

Abschlussbericht:

Kindertagesstätte „Sonnenschein“, Wismar  
Demonstrationsvorhaben zur  
Energetische Sanierung der Bausubstanz

Auftraggeber:

Hansestadt Wismar  
Am Markt 1  
23966 Wismar

Bearbeiter:

Prof. Dipl.-Ing. Martin Wollensak  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Römhild  
M.A. Stephan Rein  
Cand. B.A. Simone Hüttenberend

Institut für Gebäude+Energie+Licht Planung  
TFZ – Alter Holzhafen 19  
23966 Wismar

Thema:

Vergleich von Prognoserechnungen und mittels Messtechnik gewonnenen bauphysikalischen Größen vor und nach der Sanierung der Kindertagesstätte „Sonnenschein“ in Wismar

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Az: 25559-25 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



|    |                 |         |             |                       |
|----|-----------------|---------|-------------|-----------------------|
| Az | <b>25559-25</b> | Referat | Fördersumme | <b>125.000,00 EUR</b> |
|----|-----------------|---------|-------------|-----------------------|

**Antragstitel** "Demonstrationsvorhaben zur energetischen Sanierung der KITA „Sonnenschein“, Am Kagenmarkt, Wismar“

**Stichworte** Energetische Sanierung, Kindertagesstätte, Energieeinsparung, Typenbau

| Laufzeit         | Projektbeginn                | Projektende                             | Projektphase(n) |
|------------------|------------------------------|---|-----------------|
| <b>45 Monate</b> | <b>Baubeginn<br/>01/2009</b> | <b>Abschluss Monitoring<br/>10/2012</b> | <b>3</b>        |

|                              |  |   |                |
|------------------------------|--|---|----------------|
| <b>Bewilligungsempfänger</b> | Hansestadt Wismar<br>Der Bürgermeister<br>Am Markt 1<br>23966 Wismar | Tel   | 03841 251 5003 |
|                              |  | Fax   | 03841 251 5002 |
|                              |  | <b>Projektleitung</b><br>Prof Wollensak (Kooperationspartner) |                |
|                              |  | <b>Bearbeiter</b><br>Herr Fröhlich                            |                |

**Kooperationspartner** Institut für Gebäude + Energie + Licht – Planung Wismar  
Alter Holzhafen 19 | 23966 Wismar  
Tel.: 03841 758 24 60  
Ansprechpartner: Prof. Dipl.-Ing. Wollensak

**Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens**

Ausgehend von dem bereits mit Erfolg und Förderung durch das BMWI und das Landes Umweltministerium durchgeführten ENSAN Bauvorhaben KITA "Plappersnut" soll an dem Typengleichen Gebäude der KITA "Sonnenschein" mit anderer Gebäudeausrichtung und unterschiedlicher Nutzung demonstriert werden, wie der Energieverbrauch mit geringem finanziellen Aufwand noch weiter abgesenkt und gleichzeitig für die Kinder neue räumliche Möglichkeiten geschaffen werden können. Das Sanierungskonzept basiert auf der Idee, durch eine neue und energetisch sinnvolle Hülle, die über die bestehenden Gebäude gestülpt wird, ein „neues“ kompaktes Gebäude zu entwickeln, dass weniger Energie benötigt (verbessertes A/V-Verhältnis). Mit einer kompakten Bauform sind energetische Einsparungen im Betrieb und eine ressourcenschonende Bauweise möglich. Durch die „neue“ Hülle wird der Hof mit der aufwendigen Erschließung aus Längs- und Querverbindern mit überdeckt, sodass auf diese unübersichtliche Wegeführung verzichtet werden kann.

**Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

**1. Antragstellung und Grundlagenermittlung**

Analyse der Grundlagen, Abstimmen der Zielvorstellungen, Aufstellen eines Planungsbezogenen Zielkatalogs, Erarbeiten eines Planungskonzeptes, Integrieren der Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter, Konzeption der Anlagentechnik, Messungen und Simulation, Energetische Bestandserfassung, Ermittlung der Verbräuche

**2. Bauphysikalische Bestandserfassung**

Komplexe Analysen von Bauteilen und Gebäudehülle, Thermographieuntersuchungen, Luftdichtigkeitsmessungen / Blower-Door, Ermittlung der Lüftungswärmeverluste / Tracer-Gas, Berechnung von Problemstellen, Baustoffuntersuchungen

**3. Haushaltsunterlage HU-Bau**

Grundlagenplanung / Erläuterungsbericht, Vorplanung, Konzepterläuterung, Vorentwurfspläne, Flächenberechnung, Kostenschätzung, Entwurfsplanung, Entwurfspläne, Technische Pläne, Nachweise  
,Flächenberechnung, Kostenberechnung, Statik / Tragwerksplanung

**4. Genehmigungsplanung**

Eingabeplan mit Grundrissen, Ansichten und Schnitten im Maßstab 1:100, Bauantragsformular, Baubeschreibung, statistischer Erhebungsbogen, Wärmeschutznachweis, Standsicherheitsnachweis (Statik), amtlicher Lageplan, weiteren notwendige Nachweise und Angaben, die zur Erteilung der Genehmigung von der Baurechtsbehörde gefordert werden

**5. Bauausführung**

Ausführungsplanung, Ausschreibung, Vergabe, Durchführung der Baumaßnahmen

**6. Objektbetreuung und Dokumentation**

Bestandsanalyse nach der Sanierung, Messtechnisches Monitoring

## ***Ergebnisse und Diskussion***

Infolge der Sanierungsarbeiten wurde eine Verbesserung des A/V-Verhältnisses und eine Reduzierung der Erschließungsflächen durch die neue Hülle der Zwischenklimazone erreicht. Diese Optimierung hatte eine Absenkung der Transmissionswärmeverluste zur Folge. Um erhöhten Lüftungswärmeverlusten entgegen zu wirken, erfolgte der Einbau einer kontrollierten Lüftungsanlage. Eine Kollektoranlage und Speichermassen in der Pufferzone tragen zur Erhöhung der aktiven solaren Gewinne bei, wobei gleichzeitig eine Reduzierung der Aufheizung im Sommer durch Sonnenschutzmaßnahmen erzielt wurde. Das zusätzliche Raumangebot innerhalb der Klimazone bietet neue interessante und abwechslungsreiche Bewegungsflächen für die Nutzer.

Der Hof wurde teilweise mit einem Foliendach sowie mit einer festen Blecheindeckung mit integrierten PV-Modulen abgeschlossen. Die Stirnseiten sind teilweise verglast. Zusätzlich wurde die Südseite zur Großkollektorfläche ausgebaut. Die Nordseite wurde zum Mehrzweckbereich mit Foyer und Eingang erweitert. Die Heizung wurde entsprechend dem geringeren Energiebedarf neu gestaltet, die Verteilung in die neue Hülle einbezogen. Die Abluftanlage beinhaltet eine Wärmerückgewinnung zur kontrollierten Lüftung. Die Warmwasserbereitung ist solar unterstützt.

Das technische Konzept beruht auf der Anwendung effizienter Technologien, die zu einem neuartigen Gesamtkonzept verbunden wurden. Der in dem Gebäude entstehende thermische Energieüberschuss wird in einem Pufferspeicher gesammelt und wenn dieser keine Energie mehr aufnehmen kann in den Rücklauf des Fernwärmenetzes eingespeist. Benötigt das Gebäude thermische Energie wird diese aus dem Pufferspeicher entnommen. Reicht sie nicht aus wird aus dem Fernwärmenetz nachgeheizt.

Die abschließende Auswertung der berechneten (DÄMMWERK 2012) und gemessenen Energieverbräuche hat eine Reduzierung des Endenergieverbrauchskennwertes auf 36% [109 kWh/(m<sup>2</sup> a)] und des Primärenergieverbrauchskennwertes auf 41% [117 kWh/(m<sup>2</sup> a)] ergeben. Maßgeblichen Anteil an den Einsparungen des Energieverbrauches hat die Verbesserung der Gebäudehülle mit niedrigeren Wärmedurchlasskoeffizienten und einem optimierten A/V- Verhältnis. In der EnEV-Berechnung konnte der Luftkollektor nicht berücksichtigt werden, hingegen wurde der Solarthermieanlage eine höhere Effizienz prognostiziert als schließlich gemessen. Im Primärenergieverbrauchskennwert spiegelt sich die hohe Reduzierung des Fernwärmebedarfs wider, bei nahezu konstantem Stromenergieverbrauch. Der gleichbleibend hohe Stromverbrauch hat seinen Ursprung in der zusätzlichen Anlagentechnik, Wärmepumpe und Lüftungsanlage. Die angenommenen Primärenergiefaktoren (1,3 Fernwärme fossil / 2,7 Strom-Mix) der Stadtwerke Wismar liegen im nationalen Vergleich sehr hoch, sodass hier noch Optimierungspotenzial besteht.

## ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Die Ergebnisse des Sanierungsvorhabens wurden und werden durch Presse, Fachartikel, Vorträge öffentlich gemacht. Zielbranchen sind Kommunen, Betreiber von Kindertagesstätten und Planer.

## ***Fazit***

Der Planungsansatz, der über die reine Energieeinsparung hinausging, sollte zeigen, dass die ganzheitliche Betrachtung und Lösung von architektonischen, baukonstruktiven und bauphysikalischen Problemen zu einer neuen Qualität des Gebäudes führen kann. So konnte die Realisierung des Konzepts zeigen, dass neben einer Betriebskostenreduzierung auch eine neue architektonische Qualität und eine verbesserte Nutzungsmöglichkeit einen Beitrag zur wirtschaftlichen Bewertung energetischer Maßnahmen leisten.

## Inhalt

|  |    |
|--|----|
| Inhalt                                     | 2  |
| Abbildungsverzeichnis                      | 3  |
| Tabellenverzeichnis                        | 4  |
| 1 Zusammenfassung                          | 5  |
| 2 Einleitung                               | 6  |
| 3 Gebäudebeschreibung                      | 7  |
| 3.1 Gebäude vor der Sanierung              | 7  |
| 3.1.1 Allgemeine Zustandsbeschreibung      | 7  |
| 3.1.2 Konstruktion                         | 8  |
| 3.1.3 Haustechnische Anlagen               | 9  |
| 3.1.4 Energieverbrauch                     | 10 |
| 3.2 Gebäude nach der Sanierung             | 11 |
| 3.2.1 Allgemeine Zustandsbeschreibung      | 11 |
| 3.2.2 Konstruktion                         | 13 |
| 3.2.3 Haustechnische Anlagen               | 16 |
| 3.2.4 Energieverbrauch                     | 18 |
| 3.3 Vergleich vor und nach der Sanierung   | 19 |
| 3.3.1 Gebäudehülle                         | 19 |
| 3.3.2 Haustechnische Anlagen               | 20 |
| 3.3.3 Endenergieverbrauch                  | 21 |
| 3.3.4 Primärenergieverbrauch               | 22 |
| 4 Monitoring                               | 23 |
| 4.1 Messkonzept                            | 23 |
| 4.2 Messtechnik                            | 24 |
| 4.3 Ergebnisse und Bewertung               | 27 |
| 4.3.1 Auswertung Solarthermieanlage        | 27 |
| 4.3.2 Auswertung Luftkollektor             | 29 |
| 4.3.3 Auswertung Komfort Zwischenklimazone | 32 |
| 4.3.4 Auswertung Komfort Gruppenräume      | 36 |
| 4.4 Abschließende Auswertung               | 38 |
| 5 Fazit                                    | 40 |

Anlage A: Trendkurvenausdrucke der wichtigsten Messdaten

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: KITA „Sonnenschein“ vor der Sanierung                            | 7  |
| Abbildung 2: Grundriss der KITA vor der Sanierung                             | 8  |
| Abbildung 3: KITA „Sonnenschein“ nach der Sanierung, Zwischenklimazone        | 11 |
| Abbildung 4: KITA „Sonnenschein“ nach der Sanierung, Gebäudehülle             | 12 |
| Abbildung 5: Blick in die neu entstandene Zwischenklimazone                   | 12 |
| Abbildung 6: Grundriss der Kita nach der Sanierung                            | 13 |
| Abbildung 7: Wandaufbau der Nordfassade                                       | 14 |
| Abbildung 8: Ansicht Nordfassade  | 14 |
| Abbildung 9: Wandaufbau der Ost-/ Westfassade                                 | 14 |
| Abbildung 10: Ansicht Ostfassade  | 14 |
| Abbildung 11: Wandaufbau der Südfassade                                       | 15 |
| Abbildung 12: Wandaufbau des Luftkollektors                                   | 15 |
| Abbildung 13: Ansicht Südfassade  | 15 |
| Abbildung 14: Ansicht Luftkollektor   | 15 |
| Abbildung 15: Südfassade mit Solarthermie, Luftkollektoren und Außenluftturm  | 17 |
| Abbildung 16: Klimahof Quellluftzufuhr  | 17 |
| Abbildung 17: Klimahof wiederverwendete Bestandsbeleuchtung                   | 18 |
| Abbildung 18: Primärenergiebedarf nach Energieträgern, Bestandsgebäude        | 22 |
| Abbildung 19: Primärenergiebedarf nach Energieträgern, Gebäude nach Sanierung | 22 |
| Abbildung 20: Messräume im Erdgeschoss  | 23 |
| Abbildung 21: Grafik der Messtechnik der Solaranlage                          | 24 |
| Abbildung 22: Grafik der Messtechnik des Wärmetauschers                       | 25 |
| Abbildung 23: Grafik der Messtechnik des Wärmetauschers                       | 25 |
| Abbildung 24: Grafik der Messtechnik im Atrium und der Referenzräume          | 26 |
| Abbildung 25: Trendkurve Jahresgang Solarthermieanlage                        | 27 |
| Abbildung 26: Trendkurve Energiebilanz Solarthermieanlage                     | 28 |
| Abbildung 27: Trendkurve Jahresgang Luftkollektor                             | 29 |
| Abbildung 28: Trendkurve Monatsgang Luftkollektor, Januar                     | 30 |
| Abbildung 29: Trendkurve Monatsgang Luftkollektor, August                     | 31 |
| Abbildung 30: Trendkurve Jahresgang Zwischenklimazone, Tagestemperaturen      | 32 |
| Abbildung 31: Trendkurve Wochengang Zwischenklimazone, Sommer                 | 33 |
| Abbildung 32: Trendkurve Monatsgang Dezember, Zwischenklimazone               | 34 |
| Abbildung 33: Trendkurve Monatsgang August, Zwischenklimazone                 | 35 |
| Abbildung 34: Trendkurve Jahresgang Gruppenraum                               | 36 |
| Abbildung 35: Trendkurve Gruppenraum, Winter                                  | 37 |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: spezifischer Primärenergiebedarf nach EnEV                             | 10 |
| Tabelle 2: spezifischer Primärenergiebedarf im Jahr 2011                          | 18 |
| Tabelle 3: Überblick über die wichtigsten Sanierungsmaßnahmen der baulichen Hülle | 19 |
| Tabelle 4: Vergleich des A/V-Verhältnisses  | 19 |
| Tabelle 5: Überblick über die wichtigsten Änderungen der haustechnischen Anlagen  | 20 |
| Tabelle 6: Übersicht der Endenergieverbräuche vor und nach der Sanierung          | 21 |
| Tabelle 7: Übersicht der Verbrauchskennwerte für Strom und Heizenergie            | 21 |
| Tabelle 8: Übersicht der Energiebilanz  | 37 |
| Tabelle 9: Übersicht CO <sub>2</sub> Emissionen                                   | 37 |

## 1 Zusammenfassung

Erschließungsflächen durch die neue Hülle der Zwischenklimazone erreicht. Diese Optimierung hatte eine Absenkung der Transmissionswärmeverluste zur Folge. Um erhöhten Lüftungswärmeverlusten entgegen zu wirken, erfolgte der Einbau einer kontrollierten Lüftungsanlage. Eine Kollektoranlage und Speichermassen in der Pufferzone tragen zur Erhöhung der aktiven solaren Gewinne bei, wobei gleichzeitig eine Reduzierung der Aufheizung im Sommer durch Sonnenschutzmaßnahmen erzielt wurde. Das zusätzliche Raumangebot innerhalb der Klimazone bietet neue interessante und abwechslungsreiche Bewegungsflächen für die Nutzer.

Der Hof wurde teilweise mit einem Foliendach sowie mit einer festen Blecheindeckung mit integrierten PV-Modulen abgeschlossen. Die Stirnseiten sind teilweise verglast. Zusätzlich wurde die Südseite zur Großkollektorfläche ausgebaut. Die Nordseite wurde zum Mehrzweckbereich mit Foyer und Eingang erweitert. Die Heizung wurde entsprechend dem geringeren Energiebedarf neu gestaltet, die Verteilung in die neue Hülle einbezogen. Die Abluftanlage beinhaltet eine Wärmerückgewinnung zur kontrollierten Lüftung. Die Warmwasserbereitung ist solar unterstützt.

Das technische Konzept beruht auf der Anwendung effizienter Technologien, die zu einem neuartigen Gesamtkonzept verbunden wurden. Der in dem Gebäude entstehende thermische Energieüberschuss wird in einem Pufferspeicher gesammelt und wenn dieser keine Energie mehr aufnehmen kann in den Rücklauf des Fernwärmenetzes eingespeist. Benötigt das Gebäude thermische Energie wird diese aus dem Pufferspeicher entnommen. Reicht sie nicht aus wird aus dem Fernwärmenetz nachgeheizt.

Die abschließende Auswertung der berechneten (DÄMMWERK 2012) und gemessenen Energieverbräuche hat eine Reduzierung des Endenergieverbrauchskennwertes auf 36% [109 kWh/(m<sup>2</sup>a)] und des Primärenergieverbrauchskennwertes auf 41% [117 kWh/(m<sup>2</sup> a)] ergeben. Maßgeblichen Anteil an den Einsparungen des Energieverbrauches hat die Verbesserung der Gebäudehülle mit niedrigeren Wärmedurchlasskoeffizienten und einem optimierten A/V- Verhältnis. In der EnEV-Berechnung konnte der Luftkollektor nicht berücksichtigt werden, hingegen wurde der Solarthermieanlage eine höhere Effizienz prognostiziert als schließlich gemessen. Im Primärenergieverbrauchskennwert spiegelt sich die hohe Reduzierung des Fernwärmebedarfs wider, bei nahezu konstantem Stromenergieverbrauch. Der gleichbleibend hohe Stromverbrauch hat seinen Ursprung in der zusätzlichen Anlagentechnik, Wärmepumpe und Lüftungsanlage. Die angenommenen Primärenergiefaktoren (1,3 Fernwärme fossil / 2,7 Strom-Mix) der Stadtwerke Wismar liegen im nationalen Vergleich sehr hoch, sodass hier noch Optimierungspotenzial besteht.

## 2 Einleitung

Die Kindertagesstätte „Sonnenschein“ in Wismar wurde zwischen 2009 und 2010 umfangreich energetisch saniert. Die Sanierung der KITA erfolgte im Rahmen des Förderprogramms der „Deutschen Bundesstiftung Umwelt“ (DBU) als Demonstrationsvorhaben zur energetischen Sanierung. Auf Vorschlag des damaligen Bundesministers der Finanzen, Dr. Theo Waigel, wurde 1989 aus dem Erlös der bundeseigenen Salzgitter AG eine Umweltstiftung zur Förderung innovativer beispielhafter Projekte zum Umweltschutz gegründet. Laut URL: DBU stehen im Mittelpunkt der Förderung kleine und mittlere Unternehmen. Gerade bei der Entwicklung von individuell optimierten Lösungen liegt bei diesen Unternehmen ein reichhaltiges Potential zur Umweltentlastung vor. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt will kleinen und mittleren Unternehmen eine Chance geben, ihre Ideen umzusetzen.

Von 1960 bis 1975 wurden ca. 300 Kindertagesstätten vom Typ KK/KG 80/180 in den neuen Ländern errichtet. Der Typenbau wurde in zwei Grundtypen als Kindereinrichtung gebaut, jeweils unterschiedlich in ihrer Orientierung (Nord-Süd bzw. Ost-West). Wegen seiner Grundrissdisposition eignet sich dieser Typenbau ausgezeichnet, um den mit relativ geringen Mitteln machbaren Umbau hin zu einer zeitgemäßen Kindereinrichtung für moderne Pädagogik zu realisieren. Dies konnte für den Nord-Süd Typ bereits in einem Demonstrationsbauvorhaben, das von Bund und Land gefördert wurde, nachgewiesen werden. Für die Sanierung des Ost-West Typs, der durch seine veränderte Ausrichtung gänzlich andere Anforderungen für das Kernstück der Sanierung, der Zwischenklimazone, unterliegt, gab es bis dahin keine Vorbilder. Durch die neue Orientierung der Zwischenklimazone ergab sich die Möglichkeit, zusätzlich eine Großkollektoranlage zur passiven Solarnutzung und Wärmespeicherung einzurichten.

Die Sanierung der Kindertagesstätte „Sonnenschein“ stand unter der Leitung des Instituts für Gebäude + Energie + Licht Planung aus Wismar und hatte eine deutliche Senkung des Energieverbrauchs innerhalb eines sinnvollen wirtschaftlichen Rahmens zum Ziel. Einen ebenso großen Stellenwert sollte die architektonische Verbesserung der äußeren und inneren Gestalt einnehmen, dabei sollte auch eine Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten erreicht werden. Ein Planungsansatz, der über die reine Energieeinsparung hinausging, sollte zeigen, dass die ganzheitliche Betrachtung und Lösung von architektonischen, baukonstruktiven und bauphysikalischen Problemen zu einer neuen Qualität des Gebäudes führen kann. So konnte die Realisierung des Konzepts zeigen, dass neben einer Betriebskostenreduzierung auch eine neue architektonische Qualität und eine verbesserte Nutzungsmöglichkeit einen Beitrag zur wirtschaftlichen Bewertung energetischer Maßnahmen leisten.

## 3 Gebäudebeschreibung

### 3.1 Gebäude vor der Sanierung

#### 3.1.1 Allgemeine Zustandsbeschreibung

Die Kindertagesstätte „Sonnenschein“ wurde 1972 als DDR-Typenbau in Plattenbauweise errichtet. Der Baukörper entsprach dem Typ Kombi-Kindergarten KK/KG 80/180. In der Einrichtung konnten 80 Krippen- und 180 Kindergartenkinder betreut werden. Vom gleichen Typ wurden auf dem Gebiet der ehemaligen DDR etwa 300 Einrichtungen erbaut.

Der Baukörper bestand ursprünglich aus zwei zweigeschossigen, parallel zueinander angeordneten Hauptgebäuden, in denen sich die Gruppen- und Wirtschaftsräume befanden. Die zwei Hauptkörper wurden durch drei zweigeschossige Querverbinder, die wiederum durch einen eingeschossigen Längsverbinder verbunden waren, erschlossen. Durch diese Anordnung ergaben sich vier Innenhöfe.



Abbildung 1: KITA „Sonnenschein“ vor der Sanierung

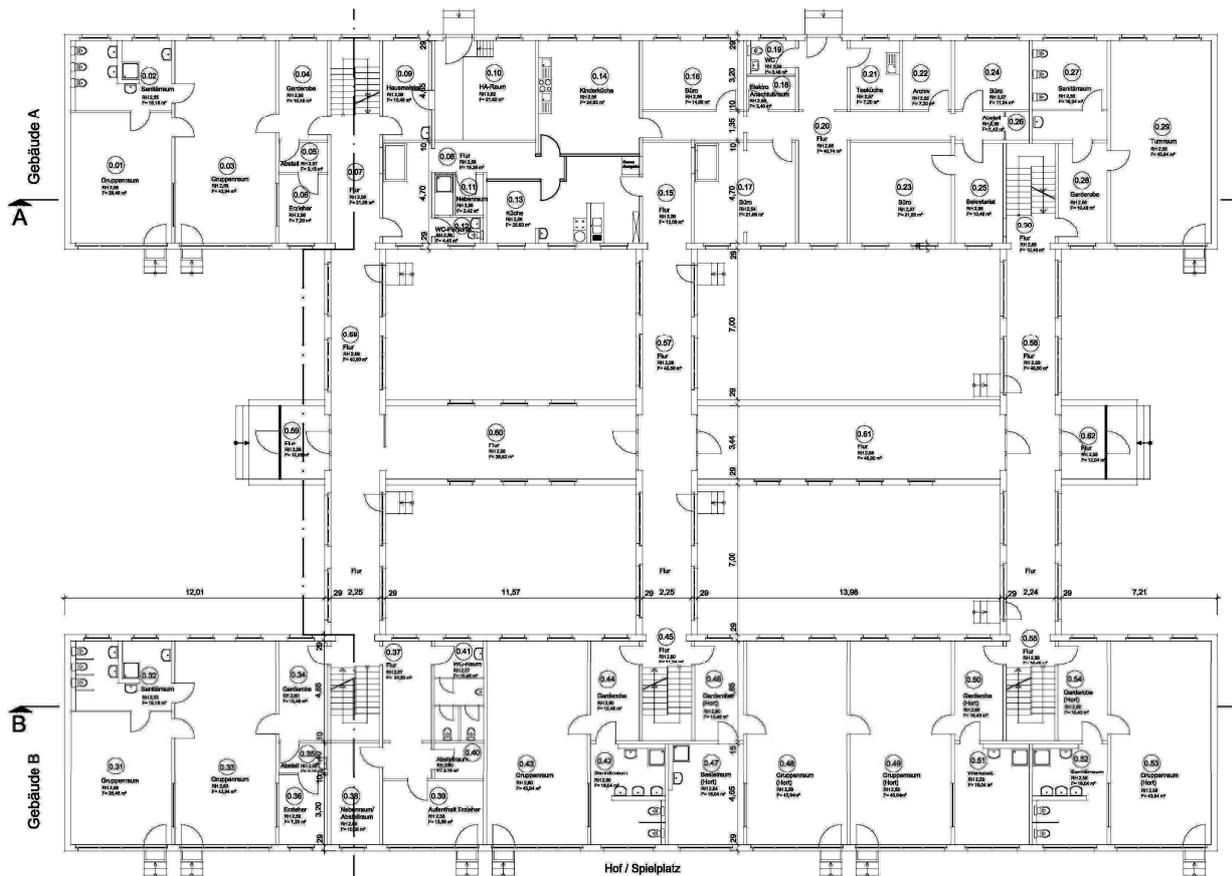


Abbildung 2: Grundriss der Kindertagesstätte vor der Sanierung

### 3.1.2 Konstruktion

#### Dach

Auf den beiden Hauptbaukörpern, in denen jeweils die Hauptfunktionseinheiten untergebracht waren, befand sich ein Flachdach, das als Kaltdach mit Innenentwässerung ausgebildet war. Das Dremelgeschoß wurde mittels Lüftungsschlitzen belüftet. Auf der Decke über dem Obergeschoß lag 5 cm Dämmung, die mit Pappe abgedeckt war. Das Dach der Querverbinder war als Warmdach ausgebildet. Die Dämmung betrug 5 cm (HWL-Platte).

**Schwachstellen:** Nach Prüfung des Zustandes des Kaltdaches war festzustellen, dass die vorhandene Dämmung im Dachraum im Laufe der Zeit stark in Mitleidenschaft gezogen wurde (Verrottung und Verunreinigung). Die Funktionstüchtigkeit musste bezweifelt werden.

#### Außenwand

Die Außenwände des in der 5 MP-Bauweise errichteten Kindergarten- /Kinderkrippengebäudes bestehen aus einschichtigen Leichtbetonplatten, die als Außenhaut eine Schicht aus Waschbeton bzw. Spaltklinker besaßen. Die Außenwände der Verbindungsbauten sind tragend für die Deckenplatten ausgebildet. Die Stürze wurden zur Gewährung der Wärmedämmung aus konstruktivem Leichtbeton B 160 ausgebildet.

**Schwachstellen:** Die Klinkerplatten wiesen schon erhebliche Abnutzungserscheinungen auf. Die Fugen zwischen allen Außenwandelementen waren mit einer Teerbinde verschlossen. Auffallend waren mehrere Fugenschäden an einer der Klinkergiebelwände und an der Außenwand im Innenhofbereich. Im Bereich des Sockelgeschosses wiesen die Außenwandelemente Feuchteschäden auf.

#### Fenster

Im ursprünglichen Zustand wurden Thermofenster in Holzkonstruktion mit Dreh-Kippflügel-Beschlag eingebaut. Diese wurden nachträglich durch Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung ersetzt.

**Schwachstellen:** Die Schwachstellen der Kunststofffenster lagen im Wärmeschutz (k-Wert 1,8 W/m<sup>2</sup>K) und in der mangelhaften Bauausführung. Es existierten zahlreiche Undichtheiten im Bereich Anschluss Fenster / Wand.

#### Decke

Die Decken sind schlaff bewehrte Vollbeton-Deckenplatten, 140 mm bzw. 150 mm dick in B 225 bzw. B 160. Im Bereich der Eingangsvorbauten sind die Erdgeschoßdecken und ein Teil der Dachdecken monolithisch ausgeführt.

**Schwachstellen:** Luftdichtheit / Wärmebrücken

#### Boden

Die Fußbodenausbildungen waren Objektgebundene Schichtaufbauten. Alle Nassräume, der untere Verbindungsgang und einige Nebenräume besaßen einen Fliesenbelag.

**Schwachstellen:** Die Fußböden über dem Sockelgeschoß entsprachen nicht mehr den Anforderungen an den Wärmeschutz.

### 3.1.3 Haustechnische Anlagen

#### Heizung

Die Heizungsinstallation wurde als Zweirohrsystem ausgelegt. Die Übergabe erfolgte mit Hilfe von Gussradiatoren, Konvektortruhen und Plattenheizkörpern. Die Gussradiatoren und Konvektortruhen waren ca. 30 Jahre alt und in einem entsprechend schlechtem Zustand. Die ursprünglichen Absperrventile im VL und RL wurden größtenteils durch neue Thermostate ersetzt. Die Versorgung erfolgte ausschließlich über Fernwärme.

#### Warmwasser

Die Warmwassererzeugung erfolgte über Fernwärme und ein zentraler Warmwasserspeicher diente zur Speicherung. Die Verteilung wurde über ein zentrales Rohrsystem ohne Zirkulation gewährt. Der Warmwasserverbrauch ist nicht gemessen worden, aber nach Aussage der Nutzer war er relativ niedrig.

#### Beleuchtung

Die elektrotechnische Anlage in der Kindertagesstätte wurde nach TGL- Standard errichtet und genießt Bestandsschutz, da keine unmittelbaren Gefährdungen für Gut und Leben

auftreten. In vorhergehenden Baumaßnahmen wurde die Beleuchtungsanlage in den Gruppenräumen an die zu dem Zeitpunkt aktuellen Güteanforderungen an Beleuchtungsanlagen in Kindereinrichtungen angepasst.

### Lüftung

Für die Lüftung gab es keine Einrichtung. Der gesamte Kindergarten einschließlich der WC-Bereiche wurde durch Fenster gelüftet. Dadurch ergab sich in den Gruppenräumen ein Widerspruch zwischen dem gewünschten und benötigten Mindestluftwechsel und einem behaglichen Raumklima, das häufig zu Gunsten des Nichtlüftens entschieden wurde. Zeichen dafür war Schimmelpilzbildung in Gebäudeecken.

## 3.1.4 Energieverbrauch

### Spezifischer Primärenergiebedarf

*Tabelle 1: spezifischer Primärenergiebedarf nach EnEV*

|                                | Verbrauch <sup>3)</sup> | fP                | EnEV-Berechnung      | fP                |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| Endenergie RLT                 | 14.220 kWh/a            | 2,7 <sup>1)</sup> | -                    |                   |
| Endenergie Beleuchtung         |                         |                   | 31.097 kWh/a         | 2,7 <sup>1)</sup> |
| Endenergie Hilfsenergie        |                         |                   | 1.073 kWh/a          | 2,7 <sup>1)</sup> |
| Endenergie Warmwasser          | 398.030 kWh/a           | 1,3 <sup>2)</sup> | 68.775 kWh/a         | 1,3 <sup>2)</sup> |
| Endenergie Heizung             |                         |                   | 566.179 kWh/a        | 1,3 <sup>2)</sup> |
| Endenergie Gesamt              | 412.250 kWh/a           | -                 | 667.124 kWh/a        | -                 |
| <b>Primärenergie Fernwärme</b> | <b>517.439 kWh/a</b>    |                   | <b>825.440 kWh/a</b> |                   |
| <b>Primärenergie Strom</b>     | <b>38.394 kWh/a</b>     |                   | <b>86.859 kWh/a</b>  |                   |
| <b>Primärenergie Gesamt</b>    | <b>555.833 kWh/a</b>    |                   | <b>912.299 kWh/a</b> |                   |

<sup>1)</sup> Primärenergiefaktor nach EnEV, Strom-Mix

<sup>2)</sup> Primärenergiefaktor nach EnEV, Fernwärme fossil

<sup>3)</sup> Für das Gebäude vor der Sanierung ergaben sich bei Verbrauch und Berechnung starke Abweichungen, welche auf die geringe tatsächliche Belegungsdichte zurück zu führen sind. In der EnEV-Berechnung wird von einer vollen Auslastung der zur Verfügung stehenden Flächen ausgegangen, dies stimmt allerdings nicht mit der Realität der letzten Nutzungsjahre überein. Im sanierten Gebäude ist die Zahl der betreuten Kinder von 250 auf 280 gestiegen, es wurden fünf neue Büros eingerichtet und zusätzlich ein neuer Mehrzweckraum, welcher auch als Quartierszentrum genutzt wird, im Gebäude eingerichtet. Aus diesem Grund wurde für vergleichende Gegenüberstellungen mit dem sanierten Gebäude die EnEV-Berechnung bei Vollaustattung verwendet

## 3.2 Gebäude nach der Sanierung

### 3.2.1 Allgemeine Zustandsbeschreibung

Infolge der Sanierungsarbeiten wurde eine Verbesserung des A/V-Verhältnisses und eine Reduzierung der Erschließungsflächen durch die neue Hülle der Zwischenklimazone erreicht. Diese Optimierung hatte eine Absenkung der Transmissionswärmeverluste zur Folge. Um erhöhten Lüftungswärmeverlusten entgegen zu wirken, erfolgte der Einbau einer bedarfsorientierten Abluftanlage. Eine Kollektoranlage und Speichermassen in der Pufferzone tragen zur Erhöhung der aktiven solaren Gewinne bei, wobei gleichzeitig eine Reduzierung der Aufheizung im Sommer durch Sonnenschutzmaßnahmen erzielt wurde. Das zusätzliche Raumangebot innerhalb der Klimazone bietet neue interessante und abwechslungsreiche Bewegungsflächen für die Nutzer.

Der Hof wurde teilweise mit einem Foliendach sowie mit einer Kunststoffdacheindeckung mit integrierten PV-Dünnschichtmodulen abgeschlossen. Die Stirnseiten sind teilweise verglast. Zusätzlich wurde die Südseite zur Großkollektorfläche ausgebaut. Die Nordseite wurde zum Mehrzweckbereich mit Foyer und Eingang erweitert. Die Heizung wurde entsprechend dem geringeren Energiebedarf neu ausgelegt, die Verteilung in die neue Hülle einbezogen. Die Abluftanlage beinhaltet eine Wärmerückgewinnung zur kontrollierten Lüftung. Die Warmwasserbereitung ist solar unterstützt.



Abbildung 3: KITA „Sonnenschein“ nach der Sanierung, Zwischenklimazone



*Abbildung 4: KITA „Sonnenschein“ nach der Sanierung, Gebäudehülle*



*Abbildung 5: Blick in die neu entstandene Zwischenklimazone*

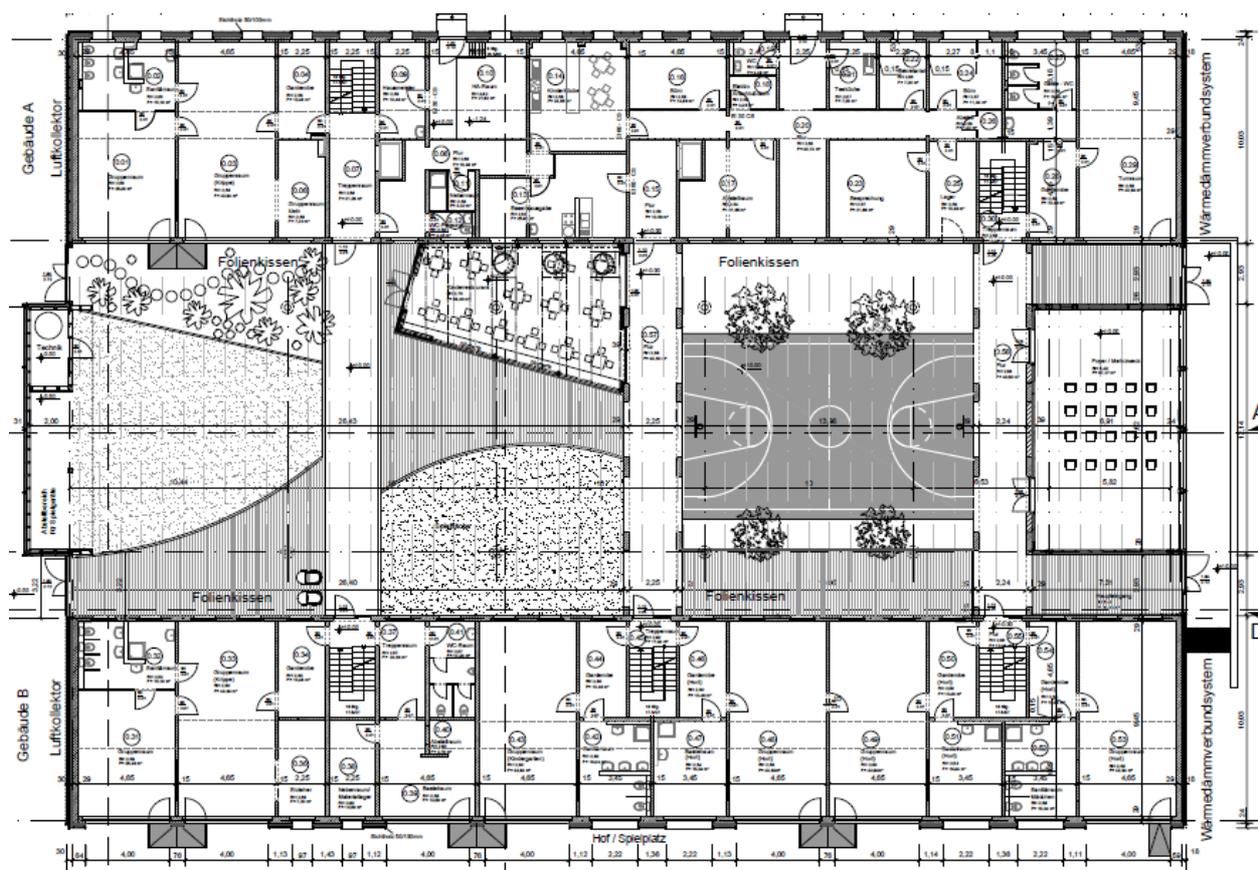


Abbildung 6: Grundriss der Kita nach der Sanierung

### 3.2.2 Konstruktion

Die Gebäudehülle der Kindertagesstätte war vor der Sanierung aus energetischer Sicht in einem schlechten Zustand. Der Wärmeschutz der Außenbauteile war unzureichend, es waren Undichtheiten und zahlreiche Wärmebrücken zu verzeichnen. Um die Kindertagesstätte auch gestalterisch aufzuwerten, basierte das Sanierungskonzept auf der Idee, dem ursprünglichen Baukörper eine neue Hülle aufzusetzen, die nicht nur zur Wärmedämmung beiträgt, sondern auch das Erscheinungsbild verbessert.

#### Außenwand Altbaukörper

Alle Außenwände wurden mit 16cm Mineralwolle gedämmt. An den Giebelseiten der Bestandsbauten der Nordfassade wurde diese in einem Wärmedämmverbundsystem integriert. Ost- und Westfassaden bekamen eine hinterlüftete Lärchenschalung. Aus Kostengründen blieben die zuvor erneuerten Bestandsfenster erhalten, weshalb eine auffällige Rhythmisierung der Fassade entstand. Die Giebelseiten der Bestandssüdfassaden wurden zur optimalen Solarausbeute zu Luftkollektoren umfunktioniert. Auf die 16cm Dämmung folgen hier zwei Luftschichten, die mittels Zinkblech getrennt und durch zweifache Holzlattung auf Abstand gehalten wird. Dieser Konstruktion wurde eine einfache Kunststoffwelle vorgebaut.

### Außenwand Zwischenklimazone

Die Giebelseiten der Zwischenklimazone sind in Verlängerung der Folienkissenbänder verglast. Die dazwischen liegenden, neu gewonnenen Nutzbereiche sind als Holzkonstruktion ausgeführt und verfügen über die gleiche Holzverkleidung wie Ost- und Westfassade. Der neu entstandene, nach Norden ausgerichtete, Mehrzweckraum ist dabei höher gedämmt als der Technikraum an der Südfassade, welche zur Großkollektorfläche ausgebaut ist.

### Nordfassade

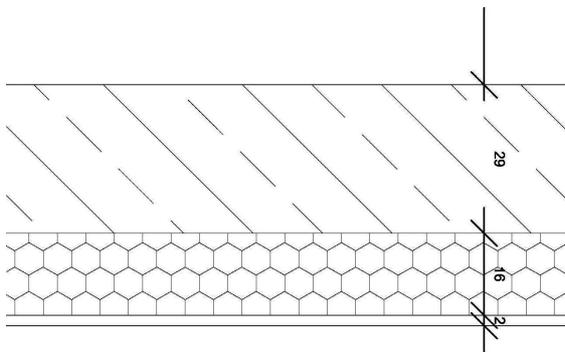


Abbildung 7: Wandaufbau der Giebelseiten der Bestandsbauten der Nordfassade



Abbildung 8: Ansicht Nordfassade

### Ost- und Westfassade

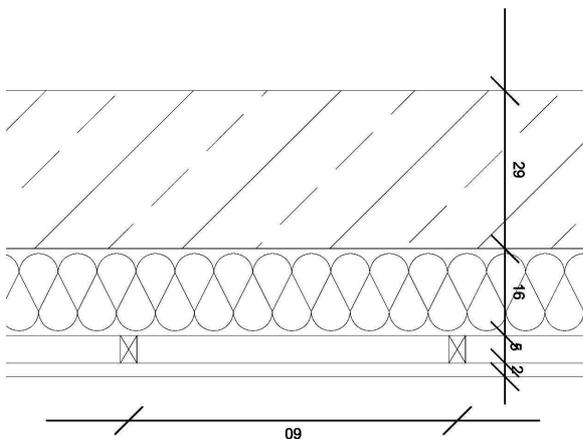


Abbildung 9: Wandaufbau der Bestandsbauten, Ost-/ Westfassade



Abbildung 10: Ansicht Ostfassade

## Südfassade

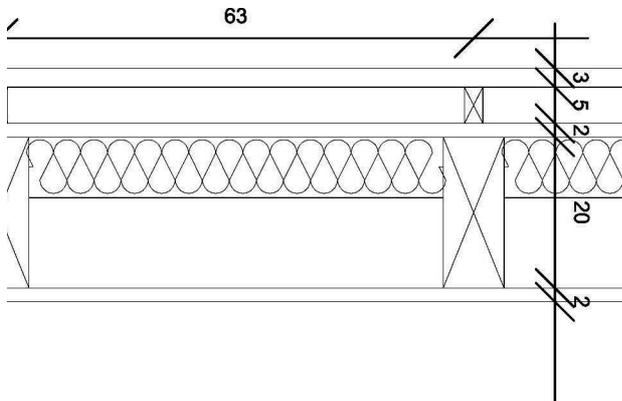


Abbildung 11: Wandaufbau  
Zwischenklimazone der Südfassade

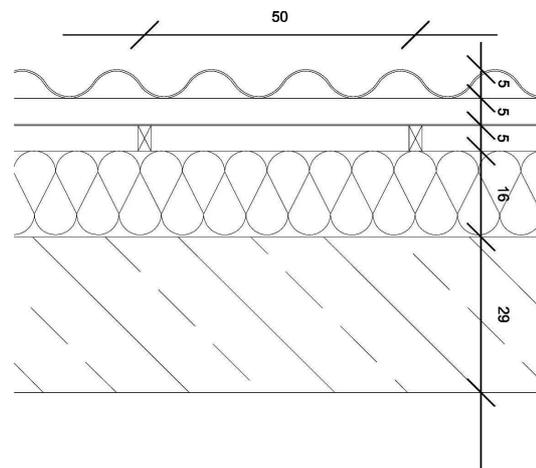


Abbildung 12: Wandaufbau der Giebelseiten  
der Bestandsbauten der Südfassade



Abbildung 13: Ansicht Südfassade  
Zwischenklimazone



Abbildung 14: Ansicht Südfassade  
Giebelseite Bestandsbauten

## Boden Altbaukörper

Im Rahmen der Sanierung wurden auch die Innenbereiche des Gebäudes aufgewertet. Hierzu wurden in den Räumen die vorhandenen Bodenbeläge (PVC, Fliesen) durch umweltfreundliche Materialien ausgetauscht bzw. erneuert.

## Boden Zwischenklimazone

Der Boden der Zwischenklimazone blieb größtenteils unversiegelt und teilweise bepflanzt, was den gartenähnlichen Charakter und das Innen-Außen-Gefühl zusätzlich unterstützt.

### Dach Altbaukörper

Auf den beiden Hauptbaukörpern wurde im Kaltdachbereich die vorhandene, nicht mehr funktionstüchtige Wärmedämmung entfernt und durch 20 cm Zellulosedämmung ersetzt. Dabei konnten auch Wärmebrücken im Bereich der Dachrinnenentwässerung beseitigt werden. Die Lüftungsöffnungen blieben erhalten.

### Dach Zwischenklimazone

Die Dachkonstruktion der Zwischenklimazone ist teilweise als pneumatische Folienkissenkonstruktion, einem transparenten Foliendach, ausgelegt. Die Folie ist reißfest und selbstreinigend. Der mittlere Teil des Daches ist als Holzbinderkonstruktion mit Kunststoffdachabdichtung und auflaminierter Solarfolie ausgebildet.

## 3.2.3 Haustechnische Anlagen

Das technische Konzept beruht auf der Anwendung effizienter Technologien, die zu einem neuartigen Gesamtkonzept verbunden wurden. Der in dem Gebäude entstehende thermische Energieüberschuss wird in einem Pufferspeicher gesammelt und wenn dieser keine Energie mehr aufnehmen kann in den Rücklauf des Fernwärmenetzes eingespeist. Benötigt das Gebäude thermische Energie wird diese aus dem Pufferspeicher entnommen. Reicht sie nicht aus wird aus dem Fernwärmenetz nachgeheizt.

### Wärmeversorgung

Ein 2200l großer, am Südenende der Halle aufgestellter, Schichtenspeicher sammelt die Wärme aus der Lüftungsabwärme, die durch eine Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden kann, und aus den Solarkollektoren. Falls nötig kann dies mittels Fernwärme ergänzt werden. Verteilt wird die Wärme durch ein innerhalb der Gebäudehülle verlegtes Leitungssystem. Die Wärmeübertragung erfolgt durch große, an den Trennwänden montierte Radiatoren, bzw. Wandheizungen. Die Regelung im Raum erfolgt durch Thermostaten, die auf die Öffnung der Fenster reagieren können. Die Regelung der Anlage erfolgt durch eine witterungsgeführte zentrale Steuerung, die die Wirkungsgrade der einzelnen Komponenten optimiert.

### Lufttechnische Anlage

Um die Lüftungswärmeverluste zu minimieren wurde eine Abluftanlage eingebaut, die die Zuluft durch Überströmöffnungen aus der Halle bezieht und über eine Abluftanlage aus den Nebenräumen absaugt. Die Energie in der Abluft wird über Wärmetauscher und eine Wärmepumpe in dem Pufferspeicher abgelegt. Die Halle erhält über die Luftkollektoren vorgewärmte Zuluft. Solange die Temperaturen in der Halle niedriger sind als in den Luftkollektoren bleibt die Lüftungsanlage eingeschaltet. Steigen die Temperaturen, tritt die Fensterlüftung hinzu. Im Sommer wird das Gebäude durch die Nachtkühle gekühlt und erwärmt sich im Laufe des Tages. Wird es zu warm in den Räumen oder in der Halle, kann durch Fensterlüftung, in der Halle angeordnete Fensterbänder und zusätzlich vorgesehen Zuluftöffnungen im Bereich des Kriechkellers die Temperatur kontrolliert werden.



Abbildung 15: Südfassade mit Solarthermie, Luftkollektoren und Außenluftturm



Abbildung 16: Klimahof Quellluftzufuhr

### Elektrische Energie und Beleuchtung

Die Bestandsleuchten wurden im gesamten Gebäude durch effizientere Leuchten ausgetauscht. Soweit möglich wurden noch intakte Leuchten aus den Gruppenräumen im Klimahof wiederverwendet. Eine Reduzierung des Verbrauchs von elektrischer Energie auf Grund von der gewählte. Anlagentechnik nicht möglich.



Abbildung 17: Klimahof wiederverwendete Bestandsbeleuchtung

### 3.2.4 Energieverbrauch

#### Spezifischer Primärenergiebedarf

Tabelle 2: spezifischer Primärenergiebedarf im Jahr 2011

|                             | 2011Verbrauch             | fP  | EnEV - Berechnung    | fP  |
|-----------------------------|---------------------------|-----|----------------------|-----|
| Endenergie RLT              | 36.648 kWh/a              | 2,7 | 10.082 kWh/a         | 2,7 |
| Endenergie Beleuchtung      |                           |     | 32.460 kWh/a         | 2,7 |
| Endenergie Hilfsenergie     |                           |     | 1.868 kWh/a          | 2,7 |
| Endenergie Photovoltaik     | -12.516 kWh/a             | 0   | -12.000 kWh/a        | 0   |
| Endenergie Warmwasser       | 199.000 kWh/a             | 1,3 | 51.047 kWh/a         | 1,3 |
| Endenergie Heizung          |                           |     | 121.570 kWh/a        | 1,3 |
| Endenergie Solarthermie     | 4.310 kWh/a <sup>1)</sup> | 0   | 10.760 kWh/a         | 0   |
| Endenergie Gesamt           | 227.442 kWh/a             | -   | 215.787 kWh/a        | -   |
| <b>Primärenergie Wärme</b>  | <b>258.700 kWh/a</b>      |     | <b>224.402 kWh/a</b> |     |
| <b>Primärenergie Strom</b>  | <b>65.156 kWh/a</b>       |     | <b>73.964 kWh/a</b>  |     |
| <b>Primärenergie Gesamt</b> | <b>323.856 kWh/a</b>      |     | <b>298.366 kWh/a</b> |     |

### 3.3 Vergleich vor und nach der Sanierung

#### 3.3.1 Gebäudehülle

In folgender Tabelle erfolgt eine Gegenüberstellung des Zustands vor und nach der Sanierung des Gebäudes für einzelne Bauteile der Gebäudehülle. Es wurde bewusst auf die Aufführung einzelner Materialien und Materialschichten verzichtet, wenn diese im Hinblick auf das thermische Verhalten des zugehörigen Bauteils einen vernachlässigbaren Einfluss haben (wie z. B. Putz oder Fußbodenbelag).

*Tabelle 3: Überblick über die wichtigsten Sanierungsmaßnahmen der baulichen Hülle*

| Bauteil  | Zustand vor der Sanierung |        | Zustand nach der Sanierung  |        |
|--|---------------------------|--------|---|--------|
|  | Aufbau                    | U-Wert | Aufbau  | U-Wert |
| Ost-/ Westfassade Bestandsgebäude              | 23 cm Leichtbeton         | 1,24   | 23 cm Leichtbeton<br>18 cm Faserdämmstoffe<br>2 cm Holzfaserdämmplatten | 0,17   |
| Giebelfassade Bestandsgebäude                  | 23 cm Leichtbeton         | 1,24   | 23 cm Leichtbeton<br>18 cm Faserdämmstoffe<br>2 cm Holzfaserdämmplatten | 0,17   |
| Ost-/ Westfassade Bestandsgebäude zum Klimahof | 23 cm Leichtbeton         | 1,24   | 23 cm Leichtbeton   | 1,24   |
| Decke Bestandsgebäude                          | 14 cm Normalbeton         | 0,66   | 14 cm Normalbeton<br>20 cm Zellulosedämmung                             | 0,17   |
| Boden Bestandsgebäude                          | 14 cm Normalbeton         | 0,66   | 14 cm Normalbeton   | 0,66   |
| Fenster Bestandsgebäude                        | Holzfenster               | 1,6    | Holzfenster   | 1,6    |

In der folgenden Tabelle wird das A/V-Verhältnis für den Zustand vor und nach der Sanierung gegenübergestellt. Das A/V-Verhältnis hat sich infolge der Umbaumaßnahmen um ca. 12,5 % reduziert.

*Tabelle 4: Vergleich des Außenfläche / Volumen-Verhältnisses*

|                     | Zustand vor der Sanierung | Zustand nach der Sanierung |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|
| A [m <sup>2</sup> ] | 5.726,69                  | 6.728,38                   |
| V [m <sup>3</sup> ] | 10.120,16                 | 17.843,47                  |
| A/V                 | 0,56                      | 0,38                       |

### 3.3.2 Haustechnische Anlagen

*Tabelle 5: Überblick über die wichtigsten Änderungen der haustechnischen Anlagen*

| Prozessbereich              | Zustand vor der Sanierung   |                    | Zustand nach der Sanierung  |
|-----------------------------|---|--------------------|---|
| <b>Heizung</b>              |   |                    |   |
| Übergabe:                   | freie Heizflächen (Gussradiatoren, Konvektortruhen, Plattenheizkörper)<br>Anordnung im Außenwandbereich                         |                    | freie Heizflächen (Profil-Ventil Heizkörper und Rohrradiatoren)<br>Anordnung am Außenwandbereich und am Wandbereich zum Atrium  |
| Verteilung:                 | Zweirohrsystem<br>horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle  |                    | Zweirohrsystem<br>horizontale Verteilung innerhalb der thermischen Hülle<br>Heizzentrale mit fünf Heizkreisen<br>- Fernwärmestation mit 5 Heizkreisen<br>- Pufferspeicher<br>- Warmwasserbereitung<br>- Wärmepumpen<br>- Übergabestation Stadtwerke |
| Speicherung:                | -   |                    | Heizwasser- Pufferspeicher 2200l  |
| Erzeugung:                  | 1   | Fernwärme          | Wärmepumpe  |
|                             | 2   | -                  | Solarkollektorfeld  |
|                             | 3   | -                  | Luftkollektor   |
|                             | 4   | -                  | Fernwärme   |
| <b>Trinkwassererwärmung</b> |   |                    |   |
| Übergabe:                   | -   |                    | -   |
| Verteilung:                 | zentrales Rohrssystem ohne Zirkulation<br>horizontale Verteilung außerhalb der thermischen Hülle<br>vertikale Stränge innerhalb |                    | Rohrsystem mit Zirkulation<br>horizontale Verteilung und vertikale Stränge innerhalb der thermischen Hülle  |
| Speicherung:                | 1   | Warmwasserspeicher | im Schichtenkombispeicher integrierter Warmwasserspeicher (für Brauchwasser der Küche)<br>pro Gebäude ein Warmwasserspeicher (285 Liter)  |
|                             | 2   | -                  | Übergabestation (Einspeisung in das Fernwärmenetz)  |
| Erzeugung:                  | 1   | Fernwärme          | Fernwärme   |
|                             | 2   | -                  | Durchflusswassererwärmer  |
|                             | 3   | -                  | Je eine Luft/Wasser-Wärmepumpe (10kW) pro Gebäude   |

*Tabelle 5: Überblick über die wichtigsten Änderungen der haustechnischen Anlagen*

| Prozessbereich | Zustand vor der Sanierung |               | Zustand nach der Sanierung  |
|----------------|---------------------------|---------------|---|
| <b>Lüftung</b> |                           |               |   |
| Übergabe:      | 1                         | Freie Lüftung | Zuluftelemente im Fenster zum Atrium  |
|                | 2                         | -             | Quellauslässe im Atrium (Ansaugung der Zuluft über Luftkollektoren an der Südfassade) |
| Verteilung:    | 1                         | Freie Lüftung | Lüftungskanal   |
|                | 2                         | -             | In den Sommermonaten Zuluft über Kanal im Keller                                      |
| Speicherung:   | -                         | -             | -   |
| Erzeugung:     | -                         | -             | Je eine Abluftanlage pro Gebäude mit angeschlossener Luft/Wasser-Wärmepumpe (je 7 kW) |

### 3.3.3 Endenergieverbrauch

*Tabelle 6: Übersicht der Endenergieverbräuche vor und nach der Sanierung*

| Vergleichsjahr            | vor Sanierung           |                         | nach Sanierung |                         |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
|                           | Verbrauch <sup>1)</sup> | nach EnEV <sup>2)</sup> | Verbrauch      | nach EnEV <sup>2)</sup> |
| Strom [kWh]               | 14.220                  | 32.170                  | 24.132         | 32.410                  |
| Erdgas [kWh]              | 398.030                 | 632.954                 | 199.000        | 173.377                 |
| Endenergieverbrauch [kWh] | 412.250                 | 667.124                 | 206.831        | 215.786                 |

<sup>1)</sup> siehe Verweis 3) Tabelle 1 Seite 8

<sup>2)</sup> Die Berechnung erfolgte mithilfe der Software „Dämmwerk 2012“ auf Grundlage der Energie Einsparverordnung 2009

*Tabelle 7: Übersicht der Verbrauchskennwerte für Strom und Heizenergie*

| Vergleichsjahr   | vor Sanierung <sup>1)</sup> |           | nach Sanierung <sup>2)</sup> |           |
|--|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
|  | Verbrauch                   | nach EnEV | Verbrauch                    | nach EnEV |
| Stromverbrauchskennwert $e_{Vs,12mth}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]                              | 6                           | 14        | 12,1                         | 16,2      |
| Vergleichswerte Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)]   | 25                          |           |                              |           |
| Energieverbrauchskennwert für Heizung und Warmwasser $e_{Vb,12mth}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)] | 175                         | 278       | 104                          | 86,8      |
| Vergleichswerte Heizung und Warmwasser [kWh/(m <sup>2</sup> a)]                              | 160                         |           |                              |           |

<sup>1)</sup> Energiebezugsfläche  $A = 2276,9 \text{ m}^2$

<sup>2)</sup> Energiebezugsfläche  $A = 1997,31 \text{ m}^2$

### 3.3.4 Primärenergieverbrauch

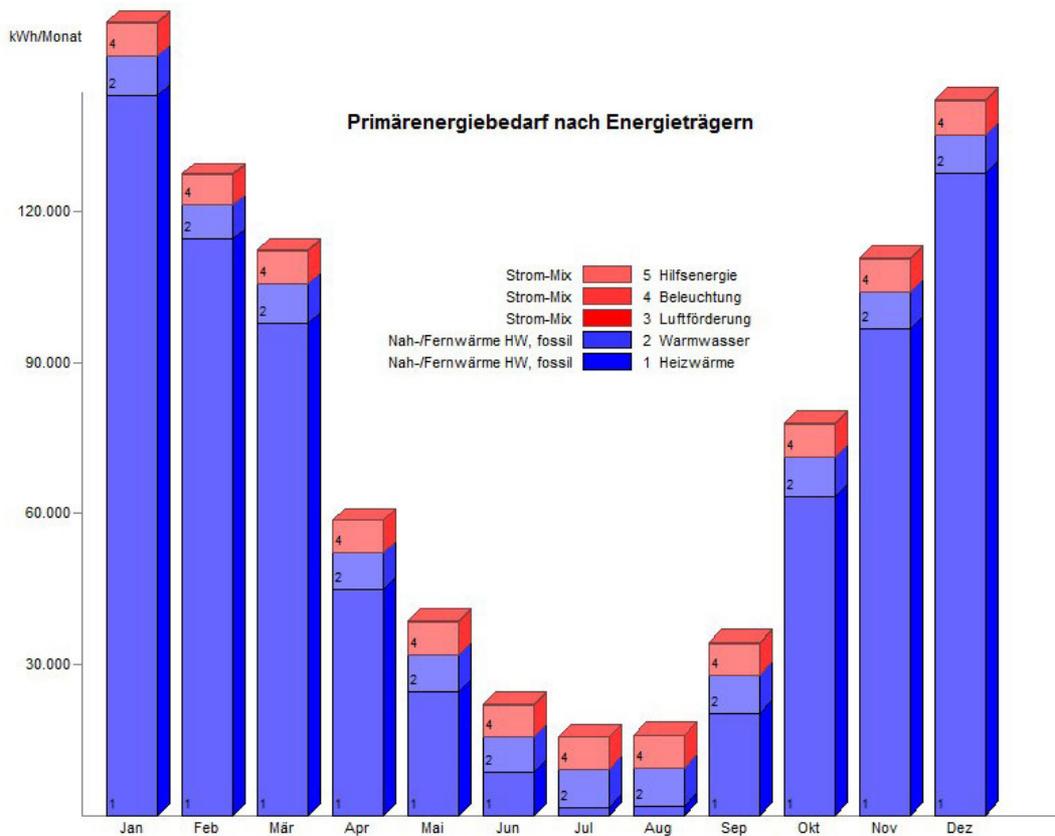


Abbildung 18: Primärenergiebedarf nach Energieträgern, Bestand nach Berechnung (Dämmwerk 2012, Energieeinsparverordnung 2009)

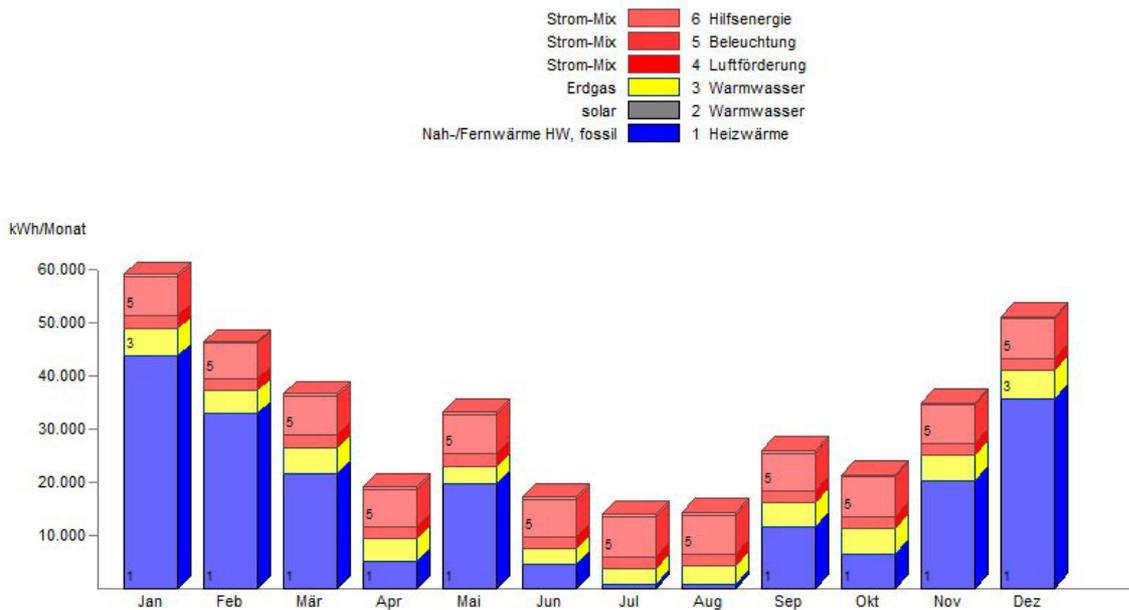


Abbildung 19: Primärenergiebedarf nach Energieträgern, sanierter Zustand nach Berechnung (Dämmwerk 2012, Energieeinsparverordnung 2009)

## 4 Monitoring

### 4.1 Messkonzept

#### Ziel

Die Installation der Messtechnik hatte zum Ziel, durch die Aus- und Bewertung der Messdaten Aussagen zum wärmetechnischen Verhalten von Einzelbauteilen (z.B. Luftkollektor, Solarthermieanlage etc.), Räumen und des Gesamtgebäudes treffen zu können.

#### Sensoren im Gebäude

Durch die installierten Sensoren konnten folgende verschiedene Arten von Messdaten ausgewertet werden:

Außentemperaturen an der Südfassade (14)

Temperaturen in Luftkollektor und Solarthermieanlage (1;7)

Energieverbrauch /-erzeugung und Durchflussvolumen in den Wärmepumpen, der Solarthermieanlage und der Warmwasserbereitung (4)

Lufttemperaturen und relative Luftfeuchtigkeiten (5;6;8;11;13)

CO<sub>2</sub> Gehalt und Präsenzmelder (5;13)

Vor- und Rücklauftemperaturen des Wärmetauschers und der Heizkreise (4)

Fensteröffnungszeiten (durch Reed-Kontakte) (3;7;12)

Beleuchtungsstärken (5;13)



Abbildung 20: Messräume im Erdgeschoss

## 4.2 Messtechnik

Im Gebäude wurden insgesamt 14 Messstationen eingerichtet, die jeweils mit einer digitalen Verkabelung mit einem Messwerterfassungs-PC verbunden waren. Die Messtechnik wurde im Klimahof, innerhalb der Anlagentechnik und in zwei Gruppenräumen installiert. Die Gruppenräume wurden stellvertretend für das jeweilige Bestandsgebäude ausgewählt. Beide Gruppenräume sind ganztäglich benutzt und lassen Rückschlüsse auf das Gesamtgebäude zu.

### Erfassung Solarthermie

Für die Bewertung der Effizienz der Solarthermie wurden folgende Werte verwendet:

Außentemperatur °C

Temperatur Rücklauf °C

Energieerzeugung kWh

Volumenfluss m/s

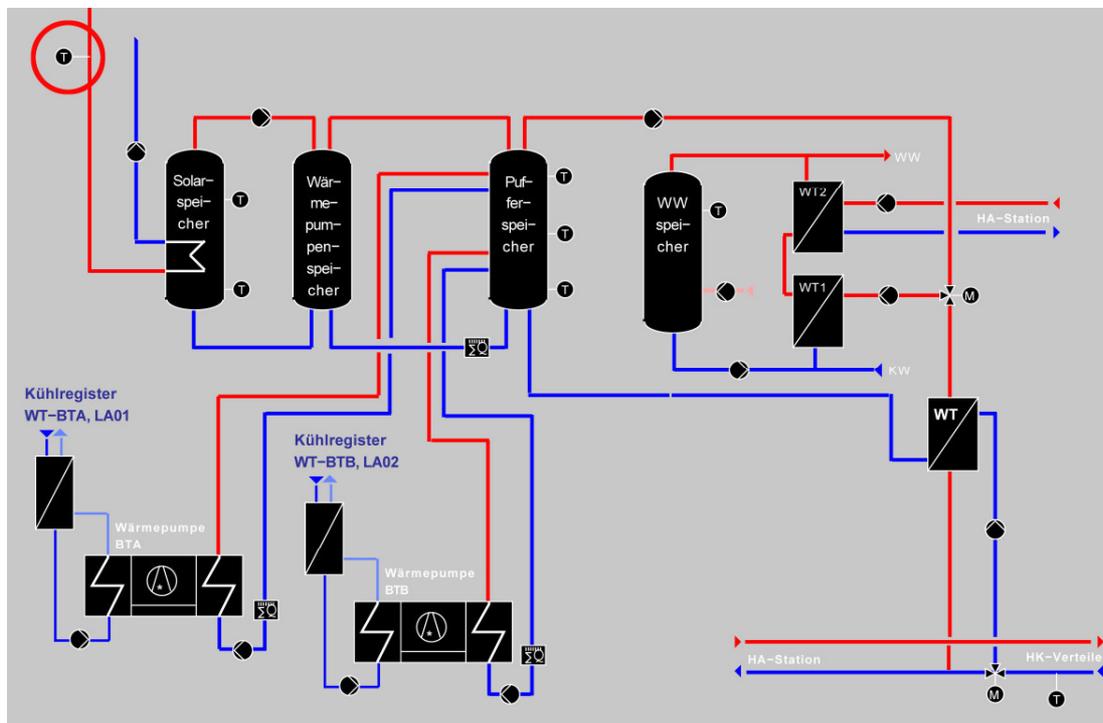


Abbildung 21: Schema Heizungsanlage mit Kennzeichnung  $\circ$  der Lage des Sensors

### Erfassung Wärmetauscher, Wärmepumpe, Fernwärme

Für die Bewertung der Effizienz des Wärmetauschers / der Wärmepumpen wurden folgende Werte verwendet:

Temperatur Vor- und Rücklauf °C

Energieerzeugung und Energieverbrauch kWh

Volumenstrom m/s

Verbrauchsdaten Fernwärme, Strom kWh

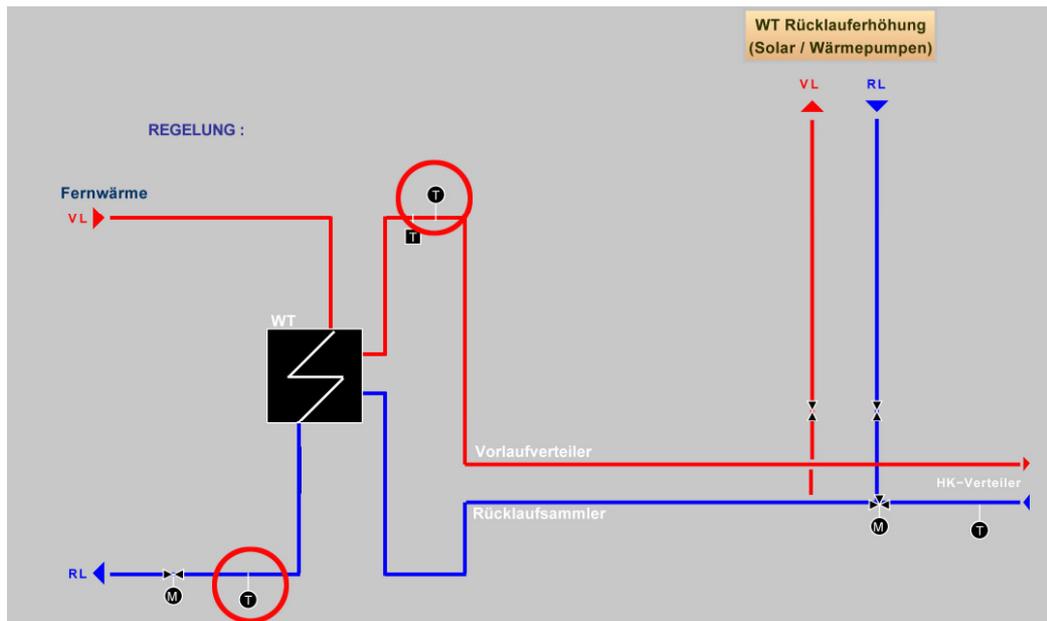


Abbildung 22: Schema Wärmetauscher mit Kennzeichnung  $\circ$  der Lage der Sensoren

### Erfassung Heizkreise

Für die Bewertung der Effizienz des Wärmetauschers / der Wärmepumpen wurden folgende Werte verwendet:

Temperatur Vor- und Rücklauf °C

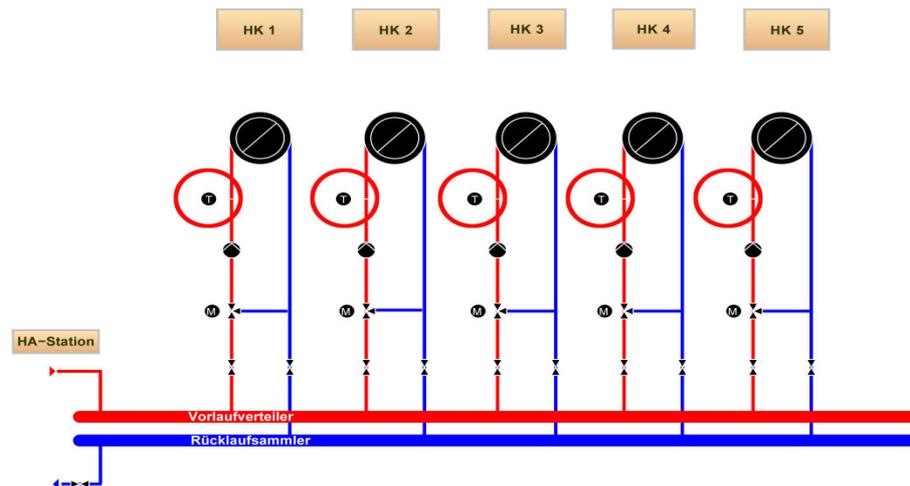


Abbildung 23: Schema Heizkreisverteiler mit Kennzeichnung  $\circ$  der Lage der Sensoren



## 4.3 Ergebnisse und Bewertung

Hauptziel des Monitorings ist zunächst der Nachweis, dass die geplanten, im Förderprogramm geforderten, Einsparungen an Primärenergie durch Sanierung tatsächlich erzielt wurden. Die anschließende Auswertung der Messwerte hat zum Ziel, die Effizienz der angewandten, teils neuartigen, Maßnahmen nachzuweisen. Insbesondere sollten die Solarthermieanlage und der Luftkollektor an der Gebäudesüdseite genauer untersucht werden. Ein anderer Schwerpunkt war der Nachweis des thermischen und visuellen Komforts in exemplarischen Gruppenräumen und der Zwischenklimazone. Durch gewonnene Erkenntnisse können Regelungsstrategien verbessert bzw. an die tatsächlichen Anforderungen (Klima, Gebäude, Nutzer) angepasst werden. Damit kann die Nutzerakzeptanz entscheidend verbessert werden.

### 4.3.1 Auswertung Solarthermieanlage



Abbildung 25: Trendkurve Jahresgang Solarthermieanlage

X-Achse: °C / Y-Achse: Datum

— Außentemperatur °C  
— Speichertemperatur, oben °C

— Kollektortemperatur °C  
— Speichertemperatur, unten °C

Die Solarthermieanlage ist ein System der Firma ENERGIE SOLAIRE und übernimmt auch die Funktion einer wasserdichten Dachhaut. Das Dach hat eine Dicke von 25mm und besteht aus einer selbst entwässernden Unterseite aus Polyesterwellplatten und aus unverglasten Edelstahlabsorbieren. Die gesamte sichtbare Fläche des Kollektorfeldes ist einheitlich schwarz und mit 50m<sup>2</sup> für eine Leistung von 30.000 kWh ausgelegt. Die Auslegung richtet sich nach dem angenommenen Warmwasserbedarf. Der angenommene Warmwasserbedarf wurde im Zuge des Monitoringprogramms bestätigt, es wurde ein jährlicher Energieaufwand von 30520 kWh gemessen.

Die Trendkurven zeigen, dass die Temperaturen im Solarspeicher kontinuierlich über den Außentemperaturen liegen. Der Jahrestemperaturdurchschnitt beträgt 40°C, bei einer mittleren Temperaturdifferenz von 30K. Aus der eingespeicherten Wärmeenergie lassen sich die in Abbildung 28 angezeigten Energiewerte nutzen. Im Jahr 2011 wurden trotz einer Auslegung von 30.000 kWh lediglich 4310 kWh entnommen. Die gemessene Deckung entspricht also nur 7%. Die Ursache für die erstaunlich niedrigen Messwerte könnte in einer Ineffizienten Einstellung der Anlagentechnik, einem Messfehler oder einem Berechnungsfehler in der Auslegung liegen. Aufgrund des niedrigen Fernwärmebedarfs des sanierten Gebäudes kann von einem wesentlich höheren Wirkungsgrad der Solarthermieanlage ausgegangen werden. Um ein abschließendes Urteil zu fällen, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

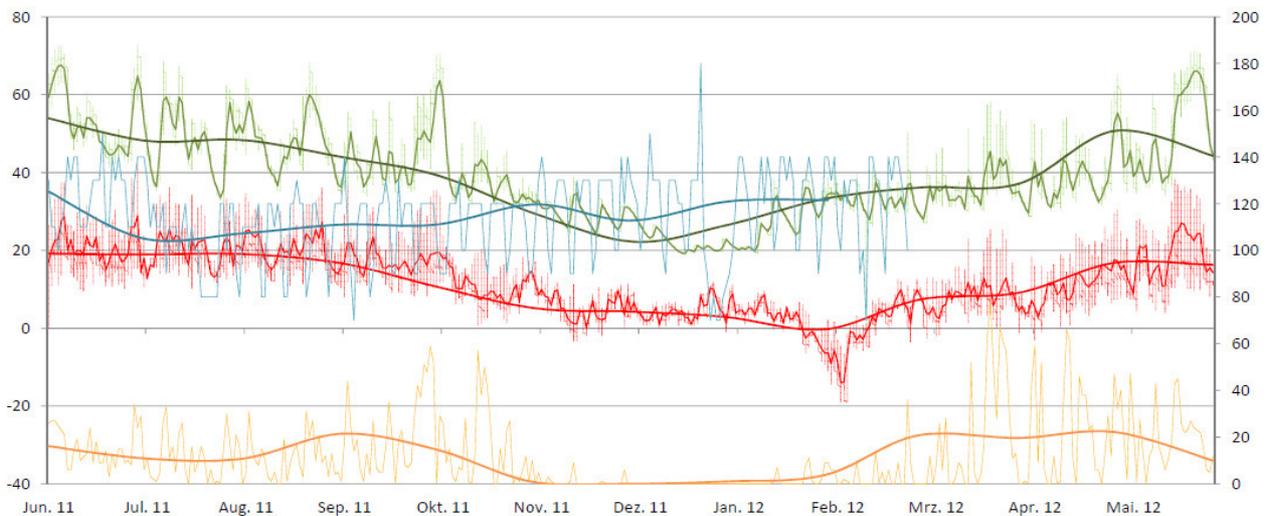


Abbildung 26: Trendkurve Energiebilanz Solarthermieanlage  
 X-Achse 1: °C / X-Achse 2: kWh / Y-Achse: Datum

- Außentemperatur in °C, Achse 1 (Intervall pro Stunde, Mittel Tag, Mittel Monat)
- Speichertemperatur in °C, Achse 1 (Intervall pro Stunde, Mittel Tag, Mittel Monat)
- Energieverbrauch WWB in kWh, Achse 2 (Mittel Tag, Mittel Monat)<sup>1)</sup>
- Energieverbrauch Solarthermie in kWh, Achse 2 (Mittel Tag, Mittel Monat)

<sup>1)</sup> Messfühlerausfall im März

### 4.3.2 Auswertung Luftkollektor

Der Luftkollektor ist von den Architekten des Instituts für Gebäude + Energie + Licht Planung zu dem Zweck entwickelt worden, die Zuluft, die der unbeheizten Zwischenklimazone zugeführt wird, vorzuwärmen. Die Sonne strahlt durch eine transluzente Acrylverkleidung und erwärmt auf diese Weise ein dahinter gestelltes Blech, welches Strahlungswärme an die beidseitig angrenzenden Lufträume abgibt. Diese Strahlung erwärmt die von unten nachströmende Luft, welche am oberen Fassadenabschluss in einen in die Dämmung eingebauten Luftkanal geleitet wird. Von hieraus führt der Kanal unterirdisch zu den Quellöffnungen in der Zwischenklimazone. Im Sommer kann ein am Erdkanal angeschlossener Außenluftturm manuell zugeschaltet werden.

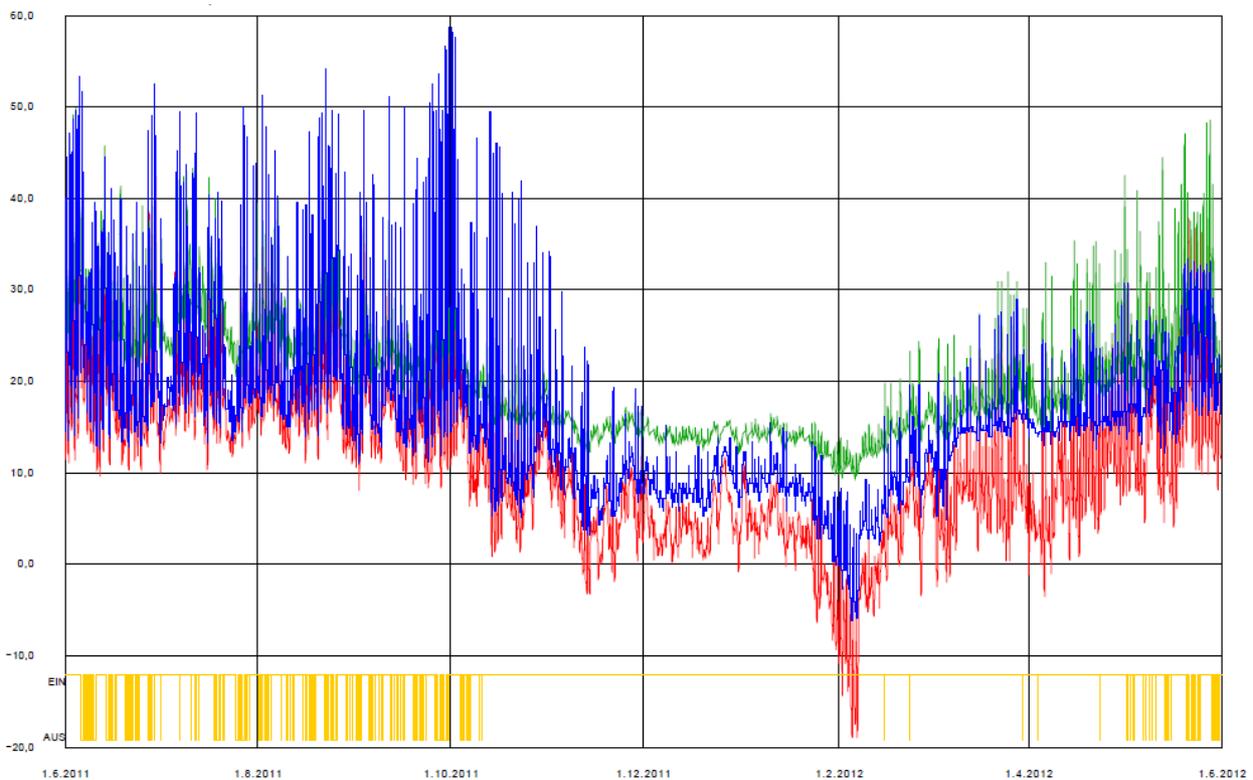


Abbildung 27: Trendkurve Jahrgang Luftkollektor  
 X-Achse: °C / Y-Achse: Datum / ein = geschlossen / aus = zu

— Fenster (offen, geschlossen)      — Temperatur Klimahof °C  
— Luftkollektortemperatur °C      — Außentemperatur °C

In Abbildung 29 ist zu erkennen, dass die Temperatur im Luftkollektor kontinuierlich über der Außentemperatur liegt. Im Jahrgang liegen die durchschnittlich gemessenen Werte im Kollektor mit 16,8°C um 6°C höher als die mittlere Jahresaußentemperatur von 10,8°C. Vor allem im Winter trägt der Temperaturunterschied der Luft im Kollektor zur Außenluft Außenluft zum Wohlbefinden im Klimahof bei (Abbildung 30).

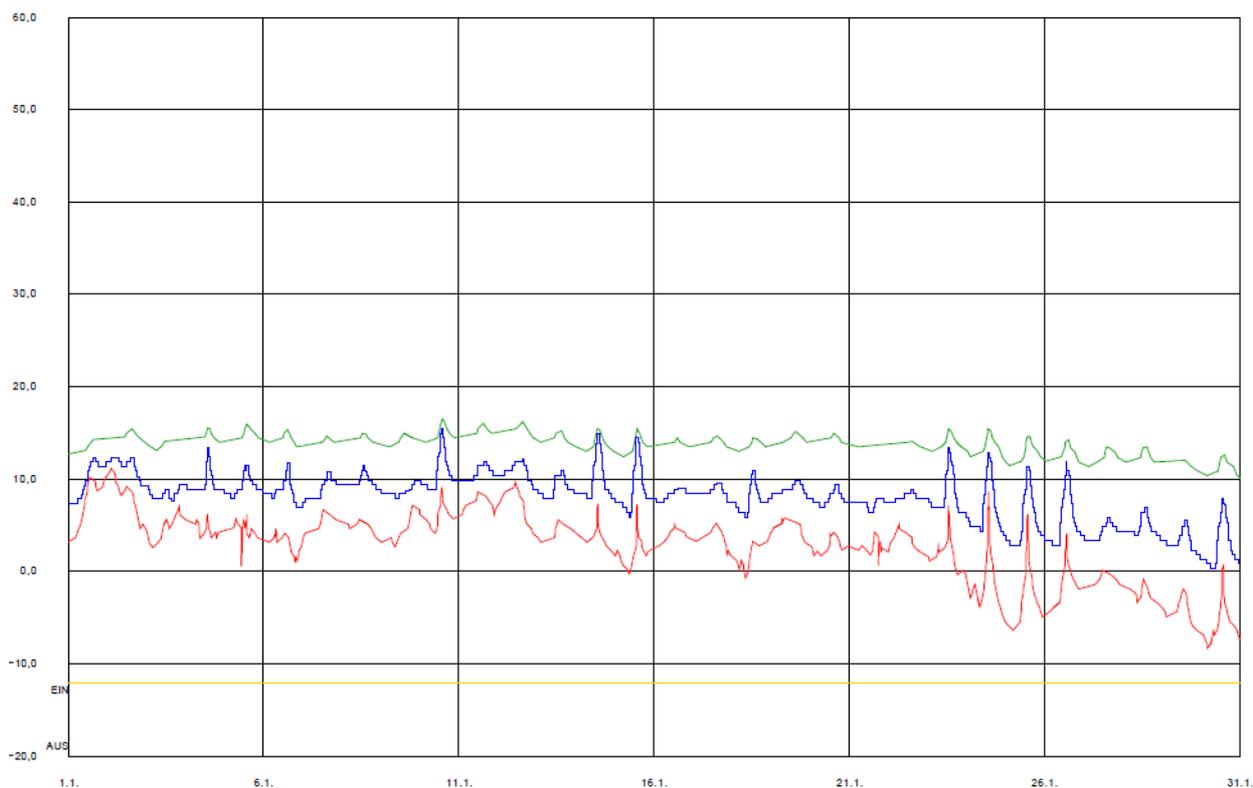


Abbildung 28: Trendkurve Monatsgang Luftkollektor, Januar  
 X-Achse: °C / Y-Achse: Datum / ein = geschlossen / aus = zu

— Fenster (offen, geschlossen)      — Temperatur Klimahof °C  
— Luftkollektortemperatur °C      — Außentemperatur °C

Aufgrund von hohen sommerlichen Wärmelasten ist der Klimahof bei hohen Temperaturen auf eine Abkühlung der Zuluft mithilfe der Außenlufttürme angewiesen. Ansonsten summieren die Wärmegewinne aus dem Luftkollektor sich mit den hohen solaren Gewinne der verglasten Fassadenflächen und dem Luftkissendach. Es wurde allerdings am Nutzerverhalten beobachtet, dass diese Option nicht in Anspruch genommen wurde. Aus diesem Grund wird eine Mitarbeiterschulung empfohlen.

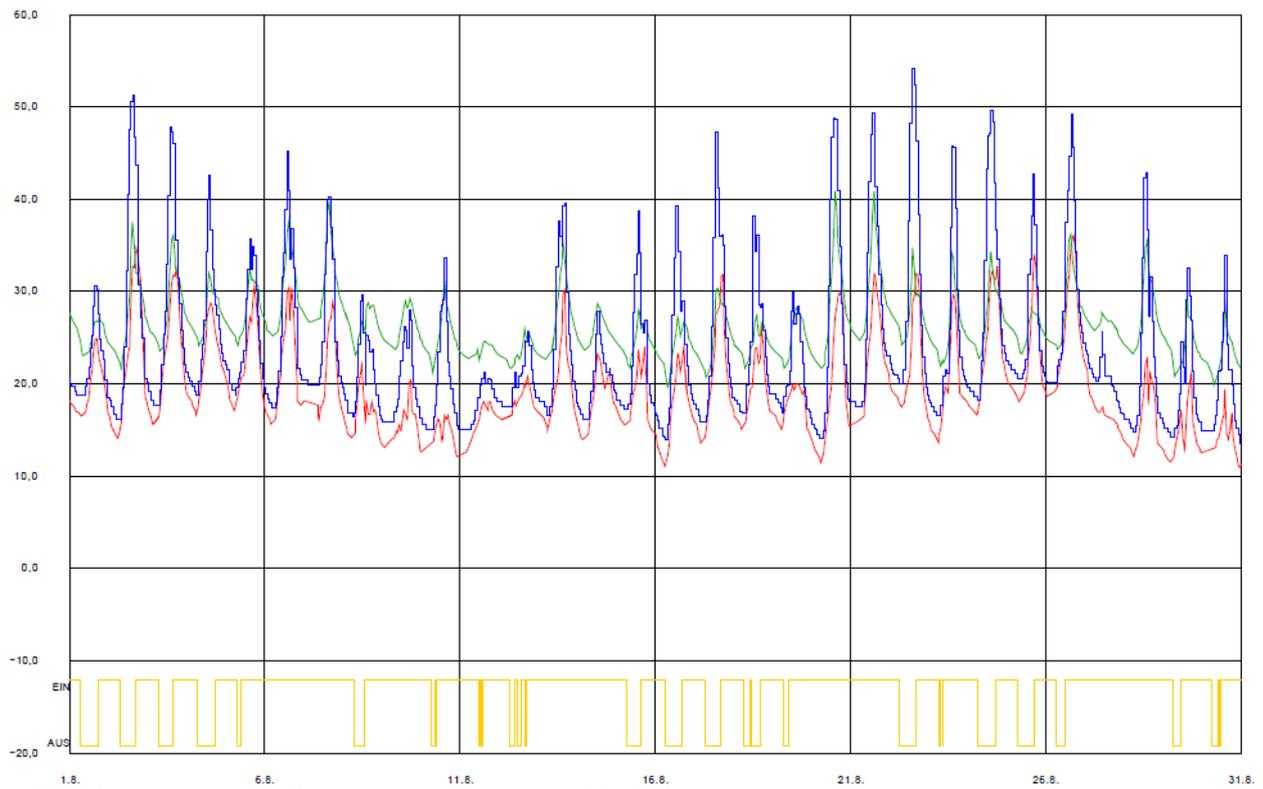


Abbildung 29: Trendkurve Monatsgang Luftkollektor, August  
X-Achse: °C / Y-Achse: Datum / ein = geschlossen / aus = zu

— Fenster (offen, geschlossen)  
— Luftkollektortemperatur °C

— Temperatur Klimahof °C  
— Außentemperatur °C

### 4.3.3 Auswertung Komfort Zwischenklimazone

Die Zwischenklimazone dient als Temperatur-Pufferzone. Die ungedämmten Bestandswände der zwei Gebäudekörper geben Wärme in den Klimahof ab, hinzu kommen die solaren Wärmegewinne und die vorgewärmte Zuluft aus dem Luftkollektor. Das große Luftvolumen speichert die Wärmeenergie und gibt sie nach und nach an die Umschließungsflächen ab. In Abbildung 31 ist ersichtlich, dass die Lufttemperatur im Klimahof ganzjährig über der Außentemperatur sowohl tags als auch nachts liegt.

In den strahlungsarmen Monaten mit niedriger Außenlufttemperatur ist der Abstand zwischen Klimahof- und Außenlufttemperatur etwas größer als in den strahlungsintensiveren Sommermonaten. Darüber hinaus zeigen sich in den Sommermonaten erwartungsgemäß zwischen Tag und Nacht insbesondere bei klarem Himmel ausgeprägte Spitzen. Anfang Februar 2012 konnte der Klimahof aufgrund von extrem niedrigen Temperaturen ( $-14,5^{\circ}\text{C}$  am 2.2.2012) seine Pufferwirkung voll entfalten (18 K) (Abbildung 31).

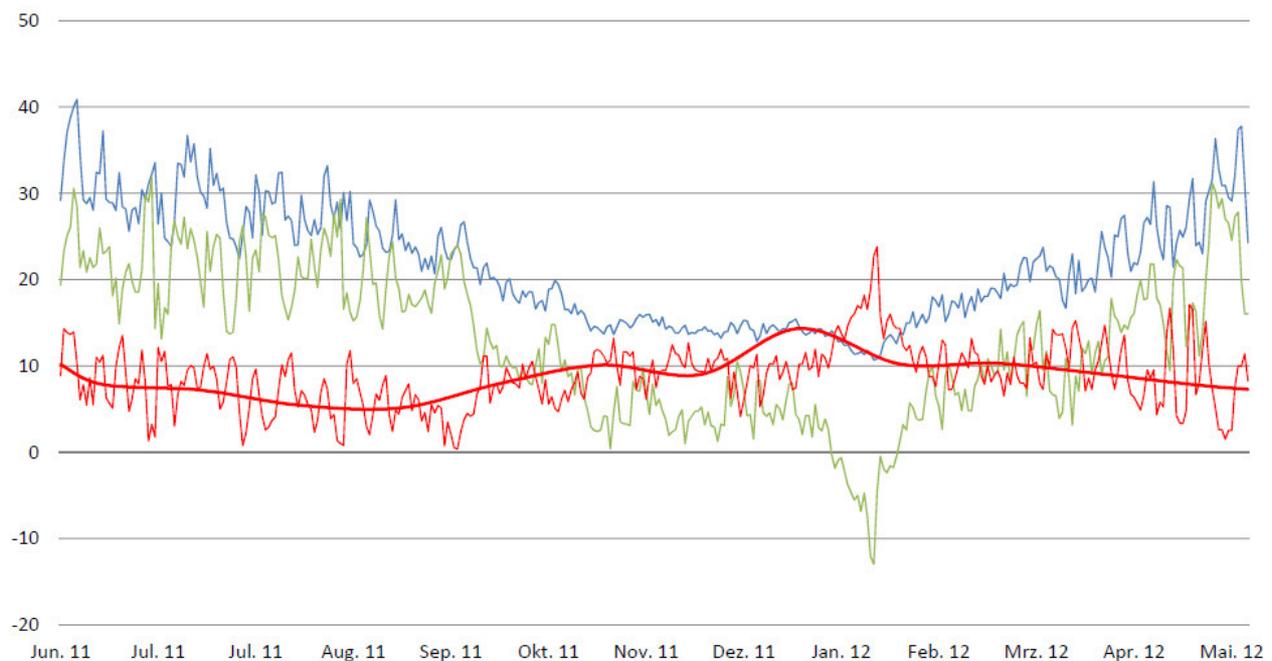


Abbildung 30: Trendkurve Jahresgang Zwischenklimazone, Tagestemperaturen  
X-Achse:  $^{\circ}\text{C}$  / Y-Achse: Datum

- Mittel Klimahof BTA, BTB Tagesstunden: 7:00 -19:00 Uhr
- Außentemperatur Tagesstunden: 7:00 -19:00 Uhr
- Differenz Klimahof / Außentemperatur Tagesstunden: 7:00 -19:00 Uhr
- Monatsmittel

In den Sommermonaten zeigte sich die Notwendigkeit einer beständigen Querlüftung mithilfe der dachintegrierten Lüftungs-Öffnungen, welche durch einen Wind- und Regensensor gesteuert werden. In Abbildung 32 ist der Effekt regelmäßiger Lüftung auf das Klima der Zwischenklimazone gut abzulesen. Die Abbildung zeigt die Temperaturentwicklung im Klimahof im Laufe einer Woche im Mai 2011. Am Wochenende, wenn keine Lüftung stattfindet, steigt die Lufttemperatur in der Zwischenklimazone stark an. Während die Temperaturen unter der Woche im Klimahof um nur circa 2K über der Außentemperatur liegen, beträgt die Temperaturdifferenz am Sonntag schon etwa 10K.

Erste Erfahrungen haben gezeigt, dass der Sensor möglicherweise zu sensibel auf Wind reagiert, wodurch die Lüftungsöffnungen zu lange geschlossen bleiben. Entsprechende Einstellungen sollten noch optimiert werden. Das Thema der optimierten Nutzung der Außenlufttürme wurde bereits im Zusammenhang der Auswertung der Funktionsweise des Luftkollektors erläutert. Es wurde festgestellt, dass die Möglichkeit der Kühlung nicht ausreichend genutzt wird.

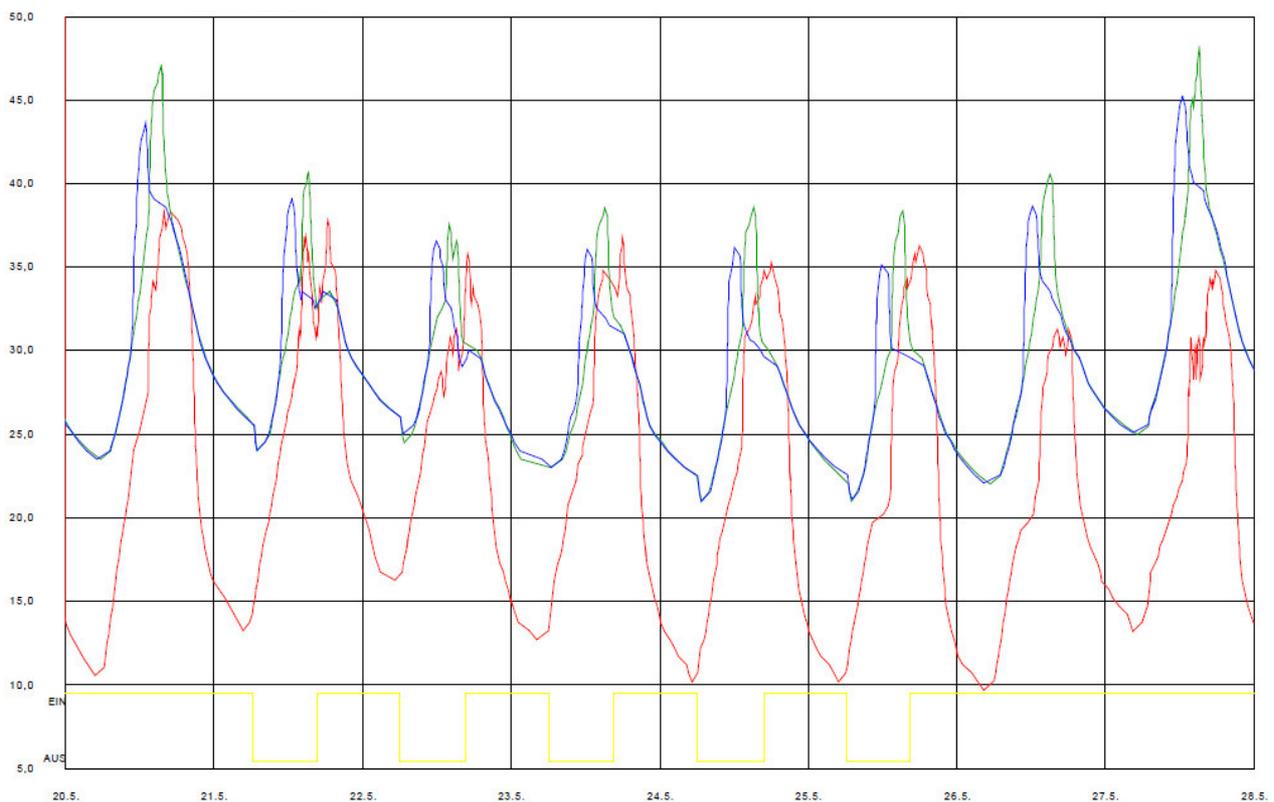


Abbildung 31: Trendkurve Wochengang Zwischenklimazone, Sommer  
 X-Achse: °C / Y-Achse: Datum / ein = geschlossen / aus = zu

— Außentemperatur °C                      — Temperatur Klimahof, BTA °C  
— Temperatur Klimahof, BTB °C            — Fenster

### Vergleich zweier Zwischenklimazonen

Aufgrund des erhöhten Anteils an gedämmter Dachfläche bei gleichzeitig verringertem Anteil an transparenten Flächen sind die Temperaturen im Klimahof der Kindertagesstätte Sonnenschein sichtlich konstanter als im Klimahof der Kindertagesstätte Plappersnut. Die Aufenthaltsqualitäten konnten sowohl für den Winterfall, als auch für den Sommerfall mithilfe dieser Neuerung im Klimahof der Kita Sonnenschein verbessert werden. Die vergleichende Gegenüberstellung in Abbildung 33 zeigt die Temperaturkurven in den beiden Höfen im Winterfall. Die Temperaturkurve im Klimahof der Kindertagesstätte Sonnenschein hat sich bei einer Außentemperatur von durchschnittlich 4°C auf ein Temperaturniveau von 14°C eingependelt. Im Klimahof der Kindertagesstätte Plappersnut liegen die Temperaturen mit deutlich höheren Schwankungen bei circa 6°C, bei Außenlufttemperaturen von circa -1°C. Die Temperaturdifferenz liegt demnach im Klimahof Sonnenschein mit 10K höher als im Klimahof Plappersnut (8,5K). Es ist davon auszugehen, dass bei niedrigeren Temperaturen die Temperaturdifferenz steigt, wodurch die höhere Pufferwirkung der Zwischenklimazone der Kindertagesstätte Sonnenschein belegt wird.

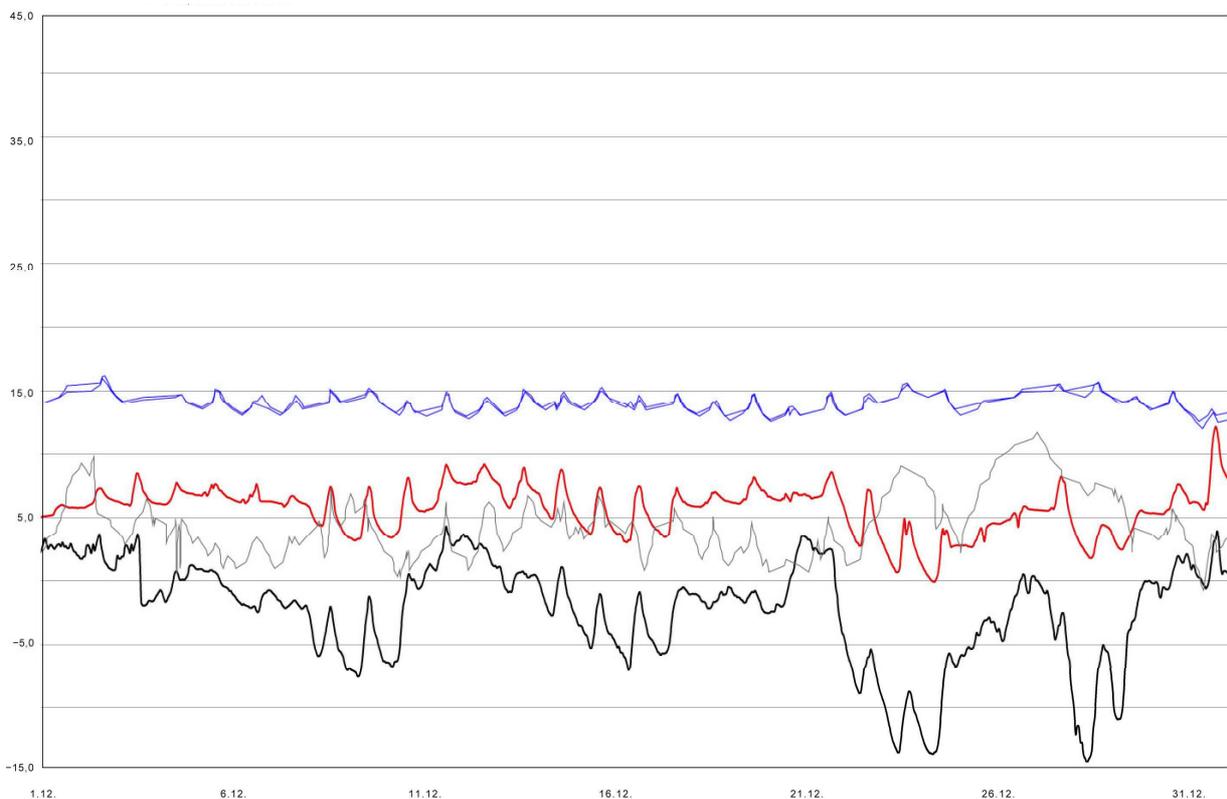


Abbildung 32: Trendkurve Monatsgang Dezember, Zwischenklimazone  
 Vergleich Kita Sonnenschein mit Kita Plappersnut  
 X-Achse: °C / Y-Achse: Datum

— Temperatur Klimahof °C, Sonnenschein  
 — Außentemperatur °C, Sonnenschein

— Temperatur Klimahof °C, Plappersnut  
 — Außentemperatur °C, Plappersnut

Die Abbildung 34 bildet den Sommerfall in den beiden Klimahöfen ab. Entgegen der subjektiven Wahrnehmung der Nutzer liegen die Spitzentemperaturen im Klimahof unter der Woche nur geringfügig über den Außentemperaturen (durchschnittlich 1-2 K). Vor allem aufgrund der hohen Temperaturen in den Sommernächten und den Wochenenden liegt die mittlere Lufttemperatur im Klimahof der Kindertagesstätte Sonnenschein bei 23°C im August 2011 bei einer mittleren Außentemperatur von 16,6°C. Die Temperaturdifferenz zwischen Zwischenklimazone und Umgebungstemperatur liegt mit 6,4K niedriger als in der Kita Plappernut (7,3 K).

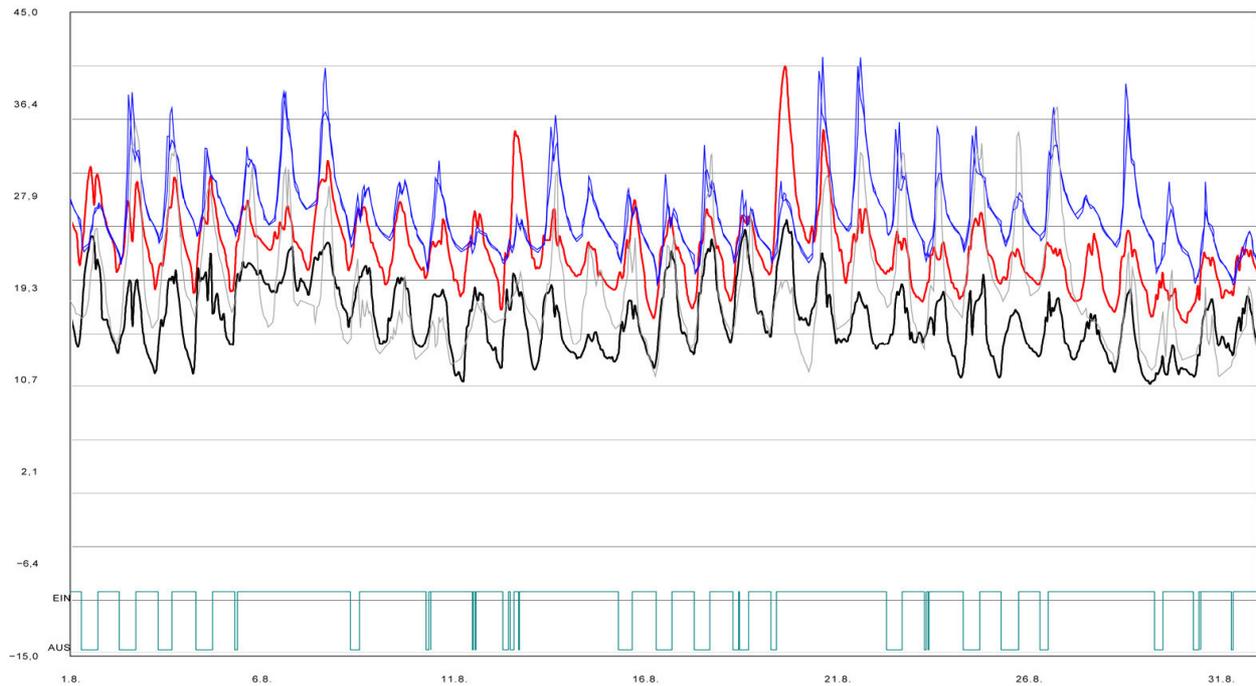


Abbildung 33: Trendkurve Monatsgang August, Zwischenklimazone  
 Vergleich Kita Sonnenschein mit Kita Plappersnut  
 X-Achse: °C / Y-Achse: Datum / ein = geschlossen / aus = zu

— Temperatur Klimahof °C, Sonnenschein  
 — Außentemperatur °C, Sonnenschein  
 — Fenster, Sonnenschein

— Temperatur Klimahof °C, Plappersnut  
 — Außentemperatur °C, Plappersnut

#### 4.3.4 Auswertung Komfort Gruppenräume

Die Qualität der Innenumwelt ist für die Nutzerzufriedenheit, aber auch für Gesundheit und Wohlbefinden, von entscheidender Bedeutung. Das Wohlbefinden wird von objektiv fassbaren und subjektiven Faktoren beeinflusst. Die objektiven Ursachen mangelnden Wohlbefindens sind schlechte Raumluf, zu niedrige oder zu hohe Raumtemperaturen, Raumfeuchten, Zugerscheinungen, ungünstige Lichtverhältnisse und Innenausstattung. In den Referenz-Gruppenräumen wurden Raumluf,temperatur, CO<sub>2</sub> Belastung, relative Luftfeuchte und Lichtstärke gemessen. Für die Gruppenräume wurden Temperaturwerte von 20°C und relative Luftfeuchten zwischen 40 und 65% angenommen. Als Grenzwert fürs Wohnen und Arbeiten wurde 1500 ppm CO<sub>2</sub> Belastung angenommen.

Die Auswertung der Gruppenräume hat eine deutlich zu hohe CO<sub>2</sub> Belastung im Winter ergeben, Tagesspitzen übertreten teilweise die 2000 ppm Marke. Die Lufttemperatur ist konstant hoch, durchschnittlich 24°C im Sommer und 22°C im Winter. Aufgrund des hohen Heizniveaus im Winter sinkt die relative Luftfeuchte in den Wintermonaten unter den optimalen Behaglichkeitswert. Da mit steigenden Temperaturen der Mensch sehr niedrige relative Luftfeuchten als noch behaglich empfindet, liegen beobachtete Abweichungen noch im Komfortbereich.

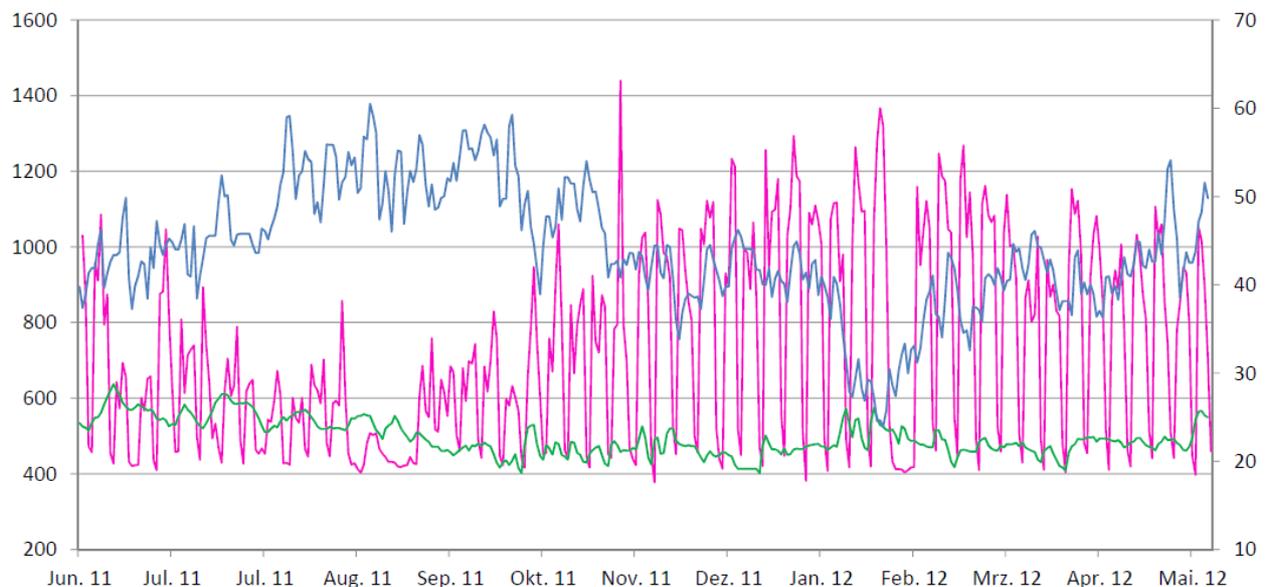


Abbildung 34: Trendkurve Jahresgang Gruppenraum

X-Achse 1: ppm / X-Achse 2: °C / Y-Achse: Datum

-  CO<sub>2</sub> Gruppenraum 11, Tagesmittelwert in ppm (Achse 1)
-  Raumtemperatur Gruppenraum 11, Tagesmittelwert in °C (Achse 2)
-  Relative Feuchte Gruppenraum 11, Tagesmittelwert in %rF (Achse 2)

Die Temperaturkurve in Abbildung 36 stellt die Problematik des Raumklimas im Verlauf eines Wintertages dar. Die Abluftanlage der Kita Sonnenschein ist zur Grundbelüftung ausgelegt. Da aufgrund der hohen Staubentwicklung im Klimahof die Zuluftöffnungen bei fehlender Wartung teilweise verstopft sind oder einfach manuell verschlossen wurden, kann die Zuluft nicht frei nachströmen. Bei voller Belegung ist eine freie Zulüftung über vorgewärmte Luft der Zwischenklimazone vorgesehen. Die hohen CO<sub>2</sub> Werte kamen immer dann zustande, wenn trotz schlechter Luft auf Fensterlüftung verzichtet wurde. Dies weist darauf hin, dass die Mitarbeiter nicht ausreichend geschult sind. Um Personal und Kinder für das Thema Raumkomfort stärker zu sensibilisieren, wird die Installation von Lüftungsampeln empfohlen.

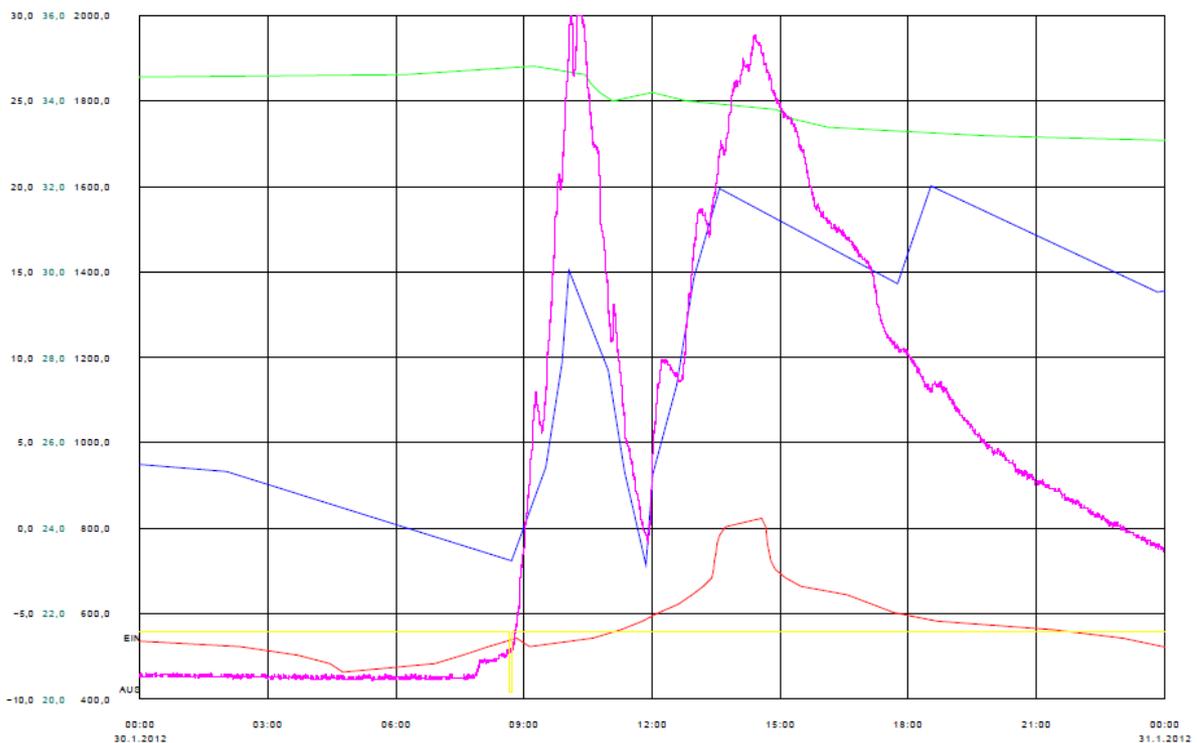


Abbildung 35: Trendkurve Tagesgang Gruppenraum, Winter  
 X-Achse, Skala A: ppm / X-Achse, Skala B: °C / X-Achse, Skala C: %rF / Y-Achse: Datum  
 ein = geschlossen / aus = zu

- CO<sub>2</sub> Gruppenraum 11 in ppm (Skala A)
- Raumtemperatur Gruppenraum 11 in °C (Skala B)
- Außenlufttemperatur in °C (Skala B)
- Relative Feuchte Gruppenraum 11 in %rF (Skala C)
- Fenster Gruppenraum

## 4.4 Abschließende Auswertung

Das Monitoring wurde vom 6.4.2011 bis zum 10.10.2012 an der KITA Sonnenschein unter Begleitung von Kieback & Peter durchgeführt. Die im vorliegenden Bericht ausgewerteten Daten gaben Auskunft über Funktionstüchtigkeit und Wirkungsweise der zuvor entwickelten Konzepte und Prognosen.

*Tabelle 8: Übersicht der Energiebilanz*

|   | vor Sanierung <sup>1)</sup> |         | nach Sanierung <sup>2)</sup> |         |
|---|-----------------------------|---------|------------------------------|---------|
|   | Verbrauch                   | EnEV    | Verbrauch                    | EnEV    |
| Endenergieverbrauch Strom [kWh/a]                                 | 14.220                      | 32.170  | 24.132                       | 32.410  |
| Endenergieverbrauch Wärme [kWh/a]                                 | 398.030                     | 632.954 | 199.000                      | 173.377 |
| Endenergieverbrauch gesamt [kWh/a]                                | 412.250                     | 667.124 | 206.831                      | 215.786 |
| Endenergieverbrauch gemittelt [kWh/a]                             |                             |         | 211.309                      |         |
| Endenergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]                         | 181                         | 295     | 106                          |         |
| Endenergieeinsparung [%]  | 59                          | 36      |                              |         |
| Primärenergieverbrauch Strom[kWh/a]<br>fP: 2,7 Strom-Mix          | 38.394                      | 86.859  | 65.156                       | 73.964  |
| Primärenergieverbrauch Wärme[kWh/a]<br>fP: 1,3 Fernwärme, 0 Solar | 517.439                     | 822.840 | 268.880                      | 224.402 |
| Primärenergieverbrauch gesamt [kWh/a]                             | 555.833                     | 909.699 | 334.036                      | 298.366 |
| Primärenergieverbrauch gemittelt [kWh/a]                          |                             |         | 316.201                      |         |
| Primärenergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> a)]                      | 244                         | 400     | 162                          |         |
| Primärenergieeinsparung [%]                                       | 66                          | 41      |                              |         |

<sup>1)</sup> Energiebezugsfläche A = 2276,9 m<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Energiebezugsfläche A = 1997,31 m<sup>2</sup>

*Tabelle 9: Übersicht CO<sub>2</sub> Emissionen*

|  | vor Sanierung <sup>1)</sup> |         | nach Sanierung <sup>2)</sup> |        |
|--|-----------------------------|---------|------------------------------|--------|
|  | Verbrauch                   | EnEV    | Verbrauch                    | EnEV   |
| CO <sub>2</sub> Emissionen [kg/a]<br>Strom – Mix: 0,633 kg/kWh | 9.001                       | 20.364  | 15.276                       | 20.554 |
| CO <sub>2</sub> Emissionen [kg/a]<br>Fernwärme: 0,407 kg/kWh   | 161.998                     | 257.613 | 80.993                       | 70.564 |
| CO <sub>2</sub> Emissionen gesamt [kg/a]                       | 170.999                     | 277.977 | 96.269                       | 91.118 |
| CO <sub>2</sub> Emissionen gemittelt [kg/a]                    |                             |         | 93.694                       |        |
| CO <sub>2</sub> -Emissionskennwert [kg/m <sup>2</sup> a]       | 75                          | 122     | 47                           |        |
| CO <sub>2</sub> -Emissionseinsparung [%]                       | 63                          | 39      |                              |        |

<sup>1)</sup> Energiebezugsfläche A = 2276,9 m<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Energiebezugsfläche A = 1997,31 m<sup>2</sup>

Zur Ermittlung der Energiebilanz wurden die Energieverbräuche vor und nach der Sanierung ausgewertet. Außerdem wurde jeweils eine EnEV-Berechnung mittels DÄMMWERK 2012 durchgeführt. Für das Gebäude vor der Sanierung ergaben sich bei Verbrauch und Berechnung starke Abweichungen, welche auf die geringe tatsächliche Belegungsdichte zurück zu führen sind. In der EnEV-Berechnung wird von einer vollen Auslastung der zur Verfügung stehenden Flächen ausgegangen, dies stimmt allerdings nicht mit der Realität der letzten Nutzungsjahre überein. Im sanierten Gebäude ist die Zahl der betreuten Kinder von 250 auf 280 gestiegen, es wurden fünf neue Büros und zusätzlich ein neuer Mehrzweckraum, welcher auch als Quartierszentrum genutzt werden kann, im Gebäude eingerichtet. Aus diesem Grund wurde für vergleichende Gegenüberstellungen mit dem sanierten Gebäude die EnEV-Berechnung bei Volllast verwendet.

Die abschließende Auswertung der berechneten (DÄMMWERK 2012) und gemessenen Energieverbräuche hat eine Reduzierung des Endenergieverbrauchskennwertes auf 36% [109 kWh/(m<sup>2</sup> a)], des Primärenergieverbrauchskennwertes auf 41% [117 kWh/(m<sup>2</sup> a)] und des CO<sub>2</sub>-Emissionskennwert auf 39% [47 kg/m<sup>2</sup>a] ergeben. Maßgeblichen Anteil an den Einsparungen des Energieverbrauches hat die Verbesserung der Gebäudehülle mit niedrigeren Wärmedurchlasskoeffizienten und einem optimierten A/V- Verhältnis. In der EnEV-Berechnung konnte der Luftkollektor nicht berücksichtigt werden, hingegen wurde der Solarthermieanlage eine höhere Effizienz prognostiziert als schließlich gemessen. Im Primärenergieverbrauchskennwert spiegelt sich die hohe Reduzierung des Fernwärmebedarfs wider, bei nahezu konstantem Stromenergieverbrauch. Der gleichbleibend hohe Stromverbrauch hat seinen Ursprung in der zusätzlichen Anlagentechnik, Wärmepumpe und Lüftungsanlage. Die angenommenen Primärenergiefaktoren (1,3 Fernwärme fossil / 2,7 Strom-Mix) der Stadtwerke Wismar liegen im nationalen Vergleich sehr hoch, sodass hier noch Optimierungspotenzial besteht.

Die zwischen den beiden massiven Gebäuden errichtete Zwischenklimazone dient zur Vorerwärmung der Zuluft, welche durch Lüftungsschlitze in den Fenstern zum Atrium und durch den durch eine Abluftanlage erzeugten Unterdruck in die Gebäude transportiert wird. Mit ihrem großen Luftvolumen, den hohen Speichermassen in den Umschließungsflächen und dem überwiegend gedämmten Dach hat die Zwischenklimazone zudem eine ausgleichende Wirkung auf Spitzenwärmelasten. Energieverluste der Bauteile zur Zwischenklimazone konnten ohne zusätzliche Dämmung minimiert werden. Der thermisch günstige Einfluss des Klimahofs wurde messtechnisch untersucht und die Ergebnisse entsprechend dargestellt.

## 5 Fazit

Im Zuge unserer Untersuchungen haben wir trotz mehrfacher Schulung von Seiten der Planer Weiterbildungsbedarf der MitarbeiterInnen der Kindertagesstätte Sonnenschein festgestellt. Insbesondere Nutzung und Funktion des Außenluftturms ist unklar, die Einweisung eines Verantwortlichen für die manuelle Umschaltung im Sommer ist dringend erforderlich. Das zusätzliche Angebot des Klimahofs ist kein Ersatz für die Außenspielfläche. Lediglich in den Übergangsjahreszeiten oder bei schlechten Wetterverhältnissen bietet der Klimahof die Möglichkeit zum freien Spiel. Eine ganzjährige Vollausslastung kann zu Staub- und Lärmemissionen führen. Die Kindertagesstätte Sonnenschein ist mit bedienungsarmer Low-Tech Gebäudetechnik konzipiert und ermöglicht es dem Nutzer mit einfachen Mitteln den Innenraumkomfort zu steuern. Trotzdem fehlt das Verständnis über die Funktionsweise des Lüftungskonzeptes. Um dieses zu stärken wird zur Installation von Lüftungsampeln in den Gruppenräumen geraten. Auch wurde frühzeitig durch die Planungsbeteiligten darauf hingewiesen, dass zur optimalen Funktion der Anlagentechnik regelmäßige Wartungen erforderlich sind, insbesondere die Lüftungsöffnungen müssen frei von Verunreinigungen bleiben. Berücksichtigt man die im Vortext aufgeführten Empfehlungen, kann mit nur geringem Aufwand große Wirkung erzielt werden.

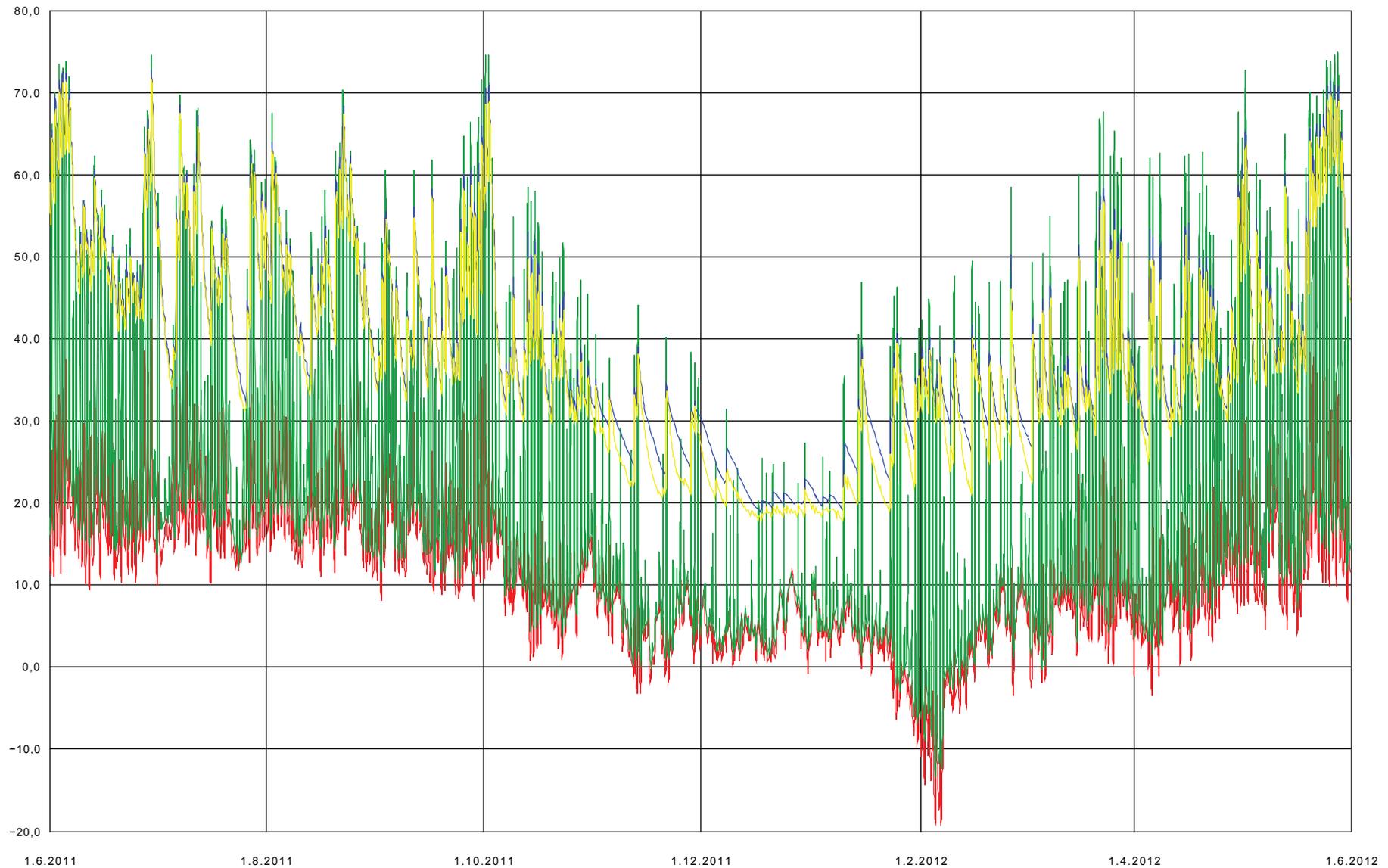


Abbildung 26  
Trendkurve Jahresgang Solarthermieanlage

X-Achse: Temperatur in °C  
Y-Achse: Datum

- Außentemperatur
- Kollektortemperatur
- Speichertemperatur, oben
- Speichertemperatur, unten

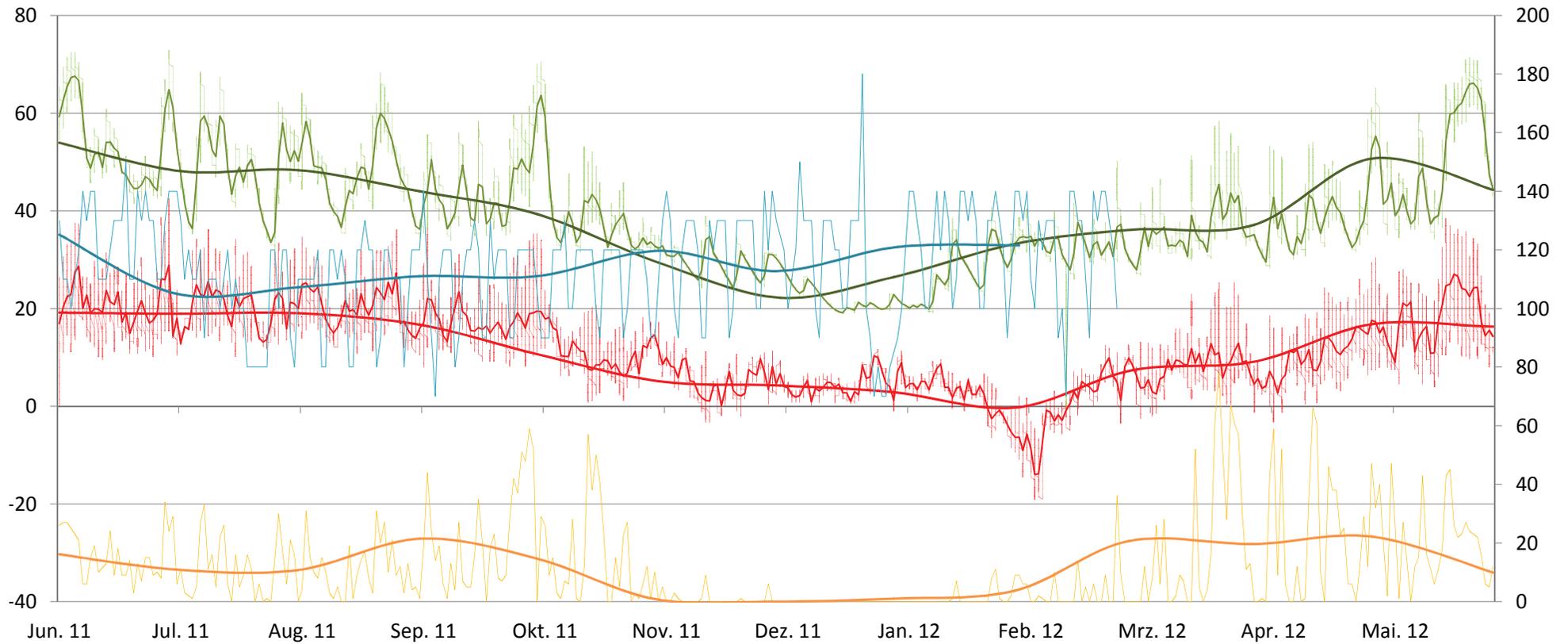


Abbildung 27  
Trendkurve Energiebilanz Solarthermieanlage

X-Achse 1: Temperatur in °C / X-Achse 2: Energie in kWh  
Y-Achse: Datum

- Außentemperatur, Achse 1
- Speichertemperatur, Achse 1
- Energieverbrauch WWB, Achse 2
- Energieverbrauch Solarthermie, Achse 2

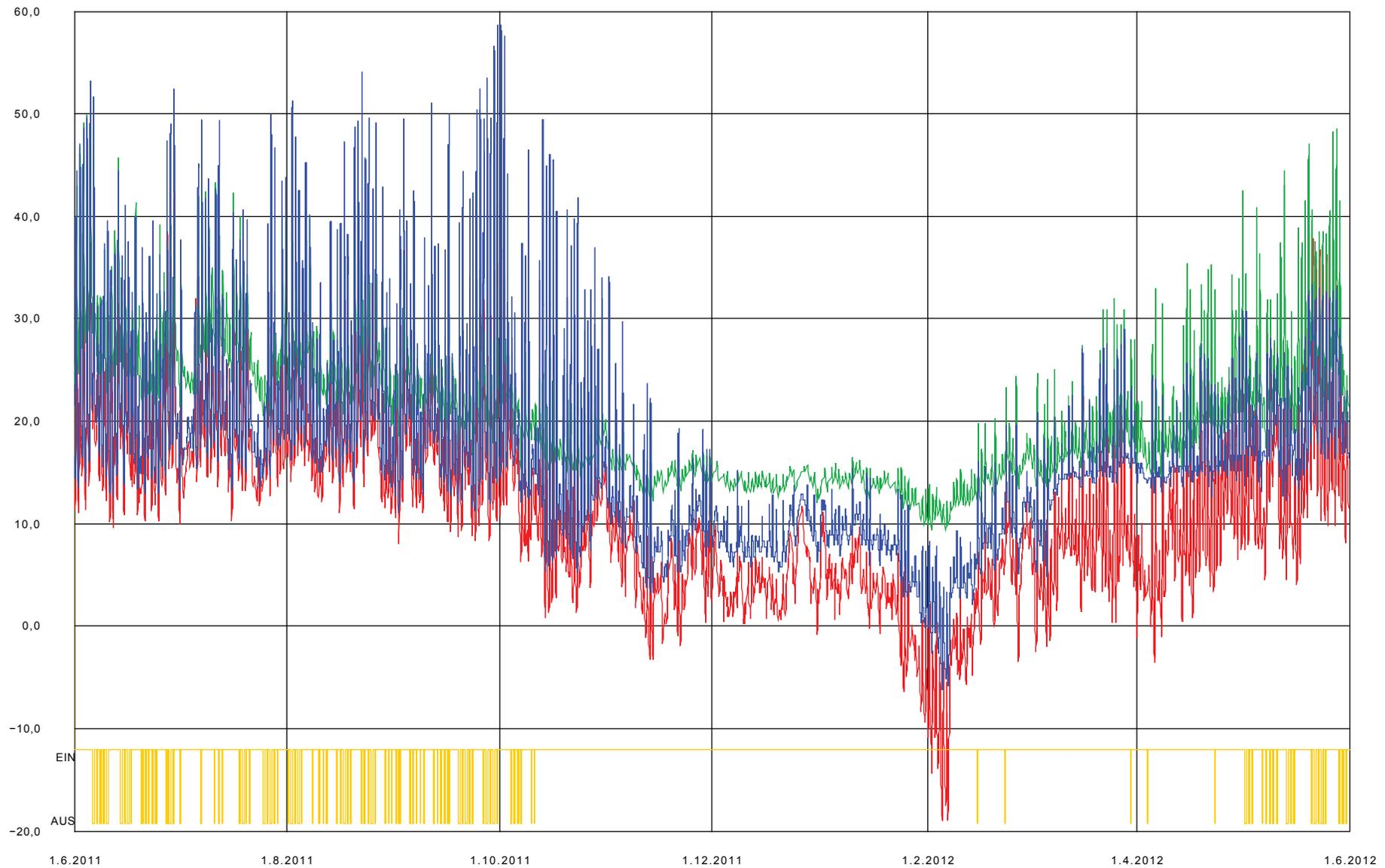


Abbildung 28  
Trendkurve Jahresgang Luftkollektor

X-Achse: Temperatur in °C / ein (geschlossen), aus (offen)  
Y-Achse: Datum

- Außentemperatur
- Temperatur Klimahof
- Luftkollektortemperatur
- Fenster (offen, geschlossen)

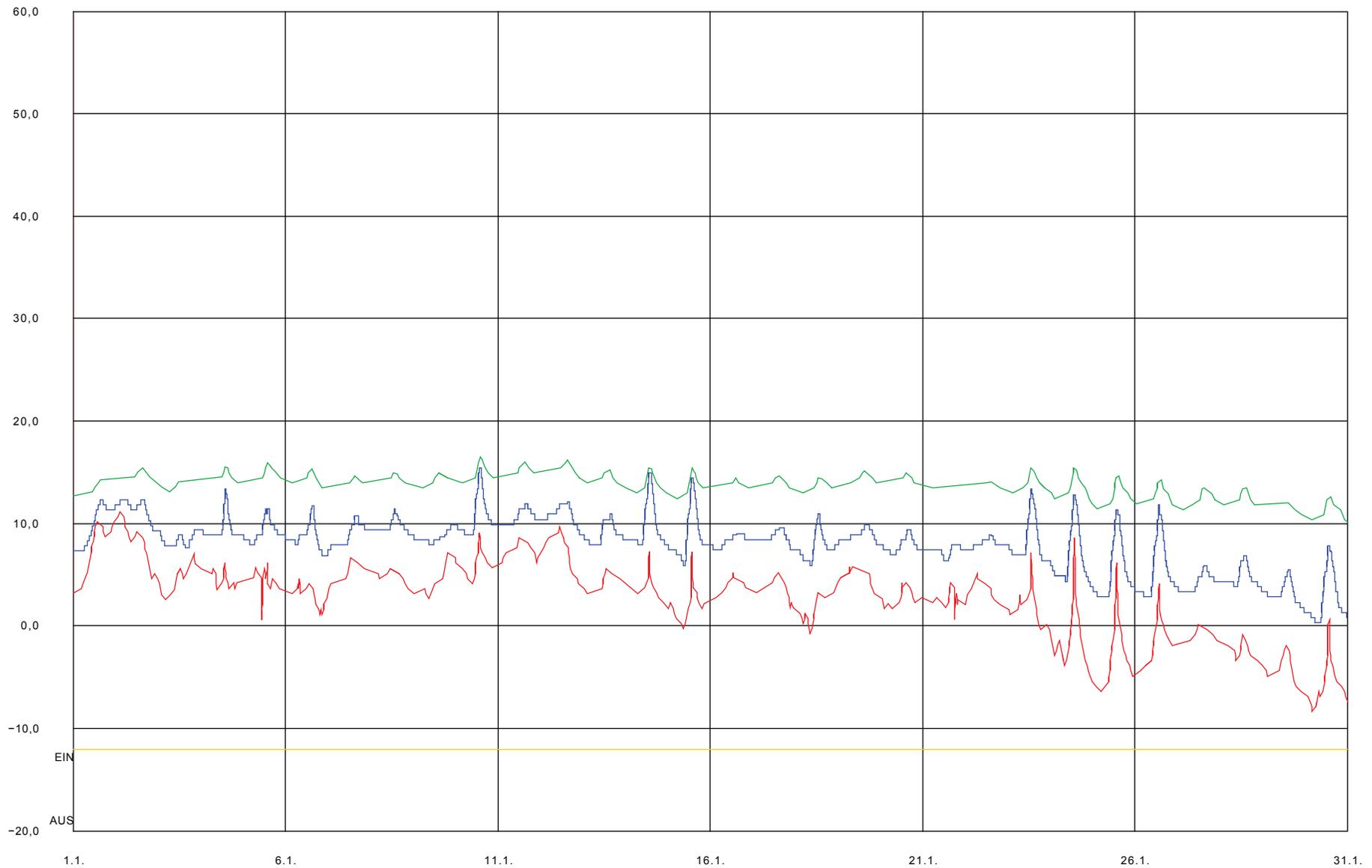


Abbildung 29  
Trendkurve Monatsgang Luftkollektor, Januar

X-Achse: Temperatur in °C / ein (geschlossen), aus (offen)  
Y-Achse: Datum

- Außentemperatur
- Temperatur Klimahof
- Luftkollektortemperatur
- Fenster (offen, geschlossen)

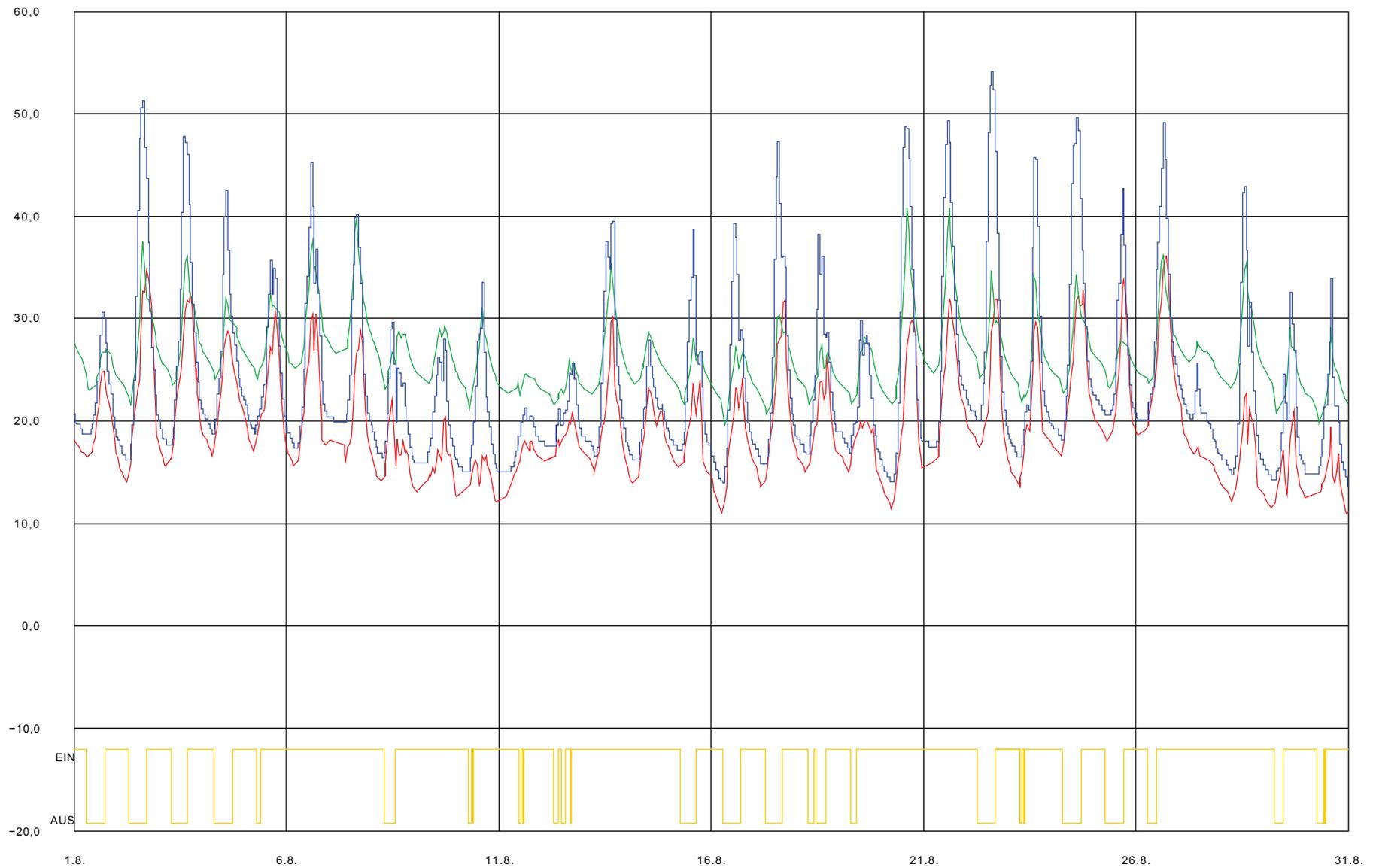


Abbildung 30  
Trendkurve Monatsgang Luftkollektor, August

X-Achse: Temperatur in °C / ein (geschlossen), aus (offen)  
Y-Achse: Datum

- Außentemperatur
- Temperatur Klimahof
- Luftkollektortemperatur
- Fenster (offen, geschlossen)

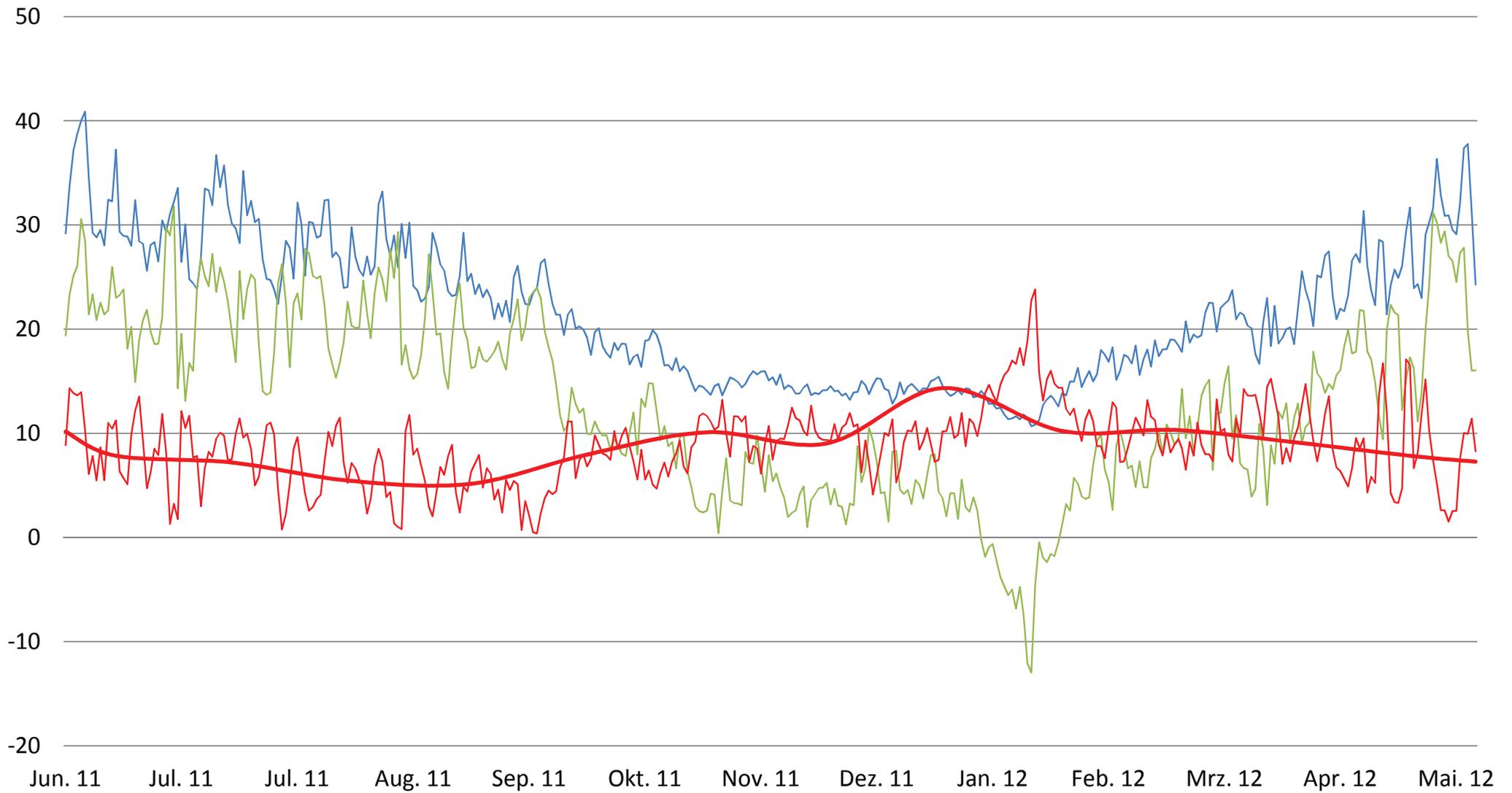


Abbildung 31  
Trendkurve Jahresgang Zwischenklimazone, Tagestemperaturen

- Differenz Klimahof / Außentemperatur 7:00-19:00Uhr
- Außentemperatur 7:00-19:00Uhr
- Mittel Klimahof BTA / BTB 7:00-19:00Uhr

X-Achse: Temperatur in °C  
Y-Achse: Datum

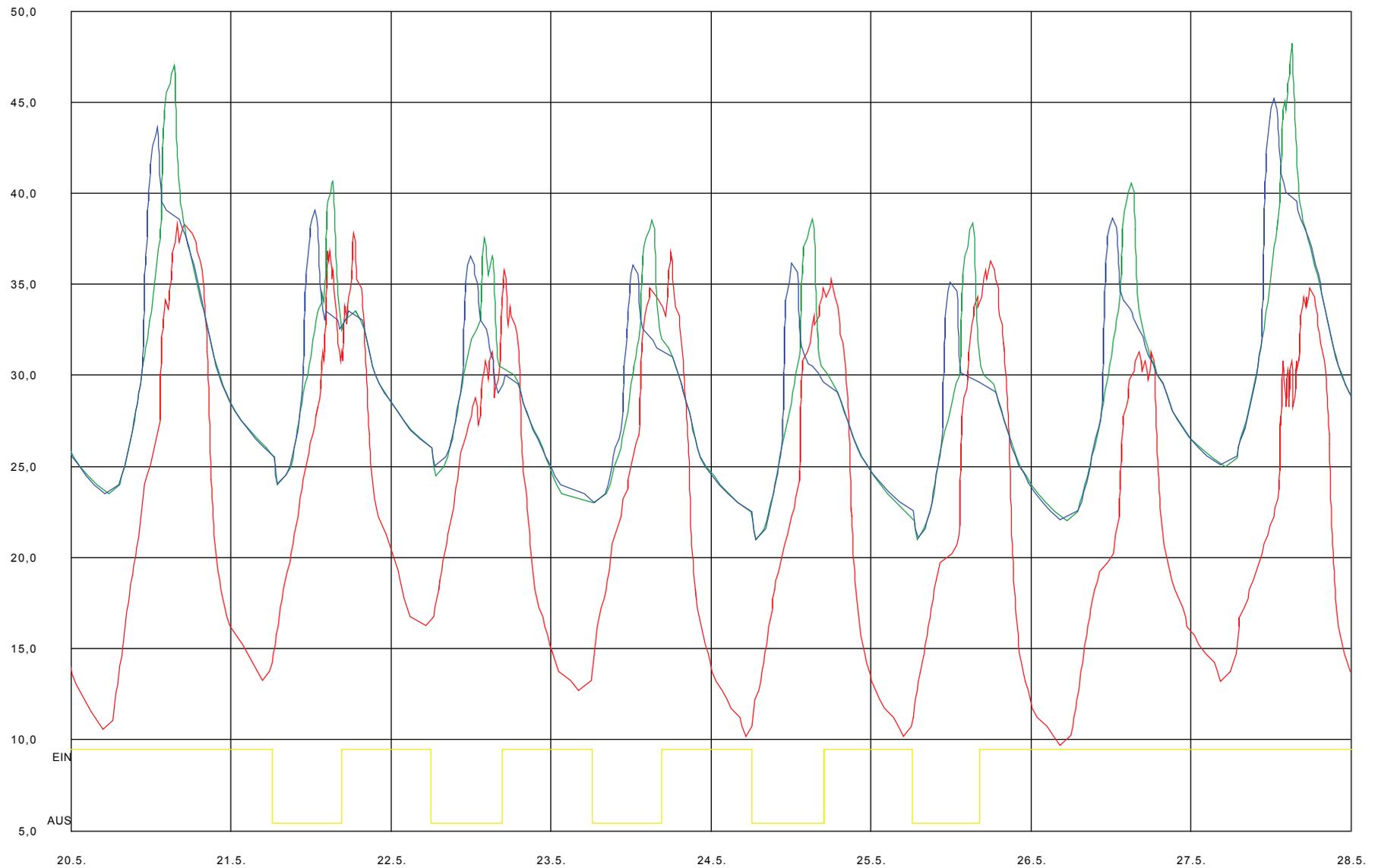


Abbildung 31  
Trendkurve Wochengang Zwischenklimazone, Sommer

X-Achse: Temperatur in °C / ein (geschlossen), aus (offen)  
Y-Achse: Datum

- Außentemperatur
- Temperatur Klimahof, BTA
- Temperatur Klimahof, BTB
- Fenster (offen, geschlossen)

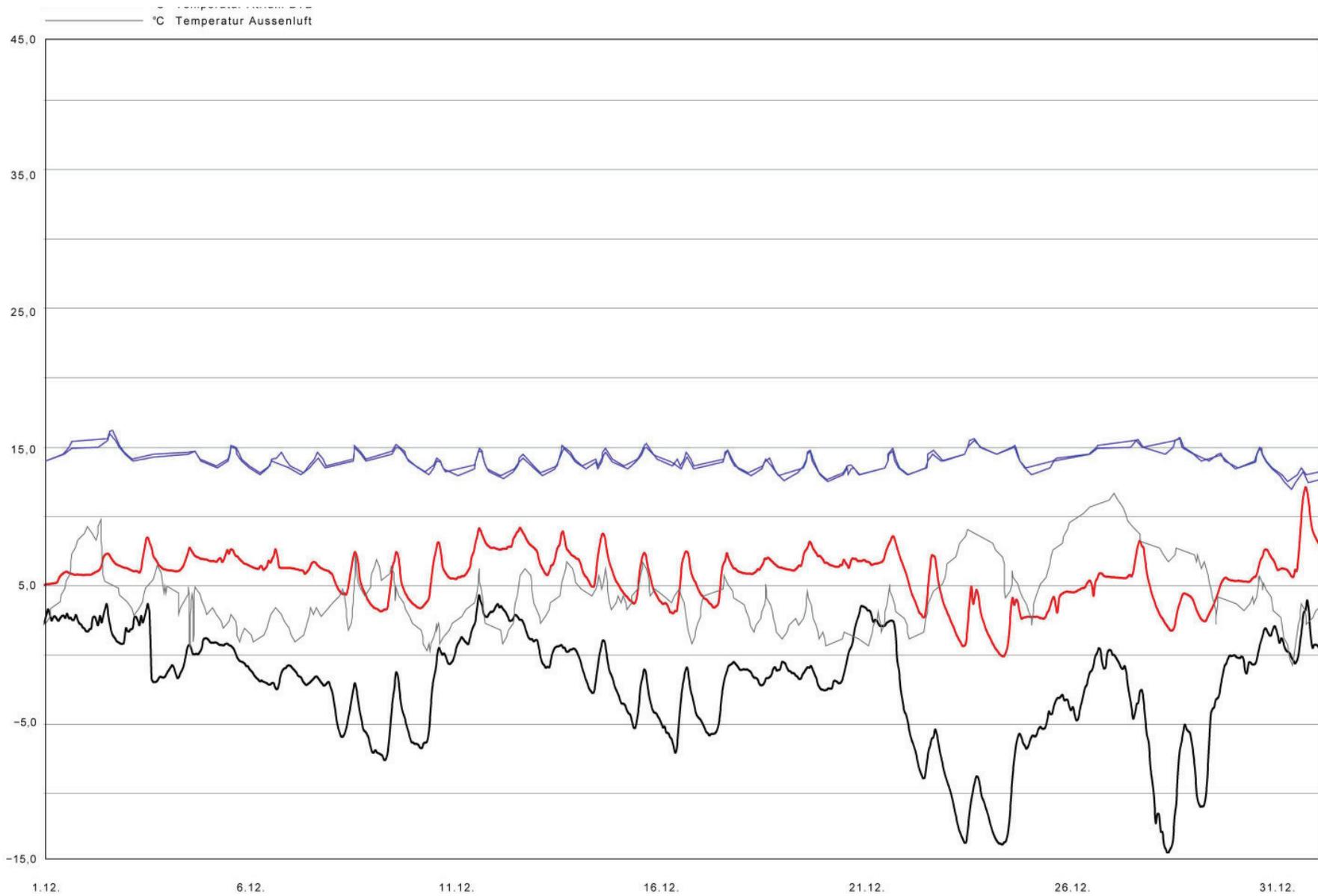


Abbildung 33  
 Trendkurve Monatsgang August, Zwischenklimazone  
 Vergleich Kita Sonnenschein mit Kita Plappersnut  
 X-Achse: Temperatur in °C  
 Y-Achse: Datum

- Temperatur Klimahof °C, Plappersnut
- Außentemperatur °C, Plappersnut
- Temperatur Klimahof °C, Sonnenschein
- Außentemperatur °C, Sonnenschein

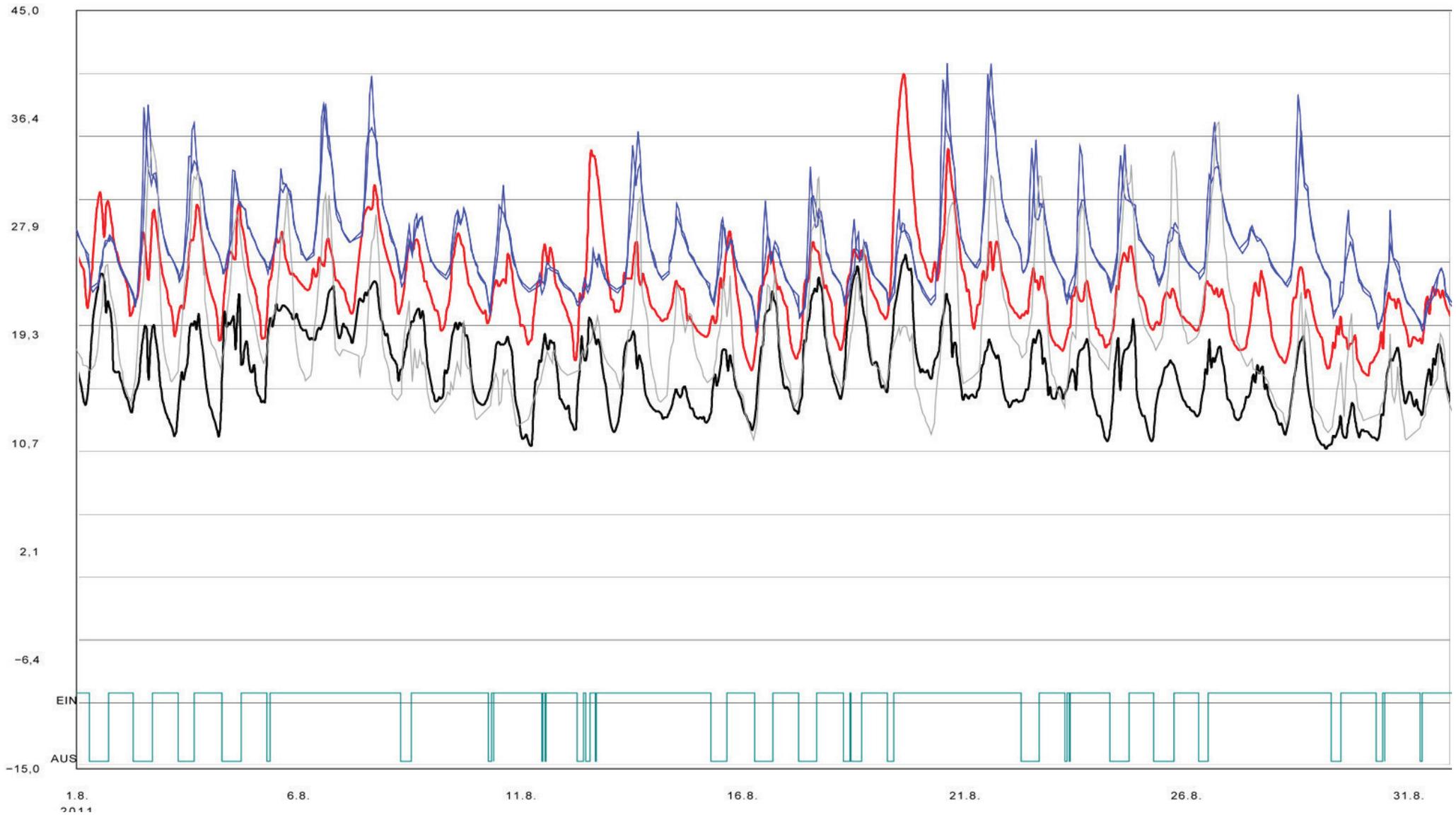


Abbildung 34  
 Trendkurve Monatsgang August, Zwischenklimazone  
 Vergleich Kita Sonnenschein mit Kita Plappersnut  
 X-Achse: Temperatur in °C / ein (geschlossen), aus (offen)  
 Y-Achse: Datum

- Temperatur Klimahof °C, Sonnenschein
- Außentemperatur °C, Sonnenschein
- Temperatur Klimahof °C, Plappersnut
- Außentemperatur °C, Plappersnut
- Fenster (offen, geschlossen)

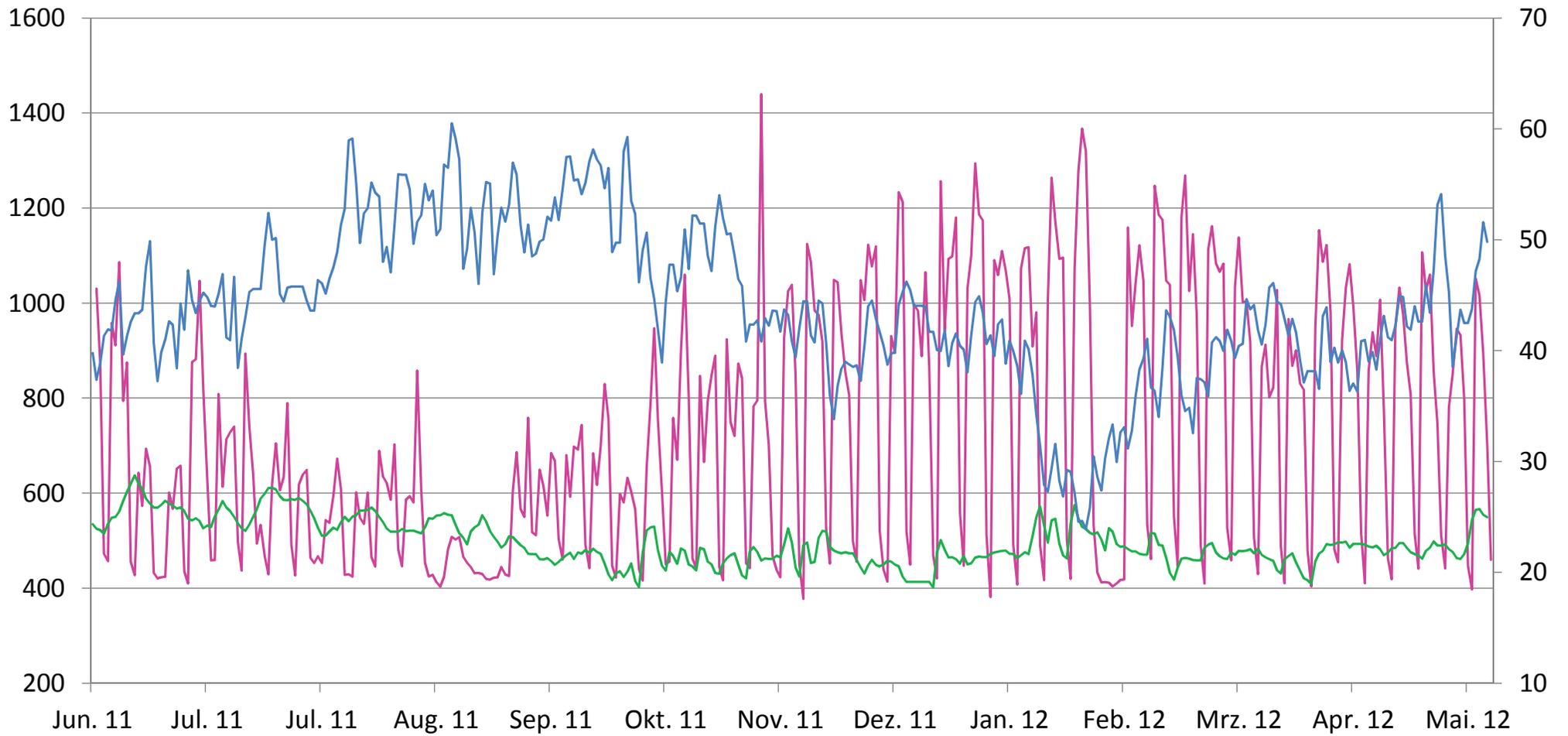


Abbildung 35

Trendkurve Jahresgang Gruppenraum

X-Achse 1: CO2 Gehalt in ppm

X-Achse 2: Temperatur in °C / relative Feuchte %rF

Y-Achse: Datum

- CO2 GR 11, Tagesmittelwert, Achse 1
- Raumtemperatur GR 11, Tagesmittel, Achse 2
- Relative Feuchte GR 11, Tagesmittel, Achse 2

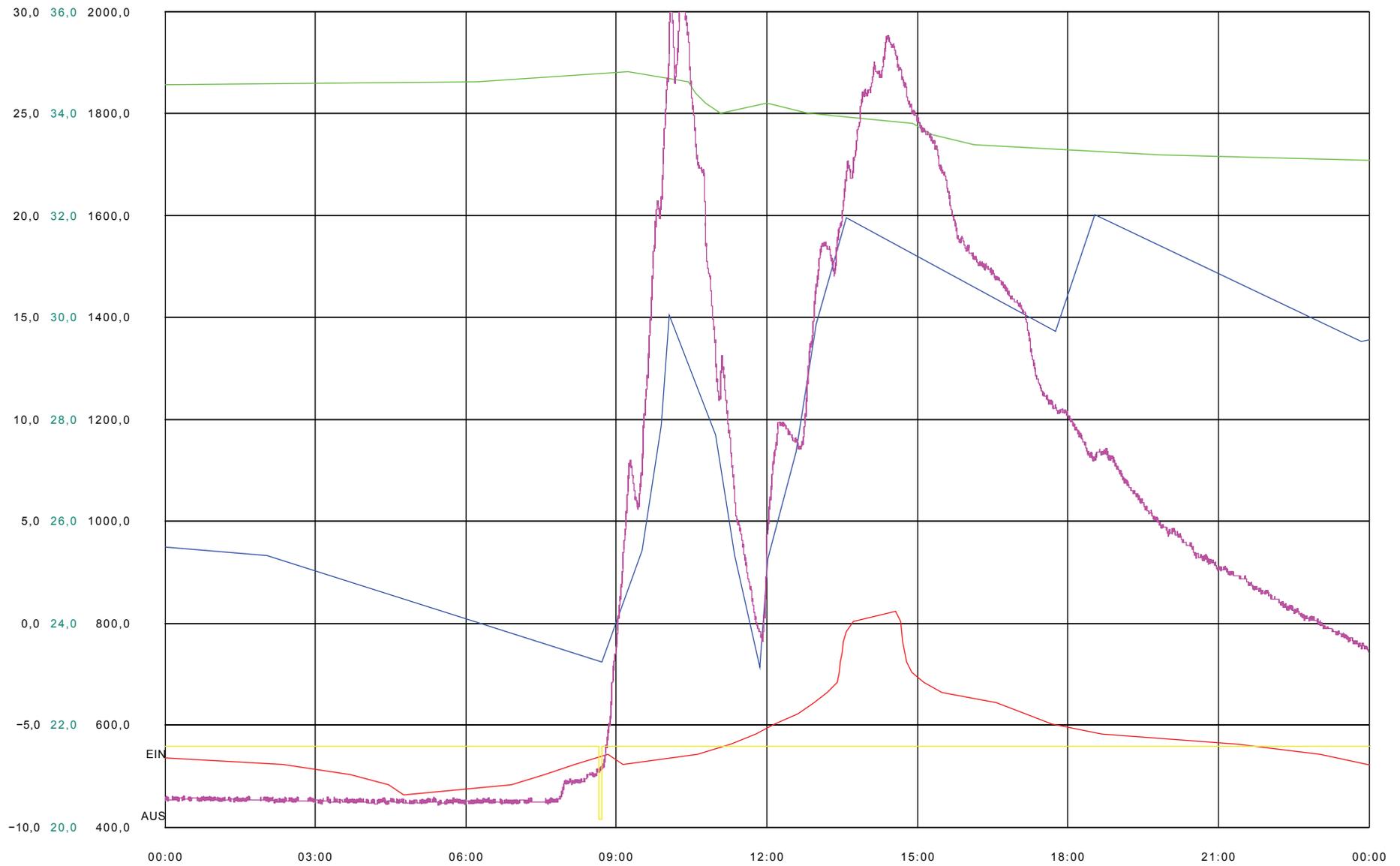


Abbildung 36  
Trendkurve Tagesgang Gruppenraum, Winter

X-Achse: ppm (Skala A), °C (Skala B), %rF (Skala C)  
Y-Achse: Datum

- CO2 Gruppenraum 11, Skala A
- Außenlufttemperatur, Skala B
- Raumtemperatur Gruppenraum 11, Skala B
- Relative Feuchte Gruppenraum 11, Skala C
- Fenster (offen, geschlossen)