



## Abschlussbericht

## Energieeffiziente Temperierung in Kirchen

### Anhang 1: Steckbriefe Projektphase 1

## Stadtkirche Wunstorf

Projektphase 1, KG01

Baujahr: 1170/71

Volumen: 1.715 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 150

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	94%
Energieverbrauch	4%
Sozialmonitoring	71%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas / Strom
Grundheizungssystem	Gas-Außenwandöfen
Körpernahe Heizungssystem	Elektro-Direktstrahlungsheizung
Lüftung	automatische Fensterlüftung nach Innen- und Außenfeuchte
Art der Heizungsregelung	Samson DDC
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	15°C lt. Fragebogen, 14°C lt. Messwerten
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	17°C lt. Fragebogen, 15°C lt. Messwerten
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 67 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste nur im Winterhalbjahr - unregelmäßige Konzerte, Vorträge, Andachten

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	teilweise
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	teilweise
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	mehrere Wochen im Winterhalbjahr
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird meist eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr tlw. &lt; 45%</li> <li>- geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert</li> <li>- mittlere Raumtemperatur durchgängig 14°C mit Aufheizspitzen von ca. um 2K</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung greift selten ein</li> <li>- kleine Probleme mit der Abluft auf der Nordseite</li> </ul>
Zustand der Orgel	- keine Schäden
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alte Putz- und Anstrichschäden</li> <li>- Kanzel mit Staubablagerung in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit hat zu älterem partiellem Schimmelwachstum geführt</li> <li>- Salzkristallisation Sockel Nordwand</li> <li>- aktuelles Raumklima akzeptabel</li> </ul>

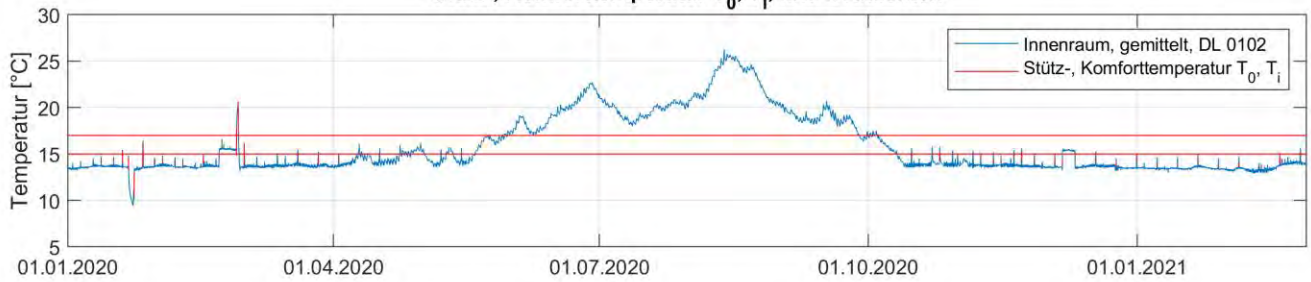
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 33.034,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 19,26 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 57,50 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	7,42 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	4,32 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlerer <math>HEV_{spez}</math> bei geringem Volumen des Kirchenraumes: 45% der Kirche mit dem max. Verbrauch 99% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die geringe Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 54% der Kirche mit dem max. Verbrauch 172% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 18 Befragten)	
Raumtemperatur	89% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	67% fühlen sich wohl
Luftqualität	81% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	17% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	22% frieren „oft“
Energieverbrauch	25% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 67% der Befragten in der Kirche wohl

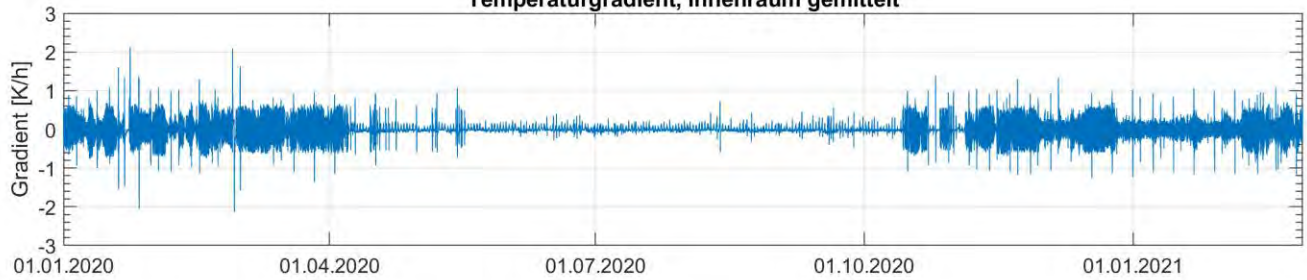
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relativ hohes Temperaturniveau bei Nichtnutzung</li> <li>- rel. Feuchte weitgehend in den empfohlenen Grenzen</li> <li>- kaum neue Schäden an der Ausstattung und Orgel nach Einbau der neuen Heizung</li> <li>- aktuelles Raumklima akzeptabel</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entspricht der Zielstellung von Grundheizung und körpernahe Heizsystem</li> <li>- Regelung tlw. defekt, neue Regelung empfohlen</li> </ul>
Energieverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- seit Einbau der Direktstrahlungsheizung wurden die Energiekosten erheblich gesenkt</li> <li>- mittlere bzw. hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des Raumvolumens und der geringen Nutzung</li> </ul>
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Wunstorf

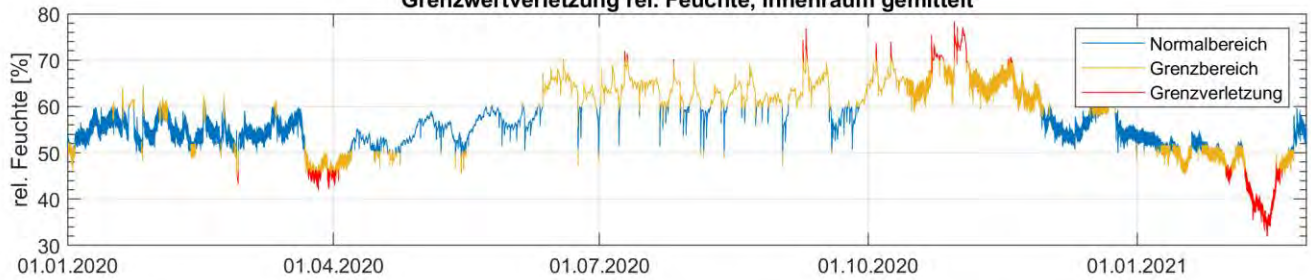
Stütz-, Komforttemperatur  $T_0$ ,  $T_i$ , krit. Gradienten



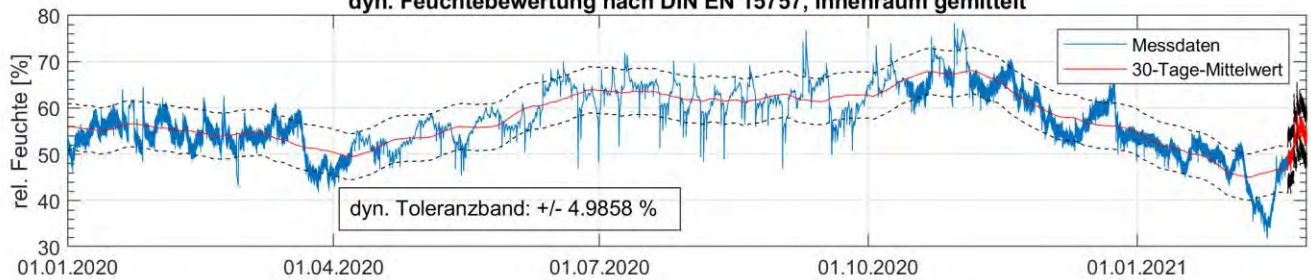
Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## St.-Antonius-Kirche Petkum

Projektphase 1, KG02

Baujahr: 13. Jahrhundert

Volumen: 2.000 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 280

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	48%
Energieverbrauch	57%
Sozialmonitoring	81%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas / Strom
Grundheizungssystem	WW-Wärmestation (WW-Luft)
Körpernahes Heizungssystem	Elektrische Bankheizung
Lüftung	automatische Fensterlüftung WSS, Lüftungsklappe im Chor
Art der Heizungsregelung	Mahr Actherm
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 92 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - unregelmäßige Konzerte, Andachten

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht eingehalten, tlw. bis zu ±3 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 75%	meist > 70%, häufig > 75%
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	sehr selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird nicht eingehalten</li> <li>- relative Feuchte generell sehr hoch</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung reagiert selten</li> <li>- Absenkbetrieb ist gut zu erkennen</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken und an der Orgel bis 19°C</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Staub und geringer Schimmelbefall</li> <li>- kleinere Trocknungsrisse</li> <li>- Hitzeschaden an Seitenfläche</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algenwuchs an feuchten salzbelasteten Sockelzonen</li> <li>- Schimmel- und Bakterienwachstum an der Holzdecke, gefördert durch Umluftheizung (vmtl. Taupunktunterschreitung, Kondenswasser)</li> <li>- Querlüftung wird positiv bewertet</li> <li>- keine Schäden an der Ausstattung, die auf ungeeignetes Raumklima zurückzuführen sind</li> <li>- Prinzipalstücke in gutem bis sehr gutem Zustand</li> </ul>

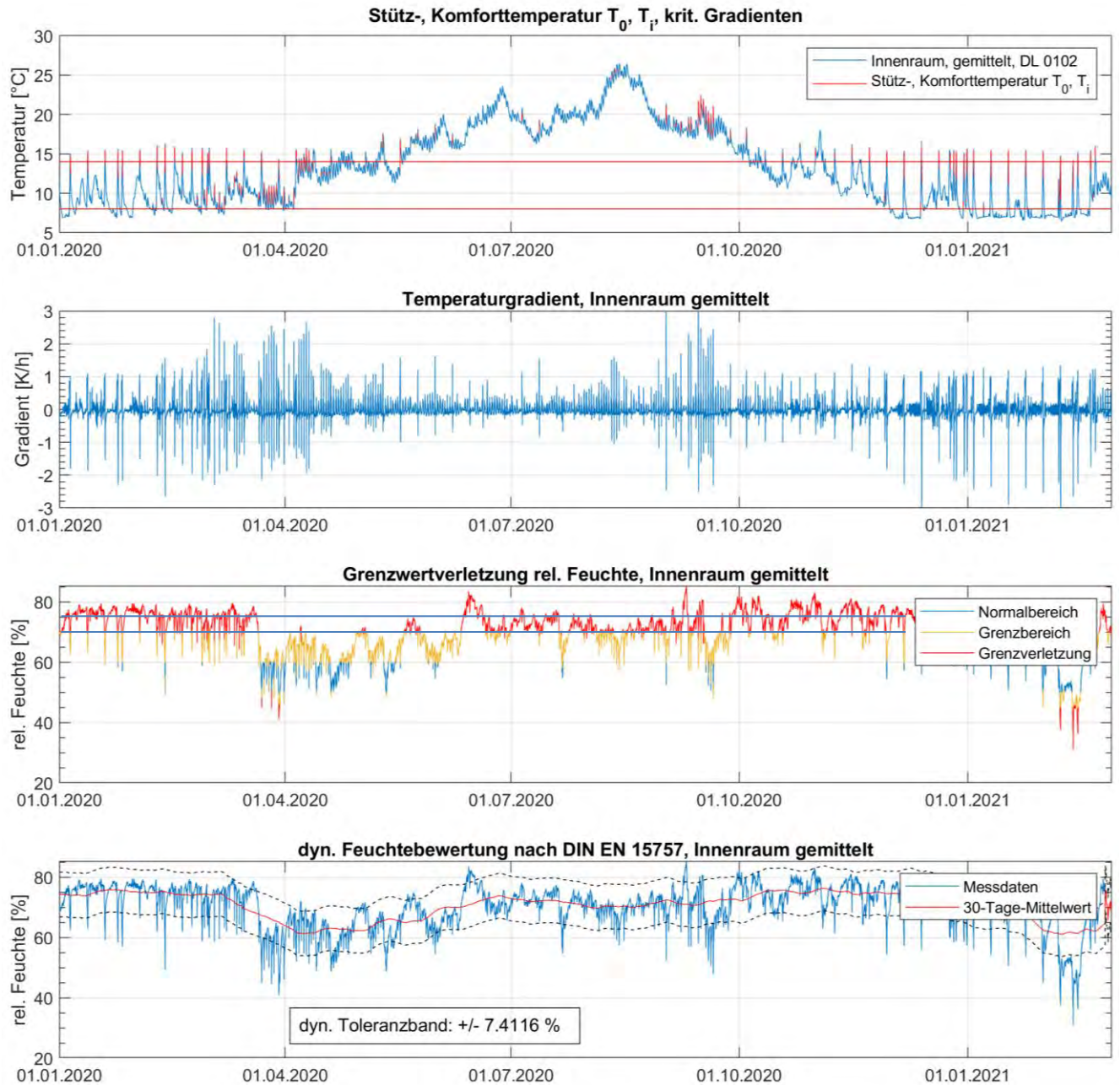
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 23.659,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 11,83 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 25,72 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	5,37 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	2,69 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlerer <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 27% der Kirche mit dem max. Verbrauch 61% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- mittlerer <math>EVK_{rel}</math>, der die moderate Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 24% der Kirche mit dem max. Verbrauch 77% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 12 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	100% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	40% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	0% frieren „oft“
Energieverbrauch	60% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 100% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlenes niedriges Temperaturniveau bei Nichtnutzung mit drastischen Auf- und Abheizprozessen</li> <li>- relative Feuchte im oberen Grenzbereich und höher</li> <li>- Grundtemperatur vmtl. zu niedrig, da Feuchte zu hoch</li> <li>- Grundsätzlich guter Zustand von Ausstattung und Orgel</li> <li>- Schimmel- und Bakterienbefall an der Holzdecke durch hohe Feuchte und Taupunktunterschreitung</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entspricht der Zielstellung von Grundheizung und körpernahe Heizsystem</li> <li>- Konvektoren unter den Bänken mit hohen Temperaturen</li> <li>- feuchtegesteuerte Querlüftung/Lüftungsklappe bringen Vorteile, deren Wirksamkeit könnte untersucht werden</li> <li>- oberen Grenzwert der Feuchtevorrangschaltung und der feuchtegesteuerten Lüftung von 80% auf 70% reduzieren</li> </ul>
Energieverbrauch	- mittlere Heizenergieverbrauchskennwerte bei mittlerer Raumgröße und moderater Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen



## Petkum



## St. Aegidien Osterode

Projektphase 1, KG03

Baujahr: 14. Jahrhundert

Volumen: 3.813 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 300

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	78%
Energieverbrauch	73%
Sozialmonitoring	76%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas / Strom
Grundheizungssystem	Wärmestation (WW-Luft)
Körpernahe Heizungssystem	Elektrische Sitzkissenheizung
Lüftung	-
Art der Heizungsregelung	Mahr Actherm
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 71 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - unregelmäßige Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht eingehalten, tlw. bis zu +1,5 K/h und -3 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	gering
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	gering
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird nicht eingehalten</li> <li>- relative Feuchte weitgehend in den empfohlenen Grenzen, aber mit deutlichen Änderungen nach unten bei drastischen Aufheizvorgängen</li> <li>- geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert sehr gut</li> <li>- Sitzkissenheizung manchmal zu heiß für Besucher</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfehlung 66% rel. Feuchte</li> <li>- keine Schäden</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- raumklimatische Situation wesentlich verbessert, keine neuen Schadensbilder in den vergangenen 22 Jahren</li> <li>- hochwertige Ausstattung in einem guten und stabilen Zustand</li> <li>- punktuelle Schimmelproblematik am nördlichen Treppenaufgang, hohe Feuchte-Werte, vmtl. durch mangelnde Lüftung</li> <li>- alte und neue Schäden sowie Salzschaeden an der Westwand in Bodennähe</li> </ul>



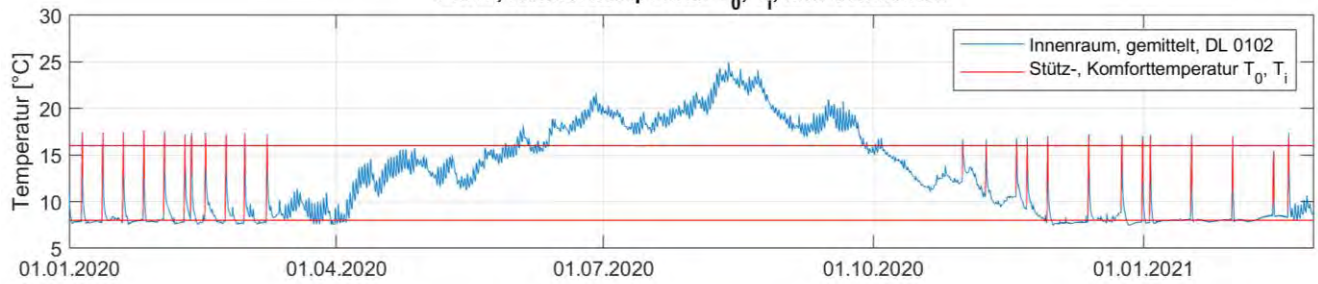
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 22.095,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 5,79 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 16,32 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	5,12 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	1,34 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 13% der Kirche mit dem max. Verbrauch 30% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die geringe Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 15% der Kirche mit dem max. Verbrauch 49% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 10 Befragten)	
Raumtemperatur	90% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	89% fühlen sich wohl
Luftqualität	90% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	10% frieren „oft“
Energieverbrauch	36% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 89% der Befragten in der Kirche wohl

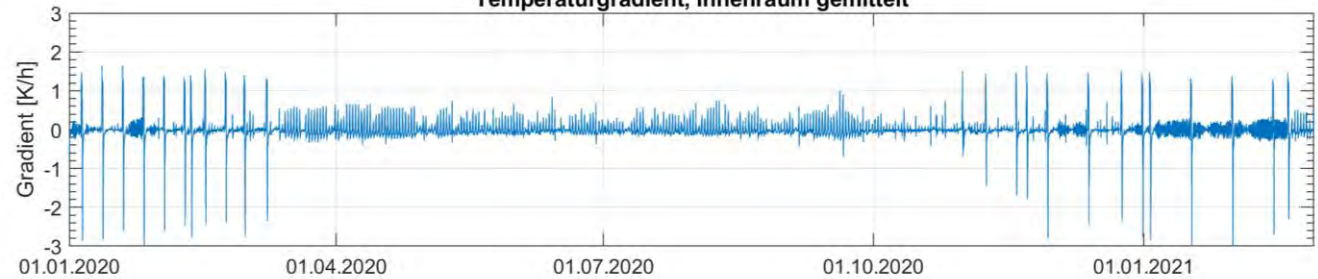
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- angemessenes Temperaturniveau bei Nichtnutzung mit deutlichem Auf- und Abheizbetrieb</li> <li>- rel. Feuchte weitgehend in den empfohlenen Grenzen</li> <li>- Orgel in gutem Zustand</li> <li>- hochwertige Ausstattung in einem guten Zustand durch positiv wirkende raumklimatische Situation</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abgestuftes gut abgestimmtes modernes Heizungssystem</li> <li>- Abheizen (Auskühlen) nach der Nutzung könnte langsamer erfolgen</li> <li>- körpernahes Heizsystem (Sitzkissen) zu hoch eingestellt</li> <li>- feuchtegesteuerte Lüftung könnte Vorteile bringen</li> </ul>
Energieverbrauch	- geringe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der vergleichsweise geringen Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Osterode

### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Ludgeri-Kirche Norden

Projektphase 1, KG04

Baujahr: 1250-1450

Volumen: 16.500 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 670

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	68%
Energieverbrauch	90%
Sozialmonitoring	79%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizsystem	WW-Wärmestation (WW-Luft)
Körpernahe Heizsystem	WW-Bankheizkörper mit Konvektoren, WW-Heizung am Chorumgang
Lüftung	-
Art der Heizungsregelung	SAIA DDC
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	16°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 217 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - regelmäßige Konzerte, Lesungen

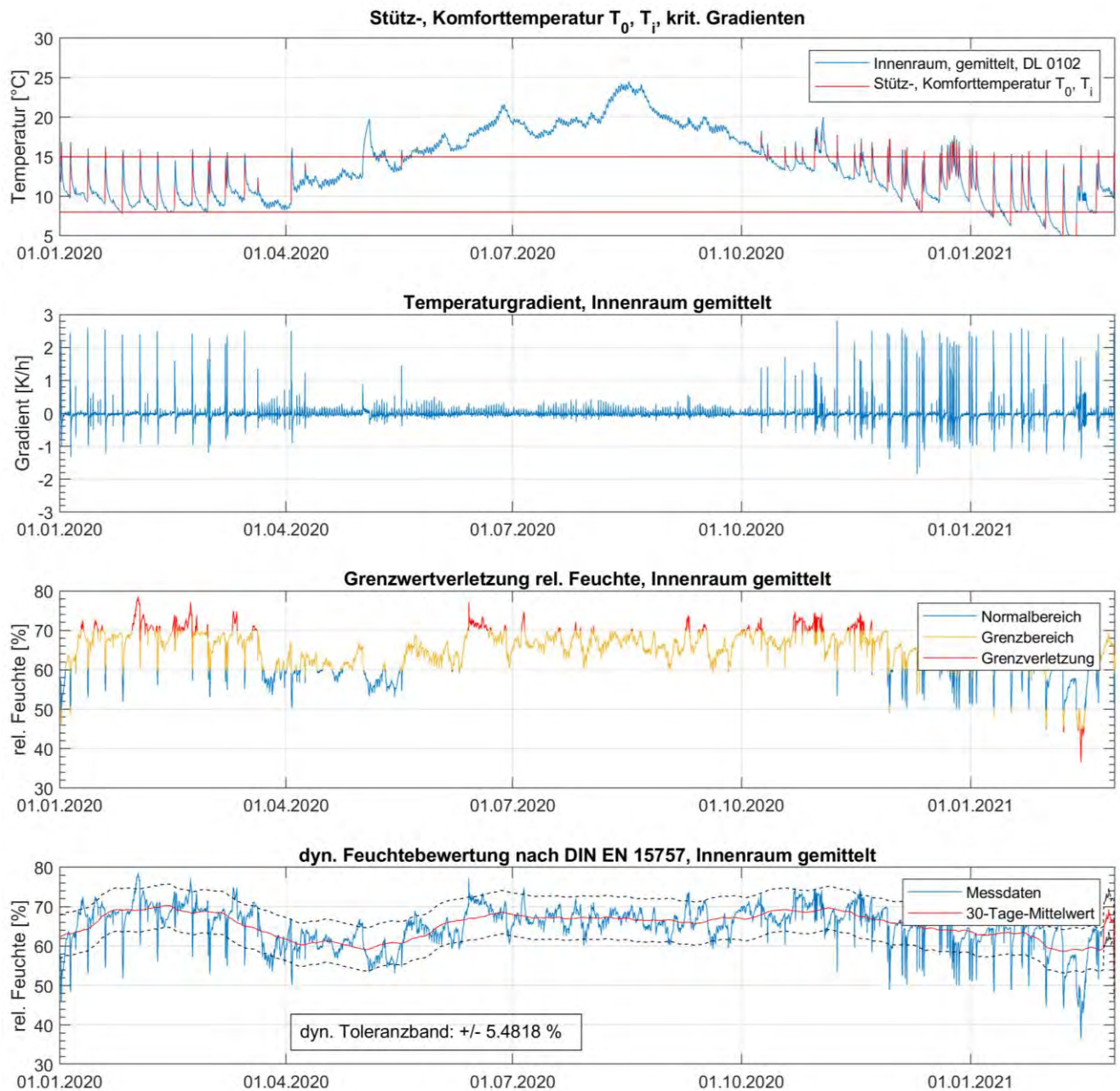
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 - 1,5K/h	bis 2,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	gelegentlich, Feuchtevorrangschaltung auf 80% eingestellt
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	sehr selten, Feuchtevorrangschaltung auf 45% eingestellt
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient wird im Aufheizfall meist überschritten</li> <li>- relative Feuchte meist in den empfohlenen Grenzen, gelegentliche wochenweise Überschreitungen</li> <li>- dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität tolerierbar</li> <li>- Temperaturregelung und Absenkbetrieb funktionieren</li> <li>- Fallwinde an Fenstern bei niedrigen Außentemperaturen</li> <li>- Zugerscheinungen an großen Kirchenfenstern, im Querschiff zwischen Hochchor und Langschiff</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oberflächenstaub mit mikrobiellen massiven Neubefall</li> <li>- kleinere Trockenrisse</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salzausblühungen und Putzschäden im bodennahen Bereich an der Raumschale</li> <li>- Schimmel an Holzobjekten, Leinwänden und bei Putz sowie an Wandbildern Vorder- und Rückseite</li> <li>- Kondenswasserbildung an lackierten Oberflächen</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 111.123,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 6,73 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 6,21 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	22,45 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	1,36 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei großem Volumen des Kirchenraumes: 15% der Kirche mit dem max. Verbrauch 35% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die umfangreiche Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 6% der Kirche mit dem max. Verbrauch 18% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 36 Befragten)	
Raumtemperatur	91% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	83% fühlen sich wohl
Luftqualität	94% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	18% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	23% frieren „oft“
Energieverbrauch	51% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 83% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- starker Auf- und Abheizbetrieb mit <math>\Delta T</math> bis zu 8K</li> <li>- rel. Feuchte mit Grenzwertüberschreitungen</li> <li>- Maßnahmen zur Behebung von Schäden an der Raumschale, Ausstattung und Orgel erforderlich</li> <li>- Zugerscheinungen trotz unkontrollierter und mangelhafter Raumluftzirkulation</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombination aus Grundheizung, körpernaher Heizung und statischer Heizung an Außenwänden</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung &lt; 40% und &gt; 80% reagiert 1-2x/Jahr</li> <li>- Hinweis: Erhöhung der Solltemperatur Bankheizkörper von 15°C auf 18 °C, da Regelung die BHK zu früh abschalten (realisiert)</li> </ul>
Energieverbrauch	- geringe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der intensiven Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Norden





## St. Petri Bad Bodenteich

Projektphase 1, KG05

Baujahr: 1836

Volumen: 4.494 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 600

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	89%
Energieverbrauch	86%
Sozialmonitoring	80%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas, Strom
Grundheizungssystem	WW-Heizung mit Flachheizkörpern
Körpernahe Heizungssystem	Elektrische Bankheizung
Lüftung	Fenster nicht zu öffnen kleine Öffnungen an beiden Seiten
Art der Heizungsregelung	Zeitschaltuhr ABB DTS
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	4°C (eingestellt 8°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (Konzerte 18°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	19 – 20 °C
Aufheizgradient	0,5 – 1 K/h (lt. Rundvfg. G3 2016, LKH)
Veranstaltungen p.a.	ca. 117 Veranstaltungen pro Jahr - tägl. offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - unregelmäßig Konzerte, Vorträge, usw.

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufig bis zu ±1,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird meist über-/unterschritten</li> <li>- relative Feuchte mit seltenen Grenzwertverletzungen</li> <li>- dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität tolerierbar</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut</li> <li>- Lüftungsvorgänge sind nicht zu erkennen</li> <li>- Schimmelbefall an Fensterlaibung im Heizungsraum</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- auf den Oberflächen sehr geringe Verstaubungen</li> <li>- der Prospekt ist ohne Mängel sehr gut erhalten</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausstattung und Kirchenbau in gutem und gepflegtem Erhaltungszustand</li> <li>- partielle Farbblockierungen und Salzbelastung</li> <li>- keine Schäden an der auffällig gestalteten Holzdecke</li> <li>- Trocknungsrisse an Holz-Kirchenbänken, vermutlich ursächlich durch ELT-Bankheizung</li> <li>- aktiver geringer Anobienbefall an Prinzipalstücken</li> </ul>



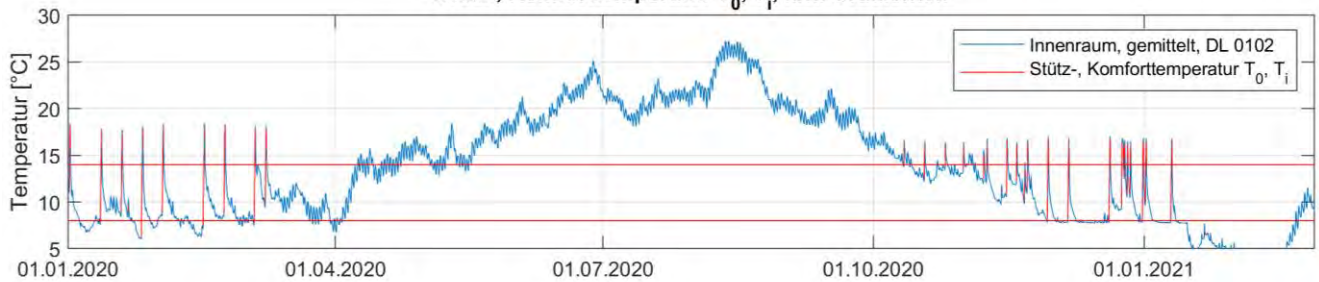
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 21.424,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 4,77 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 8,15 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	4,34 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	0,97 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr geringer <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 11% der Kirche mit dem max. Verbrauch 25% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 7,5% der Kirche mit dem max. Verbrauch 25% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 33 Befragten)	
Raumtemperatur	84% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	77% fühlen sich wohl
Luftqualität	90% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	6% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	12% frieren „oft“
Energieverbrauch	44% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 77% der Befragten in der Kirche wohl

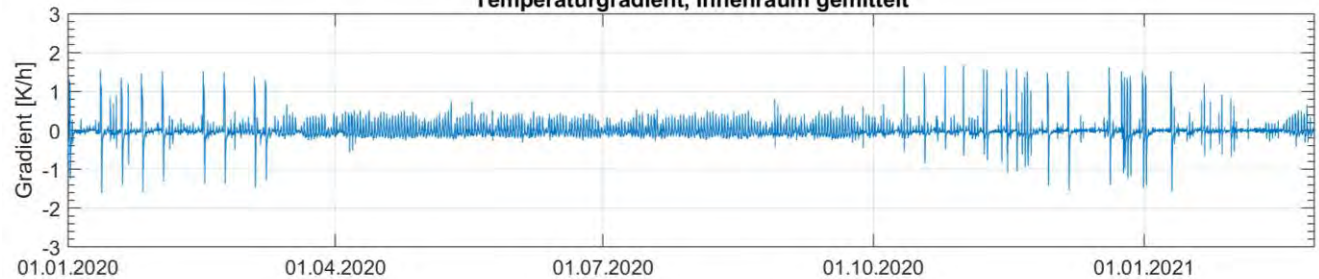
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grenzwerte der rel. Feuchte werden meist eingehalten</li> <li>- Temperaturgradient häufig zu hoch</li> <li>- Orgel und Ausstattung in gutem und gepflegtem Erhaltungszustand</li> <li>- ELT-Bankheizung führt vmtl. zu Trocknungsrisse an Holz-Kirchenbänken</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Kombination aus Grundheizung und körpernaher Heizung</li> <li>- zusätzliche feuchtegesteuerte Lüftung nicht unbedingt erforderlich</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der mittleren Nutzung vergleichsweise sehr gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Bad Bodenteich

### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Kirche Harsefeld

Projektphase 1, KG07

Baujahr: 19. Jahrhundert

Volumen: 7.895 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 300

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	90%
Energieverbrauch	77%
Sozialmonitoring	87%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas, Strom
Grundheizungssystem	WW-Wärmestation (WW-Luft)
Körpernahe Heizsystem	WW-Fußbodenheizung ELT-Fußbodenheizung im Kinderbereich
Lüftung	zentrale Außenluftzufuhr Nachtlüftung (dezentral) im Sommer
Sonstiges	Wärmepumpe mit Wärmeübertrager zur Entfeuchtung
Art der Heizungsregelung	Gebäudeleittechnik (Deos AG)
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	12°C (minimal 9,5°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	18°C
Entfeuchtung aktiv ab	65%
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	0,5 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 227 Veranstaltungen pro Jahr - täglich offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 0,5 K/h > 1 K/h	häufig sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	gering
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±0,5 K/h wird häufig über-/unterschritten, ±1 K/h wird eingehalten</li> <li>- relative Feuchte mit geringen Grenzwertverletzungen</li> <li>- dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität tolerierbar</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut</li> <li>- Entfeuchtung ab 65% ist zwar nicht zu erkennen, rel. Feuchte könnte allerdings noch höher liegen</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oberflächenschmutz, kleinere Trockenrisse</li> <li>- neuerer Befall durch Mikroorganismen (Weißschimmel) der seitlichen schlechter durchlüfteten Bereiche</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lang zurückliegende Schadensentwicklung durch Salzbelastung in Sockelzone</li> <li>- kaum Trockenrisse an einem gut erhaltenen Holzbestand</li> <li>- keine raumklimabedingten Schäden</li> </ul>

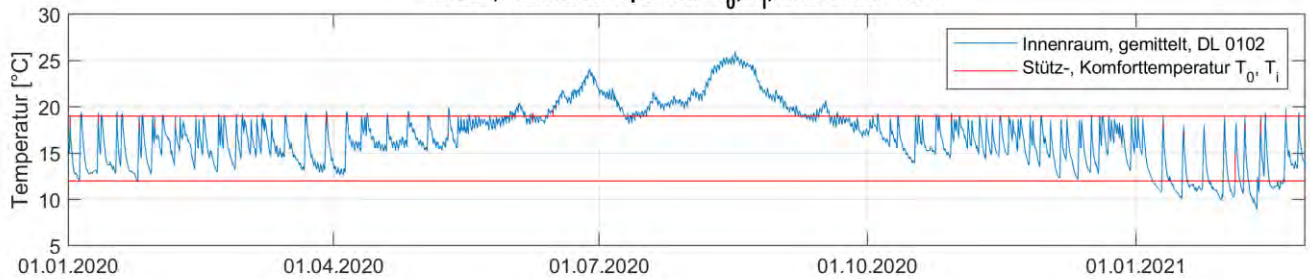
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 235.769,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 15,40 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 13,56 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	24,56 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	3,11 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei rel. großem Volumen des Kirchenraumes: 36% der Kirche mit dem max. Verbrauch 80% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr geringer <math>EVK_{rel}</math>, bei intensiver Nutzung im Jahr: 13% der Kirche mit dem max. Verbrauch 41% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 23 Befragten)	
Raumtemperatur	91% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	95% fühlen sich wohl
Luftqualität	96% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	5% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	5% frieren „oft“
Energieverbrauch	49% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 95% der Besucher wohl

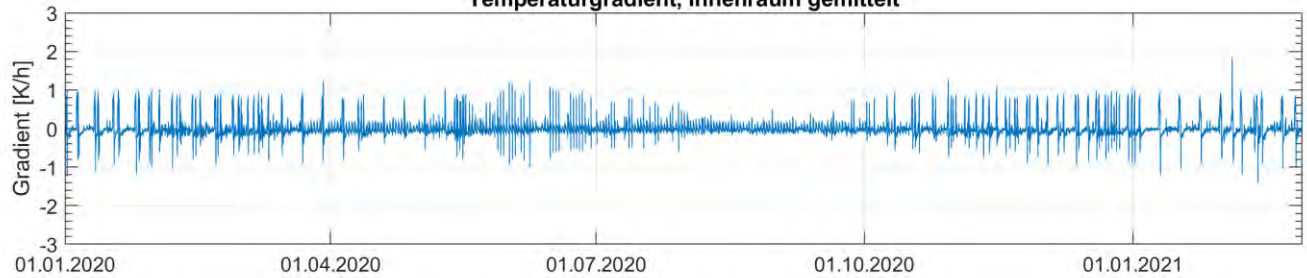
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alle Grenzwerte werden eingehalten</li> <li>- Grenzwertverletzungen in den Sommermonaten nicht zu vermeiden</li> <li>- geringe Schäden an der Orgel</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stimmiges System aus Grundheizung und körpernaher Heizung, zusätzliche zentrale/dezentrale Lüftung</li> <li>- Kombination und die Fahrweise der Grundheizung und der körpernahen Heizungen funktioniert sehr gut</li> <li>- Gebäudeleittechnik mit Bedien-Tablett-PC gehört zum Stand der fortgeschrittenen Technik</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der intensiven Nutzung vergleichsweise gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Harsefeld

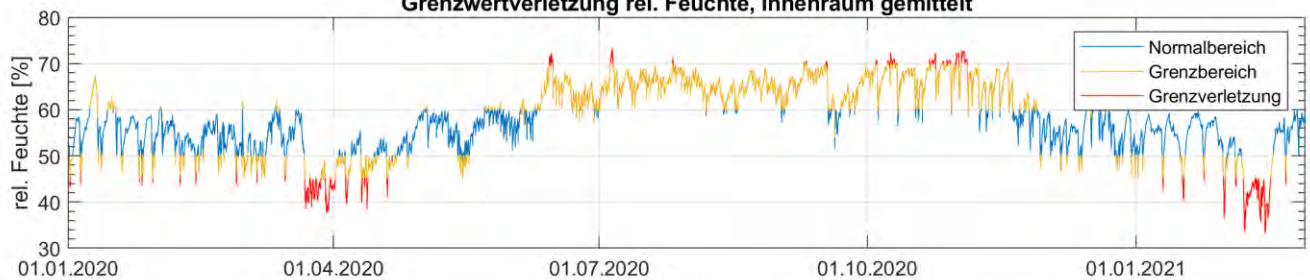
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



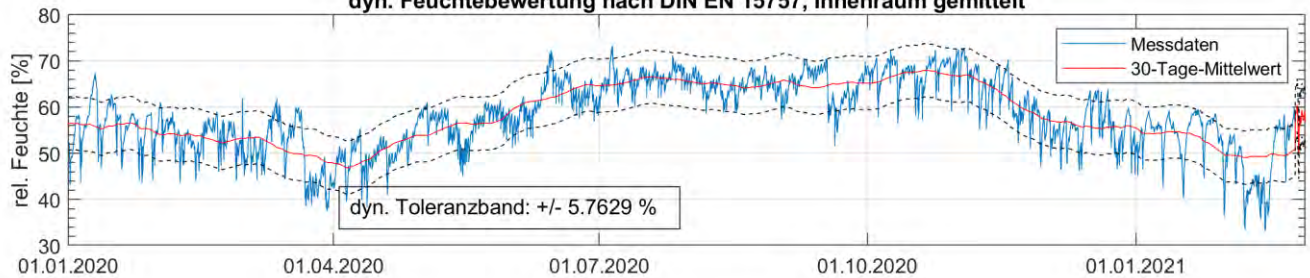
### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt





## St. Andreas Kirche Springe

Projektphase 1, KG10

Baujahr: 1454

Volumen: 1.914 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 400

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	84%
Energieverbrauch	29%
Sozialmonitoring	72%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas / Strom
Grundheizungssystem	Direkt befeuerter Warmlufterzeuger (WW-Luft)
Körpernahes Heizungssystem	elektrische Sitzkissenheizung, Heizstrahler
Lüftung	manuelle Fensterlüftung, insgesamt 4 Fensterflügel
Art der Heizungsregelung	GFR ecs.3 defekt, nur noch Ein/Aus-Betrieb
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C (meist 12°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (Konzerte max. 18°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	½°C in 2 h für die Orgel
Veranstaltungen p.a.	ca. 167 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - regelmäßige Konzerte, Vorträge

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	vereinzelt über-/unterschritten
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	häufig
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlage verschlissen, Regelung defekt (nur EIN/AUS), d.h. Temperatur ungeregt</li> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient grob eingehalten</li> <li>- Raumtemperatur deutlich höher als gefordert</li> <li>- tlw. Tendenz zu niedriger Feuchte aufgrund hoher Nutzungstemperatur</li> <li>- relative Feuchte schwankt stark im Jahresverlauf</li> <li>- große dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- keine Feuchtevorrangsschaltung</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ziel 50% – 75% rel. Feuchte</li> <li>- i. Allg. guter gepflegter Zustand</li> <li>- dezenter mikrobieller Befall mit Verfärbungen der Hauptwerk-Rückwandtüren</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Malschichtschäden Altar mit Substanzverlust</li> <li>- erheblicher mikrobieller Befall an Altarrückseite und Unterseite Kirchenbänke (alter Befall)</li> <li>- Vermutung temporär extremer Feuchteverhältnisse im Raum</li> <li>- größere Schäden aufgrund des Raumklimas</li> </ul>



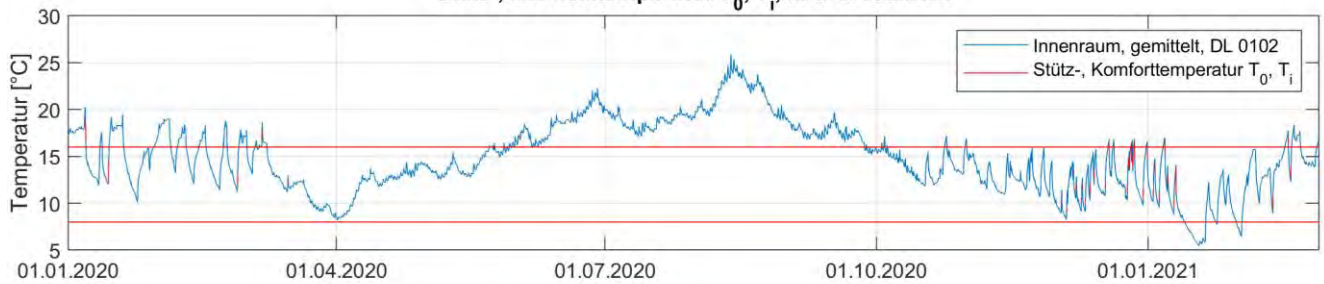
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 67.667,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 35,35 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 42,34 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	14,46 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	7,55 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei kleinem Volumen des Kirchenraumes: 82% der Kirche mit dem max. Verbrauch 182% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die moderate Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 39% der Kirche mit dem max. Verbrauch 127% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 32 Befragten)	
Raumtemperatur	66% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	56% fühlen sich wohl
Luftqualität	81% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	16% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	38% frieren „oft“
Energieverbrauch	71% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 56% der Befragten in der Kirche wohl

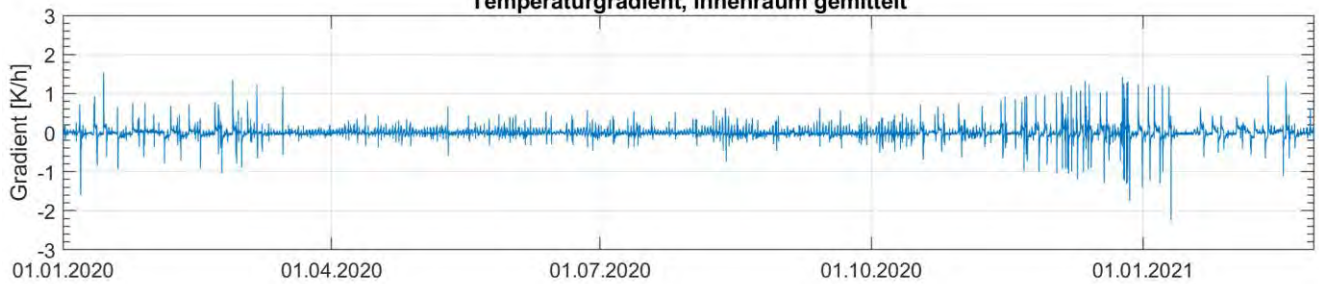
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stark schwankende Temperatur und rel. Feuchte im Jahresverlauf</li> <li>- Schäden an der Ausstattung und moderat an der Orgel</li> <li>- Raumklima bei schwankenden Temperaturen und steigender Feuchtigkeit beobachten</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrweise der Kombination aus Grundheizung und körpernaher Heizung wegen defekter Steuerung mangelhaft</li> <li>- Erneuerung der Automatisierungstechnik notwendig</li> <li>- Überprüfung der Lüftung bzw. Prüfung einer kontrollierten feuchtegesteuerten Lüftung</li> </ul>
Energieverbrauch	- hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des geringen Raumvolumens und der mittleren Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Springe

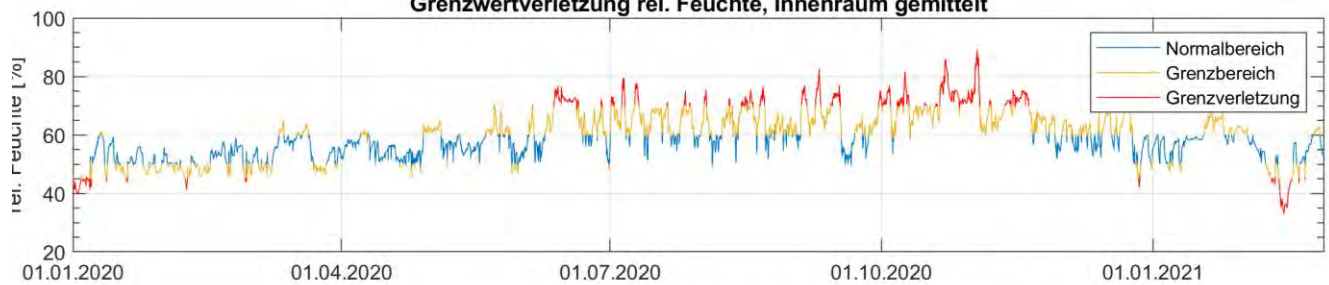
Stütz-, Komforttemperatur  $T_0$ ,  $T_i$ , krit. Gradienten



Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



dyn. Feuchtbewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## St. Nikolai Borstel

Projektphase 1, KG11

Baujahr: 1412

Volumen: 1.695 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 350

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	60%
Energieverbrauch	11%
Sozialmonitoring	74%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas / Strom
Grundheizungssystem	Indirekt befeuerter Warmlufterzeuger (WW-Luft)
Körpernahe Heizungssystem	Elektrische Sitzkissenheizung RLM3x15 Thermoplush
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	F&M Heiztechnik KA10, Zeitschaltuhr und manuell
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C (unterschiedliche Angaben)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	14°C (unterschiedliche Angaben)
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	1 K/h (unterschiedliche Angaben)
Veranstaltungen p.a.	ca. 93 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - unregelmäßige Konzerte, Lesungen

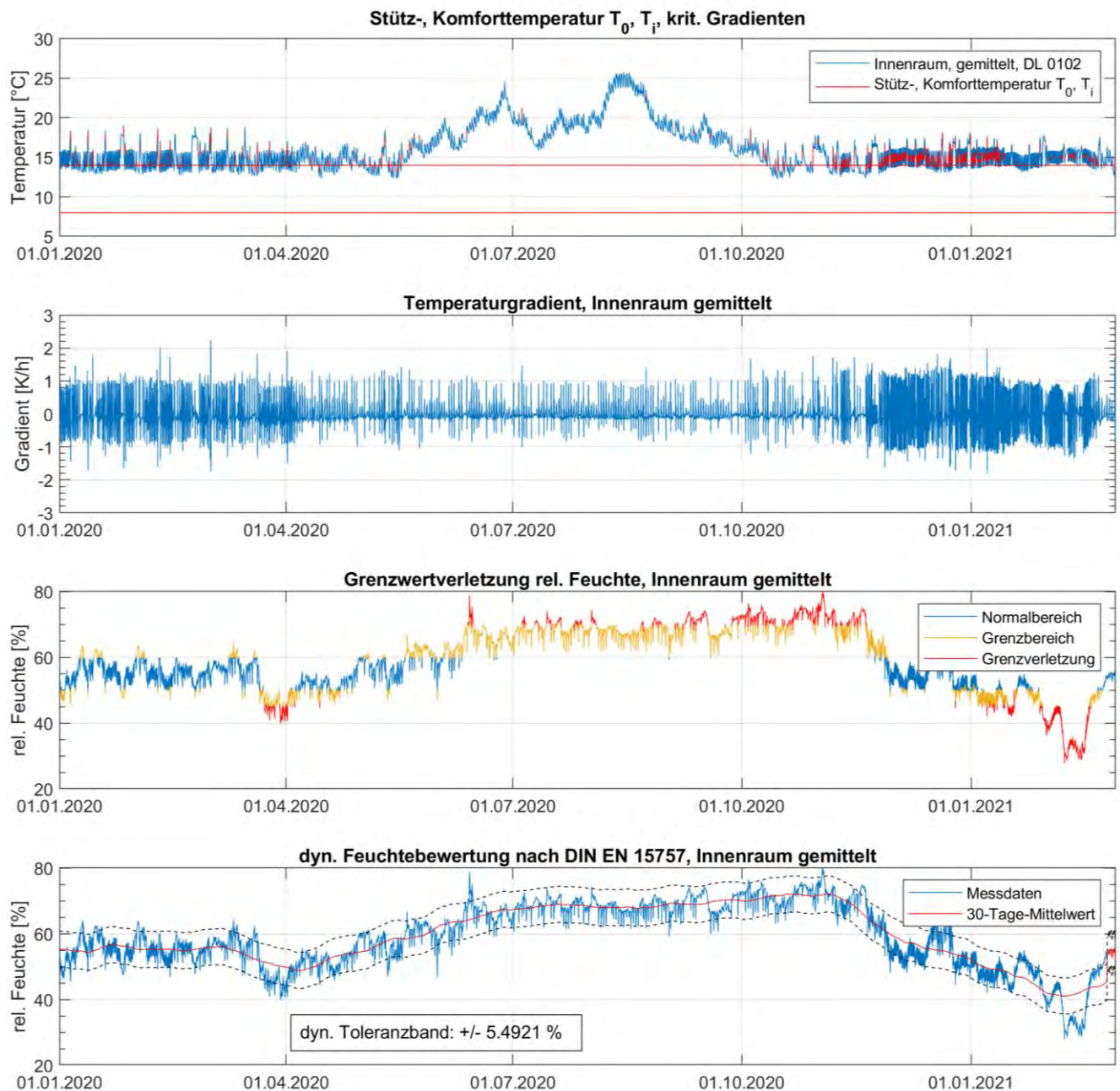
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufige Über- und Unterschreitung
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	tlw. bis zu 4 Wochen
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	tlw. mehrere Tage
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tägliches Ein-/Ausschalten zwischen 13°C und 16°C</li> <li>- unter Bänken ca. 1K höher zeitweise bis 19°C</li> <li>- Gottesdienste bei ca. 18°C</li> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird nicht eingehalten</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung nur Ein/Aus</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geforderte Temp. 6°C-16° C, rel. Luftfeuchte 40%-70 %</li> <li>- Beseitigung Schimmelpilz und vorbeugende Behandlung der Orgel gegen erneuten Befall 2011</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salzkristallisation West- und Ostwand (alter Schaden)</li> <li>- Trocknungsrisse an Skulpturen, offene Leimfugen Altar</li> <li>- keine umfangreichen Fassungsbeeinträchtigungen an unbeweglichem Inventar</li> <li>- Malschichtanhebungen mit Substanzverlusten partiell an einzelnen Skulpturen</li> <li>- Schimmel an Holz/Gestühlunterseiten Westempore</li> <li>- Auswirkungen hoher Luftfeuchtigkeit nur in begrenztem Ausmaß</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 42.151,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 24,88 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 53,50 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	9,09 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	5,36 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei kleinem Volumen des Kirchenraumes: 58% der Kirche mit dem max. Verbrauch 128% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die moderate Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 50% der Kirche mit dem max. Verbrauch 160% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 23 Befragten)	
Raumtemperatur	83% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	77% fühlen sich wohl
Luftqualität	74% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	9% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	17% frieren „oft“
Energieverbrauch	68% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz einiger kritischen Anmerkungen fühlen sich 77% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Schäden aufgrund des Raumklimas</li> <li>- rel. Feuchte mit großen Unterschieden im Jahresverlauf</li> <li>- offene Kirche im Frühjahr bei offenen Türen ungünstig</li> <li>- Verbesserung Raumklima insbes. für Orgel empfohlen</li> <li>- bei zu hohe Raumtemperaturen folgt daraus zu niedrige rel. Feuchte</li> <li>- Kirchengebäude sehr dicht: hohe Außentemperatur - Raum zu feucht, niedrige Außentemperatur - Raum zu trocken</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regelung/Zeitschaltuhr veraltet, Erneuerung gefordert</li> <li>- Sitzbankheizungen haben sich bisher bewährt.</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> </ul>
Energieverbrauch	- hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des geringen Raumvolumens und der geringeren Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Borstel





## Kirche am Stölpchensee

Projektphase 1, KG12

Baujahr: 1859

Volumen: 1.440 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 200

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	67%
Energieverbrauch	0%
Sozialmonitoring	80%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	WW-Heizung mit Thermofußleisten
Körpernahe Heizsystem	WW-Bankheizung mit Rohrheizkörpern
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Mahr Actherm F
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	12°C (verschiedene Angaben, tlw. 8°C eingestellt)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	17°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	17°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 44 Veranstaltungen pro Jahr - 14-tägig Gottesdienste - unregelmäßig Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufig bis +2 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	tlw. mehrere Wochen
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	tlw. mehrere Wochen
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- körpernahe Heizung mit dem gleichen Temperaturniveau im Vgl. zur Grundheizung</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung mehrfach im Jahr in Betrieb</li> <li>- zu niedrige Feuchte, Heizung springt nicht an</li> <li>- zusätzliche Luftbefeuchter</li> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h nicht eingehalten</li> <li>- hohe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert, deutlicher Absenkbetrieb mit Temperaturdifferenzen bis zu 8K</li> </ul>
Zustand der Orgel	- Temperaturniveau ca. 2K niedriger
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innenraum und die Ausstattungsstücke befinden sich in einem guten Zustand</li> <li>- nur mäßige Anzeichen für neue Schäden</li> <li>- lokale Schalenbildung am Putz des Sockelbereiches Südseite</li> <li>- Trocknungsrisse bei Holz</li> <li>- Schäden aufgrund des Raumklimas in mäßigem Umfang</li> </ul>



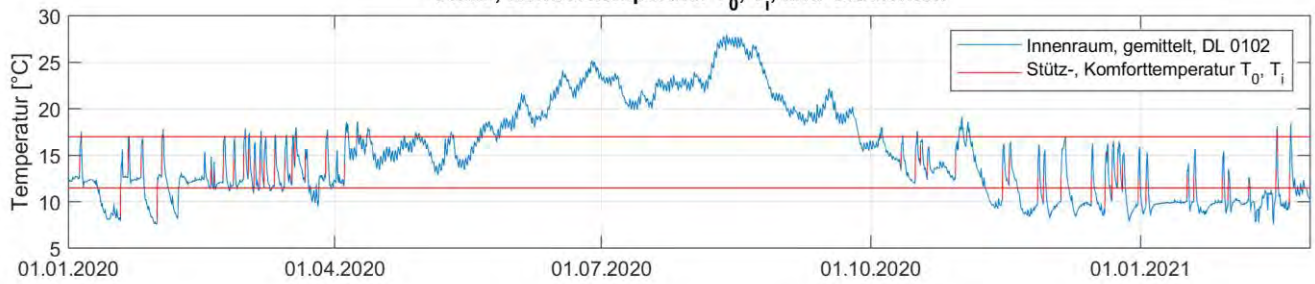
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 33.882,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 23,53 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 106,95 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	6,84 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	4,75 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei kleinem Volumen des Kirchenraumes: 55% der Kirche mit dem max. Verbrauch 121% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die sehr geringe Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 100% der Kirche mit dem max. Verbrauch 320% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 28 Befragten)	
Raumtemperatur	96% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	79% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	11% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	14% frieren „oft“
Energieverbrauch	38% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 79% der Befragten in der Kirche wohl

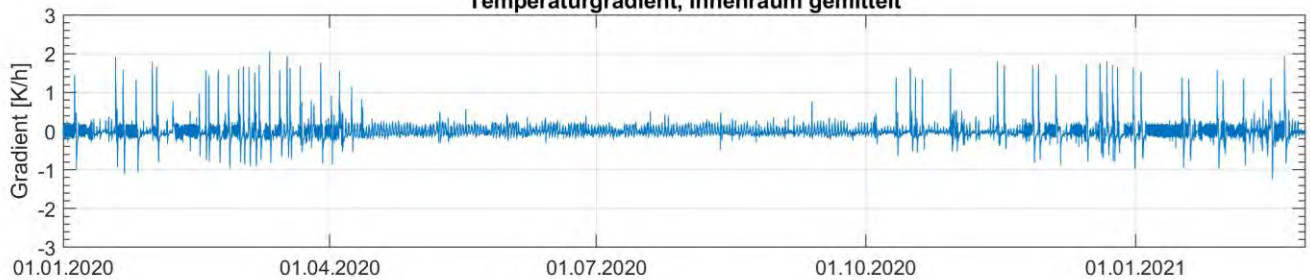
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallwinde bzw. deutlicher Luftzug in Wandnähe</li> <li>- große Temperaturunterschiede durch Absenkbetrieb</li> <li>- rel. Feuchte mit großen Unterschieden im Jahresverlauf</li> <li>- geringe Schäden an der Ausstattung und Orgel</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeinde unzufrieden mit der Heizung, vmtl. mangelnde Kenntnisse bei der Anlagenführung</li> <li>- Wartung der Anlage nicht optimal</li> <li>- Hinweise: Absenk-/Aufheiztemperatur geändert, Systemzeit der Regelung falsch, Bedienung der mobilen Luftbefeuchter erläutert</li> <li>- Fernbedienung mittels Handy gewünscht</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> </ul>
Energieverbrauch	- hohe und sehr hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des geringen Raumvolumens und der sehr geringen Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Stölpchensee

Stütz-, Komforttemperatur  $T_0$ ,  $T_i$ , krit. Gradienten



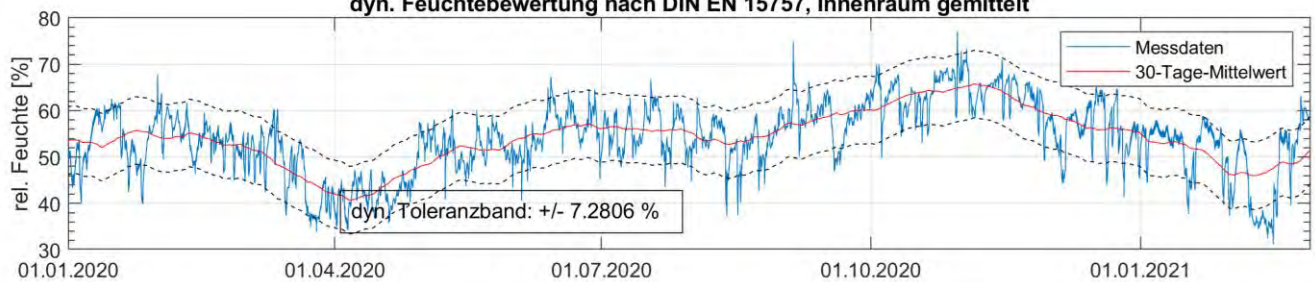
Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Golgathakirche, Berlin

Projektphase 1, KG15

Baujahr: 1900

Volumen: 6.250 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 500

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	67%
Energieverbrauch	68%
Sozialmonitoring	47%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	WW-Heizung mit Einzel-Heizkörpern
Körpernahe Heizungssystem	WW-Bankheizung mit dünnen Rohrheizkörpern
Lüftung	keine
Art der Heizungsregelung	Buderus Logamatic 4323
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	12°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	19-20°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	19-20°C
Veranstaltungen p.a.	ca. 309 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig Gottesdienste und Andachten - regelmäßig Konzerte, Theater, Vorträge usw.

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht nachweisbar, da kein Absenkbetrieb
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	im Winterhalbjahr fast immer 20-45%
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heizen nach „Gefühl“, Ein/Aus „per Hand“</li> <li>- keine Trennung der Heizungen zwischen Kirche und Konvikt (Nachbargebäude)</li> <li>- keine Temperaturregelung und Feuchtevorrangschaltung</li> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird eingehalten, da kein Absenkbetrieb</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperatur im Winterhalbjahr durchgängig ca. 18-20°C</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken bis 30°C</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trocknungsschäden an Holzkörpern, undichte Relais</li> <li>- ausgeprägtes Schrumpfen der Hölzer am Orgelprospekt</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- umfangreiches Austrocknen und Schwinden von hölzernen Ausstattungsstücken</li> <li>- geöffnete Holzverbindungen (Brüstungsplatten Orgelempore, Südostempore)</li> <li>- deutliche Schäden in Form von Trocknungsrissen an Kanzel, Altarretabel</li> <li>- älteren Feuchteschäden im Gewölbe</li> <li>- kleinformatiger Ablösungen der Malschicht am Leinwandbild</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 184.878,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 29,58 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 19,15 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	37,35 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	5,98 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei großem Volumen des Kirchenraumes: 68% der Kirche mit dem max. Verbrauch 153% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- mittlerer <math>EVK_{rel}</math>, der die sehr hohe Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 18% der Kirche mit dem max. Verbrauch 57% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

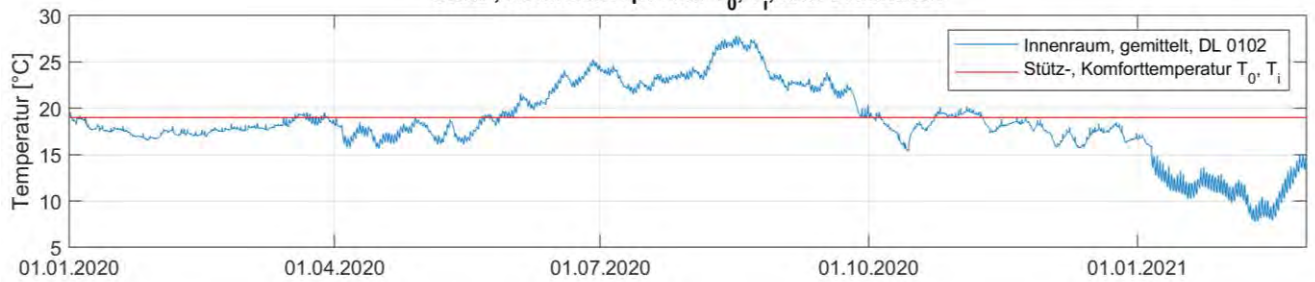
Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 6 Befragten)	
Raumtemperatur	50% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	60% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	83% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	20% frieren „oft“
Energieverbrauch	64% wünschen sich Information
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- die Beteiligung an der Nutzerbefragung war sehr gering, das Ergebnis ist wenig belastbar</li> </ul>

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Festlegungen zum Raumklima</li> <li>- Kirche im Winterhalbjahr häufig zu warm, rel. Feuchte immer zu niedrig</li> <li>- keine Lüftung</li> <li>- Zugerscheinungen im Winterhalbjahr an Türen</li> <li>- größere Schäden aufgrund des Raumklimas</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorschläge: getrennte Fahrweise der Heizung von Kirchenraum und Konvikt (Nachbargebäude), Realisierung der Heizungsregelung</li> <li>- Realisierung Absenkfahrweise, Feuchtevorrangschaltung</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> <li>- Einhaltung von Grenzwerten der rel. Feuchte</li> </ul>
Energieverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe bis mittlere Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der intensiven Nutzung</li> </ul>
Sozialwissenschaftliches Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einschätzung der Behaglichkeit im unteren Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen</li> </ul>

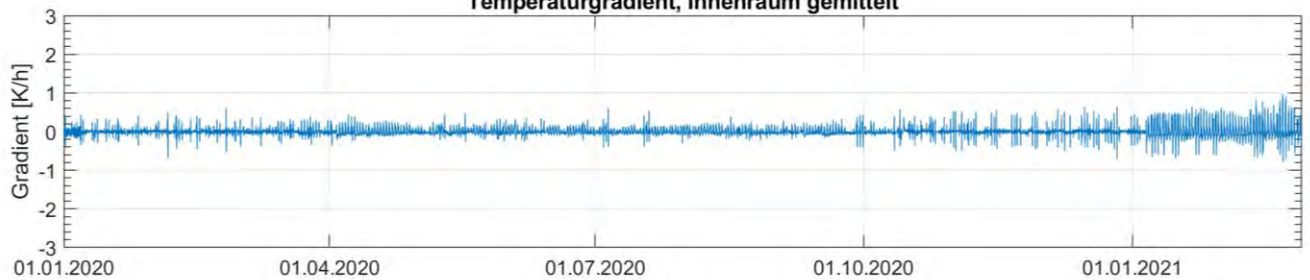


## Golgathakirche Berlin Mitte

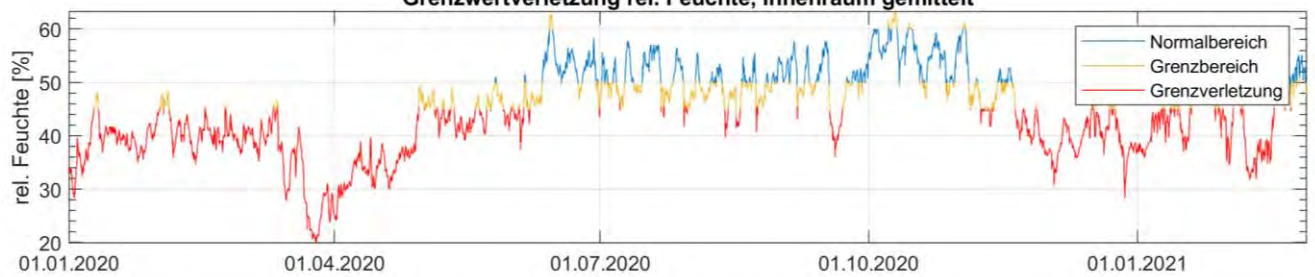
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Dorfkirche Geltow

Projektphase 1, KG16

Baujahr: 1886-1887

Volumen: 2.100 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 350

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	84%
Energieverbrauch	22%
Sozialmonitoring	84%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizsystem	WW-Wärmestation (WW-Luft) mit Verdunstungswannen und Thermofußleisten (WW)
Körpernahe Heizsystem	WW-Bankheizkörper mit Rohrheizkörper
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Honeywell Centra Line
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	11°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	19°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	19°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 124 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig Gottesdienste und Andachten - unregelmäßig Konzerte, Veranstaltungen

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht nachweisbar
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 40%	teilweise
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird eingehalten</li> <li>- relative Feuchte in den empfohlenen Grenzen mit zeitweise Abweichungen &lt; 45%</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung mit Absenkbetrieb funktioniert</li> <li>- Feuchteregelung vorhanden, aber Befeuchtung der Konvektortruhen reicht nicht aus</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken bis 22°C</li> <li>- Überheizung der Kirche 2017 durch defekte Regelung mit starken Temperaturschwankungen</li> </ul>
Zustand der Orgel	- einige Töne von Holzpfeifen klemmen
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raum, Ausstattungsstücke überwieg. in gutem Zustand</li> <li>- Trocknungsrisse bei Holz, überwiegend bereits vor dem Einbau der Heizung vorhanden, Schrumpfrisse neu</li> <li>- Raumklima scheinbar zu trocken, Luftbefeuchtung nicht ausreichend</li> <li>- Schäden aufgrund des zu trockenen Raumklimas (vermutlich 2017)</li> </ul>

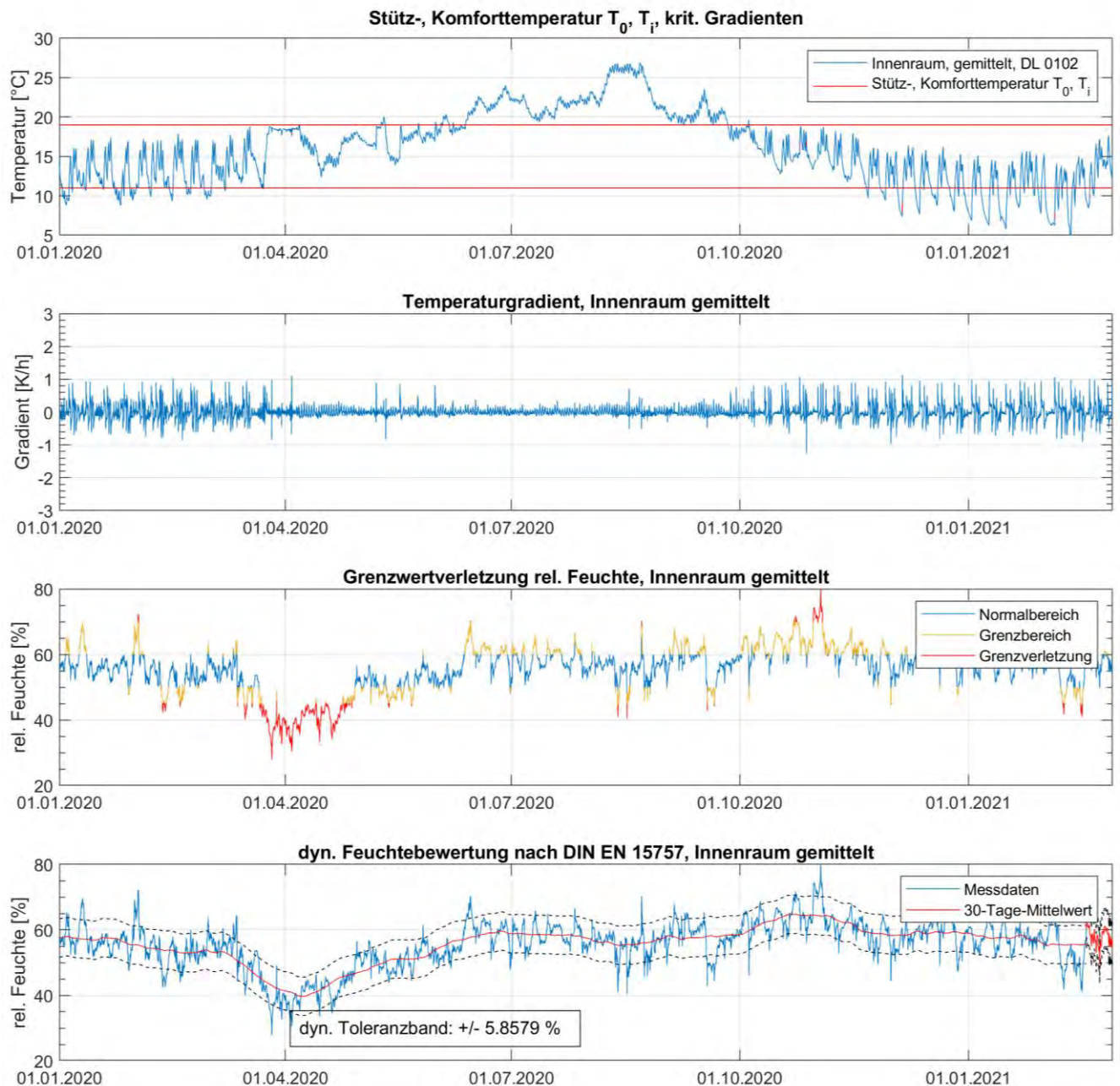


Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 60.558,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert (HEV <sub>spez</sub> =HEV/Volumen)	HEV <sub>spez</sub> = 28,84 kWh/(a·m³)
relativer Heizenergieverbrauchskennwert (HEV <sub>spez</sub> *100/Veranstaltungen pro Heizper.)	EVK <sub>rel</sub> = 46,51 kWh/(a·m³·Zv)
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	12,23 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	5,83 t/(a·m³)
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher HEV<sub>spez</sub> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 67% der Kirche mit dem max. Verbrauch 149% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher EVK<sub>rel</sub>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 43% der Kirche mit dem max. Verbrauch 139% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 10 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	100% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	20% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	0% frieren „oft“
Energieverbrauch	37% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz weniger kritischer Anmerkungen fühlen sich 100% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rel. Feuchte weitgehend in den empfohlenen Grenzen, Ausreißer Anfang 2020</li> <li>- rel. hohes Temperaturniveau, sichtbaren Absenkbetrieb</li> <li>- Schäden an der Ausstattung und Orgel durch zu trockenes Raumklima (kann aufgrund der Messungen 2019-2021 nicht bestätigt werden, vmtl. auf die Fehlfunktion 2017 zurückzuführen)</li> <li>- Hinweis: Absenken der Temperatur für Nutzung von 19 °C auf 16 °C, wurde ab Nov. 2020 realisiert mit nachfolgend stabiler rel. Feuchte</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundheizung und körpernahes Heizsystem (Rohrheizkörper) entspricht dem Stand der Technik</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> </ul>
Energieverbrauch	- hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der durchschnittlichen Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Geltow



## Apostel-Paulus-Kirche Berlin-Hermsdorf

Projektphase 1, KG17

Baujahr: 1935

Volumen: 4.640 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 500

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	90%
Energieverbrauch	13%
Sozialmonitoring	68%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	WW-Heizung mit Heizband
Körpernahe Heizungssystem	WW-Bankheizung mit Flachheizkörper
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Mahr Actherm F
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	10°C (verschiedene Angaben)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (verschiedene Angaben)
Solltemperatur körpernahe Heizung	16°C (verschiedene Angaben)
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 96 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig Gottesdienste - regelmäßig Konzerte

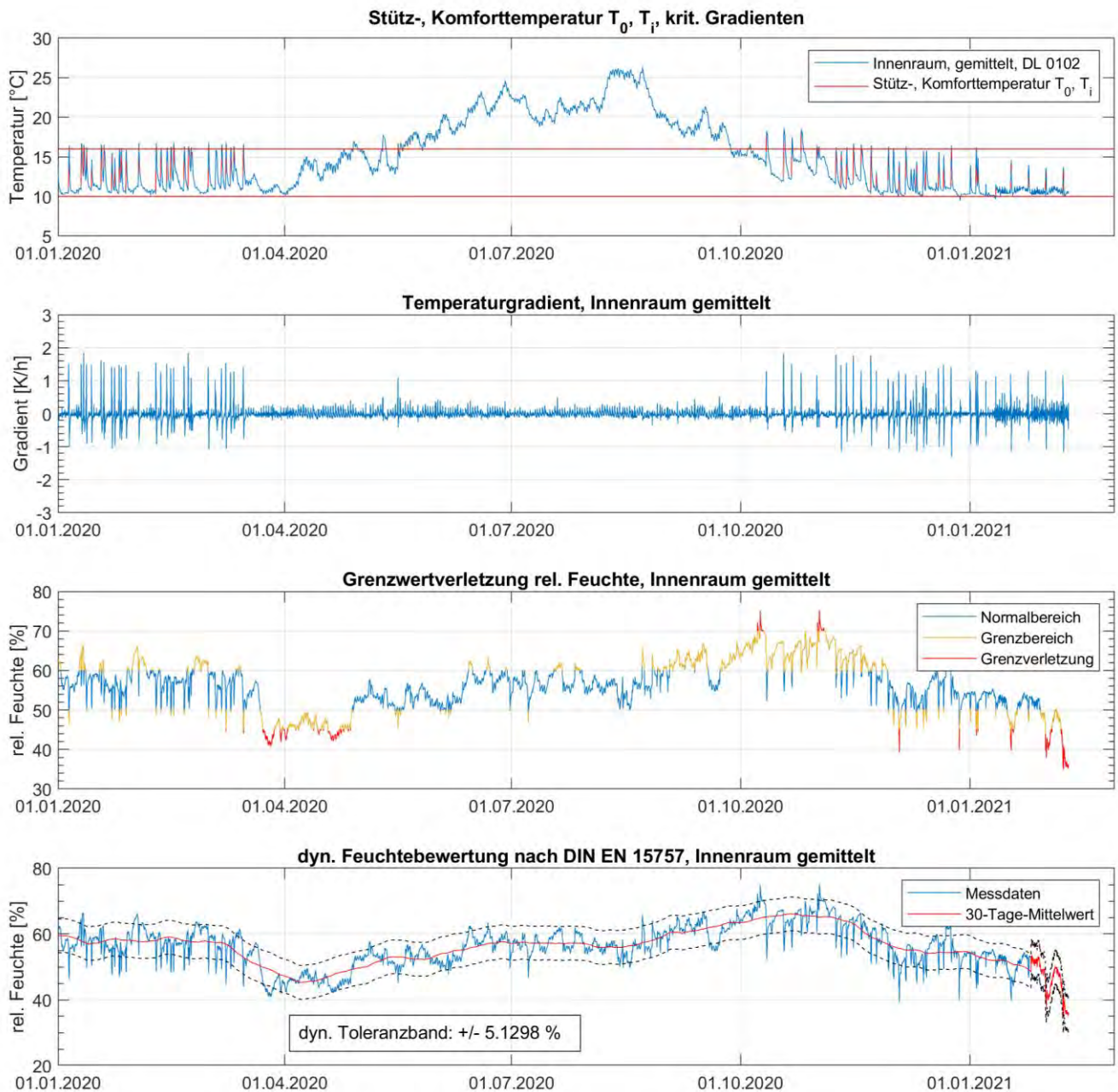
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufig bis 1,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	gelegentlich im Winterhalbjahr
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird überschritten</li> <li>- relative Feuchte meist in den empfohlenen Grenzen</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert mit deutlichem Absenkbetrieb, exakte Einhaltung der Sollwerte</li> <li>- Temperaturen unter den Bänken bis 18°C</li> <li>- zwei mobile Befeuchter vorhanden</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung aktiv (verschiedene Angaben)</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine typischen Hinweise auf ein Schrumpfen der Hölzer am Orgelprospekt</li> <li>- sorgfältige Schimmelpilzbekämpfung 2016</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oberflächen von Wänden und Ausstattungsstücken in einem sehr guten Zustand, nur geringe Spuren von Benutzung</li> <li>- Trocknungsrisse bei Holz an Sitzbänken und Holztür zur Kapelle (sehr warmer Raum)</li> <li>- Schäden aufgrund des zu trockenen Raumklimas</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 115.983,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 25,00 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 52,08 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	23,43 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	5,05 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 58% der Kirche mit dem max. Verbrauch 129% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 49% der Kirche mit dem max. Verbrauch 156% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 12 Befragten)	
Raumtemperatur	83% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	100% fühlen sich wohl
Luftqualität	82% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	18% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	20% frieren „oft“
Energieverbrauch	67% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 100% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- moderates Temperaturniveau mit sichtbarem Absenkbetrieb</li> <li>- rel. Feuchte weitgehend in den empfohlenen Grenzen</li> <li>- kaum Schäden an der Ausstattung und Orgel</li> <li>- Raumklima scheinbar zu trocken, Luftbefeuchtung nicht ausreichend</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- allgemeine Zufriedenheit der Gemeinde mit der Heizung</li> <li>- abgestuftes modernes Heizungssystem</li> <li>- entspricht dem Stand der Technik</li> <li>- körpernahes Heizsystem (Flachheizkörper) mit höherer lokaler Temperatur</li> <li>- Kirchenheizung sollte auch im Sommer in Betrieb sein, damit Feuchtevorrangschaltung aktiviert wird</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> </ul>
Energieverbrauch	- hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der durchschnittlichen Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Berlin-Hermsdorf





## St. Marienkirche, Berlin-Mitte

Projektphase 1, KG19

Baujahr: 12. Jahrhundert

Volumen: 23.000 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 900

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	100%
Energieverbrauch	90%
Sozialmonitoring	72%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Fernwärme
Grundheizsystem	Wärmestation (WW-Luft) WW-Unterflur-Gebläsekonvektoren
Körpernahe Heizsystem	WW-Bankheizkörper mit Rohrheizkörpern und WW-Fußbodenheizung (teilweise)
sonstiges	Statische Heizung, Oberflurkonvektoren Luftschleier mit Befeuchter auf Orgelempore Heizstrahler unter Chorfenstern
Art der Heizungsregelung	Gebäudeleittechnik (Siemens Desigo Insight)
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	12°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	18°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	19°C
Aufheizgradient	0,5 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 352 Veranstaltungen pro Jahr - täglich offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 0,5 K/h	nicht nachweisbar
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	sehr selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±0,5 K/h wird eingehalten</li> <li>- relative Feuchte in den vereinbarten Grenzen</li> <li>- sehr geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung vorhanden</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ausreichende Luftzirkulation, keine signifikanten Lüftungsströmungen</li> <li>- guter und gepflegter Zustand</li> <li>- Risse und Schimmel nicht erkennbar</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Schäden nach Einbau der neuen Heizung</li> <li>- vorhandene Schäden hängen untergeordnet mit der Kirchentemperierung zusammen</li> <li>- Raumklima ist gut und durch umfangreiche Messtechnik nachgewiesen, durch örtlichen Restaurator bestätigt</li> </ul>

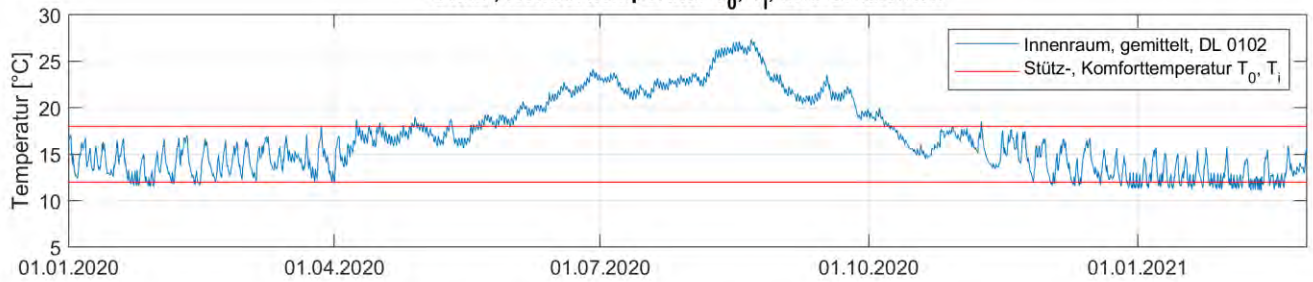
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 135.892,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert (HEV <sub>spez</sub> =HEV/Volumen)	HEV <sub>spez</sub> = 10,25 kWh/(a·m³)
relativer Heizenergieverbrauchskennwert (HEV <sub>spez</sub> *100/Veranstaltungen pro Heizper.)	EVK <sub>rel</sub> = 5,82 kWh/(a·m³·Zv)
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	66,02 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	2,87 t/(a·m³)
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer HEV<sub>spez</sub> bei großem Volumen des Kirchenraumes: 24% der Kirche mit dem max. Verbrauch 53% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr geringer EVK<sub>rel</sub>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 5% der Kirche mit dem max. Verbrauch 17% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 22 Befragten)	
Raumtemperatur	95% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	71% fühlen sich wohl
Luftqualität	91% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	50% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	27% frieren „oft“
Energieverbrauch	55% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 71% der Besucher wohl

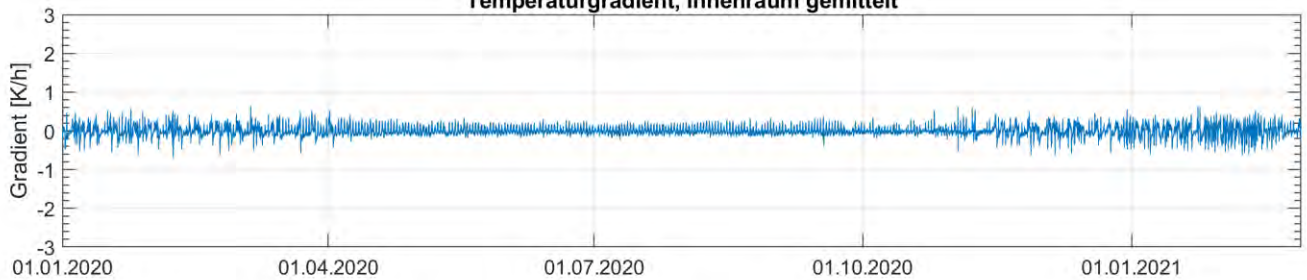
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alle Grenzwerte werden eingehalten</li> <li>- Grenzwertverletzungen in den Sommermonaten nicht zu vermeiden</li> <li>- keine Schäden an wertvoller Ausstattung und Orgel</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vielfältig abgestuftes Grundheizsystem, zwei körpernahe Heizsysteme, zusätzliche dezentral verteilte Systeme in kritischen Bereichen</li> <li>- Kombination und die Fahrweise der Grundheizung und der körpernahen Heizungen funktioniert sehr gut</li> <li>- Gebäudeleittechnik gehört zum Stand der fortgeschrittenen Technik, da die Koordination der Anlagen bei der Größe des Raumes und in Hinblick der Nutzungsszenarien nicht trivial ist</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der intensiven Nutzung vergleichsweise gering bzw. sehr gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Drittel im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Marienkirche Berlin Mitte

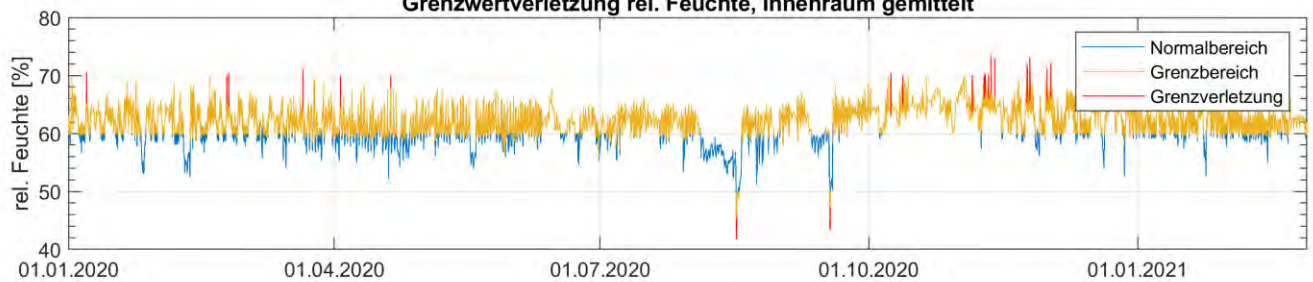
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



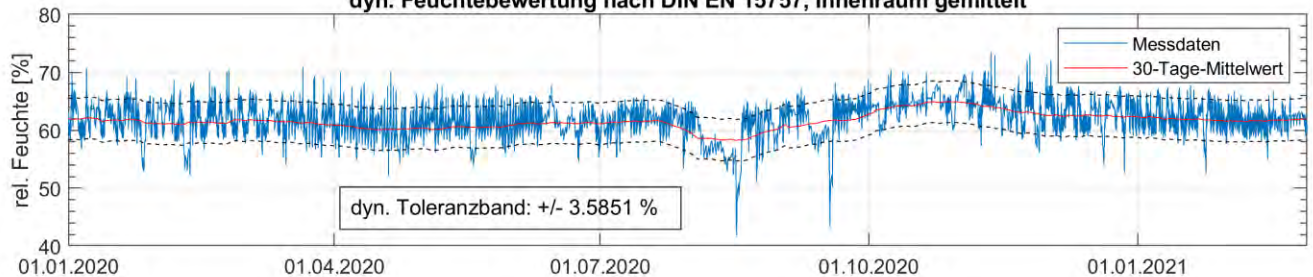
### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Passionskirche Berlin

Projektphase 1, KG20

Baujahr: 1906

Volumen: 7.320 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 560

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	60%
Energieverbrauch	79%
Sozialmonitoring	76%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	Indirekt befeuerter Warmlufterzeuger (WW-Luft)
Körpernahe Heizsystem	WW-Fußbodenheizung
Lüftung	maschinell
Art der Heizungsregelung	Mahr Heizautomatik, Duplex-Funktion zur Feuchtevorrangregelung und Lüftung
Solltemperatur Nichtnutzung c	8°C (eingestellt 16°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	18°C (eingestellt 20°C, Konzerte 20°C)
Feuchtevorrangschaltung aktiv ab Dampfbefeuchter nahe Orgel aktiv ab	75% 43% (ab 45% Aus)
Solltemperatur körpernahe Heizung	18°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 370 Veranstaltungen pro Jahr - täglich offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufige Überschreitung bis zu 1,2 K/h, seltene Unterschreitung bis zu -1,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 75%	keine Grenzwertverletzung
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 40%	sehr häufige Unterschreitung im Winterhalbjahr
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Über- und Unterschreitungen von ±1 K/h sind tolerierbar</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr zu niedrig</li> <li>- dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität mit 6,19 % etwas hoch</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut</li> <li>- Lüftungsvorgänge sind nicht zu erkennen</li> <li>- Absenkung der Solltemperatur T<sub>i</sub> auf 18°C und T<sub>0</sub> auf 11°C empfohlen</li> <li>- Gemeinde ist sehr zufrieden mit Heizungssystem und meint, keine Probleme mit hoher Trockenheit zu haben</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ältere Trocknungs- und Schrumpfrisse am Orgelprospekt, vmtl. entstanden vor Einbau der neuen Heizung</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- an Holzkanzel, Altaraufsatz, Emporenbrüstungen deutliche Hinweise auf Austrocknen und Schrumpfen der Hölzer, vmtl. entstanden vor Einbau der neuen Heizung</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 168.665,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 23,04 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 12,45 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	34,07 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	4,65 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erhöhter <math>HEV_{spez}</math> bei rel. großem Volumen des Kirchenraumes: 53% der Kirche mit dem max. Verbrauch 120% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die intensive Nutzung mit berücksichtigt: 12% der Kirche mit dem max. Verbrauch 37% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

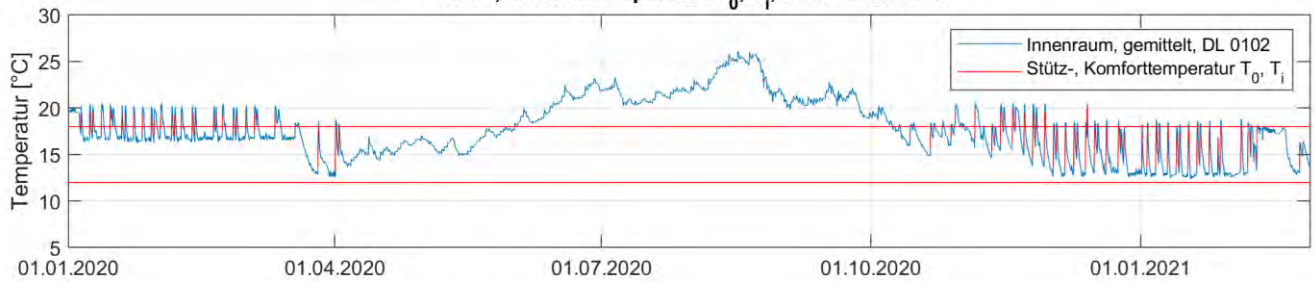
Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 12 Befragten)	
Raumtemperatur	90% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	90% fühlen sich wohl
Luftqualität	92% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	27% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	10% frieren „oft“
Energieverbrauch	36% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 90% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oberer Feuchtegrenzwert und Temperaturgradient werden eingehalten</li> <li>- zu trockene Raumluft in den Wintermonaten</li> <li>- ältere Trocknungs- und Schrumpfrisse an allen Holzbauteilen</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- System aus Grundheizung und körpernaher Heizung mit recht hohen Solltemperaturen im 1. Winterhalbjahr</li> <li>- Solltemperaturen wurden im 2. Winterhalbjahr nach Empfehlungen von ETiK niedriger eingestellt</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung funktioniert ab 75%</li> <li>- Mahr Heizautomatik gehört zum Stand der Technik</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der intensiven Nutzung vergleichsweise gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

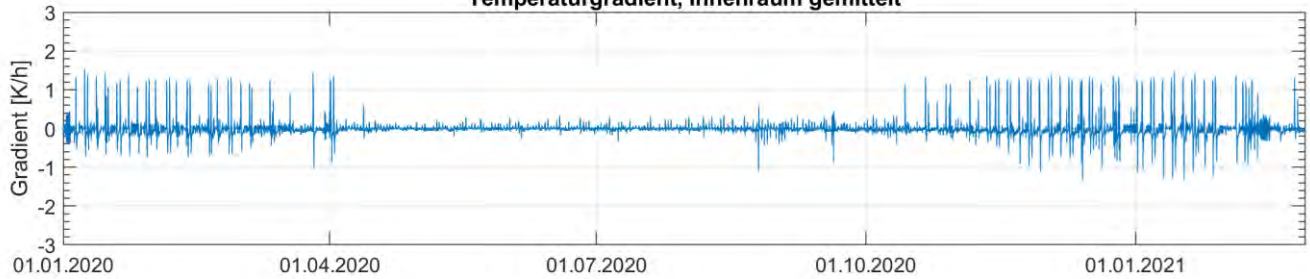


## Passionskirche Berlin Kreuzberg

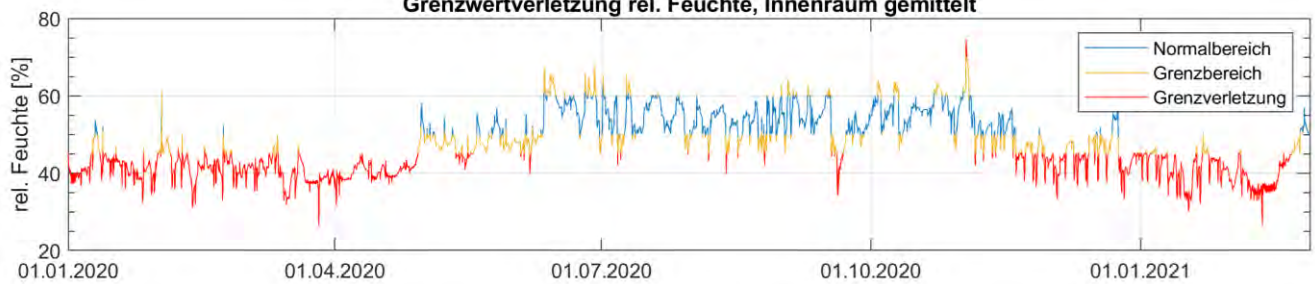
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



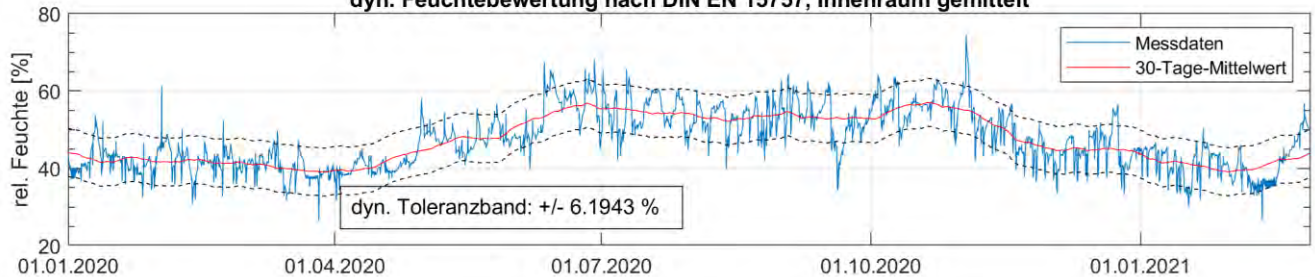
### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Trinitatiskirche Braunlage

Projektphase 1, KG21

Baujahr: 1889

Volumen: 4.732 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 500

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	76%
Energieverbrauch	11%
Sozialmonitoring	72%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Pellets, Erdgas
Grundheizungssystem	Wärmestation (WW-Luft)
Körpernahe Heizungssystem	WW-Bankheizung mit Konvektoren
Lüftung	keine
Art der Heizungsregelung	Körper KA 10
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	12°C (Gottesdienst), 16°C bei Bedarf
Solltemperatur körpernahe Heizung	12°C
Aufheizgradient	0,5 K/h (unterschiedliche Angaben auch mit 1 K/h)
Veranstaltungen p.a.	ca. 90 Veranstaltungen pro Jahr - tägl. offene Kirche - regelmäßig Gottesdienste - regelmäßig Konzerte

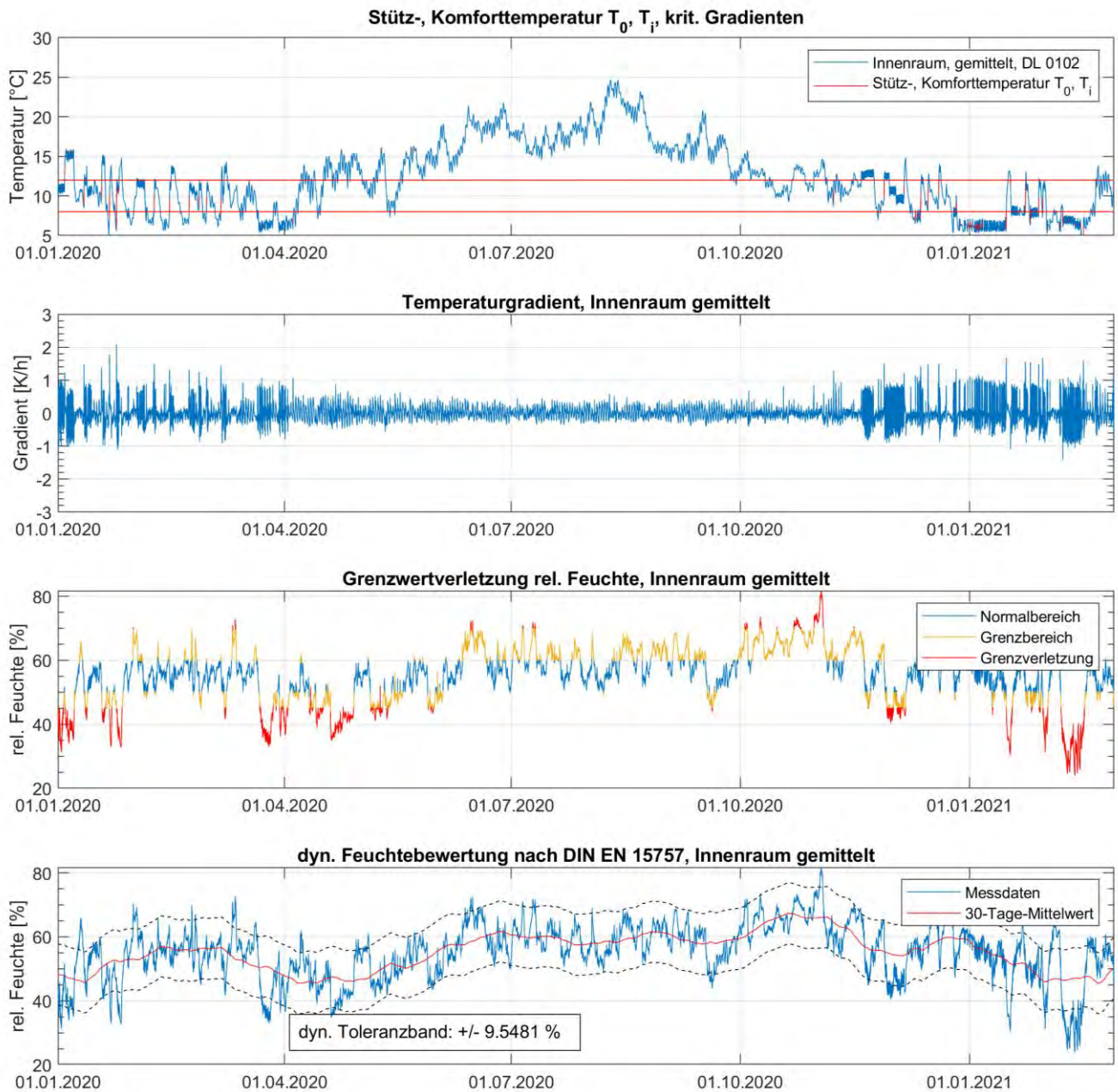
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	gelegentlich
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	oft
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird gelegentlich überschritten; 0,5 K/h meist überschritten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr häufig zu niedrig</li> <li>- sehr hohe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert unzuverlässig oder nicht vorhanden</li> <li>- Einstellung ständig wechselnder Sollwerte</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung nicht zu erkennen</li> <li>- an der Messstelle Altar werden 12°C meist eingehalten</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken bis 18°C</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orgelgehäuse hinterlässt einen guten Eindruck</li> <li>- keine Anzeichen auf mikrobielles Wachstum</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kirchenraum und wertvolle Ausstattung ist in einem sehr guten Zustand</li> <li>- keine Schwundrisse und mikrobielles Wachstum an hölzerner Ausstattung und Prinzipalstücken</li> <li>- Gebrauchsspuren der letzten 50 Jahre im Gestühl</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 113.823,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 24,05 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 53,45 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	3,12 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	0,66 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 56% der Kirche mit dem max. Verbrauch 124% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 50% der Kirche mit dem max. Verbrauch 160% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 18 Befragten)	
Raumtemperatur	83% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	83% fühlen sich wohl
Luftqualität	94% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	29% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	31% frieren „oft“
Energieverbrauch	36% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 83% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Hinweise auf ein Klimaproblem</li> <li>- wechselnde Temperaturniveaus ohne sichtbaren Regelungseffekt</li> <li>- angegebene Grenzen für rel. Feuchte von 55%-60% können nicht eingehalten werden, rel. Feuchte unterschreitet häufig die empfohlene Grenze von 45%</li> <li>- keine Schäden an der Ausstattung und Orgel</li> <li>- Zugerscheinungen zum Turm und im Altarraum</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erneuerbare Energie versorgt Grundheizung mit körpernahe Heizsystem (Konvektoren unter Bänken)</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> <li>- Hinweise: Überarbeitung oder Realisierung einer effektiven Kirchenheizungsregelung mit Auf- und Abheizrampe, Feuchtevorrangschaltung</li> </ul>
Energieverbrauch	- hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der durchschnittlichen Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Braunlage



## St. Trinitatis Klein Mahner

Projektphase 1, KG22

Baujahr: 13. Jahrhundert / 1866

Volumen: 1.300 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 136

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	65%
Energieverbrauch	49%
Sozialmonitoring	61%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Strom
Grundheizungssystem	Nachtspeicheröfen
Körpernahe Heizungssystem	Elektrische Sitzkissenheizung Thermoplush RLM3x40
Lüftung	manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Stiebel-Eltron mit GSM-Modul GX155
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	-
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	13°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	-
Aufheizgradient	1,5 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 46 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig Gottesdienste alle 14 Tage - wenige Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht nachweisbar
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	generell überschritten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	keine
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird meist eingehalten</li> <li>- relative Feuchte generell zu hoch</li> <li>- sehr geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung Ein/Aus, Bedienung mit Handy</li> <li>- Einhaltung gewünschter Sollwerte funktioniert nur unzureichend</li> <li>- Heizung mit Nachtstrom, Nachttarif ggf. mit Sonderkonditionen</li> <li>- große Temperaturschwankungen</li> <li>- Sitzkissenheizung mit Wärmeabgabe bei Belastung</li> </ul>
Zustand der Orgel	- Orgel in einem guten Erhaltungszustand
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- höhere relative Luftfeuchtigkeit unproblematisch für Altar und Orgel</li> <li>- keine Holzaustrocknung und Schimmelbelastung</li> <li>- Feuchtigkeit im Fußbodenbereich und in den Wänden</li> <li>- neue (Salzausblühungen mit Anstrichverlust) und alte Schäden (Risse im Gewölbe) nicht mit raumklimatischen Maßnahmen zu beeinflussen</li> </ul>

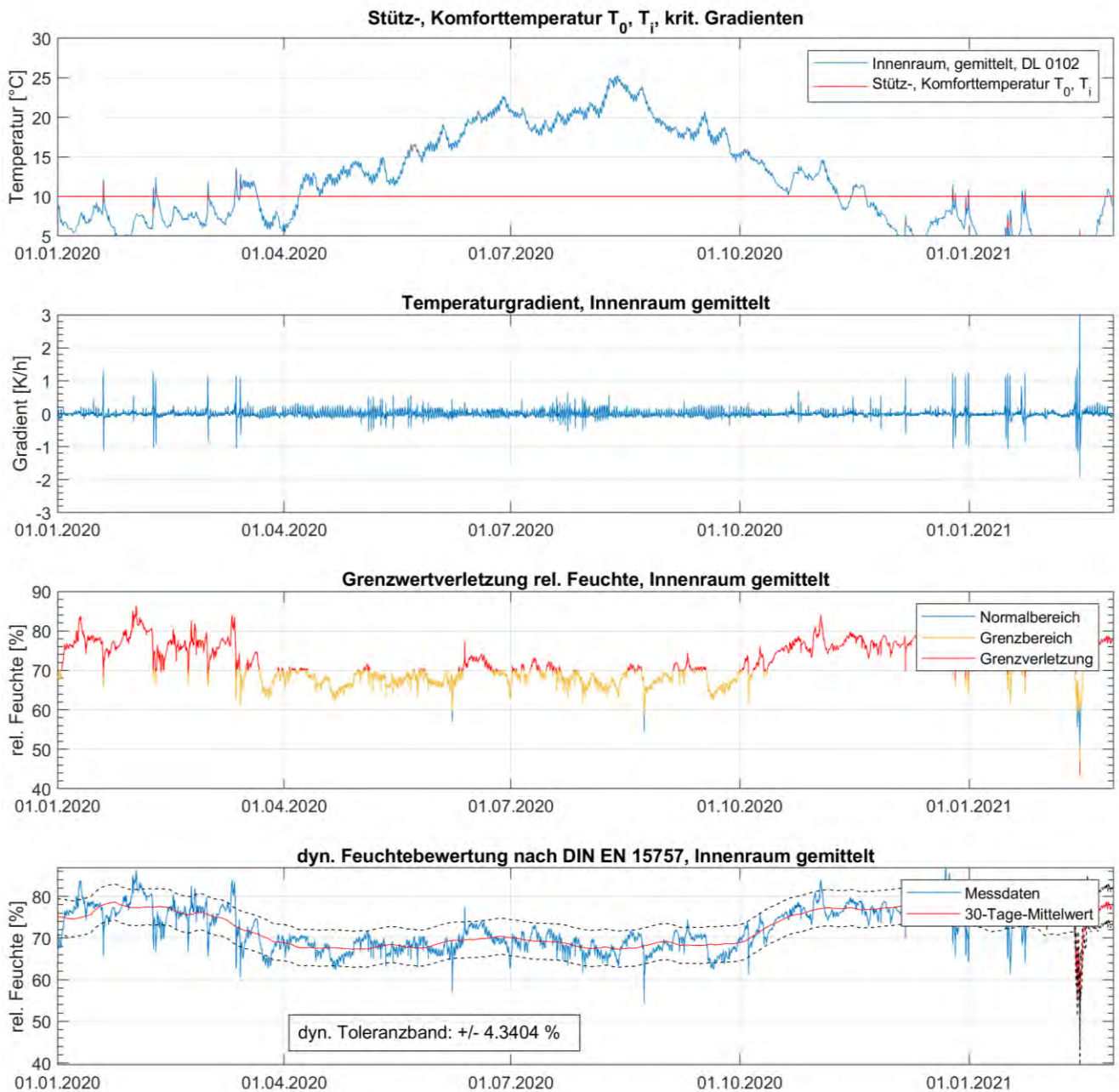


Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 9.224,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 7,10 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 30,85 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	4,95 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	3,81 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei kleinem Volumen des Kirchenraumes: 16% der Kirche mit dem max. Verbrauch 37% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- mittlerer <math>EVK_{rel}</math>, der die geringe Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 29% der Kirche mit dem max. Verbrauch 92% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 10 Befragten)	
Raumtemperatur	33% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	30% fühlen sich wohl
Luftqualität	70% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	43% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	75% frieren „oft“
Energieverbrauch	25% wünschen sich Information
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- trotz hoher Zufriedenheit bei der Luftqualität fühlen sich nur 30% der Befragten in der Kirche wohl</li> </ul>

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- trotz hoher rel. Feuchte keine raumklimabedingten Schäden</li> <li>- Raumklima mit schwankenden Temperaturen mit dem gegebenen Heizungssystem kaum zu ändern</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abgestuftes körpernahes Heizsystem mit Sitzkissen positiv durch zeitlich begrenzte lokale Wärmeabgabe</li> <li>- Nachtspeicheröfen aus restauratorischer Sicht kritisch, Warmluftführung bewirkt Verschmutzungen und Anstrichabplatzungen</li> <li>- eine elektrische Heizung mit Überangebot an grünem Strom kann mit entsprechenden Sondertarifen der EVUs eine zukunftsfähige Lösung sein</li> <li>- Änderung der Luftführung prüfen</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> </ul>
Energieverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe und mittlere Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des kleinen Raumvolumens und der geringen Nutzung</li> </ul>
Sozialwissenschaftliches Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einschätzung der Behaglichkeit im mittleren Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen</li> </ul>

## Klein Mahner



## St. Salvator Pellworm

Projektphase 1, KG25

Baujahr: 1180

Volumen: 1.800 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 220

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	67%
Energieverbrauch	99%
Sozialmonitoring	81%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Strom
Grundheizsystem	Keine Grundbeheizung
Körpernahe Heizsystem	Elektrische Sitzkissenheizung
Lüftung	manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Ein/Aus und Wärmeabgabe durch Zusammendrücken der Sitzkissen
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	keine
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	15°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	15°C
Aufheizgradient	0,5 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 118 Veranstaltungen pro Jahr - täglich offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - regelmäßige Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 0,5 K/h	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	meistens
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	keine
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relative Feuchte generell zu hoch zwischen 70% - 90%</li> <li>- dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität sehr gering</li> <li>- Temperatur driftet zwischen 5°C (Winter) bis 23°C (Sommer) durch freie Klimatisierung</li> <li>- Temperatursollwerte haben keine Bedeutung</li> <li>- Lüftungsvorgänge sind nicht zu erkennen</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orgelprospekt in befriedigendem Zustand</li> <li>- Korrosionsschäden an Metallpfeifen</li> <li>- geringer mikrobieller Befall</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schimmelpilze auf Holz, Leinwänden und Putz sowie an Vorder- und Rückseite von Wandbildern</li> <li>- Korrosion ungeschützter Metalloberflächen</li> <li>- aktiver Anobienbefall im Inneren des Retabels</li> <li>- Ursachen sind schlecht durchlüfteten Oberflächen, erhöhte Raumfeuchte und Staub (Nährstoffe)</li> <li>- aufsteigende Feuchte und Salzbelastung an Raumschale</li> </ul>

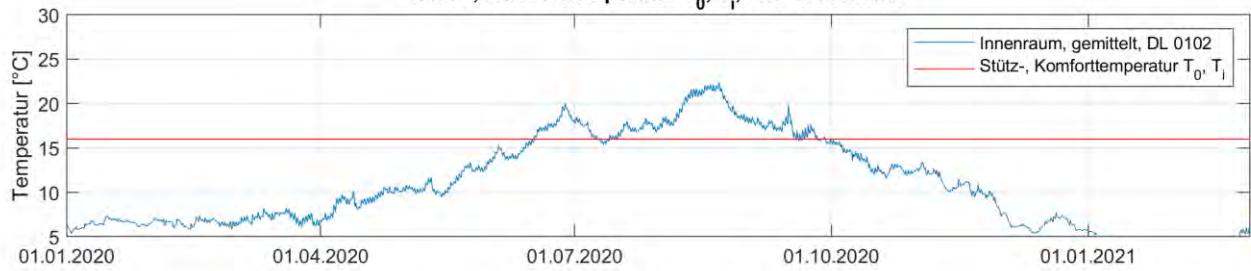
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 722,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 0,40 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 0,68 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	0,39 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	0,22 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr geringer <math>HEV_{spez}</math> bei geringem Volumen des Kirchenraumes: 1% der Kirche mit dem max. Verbrauch 2% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 0,6% der Kirche mit dem max. Verbrauch 2% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 11 Befragten)	
Raumtemperatur	90% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	80% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	30% frieren „oft“
Energieverbrauch	49% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 80% der Besucher wohl

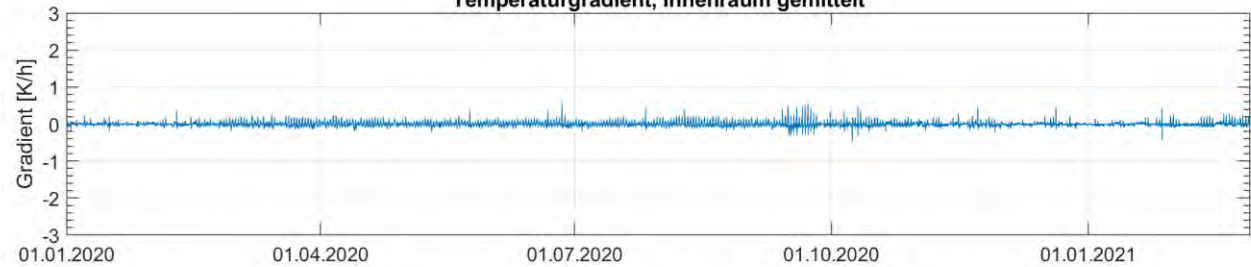
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- generell zu hohe Feuchte (Lage am Wasser)</li> <li>- unterer Feuchtegrenzwert und Temperaturgradient werden eingehalten</li> <li>- Schimmelpilzbefall und Korrosionsschäden an der Ausstattung</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wegen alleiniger körpernaher Heizung (Sitzkissenheizung) keine Temperaturregelung möglich</li> <li>- freie Klimatisierung des Kirchenraumes</li> <li>- Empfehlung einer automatischen feuchtegesteuerten Querlüftung zur Senkung der rel. Feuchte</li> </ul>
Energieverbrauch	- im Vergleich zu allen anderen Kirchen vernachlässigbar
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Pellworm

### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



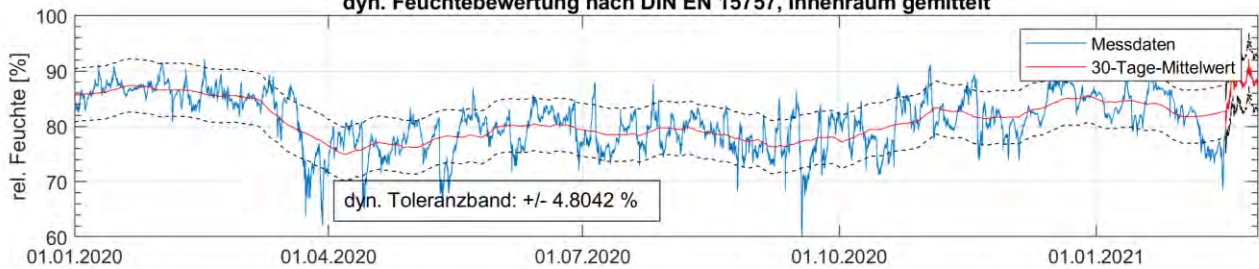
### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt





## St. Gallus Neugalmsbüll

Projektphase 1, KG26

Baujahr: 1891

Volumen: 951 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 120

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	51%
Energieverbrauch	0%
Sozialmonitoring	74%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	WW-Heizung mit Einzel-Heizkörpern
Körpernahe Heizungssystem	WW-Bankheizung mit Konvektoren
Lüftung	zentrale Zuluft, dezentrale Abluft, Lüftungsautomatik nach Temperatur und abs. Feuchte innen/außen
Art der Heizungsregelung	TRIO Klimaregler
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C (7°C eingestellt)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (18°C eingestellt)
Solltemperatur körpernahe Heizung	18,5°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 48 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig Gottesdienste alle 14 Tage - wenige Konzerte

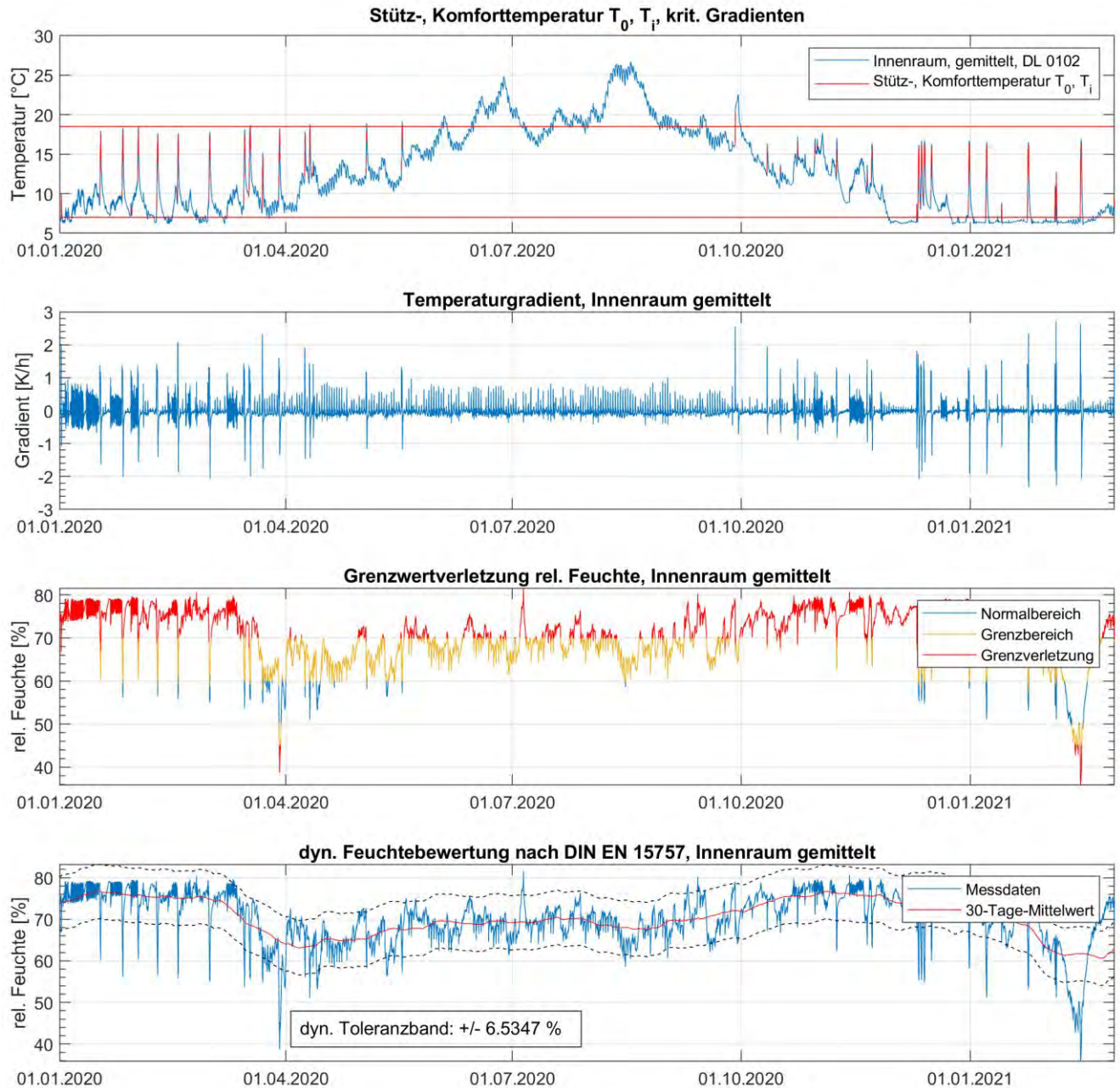
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufig bis 2,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	häufig überschritten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	keine
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird nicht eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr häufig bis 78% (Einstellwert)</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung, Feuchtevorrangschaltung funktionieren</li> <li>- Temperaturniveau höher eingestellt als angegeben, große Schwankungsbreite im Absenkbetrieb</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken bis 23°C</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Befall des Orgelprospektes durch Weißschimmel der seitlichen, schlechter durchlüfteten Bereiche</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schäden am Sgraffito-Putz, an Seccomalerei und an den Hochbrandsteinen</li> <li>- Salzausblühungen und Oberflächenverfärbungen an Putzen und Rotziegelsteinen der Gewölbepfeiler</li> <li>- an Holzausstattung kaum Trocknungsrisse, aber Anobien-Befall und mikrobieller Befall</li> <li>- Schimmel bei Holz sowie bei Wandbildern Vorder- und Rückseite</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 16.387,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 17,23 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 71,80 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	3,31 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	3,48 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlerer <math>HEV_{spez}</math> bei kleinem Volumen des Kirchenraumes: 40% der Kirche mit dem max. Verbrauch 89% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die geringe Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 67% der Kirche mit dem max. Verbrauch 215% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 16 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	93% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	93% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	0% frieren „oft“
Energieverbrauch	50% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 93% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- große Temperaturspreizung Nutzung/Nichtnutzung</li> <li>- rel. Feuchte durchgängig sehr hoch</li> <li>- Schimmel und Anobien an der Holzausstattung und Schimmel an der Orgel, aber geringe Rissbildung</li> <li>- Heizsituation im wandnahen Bereich fördert das Auskristallisieren von Salzen</li> <li>- Kaltluftabfall an großen bleiverglasten Fenstern</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regelung nimmt Einfluss auf Heiztechnik, Lüftung, Trocknung und Befeuchtung</li> <li>- Grenzwerte der rel. Feuchte werden ständig angepasst</li> <li>- Lüftungsautomatik wirkungsvoll</li> <li>- Hinweise: Absenken der Temperaturen bei Nutzung und Ersetzen der Oberflurkonvektoren als Rohrheizkörper</li> </ul>
Energieverbrauch	- mittlere und sehr hohe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des kleinen Raumvolumens und der geringen Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Neugalmsbüll



## Hamburg Nienstedten

Projektphase 1, KG27

Baujahr: 1751

Volumen: 2.842 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 600

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	65%
Energieverbrauch	66%
Sozialmonitoring	86%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	WW-Heizung (Temperierung der Gebäudehülle)
Körpernahe Heizungssystem	WW-Bankheizung mit Konvektoren
Lüftung	manuelle Fensterlüftung nach Bedarf
Art der Heizungsregelung	Viessmann Vitotrol 300 / Theben Raumthermostat
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	11°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	18°C (Fragebogen A: 16°C, Fragebogen C: 18°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	18°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 346 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - regelmäßige Konzerte, Vorträge, Andachten

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	2019/2020 wenig, 2020/2021 sehr häufig
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird eingehalten</li> <li>- rel. Feuchte im Winterhalbjahr 2020/2021 sehr niedrig</li> <li>- keine Feuchtevorrrangschaltung</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert bei Nichtnutzung</li> <li>- sehr rasche Temperaturwechsel bedingt durch die intensive Nutzung ohne sichtbare Regelungsfunktion</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken bis 20°C</li> </ul>
Zustand der Orgel	- leichte bis starke Verstaubung auf Oberflächen
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- guter Erhaltungszustand der Raumschale und der Ausstattung</li> <li>- Fachwerkbau mit geringer Mauerstärke und einfachverglasten Kirchenfenster führen zum verstärkten Einfluss des Außenklimas und der Sonneneinstrahlung</li> <li>- Schwundfugen und Haarrisse im Fachwerk und Decke</li> <li>- Vielzahl von älteren Trockenrissen an der Holzausstattung und an Prinzipalstücken deuten auf ein zu trockenes Raumklima</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 100.426,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 35,33 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 20,42 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	20,29 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	7,14 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr hoher <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 82% der Kirche mit dem max. Verbrauch 182% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 19% der Kirche mit dem max. Verbrauch 61% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

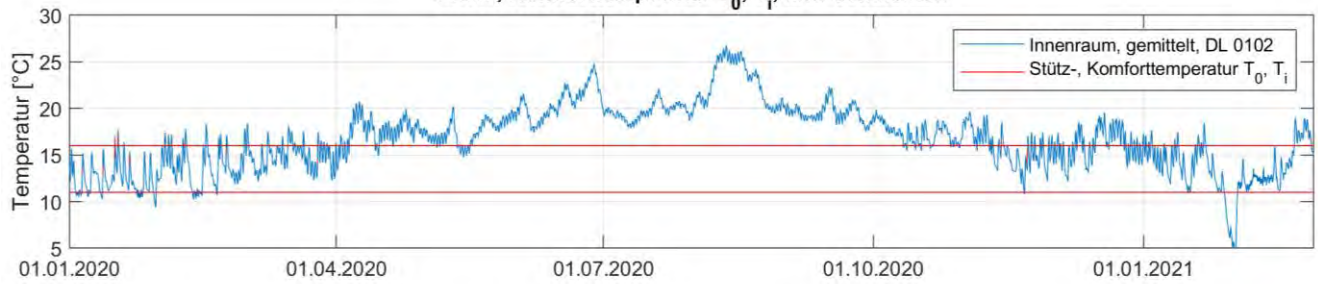
Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 63 Befragten)	
Raumtemperatur	97% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	89% fühlen sich wohl
Luftqualität	95% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	8% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	8% frieren „oft“
Energieverbrauch	51% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 89% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raumklima schwankt zwischen 70% im Sommer und 30% im Winter</li> <li>- rel. Feuchte im Winterhalbjahr zu niedrig, dadurch Trockenrisse an der Ausstattung</li> <li>- aufgrund der intensiven Nutzung sehr hektische Temperaturwechsel</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- feuchtegesteuerte Querlüftung empfohlen</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung erforderlich</li> <li>- Temperaturniveau bei Nutzung im Winterhalbjahr prüfen</li> <li>- Zugerscheinungen im Altarbereich</li> <li>- Heizflächen ergänzen bzw. größerer Wärmeerzeuger (Wärmeabgabe ungenügend)</li> <li>- Einbau einer effektiven Kirchenheizungsregelung</li> </ul>
Energieverbrauch	- Heizenergieverbrauchskennwert sehr hoch bei Berücksichtigung des Raumvolumens und gering bei zusätzlicher Berücksichtigung der intensiven Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

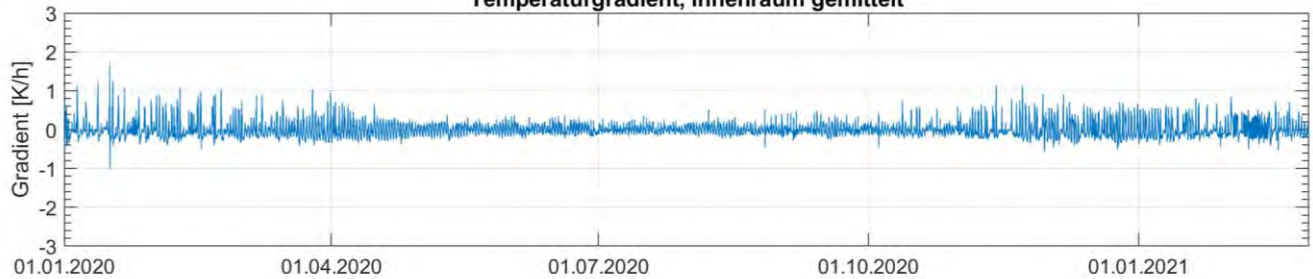


## HH-Nienstedten

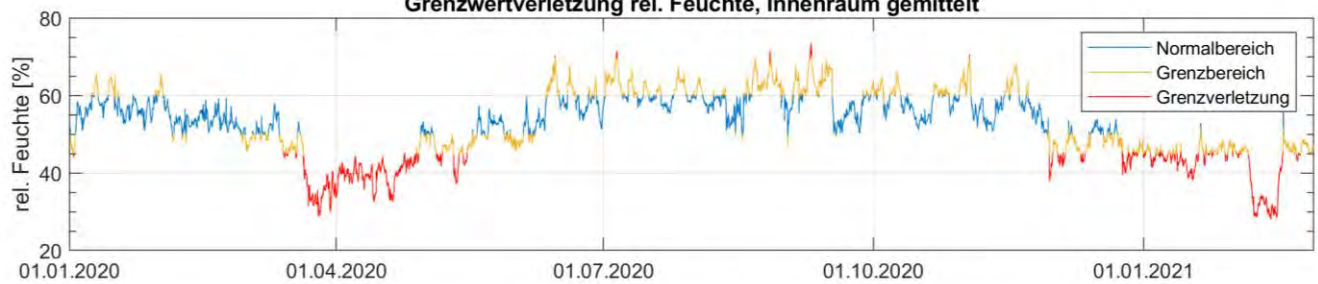
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Vicelin-Kirche Ratekau

Projektphase 1, KG28

Baujahr: 1156

Volumen: 1.700 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 200

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	86%
Energieverbrauch	95%
Sozialmonitoring	76%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Geothermie, Strom
Grundheizungssystem	WW-Fußbodenheizung, WW-Unterflurkonvektoren statische WW-Heizung
Körpernahes Heizsystem	Elektrische Sitzkissenheizung
sonstiges	15 Erdwärmesonden, Wärmepumpe, Pufferspeicher mit elektrischer Zusatzheizung
Art der Heizungsregelung	Ratiotherm (CAN Monitor)
Lüftung	natürliche Infiltration
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C (eingestellt 12°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	12°C (eingestellt 17°C, variiert)
Solltemperatur körpernahe Heizung	12°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 161 Veranstaltungen pro Jahr - 3x pro Woche offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - Konzerte

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	wenig, im Sommerhalbjahr kaum zu vermeiden
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erdwärmesonden und Wärmespeicher nicht wie in der Planung realisiert</li> <li>- Auf- und Abheizgradient von max. ±1 K/h eingehalten</li> <li>- relative Feuchte mit geringen Grenzwertverletzungen</li> <li>- geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Absenkbetrieb nicht erkennbar</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung nicht vorhanden</li> </ul>
Zustand der Orgel	- ältere geringe Schäden am Orgelprospekt
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salzauskristallisationen in Eckbereichen, Wandflächen im Chorbereich geschädigt</li> <li>- keine akuten Schäden an Wandmalereien, Holzbalkendecke guter Erhaltungszustand</li> <li>- im Innern des Altartisches Befall durch Weißschimmel und holzerstörende Insekten, Feuchtestau</li> </ul>

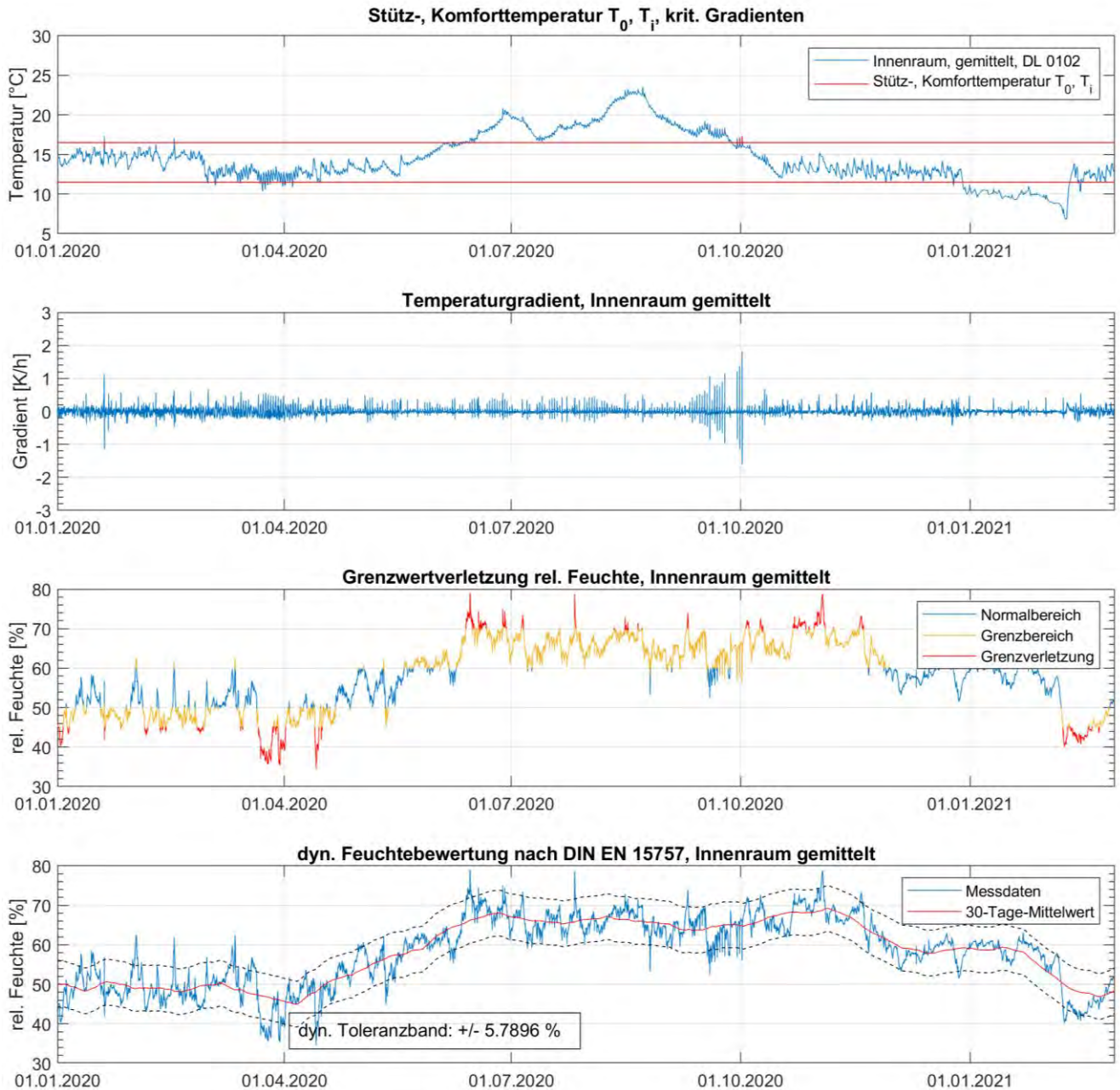
	- keine Folgeschäden durch Temperierung mittels Sitzkissenheizung
--	---

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 4.468,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert (HEV <sub>spez</sub> =HEV/Volumen)	HEV <sub>spez</sub> = 2,64 kWh/(a·m³)
relativer Heizenergieverbrauchskennwert (HEV <sub>spez</sub> *100/Veranstaltungen pro Heizper.)	EVK <sub>rel</sub> = 3,28 kWh/(a·m³·Z <sub>v</sub> )
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	2,15 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	1,26 t/(a·m³)
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr geringer HEV<sub>spez</sub> bei geringem Volumen des Kirchenraumes: 6% der Kirche mit dem max. Verbrauch 14% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr geringer EVK<sub>rel</sub>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 3% der Kirche mit dem max. Verbrauch 10% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 10 Befragten)	
Raumtemperatur	70% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	88% fühlen sich wohl
Luftqualität	71% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	22% frieren „oft“
Energieverbrauch	49% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 88% der Besucher wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grenzwerte werden meist eingehalten</li> <li>- Grenzwertverletzungen in den Sommermonaten nicht zu vermeiden</li> <li>- Geringe raumklimabedingte Schäden an wertvoller Ausstattung</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- modernes zukunftsfähiges Heizungssystem auf Basis erneuerbarer Energie</li> <li>- Temperierung durch Kombination von Fußbodenheizung und Sitzkissenheizung bewährt sich</li> <li>- Probleme bestehen in der Auslegung der Anlagen und in deren Regelung</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des geringen Raumvolumens und der moderaten Nutzung vergleichsweise sehr gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Drittels im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Ratekau



## Bartholomäuskirche Rödinghausen

Projektphase 1, KG29

Baujahr: 1233

Volumen: 2.800 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 400

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	91%
Energieverbrauch	66%
Sozialmonitoring	83%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizsystem	WW-Wärmestationen (WW-Luft) WW-Heizung (stat. Heizung im Querschiff)
Körpernahe Heizsystem	WW-Fußbodenheizung
Lüftung	keine
Art der Heizungsregelung	Mahr Actherm F
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	10°C (eingestellt 13°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (eingestellt 18°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	16,5°C (20°C werden erreicht)
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 160 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - unregelm. Konzerte und Theateraufführungen

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufig bis 1,2 K/h, bis -1,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	keine
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird kaum eingehalten</li> <li>- Sollwerte sind höher eingestellt als beschrieben</li> <li>- relative Feuchte in den vereinbarten Grenzen</li> <li>- sehr geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung vorhanden, greift selten ein</li> </ul>
Zustand der Orgel	- keine Informationen
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raumklima akzeptabel</li> <li>- keine Schäden aufgrund des Raumklimas</li> <li>- Malschichtschäden am Altar, vmtl. nicht feuchtebedingt</li> <li>- vmtl. älterer geringer Schimmelbefall am Altar</li> <li>- vmtl. älterer intensiver Schimmelbefall Mittelschrein, Podeste südl. Empore, an Architekturgliederungen</li> </ul>

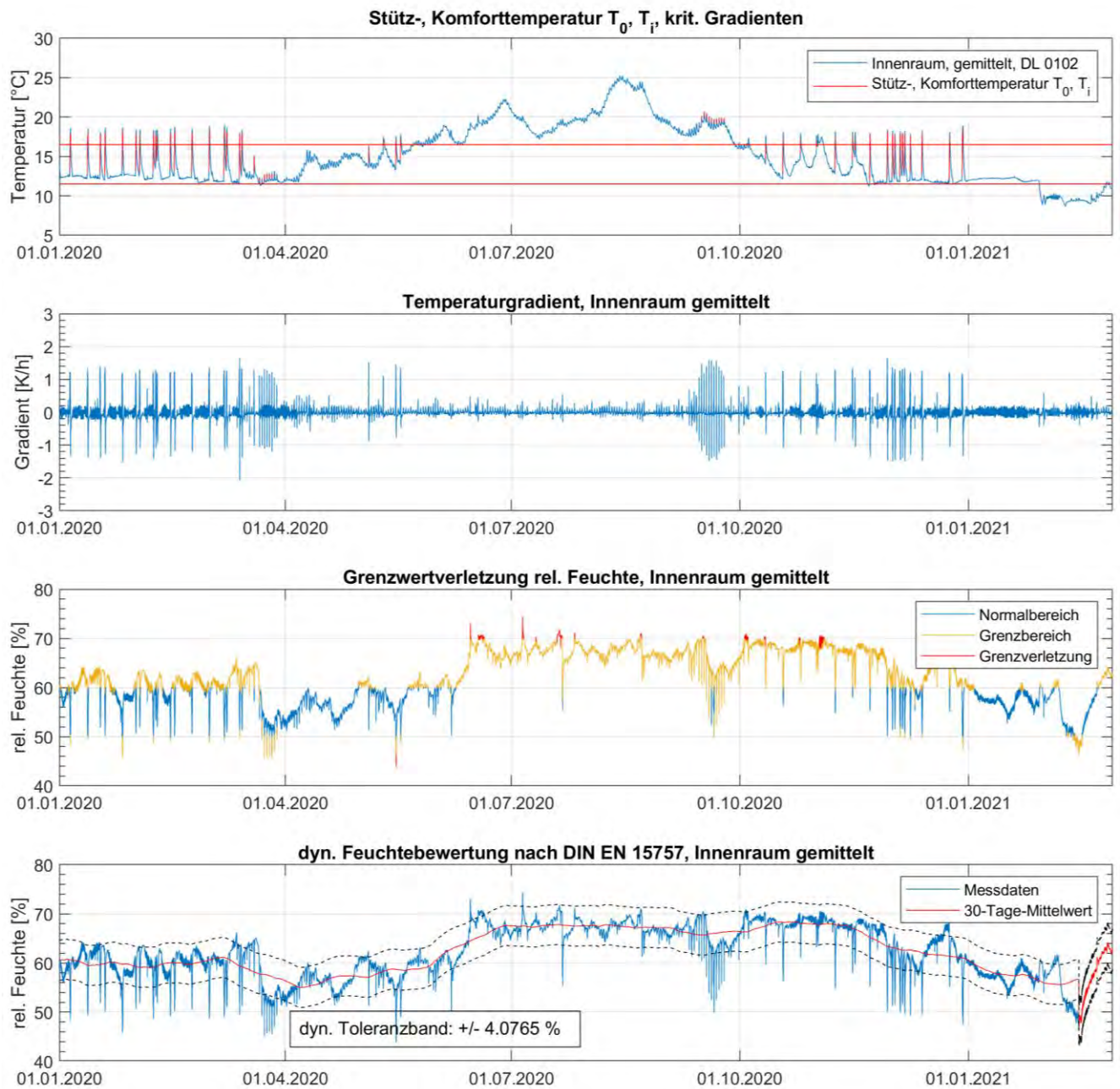


Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 45.909,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 16,40 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 20,50 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	9,27 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	3,31 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 38% der Kirche mit dem max. Verbrauch 85% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 19% der Kirche mit dem max. Verbrauch 62% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 12 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	82% fühlen sich wohl
Luftqualität	91% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	9% frieren „oft“
Energieverbrauch	49% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 82% der Besucher wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alle Grenzwerte werden eingehalten</li> <li>- Temperaturgradienten überprüfen (Einbaulage der Sensoren)</li> <li>- Grenzwertverletzungen rel. Feuchte in den Sommermonaten nicht zu vermeiden</li> <li>- wenige vmtl. ältere Schäden an der Ausstattung</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombination und die Fahrweise der Grundheizung und der körpernahen Heizungen funktioniert gut</li> <li>- Regelungstechnik gehört zum Stand der Technik</li> <li>- bewährte Feuchtevorrangschaltung</li> <li>- über eine Lüftung könnte nachgedacht werden (Schimmel)</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der moderaten Nutzung vergleichsweise gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Rödinghausen



## Pauluskirche Bielefeld

Projektphase 1, KG30

Baujahr: 1873

Volumen: 6.590 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 650

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	76%
Energieverbrauch	85%
Sozialmonitoring	75%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Fernwärme, Strom
Grundheizungssystem	Indirekt befeuerter Warmlufterzeuger (WW-Luft)
Körpernahe Heizungssystem	Elektrische Sitzkissenheizung
Lüftung	Fenster manuell zu öffnen
Art der Heizungsregelung	Kieback&Peter HRP22
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	10°C (eingestellt 3°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (meist nur 14°C erreicht)
Solltemperatur körpernahe Heizung	ungeregelt, bis 28°C erreicht
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 124 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - unregelmäßig Konzerte

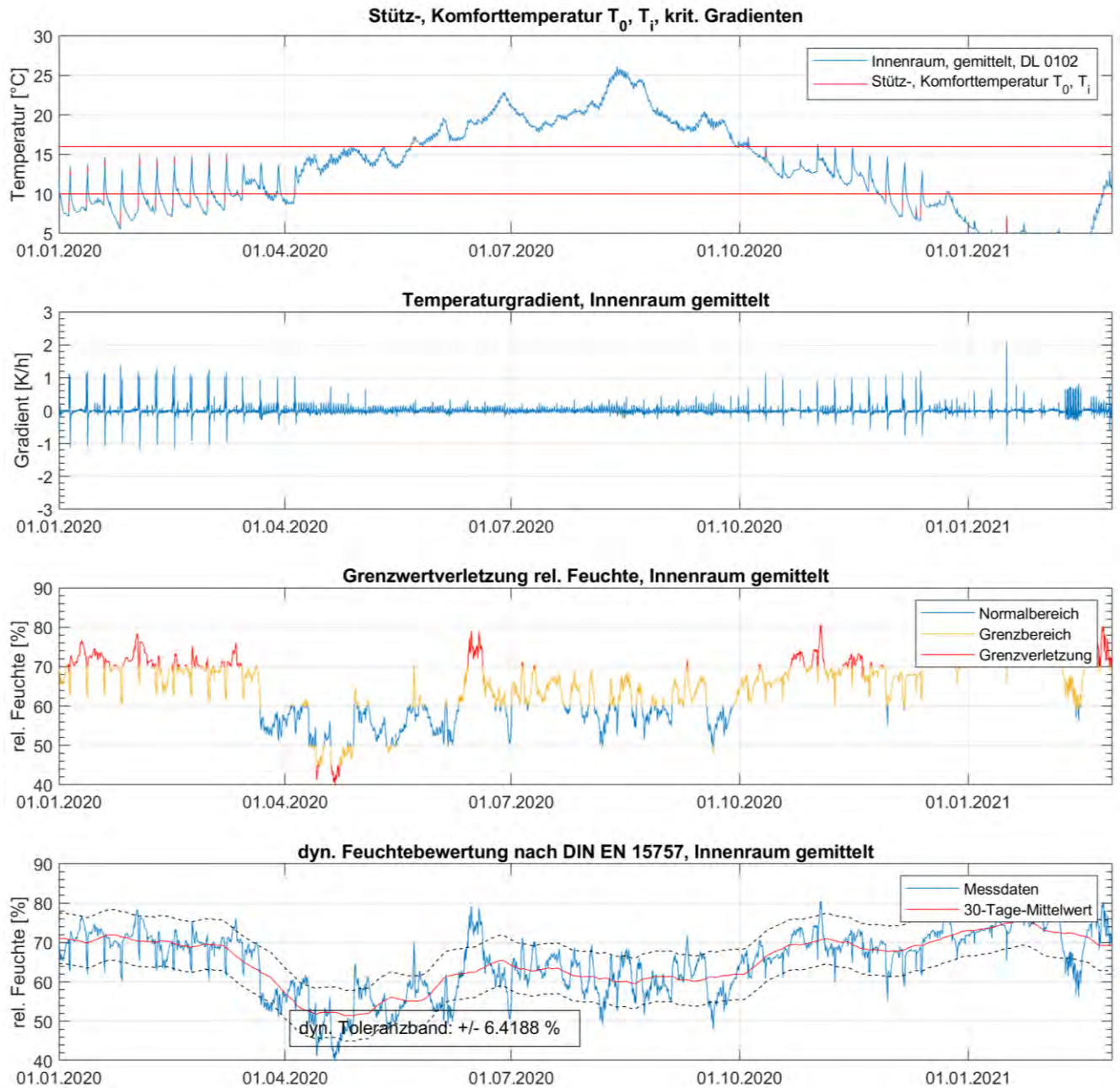
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	±1 K/h genau eingehalten
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	häufig
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird genau eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr zu hoch</li> <li>- dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität erhöht</li> <li>- Raumtemperatur Nichtnutzung wird durch freies Auskühlen bis auf 3°C – 5°C abgesenkt</li> <li>- Solltemperatur Nutzung wird nicht erreicht</li> <li>- Temperaturregelung nicht erkennbar</li> <li>- Lüftungsvorgänge sind nicht zu erkennen</li> </ul>
Zustand der Orgel	- Orgel 2014 abgebaut
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rissbildung im Gewölbe (alte Schäden, statische Ursachen)</li> <li>- mögl. Taupunktunterschreitung am zentralen Turmraums, Schimmel an Gewölbeflächen</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 36.950,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 5,61 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 9,04 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	11,80 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	1,79 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr geringer <math>HEV_{spez}</math> bei großem Volumen des Kirchenraumes: 13% der Kirche mit dem max. Verbrauch 29% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 8% der Kirche mit dem max. Verbrauch 27% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 45 Befragten)	
Raumtemperatur	80% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	79% fühlen sich wohl
Luftqualität	93% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	37% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	26% frieren „oft“
Energieverbrauch	53% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich die meisten der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oberer Grenzwerte der rel. Feuchte häufig überschritten</li> <li>- Solltemperatur Nichtnutzung sehr niedrig eingestellt, vmtl. hohe rel. Feuchte im Winterhalbjahr als Folge</li> <li>- Temperaturgradient wird eingehalten</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombination aus Grundheizung und körpernaher Heizung</li> <li>- Regelung der Temperatur und feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> <li>- Temperierung des Eingangsbereiches bzw. Einschränkungen des Luftaustausches empfohlen</li> <li>- Heizflächen im Altarraum ergänzen (Zugerscheinungen)</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und bei mittlerer Nutzung vergleichsweise gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Drittel verglichen mit allen betrachteten Kirchen

## Pauluskirche Bielefeld





## Johanniskirche Bielefeld

Projektphase 1, KG31

Baujahr: 1901

Volumen: 6.148 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 660

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	66%
Energieverbrauch	69%
Sozialmonitoring	84%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Fernwärme
Grundheizsystem	WW-Heizung mit Röhrenradiatoren und Flach-Heizkörper
Körpernahe Heizsystem	WW-Fußbodenheizung in Teilbereichen, WW-Heizung (auch Nebenräume)
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung an wenigen Fenstern
Art der Heizungsregelung	SIEMENS PXM20, Gesamtregelung und Einzelregelungen
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	19°C (eingestellt 17°C in der Nacht)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	19°C (eingestellt 20°C oder höher am Tag)
Solltemperatur körpernahe Heizung	19°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 272 Veranstaltungen pro Jahr (multifunktionale Nutzung) <ul style="list-style-type: none"> <li>- täglich offene Kirche</li> <li>- regelmäßige Gottesdienste</li> <li>- Konzerte</li> </ul>

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht nachweisbar, da durchgehend hohe Temperatur
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	ständig im Winterhalbjahr
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr sehr niedrig</li> <li>- erhöhte dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert</li> <li>- Zugerscheinungen (undichte Fenster und Türen; kalte Außenwände; offene Türen)</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lokale Spuren eines ehemaligen mikrobiellen Befalls an der Innenseite des Orgelprospekts</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine gefassten Skulpturen im Raum vorhanden, die sensibel auf klimatische Verhältnisse reagieren könnten</li> <li>- kein mikrobieller Befall an Ausstattungsoberflächen</li> <li>- vereinzelt Rissbildung und geöffnete Leimfugen an Emporenkonstruktion als Folge des Schwindverhaltens des Holzes bei geringer Umgebungsfeuchte</li> </ul>

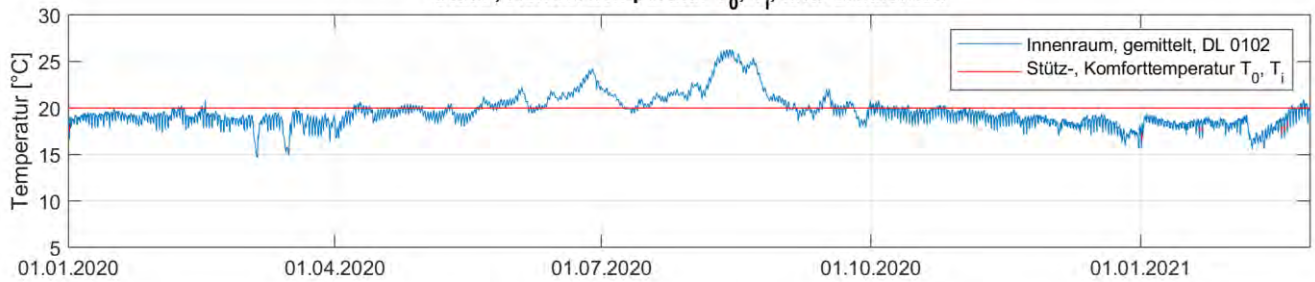
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 156.423,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 25,44 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 18,71 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	43,80 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	7,12 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erhöhter <math>HEV_{spez}</math> bei mittelgroßem Kirchenraum: 59% der Kirche mit dem max. Verbrauch 131% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, bei intensiver Nutzung im Jahr: 17% der Kirche mit dem max. Verbrauch 57% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 15 Befragten)	
Raumtemperatur	92% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	100% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	23% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	0% frieren „oft“
Energieverbrauch	85% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 100% der Befragten in der Kirche wohl

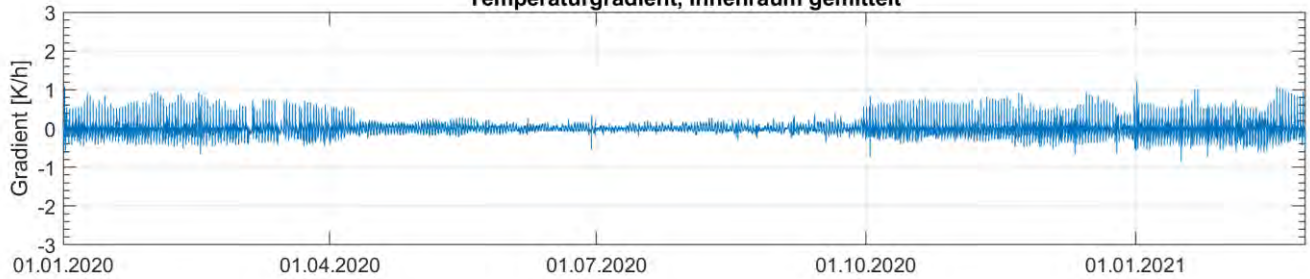
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durchgängig hohes Temperaturniveau ohne sichtbaren Absenkbetrieb</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr sehr niedrig</li> <li>- kaum Schäden an der Ausstattung und Orgel</li> <li>- geringe Rissbildungen an Holzkonstruktionen</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abgestuftes Heizungssystem</li> <li>- Vorschläge: Absenkung der Grundtemperatur (aber nicht erwünscht); getrennte Regelung Fußbodenheizung – Heizkörper, Kirchenschiff – Winterkirche; Feuchtevorrangschaltung nachrüsten; unkontrolliertes Lüften im Winter vermeiden; Tarifverhandlung mit dem Fernwärme-Versorger für mehrere Gebäude</li> </ul>
Energieverbrauch	- erhöhter spez. Heizenergieverbrauchskennwert, aber unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der intensiven Nutzung vergleichsweise geringer rel. Heizenergieverbrauchskennwert
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Drittels im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Johanniskirche Bielefeld

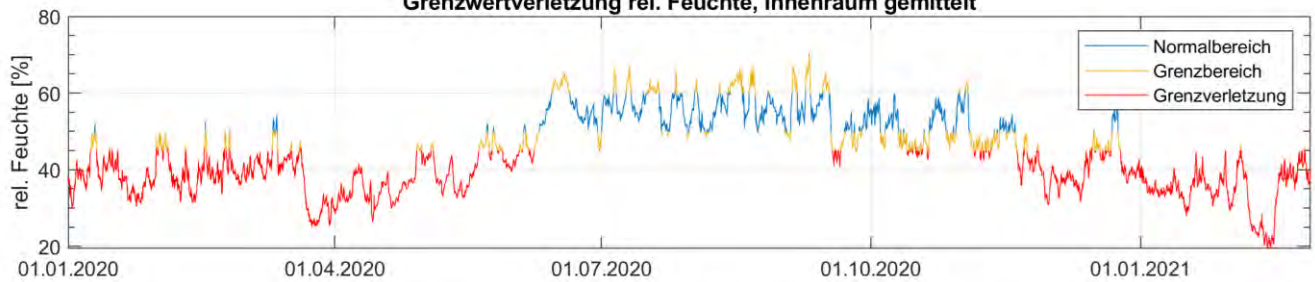
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



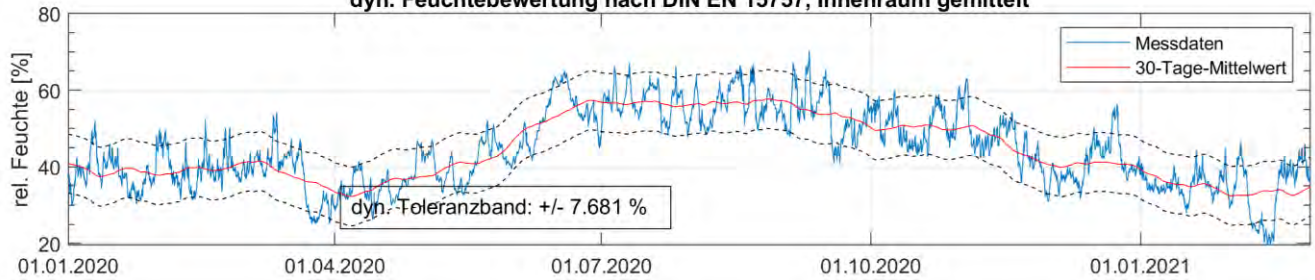
### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Christuskirche, Erwitte

Projektphase 1, KG33

Baujahr: 1951

Volumen: 800 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 220

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	67%
Energieverbrauch	10%
Sozialmonitoring	77%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizsystem	WW-Wandheizung
Körpernahe Heizsystem	WW-Fußbodenheizung
Lüftung	automatische/manuelle Fensterlüftung, Mahr Lüftungsampel
Art der Heizungsregelung	Vaillant calorMATIC 630
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	14°C (verschiedene Angaben)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	17°C (verschiedene Angaben)
Solltemperatur körpernahe Heizung	17°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 122 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste, Chorproben

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	sehr häufig im Winterhalbjahr
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr bis 35% sehr niedrig</li> <li>- geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert</li> <li>- Temperatur durchgängig 18°C ohne Absenkung</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung nicht vorhanden</li> <li>- automatische Fensterlüftung mit Lüftungsampel funktioniert</li> </ul>
Zustand der Orgel	- keine Angaben
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alter Schimmelbefall auf bemalter Holzdecke</li> <li>- nachdunkelnde Punkte an den Verschraubungen der Rigipsverkleidungen vor der Wandheizung des Altarraums und der Empore (Kältebrücken mit Kondenswasserbildung)</li> </ul>

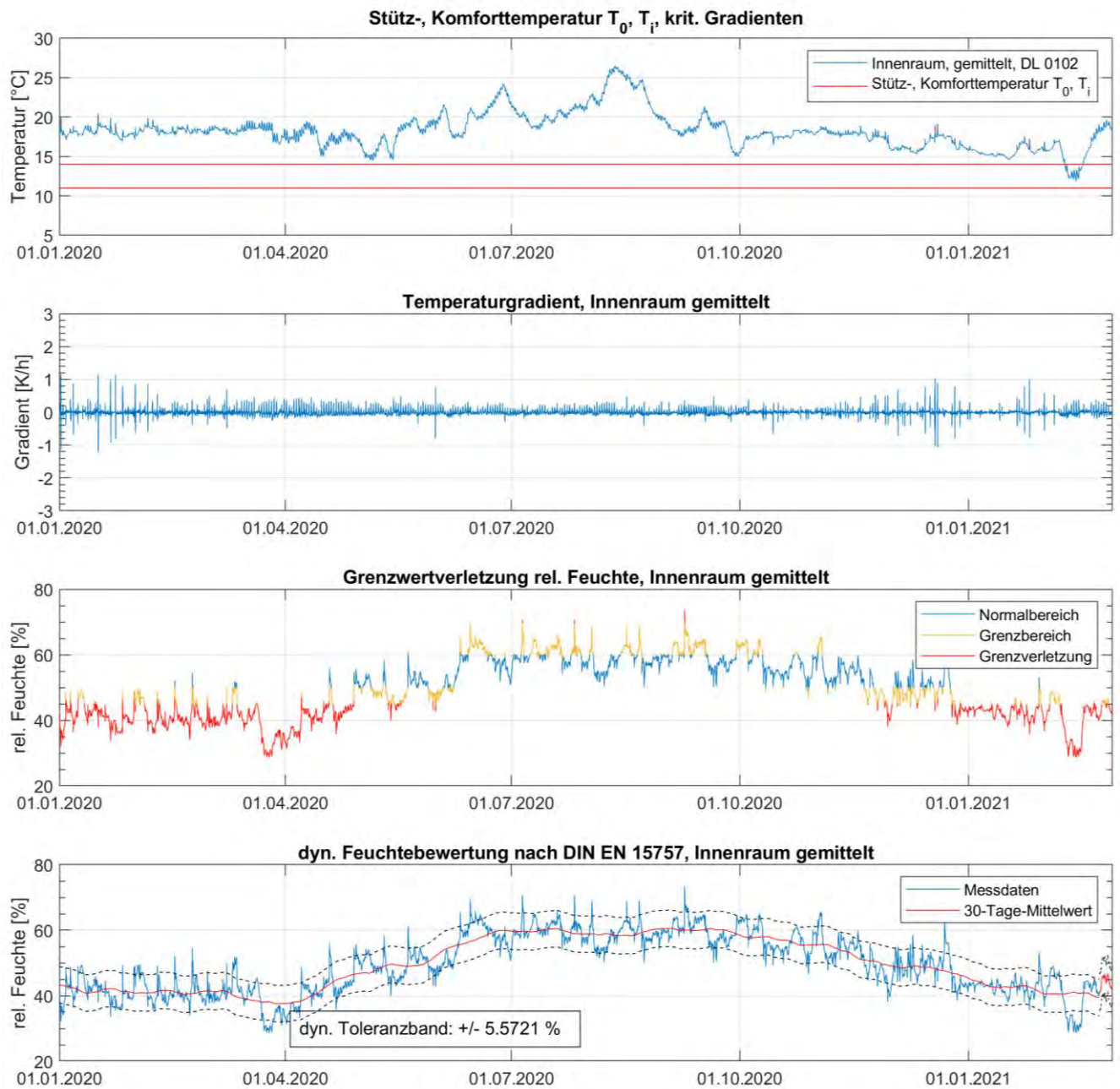
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 26.415,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 33,02 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 54,13 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	5,34 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	6,67 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei geringem Volumen des Kirchenraumes: 77% der Kirche mit dem max. Verbrauch 170% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 50% der Kirche mit dem max. Verbrauch 162% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 15 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	100% fühlen sich wohl
Luftqualität	93% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	0% frieren „oft“
Energieverbrauch	36% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 100% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aktuelles Raumklima akzeptabel, keine aktuellen Schäden (ars colendi GmbH)</li> <li>- wegen des durchgängig hohen Temperaturniveaus mit ca. 18°C ohne Absenkung resultiert im Winterhalbjahr eine durchgängig niedrige relative Feuchte zwischen meist 35-50%</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wandheizung im Altarraum und der Empore in Kombination mit Fußbodenheizung</li> <li>- keine Temperaturabsenkung gewünscht</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des geringen Raumvolumens und der mittleren Nutzung vergleichsweise hoch
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen



## Erwitte



St. Vitus, Schweiburg

Projektphase 1, KG34

Baujahr: 1761-62

Volumen: 800 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 210

## Gesamtbewertung

Klimamonitoring	41%
Energieverbrauch	0%
Sozialmonitoring	71%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	Heiztruhen (WW-Luft)
Körpernahes Heizungssystem	WW-Bankheizung mit Rohrleitung
sonstiges	-
Art der Heizungsregelung	ETM SAIA DDC
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	12°C (unterschiedliche Angaben)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	19°C (Orgel 16°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	19°C
Aufheizgradient	1 K/h (0,5 K/h bei unterschiedliche Angaben)
Veranstaltungen p.a.	ca. 93 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßig Gottesdienste - unregelmäßig Konzerte, Lesungen, Vorträge

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 0,5 K/h	seltene Überschreitung
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	oft
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	oft
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturregelung funktioniert, aber extrem wechselnde Einstellung von Sollwerten</li> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±0,5 K/h wird meist eingehalten (2019), allerdings bis zu 3 K/h (2020)</li> <li>- relative Feuchte im Sommerhalbjahr bis 75%, im Winterhalbjahr bis 30%</li> <li>- hohe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung nicht vorhanden</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- älterer mikrobieller Befall auf der Rückseite</li> <li>- temporär ungeeignete klimatische Bedingungen, zum Beispiel Kondenswasserbildung</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salzsäure und Wasserschäden an der Westwand</li> <li>- Setzrisse an den Wandflächen (Instandsetzung von außen)</li> <li>- Trocknungsrisse bei Holz und bei Lackierungen</li> <li>- alter, nicht mehr aktiver, Schimmelbefall</li> <li>- eher "trockenes" Klima</li> </ul>

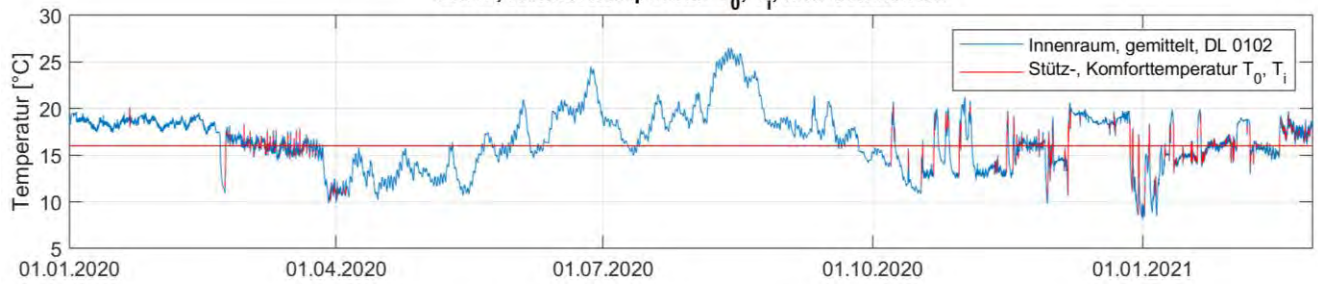
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 34.472,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 43,09 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 92,67 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	6,96 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	8,70 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr hoher <math>HEV_{spez}</math> bei kleinem Volumen des Kirchenraumes: 100% der Kirche mit dem max. Verbrauch 222% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die mittlere Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 87% der Kirche mit dem max. Verbrauch 277% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 10 Befragten)	
Raumtemperatur	56% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	62% fühlen sich wohl
Luftqualität	44% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	33% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	22% frieren „oft“
Energieverbrauch	15% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 62% der Befragten in der Kirche wohl

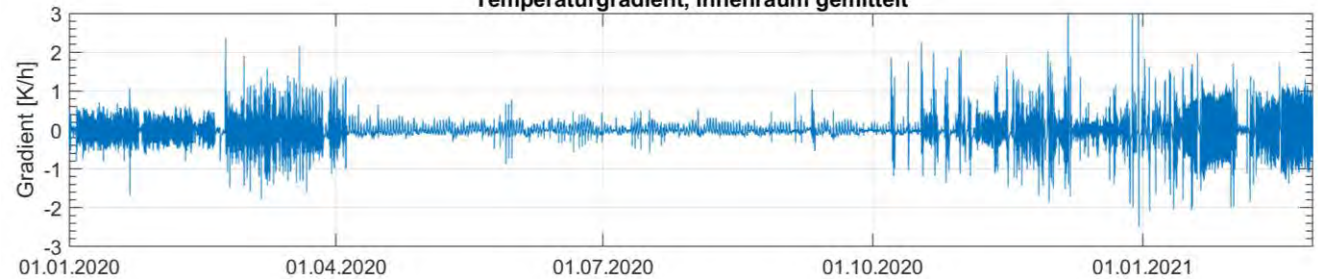
Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- unangenehme Zugserscheinungen</li> <li>- durch nur 40 cm dicken Mauern ist das Raumklima stark vom Außenklima und spürbar durch Sonneneinstrahlung abhängig</li> <li>- große Schwankungen der rel. Feuchte zwischen Sommer- und Winterhalbjahr</li> <li>- Raum wird lt. Kirchengemeinde oft zu warm empfunden</li> <li>- keine nennenswerten Schäden aufgrund ungünstiger raumklimatischer Einwirkungen</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatureinstellungen erscheinen willkürlich</li> <li>- Hinweis: Absenkttemperatur bisher 16°C auf 12°C, bzw. Absenkttemperatur neu auf 14°C eingestellt Folge: stark wechselnde Temperaturniveaus</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des geringen Raumvolumens und der mittlere Nutzung vergleichsweise hoch bzw. sehr hoch
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit etwa im mittleren Drittel im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Schweiburg

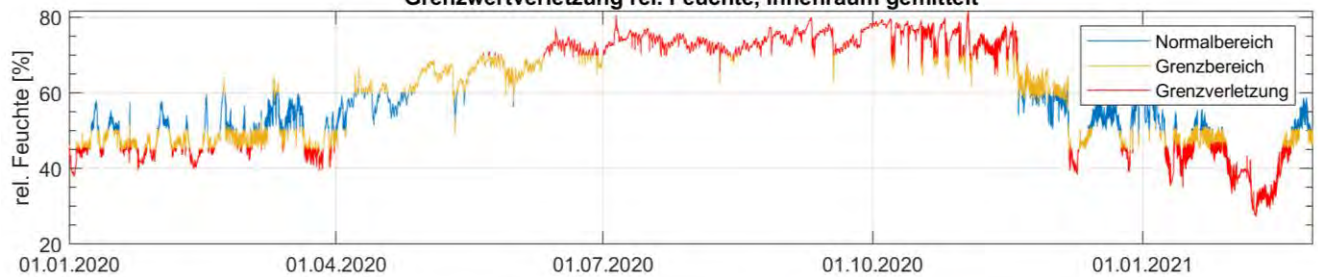
### Stütz-, Komforttemperatur $T_0$ , $T_i$ , krit. Gradienten



### Temperaturgradient, Innenraum gemittelt



### Grenzwertverletzung rel. Feuchte, Innenraum gemittelt



### dyn. Feuchtebewertung nach DIN EN 15757, Innenraum gemittelt



## Bachkirche Arnstadt

Projektphase 1, KG36

Baujahr: ca. 1600

Volumen: 6.831 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 800

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	48%
Energieverbrauch	45%
Sozialmonitoring	80%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizsystem	Wärmestationen (WW-Luft) und WW-Heizung (stat. Heizung)
Körpernahe Heizsystem	WW-Bankheizung mit Rohrheizkörper
Lüftung	manuell Fensterlüftung, Befeuchter hinter der Orgel
Art der Heizungsregelung	Honeywell Centra MCR200-22
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	10°C (unterschiedliche Angaben: 6°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	16°C (unterschiedliche Angaben: max. 18°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	16°C (unterschiedliche Angaben: max. 18°C)
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 87 Veranstaltungen pro Jahr <ul style="list-style-type: none"> <li>- tägl. offene Kirche</li> <li>- regelmäßig Gottesdienste</li> <li>- unregelmäßig Konzerte, Vorträge</li> </ul>

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	deutlich überschritten bis ±2,5 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	sehr häufig
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird nicht eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winter tlw. bis 30% sehr niedrig</li> <li>- hohe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut mit deutlichem Absenkbetrieb</li> <li>- keine Feuchtevorrangschaltung</li> <li>- Wärmestationen außer Betrieb, Befeuchter defekt</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empfohlen: 50-70% rel. Feuchte</li> <li>- guter unbedenklicher Zustand</li> <li>- wenige partiell auftretende Fassungsabplatzungen</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alte und neue Schäden bei Fassungen</li> <li>- keine Schäden an Wänden und Decke, scheinbar konstantes Raumklima, klimatische Schwankungen durch Konzerte ohne Auswirkungen auf das Kunstgut</li> <li>- wertvolle Ausstattung ist in gutem Zustand</li> <li>- kleinere horizontale Abplatzungen an Emporen (unzureichende Untergrundvorbereitungen oder doch zu große Feuchteschwankungen?)</li> </ul>

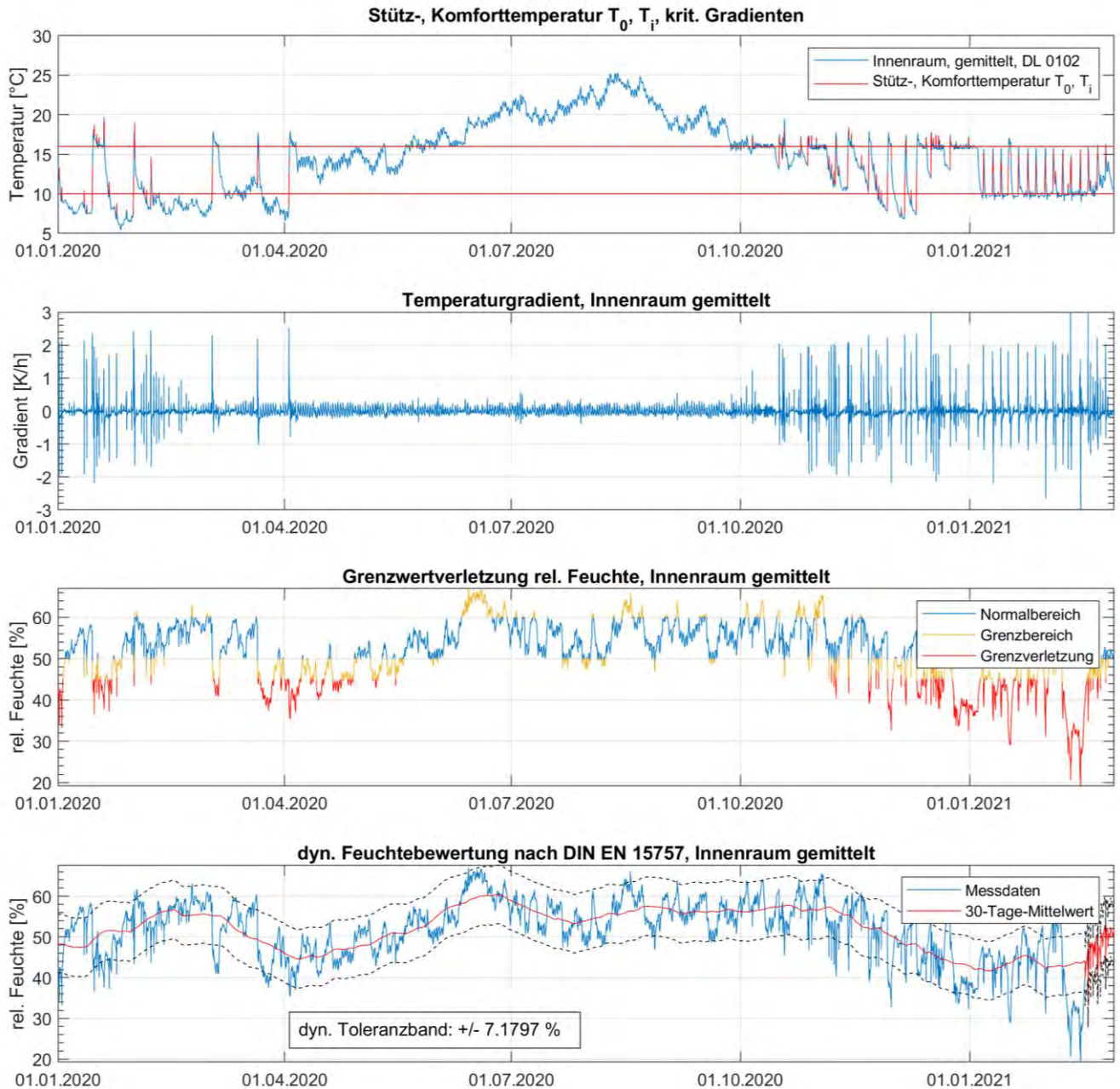


Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 97.704,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 14,30 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 32,88 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	19,74 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	2,89 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlerer <math>HEV_{spez}</math> bei großem Volumen des Kirchenraumes: 33% der Kirche mit dem max. Verbrauch 74% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- mittlerer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 31% der Kirche mit dem max. Verbrauch 98% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 11 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	89% fühlen sich wohl
Luftqualität	90% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	22% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	25% frieren „oft“
Energieverbrauch	25% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 89% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zugserscheinungen an Chorfenstern</li> <li>- moderates Temperaturniveau mit sichtbarem Absenkbetrieb</li> <li>- Schwankungsbreite der rel. Feuchte im Jahresverlauf zwischen 30-70%</li> <li>- rel. Feuchte im Winterhalbjahr sehr niedrig</li> <li>- geringe Schäden an der Ausstattung und Orgel</li> <li>- auffallend schnelle Feuchteänderungen, die sich in der hohen statistischen Standardabweichung abbilden</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abgestuftes modernes Heizungssystem</li> <li>- entspricht dem Stand der Technik</li> <li>- körpernahes Heizsystem (Rohrheizkörper unter Bänken)</li> <li>- kontrollierte feuchtegesteuerte Lüftung prüfen</li> </ul>
Energieverbrauch	- mittlere Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des großen Raumvolumens und der mittleren Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit ist sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Arnstadt



## Herderkirche Weimar

Projektphase 1, KG39

Baujahr: 1498

Volumen: 9.085 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 700

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	91%
Energieverbrauch	82%
Sozialmonitoring	82%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizungssystem	WW-Fußbodenheizung
Körpernahe Heizungssystem	WW-Bankheizung mit Konvektoren
Lüftung	Manuelle Fensterlüftung Nordseite
Art der Heizungsregelung	Hanazeder HLC, Fernzugriff
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	8°C (eingestellt 12°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	12°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	15°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 260 Veranstaltungen pro Jahr - täglich offene Kirche - regelmäßige Gottesdienste - regelmäßige Konzerte, Führungen, Andachten

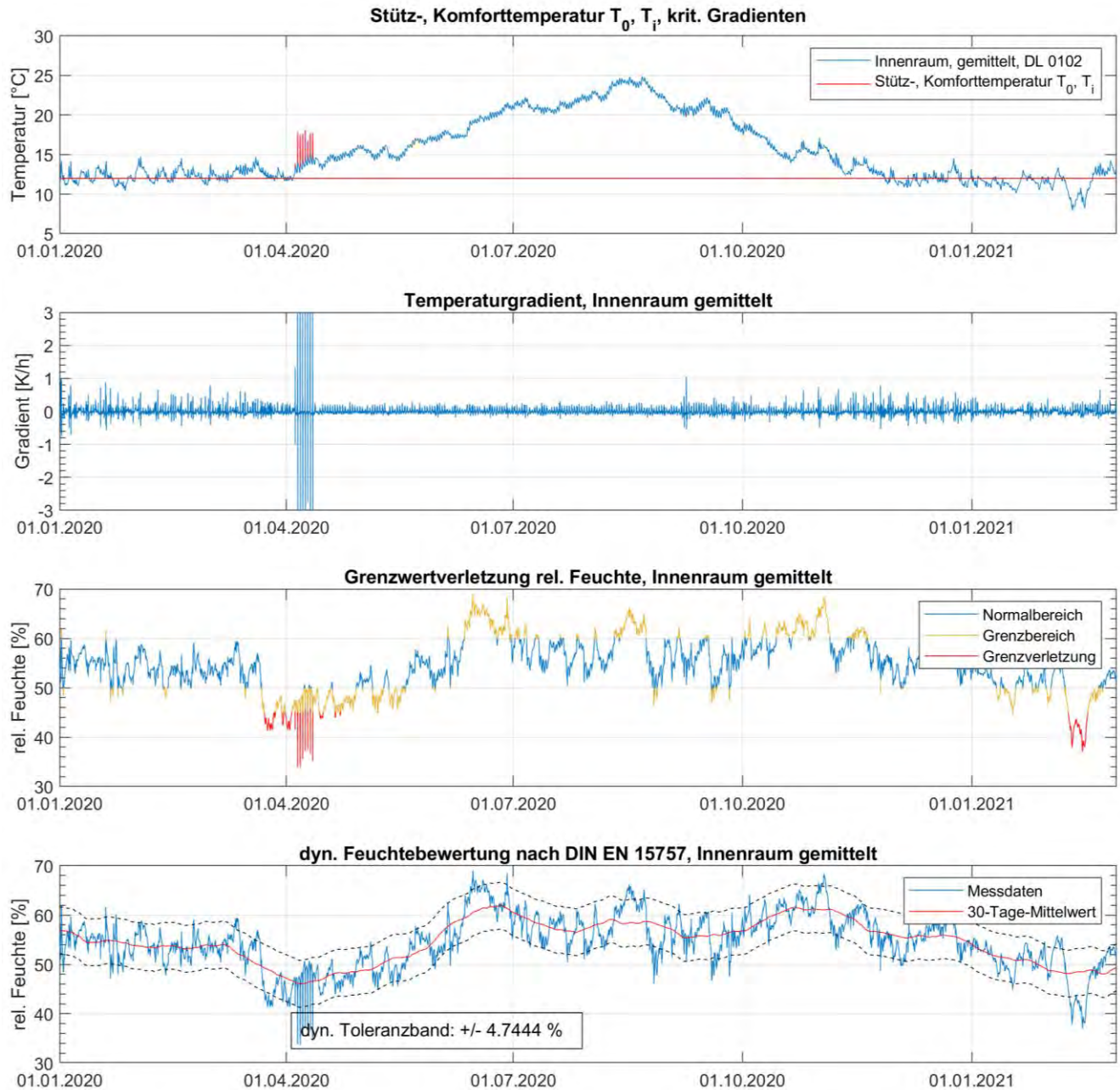
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	nicht nachweisbar
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	keine
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Winterhalbjahr in den empfohlenen Grenzen</li> <li>- sehr geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert</li> <li>- Absenkbetrieb nicht zu erkennen</li> <li>- zeitweise Temperaturen unter den Bänken bis 19°C</li> <li>- Fallwinde an Fenstern bei niedrigen Außentemperaturen</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine gravierenden Schäden</li> <li>- partiell kleine Fassungslockerungen am Orgelprospekt,</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kirchenraum und wertvolle Ausstattung ist in gutem Zustand</li> <li>- Cranachaltar: Fassungsschäden an der Predella (Sonneneinstrahlung, heißer Sommer 2018)</li> <li>- klimatische Schwankungen unterstützen den Schadensprozess, aber nicht ausschlaggebend</li> <li>- Schäden in der Taufkapelle (fehlendes Klimakonzept)</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 126.683,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 13,94 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 10,73 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	25,59 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	2,82 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei großem Volumen des Kirchenraumes: 32% der Kirche mit dem max. Verbrauch 71% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- sehr geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 10% der Kirche mit dem max. Verbrauch 32% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 28 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	88% fühlen sich wohl
Luftqualität	93% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	15% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	8% frieren „oft“
Energieverbrauch	25% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 88% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- moderates Temperaturniveau ohne sichtbaren Absenkbetrieb</li> <li>- rel. Feuchte weitgehend in den empfohlenen Grenzen</li> <li>- kaum Schäden an der Ausstattung und Orgel</li> <li>- geringe Rissbildungen am Cranach-Altar</li> <li>- Raumklima bei schwankenden Temperaturen und steigender Feuchtigkeit beobachten</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abgestuftes modernes gut gewartetes Heizungssystem</li> <li>- entspricht dem Stand der Technik</li> <li>- körpernahes Heizsystem (Konvektoren unter Bänken) mit hohen Temperaturen</li> <li>- feuchtegesteuerte Lüftung könnte Vorteile bringen</li> </ul>
Energieverbrauch	- geringe Heizenergieverbrauchskennwerte unter Berücksichtigung des Raumvolumens und der intensiven Nutzung
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Weimar





## Lutherkirche Rudolstadt

Projektphase 1, KG40

Baujahr: 1904 – 1906

Volumen: 3.404 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 450

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	80%
Energieverbrauch	81%
Sozialmonitoring	83%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas
Grundheizsystem	WW-Heizung mit Flachheizkörpern an Außenwänden und auf Empore
Körpernahe Heizsystem	WW-Bankheizkörper mit Rohrheizkörpern
Lüftung	manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Honeywell, MCR 200-22
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	5°C (eingestellt 8°C)
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	15°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	17°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 210 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - regelmäßige Konzerte

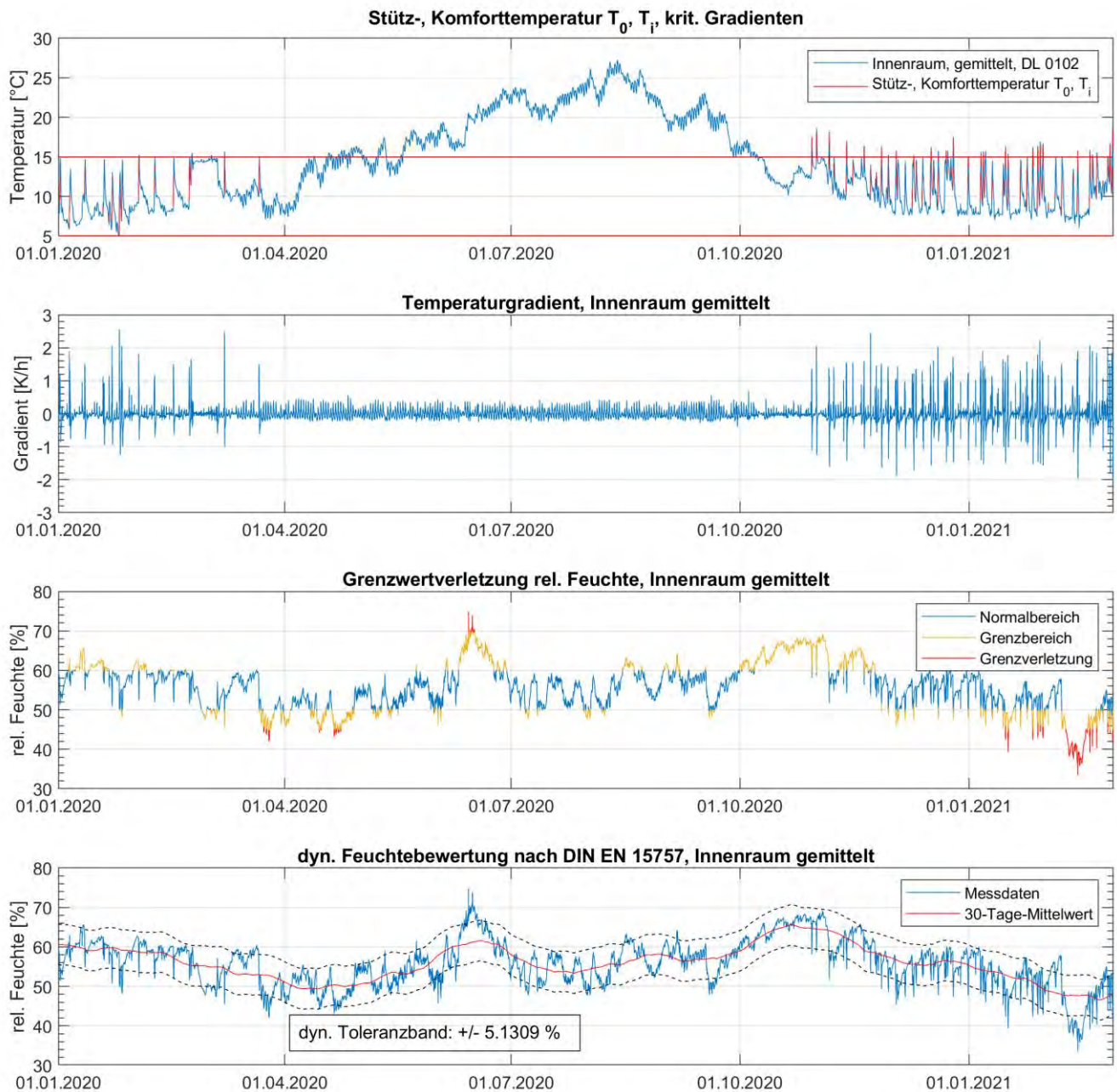
Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufig bis 2 K/h und -2 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	keine
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird kaum eingehalten</li> <li>- relative Feuchte in den vereinbarten Grenzen</li> <li>- geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Temperaturregelung funktioniert gut</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung greift ein, Befeuchtung „per Hand“</li> <li>- Programmierung ist anspruchsvoll bzw. umständlich, ansonsten Fahrweise „per Hand“</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Schäden am Prospekt</li> <li>- guter und gepflegter Zustand</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebrauchsspuren und Alterungsspuren am Altar weisen keinen klimatechnischen Zusammenhang auf</li> <li>- Trocknungsrisse an Wandbildern</li> <li>- Beschädigungen im Sockelbereich durch Salztransporte</li> <li>- Klimabeobachtung empfehlenswert, aktuelle Werte akzeptabel</li> </ul>
Energieverbrauch	

Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 41.810,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 12,28 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 11,70 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	8,45 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	2,48 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer <math>HEV_{spez}</math> bei mittlerem Volumen des Kirchenraumes: 28% der Kirche mit dem max. Verbrauch 64% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- geringer <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 11% der Kirche mit dem max. Verbrauch 35% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 4 Befragten)	
Raumtemperatur	100% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	100% fühlen sich wohl
Luftqualität	100% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	0% frieren „oft“
Energieverbrauch	51% wünschen sich Information
Bewertung	- die Beteiligung an der Nutzerbefragung war sehr gering, das Ergebnis ist wenig belastbar

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- die Grenzwerte für rel. Feuchte werden eingehalten</li> <li>- Auf- und Abheizgradienten sind hoch</li> <li>- wenige Schäden an der wertvollen Ausstattung, die raumklimabedingt sein könnten</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abgestuftes Grundheizsystem mit körpernaher Heizung</li> <li>- zusätzliche dezentral verteilte Heizflächen in kritischen Bereichen</li> <li>- Kombination und die Fahrweise der Grundheizung und der körpernahen Heizungen funktionieren gut</li> <li>- Gebäudeleittechnik umständlich zu bedienen</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des mittleren Raumvolumens und der Nutzung vergleichsweise gering
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit im oberen Bereich im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Rudolstadt



## Christuskirche, Bad Eilsen

Projektphase 1, KG41

Baujahr: 1959

Volumen: 1.925 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 400

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	53%
Energieverbrauch	0%
Sozialmonitoring	74%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas / Strom
Grundheizungssystem	WW-Heizung mit Einzel-Heizkörpern
Körpernahes Heizsystem	Elektrische Bankheizung, Infrarotstrahler an Fenstern
sonstiges	manuelle Fensterlüftung
Art der Heizungsregelung	Viessmann, Uhrenthermostat, Heizkörperthermostate
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	11°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	20°C (unterschiedliche Angaben: 19°C)
Solltemperatur körpernahe Heizung	20°C (unterschiedliche Angaben: 19°C)
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 100 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - unregelm. Konzerte, Theater, Chorproben

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufige Überschreitungen bis +2,5 K/h und -2 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	meist bis 35%
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische Bankheizung außer Betrieb</li> <li>- Temperaturänderungen bis zu 10K zwischen Nutzung und Nichtnutzung</li> <li>- Funktion der Temperaturregelung unklar, aber extrem wechselnde Änderungen, Heizkörperthermostate manuell bedient</li> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird nicht eingehalten</li> <li>- relative Feuchte im Sommerhalbjahr selten bis 75%, im Winterhalbjahr bis 35%</li> <li>- sehr hohe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung nicht vorhanden</li> </ul>
Zustand der Orgel	- keine Angaben
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oberflächen des Innenraums sowie der Ausstattung sind keine schädigenden Einflüsse seitens eines ungünstigen Raumklimas festzustellen</li> <li>- Malschichtschäden Altar (häufig durch geringe Raumfeuchte, hier vmtl. maltechnische Gründe)</li> </ul>

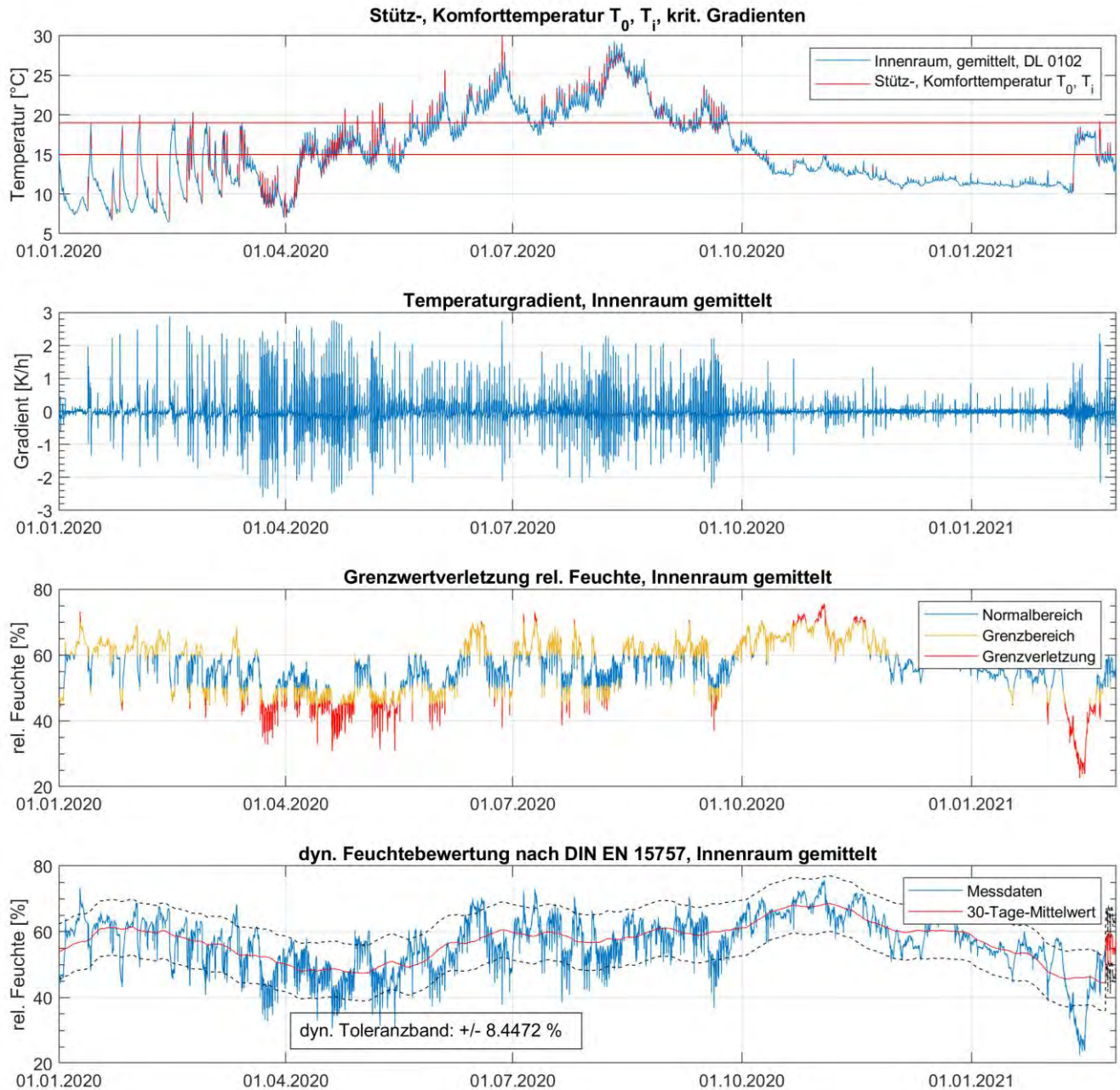
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 66.326,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 34,46 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 68,91 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	10,72 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	5,57 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei geringem Volumen des Kirchenraumes: 80% der Kirche mit dem max. Verbrauch 177% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- hoher <math>EVK_{rel}</math>, der die Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 64% der Kirche mit dem max. Verbrauch 206% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 14 Befragten)	
Raumtemperatur	92% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	85% fühlen sich wohl
Luftqualität	92% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	17% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	17% frieren „oft“
Energieverbrauch	41% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 85% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aktuelles Raumklima akzeptabel</li> <li>- keine aktuellen Schäden aufgrund des Raumklimas</li> <li>- teilweise niedrige Feuchte</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinweis: Realisierung Kirchenheizungsregelung (bisher Kesselregelung mit Heizkörperthermostate), Ausbau Heizkörperthermostate</li> <li>- Temperatureinstellungen erscheinen willkürlich</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des kleinen Kirchenraumes und der mittleren Nutzung vergleichsweise hoch
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit etwa im oberen Drittel im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen



## Bad Eilsen



## Kirche Sylbach

Projektphase 1, KG42

Baujahr: 1952

Volumen: 1.900 m<sup>3</sup>

Sitzplätze: 300

### Gesamtbewertung

Klimamonitoring	87%
Energieverbrauch	39%
Sozialmonitoring	81%

Technische Ausstattung und Nutzung	
Energieträger	Erdgas, Solarthermie 40m <sup>2</sup> und 13000 l Pufferspeicher
Grundheizsystem	WW-Wandheizung bis zur Hälfte der Wände WW-Warmluftheizung
Körpernahe Heizsystem	WW-Fußbodenheizung
sonstiges	manuelle Fensterlüftung nach „Gefühl“
Art der Heizungsregelung	TA UVR1611
Solltemperatur Nichtnutzung T <sub>0</sub>	15°C
Solltemperatur Nutzung T <sub>i</sub>	18°C
Solltemperatur körpernahe Heizung	18°C
Aufheizgradient	1 K/h
Veranstaltungen p.a.	ca. 173 Veranstaltungen pro Jahr - regelmäßige Gottesdienste - unregelm. Konzerte, Lesungen, Chorproben

Raumklima	
Verletzung Gradient Temperatur > 1 K/h	häufige Überschreitung bis zu ±2 K/h
Grenzwertverletzung relative Feuchte > 70%	sehr selten
Grenzwertverletzung relative Feuchte < 45%	sehr selten
Fahrweise Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturregelung funktioniert mit deutlichem Absenkbetrieb und Temperaturen bei Nutzung bis 20°C</li> <li>- empfohlener Auf- und Abheizgradient von ±1 K/h wird deutlich überschritten</li> <li>- relative Feuchte in den vereinbarten Grenzen</li> <li>- sehr geringe dynamische Abweichungen der rel. Feuchte von der historischen Variabilität</li> <li>- Feuchtevorrangschaltung nicht vorhanden</li> </ul>
Zustand der Orgel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schimmelflecken am Dach des Orgelgehäuses und Pfeifenbrettern (organische Farbe als guter Nährboden)</li> <li>- mikrobieller Befall Gehäuseöffnung Nordseite</li> </ul>
Zustand der Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- guter baulicher Zustand des Innenraums</li> <li>- keine aktuellen Schäden aufgrund des Raumklimas</li> <li>- partieller älterer Schimmelbefall unter Kirchenbänken</li> </ul>

Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch (5-jahres-Ø)	HEV = 59.697,00 kWh/a
spezifischer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} = HEV / \text{Volumen}$ )	$HEV_{spez} = 31,42 \text{ kWh}/(a \cdot m^3)$
relativer Heizenergieverbrauchskennwert ( $HEV_{spez} \cdot 100 / \text{Veranstaltungen pro Heizper.}$ )	$EVK_{rel} = 36,32 \text{ kWh}/(a \cdot m^3 \cdot Z_v)$
CO <sub>2</sub> -Emission gesamt pro Jahr	9,65 t/a
spez. CO <sub>2</sub> -Emission (CO <sub>2</sub> -Emission/Volumen)	5,08 t/(a·m <sup>3</sup> )
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher <math>HEV_{spez}</math> bei geringem Volumen des Kirchenraumes: 73% der Kirche mit dem max. Verbrauch 162% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> <li>- mittlerer <math>EVK_{rel}</math>, der die mittlere Nutzung im Jahr mit berücksichtigt: 34% der Kirche mit dem max. Verbrauch 109% vom mittleren Verbrauch aller Kirchen</li> </ul>

Sozialwissenschaftliches Monitoring (..% von 15 Befragten)	
Raumtemperatur	86% für „sehr angenehm“ mit entsprechender Kleidung
Wohlbehagen	86% fühlen sich wohl
Luftqualität	93% für „genau richtig“
Zugluftempfinden	0% geben Zugluft mit „oft“ an
Kälteempfinden	7% frieren „oft“
Energieverbrauch	45% wünschen sich Information
Bewertung	- trotz kritischer Anmerkungen fühlen sich 86% der Befragten in der Kirche wohl

Zusammenfassung	
Raumklima	- aktuelles Raumklima akzeptabel
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinweis: Anhebung Vorlauftemperatur Fußbodenheizung und Wandheizung</li> <li>- Hinweis: Absenken Aufheiztemperatur von 18 °C auf 16 °C</li> <li>- Ergänzung Heizflächen Altarraum und südliches Querschiff (Zugerscheinungen)</li> </ul>
Energieverbrauch	- unter Berücksichtigung des geringeren Raumvolumens und der mittleren Nutzung vergleichsweise hoch bzw. mittel
Sozialwissenschaftliches Monitoring	- Einschätzung der Behaglichkeit etwa sehr gut im Vergleich mit allen betrachteten Kirchen

## Sylbach

