



## Abschlussbericht

### Propsteikirche St. Trinitatis, Leipzig

#### Teilaufgabe: Monitoring der Gebäudeperformance im Betrieb

**Antragsteller:** Katholische Propsteipfarrei St. Trinitatis, Leipzig

**Ausführende Stelle:** Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS),  
Univ.- Prof. Dr.- Ing. M. Norbert Fisch  
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen,  
Umweltwissenschaften  
Mühlenpfordtstraße 23, 38106 Braunschweig

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Stefan Plesser

**Förderung:** Deutsche Bundesstiftung Umwelt

**Aktenzeichen:** 28590

**Laufzeit:** 31.07.2015 bis 31.07.2017

**Stand:** 31.07.2017

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unter dem Aktenzeichen 28590 gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

#### Kooperationspartner

##### Institut für Gebäude- und Solartechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften

Mühlenpfordtstr. 23, 38106 Braunschweig

Verantwortlicher Projektleiter:

Dr.-Ing. Stefan Plesser

T 0176 – 1391 3001

E [plesser@igs.bau.tu-bs.de](mailto:plesser@igs.bau.tu-bs.de)

TU Braunschweig  
Institut für Gebäude- und  
Solartechnik

Mühlenpfordtstraße 23  
D-38106 Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

Tel. +49 (0) 531 391-3555

Fax +49 (0) 531 391-8125

[igs@igs.tu-bs.de](mailto:igs@igs.tu-bs.de)

[www.igs.tu-braunschweig.de](http://www.igs.tu-braunschweig.de)



**Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig  
energiedesign | Architektur-Institut Leipzig**

Karl-Liebknecht-Straße 132

04277 Leipzig

Verantwortlicher Projektleiter:

Prof. Dipl.-Ing. Frank Hülsmeier

T 0341 – 3076 6248

E [frank.huelsmeier@htwk-leipzig.de](mailto:frank.huelsmeier@htwk-leipzig.de)

**Schulz & Schulz Architekten GmbH**

Lampestraße 6

04107 Leipzig

Ansprechpartner:

Prof. Benedikt Schulz, Architekt BDA (Geschäftsführer)

T 0341 – 487133

E [schulz@schulzarchitekten.de](mailto:schulz@schulzarchitekten.de)

**ee concept GmbH**

Spreestraße 3

64295 Darmstadt

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Architekt Matthias Fuchs (Geschäftsführer)

T 06151 – 6678600

E [fuchs@ee-concept.de](mailto:fuchs@ee-concept.de)

**Projektsteuerung (im Auftrag des Antragstellers):**

**Petschow + Thiel Projektmanagement GmbH**

Thomaskirchhof 20


04109 Leipzig

Ansprechpartner:

Dr. Nils Heinrich

Telefon: 0341/96285711

E [epp-propstei@ptps.de](mailto:epp-propstei@ptps.de)

06/02					
<b>1 PROJEKTKENNBLOTT</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>					
Az	<b>28590/03</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>132.148,00 €</b>
<b>Antragstitel</b>		<b>Bewertung des Neubaus der Propsteikirche St. Trinitatis in Leipzig hinsichtlich Erreichung der planerischen Zielstellungen und Ergebnisverbreitung</b>			
<b>Stichworte</b>		Nachhaltigkeit, Qualitätssicherung, Planungsvalidierung, Vermittlung von Aspekten der Energieeffizienz			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>30 Monate</b>	<b>3/2015</b>	<b>9/2017</b>			
Zwischenberichte	4 Zwischenberichte für das Monitoring, Bericht Blower-Door-Messung, Bericht Thermographie				
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Katholische Propsteipfarrei St. Trinitatis			Tel	0341/ 355728-0
	Nonnenmühlgasse 2			Fax	0341/355728-18
	04107 Leipzig			Projektleitung	
				Propst Gregor Giele	
			Bearbeiter		
			N.N.		
<b>Kooperationspartner (Qualitätssicherung und Monitoring)</b>	<b>Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig</b> energiedesign   Architektur-Institut Leipzig Prof. Dipl.-Ing. Frank Hülsmeier <b>TU Braunschweig</b> Institut für Gebäude- und Solartechnik Dr.-Ing. Stefan Plesser <b>(Symposium)</b> <b>Schulz &amp; Schulz Architekten GmbH</b> sowie <b>ee concept GmbH</b>				
<b>Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens</b> Für das Gebäude wird ein Monitoring für Energie und Komfort durchgeführt. Ziel ist die Validierung der Planungsannahmen für den Normalbetrieb sowie eine Bewertung der Leistungsfähigkeit unter Annahme eines Krisenszenarios durch die Prüfung der Teilautarkie und der Eigenstromversorgung des Gebäudes.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b> <u>Zieldefinition und Detailliertes Mess- und Monitoringkonzept</u> Es werden eindeutige Kennwerte für Einzelziele festgelegt und die entsprechenden Methoden der Validierung festgelegt. Entwicklung eines detaillierten Mess- und Monitoringkonzepts zur Validierung der definierten Ziele. Das Konzept umfasst sowohl die erforderliche Messtechnik als auch die Technik für die Datenerfassung sowie die Darstellungskonzepte in der Auswertung.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>					

#### Überprüfung der Umsetzung durch gesonderte Prüfverfahren

Im Rahmen des Monitorings soll auch die Qualität der Bauausführung überprüft werden. Dazu sind die Umsetzung eines Blower-Door-Tests für den Nachweis der Dichtigkeit der Gebäudehülle und die Untersuchung der Wärmebrücken der Gebäudehülle durch Thermographie-Aufnahmen vorgesehen.

#### Aufbereitung der Messdaten und Evaluation

Ziel ist die Evaluation der im Zielkonzept definierten Kennwerte, insbesondere der Energieverbrauchskennwerte, der Teilautarkie und des Komforts im Gebäude. Die eigentlichen Messungen erfolgen über 2 Jahre. Die Daten werden für den Bauherrn so aufbereitet, dass dieser auf Basis der Daten eine Betriebsoptimierung durchführen bzw. in Auftrag geben kann.

#### Dynamische Gebäude- und Anlagensimulation und Betriebsoptimierung

Zur Bewertung der Teilautarkie des Gebäudes wird eine dynamische Gebäude- und Anlagensimulation der relevanten Systeme durchgeführt. Es werden drei Szenarien analysiert, um eine optimale Systemkonfiguration und Betriebsweise zu bestimmen.

#### Kommunikation & Vermittlung

Über die gesamte Bearbeitung wird ein Bericht erstellt, der auch für andere Projekte wertvoll sein kann. Dazu wird ein Symposium vor Ort für die Fachöffentlichkeit gestaltet, in dem projektbezogene Themen und allgemeine Themen der Nachhaltigkeit im Bauwesen aufgegriffen werden sollen.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

Durch das Monitoring wurde ersichtlich, dass die Temperaturen in Büro- und Aufenthaltsräumen in den Sommermonaten zeitweise geringfügig über dem komfortgerechten Wert von 26°C liegen.

Die Umschaltung zwischen Sommer und Winterbetrieb erfolgt nach aktuellem Stand noch händisch, hier realisiert die Firma Samson aktuell die automatische Umschaltung. Dadurch wird es möglich, insbesondere in der Übergangszeit zwischen Winter und Sommer flexibler auf die Innentemperaturen zu reagieren und somit ein komfortableres Raumklima zu erhalten.

Zusätzlich wurde eine Simulation mit einer Basis- und zwei darauf aufbauenden Varianten erstellt. Mit dieser Simulation wurde untersucht, in wie weit eine Teilautarkie der Kirche durch Integration einer Batterie möglich ist. Die zweite Variante basiert auf einem Notbetrieb der Kirche mit einer Batterie. Es wurde festgestellt, dass im Sommer durch eine Batterieintegration bis zu zehn Tage auf Netzbezug verzichtet werden kann. In einzelnen Monaten ist nahezu eine 100%ige Deckung des Strombedarfs durch PV-Strom möglich.

Für den Betreiber wurde eine Weboberfläche erstellt welche alle Grafiken zur Gebäudeauswertung beinhalten.

### ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde ein Symposium am 10. November 2016 in der Propsteikirche St. Trinitatis abgehalten. Organisiert wurde es durch Schulz und Schulz Architekten unter dem Titel: „green Building meets sacred architecture.“. Dabei diskutierten verschiedene Fachleute Herausforderungen und Lösungen zu diesem Thema.

### ***Fazit***

Das Projekt ist gut verlaufen. Die Messtechnik wurde weitgehend umgesetzt und durch Abrechnungen im Bereich Strom und Wasser ergänzt. Im Vergleich des Standes des Vorhabens mit der geltenden Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung sowie der Finanzierungsplanung gab es keine relevanten Änderungen. Der Bauherr verzichtet auf eine Weiterführung des Monitorings. Es sind von dritter Seite keine Ergebnisse bekannt, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind. Unter den Projektbeteiligten war steht eine gute Zusammenarbeit.

## Inhaltsverzeichnis

1	PROJEKTKENBLATT .....	3
2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	6
3	ZUSAMMENFASSUNG .....	8
4	ZIEL UND AUFGABENSTELLUNG.....	9
4.1	MONITORING UND BETRIEBSOPTIMIERUNG .....	9
5	METHODIK.....	10
5.1	MONITORING UND BETRIEBSOPTIMIERUNG .....	10
6	AKTUELLER ARBEITSSTAND.....	12
6.1	BERICHTSZEITRAUM .....	12
6.2	MONITORING UND BETRIEBSOPTIMIERUNG .....	12
6.2.1	<i>Evaluation durch das Monitoring.....</i>	<i>25</i>
6.2.2	<i>Betriebsoptimierung und gebäudespezifische Untersuchungen .....</i>	<i>50</i>
6.2.3	<i>Informationssysteme für den Nutzer im täglichen Betrieb.....</i>	<i>50</i>
6.2.4	<i>Symposium .....</i>	<i>50</i>
7	FAZIT.....	51

## 2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Vorgehen Simulation Schritt 1 .....	13
Abbildung 2: Vorgehen Simulation Schritt 2 .....	14
Abbildung 3: Strombilanz V1+ V2.....	16
Abbildung 4: Strombilanz V3+ V4.....	16
Abbildung 5: Eigennutzung von Strom, V1 .....	17
Abbildung 6: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V1 .....	18
Abbildung 7: Eigennutzung von Strom V2 .....	19
Abbildung 8: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V2 .....	20
Abbildung 9: Eigennutzung von Strom V3 .....	21
Abbildung 10: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V3 .....	22
Abbildung 11: Eigennutzung von Strom V4 .....	23
Abbildung 12:Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V4 .....	24
Abbildung 13: Gebäudebilanz Strom .....	25
Abbildung 14: PV-Erzeugung, Einspeisung und Eigennutzung.....	26
Abbildung 15: Eigenstromnutzung und Strombezug gegenübergestellt dem Stromverbrauch 27	
Abbildung 16: Schema der Wärme- und Kältebereitstellung .....	29
Abbildung 17: Heizwärmebezug und -verbrauch.....	30
Abbildung 18: Zählerstände der Wärmemengenzähler.....	31
Abbildung 19: Gemessene Verbraucher im Wassermanagement.....	32
Abbildung 20: Wasserverbrauch des Trinkwassers .....	33
Abbildung 21: Regenwassernutzung.....	34
Abbildung 22: Verbrauch Warmwasser .....	35
Abbildung 23: Raumtemperaturen prozentual während der Nutzungszeiten im Jahr 2015 36	
Abbildung 24: Raumtemperaturen prozentual während der Nutzungszeiten im Jahr 2016 36	
Abbildung 25: Raumtemperaturen prozentual während der Nutzungszeiten im Jahr 2017 37	
Abbildung 26: Raumtemperaturen im Kirchenraum .....	38
Abbildung 27: Behaglichkeitsdiagramm des Kirchenraums.....	39
Abbildung 28: Luftqualität im Kirchenraum.....	39
Abbildung 29:Raumtemperatur der Empore .....	40
Abbildung 30:Behaglichkeitsdiagramm der Empore .....	41
Abbildung 31: Raumtemperatur Orchester .....	42
Abbildung 32: Behaglichkeitsdiagramm Orchester.....	43

Abbildung 33: Raumtemperatur Orgel.....	44
Abbildung 34: Behaglichkeitsdiagramm Orgel.....	45
Abbildung 35: Raumtemperatur Gemeindesaal und –büro .....	46
Abbildung 36: Raumtemperaturen Büros.....	47
Abbildung 37: Raumtemperaturen Aufenthalt.....	47
Abbildung 38: Raumtemperaturen Vorräume.....	48
Abbildung 39: Raumtemperaturen Flure.....	48
Abbildung 40: Raumtemperaturen Technik.....	49
Abbildung 41: Raumtemperaturen Sonstige .....	49

### 3 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des zweijährigen Monitoring, der Katholischen Propsteipfarrei St. Trinitatis in Leipzig, wurde ein Mess- und Zählerkonzept entwickelt welches nachfolgend grafisch dargestellt wurde. Zusätzlich wurde zur Untersuchung einer Optimierung der PV- Eigennutzung eine Simulation durchgeführt.

Durch das Monitoring wurde ersichtlich, dass die Temperaturen in Büro- und Aufenthaltsräumen in den Sommermonaten zeitweise geringfügig über dem komfortgerechten Wert von 26°C liegen.

Die Umschaltung zwischen Sommer und Winterbetrieb erfolgt nach aktuellem Stand noch händisch, hier realisiert die Firma Samson aktuell die automatische Umschaltung. Dadurch wird es möglich, insbesondere in der Übergangszeit zwischen Winter und Sommer flexibler auf die Innentemperaturen zu reagieren und somit ein komfortableres Raumklima zu erhalten.

Zusätzlich wurde eine Simulation mit einer Basis- und zwei darauf aufbauenden Varianten erstellt. Mit dieser Simulation wurde untersucht, in wie weit eine Teilautarkie der Kirche durch Integration einer Batterie möglich ist. Die zweite Variante basiert auf einem Notbetrieb der Kirche mit einer Batterie. Es wurde festgestellt, dass im Sommer durch eine Batterieintegration bis zu zehn Tage auf Netzbezug verzichtet werden kann. In einzelnen Monaten ist nahezu eine 100%ige Deckung des Strombedarfs durch PV-Strom möglich.

Das Projekt wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt unter dem Aktenzeichen 28590 gefördert.



## 4 ZIEL UND AUFGABENSTELLUNG

Dieser Bericht dokumentiert die Projektbearbeitung zum Monitoring der Gebäudeperformance im Betrieb. Die Validierung der technischen Ausführung wurde von der HTWK Leipzig durchgeführt. Sie beinhaltet die Überprüfung der Luftdichtheit des Gebäudes mithilfe eines BlowerDoor-Tests und eine Thermographie-Analyse der thermischen Hülle auf Wärmebrücken. Diese wurden bereits während der Bauphase durchgeführt und in Berichten zusammengefasst, welche dem zweiten Zwischenbericht angehängt wurden. Das Monitoring von Ertrags- und Verbrauchswerten sowie das Überwachen der klimatischen Verhältnisse in den Räumen der Kirche und die Betriebsoptimierung werden durch die TU Braunschweig bearbeitet und sind in diesem Abschlussbericht beschrieben.

### 4.1 Monitoring und Betriebsoptimierung

Ziel des Monitorings ist die Evaluierung der Gebäudeperformance im Betrieb insbesondere in Bezug auf die Energieeffizienz, die Teilautarkie und den Komfort im Gebäude, sowie die Optimierung des Betriebs. Permanente Überschneidungen, saisonale Nutzung und unterschiedliches Nutzerverhalten sind dabei im Verständnis der Antragssteller Teil dieses komplexen Systems, das optimiert werden soll.

Neben der Erfassung der großen Verbraucher und der Überprüfung der dauerhaften Leistungsfähigkeit der Wärmepumpen (Speicherkapazität Boden) steht die Überprüfung der optimalen Betriebsrahmenbedingungen für geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen und minimierte Betriebskosten für die Gemeinde sowie die Betriebsoptimierung im Fokus.

Die Szenarioanalyse für den Betrieb bietet dabei die Möglichkeit, Betriebssicherheit und Teilautarkie zu belegen und dem Bauherrn für schwierige Situationen klare Informationen über die Performance des Gebäudes in einem solchen Fall zu geben.

Erfahrungen aus der Bearbeitung der Forschungsprojekte (DBU AZ 27141-25), (DBU AZ 28590 / 01), (DBU AZ 28590 / 02) und des hier beschriebenen Projektes sollen gesammelt der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden. Dazu wurde im Rahmen des Projektes ein Symposium am 10.11.2016 in den Räumlichkeiten der Propsteikirche abgehalten. Die Einladung mit den Themen wurde dem dritten Zwischenbericht angehängt.

## 5 METHODIK

### 5.1 Monitoring und Betriebsoptimierung

Für das Gebäude wurde auf Basis der Planung ein umfangreiches Mess- und Monitoringkonzept entwickelt. Auf Basis der Planung wurden Vorgaben für die Installation von Messtechnik und die Datenübergabe gemacht und abgestimmt. Die Vorgaben umfassten präzise Festlegungen für die zu erfassenden Parameter (Energieverbrauch, Systemtemperaturen etc.) wie auch Vorgaben für das Datenformat, in dem die Daten zu übergeben waren (csv-Datei, Fernzugriff auf einen FTP-Server, auf dem die Daten der GA zu speichern waren). Diese Vorgaben wurden der Fachplanung zur Berücksichtigung übergeben.

Das Monitoring umfasst insgesamt folgende Ziel- und Messgrößen:

1. Eigenstromerzeugung PV
2. Gesamtstromeinspeisung in das Netz
3. Gesamtstromverbrauch aus dem Netz
  - a) Teilstromverbrauch der Wärmepumpen
  - b) Teilstromverbrauch der primären und sekundären Umwälzpumpen
  - c) Teilstromverbrauch Lüftungsanlage
4. Eigenstromnutzung (rechnerisch)
5. Gesamtwärmeerzeugung/-verbrauch (rechnerisch)
  - a) Wärmeerzeugung Wärmepumpen
6. Wärmeeintrag/-austrag in/aus dem Erdreich
  - a) Sondenfeld 1
  - b) Sondenfeld 2
7. Gesamtkältebedarf
  - a) Kältekreis
8. Raumluftmessungen
  - a) Raumtemperatur
  - b) Rel. Raumluftfeuchte
9. Wassermessungen
  - a) Kommunale Wasserwerke Leipzig Einspeisung Trink-KW
  - b) Regenwasserzisterne Pfarrhof
  - c) Regenwassermanagement
10. Wetterstation
  - a) Außentemperatur
  - b) Außenfeuchte, Regenmenge, Regensensor und Strahlung

Wärme- und Kältemengenzähler wurden mit 230V-Versorgung ausgeführt. Erfasst werden Momentanwerte für Zählerstand, Leistung, Verbrauch, Massenstrom sowie Vor- und Rücklauftemperatur. Stromzähler erfassen Zählerstand, Leistung und Verbrauch. Die Mess- und Datentechnik wurde anschließend jedoch nur teilweise umgesetzt, so dass nur eine eingeschränkte Bewertung im Monitoring möglich war. Insbesondere die Vorgaben

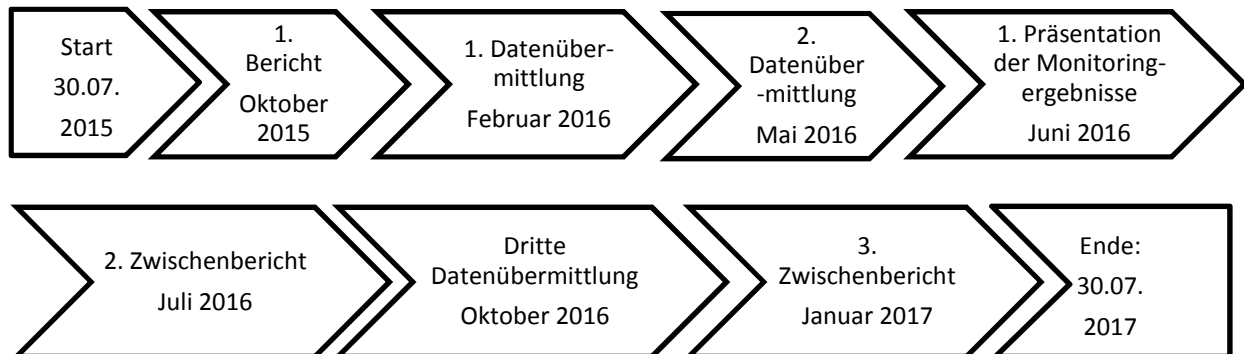
für Strom- und Wärmemengenzähler sind nicht umfassend beachtet worden. Entsprechend konnten nur unvollständige Analysen des Gebäudebetriebs durchgeführt werden.

Die Messdaten werden im Gebäude zentral erfasst und an das IGS übermittelt. Die Auswertungen erfolgen zyklisch und werden mit dem Projektteam abgestimmt. Die automatische, quartalsweise Übersendung der Daten wurde ab Oktober 2016 umgesetzt, zuvor wurden diese mit einzelnen Emails versendet.

Die Simulation zur Bewertung der Betriebsoptimierung wurde mit dem Programm TRNSYS durchgeführt und beinhaltet eine Analyse der Optimierung durch einen elektrischen Speicher.

## 6 AKTUELLER ARBEITSSTAND

### 6.1 Berichtszeitraum



Anfang März wurde eine Analyse der ersten Daten zur Prüfung der Datenqualität durchgeführt. Die Daten der Messpunkte und Zähler wurden erstmals Mitte Mai 2016 für das Monitoring analysiert. Auf Basis der ersten Daten wurde eine erste Auswertung erarbeitet.

Für die dritte Datenübermittlung wurde eine intensive Absprache der notwendigen Datenpunkte geführt. Es wurden einige Zähler nachmontiert und Abrechnungen des Bauherrn zu Strom und Wasser für die Jahre 2015 und 2016 bereitgestellt. Auf dieser neuen Datenbasis wurden der zweite und dritte Zwischenbericht und dieser Abschlussbericht verfasst.

- Bericht 1 vom Oktober 2015 über die Startphase
- Bericht 2 vom Juli 2016 mit Daten bis Mai 2016
- Bericht 3 vom Januar 2017 mit Daten bis Oktober 2016
- Bericht 4 (Abschlussbericht) vom August 2017 mit Daten bis Juli 2017

### 6.2 Monitoring und Betriebsoptimierung

Der Schwerpunkt der Bearbeitung lag bis Oktober 2016 im Aufbau des Monitorings und der Bereitstellung der dafür notwendigen Daten. Aus der Betriebsanalyse konnten Ansatzpunkte für eine Betriebsoptimierung abgeleitet werden. Diese werden durch die Simulation der Anlagen präzisiert und Optimierungspotentiale abgeleitet.

## Methodik der Simulation

Zur Bestimmung des Einflusses eines elektrischen Speichers und Bewertung einer Teilautarkie dient eine zweistufige Simulation.

Im ersten Schritt werden für die drei Teilbereiche des Gebäudes (Wohnen, Gemeindsaal und Kirche) Heizlasten auf 15-Minuten-Basis ermittelt. Hierzu werden die Geometrie sowie die bauliche Qualität aus den vorliegenden Plänen verwendet. Als Programm wird TRNSYS verwendet.

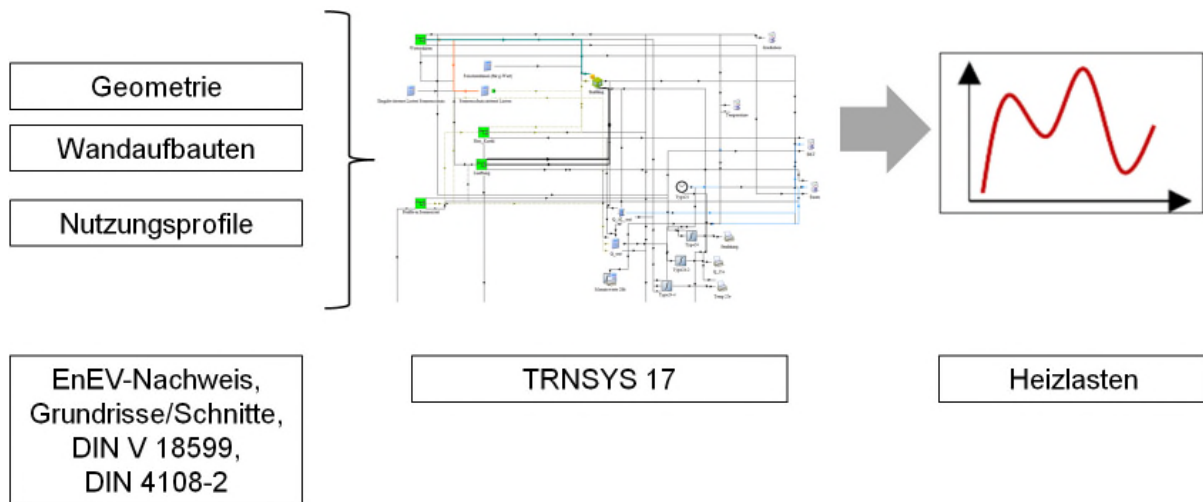


Abbildung 1: Vorgehen Simulation Schritt 1

Im zweiten Schritt wird mit Hilfe der Heizlasten aus dem ersten Schritt die Anlagentechnik simuliert. Als Eingabedaten dienen die Heizlasten aus der thermischen Gebäudesimulation, Standardlastprofile und gemessene Daten für den Stromverbrauch des Gebäudes sowie Angaben aus den Hydraulikschemas zur Abbildung der vorhandenen Technik. Weiterhin wird auf Basis von Wetterdaten der PV-Ertrag ermittelt. Mit Hilfe eines Ladereglers wird folgende Präferenz zur Nutzung des regenerativ erzeugten Stroms festgelegt:

1. Deckung des aktuellen Bedarfs
2. Laden der Batterie, sofern Kapazität zur Verfügung steht
3. Netzeinspeisung

Die Deckung des Strombedarfs erfolgt nach folgender Präferenz:

1. Deckung durch PV-Strom, sofern vorhanden
2. Deckung durch Strom aus der Batterie, sofern vorhanden
3. Netzbezug

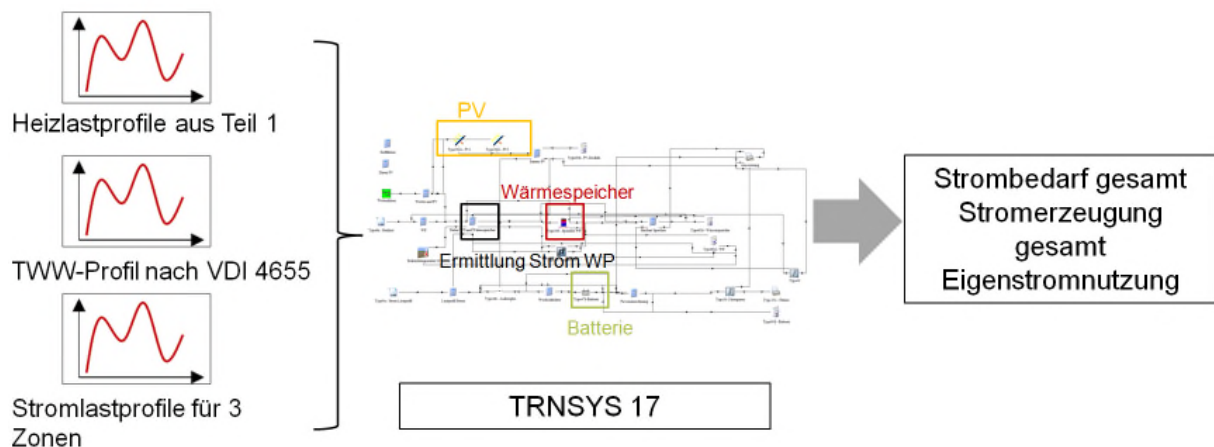


Abbildung 2: Vorgehen Simulation Schritt 2

Eine Übersicht über die angenommenen Strombedarfe im Gebäude gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Strombedarfe im Gebäude

Bereich	Art des Bedarfs	Höhe des Verbrauchs [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Quelle
Alle	RLT	12	Abschätzung IGS aus Messdaten, Leistungen und Vollbenutzungsstunden
Büro	Beleuchtung	10	Abschätzung aufgrund von Messdaten Neues Regionshaus Hannover
Büro	Ausstattung	11	Abschätzung aufgrund von Messdaten Neues Regionshaus Hannover
Wohnen	Nutzerstrom	18	Analog zu Effizienzhaus Plus Definition (2.500 kWh/WE)
Kirche	pauschal	7	Kirchengemeinde Engstlatt
Alle	Heizung	wird simuliert	
		Gesamtstrombedarf ohne Heizung	80.425 kWh/a

### Ausgangsszenario und Varianten

Zur Bewertung des Einflusses der Batterie wird zunächst eine Referenz-Variante berechnet, in der keine Batterie berücksichtigt wird. Im nächsten Schritt wird ermittelt, wie sich die Energieströme bei der Integration einer Batterie mit einer Kapazität von 100 kWh ändern.

Als dritte und vierte Variante wird untersucht, wie sich die Energieströme im Gebäude im Notbetrieb (verringertes Stromverbrauch) mit und ohne Batterie verhalten. Eine Übersicht über die Varianten gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Übersicht Varianten

Variante	Stromlast	Batteriekapazität
V1	normal	0 kWh
V2	normal	100 kWh
V3	reduziert	0 kWh
V4	reduziert	100 kWh

Die Varianten V3 und V4 bilden eine Art Notbetrieb des Gebäudes ab.

Der Notbetrieb wird wie folgt definiert:

1. Senkung der Raumsolltemperaturen auf 18°C statt 20/21 °C im Bereich Wohnen und Büro, 13°C statt 15 °C im Bereich der Kirche
2. Reduktion des Stroms für Beleuchtung auf 50 % des Ausgangsniveaus in allen Bereichen

Die jährliche Strombilanz für die Varianten V1 und V2 zeigt Abbildung 3. Analog zeigt Abbildung 4 die jährlichen Energiemengen unter Berücksichtigung eines kompletten Notbetriebs über ein Jahr (verminderter Strombedarf).

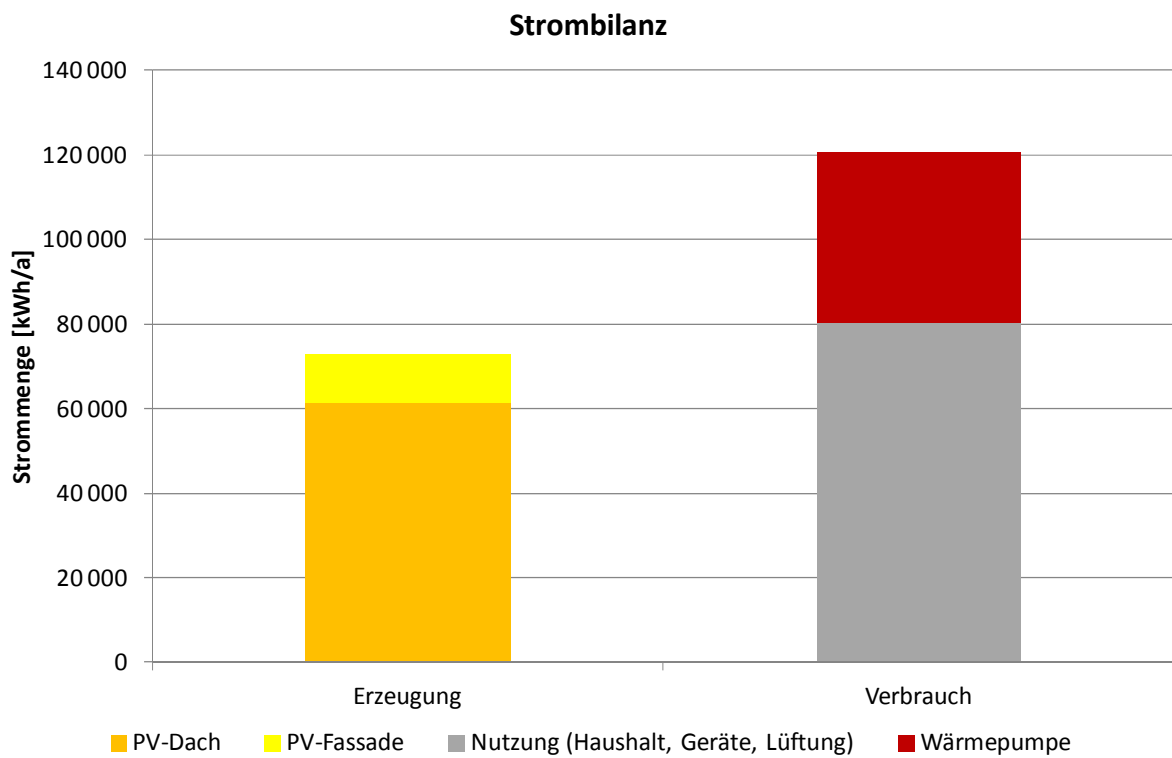


Abbildung 3: Strombilanz V1+ V2

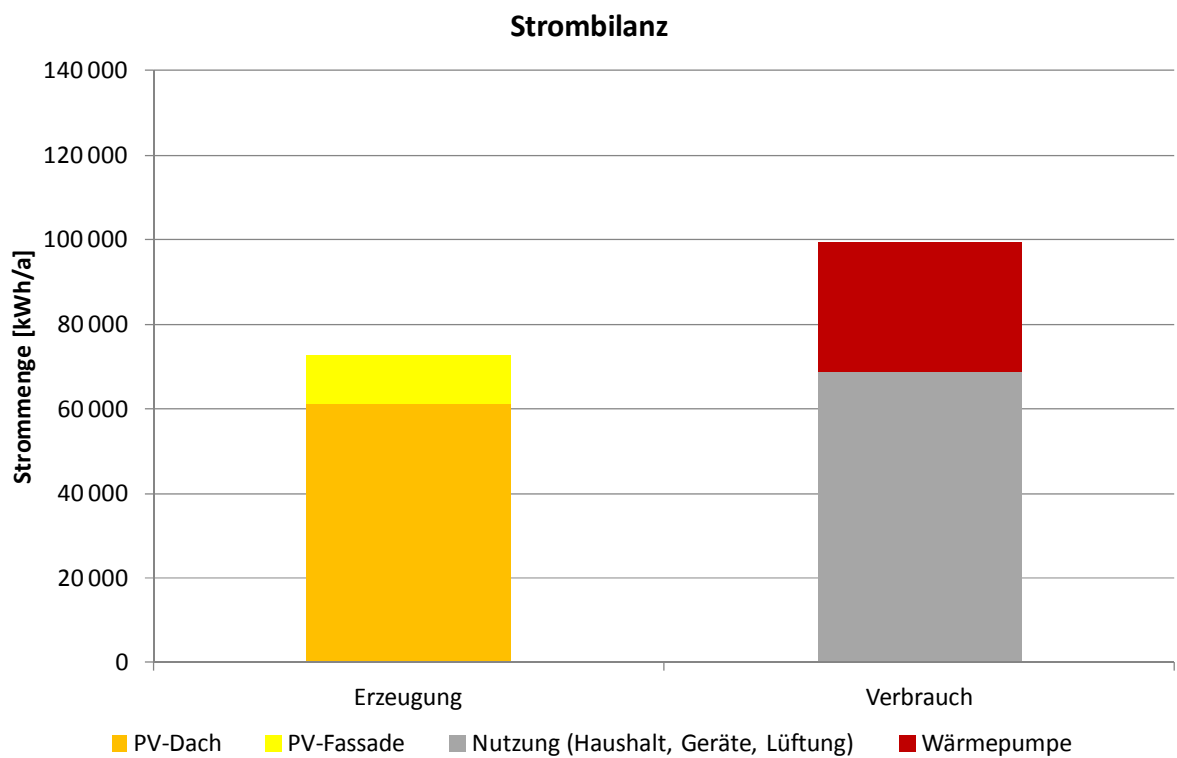


Abbildung 4: Strombilanz V3+ V4



### Variante V1

Abbildung 5 zeigt den monatlichen Verlauf von Erzeugung, Verbrauch und den Eigennutzungs- und Eigendeckungsanteilen.

Durch eine gantztägige Nutzung des Gebäudes ergibt sich ein Eigennutzungsanteil des PV-Stroms (im Gebäude genutzter PV-Strom bezogen auf Erzeugung) von 57 % im Jahr. Der Eigendeckungsanteil (im Gebäude genutzter PV-Strom bezogen auf Stromverbrauch) liegt bei 33 %.

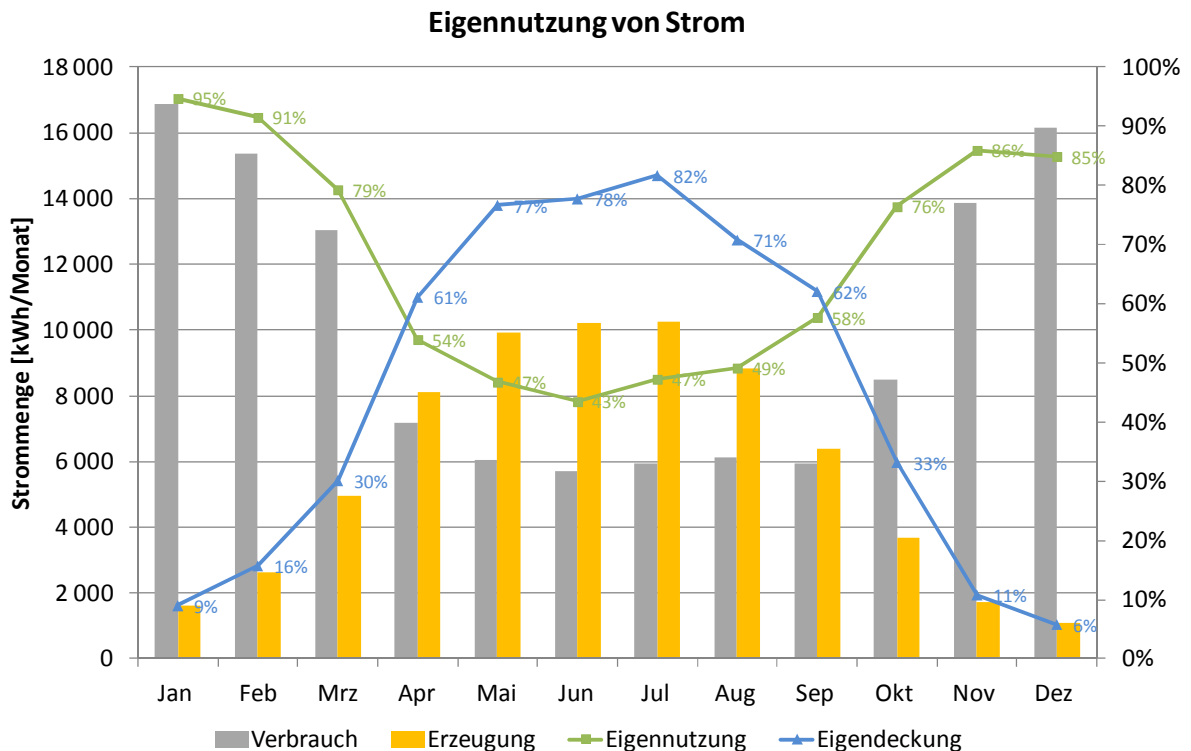


Abbildung 5: Eigennutzung von Strom, V1

Es ist zu erkennen, dass in den Wintermonaten (Nov-Feb) der Eigennutzungsanteil bei 85-95 % liegt. Es ist daher zu erwarten, dass eine Batterieintegration im Winter nur geringen Einfluss hat. Im Sommer hingegen kann davon ausgegangen werden, dass nächtliche Strombedarfe durch eine Batterieintegration gedeckt werden können.

Zur Bewertung des Einflusses eines Speichers und einer Änderung der Regelstrategie wird die maximale Anzahl aufeinanderfolgender Stunden ohne Netzbezug definiert. Hieran lässt sich erkennen, in welchem Monat wie lang ein Inselbetrieb möglich ist.

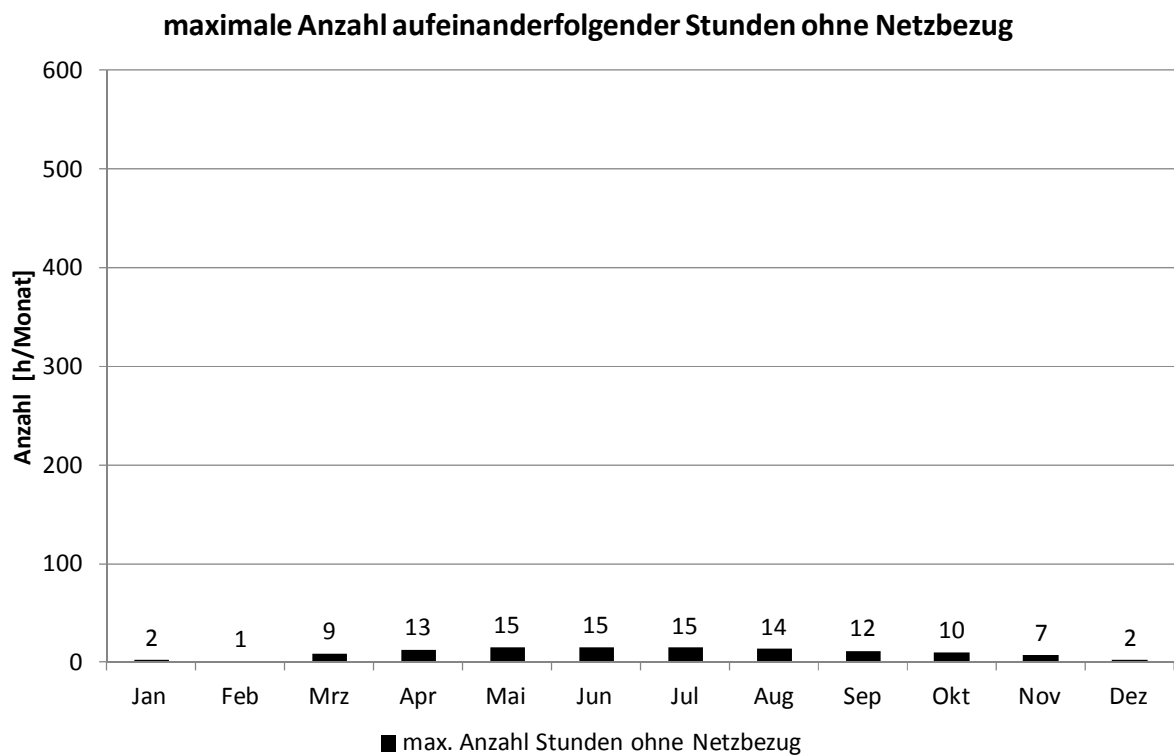


Abbildung 6: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V1

Es ist zu erkennen, dass von Dez bis Februar maximale ein bis zwei Stunden Inselbetrieb möglich sind. Im Sommer sind es etwa 15 Stunden. Dies entspricht den Erwartungen, da nachts keine Erzeugung vorhanden ist und nicht auf gespeicherte Erträge zurückgegriffen werden kann.

Variante V2

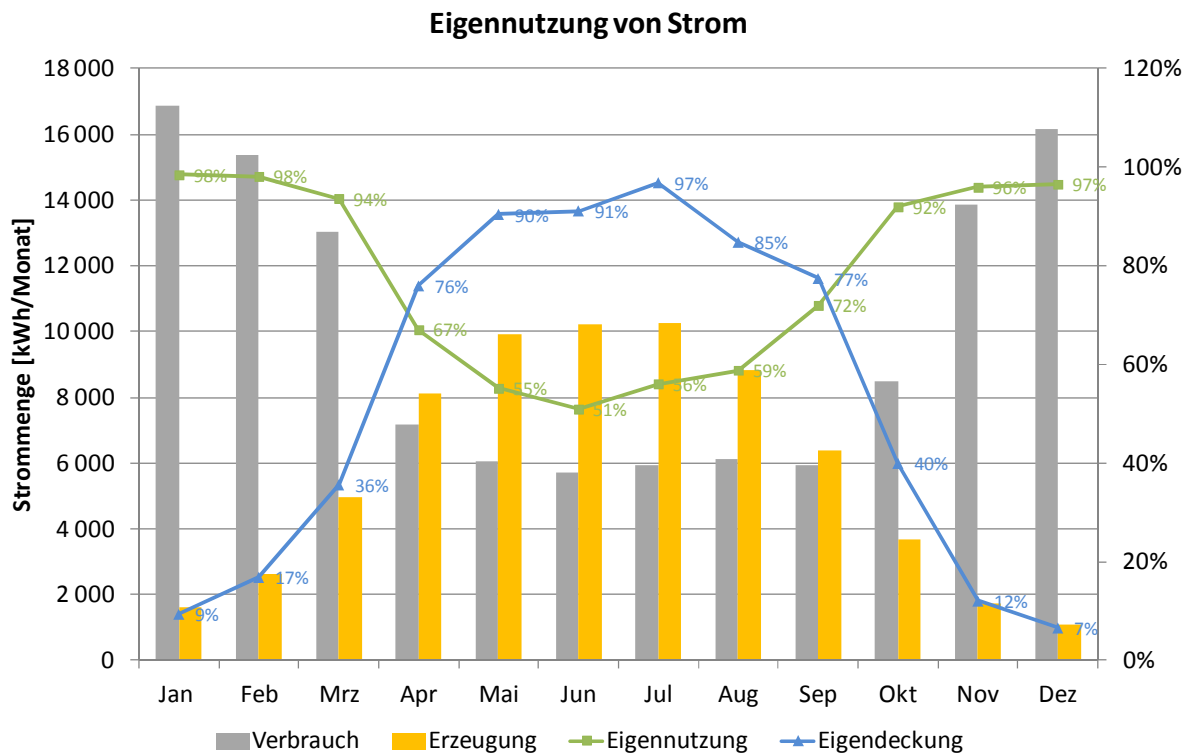


Abbildung 7: Eigennutzung von Strom V2

Es ist zu erkennen, dass sich wie erwartet sowohl Eigennutzung als auch Eigendeckung durch die Batterie erhöhen. In den Sommermonaten Mai bis August wird über 85 % des Strombedarfs durch lokal erzeugte regenerative Energie gedeckt.

Im Gesamtjahresverlauf ergibt sich ein Eigennutzungsanteil des PV-Stroms von 67 % im Jahr. Der Eigendeckungsanteil (im Gebäude genutzter PV-Strom bezogen auf Stromverbrauch) liegt bei 39 %.

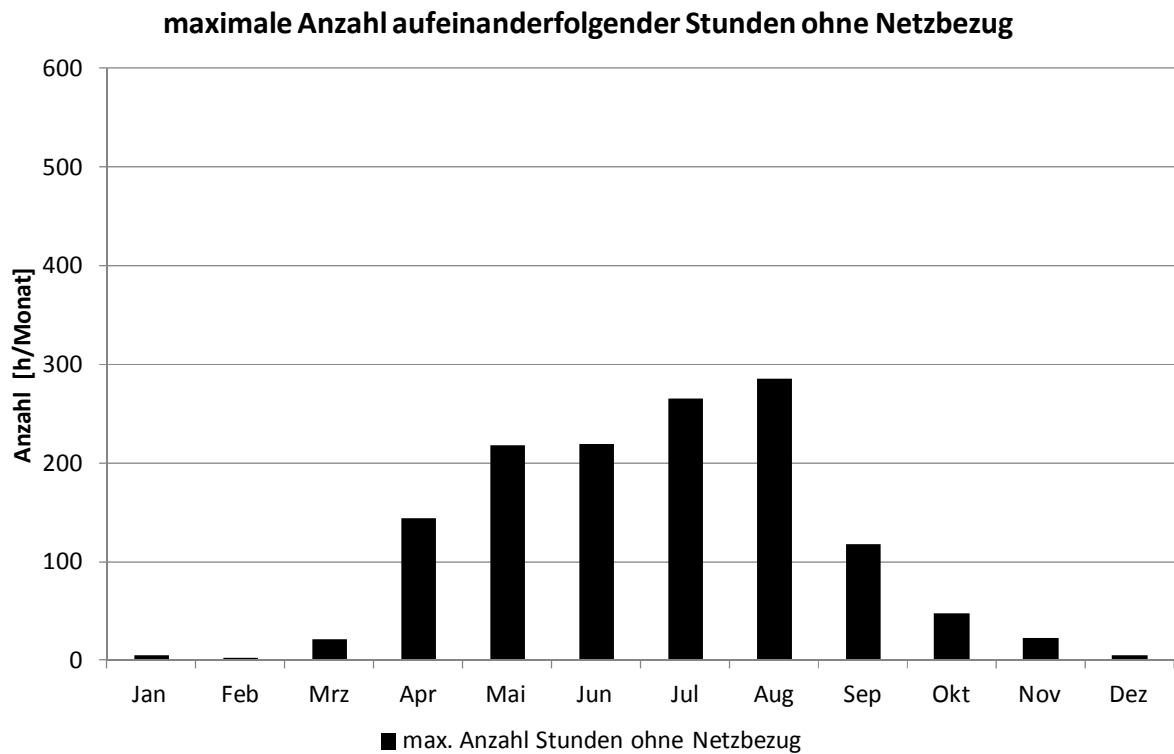


Abbildung 8: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V2

Im Vergleich zu Variante V1 ist eine deutliche Steigerung der Stunden ohne Netzbezug im Sommer festzustellen. Im Juli und August sind teils bis zu zehn aufeinanderfolgende Tage ohne Netzbezug möglich.

Da im Winter fast keine PV-Überschüsse vorhanden sind, ist keine Steigerung eines nichtnetzgebunden Betriebs möglich.

### Variante V3

Abbildung 9 zeigt Erzeugung und Verbrauch auf monatlicher Basis sowie die Eigennutzungs- und Eigendeckungsanteil unter der Annahme eines reduzierten Strombedarfs. Verglichen mit Variante 1 ist die Eigendeckung etwas höher, da der Verbrauch geringer ist. Damit einher geht auch die Verringerung der Eigennutzung, da weniger Strombedarf vorhanden, wenn PV-Strom erzeugt wird.

Im Gesamtjahresverlauf ergeben sich Anteile für die Eigennutzung von 51 % und für die Eigendeckung von 36 %.

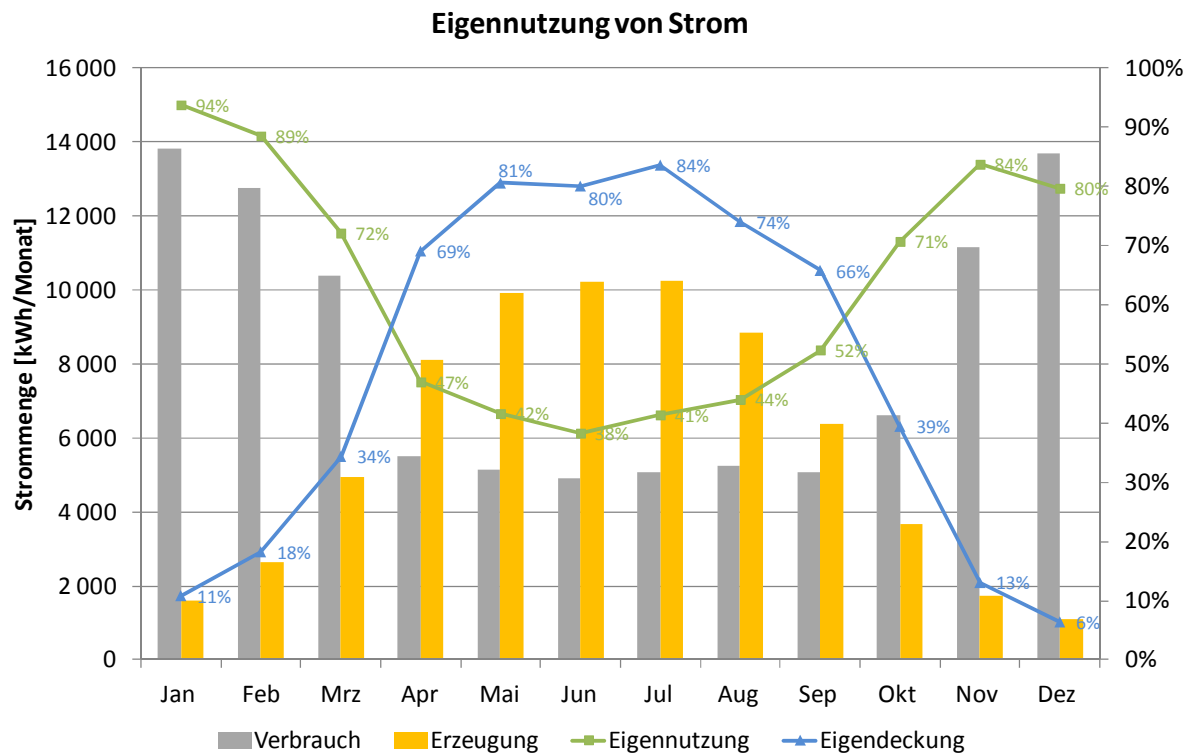


Abbildung 9: Eigennutzung von Strom V3

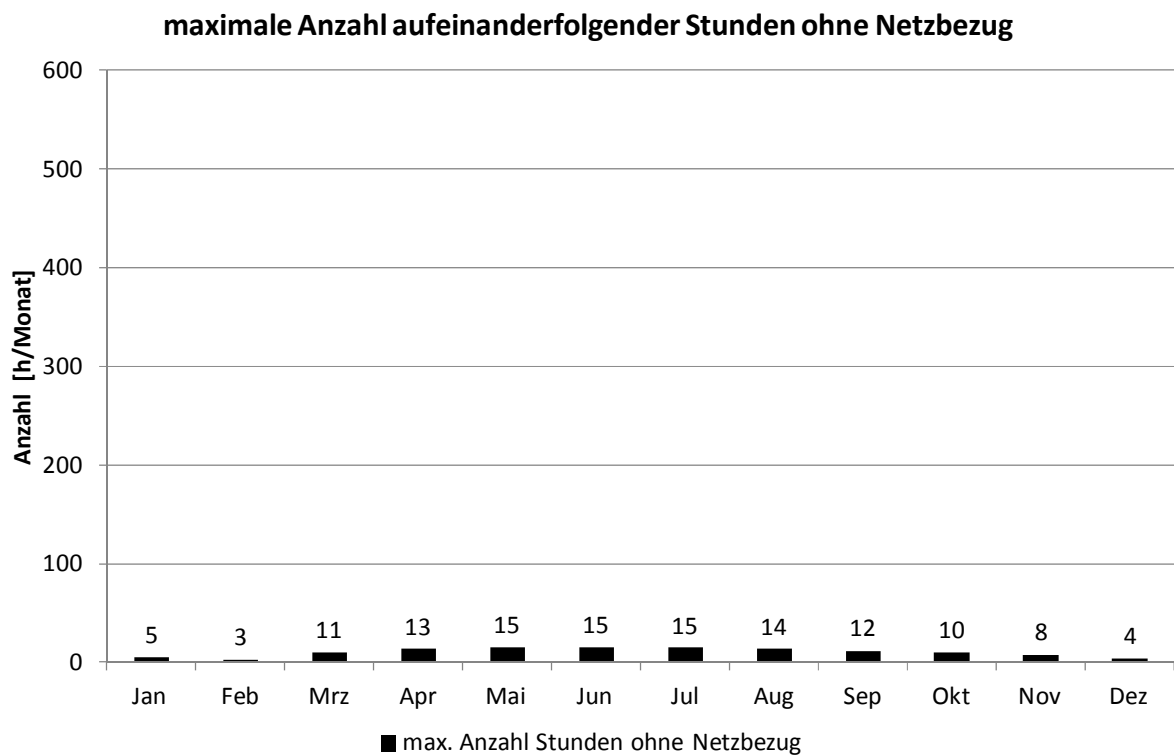


Abbildung 10: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V3

Im Vergleich zu Variante V1 kann durch den verminderten Betrieb von Beleuchtung und Heizung im Februar maximal eine Zeit von 3 Stunden überbrückt werden. Im Normalbetrieb ist dies nur eine Stunde lang möglich.

### Variante V4

Wird bei reduziertem Strombedarf eine Batterie eingesetzt, so steigt der Eigennutzungs- und Eigendeckungsanteil sowohl im Sommer als auch im Winter an. Im Sommer ist nahezu ein Inselbetrieb möglich.

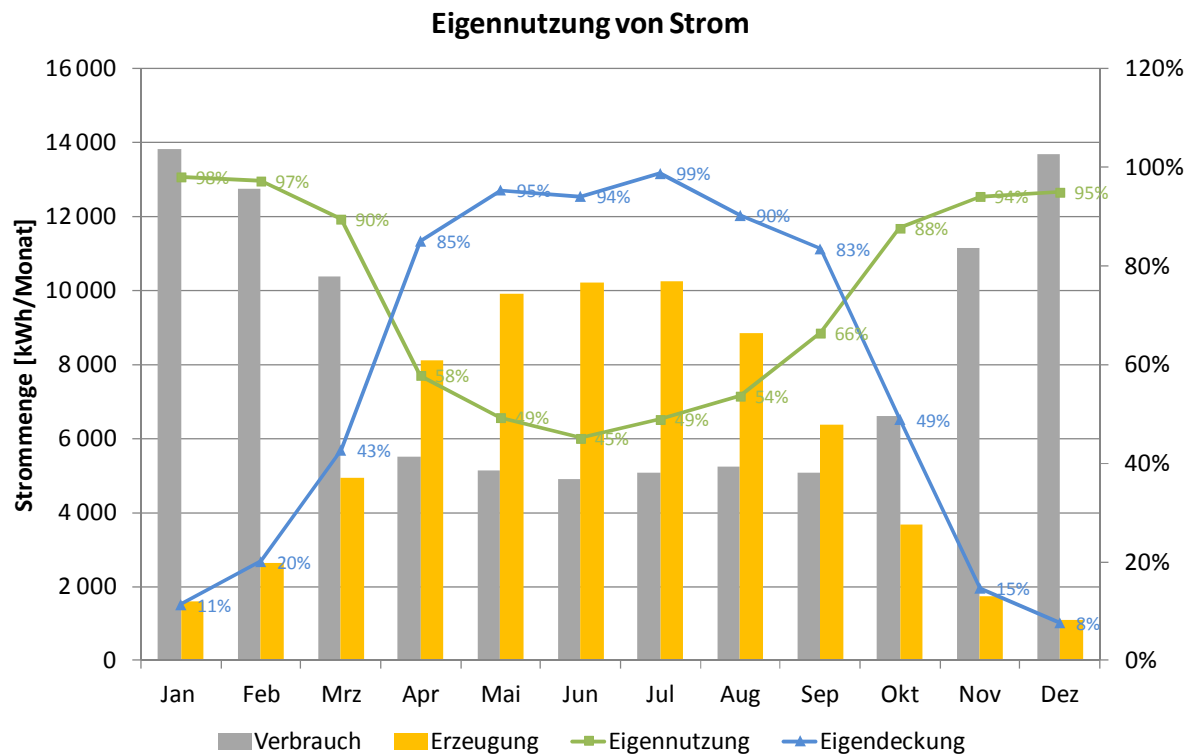


Abbildung 11: Eigennutzung von Strom V4

Im Gesamtjahresverlauf ergibt sich ein Eigennutzungsanteil von 61 % und ein Eigendeckungsanteil von 43 %.

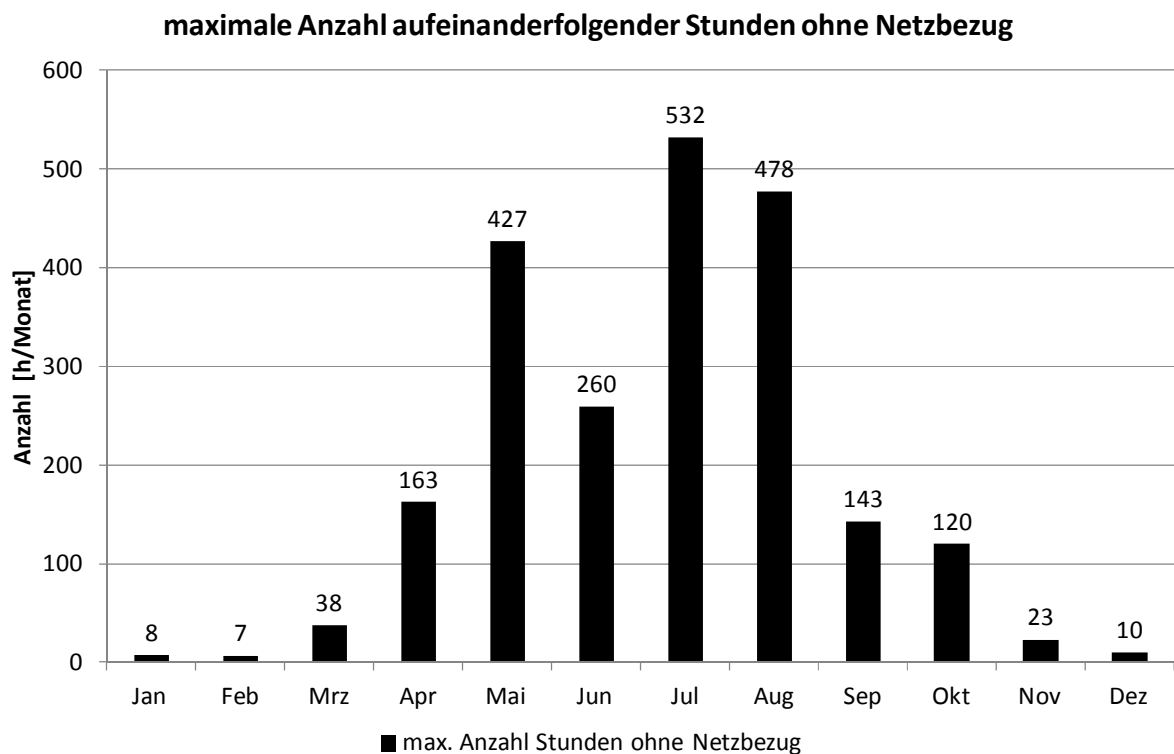


Abbildung 12: Aufeinanderfolgende Stunden ohne Netzbezug V4

Durch die Integration einer Batterie kann bei reduziertem Strombedarf im Winter etwa 7-8 Stunden im Maximum ohne Netzbezug der Gebäudebetrieb aufrechterhalten werden.

Im Juni ist die Anzahl der aufeinanderfolgender Stunden geringer als im Mai und Juli, dies liegt an einer Überlagerung der Profile von Bedarf und Erzeugung, was zum Teil auf die verwendeten Wetterdaten zurückzuführen ist.

Insgesamt ist festzuhalten, dass im Sommer durch eine Batterieintegration bis zu zehn Tage auf Netzbezug verzichtet werden kann. In einzelnen Monaten ist nahezu eine 100%ige Deckung des Strombedarfs durch PV-Strom möglich.

Im Winter wird bei einer Kombination aus Notbetrieb und Batterie für wenige Stunden eine Nichtversorgung durch das Stromnetz toleriert. Aufgrund des hohen Verbrauchs im Vergleich zur Erzeugung ist, auch bei größerer Dimensionierung, nur geringes Potenzial durch eine Batterie vorhanden.



### 6.2.1 Evaluation durch das Monitoring

Das Planungsziel im Bereich der Energie wurden aus den EnEV-Berechnungen für die Wohnräume und das Gemeindezentrum, abgeleitet. Als Planungsziel für den Komfort wurden für die normalen Nutzungen (ohne Kirchenraum) Temperaturen von 22°C im Winter und max. 26°C im Sommer festgelegt.

Die Ergebnisse, welche aus den ersten Daten erarbeitet wurden, sind bei einem Workshop im Juni 2016 mit dem Projekt- und Planungsteam vor Ort präsentiert und diskutiert worden. Dabei wurden die weiteren Messpunkte und Zähler angesprochen, welche die Aussagekraft des Monitorings weiter verbessern. Diese Zähler wurden nachgerüstet und auf die GLT aufgeschaltet.

Im Folgenden werden Ergebnisse zum Strombezug und –verbrauch, Bilanzen der Wärme- und Kälteversorgung, das Wassermanagement und der Raumkomfort dargestellt.

#### Strombilanz

Abbildung 13 zeigt das messtechnisch erfasste Stromversorgungskonzept des Gebäudes.

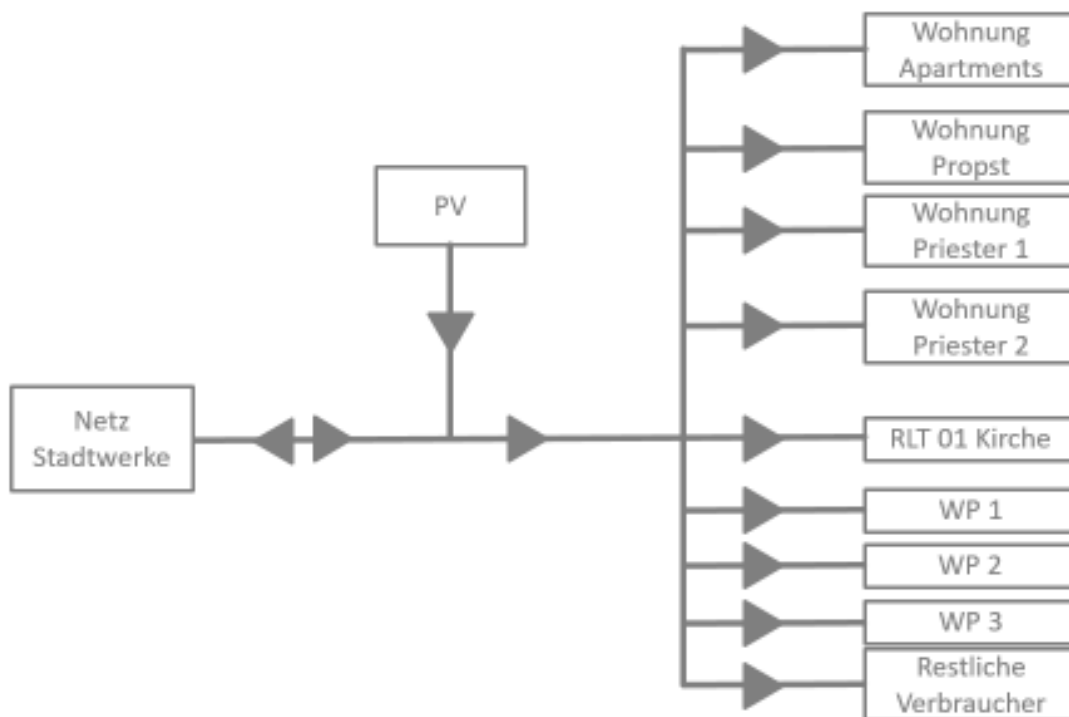


Abbildung 13: Gebäudebilanz Strom

Abbildung 14 stellt den erzeugten PV-Strom je Monat (linke Säule) sowie den Eigennutzungsanteil und die einspeiste Strommenge (rechte Säule) dar. Jeweils von Februar bis Oktober konnte genug Strom erzeugt werden, um einen Überschuss zu generieren, der in das öffentliche Netz eingespeist werden konnte.

Die PV- Erzeugung wird für die sechs Wechselrichter (jeweils 3 für die PV in der Fassade und 3 für die PV, welche auf dem Dach montiert ist) dargestellt. Zur Ermittlung der eingespeisten Menge hat der Bauherr die monatliche Abrechnung für 2015 und 2016 zur Verfügung gestellt. Um die Eigenstromnutzung zu berechnen, wird die eingespeiste Strommenge von der erzeugten Strommenge abgezogen.

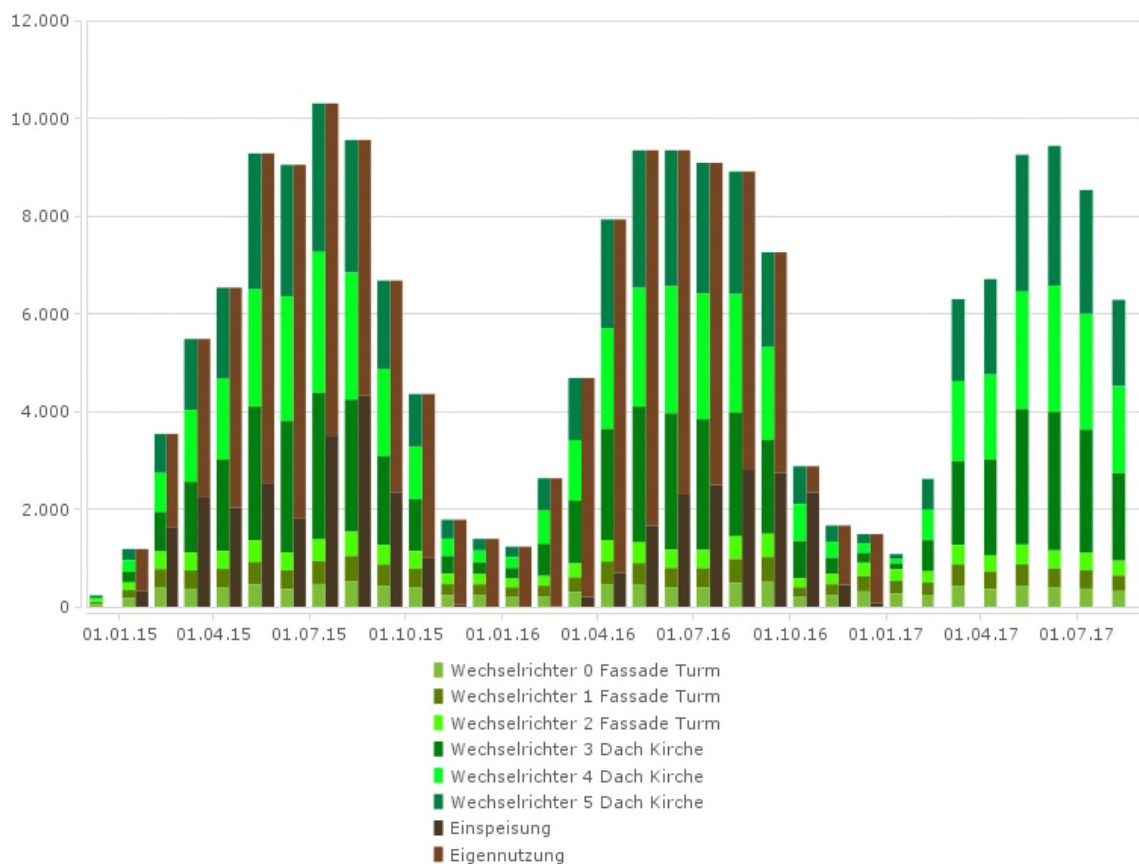


Abbildung 14: PV-Erzeugung, Einspeisung und Eigennutzung

Die Abbildung 15 zeigt die monatliche PV-Eigennutzung für die Jahre 2015 und 2016 sowie den Strombezug aus dem Jahr 2016 dem Verbrauch gegenüber. Als Verbraucher wird der Nutzerstrom der Wohneinheiten, der Stromverbrauch der RLT-Anlage für den Kirchenraum und die Umwälzpumpen der Wärmepumpen dargestellt. Der Verbrauch der Wärmepumpen und der Nutzerstrom für die Kirche und den Gemeindebereich konnten nicht aufgezeichnet werden. Diese Verbraucher stellen die Differenz zwischen den Säulen dar.

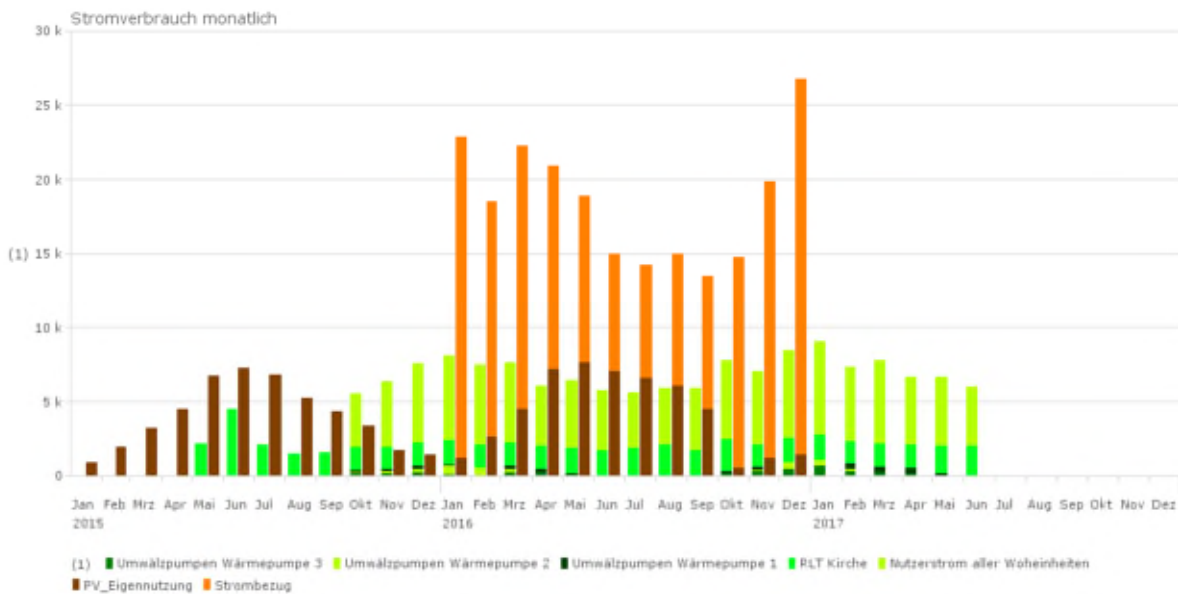


Abbildung 15: Eigenstromnutzung und Strombezug gegenübergestellt dem Stromverbrauch

In Tabelle 3 wird der spezifische Stromverbrauch der einzelnen Verbraucher in den jeweiligen Zeiträumen dargestellt. Die einzelnen Wohneinheiten sind addiert dargestellt.

Tabelle 3: Stromverbrauchswerte in den bisher gemessenen Zeiträumen

	Zeitraum/Jahr	Stromverbrauch	Bezugsfläche	Spezifischer Stromverbrauch
Nutzer (Wohnen)	06.10.15 – 31.12.15	13.306 kWh	490 m <sup>2</sup>	108 kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>
	01.01.16– 31.12.16	57.137 kWh	490 m <sup>2</sup>	117 kWh/(m <sup>2</sup> a)
RLT	12.05.15 – 31.12.15	16.360 kWh	700 m <sup>2</sup>	34 kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>
	01.01.16– 31.12.16	20.900 kWh	700 m <sup>2</sup>	30 kWh/m <sup>2</sup>
Hilfsstrom	06.10.15 – 31.12.15	1.491 kWh	1.920 m <sup>2</sup>	3 kWh/(m <sup>2</sup> a) <sup>1</sup>
	01.01.16– 31.12.16	12.407 kWh	1.920 m <sup>2</sup>	6 kWh/m <sup>2</sup>

Tabelle 4 stellt die nach der EnEV berechneten Energiebedarfswerte für die Wohnungen und das Gemeindezentrum dem tatsächlichen Energieverbrauch gegenüber. Die für die Kirche wurde kein EnEV-Nachweis erbracht, weshalb sich der EnEV-Wert für die Lüftung nur auf den Gemeindesaal und nicht auf das gesamte Gebäude bezieht. Die benötigte Energie für die Raumheizung ist geringer als nach der EnEV berechnet, der Warmwasserverbrauch jedoch höher. Der Verbrauch der Lüftungsanlage sowie der Wohnungen ist wesentlich höher als in der Berechnung angenommen. Hierfür sind mögliche Ursachen sowohl auf der Planungs- wie auf der Messeite zu prüfen. Der Stromverbrauch der Beleuchtung wurde nicht separat gemessen.

Tabelle 4: EnEV-Werte zum Verbrauch

	EnEV [kWh/a]	Verbraucher [kWh/a]
Heizen	19.206	12.607
Warmwasser	2.442	6.543
Lüftung	428	20.900
Beleuchtung	2.286	nicht gemessen
Hilfsstrom Wohneinheiten	1.764	57.137

<sup>1</sup> Die Spezifischen Stromverbräuche für das Jahr 2015 wurden linear hochgerechnet.



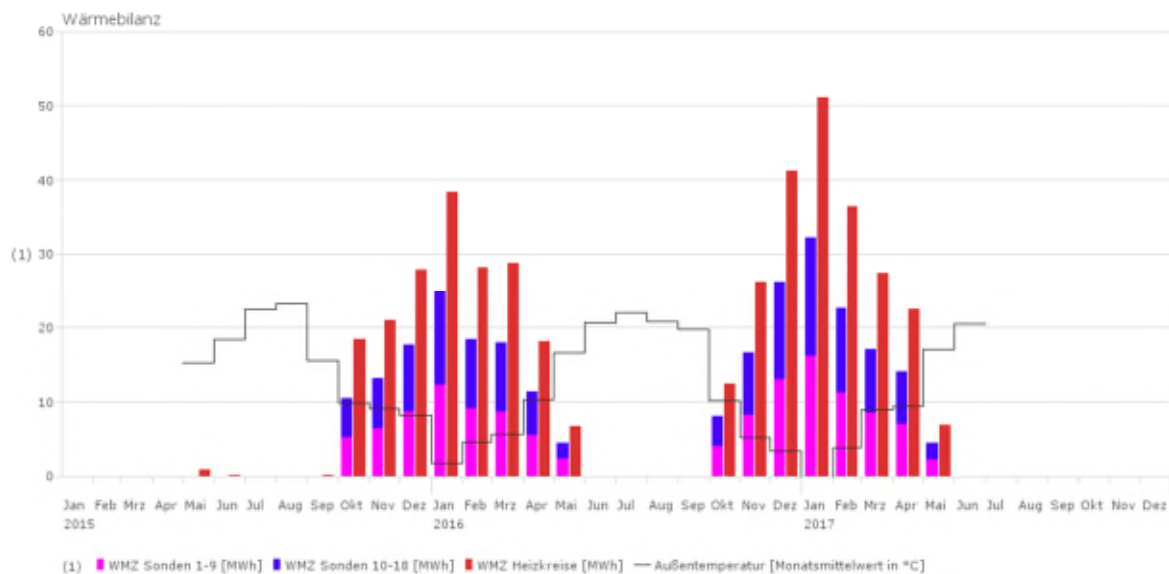


Abbildung 17: Heizwärmebezug und -verbrauch

Die Kühlung wurde erst ab Ende August 2016 in Betrieb genommen. Es ist keine Entnahme aus den Erdsonden erkennbar, wie Abbildung 18 zeigt. Es ist darauf zu schließen, dass der Wärmemengenzähler bei den Erdsonden nach der Abzweigung zur freien Kühlung installiert ist, weshalb keine Steigung im Sommer erkenntlich ist. Durch die starke Wärmeentnahme in den Wintermonaten und eine weitgehend fehlende Wärmerückführung durch Gebäudekühlung im Sommer (in 2016 erst ab Ende August) besteht die Gefahr, dass das Erdreich zu sehr auskühlt und nicht mehr wie vorgesehen als Wärmequelle im Winter verfügbar ist. Es sollte beobachtet werden, ob im kommenden Sommer eine höhere Kälteentnahme erfolgt. Anhand der Grafik ist zu erkennen dass im Jahr 2017 die Kühlung ab Anfang Mai aktiviert wurde. Die Umschaltung erfolgte händisch, weshalb es in der Übergangszeit bereits zu vereinzelt Überhitzungen in Bürobereichen kam.

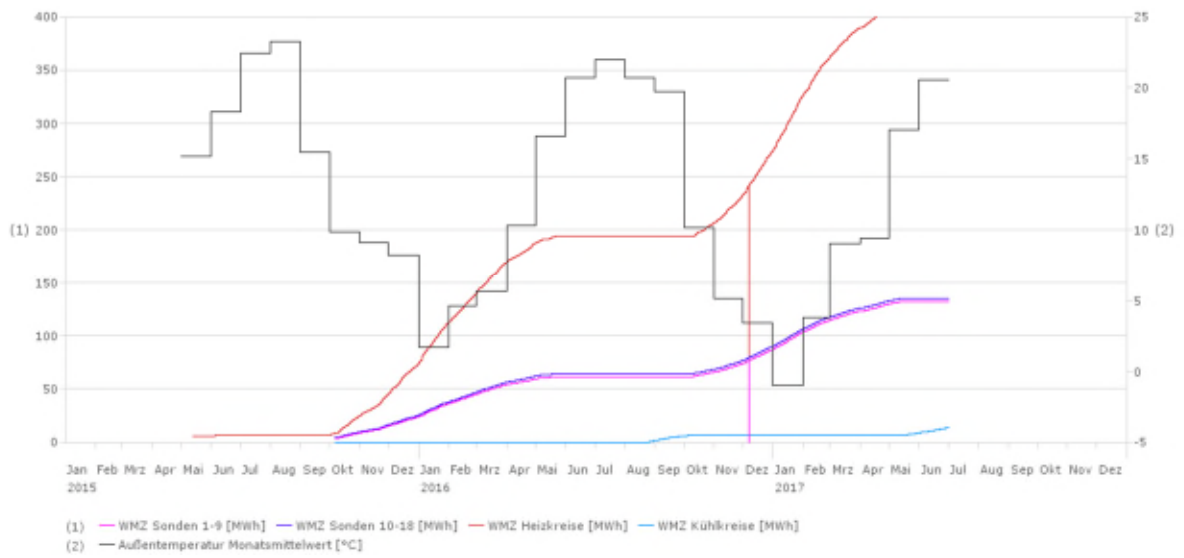


Abbildung 18: Zählerstände der Wärmemengenzähler

## Wasserbilanz

Abbildung 19 stellt das System des Wassermanagements dar. Das Regenwasser, das vom Dach im Hof gesammelt wird, steht für die Toilettenspülungen der Wohneinheiten sowie der Sanitäranlagen im Gemeindezentrum zur Verfügung. Die Regenwassermenge selbst wird nicht gemessen.

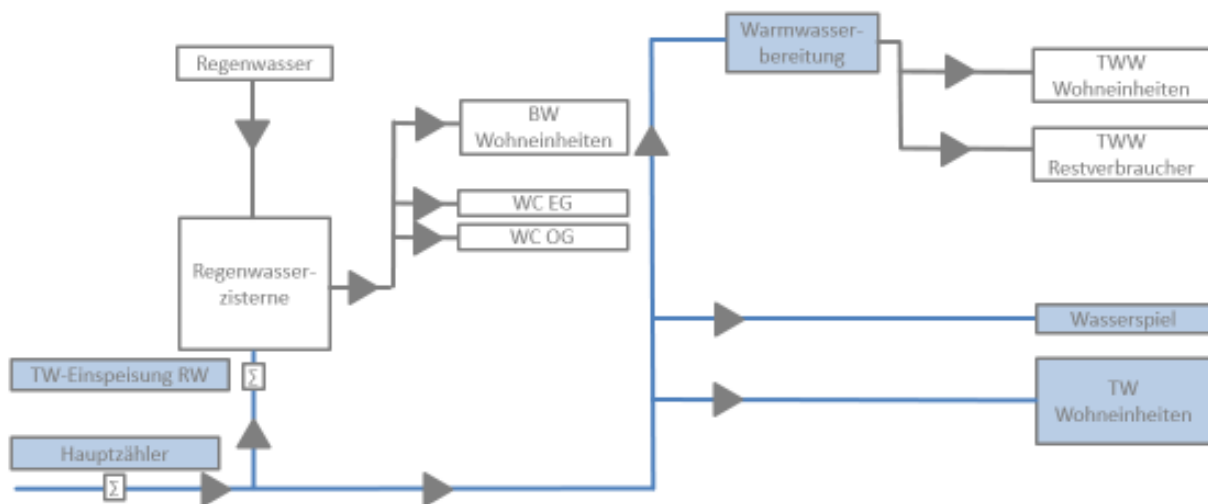


Abbildung 19: Gemessene Verbraucher im Wassermanagement

Daten des Hauptwasserzählers liegen nicht vor. Der Bauherr stellt die Abrechnungen zum Trinkwasser bis Oktober 2015 und bis Juni 2016 zur Verfügung, wodurch einzelne Werte entnommen werden können.



In Abbildung 20 ist der Wasserverbrauch des Trinkwassers dargestellt. Es ist erkennbar, dass kaum Trinkwasser in die Regenwasserzisterne eingespeist werden muss, lediglich im Mai 2016 war das vorhandene Regenwasser nicht ausreichend. Dies liegt vermutlich an dem hohen Wasserverbrauch, der während des in dieser Zeit in Leipzig stattfindenden Katholikentags entstand. Der hohe Einspeisewert zum Regenwasser im März 2017 ist nicht erklärbar. Das Wasserspiel im Innenhof ist in den Wintermonaten abgeschaltet. Die Verbräuche für Warmwasser und Kaltwasser bleibt über die Monate relativ konstant.

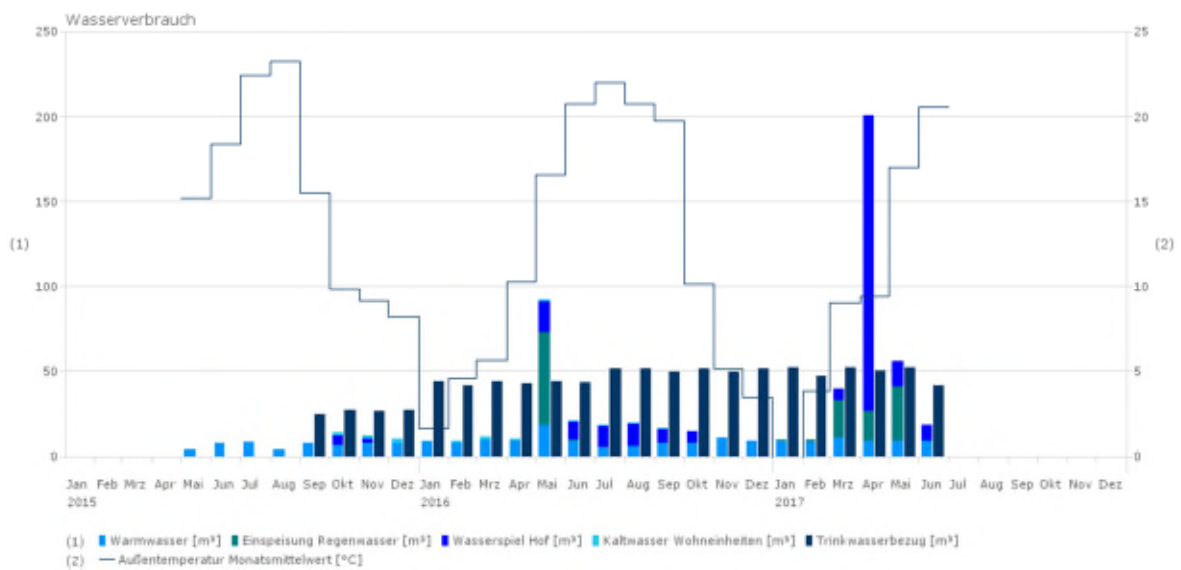


Abbildung 20: Wasserverbrauch des Trinkwassers

In Abbildung 21 wird die Nutzung des Regenwassers dargestellt und der Bezug von Trinkwasser gezeigt, wenn nicht genügend Regenwasser vorhanden war. Über das Jahr gesehen werden monatlich rund 30 m<sup>3</sup> Wasser für die Toiletten benötigt. Der hohe Wasserverbrauch im Mai entstand durch den Katholikentag. An diesen Tagen war es notwendig, zusätzlich Trinkwasser in die Regenwasserzisterne nachzuspeisen. In der restlichen Zeit ist das zur Verfügung stehende Regenwasser ausreichend.

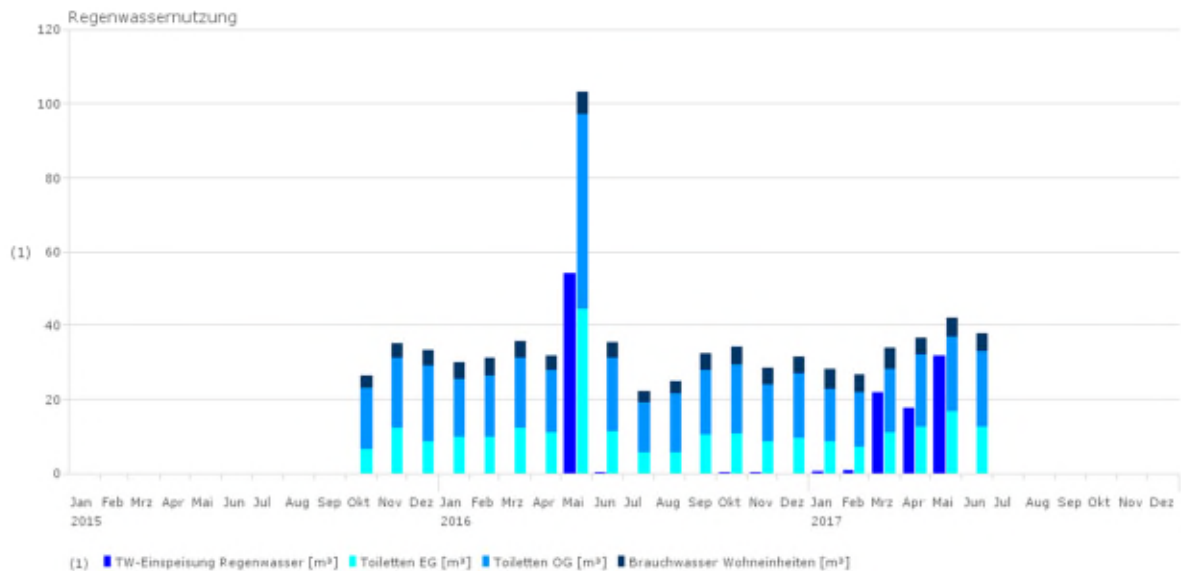


Abbildung 21: Regenwassernutzung

Abbildung 22 stellt die Bereitstellung von Warmwasser gegenüber der Abnahme dar. Rund 50% des Warmwassers wird in den Wohnungen benötigt, die restlichen 50% bilden den Verbrauch des Gemeindezentrums.

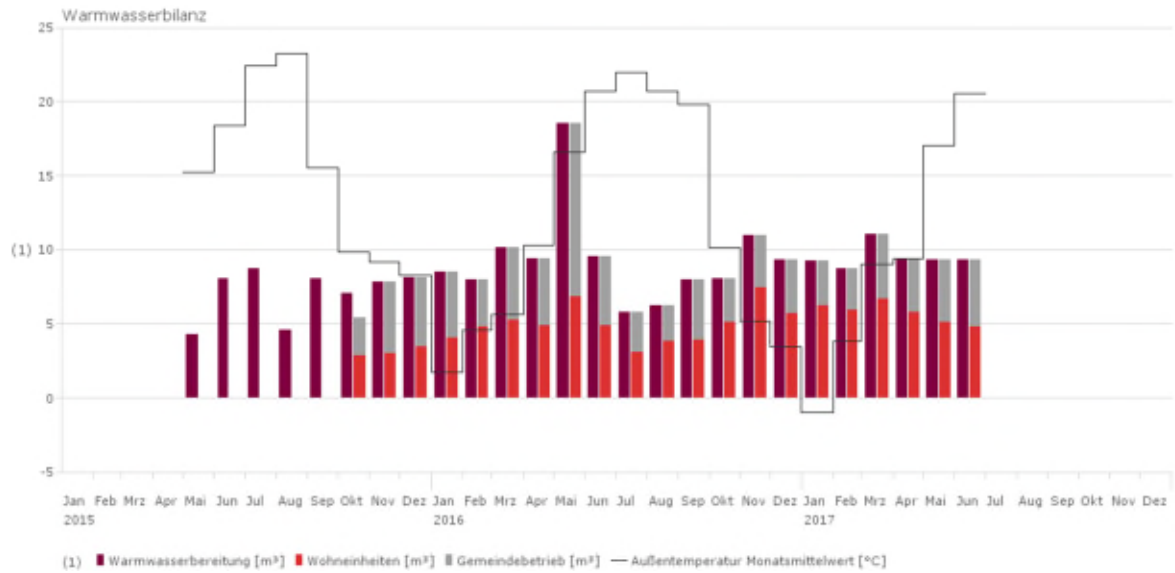


Abbildung 22: Verbrauch Warmwasser

### Raumkomfort

In Abbildung 23 werden alle Raumtemperaturen während der Nutzungszeit (8-19 Uhr) aus dem Jahr 2015 dargestellt. Es liegen Daten ab dem 12. Mai vor. Die Säulen stellen die prozentuale Verteilung der Temperaturen in den Nutzungsstunden von < 18°C bis > 26°C in zweierschritten dar. Die Räume sind nach Technik, Kirche, Aufenthalt und Büroräume sowie Flure und Sonstiges unterteilt. Es ist gut ersichtlich, dass die Aufenthalts- und Büroräume meist behagliche Temperaturen von 20 bis 26°C haben. Die Räume der Kirche weisen meist Temperaturen von 18 – 22°C auf. Somit war das Gebäude für die jeweiligen Nutzungen weitgehend gut klimatisiert und behaglich.

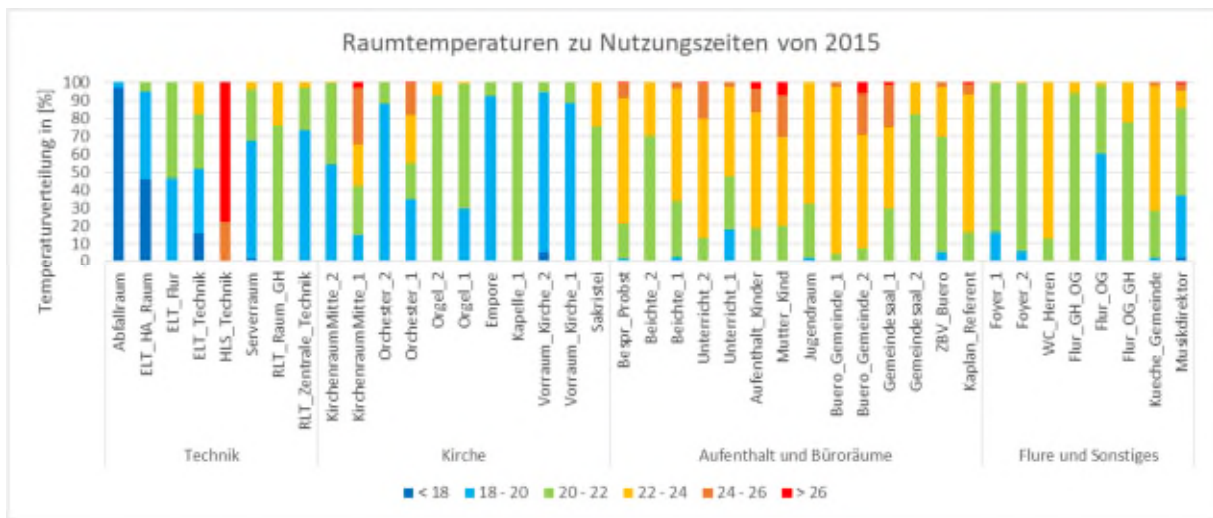


Abbildung 23: Raumtemperaturen prozentual während der Nutzungszeiten im Jahr 2015

Abbildung 24 zeigt die Raumtemperaturen zu den Nutzungszeiten im Jahr 2016. Die Daten liegen für das gesamte Jahr vor. Wie 2015 sind die Temperaturen in den Aufenthalts- und Büroräumen in einem Bereich von 20 – 26°C. Die Kirchenräume sind zu 20% der Nutzungszeit über 24°C und einzelne Bereiche unterhalb von 18°C.

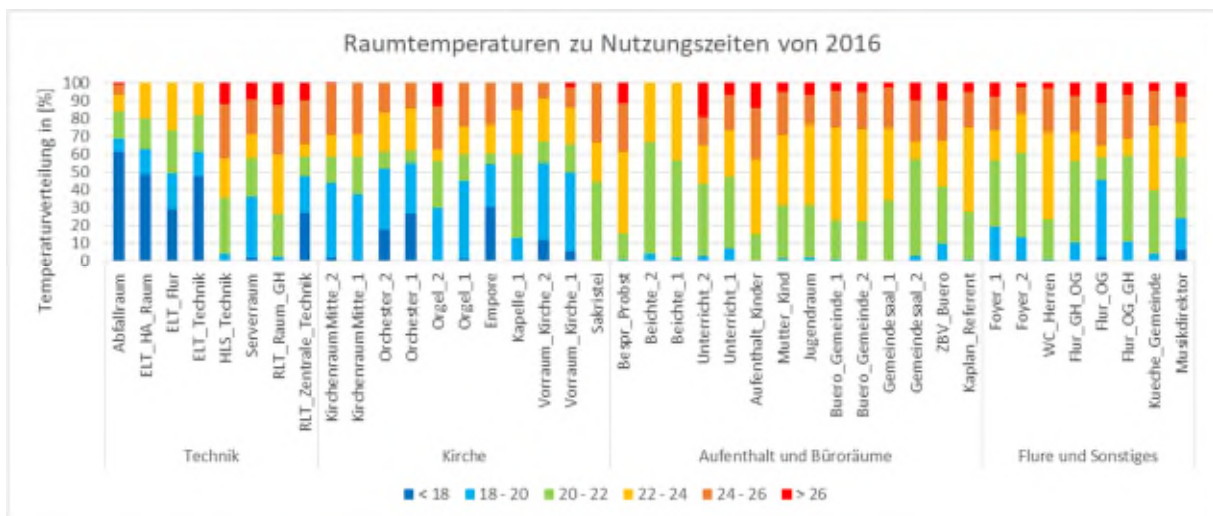


Abbildung 24: Raumtemperaturen prozentual während der Nutzungszeiten im Jahr 2016

Abbildung 25 zeigt die Raumtemperaturen zu den Nutzungszeiten im Jahr 2017. Die Daten liegen bis zum 31.03. vor. Wie 2015 und 2016 sind die Temperaturen in den Aufenthalts- und Büroräumen in einem Bereich von 20 – 26°C. Die Kirchenräume befinden sich meist zwischen 18 und 22°C. Einzelne Bereiche, wie Orchester 1 und Empore haben Temperaturen < 18°C.

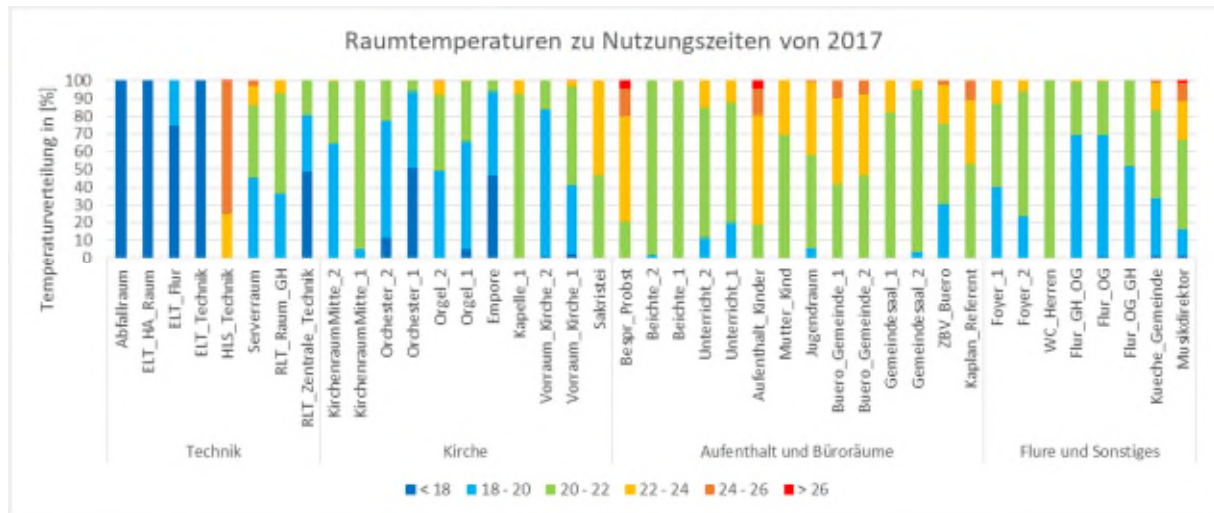


Abbildung 25: Raumtemperaturen prozentual während der Nutzungszeiten im Jahr 2017

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Räume, welche in den Grafiken 23 – 25 dargestellt sind, Detaillierter betrachtet.

### Kirchenraum

In Abbildung 26 werden die Raumtemperaturen des Kirchenraums sowie die Außentemperatur über den gesamten Aufzeichnungsraum dargestellt. Die Raumtemperatur wurde an zwei Messpunkten aufgenommen. Es ist zu erkennen, dass in den Sommermonaten der Jahre 2015 und 2016 vereinzelt Raumtemperaturen über 26°C gemessen wurden. Für das Jahr 2017 sind die Raumtemperaturen im Juni bereits bei 25°C. Die restliche Zeit des Jahres waren diese im gewünschten Komfortbereich. Im Kirchenraum wurden Temperaturen von knapp 18°C im Winter gemessen, welche für die Nutzung angemessen sind und ebenfalls in der Funktionsbeschreibung so erwähnt sind.

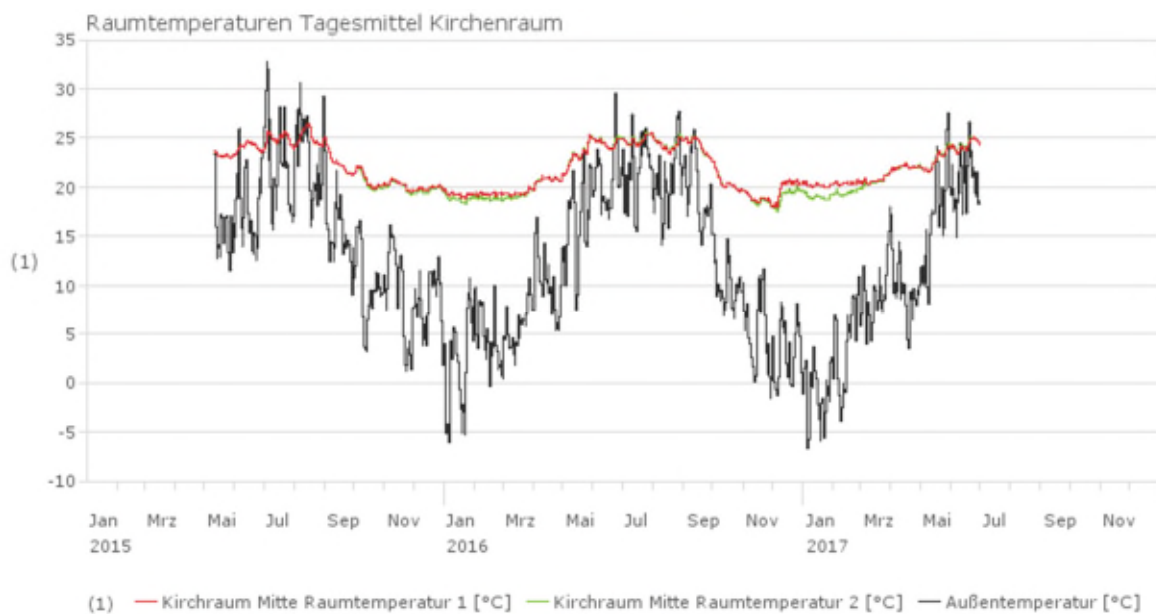


Abbildung 26: Raumtemperaturen im Kirchenraum

In Abbildung 27 wird das Behaglichkeitsdiagramm nach Mollier dargestellt. Dies stellt die Raumtemperatur, auf der X-Achse, der relativen Feuchte im Raum, auf der Y-Achse, gegenüber. Die grauen Felder beschreiben das Behaglichkeitsfeld für einen Aufenthaltsraum. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass es in dem Kirchenraum im Sommer kurzzeitig zu warm wird, da die 26°C überschritten werden. Jedoch wird die Mindesttemperatur von 18°C in den Wintermonaten eingehalten.

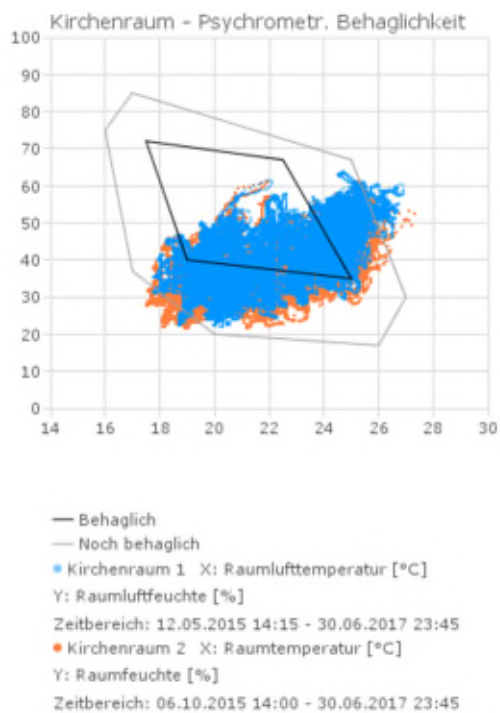


Abbildung 27: Behaglichkeitsdiagramm des Kirchenraums

Die Raumluftqualität während der Nutzungszeit (8:00 – 19:00 Uhr) liegt, wie in Abbildung 28 ersichtlich, immer in der Luftqualitätsklasse IDA 1, was einer hohen Qualität entspricht. Die IDA Kategorien werden in der DIN EN 13779 beschrieben. Dabei entspricht IDA1 < 400 ppm Überschreitung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Außenluft, IDA2 400 – 600 ppm, IDA3 600 – 1000 ppm und über 1000 ppm bedeutet IDA 4. In dem untenstehenden Diagramm wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Kirche mithilfe zwei Messfühler gemessen. Der erste wurde im Mai 2015 in Betrieb genommen. Der zweite wurde im Oktober 2015 aufgeschaltet.

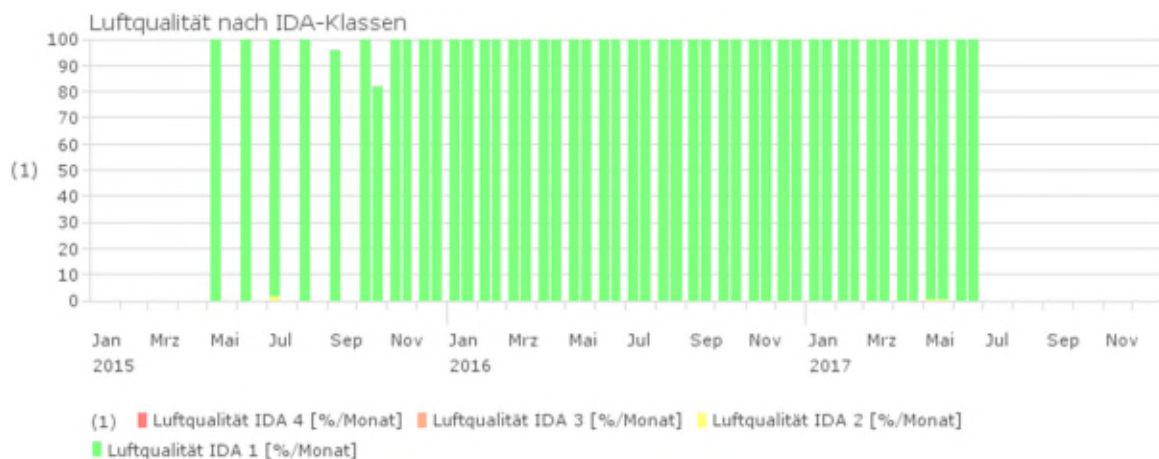


Abbildung 28: Luftqualität im Kirchenraum

Dargestellt ist der prozentuale Anteil je Kategorie während der Nutzungszeit im Monat. Da sich alle Werte in Kategorie IDA 1 befinden, sind nur „grüne“ Anteil sichtbar. Dies bedeutet, dass die Differenz der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Kirchenraum zur Außenluftkonzentration weniger als 400 ppm beträgt.

## Empore

Abbildung 29 stellt die Raumtemperatur der Empore und die Außentemperaturen als Tagesmittelwerte dar. In Abbildung 30 wird die Behaglichkeit in Abhängigkeit der Raumtemperatur und –feuchte dargestellt. Anhand von beiden Grafiken ist ersichtlich, dass in den Wintermonaten Temperaturen von unter 18°C gemessen wurden, was nicht den gewünschten Vorgaben entspricht. Ab Mitte Mai steigt die Raumtemperatur stark an und sinkt im September ab. Zudem ist ersichtlich, dass zeitweise eine geringe Luftfeuchtigkeit im Raum vorliegt.



Abbildung 29:Raumtemperatur der Empore



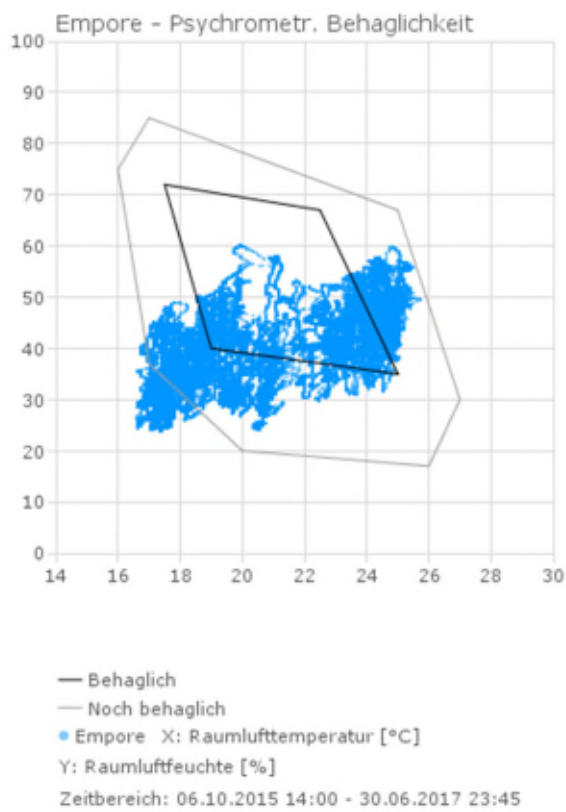


Abbildung 30: Behaglichkeitsdiagramm der Empore

## Orchester

Abbildung 31 stellt die Raumtemperaturen im Bereich des Orchesters und die Außentemperaturen als Tagesmittelwerte dar. In Abbildung 32 wird die Behaglichkeit in Abhängigkeit der Raumtemperatur und –feuchte dargestellt. Anhand von beiden Grafiken ist ersichtlich, dass in den Wintermonaten kurzzeitig Temperaturen geringfügig unter 18°C gemessen wurden, was nicht den gewünschten Vorgaben entspricht. Zudem ist ersichtlich, dass eine geringe Luftfeuchtigkeit im Raum vorliegt. Im Sommer bleiben die Raumtemperaturen fast immer unter 25°C.

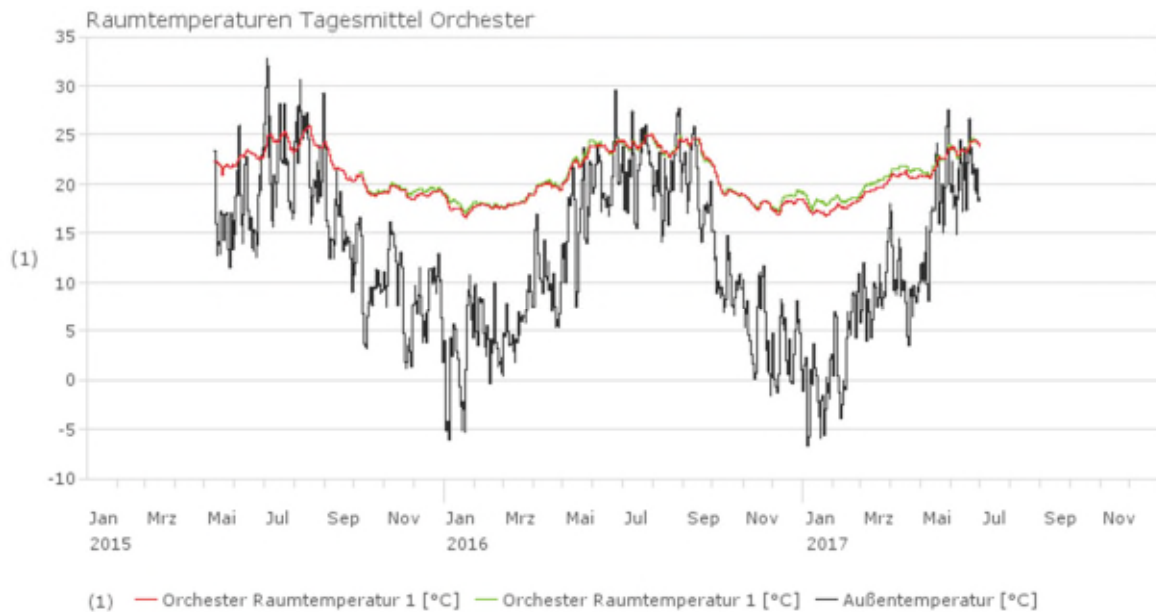
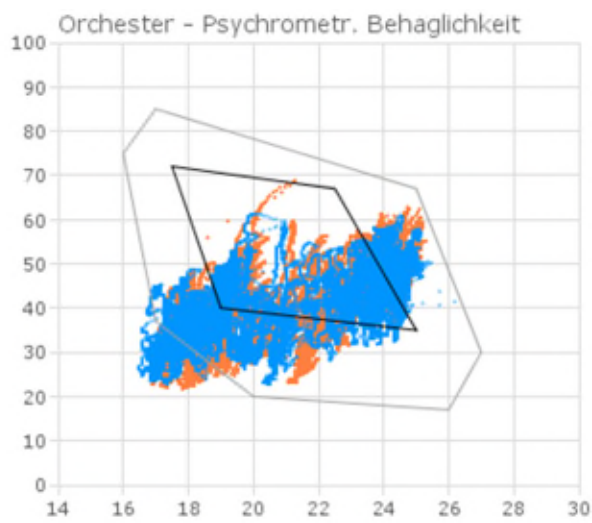


Abbildung 31: Raumtemperatur Orchester



- 
- Behaglich
  - Noch behaglich
  - Orchester 1 X: Raumlufttemperatur [°C]  
Y: Raumluftfeuchte [%]  
Zeitbereich: 06.10.2015 14:00 - 30.06.2017 23:45
  - Orchester 2 X: Raumtemperatur [°C]  
Y: Raumfeuchte [%]  
Zeitbereich: 06.10.2015 14:00 - 30.06.2017 23:45

---

Abbildung 32: Behaglichkeitsdiagramm Orchester

## Orgel

Abbildung 33 stellt die Raumtemperatur im Bereich der Orgel und die Außentemperaturen als Tagesmittelwerte dar. In Abbildung 34 wird die Behaglichkeit in Abhängigkeit der Raumtemperatur und –feuchte dargestellt. Anhand von beiden Grafiken ist ersichtlich, dass in den Wintermonaten teilweise Temperaturen von unter 18°C gemessen wurden, was nicht den gewünschten Vorgaben entspricht. Zudem ist ersichtlich, dass eine geringe Luftfeuchtigkeit im Raum vorliegt. Im Sommer liegen die Messwerte unterhalb der Grenztemperatur von 26°C, jedoch ist eine Überschreitung bei aufeinanderfolgenden, sehr warmen Außentemperaturen wahrscheinlich.

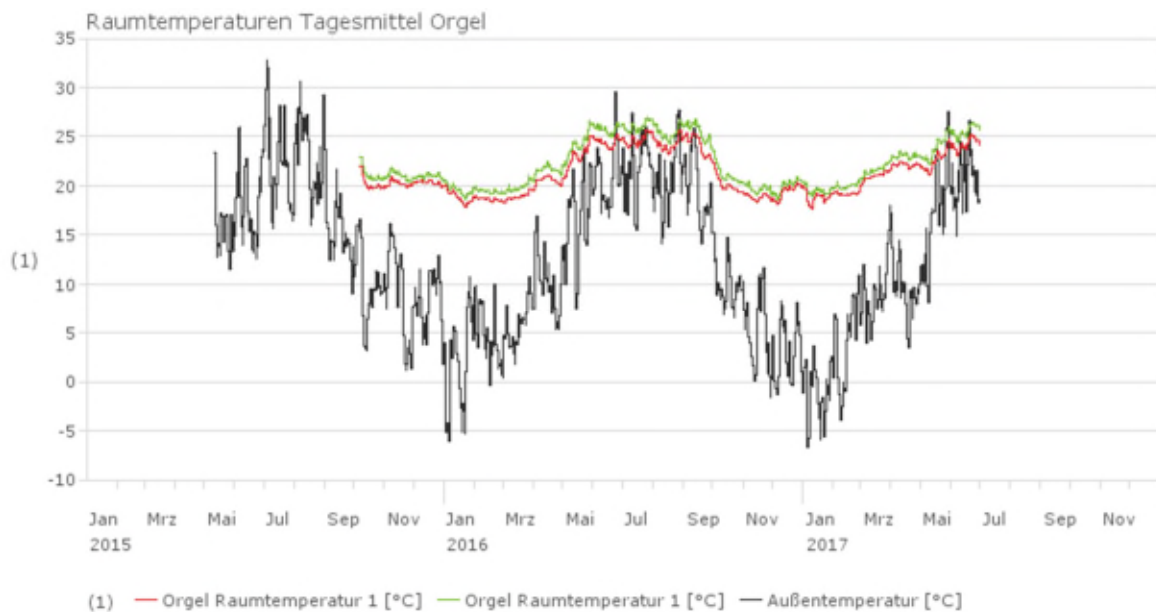


Abbildung 33: Raumtemperatur Orgel

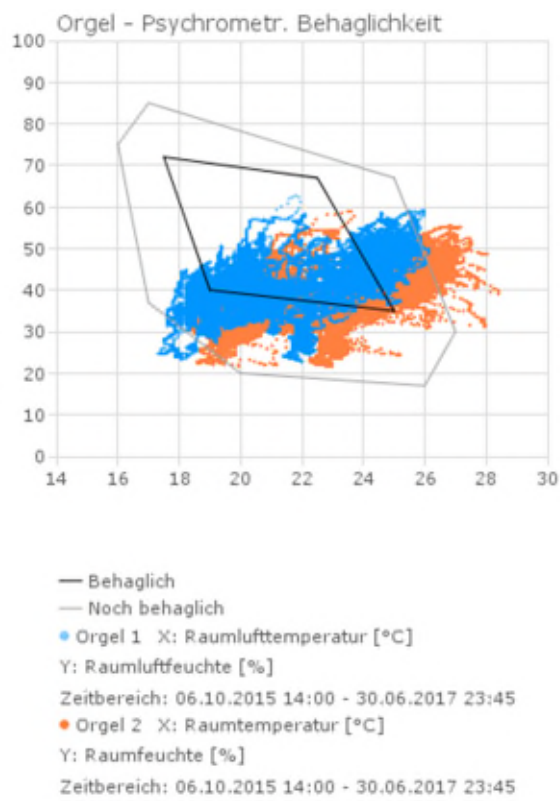


Abbildung 34: Behaglichkeitsdiagramm Orgel

## Raumtemperaturen

Die folgenden Abbildung 35 bis Abbildung 41 stellen verschiedene Raumtemperaturen über den gesamten gemessenen Zeitraum dar. In Aufenthaltsräumen sollten die Temperaturen nicht unter 20°C fallen und nicht über 26°C steigen. Alle anderen Aufenthaltsräume erfüllen die Temperatur von 20°C. In den Sommermonaten wird die obere Grenze von 26°C in einigen Räumen zeitweise überschritten. Es sollte sichergestellt sein, dass die Aufenthaltsräume über einen Sonnenschutz verfügen, welcher bei solar Strahlung möglichst selbstständig steuert und so eine Überhitzung vermeidet. Im kommenden Sommer sollte darauf geachtet werden, dass die Kühlung bereits in den Übergangszeiten aktiviert ist. Im Sommer 2016 war sie nach Abbildung 18 erst ab September und 2017 ab Mai aktiv. Weshalb sich in den Sommermonaten die Raumtemperatur stark an der Außentemperatur orientiert.

In Bereichen wie Flur, Technikraum, Vorräumen, Sonstige können diese Grenzen weiter gefasst werden. Dennoch sollte darauf geachtet werden, dass diese Bereiche im Sommer nicht zu sehr überhitzen, da sie diese Wärme bzw. Kälte zum Teil an die umliegenden Aufenthaltsräume abgeben. Hier sind speziell die Vorräume Abbildung 38 zu beachten.

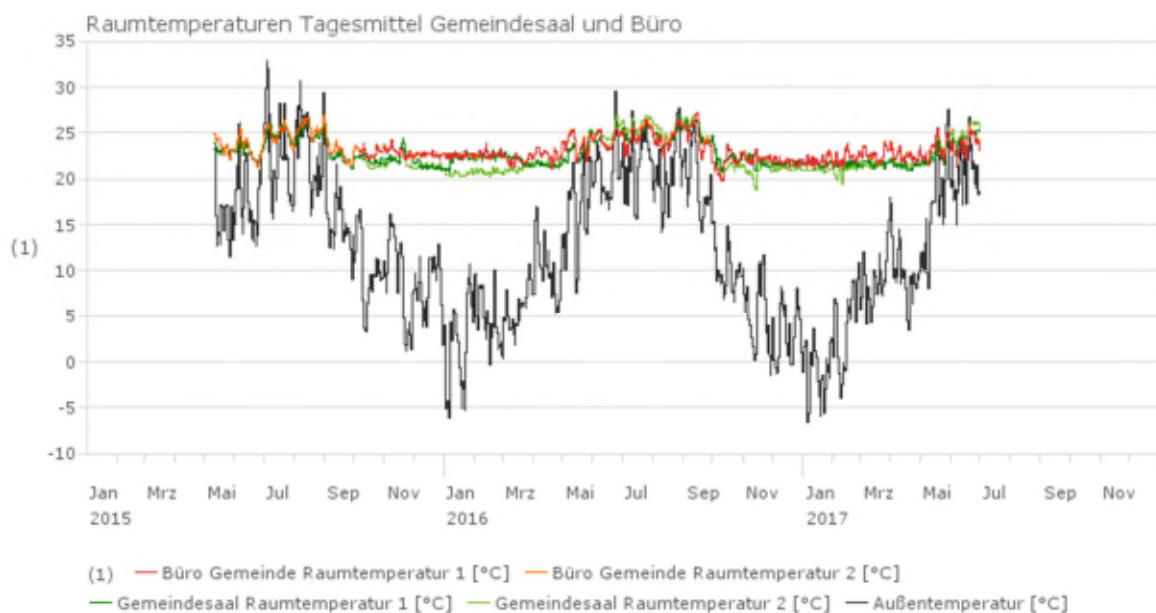


Abbildung 35: Raumtemperatur Gemeindesaal und –büro

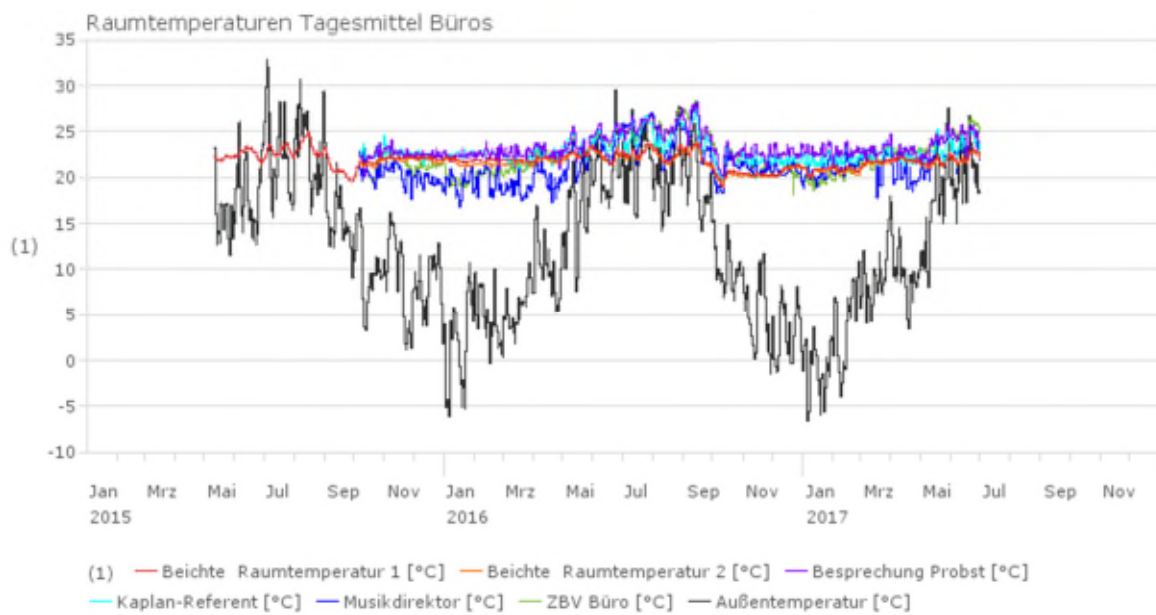


Abbildung 36: Raumtemperaturen Büros

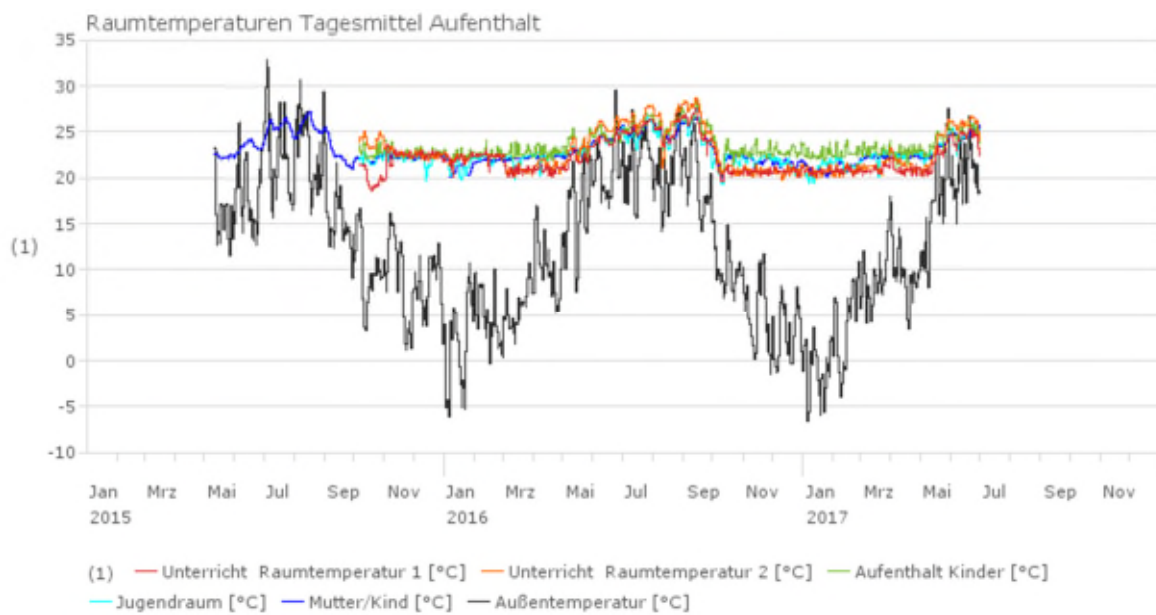


Abbildung 37: Raumtemperaturen Aufenthalt

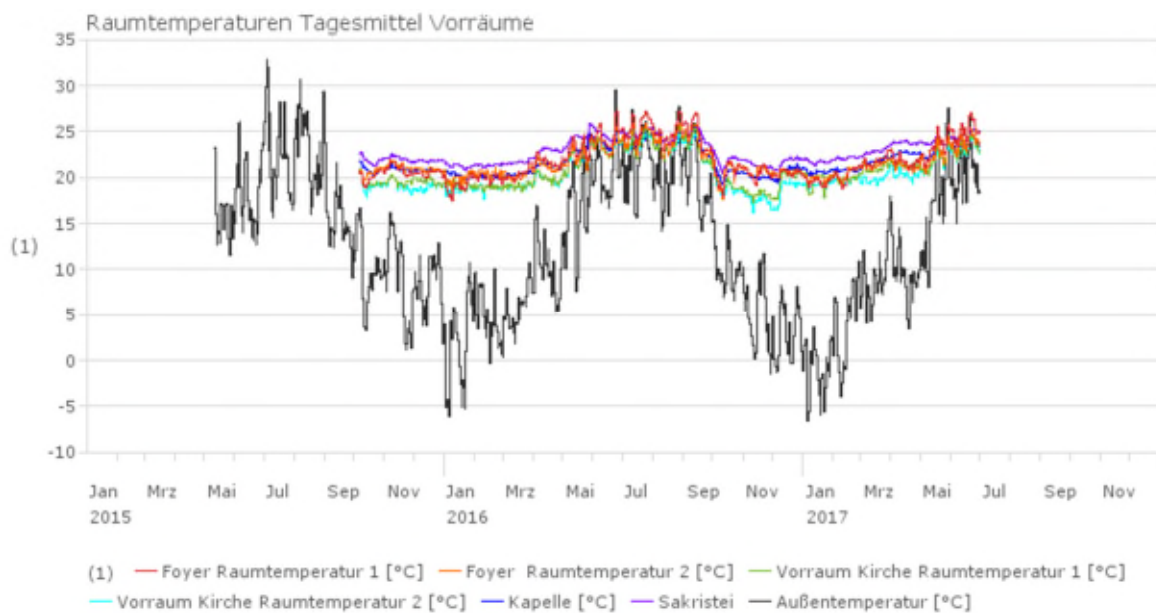


Abbildung 38: Raumtemperaturen Vorräume

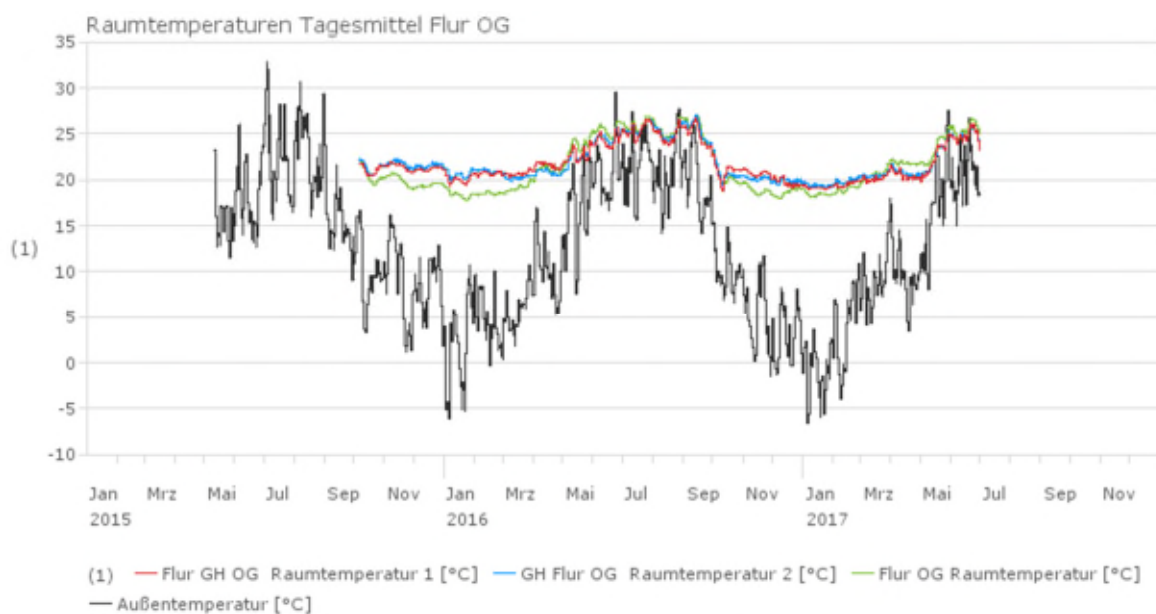


Abbildung 39: Raumtemperaturen Flure



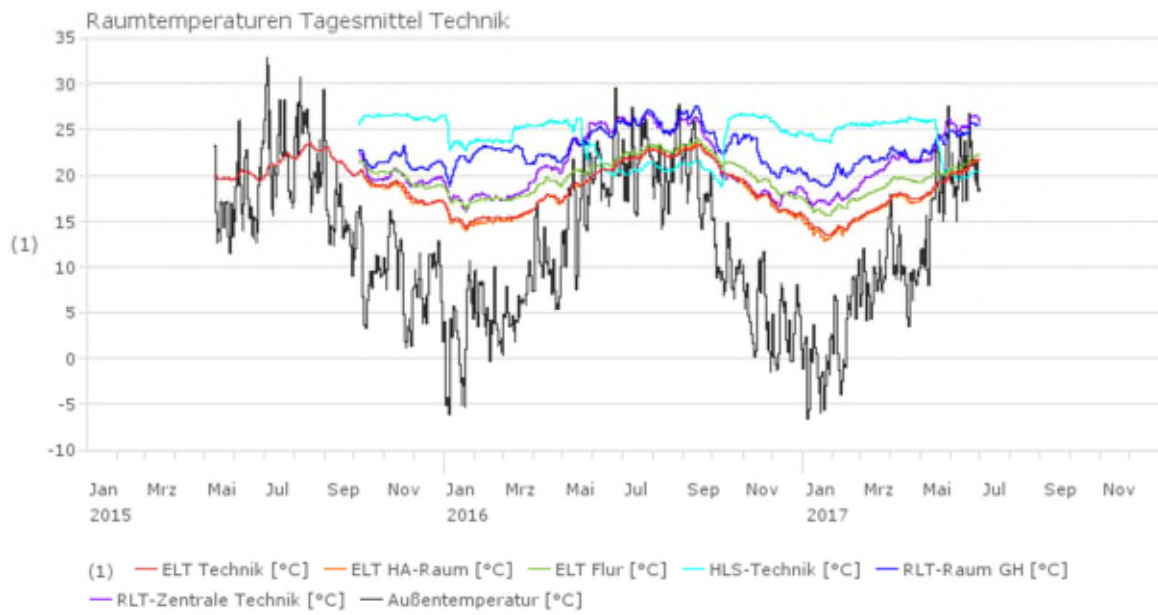


Abbildung 40: Raumtemperaturen Technik

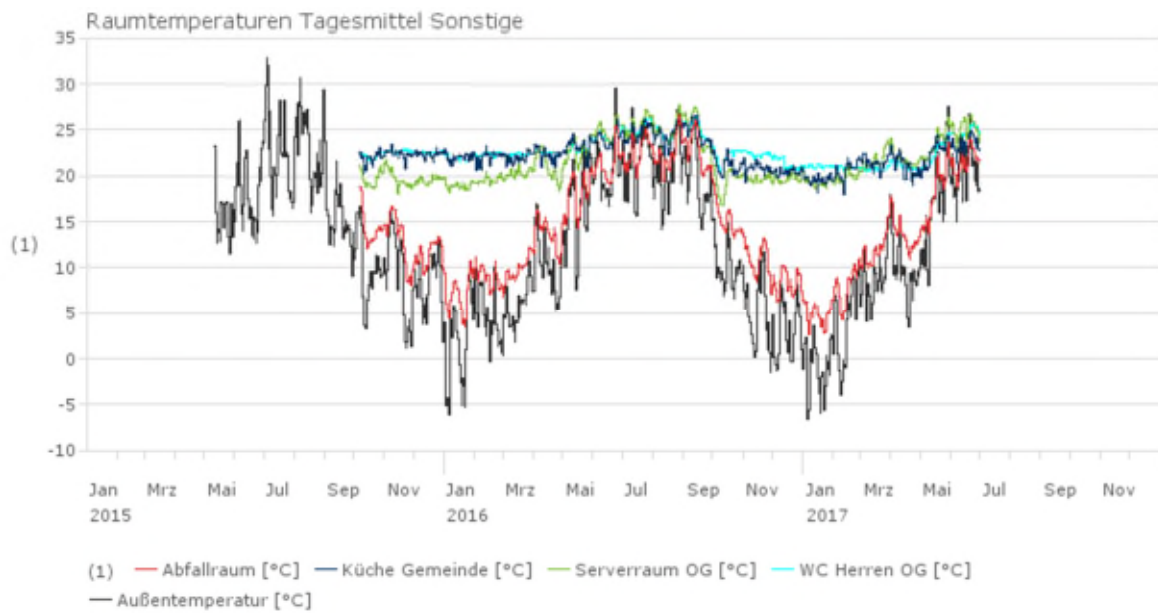


Abbildung 41: Raumtemperaturen Sonstige

## 6.2.2 Betriebsoptimierung und gebäudespezifische Untersuchungen

Mit dem aktuellen Stand des Projekts ist das Monitoring auf Basis der verfügbaren Daten zuverlässig aufgebaut. Zum Teil wurden im Bereich des Monitorings erste Hinweise zur Betriebsoptimierung gegeben. Speziell die Raumtemperaturen steigen in den Sommermonaten vermehrt an die obere Komfortgrenze. Durch eine höhere Kühlleistung oder einer verbesserten Steuerung der Verschattungselemente können die Temperaturen optimiert werden. Die Umschaltung zur freien Kühlung wird zur nächsten Übergangszeit im Herbst auf automatischen Betrieb umgestellt. Somit kann schneller und unabhängiger auf steigende und sinkende Außen- und Raumtemperaturen reagiert werden. Durch eine Integration eines elektrischen Speichers kann eine höhere Teilautarkie von im Sommer bis zu 15 aufeinander folgenden Tagen erreicht werden.

---

## 6.2.3 Informationssysteme für den Nutzer im täglichen Betrieb

Die Daten aus der Gebäudeautomation werden aus sicherheitstechnischen Gründen nicht online übergeben. Stattdessen erfolgt die Datenübergabe quartalsweise per Datei. Anschließend werden die Daten vom IGS importiert und stehen als Grafiken im Web zur Verfügung.

<https://apps.synavision.de/vm2/dashboards/df0dbb64-6bce-461e-84f2-685f8be12874/html/9f9af0f9-1c9d-4dc0-b62a-6a4bda8b945c/0.html>

---

Benutzer: Trinitatis

Passwort: Trinitatis\_1

## 6.2.4 Symposium

Das Symposium wurde am 10. November 2016 in der Propsteikirche St. Trinitatis abgehalten. Organisiert wurde es durch Schulz und Schulz Architekten unter dem Titel: „green Building meets sacred architecture.“. Dabei wurden Herausforderungen und Lösungen zu diesem Thema durch verschiedene Fachleute diskutiert.

## 7 FAZIT

Das Projekt ist gut verlaufen. Die Messtechnik wurde weitgehend umgesetzt und wurde durch Abrechnungen im Bereich Strom und Wasser ergänzt. Die Projektergebnisse sind wie oben dargestellt, konnten im Bereich des Monitorings nur teilweise erreicht werden. Die Ergebnisse zu Energieautarkie, Deckungsgrade, Batteriegröße etc. sind aussagekräftig und können als Orientierungswerte auch auf andere Gebäude übertragen werden.

Das IGS war als Partner für Monitoring und Simulation in das Projekt eingebunden. Die Simulationen konnten wie geplant umgesetzt werden und aussagekräftige Ergebnisse zur Möglichkeit der Energieautarkie liefern. Auf Basis der Planung wurden Vorgaben für die Installation von Messtechnik und die Datenübergabe gemacht und abgestimmt. Die Vorgaben umfassten präzise Festlegungen für die zu erfassenden Parameter (Energieverbrauch, Systemtemperaturen etc.) wie auch Vorgaben für das Datenformat, in dem die Daten zu übergeben waren (csv-Datei, Fernzugriff auf einen FTP-Server, auf dem die Daten der GA zu speichern waren). Diese Vorgaben wurden der Fachplanung zur Berücksichtigung übergeben. Die Mess- und Datentechnik wurde anschließend jedoch nur teilweise umgesetzt, so dass nur eine eingeschränkte Bewertung im Monitoring möglich war. Insbesondere die Vorgaben für Strom- und Wärmemengenzähler sind nicht umfassend beachtet worden. Entsprechend konnten nur unvollständige Analysen des Gebäudebetriebs durchgeführt werden, so dass nur eine eingeschränkte Bewertung im Monitoring möglich war.

Die Ursachen für die unvollständige Umsetzung sind im nach hinein schwer zu identifizieren. Die Vermutung liegt nahe, dass die technisch anspruchsvollen und für konventionelle Projekte noch unüblichen Anforderungen unter dem Projektdruck entweder fachlich oder organisatorisch vernachlässigt wurden. Für zukünftige Projekte sollte das Monitoring (Büro) bereits in Leistungsphase 3-7 stärker in den Fokus genommen werden (nachträgliche Änderungen in der physischen Ausstattung des Gebäudes sind monetär kaum darstellbar). Folgende Empfehlungen werden für die Zukunft gegeben:

- Beauftragung des Technischen Monitorings als unabhängige Dienstleistung in Anlehnung an die AMEV-Empfehlung 135 Technisches Monitoring 2017 mit Berichtspflicht zu Meilensteinen an den Fördergeber
- Festlegung und Dokumentation eines Monitoringkonzepts einschließlich aller Zielparameter und Prüfmethode in Probe- und Regelbetrieb (= Zwischenbericht an den Fördergeber).
- Festlegung fest definierter, zwingender Prüfroutinen für einzelne Planungsphasen (Entwurfsplanung, Ausführungsplanung, Leistungsverzeichnisse, Werk- und Montageplanung) und ggf. Ortsbegehungen.
- Zwingende Durchführung und Dokumentation von Probetrieben vor Abnahme der technischen Anlagen (= Zwischenbericht an den Fördergeber).
- Fortführung des Monitorings im Regelbetrieb entsprechend der Probetriebe mit regelmäßigen Berichten (= Zwischenberichte entspr. Vorgabe des Fördergebers).
- Eine fehlende oder fehlerhafte Umsetzung der Vorgaben des Monitorings sind in den Zwischenberichten zu dokumentieren.

Die Kosten eines entsprechenden Monitorings als Dienstleistung werden nach der AMEV mit 0,5% der Baukosten angesetzt. Dies ist aus Sicht des IGS in der Regel hochgegriffen. Für das Projekt Trinitatis schätzen wir den Aufwand entsprechend der genannten Vorgaben bzw. nach AMEV-Leistungsbild inkl. Planungsprüfung auf <50T€.

Die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens haben sich innerhalb des angegebenen Berichtszeitraumes gegenüber dem geltenden Antrag nicht verändert. Es sind keine Änderungen der Zielsetzung notwendig.

Im Vergleich des Standes des Vorhabens mit der geltenden Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung sowie der Finanzierungsplanung gibt es keine relevanten Änderungen. Der Bauherr verzichtet auf eine Weiterführung des Monitorings.

Es sind von dritter Seite keine Ergebnisse bekannt, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind. Unter den Projektbeteiligten war steht eine gute Zusammenarbeit.

---

---