftung)
- WRG mit Feuchte-Rückgewinnung und min. 83% effektivem Wärmebereitstellungsgrad
- Lüftungsgerät ohne Heizregister, da gemäß DIN EN 12831 die Heizlast zu 100% über Heizkörper gedeckt werden kann.

#### 7.1.4 Beleuchtung

- Nutzen Sie einfache Regelungskonzepte:
  - Taster: Manuell EIN/AUS + Präsenz-/Helligkeitssensor: DIMMEN/AUS
  - Die Funktionalität sollte in den Leuchten integriert sein und nicht über externe Regelungsfunktionen durch die MSR-Technik umgesetzt werden.

#### 7.1.5 Kleinkälte

- Bei Kleinkälte für Küchen sollte die Verflüssigereinheit außerhalb der thermischen Gebäudehülle installiert werden.
- Machen Sie exakte Vorgaben für die Nutzung, Auswahl und Aufstellung von Einzelkühlschränken oder Kühlzellen.

#### 7.1.6 MSR/GA

- Verzichten Sie auf Einzelraumregelungen für Heizung, Kühlung, Lüftung.
- Definieren Sie frühzeitig ein Konzept für das Monitoring. Nutzen Sie ¼-stündliche Messwerte der Hauptzähler für Strom und Gas/Wärme und die Außenlufttemperatur (aus dem Gebäude oder über entsprechende Datenservices). Wenn Sie weitere Messtechnik für das Monitoring einbauen, setzen Sie diese als Teil der MSR und als reguläre Planungs- und Bauleistung um.
- Definieren Sie für den außenliegenden Sonnenschutz ein einfaches Steuerungs- und Regelungskonzept:
  - Sonnenschutz: Jahres-Zeitprogramm (Sommer: morgens runter-, abends rauffahren; Winter: abends runter-, morgens rauffahren), Automatisierte Bewegungen sollten möglichst außerhalb der Nutzungszeiten erfolgen.
  - Nutzereingriff: Klare, einfache Schalter (rauf, runter, Kippstellung), Sperre der Automation für mindestens 3 Stunden nach dem Nutzereingriff
  - Windschutz: automatisch hochfahren

Die Empfehlungen beziehen sich explizit nur auf Kitas und Gebäude ähnlichen Typs und sind keine allgemeine Empfehlung für andere Gebäudetypen.

## 7.2 Inhalte des Qualitätsmanagements

Das Qualitätsmanagement am Bau umfasst naturgemäß eine Vielzahl von Aspekten aus den vielen verschiedenen Gewerken und Leistungsphasen. Deshalb erscheint es notwendig, frühzeitig und möglichst klar zu definieren, welche Planungs- und Bauleistungen zu welchem Zeitpunkt in welcher Art und Weise zu prüfen und zu dokumentieren sind. Hierzu werden im Folgenden Empfehlungen für die verschiedenen Projektphasen gegeben.

### 7.2.1 Wettbewerb

In einem Wettbewerb sollen in einem kreativen Prozess bestmögliche Lösungen für eine Bauaufgabe entwickelt werden. Aus den oben genannten technischen Empfehlungen ergibt sich unmittelbar, dass diese nicht Bestandteil des Wettbewerbs sein müssen, sondern weitestgehend vorab festgelegt und von den Anbietern berücksichtigt werden sollten. Die Entwicklung „innovativer“ Lösungen im Rahmen einer Wettbewerbssituation sehen die Autoren, auch angesichts der in Nebenangeboten in diesem Projekt, entwickelten Lösungen, als wenig zielführend an. Im Gegenteil werden für vermeintlich innovative Lösungen sowohl auf Seiten der Anbieter wie auf Seiten der Auftraggeber, die die Konzepte prüfen müssen, ohne Aussicht auf eine wirkliche Verbesserung des Projekts erhebliche Ressourcen gebunden.

Wir empfehlen deshalb, schon im Wettbewerb, z.B. durch die Vorgabe eines Energieversorgungskonzepts und eines Raumbuchs, alle relevanten Aspekte unter Berücksichtigung der oben genannten Punkte so präzise wie möglich festzulegen. Machen Sie dabei möglichst konkrete Vorgaben. Gegebenenfalls können diese auch im Rahmen einer Vorstudie entwickelt und geprüft werden.

Für die Definition von Zielwerten können wie in diesem Projekt Bilanzierungswerkzeuge wie Software auf Basis der DIN V 18599 oder das PHPP genutzt werden. Als Zielwerte sollten jedoch nicht nur Energiekennwerte herangezogen werden, sondern immer auch die entsprechenden Randbedingungen wie die Raumtemperatur oder Nutzungszeiten sowie einzelne Performance-Kennzahlen wie die installierte Leistung, die Betriebsstunden oder die spezifische Ventilatorleistung. Sie ermöglichen später eine effektive Analyse und Ursachenforschung. Werden Zielwerte benannt, sollten immer sowohl der Sollwert als auch der Istwert mitsamt der Berechnungsvorgabe definiert werden. Zurzeit werden als Zielsetzung für den Passivhausstandard insbesondere die Nutzenergiewärme ( $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ), die technisch nicht messbar ist, und die Jahres-Primärenergie verwendet, die in starkem Maße von nicht immer nachvollziehbaren Faktoren abhängig ist, aber einen erheblichen Einfluss auf den Kennwert haben. Hier sind Endenergiekennwerte unter Angabe der Systemgrenzen als Ergänzung zu prüfen.

Standardisierte Festlegungen unterstützen auch alle weiteren Schritte von der Planung bis in den Betrieb und vereinfachen das Qualitätsmanagement.

### 7.2.2 Planung

Im Projektvertrag für die 8 Kitas wurde nicht eindeutig vereinbart, welche Planungsunterlagen in den einzelnen Planungsphasen vorzulegen sind und welche Inhalte diese mindestens enthalten müssen. Weitgehend umfassend definiert ist dies in der Richtlinie VDI 6026 "Dokumentation in der Technischen Gebäudeausrüstung; Inhalte und Beschaffenheit von Planungs-, Ausführungs- und Revisionsunterlagen"<sup>40</sup>. Die Erstellung von Planunterlagen entsprechend VDI 6026 sollte vereinbart werden. Ebenfalls möglich ist die Vereinbarung der BHKS-Regel 2.006. Auf diese Basis sollten Prüfungen der Entwurfs- und der Ausführungsplanung auf Vollständigkeit, Aktualität, Konsistenz und Plausibilität sowie die Erreichung spezifischer, z.B. energetischer Zielewerte, durchgeführt werden.

Organisatorisch sah der Projektvertrag detaillierte Fristenregelungen für mögliche Einsichtnahmen und Sichtvermerke für Planunterlagen durch den Auftraggeber vor. In der Praxis zeigte sich, dass die Einhaltung der Fristen, auch auf Grund der großen Anzahl von Projekten, nicht nur Anforderungen an den Auftragnehmer stellt, sondern auch erhebliche Ressourcen des Auftraggebers in Anspruch nimmt. Um hier Verzögerungen zu vermeiden

und die Bearbeiter zu entlasten, sollten die entsprechenden Prüfaufgaben über Checklisten und Dokumentationsvorgaben vorab definiert bzw. bei Vergabe an Dritte vorab vereinbart werden.

Der Prüfumfang von proKlima ist hier als Orientierung für ein Qualitätsmanagement sehr gut geeignet und sollte auf weitere Aspekte übertragen werden. Entsprechende Vorgaben für die Dokumentation von Prüfungen werden zurzeit im von der DBU geförderten Projekt EQM – Energie- und Qualitätsmanagement entwickelt.

Wir empfehlen außerdem zu prüfen, ob eine Vergabe der Qualitätssicherung an einen unabhängigen Dritten – analog z.B. zur Beauftragung eines Prüfstatikers – sinnvoll ist, da dies eine Reihe von Vorteilen bietet:

- Entlastung der Ressourcen des Bauherrn, gerade in intensiven Projektphasen, wenn Qualität geprüft wird.
- Neutrale Rolle der Qualitätssicherung mit der Möglichkeit zur Moderation.
- Spezialisierung des Dritten auf entsprechende Leistungen und damit Möglichkeit, zu effektiveren Methoden und Arbeitsmitteln

Der Qualitätssicherer berät in dieser Rolle den Bauherrn. Um seine Aufgaben wirtschaftlich zu gestalten, kann sie keine vollständige Prüfung aller Planungsleistungen, sondern nur eine stichpunktartige Kontrolle umfassen.

### 7.2.3 Errichtung

Zum Qualitätsmanagement in der Errichtung werden ähnliche Empfehlungen wie in der Planung gegeben. Auch hier kann die Einbindung eines unabhängigen Dritten ähnlich der proKlima-Qualitätssicherung sinnvoll sein. Eine Erweiterung des Prüfumfanges ist auch hier möglich und sinnvoll.

Insgesamt erscheint es gerade bei der Errichtung wichtig, den genauen Prüfumfang sowie Form und Inhalt der Dokumentation vorab zu klären. Im Projekt entstanden verschiedene Protokollformate, die zum einen in der inhaltlichen Dokumentation unterschiedlich sind und zum anderen in ihrer Handhabung als pdf-Dokumente unübersichtlich wirken. Hier sollten softwarebasierte Werkzeuge in Betracht gezogen werden, die sowohl eine gute Dokumentation wie auch ein effektives Management z.B. von Mängeln ermöglicht.

### 7.2.4 Inbetriebnahme / Abnahme / Übergabe

Auch in der Phase der Inbetriebnahme/ Abnahme gelten die Anmerkungen wie für Phasen der Planung und Errichtung. In diesem Projekt lag auf Grund der ÖPP-Vergabe eine besondere Situation für diese Phase vor. Allgemein wird empfohlen, unter Beachtung der Vorgaben der VOB-C frühzeitig klare Vorgaben für Umfang und Tiefe der erforderlichen Messungen (z.B. Lüftung DIN EN 12599) einschließlich der entsprechenden Dokumentation festzulegen (z.B. Begleitung durch Qualitätssicherer und Fotodokumentation).

Auf Grund der besonderen Bedeutung der Gebäudeautomation sollte ein Probetrieb im Rahmen der Abnahme beauftragt u.a. mit folgenden Aufgaben und Zielen werden:

- Störungsfreier Betrieb ohne Eingriff und entsprechend der vereinbarten Anlagen- und Funktionsschemen sowie Funktionsbeschreibungen (darüber hinaus können Ziele einzeln festgelegt werden) über eine vereinbarte Dauer (min. 1 Woche)
- Export der relevanten Betriebsdaten an eine externe Stelle in einem neutralen Datenformat (z.B. csv), so dass eine Prüfung mit vom Errichter unabhängigen Werkzeugen möglich ist.

Für diesen Prozess wird zurzeit ein entsprechender Ausschreibungstext im Rahmen des Forschungsprojekts GA Spec&Check mit Förderung des Bundesbauministeriums entwickelt<sup>viii</sup>.

### 7.2.5 Einweisungen

Die Übergabe an den Nutzer erschien allen Beteiligten als besonders kritische Phase im Projekt, die aufgrund der oben genannten Erfahrungen optimiert werden. Wir empfehlen für diese Phase die Einrichtung der Funktion eines technischen Hausmeister, der die Schnittstelle sowohl zwischen Errichtung und Betrieb als auch zwischen Errichter und Nutzer übernimmt. Als besonders wichtig erscheint hier, dass diese Person

- ein integrales Verständnis der technischen Anlagen hat,
- spätestens ab der Errichtung in die Projekte eingebunden ist und
- damit Auftragnehmer und Nutzern frühzeitig in dieser Rolle bekannt ist,
- vom Auftragnehmer in alle relevanten Funktionen „von Experte zu Experte“ eingewiesen wird und
- den Nutzern während des Bezugs und anschließend kontinuierlich als Ansprechpartner („one face to the costumer“) für alle Fragen zum Gebäude zur Verfügung steht.

Die beschriebene Rolle entspricht der Funktion eines Technischen Hausmeisters (TH). Diese kann die oben definierten Ziele für die Einweisung effektiv übernehmen und die Verbindung sowohl zwischen Errichtung und Betrieb als auch zwischen Errichter und Nutzer bilden:

- Der TH hat umfassende Projektkenntnisse und technisches Fachwissen, um „auf Augenhöhe“ mit Fachplanern und Errichtern zu arbeiten.
- Der TH kennt die Abläufe und Strukturen des Bauherrn und kann so effektiv auf Seiten des Bauherrn agieren.
- Da der TH durch die Errichter in die Anlagen eingewiesen wird, entsteht für die Nutzer in der stressigen Bezugsphase keine zusätzliche Belastung (in der die Aufnahmefähigkeit ohnehin begrenzt ist).
- Projektbearbeiter und der Instandhalter werden entlastet, so dass der Personalaufwand auf Seiten des Bauherrn im Zuge der Übergabe reduziert wird. Dies ist insbesondere wichtig, da die Einweisungen vor Ort stattfinden und alle erforderlichen Teilnehmer gleichzeitig dort sein müssen. Dies ist eine erhebliche organisatorische Belastung.
- Errichter werden nicht in eine Nutzer-Schulung gezwungen, in der sie sich auf die ungewohnte Kommunikation mit Laien einstellen müssen.
- Der TH kann den Nutzern im Anschluss an die Übergabe kontinuierlich betreuen und so auch bei auftretenden Problemen im Zuge der Einregulierung die Schnittstelle zu Planern, Errichtern und ggf. dem Qualitätssicherer bilden, der ein Monitoring durchführt.

Da die hier entwickelte Rolle in erste Linie als Unterstützung des Nutzers für die Nutzung des Gebäudes gedacht ist und entsprechend „psychologische“ Kompetenz gefordert ist, sollte hier auch über die Bezeichnung der Rolle nachgedacht werden. Aus Sicht des Nutzer ist hier evtl. weniger ein Hausmeister als vielleicht ein „Gebäudepartner“ gesucht.

<sup>viii</sup> <https://www.tu-braunschweig.de/igs/forschung/specundcheck>

### 7.2.6 Einregulierung und Monitoring

Für die Einregulierung sollte eine feste Anzahl von Ortsterminen vereinbart werden, die vom Bauherrn abgerufen werden können. Ein angemessenes Monitoring der ersten beiden Betriebsjahre durch einen unabhängigen Dritten sollte diesen Prozess konstruktiv und moderierend begleiten. Ziel des Monitoring muss sein, konkret festgelegte Zielsetzungen zu prüfen, zu dokumentieren und damit die Einregulierung zu unterstützen. So liefert das Monitoring auch Informationen über die Zielerreichung und den Projekterfolg und damit die Entscheidungsgrundlagen für weitere Bauprojekte. Organisation und Inhalte des Monitoring sollten entsprechend frühzeitig und eindeutig definiert werden. Die Kosten des Monitorings sollten als separates Planungs- und Baubudget ausgewiesen werden, dass nicht mit den eigentlichen Budgets verrechnet werden darf. So können Streichungen z.B. von Mess- und Datentechnik in der Planungs- und Bauphase zu Lasten des Betriebs und der Instandhaltung vermieden werden.

### 7.3 Empfehlungen zur Nutzereinbindung

Aus den Nutzerworkshops und den anschließenden Reflexionsgesprächen ergeben sich Handlungsempfehlungen für die Einbindung von Nutzerinnen und Nutzern.

- Nutzereinbindung beginnt auf betrieblicher Ebene. Hier sollten die Ziele der Nutzereinbindung einschließlich erwünschter und unerwünschter Folgen diskutiert und konkrete umsetzbare Maßnahmen vereinbart werden (z.B. Einführung eines Technischen Hausmeisters / Gebäudepartners)
- Die Maßnahmen der Nutzereinbindung müssen in die Gesamtplanung des Bauvorhabens integriert werden.
- Die Nutzereinbindung muss die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer berücksichtigen. Diese beschränkt sich nicht allein auf Funktionsweisen des Gebäudes.
- Eine erfolgreiche Nutzereinbindung sollte um Informationen über Gebäude mit einem hohen Energieeffizienzstandard und den Ablauf des Inbetriebnahmeprozesses ergänzt werden. Allerdings besteht eine Gefahr, dass wenn die Funktionalität des Gebäudes in den Vordergrund gerückt wird, dass Nutzerinnen und Nutzer typische Probleme bei neuen Gebäuden auf die Art des Gebäudes zurückführen.
- Die erfolgreiche Nutzereinbindung setzt eine Einbindung von relevanten Ansprechpartnerinnen und -partnern voraus, also den Personen mit denen die Nutzerinnen und Nutzer in den ersten Monaten vorwiegend Kontakt haben. Diese und die Nutzerinnen und Nutzer sollten sich frühzeitig persönlich kennenlernen.

Konkret kann die Nutzereinbindung in künftigen Bauprojekten durch 3 kompaktere Workshops (2-4h) gestaltet werden.

1. **Workshops auf betrieblicher Ebene:**  
Vor- und Nachteile der Nutzereinbindung abwägen, Nutzereinbindung planen
2. **Workshop vor Inbetriebnahme:**  
Nutzerinnen und Nutzer über Inbetriebnahme Prozesse informieren, über typische Probleme aufklären und mit den Nutzerinnen und Nutzern Maßnahmen vereinbaren. Dabei die Perspektive der Nutzerinnen und Nutzer aufnehmen.
3. **Workshop nach Inbetriebnahme:**  
Reflexion des Inbetriebnahmeprozesses und Vereinbarung von weiteren Maßnahmen Flankiert kann diese Umsetzung durch Multiplikatorenschulungen (z.B. der technischen Hausmeister) im Umgang mit den Nutzerinnen und Nutzern.

#### 7.4 Weiterer Forschungsbedarf

Dieses Forschungsprojekt hat nach Kenntnis der Autoren erstmals einen detaillierten messtechnischen Vergleich von mehreren annähernd gleichen Nichtwohngebäuden durchgeführt. Damit bestand für das Forschungsprojekt die Möglichkeit, die Qualität der „Produktion“ von Gebäuden in Serie zu untersuchen. Analog zur Industrie könnte man dies als eine Nullserie bezeichnen, in der nicht die technische Realisierbarkeit des Produktes an sich evaluiert wird, sondern die notwendigen Voraussetzungen, die gegeben sein müssen, um das Produkt mit der angestrebten Qualität in großer Stückzahl herzustellen.

Es konnte gezeigt werden, wie und in welchem Umfang ein Qualitätsmanagement in Planung, Errichtung und Betrieb umgesetzt wurde, welche Abweichungen zwischen Planung und Betrieb sowie zwischen den Gebäuden vorliegen und welche Fehler im Zuge eines Qualitätsmanagements identifiziert werden können.

Die in der Industrie übliche Nullserie als Grundlage der Skalierung der Produktion fehlt in Bezug auf das „System Gebäude“ aus strukturellen Gründen in der Baubranche. Die in anderen Industrien greifenden Marktmechanismen zur Optimierung der Serienproduktion greifen am Bau nicht. Als Ergebnis verfügen wir heute in Gebäuden über hocheffiziente einzelne Produkte, aber über vergleichsweise ineffiziente Gesamtsysteme.

Nachdem in den letzten Jahren eine Vielzahl von Demonstrationsgebäuden und Leuchtturmprojekten für energieoptimiertes und nachhaltiges Bauen mit wissenschaftlicher Begleitung umgesetzt worden sind, zeigt dieses Projekt, dass die Nullserie als Forschungsgegenstand begriffen werden muss, um die erfolgreiche Übertragung integraler Systemlösungen von Leuchtturmprojekten in die Breite der Bautätigkeit zu übertragen. Wie solche Projekte aussehen können, hat die Bearbeitung der acht Kitas in Hannover gezeigt.

## 8 ANHANG

### 8.1 Empfohlene Ift-Richtlinien

#### Allgemein:

ift-Richtlinie WA-15/2 – Passivhaustauglichkeit von Fenstern, Außentüren und Fassaden

ift-Richtlinie FE-11/1 – Nutzungssicherheit an kraftbetätigten Fenstern und Fenstertüren

ift-Richtlinie MO-01/1 – Baukörperanschluss von Fenstern

ift-Richtlinie WA-01/2 – Uf-Werte für therm. getrennte Metallprofile aus Fenstersystemen

#### Holzfenster/Profile:

ift-Richtlinie FE-08/1 – Rahmeneckverbindungen für Holzfenster

ift-Richtlinie – Verklebungen an Holzfenstern – Teil 1 und 2

ift-Richtlinie – Verglasung von Holzfenstern ohne Vorlegeband

ift-Richtlinie HO-10/1 – Massive, keilgezinkte und lamellierte Profile für Holzfenster

ift-Richtlinie WA-04/1 – Uw-Werte für Holzfenster

Merksblatt Lasierende Anstrichsysteme für Holzfenster und Holztüren

#### Kunststofffenster/Profile:

ift-Richtlinie FE-06/1 – Prüfung von mechanischen und stumpf geschweißten T-Verbindungen bei Kunststofffenstern

ift-Richtlinie WA-02/3 – Uf-Werte für Kunststoffprofile aus Fenstersystemen

ift-Richtlinie FE-13/1 – Eignung von Kunststofffensterprofilen

ift-Richtlinie FE-06/1 – Prüfung von mechanischen und stumpf geschweißten T-Verbindungen bei Kunststofffenstern

### 8.2 Quellenverzeichnis

---

<sup>1</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Aufforderung zur Abgabe eines Angebots“, Schreiben an die Bieter vom 30.09.2010

<sup>2</sup> ahrens & grabenhorst Architekten, Ausführungsplanung

<sup>3</sup> Riedel+Partner, Ausführungsplanung

<sup>4</sup> Funktionsbeschreibung MSR

<sup>5</sup> Funktionsbeschreibung MSR

<sup>6</sup> DIN EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden“, 2009

<sup>7</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 60

<sup>8</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil A, Seite 5

<sup>9</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil A, Seite 4

<sup>10</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil A, Seite 15

<sup>11</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 31

<sup>12</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil A, Seite 8

<sup>13</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B

<sup>14</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 11

<sup>15</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 11

<sup>16</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 11

<sup>17</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 10

<sup>18</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 11

<sup>19</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 10-11

<sup>20</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil A, Seite 12

<sup>21</sup> DIN 276: „Kosten im Bauwesen“, Normenausschuss Bauwesen (NABau), Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin 2008

<sup>22</sup> Alle Angaben aus: Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B

<sup>23</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Seite 24

<sup>24</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Projektvertrag

<sup>25</sup> VDI 6026: „Dokumentation in der Technischen Gebäudeausrüstung – Inhalte und Beschaffenheit von Planungs-, Ausführungs- und Revisionsunterlagen“, VDI, 2005-05

<sup>26</sup> BTGA (Hrsg.): „Prüflisten für Vergabe und Ausführung von Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung“, BTGA, 2009

<sup>27</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Projektvertrag“, § 3.4 Planungsleistungen

<sup>28</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“

<sup>29</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Projektvertrag“, § 3.4 Planungsleistungen

<sup>30</sup> DIN 18386: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Gebäudeautomation

<sup>31</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Projektvertrag“, § 3.4 Planungsleistungen

---

<sup>32</sup> Fotos: energydesign braunschweig GmbH

<sup>33</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil B, Anlage allgB14\_1, Seite 4

<sup>34</sup> BTGA (Hrsg.): BHKS-Regel 2.001: „Aufbau von Anlagendokumentationen“, BTGA, 2011-02

<sup>35</sup> Landeshauptstadt Hannover: „Ausschreibungsunterlagen »Neubau von acht Kindertagesstätten in der Landeshauptstadt Hannover im Rahmen eines ÖPP-Modells“, Teil A

<sup>36</sup> DIN EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme“, Beuth Verlag, Berlin 2007

<sup>37</sup> DIN EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden“, 2009

<sup>38</sup> Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“, 30. Juli 2009

<sup>39</sup> DIN EN 1507: „Lüftung von Gebäuden - Rechteckige Luftleitungen aus Blech - Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit; Deutsche Fassung EN 1507:2006“

<sup>40</sup> VDI 6026: „Dokumentation in der Technischen Gebäudeausrüstung; Inhalte und Beschaffenheit von Planungs-, Ausführungs- und Revisionsunterlagen“, 2008-05