

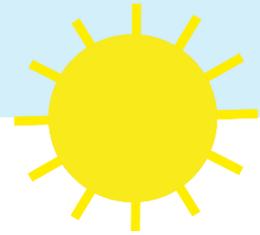
D 6.1 und D 6.2: Bericht über die Monitoring Ergebnisse und Ergebniszusammenfassung



Christian Doczekal

Güssing Energy Technologies
GmbH

15.09.2023



Cool down Güssing



Titel: Bericht über die Monitoring Ergebnisse und
Ergebniszusammenfassung

Deliverable: D 6.1 und D 6.2

Autoren: Christian Doczekal, Güssing Energy Technologies GmbH
Markus Goritschnig, Güssing Energy Technologies GmbH
Harald Knor, O.K. Energie Haus GmbH
Martin Stimpfl, JOKE Systems GmbH
Hannes Frey, JOKE Systems GmbH

Status: Version 1

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Monitoring.....	2
3	Betriebsgebäude.....	6
3.1	Vulcolor Naturfarben GmbH	6
3.2	Guttomat Sektionaltore GmbH	10
3.3	Auto Doczekal GmbH	16
4	Wohngebäude	22
4.1	Einfamilienhaus Doczekal	22
4.2	Wohnhausanlage Krottendorf.....	27
4.3	Einfamilienhaus Scher-Deutsch	29
5	Öffentliche Gebäude	33
5.1	Kindergarten Güssing	33
5.2	Schule BORG.....	43
5.3	Feuerwehrhaus Güssing	50
5.4	Öffentlicher Kühlspot	53
6	Ergebniszusammenfassung	56
6.1	Vulcolor Naturfarben GmbH	56
6.2	Guttomat Sektionaltore GmbH	56
6.3	Auto Doczekal GmbH	56
6.4	Einfamilienhaus Doczekal	57
6.5	Wohnhausanlage Krottendorf.....	57
6.6	Einfamilienhaus Scher-Deutsch	57
6.7	BORG Güssing.....	57
6.8	Kindergarten Güssing	58
6.9	Feuerwehrhaus Güssing	58
6.10	Kühlspot Hauptplatz Güssing	58

1 Einleitung

Das Projekt "Cool-down Güssing" hat sich der Herausforderung gestellt, innovative Lösungen zur Reduktion sommerlicher Überhitzung in verschiedenen Einrichtungen zu implementieren und zu monitoren. In diesem Bericht werden die umgesetzten Maßnahmen, das Monitoring der Demogebäude und das eingeholte Feedback der Stakeholder detailliert beschrieben.

Die implementierten Maßnahmen umfassten eine Reihe von innovativen Ansätzen wie automatisierte Nachtlüftung, Smart Home-Systeme, dezentrale Lüftungsgeräte, Nachtlüftung über Brandrauchentlüftung und die Installation von Sonnenschutzfolien.

Diese Maßnahmen haben wesentlich zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen in Güssing beigetragen und demonstrierten, wie ein umweltbewusster und energieeffizienter Umgang mit Ressourcen zur Reduktion der sommerlichen Überhitzung in der Praxis umgesetzt werden kann.

Das Projekt bietet wertvolle Einblicke und Erfahrungswerte, die für zukünftige Maßnahmen zur Verbesserung des Raumklimas und zur Reduktion von Überhitzung in städtischen Gebieten von Bedeutung sind.

Das gesamte Projektteam möchte sich herzlich bei allen Stakeholdern der Demogebäude bedanken. Ihr Engagement und Ihre kontinuierliche Rückmeldung waren entscheidend für den Erfolg dieses Vorhabens. Ein besonderer Dank gilt auch dem Fördergeber Klima- und Energiefond, dessen Unterstützung es ermöglicht hat, dieses innovative Smart Cities Demo-Projekt zu realisieren. Ihre Mitwirkung hat wesentlich dazu beigetragen, wertvolle Erkenntnisse für die Zukunft städtischer Raumklimatisierung zu gewinnen.

2 Monitoring

Im Rahmen des Projekts "Cool-down Güssing" wurde ein Monitoring-System implementiert, um die Effektivität der verschiedenen Kühlmaßnahmen zu bewerten. Für die Überwachung der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit in den meisten Demonstrationsgebäuden kamen Datalogger zum Einsatz, die speziell für ihre Zuverlässigkeit, Mobilität und Benutzerfreundlichkeit ausgewählt wurden.

Einsatz von FreeTec Dataloggern:

- Die ausgewählten Datalogger stammen vom Hersteller FreeTec (Abbildung 1). Sie zeichnen sich durch ihre kompakte Größe und Effizienz in der Datenerfassung aus.
- Diese Geräte sind in der Lage, Daten zur Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit kontinuierlich aufzuzeichnen. Die Ablagerate der Daten erfolgt alle 5 Minuten, wobei die Geräte die gesammelten Informationen für etwa zwei Monate im internen Speicher halten können.

Vorteile der FreeTec Datalogger:

- **Klein und Mobil:** Aufgrund ihrer geringen Größe lassen sich die Logger flexibel und unauffällig in verschiedenen Bereichen eines Gebäudes platzieren.
- **Gleichzeitige Messungen:** Ihre Mobilität ermöglicht es, zeitgleich Messungen in vielen Bereichen eines Gebäudes durchzuführen, was eine umfassende Datenerhebung gewährleistet.
- **Benutzerfreundlichkeit:** Die Logger verfügen über Displays, auf denen die Nutzer:innen die aktuellen Messwerte direkt ablesen können. Dies erhöht die Transparenz und Benutzerfreundlichkeit des Monitoringsystems.

Situierung, Nummerierung und Auslesen der Logger:

- Bei der Platzierung der Logger wurde darauf geachtet, dass diese keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, um Verfälschungen der Temperaturmesswerte zu vermeiden.
- Jeder Logger wurde individuell nummeriert, um eine klare Zuordnung zu den einzelnen Messkampagnen zu ermöglichen.
- Die Auslesung der gesammelten Daten erfolgt über eine USB-Schnittstelle. Diese Methode ermöglicht eine schnelle und unkomplizierte Übertragung der Daten für die weitere Analyse und Auswertung.



Abbildung 1: Datalogger von FreeTec zur Messung von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

Weiters war es erforderlich, neben der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit auch den CO₂-Gehalt in bestimmten Räumen zu überwachen. Diese zusätzliche Messung war insbesondere in Räumen mit hoher Personendichte, wie im Kindergarten oder im BORG, von großer Bedeutung.

Einsatz von CO₂-Loggern von Trotec:

- Für die Messung des CO₂-Wertes wurden CO₂-Logger vom Typ BZ30 der Firma Trotec eingesetzt (Abbildung 2). Diese Geräte sind speziell für die Überwachung der Kohlendioxid-Konzentration in Innenräumen konzipiert.
- Die Logger sind mit Pufferbatterien ausgestattet, die es den Geräten ermöglichen, für einige Stunden autonom zu arbeiten, falls die Stromversorgung unterbrochen sein sollte. Dies gewährleistet eine kontinuierliche Datenerfassung auch bei kurzfristigen Stromausfällen.

Platzierung der CO₂-Logger:

- Ähnlich wie bei den Dataloggern für Temperatur und Feuchtigkeit wurde bei der Platzierung der CO₂-Logger darauf geachtet, dass diese nicht direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind. Direkte Sonneneinstrahlung könnte die Messwerte deutlich verfälschen.
- Die Positionierung der Logger wurde so gewählt, dass sie repräsentative Daten über die Luftqualität in den jeweiligen Räumen liefern können, ohne dabei den regulären Betrieb oder die Raumnutzung zu stören.



Abbildung 2: CO₂ Datalogger der Firma Trotec bei einer Messkampagne im BORG

Für spezielle Messungen wurde beim Einfamilienhaus Scher-Deutsch sowie bei der Firma Guttomat der UVR Messkoffer der GET eingesetzt (Abbildung 3). Dieser hochentwickelte Messkoffer ist besonders geeignet für detaillierte Analysen von Raumklima und Umgebungsbedingungen.

Merkmale des UVR Messkoffers der GET:

1. **Vielfältige Sensoranschlüsse:** Der UVR Messkoffer verfügt über zahlreiche Eingänge für verschiedene Sensoren, insbesondere für Temperaturfühler. Dies ermöglicht eine flexible und umfassende Erfassung von Umgebungsdaten, die für die genaue Analyse der Raumtemperatur und anderer relevanter Parameter erforderlich sind.
2. **Steuerungsfunktionen:** Neben der Datenerfassung können mit dem Messkoffer auch Steuerbefehle ausgeführt werden. Dies erlaubt es, externe Geräte wie Lüftungssysteme oder Klimaanlage gezielt zu schalten und somit aktiv in die Raumklimatisierung einzugreifen.
3. **Mobiles Internetmodul:** Eine Schlüsselfunktion des UVR Messkoffers ist sein mobiles Internetmodul. Dieses ermöglicht einen ständigen Zugriff auf aktuelle und historische Messdaten, unabhängig vom Standort des Nutzers. Diese Konnektivität stellt eine kontinuierliche Überwachung und schnelle Reaktionsfähigkeit auf sich verändernde Raumbedingungen sicher.



Abbildung 3: UVR Messkoffer der GET

Für eine umfassende Datenauswertung wurden die Messwerte der eingesetzten Datalogger mit Daten zur Außenlufttemperatur kombiniert. Anfangs mussten die Daten zur Außentemperatur käuflich erworben werden, jedoch standen diese gegen Ende des Projekts öffentlich zur Verfügung, was den Zugang zu diesen wichtigen Vergleichsdaten erleichterte.

Die eigentliche Datenauswertung fand in Grafana statt, einer Plattform, die besonders geeignet ist, um Daten mit unterschiedlichen Ablageraten zu visualisieren und zu analysieren. Grafana ermöglichte eine effektive Darstellung und erste Bewertung der umfangreichen Messdaten. Für die detaillierte Analyse und weitere Aufbereitung der Daten wurde anschließend Microsoft Excel verwendet. Dies erlaubte eine tiefere Untersuchung der Daten, um präzise Erkenntnisse über die Effektivität der umgesetzten Maßnahmen gegen die sommerliche Überhitzung zu gewinnen und fundierte Schlussfolgerungen für zukünftige Projekte zu ziehen.

Um die sommerliche Überhitzung in Gebäuden zu reduzieren, wurden verschiedene fortschrittliche Messgeräte eingesetzt, um ein umfassendes Monitoring der Raumklimabedingungen zu ermöglichen. Zusammenfassend hier die Übersicht der Messgeräte:

FreeTec Datalogger: Diese wurden in den meisten Demonstrationsgebäuden verwendet, um Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit aufzuzeichnen. Die kleinen, mobilen und unauffälligen Logger von FreeTec speichern die Daten im internen Speicher und erlauben eine Ablagerate von 5 Minuten für etwa zwei Monate. Ihre Platzierung erfolgte strategisch, um direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden und genaue Messwerte zu garantieren.

CO₂-Logger von Trotec: Für Räume mit hoher Personendichte, wie im Kindergarten oder BORG, wurden zusätzlich CO₂-Logger des Typs BZ30 eingesetzt, um den CO₂-Wert mitzuloggen. Diese Geräte verfügen über eingebaute Pufferbatterien, die eine kurzzeitige autonome Funktion ermöglichen, und wurden ebenfalls so positioniert, dass keine direkte Sonneneinstrahlung die Messwerte beeinflusst.

UVR Messkoffer von GET: Beim EFH Scher-Deutsch und bei der Firma Guttomat kam der UVR Messkoffer der GET zum Einsatz. Dieser bietet zahlreiche Eingänge für Sensoren, insbesondere Temperaturfühler, und ermöglicht Steuerbefehle für externe Geräte. Ein mobiles Internetmodul erlaubt den ständigen Zugriff auf aktuelle und historische Messdaten.

Diese Messgeräte spielen eine zentrale Rolle bei der Überwachung und Anpassung der Kühlungsstrategien, um die sommerliche Überhitzung in den betreffenden Gebäuden effektiv zu reduzieren. Sie ermöglichen eine präzise Datenerfassung und tragen damit wesentlich zur Optimierung des Raumklimas und zur Steigerung des Komforts in den Gebäuden bei.

3 Betriebsgebäude

3.1 Vulcolor Naturfarben GmbH

Die Vulcolor Naturfarben GmbH erzeugt Lebensmittelfarben. Das Gebäude hat mehrere südseitigen Büros. Die sommerliche Überhitzung ist vor allem zu den Bürozeiten enorm. Die Büros sind meist zwischen 7:00 Uhr und 16:00 Uhr besetzt. In der Produktion ist Schichtbetrieb, eine Abkühlung über Nacht findet nur in geringem Ausmaß statt. Durchschnittlich sind etwa 29 Personen anwesend. Abbildung 4 zeigt das Firmengebäude mit dem Haupteingang.



Abbildung 4: Das Gebäude der Fa. Vulcolor

Das Labor, der Zubau und der Bürotrakt werden bereits mit Hilfe einer Multisplitklimaanlage klimatisiert. Vor allem in der Produktionshalle kommt es zu sehr hohen Temperaturen, bei höher gelegenen Arbeitsplätzen herrscht eine noch höhere Raumtemperatur. Zwischen Juni und September ist die Hitze ein Problem¹.

¹ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

Vor allem in der Produktionshalle kommt es zu sehr hohen Temperaturen, bei höher gelegenen Arbeitsplätzen herrscht eine noch höhere Raumtemperatur. Zwischen Juni und September ist die Hitze ein Problem².

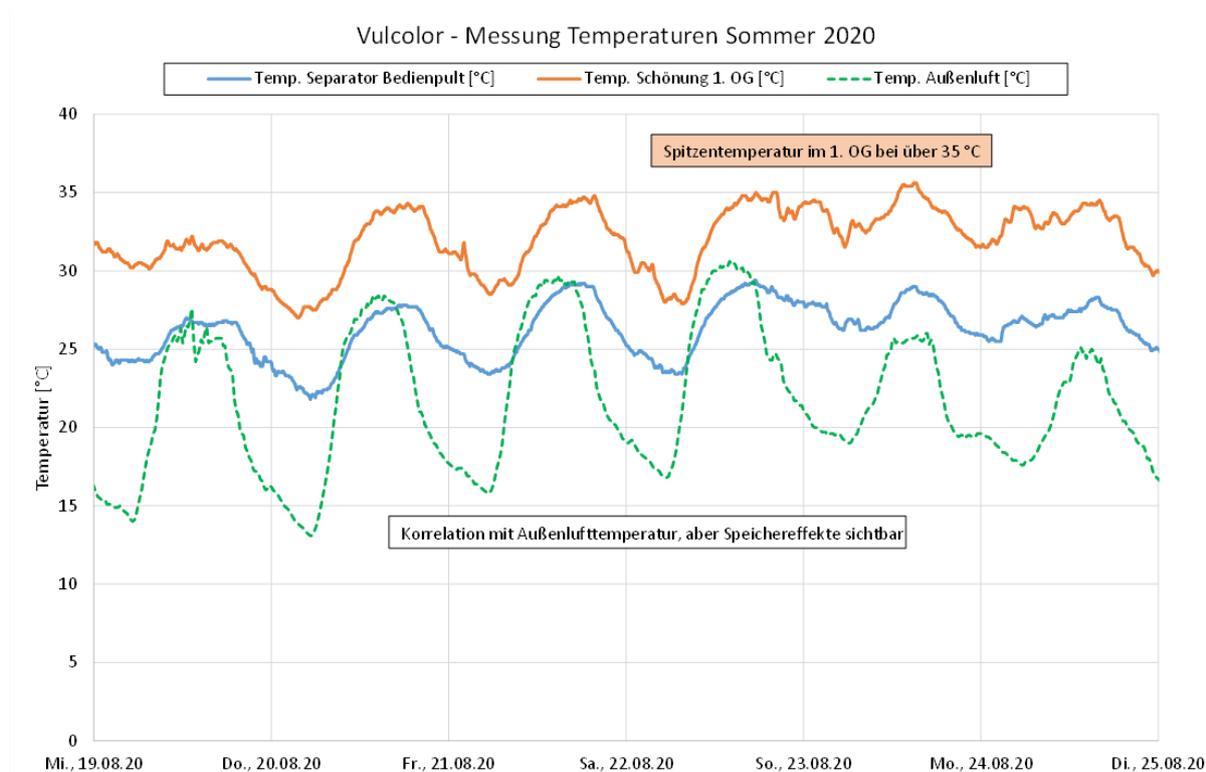


Abbildung 5: Messung der Temperaturen im August 2020

Bei Vulcolor wurden die Temperaturen im Sommer vom Mittwoch, 19.08.2020 bis Dienstag, 25.08.2020 gemessen (siehe Abbildung 5). Es gab drei Messpunkte: Es wurde die Temperatur am Separator Bedienpult, die Temperatur der Schönung im 1. OG sowie die Temperatur der Außenluft gemessen. Die Außentemperaturen lagen an diesen Tagen bei max. ca. 25 °C bis 30 °C, in der Nacht kühlte es auf ca. 13 °C bis 18 °C ab.

Die Tageshöchsttemperatur am Separator Bedienpult lag zwischen ca. 27 °C und 29 °C. In der Nacht kühlte die Raumtemperatur auf zwischen 22 °C und 26 °C ab.

Deutlich höher waren die Temperaturen in der Schönung im 1. OG. Die Tageshöchsttemperaturen lagen hier zwischen ca. 32 °C und 36 °C. In der Nacht kühlte die Temperatur auf nur zwischen ca. 27 °C und 32 °C ab.

Es zeigte sich eine Korrelation der Innentemperaturen mit der Außenlufttemperatur, allerdings wurden auch Speichereffekte sichtbar.

Eine weitere Temperaturmessung der Bereiche Separator Bedienpult, Schönung 1 und der Außenluft fand nach einem Monat erneut statt. Wie bei der ersten Messreihe fanden die Messungen von jeweils Mittwoch bis Dienstag der Folgewoche statt. In

² Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

Abbildung 6 ist ersichtlich, dass ab 25.09.2020 ein deutlicher Abfall der Außenluft-Temperatur zu verzeichnen war. Auffällig ist der rapide Abfall von Donnerstag, 24.09.2020 auf Samstag, 26.09.2020. Bezogen auf den Tageshöchstwert sank die Außentemperatur dabei um mehr als 10° C.

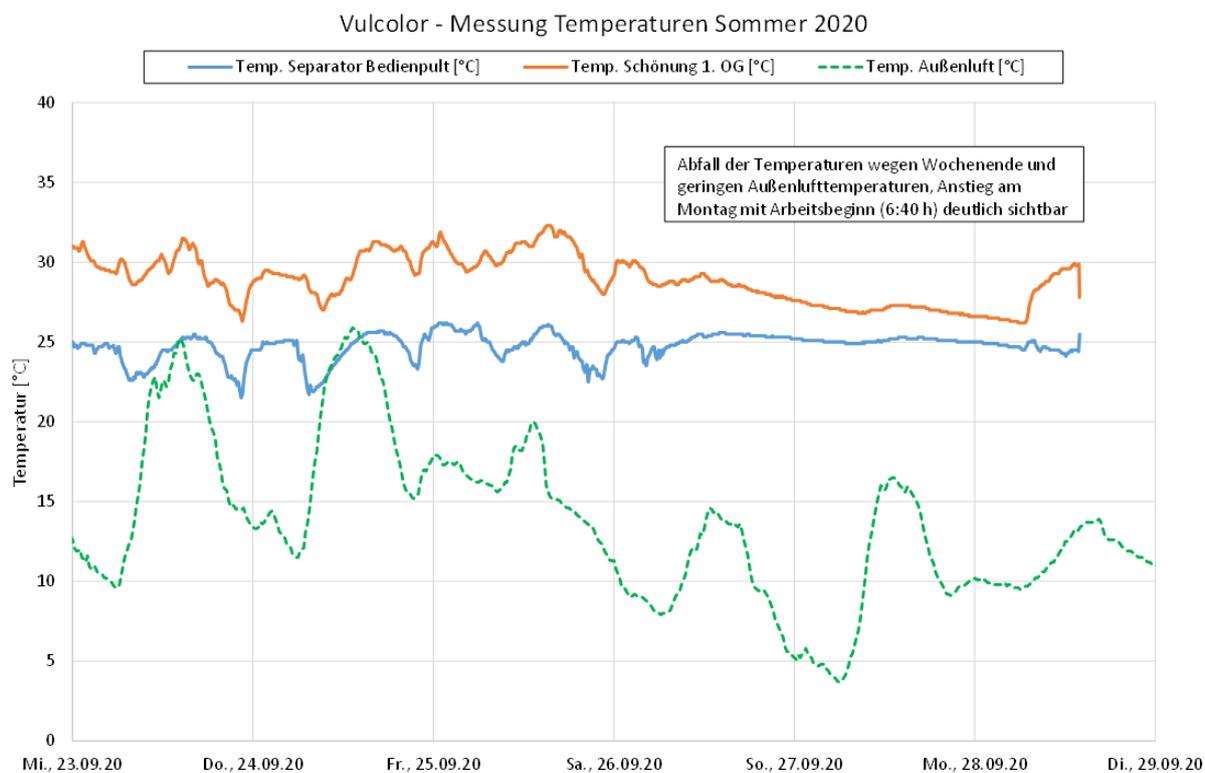


Abbildung 6: Messung der Temperaturen im September 2020

Der Abfall der Außentemperatur hatte direkte Auswirkungen auf die Temperaturen bei Schönung 1. So ist am Wochenende ein stetiger Abfall der gemessenen Temperaturen zu verzeichnen. Die Temperatur im Bereich Separator Bedienfeld blieb annähernd gleich – etwa 25°C. Am Montag, 28.09.2020, ist ein deutlicher Anstieg der Temperaturen zu erkennen. Der Wochenstart und die Wiederaufnahme der Betriebstätigkeit ist zu erkennen.

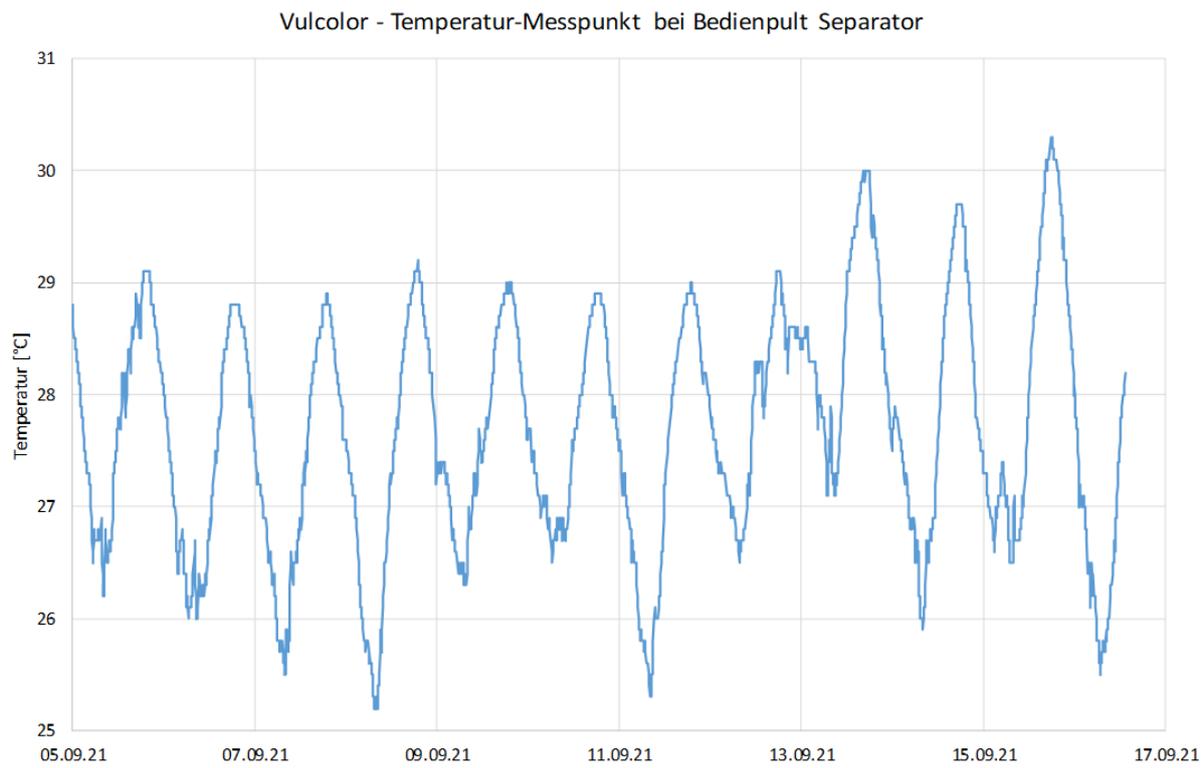


Abbildung 7: Messung der Temperaturen im September 2020 beim Bedienpult Separator

Ab 05.09.2021 wurde eine zwölf-tägige Messung im Bereich Bedienpult Separator vorgenommen. Diese Messung ist in Abbildung 7 ersichtlich. Die Temperatur von 25°C wurde zu keinem Zeitpunkt unterschritten. Am 15.09.2021 wurde die Marke von 30°C überschritten. Auffällig ist, dass die Werte nahezu oder über 29°C liegen. Die Temperaturniveaus verdeutlichen den Kühlbedarf, vor allem in der Produktionshalle.

Der Bedarf an Kühlung ist vor allem in der Produktionshalle sehr hoch. Am Abend werden teilweise Tore geöffnet, um die Halle zu lüften bzw. zu kühlen. Dies ist aus mikrobiologischer Sicht zeitweise problematisch, es laufen sogenannte „Filter“ 4 Stunden täglich, in dieser Zeit ist kein Lüften möglich. Ein Maische-Pasteur, der etwa 16 Stunden pro Tag in Betrieb ist, wurde bereits eingehaust, um den Wärmeeintrag in die Produktionshalle zu verringern.

Die geplante Implementierung der **Nachtlüftungsanlage mit Ventilatoren und Filtern** für Vulcolor war bisher noch nicht möglich, hauptsächlich aufgrund der Entscheidung, das umfassende Gesamtkonzept erst im Jahr 2024 umzusetzen. Es konnte somit kein Monitoring in der Produktionshalle nach einer Umsetzung getätigt werden.

Die Errichtung des **schattenspendenden Pavillons** (Abbildung 8) bei der Vulcolor stieß auf positives Feedback seitens der Geschäftsführung und der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dieser Pavillon wurde innerhalb der Projektlaufzeit errichtet und bietet einen kühlen und angenehmen Rückzugsort im Freien, der insbesondere während der wärmeren Monate eine wertvolle Bereicherung für das Arbeitsumfeld darstellt.



Abbildung 8: Schattenspendender Pavillon für die Mitarbeiter:innen wurde errichtet

Als Pausenbereich konzipiert, ermöglicht der Pavillon den Angestellten, sich von der Hitze und dem geschäftigen Betriebsalltag zu erholen. Diese Maßnahme wurde von den Mitarbeitenden sehr geschätzt, da sie einen Raum zur Entspannung und Erfrischung bietet, da es in der Produktionshalle besonders heiß ist. Die Geschäftsführung von Vulcolor zeigt mit dieser Initiative ein klares Engagement für das Wohlbefinden ihrer Belegschaft und unterstreicht die Bedeutung eines angenehmen Arbeitsumfelds. Dieser Schritt trägt nicht nur zur Steigerung der Arbeitszufriedenheit bei, sondern demonstriert auch die Wertschätzung des Unternehmens für seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

3.2 Guttomat Sektionaltore GmbH

Die Firma Guttomat Sektionaltore GmbH (Abbildung 9) erzeugt in mehreren Produktionshallen Sektionaltore für häusliche und gewerbliche Anwendungen. Die Büros sind bereits klimatisiert (Multisplitgeräte). Derzeit wird einschichtig produziert, die Beginnzeiten wurden im Sommer aufgrund der hohen Temperaturen auf 06:00 Uhr voverlegt. Ab 13:00 Uhr sind die Hallen besonders heiß.



Abbildung 9: Produktionshalle der Fa. Guttomat

Die Lackieranlage erhöht als innere Wärmelast zusätzlich die Raumtemperatur. Etwa 1/3 der Heizungsleitungen für den Vorlauf sind ungedämmt, wobei die Vorlauftemperatur bei ca. 100 °C liegt³.

Bei der Fa. Guttomat wurde als Monitoring das Temperaturprofil (Produktionshalle im Sommer) über die Höhe gemessen wie in Abbildung 10 ersichtlich.

³ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

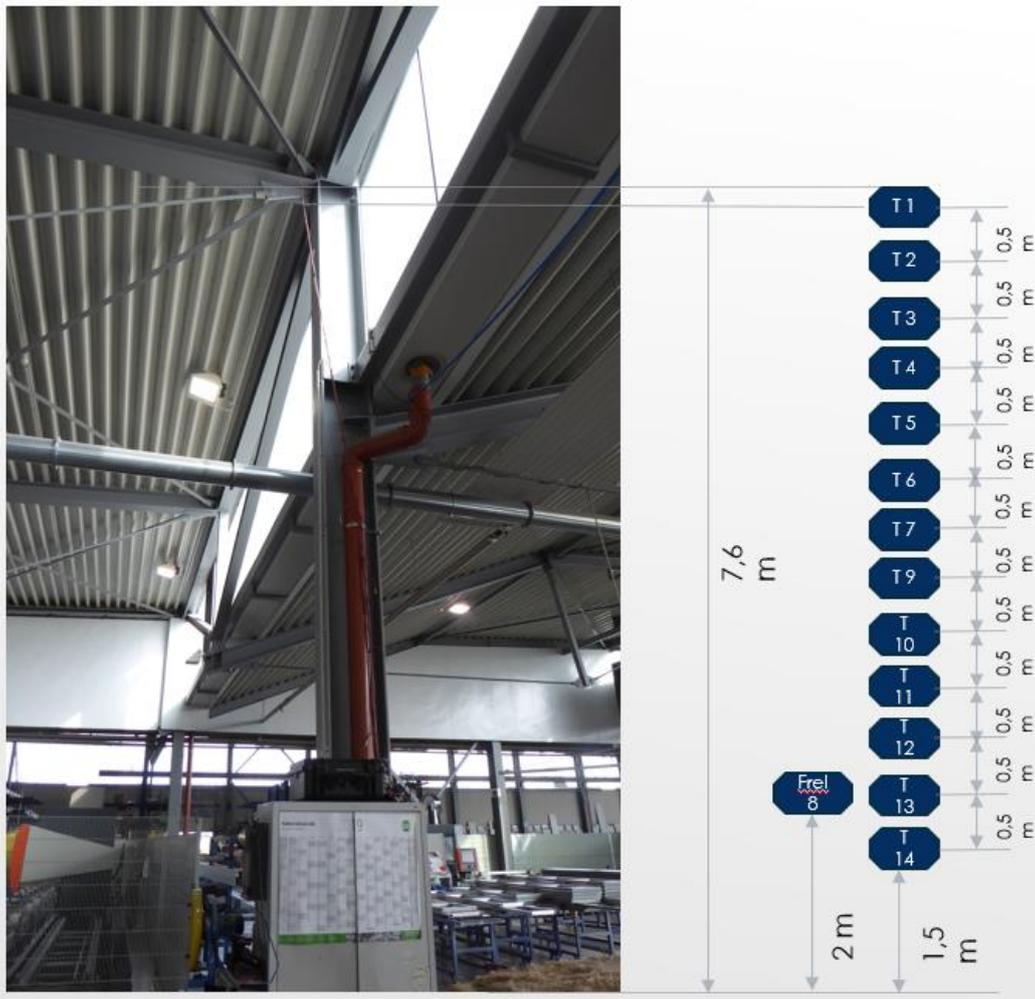


Abbildung 10: Die Temperatur wurde in verschiedenen Höhen gemessen

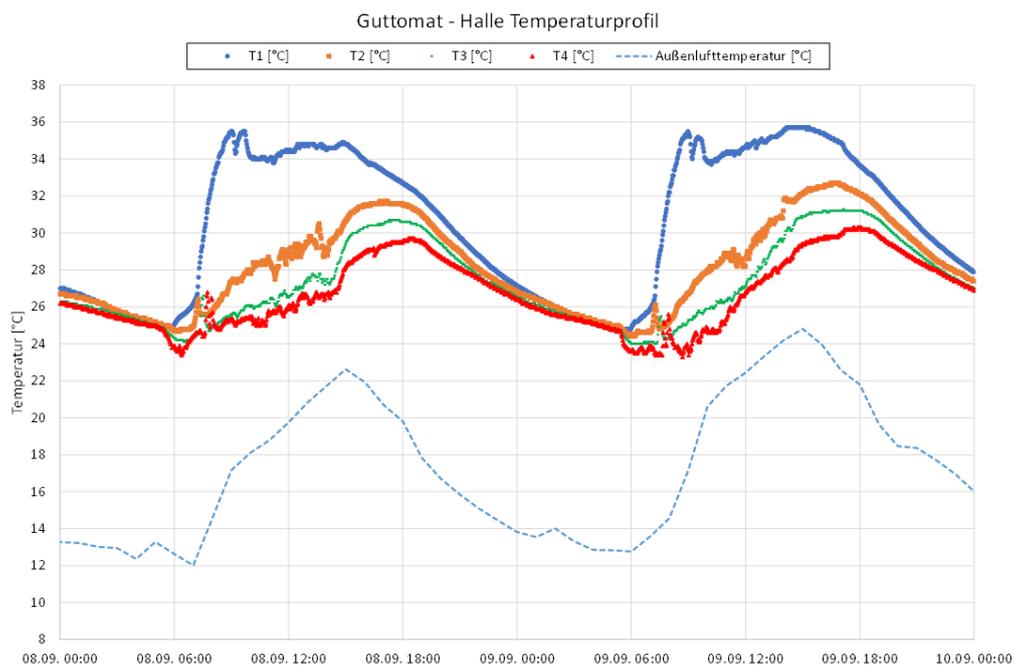


Abbildung 11: Messung der Temperaturen im September 2020 bei der Fa. Guttomat

Für die Messungen der Raumlufttemperatur wurden bei Fa. Guttomat Sektionaltore GmbH Sensoren in verschiedenen Höhen montiert. Die Halle weist eine Höhe von 7,6m auf. Die vier Sensoren wurden für die Messung 7,5 m, 7 m, 6,5 m und 6 m Höhe montiert. Es wurde ebenfalls die Außenlufttemperatur gemessen. Die Messung dauerte über 48 Stunden. Die Messung der verschiedenen Temperaturen ist in Abbildung 11 ersichtlich.

Die Messung für den am höchsten montierten Sensor ist dabei am auffälligsten. Die Temperatur schnell zu Tagesbeginn rapide in die Höhe. Zwischen 7:00 Uhr und 9:00 Uhr ist ein Anstieg von 9 K zu verzeichnen. Die Temperatur bleibt in der Höhe des Sensors T1 am 08.09. zumindest bis 21 Uhr auf über 30°C.

Bei den Sensoren T2, T3 und T4 ist ein stetiger Anstieg der Temperaturen bis kurz vor 18 Uhr zu verzeichnen. Bei zunehmender Tagesdauer ist ein Anstieg der Temperaturen im Arbeitsbereich zu verzeichnen. Auffällig ist auch die hohe Temperaturdifferenz in den Morgenstunden.

An sonnigen Tagen zeigt sich, dass das Temperaturprofil ca. 10 K zwischen dem Hallenboden und der Decke liegt. Unter der Decke kommt es zu Maximaltemperaturen von bis zu 36 °C. Die Maximalwerte im Arbeitsbereich werden um ca. 18:00 Uhr erreicht.

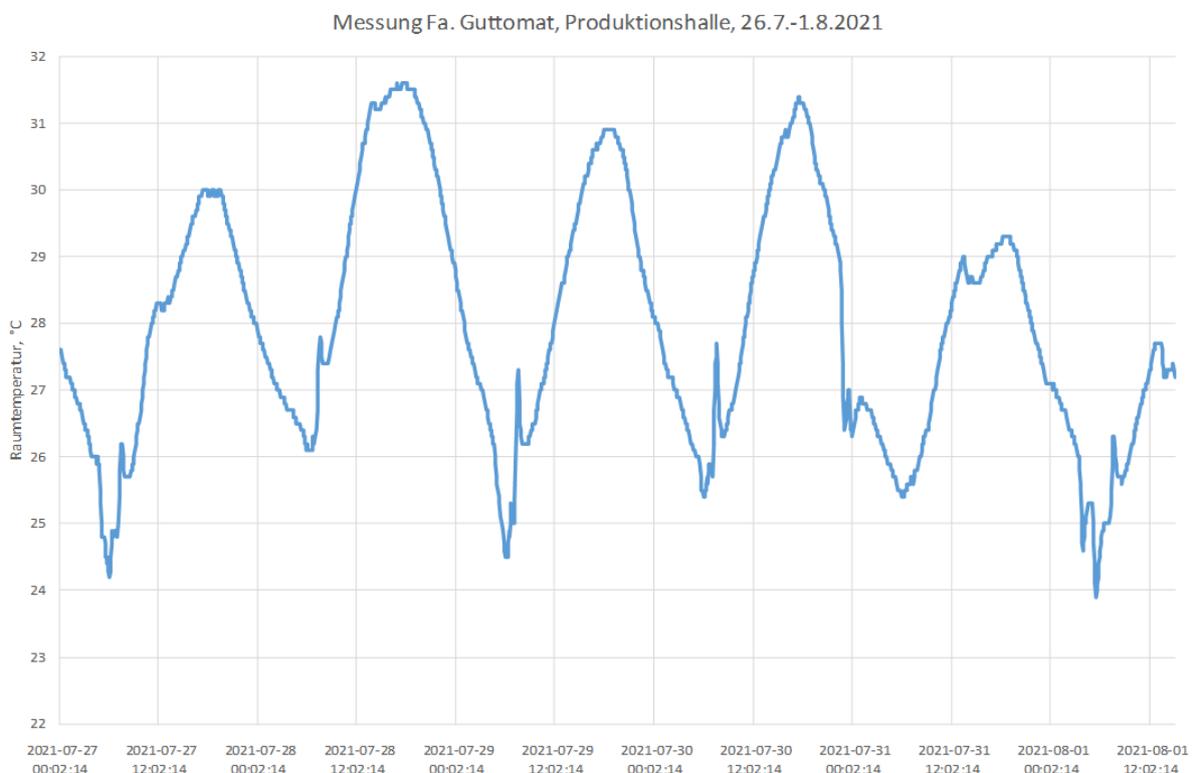


Abbildung 12: Messung der Temperaturen im Juli 2020 in der Produktionshalle bei der Fa. Guttomat

In Abbildung 12 ist die Messung der Raumlufttemperatur in °C vom 26.07.2021 bis 01.08.2021 ersichtlich. Die Spitzen tagsüber sind klar erkennbar und liegen zumindest an 5 von 6 Tagen über 30°C. Die Spitzen treten vor allem am Nachmittag bis späten

Nachmittag auf. Auffällig ist die Temperaturdifferenz zwischen 6:00 Uhr und 18:00 Uhr. Es ist ein Anstieg von bis zu 6°C zu verzeichnen.

Zwischen 06:00 Uhr und 11:00 Uhr werden alle Türen zum Kühlen geöffnet. Brandrauchentlüftungen mit elektrischer Bedienung und Regensensor, werden tagsüber teilweise zum Lüften genutzt. Manche Arbeitsplätze haben kleine Tischventilatoren⁴.

Für Fa. Guttomat wurde in Variante 1 eine **Nachtlüftung über die Klappen der Brandrauchentlüftung** vorgeschlagen. Die Schnittstelle für die Brandrauchentlüftung wurde mit Fa. Colt freigeschaltet. Es erfolgte ein Pilotbetrieb der Nachtlüftung über die Brandrauchentlüftung. Die Steuerung der Lüftung erfolgt mithilfe eines Messkoffers von Fa. GET. Im Testbetrieb wurden auch Daten von Wind- und Regensensoren berücksichtigt. Im Dauerbetrieb von Variante 1 soll eine Zeitschaltuhr mit Innen-/Außentemperaturführung erfolgen.

In Abbildung 13 ist der Testbetrieb der Nachtlüftung mithilfe des Messkoffers ersichtlich. Die Messung erfolgte am 21.06.2022. Es wurden jeweils die Temperaturen der Außenluft (grün markierter Graph) und die Temperatur der Produktionshalle (rot markierter Graph) gemessen. Am orange markierten Pfeil ist ein deutlicher Abfall der Temperatur in der Produktionshalle zu erkennen. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Klappen der Brandrauchentlüftung geöffnet.

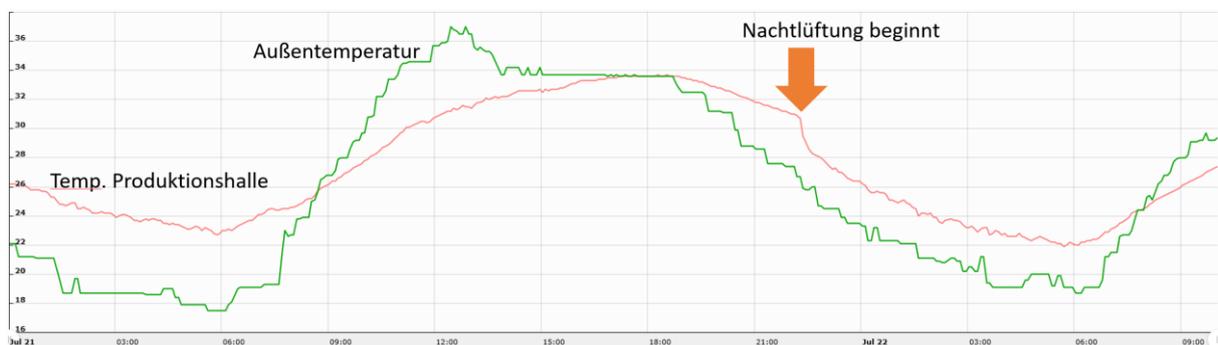


Abbildung 13: Messung im Pilotbetrieb der Brandrauchentlüftung (Ansteuerung mit Messkoffer)

In Abbildung 14 ist die Messung der Raumlufttemperatur während des Testbetriebs ersichtlich. Die Graphen kennzeichnen die verschiedenen Höhen der Sensoren. Die dargestellte Messung erfolgte zwischen 27.06.2022 und 03.07.2022. Es ist erkennbar, dass sich die Tageshöchsttemperaturen bezogen auf alle Messstellen mit verschiedener Höhe zwischen 33 °C und 36,5 °C befinden. Eine Temperatur von 26,5 °C wird in der Nacht nicht unterschritten. Der blau markierte Pfeil kennzeichnet den Beginn der Nachtlüftung. Ungeachtet der gemessenen Außentemperatur lässt sich ein rasch eintretender Nutzen erkennen. In der Nacht konnte die Halle auf 22°C gekühlt werden. Das sind 4,5 K weniger als ohne Nachtlüftung. Am Folgetag steigt die

⁴ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

Temperatur zumindest nur noch auf 32,5 °C. Verglichen mit der Temperatur ohne Nachtlüftung ist das eine Temperaturdifferenz von 4 K.

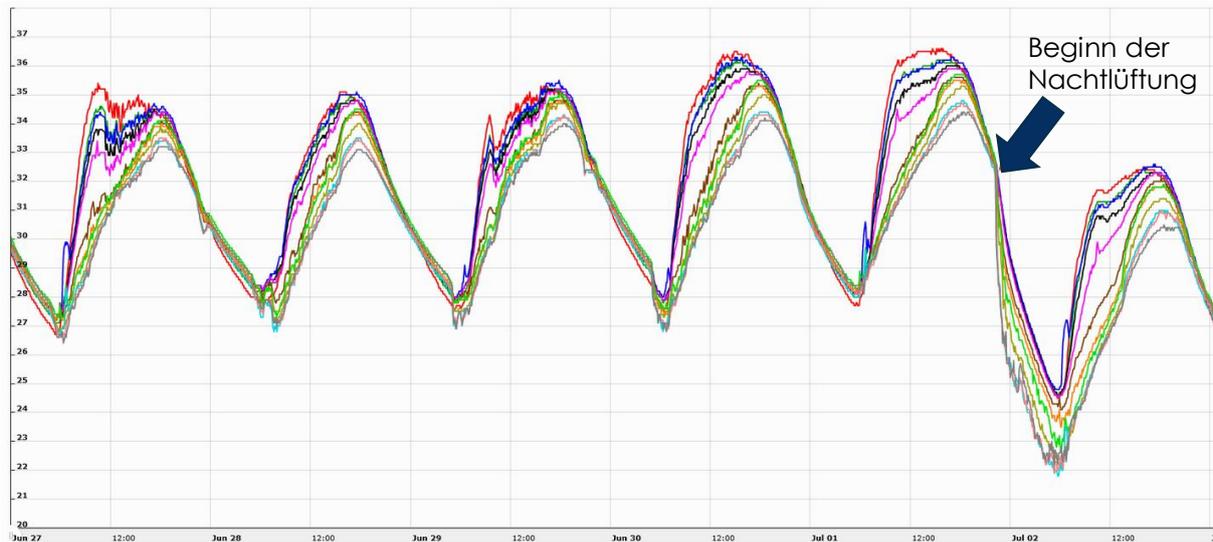


Abbildung 14: Messung der Raumlufttemperatur während des Testbetriebs

Die im Juli 2022 erfassten Messergebnisse zeigen eine deutliche Reduktion der Temperaturen durch die effektive Anwendung der Nachtlüftung.

Messergebnisse und Temperaturreduktion:

- Am frühen Morgen wurden Temperaturen von 22 °C statt der üblichen 27 °C gemessen, was auf die Wirksamkeit der Nachtlüftung in den Nachtstunden hinweist.
- Um die Mittagszeit konnte die Temperatur auf 27 °C gehalten werden, im Gegensatz zu den sonst üblichen 31 °C. Dies zeigt, dass die Nachtlüftung nicht nur unmittelbare Auswirkungen hat, sondern auch zur Stabilisierung der Temperaturen im Laufe des Tages beiträgt.
- Insgesamt wurde eine Temperaturreduktion von etwa 3 bis 5 Kelvin erreicht, was die Effektivität der Nachtlüftung in der Produktionshalle deutlich unterstreicht.

Feedback des Betriebsleiters:

- Der Betriebsleiter, Herr Jani, betonte die Verschiebung der Temperaturspitze um etwa zwei Stunden nach hinten. Dieses Feedback ist besonders wertvoll, da es die praktischen Auswirkungen der Nachtlüftung auf den täglichen Betriebsablauf und das Arbeitsumfeld aufzeigt.

Im Rahmen des Testbetriebes der Variante 1, welche die Nachtlüftung über die Klappen der Brandrauchentlüftung nutzt, konnten folgende Rückmeldungen festgehalten werden:

Vorteile:

- Die Durchführung des Tests verursachte keine zusätzlichen Kosten, was ein wirtschaftlich attraktiver Aspekt ist.

- Technisch lässt sich der Testbetrieb unkompliziert realisieren, was die Umsetzung der Maßnahme erleichtert.
- Die Betriebskosten sind niedrig, ebenso der Stromverbrauch, was zu den ökologischen Vorteilen dieser Variante beiträgt.
- Da die Lüftung ausschließlich nachts erfolgt, wird die Behaglichkeit in der Halle tagsüber nicht durch unangenehme Zugluft beeinträchtigt.
- Es wurde beobachtet, dass sich das Raumklima verbessert hat, was potenziell zu einer gesteigerten Produktivität der Mitarbeiter führt und das Unfallrisiko senkt.

Nachteile:

- Diese Kühlungsmethode bietet keine aktive Kühlung wie eine dedizierte Klimaanlage und ist in ihrer Kühlleistung durch die herabgekühlte Masse der Räume limitiert.
- Ein weiterer Nachteil ist das Fehlen einer aktiven Entfeuchtung, die für eine Klimaanlage typisch wäre.

Die erfolgreiche Implementierung und das positive Ergebnis der Nachtlüftung in der Produktionshalle der Firma Guttomat demonstrieren eindrucksvoll, wie gezielte Lüftungsmaßnahmen zur Verbesserung des Raumklimas und zur Steigerung des Arbeitskomforts beitragen können, insbesondere durch die Nutzung von vorhandener Infrastruktur (Brandrauchklappen samt Steuerungszentrale). Diese Ergebnisse bestätigen die Wichtigkeit und Wirksamkeit der Nachtlüftung als kosteneffiziente und umweltfreundliche Lösung zur Temperaturregulierung in gewerblichen Einrichtungen.

Für das weitere Vorhaben, eine **südwestliche Fensterfront mit einem PV-Vordach zur Beschattung** auszustatten, liegen aktuell noch keine Monitoringdaten vor. Diese Maßnahme wird jedoch erst im Jahr 2024 realisiert. Nach der Fertigstellung des PV-Vordachs werden entsprechende Daten zur Effektivität der Beschattung und zur Energiegewinnung erfasst werden können.

3.3 Auto Doczekal GmbH

Das Autohaus hat Schauräume mit großer Fensterfassade und Büros (Abbildung 15). Im Sommer wird es in diesen Räumen wie auch im Werkstatt- und Lagerbereich sehr heiß. Die alte Baukonstruktion begünstigt die sommerliche Überhitzung. Für die Schauräume und Büros sind teilweise Klimaanlage (Multisplitgeräte) vorhanden. Die Schauräume werden auf etwa 23 °C gekühlt. Besonders heiß wird es ab ca. 14:00 Uhr in der Werkstatt.



Abbildung 15: Das Gebäude der Fa. Auto Doczekal

Die Tore der Werkstatt sind im Sommer meistens offen, es gibt keine Verschattungseinrichtungen. Besonders hoch ist der Wärmeeintrag über das Dach⁵.

Abbildung 16 zeigt die Messungen von Innenlufttemperatur und Außenlufttemperatur bei Fa. Auto Doczekal. Die Messung erfolgte zwischen 24.08.2020 und 29.08.2020. Die Innenraumtemperatur der Werkstatt wird mit einem blauen Graphen dargestellt. Der orangefarbige Graph beschreibt die Messung der Außenlufttemperatur.

Es ist erkennbar, dass die Außenlufttemperatur und Innenlufttemperatur ohne erkennbaren Zeitversatz gleichzeitig ansteigen. Das Autohaus besitzt in der Außenfassade große Glasflächen. Diese scheinen einen großen Einfluss auf den gleichzeitigen Anstieg der Innentemperatur mit der Außentemperatur zu haben. Im Graph der Innenlufttemperatur ist erkennbar, dass die Auskühlung zwischen 3 K und 5 K beträgt. Der rapide Abfall der Innenlufttemperatur am Morgen ist dadurch zu erklären, dass die Mitarbeiter um etwa 06:30 Uhr die Tore öffnen, um die Werkstätte zu lüften. In dieser Zeit wird eine Temperaturreduktion von etwa 2 K erreicht. Es ist jedoch auch erkennbar, dass das Potential für die Nachtlüftung nicht zur Gänze ausgeschöpft wird.

⁵ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

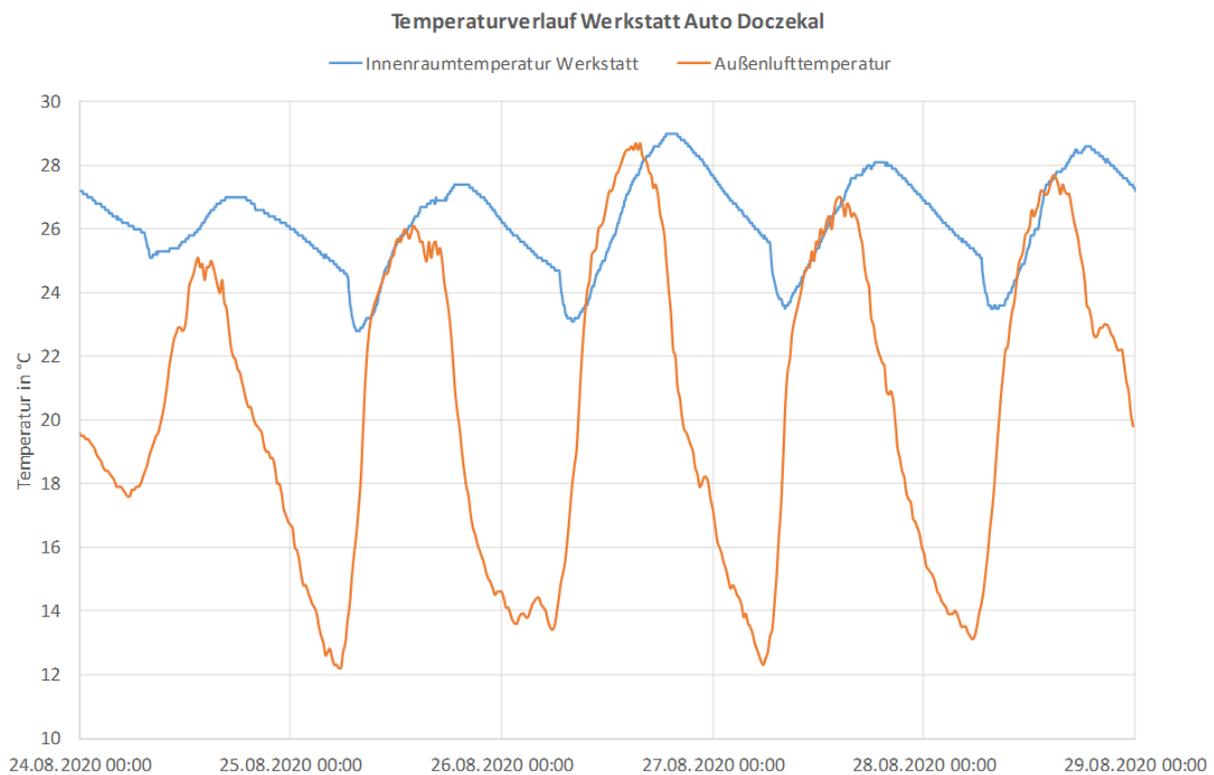


Abbildung 16: Temperaturverlauf Werkstatt Auto Doczekal

In der Abbildung 17 ist ein Ausschnitt des h-x Diagramms nach Mollier ersichtlich. Der grau markierte Bereich wird angenehm empfunden. Der Bereich wird durch die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 30% und 65% gekennzeichnet. Die Temperatur wird zwischen 20 °C und 26 °C als behaglich empfunden.

Die Nutzer des Raumes Werkstatt wurden zu verschiedenen Zeitpunkten über die derzeit empfundene Behaglichkeit im Raum befragt. Die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte werden gemessen und geloggt. Zu den Zeitpunkten, bei welchen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter befragt wurden, wurde angegeben wie behaglich sie das Raumklima empfanden.

Zur Auswahl standen:

- Angenehm
- Etwas zu warm
- Zu warm
- Viel zu warm

Im h-x-Diagramm beschreibt jeder farblich markierte Punkt, wie das Raumklima empfunden wurde. Von den 35 Angaben über das empfundene Raumklima gab es 17 Angaben, bei denen die Befragten das Raumklima als angenehm empfunden haben. Im Diagramm erkennbar ist, dass ein Großteil dieser Menge sich im Rahmen

der Behaglichkeitsgrenzen befindet. Zwei Befragte empfanden das Raumklima sogar außerhalb dieses Fensters noch als angenehm.

Die verbleibenden 18 Angaben der Raumnutzer zeigen, dass das Raumklima als etwas zu warm und als zu warm wahrgenommen wurde.

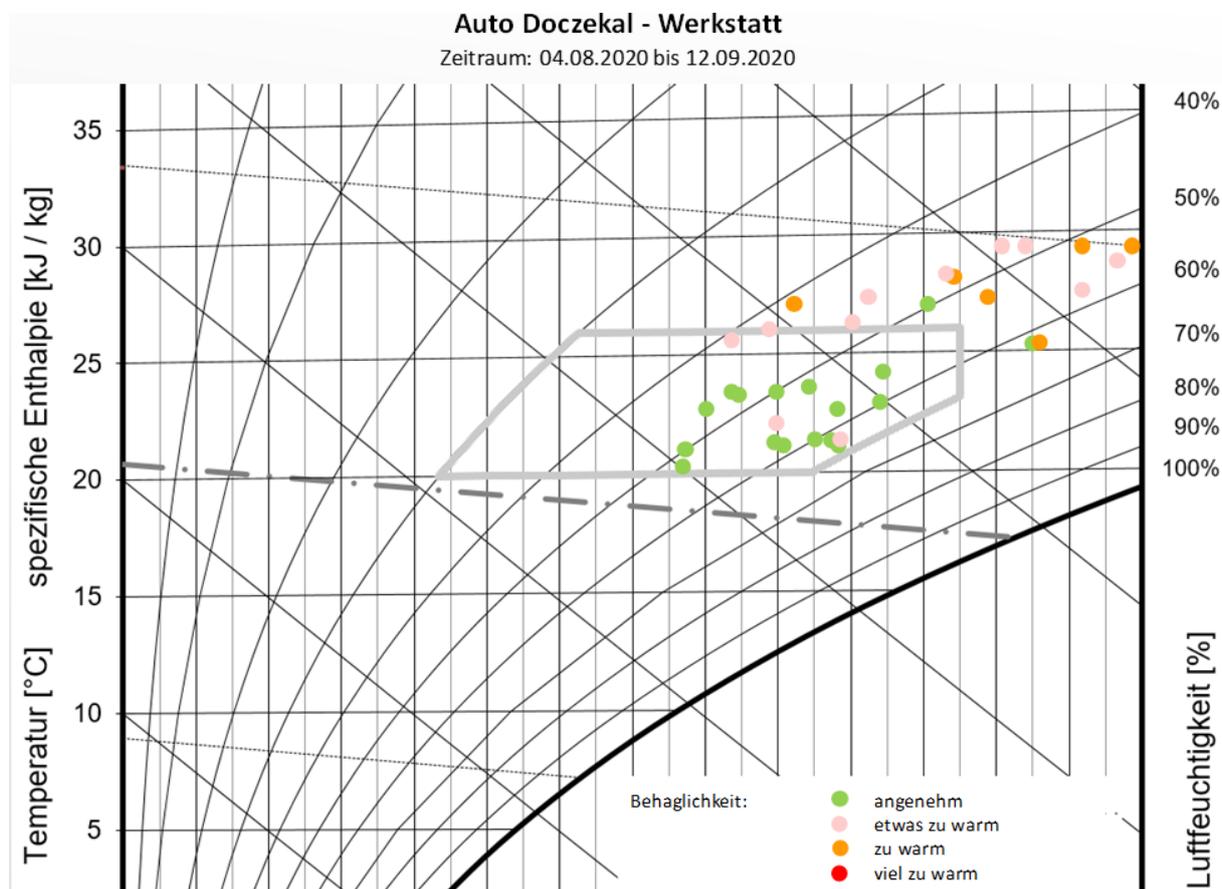


Abbildung 17: Behaglichkeitsfeld Werkstatt bei Auto Doczekal

In Abbildung 18 ist die gemessene Raumtemperatur in der Werkstatt von Juni bis August 2021 erkennbar. Die Installation der Sonnenschutzfolie erfolgte Anfang Juli 2021.

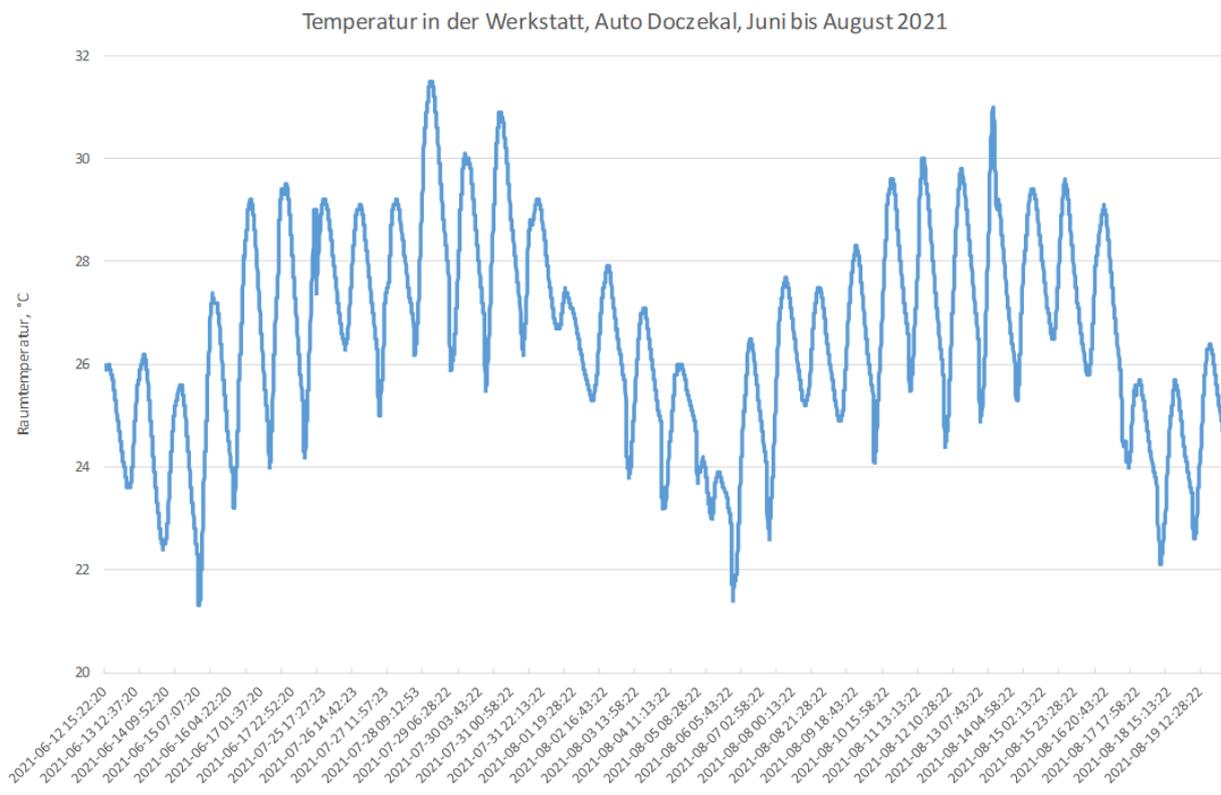


Abbildung 18: Temperatur in der Werkstatt Auto Doczekal

Im Zuge der Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen bei Auto Doczekal wurden im Juli 2021 **Sonnenschutzfolien in der Werkstatt und Spenglerei installiert**. Die Rückmeldungen der Nutzerinnen und Nutzer aus beiden Bereichen geben wertvolle Einblicke in die Wirksamkeit dieser Maßnahme.

Feedback der Mitarbeiter der Spenglerei:

- Mitarbeiter berichteten, dass die Arbeitsplätze direkt neben dem Fenster durch die Sonnenschutzfolien deutlich angenehmer geworden sind.
- Die Reduktion der direkten Sonneneinstrahlung hat eine spürbare Minderung der Blendung zur Folge, was positiv auf die Arbeitsleistung der Mitarbeiter wirkt.
- Trotz der verbesserten Bedingungen an den Fensterarbeitsplätzen wurde jedoch angemerkt, dass die Temperatur im hinteren Bereich der Werkstatt, besonders ab etwa 10 Uhr morgens, weiterhin zu hoch ist und die Werkstatt insgesamt zu heiß wird.

Feedback der Mitarbeiter der Werkstätte:

- Drei befragte Mitarbeiter aus der Werkstätte bestätigten die Vorteile der Sonnenschutzfolie an den Fensterarbeitsplätzen (Abbildung 19).
- Auch hier wurde die Minimierung der direkten Sonneneinstrahlung als sehr positiv hervorgehoben, da sie die Blendung verringert und somit die Arbeitsbedingungen verbessert.
- Gleichzeitig wurde jedoch ebenso festgestellt, dass im hinteren Bereich der Werkstatt die Temperaturen nach wie vor hoch sind und somit die Wirkung der Sonnenschutzfolien dort an ihre Grenzen stößt.



Abbildung 19: Südliche Fensterfront der Werkstatt nach der Montage der Sonnenschutzfolien

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Sonnenschutzfolien eine deutliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen an den Fensterarbeitsplätzen bewirken, indem sie die Blendung reduzieren und so zu einer höheren Arbeitsleistung beitragen. Allerdings ist zu erkennen, dass weitere Maßnahmen erforderlich sind, um die Temperatur im hinteren Teil der Werkstatt effektiver zu regulieren und ein durchgehend angenehmes Arbeitsklima sicherzustellen.

In der Werkstatt von Auto Doczekal wurde ein Test durchgeführt, bei dem das **Tor am Morgen geschlossen** blieb, um zu verhindern, dass die warme Außenluft während der heißen Sommerstunden ins Innere gelangt. Der Test begann um circa 8 Uhr morgens mit dem Schließen des Tores. Jedoch musste dieser Versuch bereits nach einer Stunde abgebrochen werden, da die Mitarbeiter die Luftqualität in der Werkstatt als „unerträglich“ empfanden. Diese Erfahrung zeigt deutlich, dass trotz der Maßnahme, das Eindringen warmer Außenluft zu verhindern, eine ausreichende Luftzirkulation essentiell ist, um ein besseres Arbeitsklima zu gewährleisten. Der kontinuierliche Wärmeeintrag durch die Gebäudehülle trägt dazu bei, dass die Innentemperaturen ohne zusätzliche Lüftung stark ansteigen können. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine bautechnische Sanierung notwendig wäre, um die Situation nachhaltig zu verbessern und die Werkstatt auch in den Sommermonaten angenehm kühl zu halten.

Die Implementierung der **Nachlüftung** ist als integraler Bestandteil des geplanten Umbaus der Werkstätte für Elektrofahrzeuge vorgesehen und wurde innerhalb der Projektlaufzeit noch nicht umgesetzt.

4 Wohngebäude

4.1 Einfamilienhaus Doczekal

Das Einfamilienwohnhaus Doczekal (Abbildung 20) wurde in Holzriegel-Bauweise errichtet (Partner: O.K. Energie Haus GmbH). Es wird über eine Luft/Wasser-Wärmepumpe sowie über eine Fußbodenheizung beheizt, hier bestünde auch die Option zu kühlen. Das gesamte Haus ist mit außenliegenden Jalousien ausgestattet. Belüftet wird das Gebäude mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärme- und Feuchterückgewinnung.

Im Sommer steigt die Temperatur meist nur auf 26 °C. Aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit im Sommer wird das Raumklima trotzdem, vor allem bei körperlicher Aktivität, von den Nutzer:innen als unangenehm empfunden.



Abbildung 20: EFH Doczekal – Südwest-Ansicht⁶

Im Einfamilienhaus Doczekal, errichtet in Holzriegelbauweise im Jahr 2019, wurde ein umfangreiches Monitoring zur Überprüfung der Nachtlüftung und Luftqualität durchgeführt. Ausgestattet mit außenliegenden Jalousien, die über Stellmotoren verfügen, und einer kontrollierten Wohnraumlüftung, bot das Haus eine ausgezeichnete Grundlage für die Implementierung moderner Lüftungstechnologien.

Teilautomatisierte Nachtlüftung:

- Das Homee Smart Home System wurde eingesetzt, um den Nutzern mittels Push-Benachrichtigungen auf dem Handy die optimalen Zeiten für das manuelle Öffnen und Schließen der Fenster mitzuteilen.

⁶ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

- Durch die Nachtlüftung wurde eine effiziente Querlüftung durch das Gebäude ermöglicht, wobei die übliche Windrichtung und die Thermik vom Erdgeschoss ins Obergeschoss berücksichtigt wurden.
- Im Erdgeschoss wurden zwei Fenster gekippt, während im Obergeschoss drei Fenster gekippt und bei Bedarf zwei vollständig geöffnet wurden.
- Die aufgezeichneten Temperaturen im Wohnbereich zeigen behaglichere Werte, bedingt durch die Nachtlüftung. In Abbildung 21 ist erkennbar, dass die Temperaturen ohne Nachtlüftung (im Urlaub) täglich weiter ansteigen.
- In Abbildung 22 ist die relative Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich ersichtlich. Es ist erkennbar, dass es Zeiten über 70% rel. Luftfeuchtigkeit gibt, die in Kombination mit einer höheren Lufttemperatur zu einem Schwülegefühl bei den Nutzer:innen führen können.

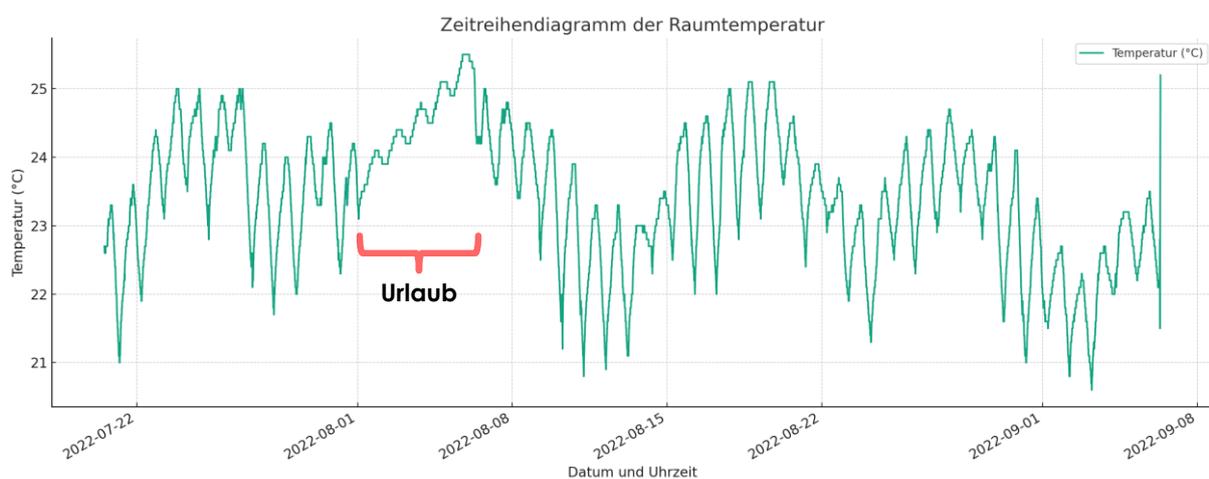


Abbildung 21: Temperaturen im Wohnbereich EFH Doczekal



Abbildung 22: Relative Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich EFH Doczekal

Das Diagramm zur Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperatur im Wohnbereich des Einfamilienhauses Doczekal im Sommer 2022 zeigt die Ergebnisse der teilautomatisierten Nachtlüftung (Abbildung 23).

Die Datenpunkte verdeutlichen, dass die Temperatur über den betrachteten Zeitraum hinweg nur für 42 Stunden den Wert von 25 °C überschritten hat. Dies impliziert, dass

trotz sommerlicher Bedingungen das Innenklima größtenteils angenehm blieb. Der Durchschnittswert der Raumtemperatur lag bei ca. 23,44 °C, was auf eine effektive Regulierung der Innentemperaturen hindeutet.

Das Minimum wurde mit 20,6 °C gemessen, was auf eine gute nächtliche Abkühlung schließen lässt. Das Maximum von 25,5 °C zeigt, dass die Temperaturen selbst in den wärmsten Stunden unter einem kritischen Wert für den Wohnkomfort blieben.

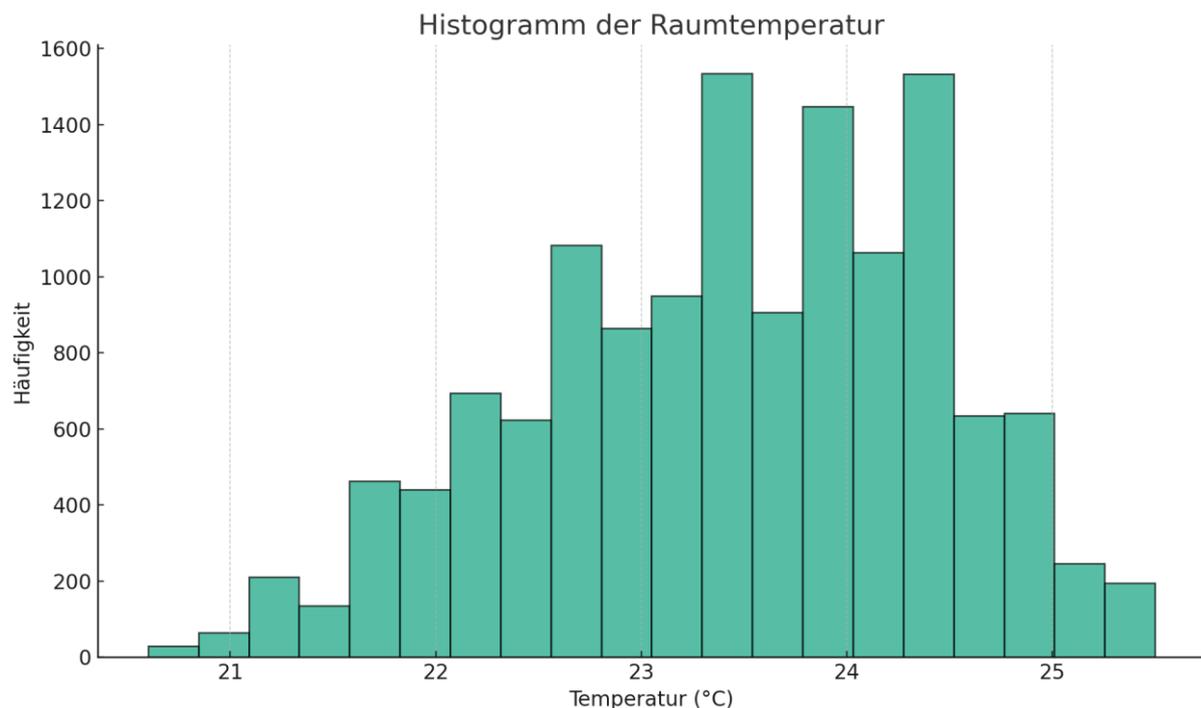


Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperatur im EFH Doczekal im Sommer 2022

Die Analyse der Temperaturdifferenzen im Wohnbereich im Sommer 2022 zeigt, dass die Nachtlüftung zu einer durchschnittlichen Abkühlung von etwa 3 K geführt hat (Abbildung 24). Es ist anzumerken, dass das Potenzial für eine stärkere Abkühlung durchaus gegeben war. Jedoch wurde die Intensität der Nachtlüftung bewusst so gewählt – durch das Kippen oder vollständige Öffnen der Fenster – dass die morgendlichen Temperaturen für die Bewohnerinnen und Bewohner des Hauses nicht als zu kalt empfunden wurden. Diese Entscheidung sorgt für ein Gleichgewicht zwischen effektiver Abkühlung und dem Komfort der Nutzer:innen, was zeigt, dass die Anpassungsfähigkeit des Lüftungssystems an die persönlichen Präferenzen ein wichtiger Aspekt des Wohnkomforts ist.

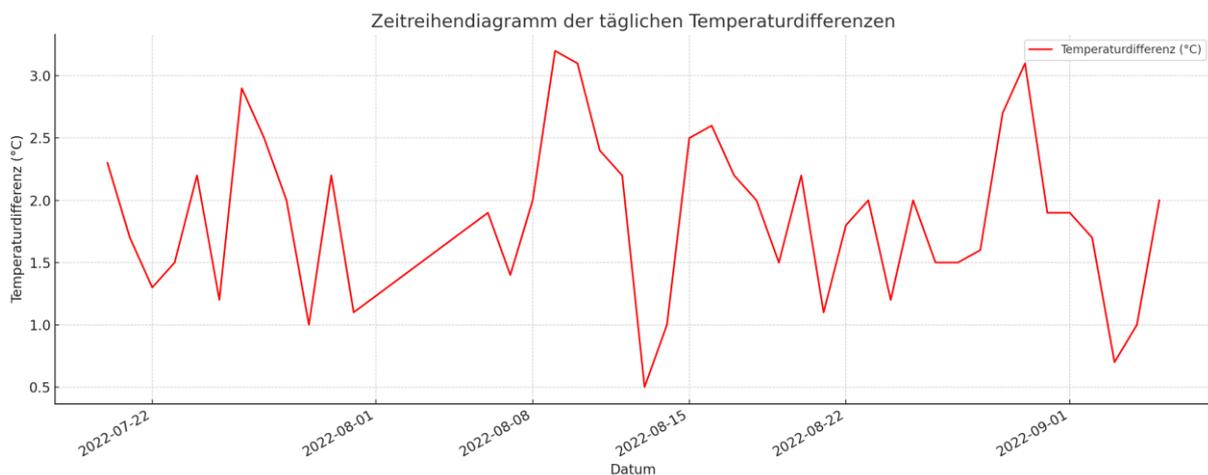


Abbildung 24: Abkühlung in der Nacht durch die Nachtlüftung

Feedback der Nutzer:innen:

- Die teilautomatisierte Nachtlüftung wurde sehr positiv aufgenommen. Die Nutzer empfanden die Push-Benachrichtigungen zum Öffnen und Schließen der Fenster als äußerst nützlich und präzise.
- Ein großer Vorteil war die Nutzung der Wetterdaten aus dem Internet, um die Außentemperatur für den jeweiligen Standort automatisiert abzurufen.
- Die morgendlichen Benachrichtigungen zum Schließen der Fenster waren essenziell, um den optimalen Zeitpunkt hierfür nicht zu verpassen.
- Besonders wertvoll erwiesen sich die Insektenschutzgitter an den Fenstern.
- Die Luftzirkulation vom Erdgeschoss ins Obergeschoss unter Berücksichtigung der gewöhnlichen Windrichtung hat gut funktioniert und zur allgemeinen Zufriedenheit beigetragen.

Aufgrund der positiven Erfahrungen mit der Nachtlüftung haben die Nutzer des Einfamilienhauses Doczekal sogar einen automatischen Stellantrieb für ein Fenster im Keller nachgerüstet, um die Automatisierung zu erweitern und die Nachtlüftung auch auf den Keller auszudehnen. Diese zusätzliche Maßnahme unterstreicht den Wunsch und das Engagement der Bewohner, das Raumklima und den Wohnkomfort kontinuierlich zu verbessern.

Innerhalb der Projektlaufzeit wurde im Einfamilienhaus Doczekal ein Klimasplitgerät mit einer Leistung von 3,5 kW zentral im Wohnraum installiert und zeitgleich eine 5 kW_p Photovoltaikanlage in Betrieb genommen. Ziel war es, die Betriebszeiten des Klimageräts optimal zu wählen, um den größtmöglichen Nutzen aus der selbst produzierten Energie der PV-Anlage zu ziehen.

Betriebszeiten des Klimasplitgeräts:

- Das Klimasplitgerät wurde so genutzt, dass es vorwiegend zwischen 9 Uhr morgens und maximal 17 Uhr betrieben wird, um den größten Teil des Strombedarfs durch die PV-Anlage zu decken (Abbildung 25).
- Nach 17 Uhr würde das Gerät Strom aus dem Netz beziehen, was nicht ideal ist. Daher ist es sinnvoll, die Räumlichkeiten bereits vor der Rückkehr der Nutzer:innen herunterzukühlen, solange ausreichend Strom von der PV-Anlage

vorhanden ist. Dies kann mittels Timer oder Fernsteuerung über eine App realisiert werden.

- Ein Energiemanager mit „Smart Grid“-Schnittstelle wurde nicht implementiert, obwohl dieser den Stromüberschuss der PV-Anlage messen und das Klimagerät entsprechend steuern könnte.

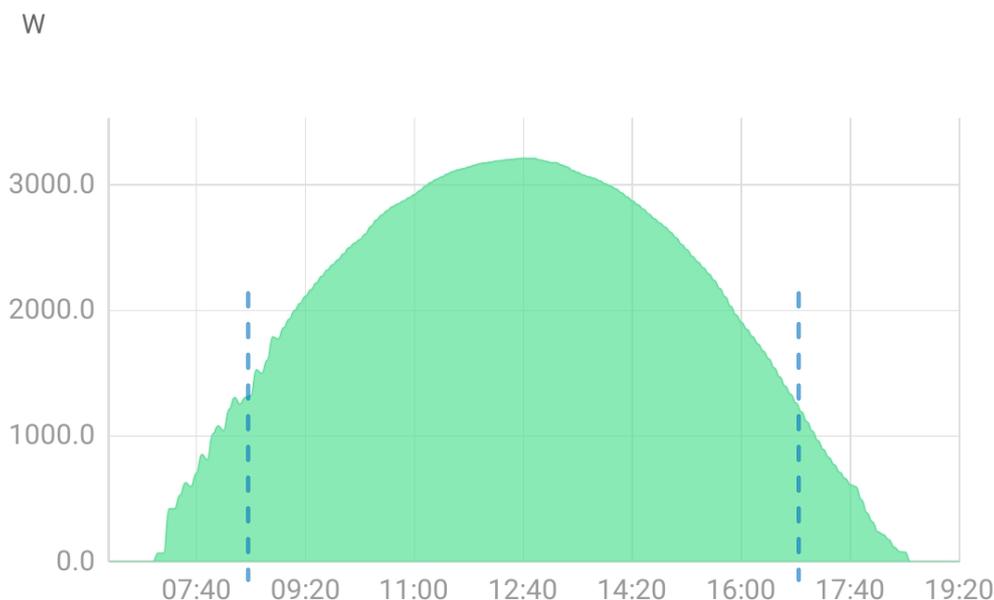


Abbildung 25: Nutzung des Klimasplitgeräts vorwiegend zwischen 9 und 17 Uhr, um die Anlage per PV Strom zu versorgen

Nutzung der PV-Anlage für das Klimagerät:

- Die Tabelle zeigt, dass im Jahr 2022 an 7 Tagen insgesamt 17,5 Betriebsstunden der Klimaanlage verzeichnet wurden, mit einem Strombezug von 11 kWh und einem Deckungsgrad über die PV-Anlage von 82%.
- Im Jahr 2023 stieg die Anzahl der Tage auf 9, mit 16,5 Betriebsstunden und einem Strombezug von 13 kWh. Beeindruckend ist hier der Deckungsgrad über die PV-Anlage, der auf 91% anstieg.

Feedback der Nutzer:innen:

- Vor der Installation der Klimasplitanlage und der PV-Anlage gab es Stunden, in denen hohe Luftfeuchtigkeit ein Schwülegefühl verursachte. Durch die Installation des Klimageräts, in Kombination mit der PV-Anlage, konnte dieses Problem adressiert werden.
- Die Nutzer:innen äußerten sich sehr zufrieden darüber, dass ein Großteil des Stroms für die Klimaanlage von der PV-Anlage bereitgestellt wird, was den Betrieb ökonomisch und ökologisch effizient macht.
- Der größte Benefit ist die Entfeuchtung der Luft durch das Klimagerät, was die Behaglichkeit im Haus deutlich steigert.
- Das Forschungsteam schulte die Nutzer:innen effektiv in der Benutzung der Nachtlüftung und des Klimageräts, um eine optimale Nutzung zu gewährleisten.

Dieses Feedback und die gesammelten Daten demonstrieren den enormen Nutzen der Kombination von Klimasplitgerät und PV-Anlage, um die Behaglichkeit in Wohngebäuden zu verbessern und gleichzeitig den Energieverbrauch nachhaltig zu gestalten.

4.2 Wohnhausanlage Krottendorf

Die Wohnhausanlage Krottendorf wurde in den Jahren 2005 – 2006 errichtet. Es handelt sich hier um ein Bauwerk in Niedrigenergiebauweise. Insgesamt gibt es in den zwei Gebäuden 15 Wohnungen mit einer Größe zwischen 50 m² und 100 m². Durch die Ziegel mit Vollwärmeschutz und betonierten Decken sind Speichermassen vorhanden, im Sommer bleibt es im Gebäude länger kühl (Abbildung 26).

Die Lüftung erfolgt über die Fenster, in innenliegenden Räumen mechanisch. Die Fenster verfügen über eine außenliegende Beschattung, welche händisch bedient werden. Durch die ruhige Lage ist eine Nachtlüftung möglich⁷.



Abbildung 26: Wohnhausanlage Krottendorf – Nordostansicht⁸

In der Wohnhausanlage Krottendorf wurden Messungen zur Überwachung der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sowie das Feedback der Nutzer:innen verdeutlichen die Wirksamkeit der implementierten Maßnahmen und die Akzeptanz der Bewohner:innen gegenüber den vorgeschlagenen Lösungen.

Die Bewohner:innen der Wohnhausanlage Krottendorf begrüßten das Konzept der **Nachlüftung und die Anwendung von Low-Tech-Lösungen** zur Verbesserung des Raumklimas. Die Einfachheit und der geringe Aufwand dieser Maßnahmen, die eine bedeutende Zustimmung fanden, trugen zur Steigerung des Wohnkomforts bei. Insbesondere der Einsatz von Ventilatoren wurde als pragmatische Lösung

⁷ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

⁸ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

hervorgehoben, die eine unmittelbare und kostengünstige Verbesserung des Raumklimas ermöglichte.

Trotz des Interesses an moderneren Kühlungslösungen wie Splitklimageräten in Kombination mit Photovoltaikanlagen, die am Balkon installiert werden könnten, wurde eine solche Maßnahme nicht umgesetzt. Die Gründe hierfür lagen in der komplexen Eigentümerstruktur innerhalb des Wohnbaus, die eine gemeinschaftliche Umsetzung erschwerte.

Das Feedback der Nutzer:innen unterstreicht den Erfolg des Low-Tech-Ansatzes mit Ventilatoren, der in Ermangelung einer Querlüftungsmöglichkeit aufgrund der Fensteranordnung eine effektive Alternative bot. Die teilautomatisierte Nachtlüftung und die manuelle Bedienung ermöglichten eine flexible Anpassung an die individuellen Bedürfnisse und trugen zur Optimierung des Energieverbrauchs bei.

Die Nutzer:innen äußerten ihre Zufriedenheit mit der umgesetzten Lösung, die eine signifikante Verbesserung der Luftqualität und des Wohnklimas herbeiführte. Die Entfeuchtung der Luft und das verbesserte Behaglichkeitsgefühl waren insbesondere hervorzuheben. Die Schulung durch das Forschungsteam zur effektiven Nutzung der Nachtlüftung und des Klimageräts wurde als sehr hilfreich empfunden.



Abbildung 27: Low-Tech-Ansatz mit Ventilator um bei einer fehlenden Querluftströmung in der Wohnung dennoch ausreichend Luftwechselrate zu erzeugen, um in der Nacht die Räume abzukühlen

Im Juli 2020 wurde in der Wohnhausanlage Krottendorf die Wirksamkeit der Nachtlüftung mit einem Ventilator als Low-Tech-Ansatz zur Abkühlung der Wohnräume untersucht. An einem typischen Sommertag, an dem die maximale Außentemperatur etwa 30 °C erreichte, wurden folgende Beobachtungen gemacht:

Beschattung und Innenraumtemperaturen:

- Trotz starker Sonneneinstrahlung und hoher Außentemperaturen konnte die Innenraumtemperatur durch effektive Beschattungsmaßnahmen auf einen komfortablen Bereich von 23 °C bis 25 °C gehalten werden.

Nachttemperaturen und Einsatz des Ventilators:

- Während der Nacht fiel die Außentemperatur auf etwa 19 °C (Abbildung 28). Die Nachtlüftung mit Einsatz eines Ventilators ermöglichte es, die Innenraumtemperatur von 25 °C auf 23,4 °C zu senken. Diese Absenkung um 1,6 °C trägt maßgeblich zu einem angenehmeren Raumklima bei und erhöht die Schlafqualität der Bewohner:innen.
- Ohne den Einsatz des Ventilators wäre die nächtliche Auskühlung des Innenraums deutlich weniger effektiv gewesen. Der Ventilator unterstützte somit nicht nur die Zirkulation der kühleren Nachtluft, sondern verbesserte auch den Wärmeaustausch innerhalb der Wohnräume.

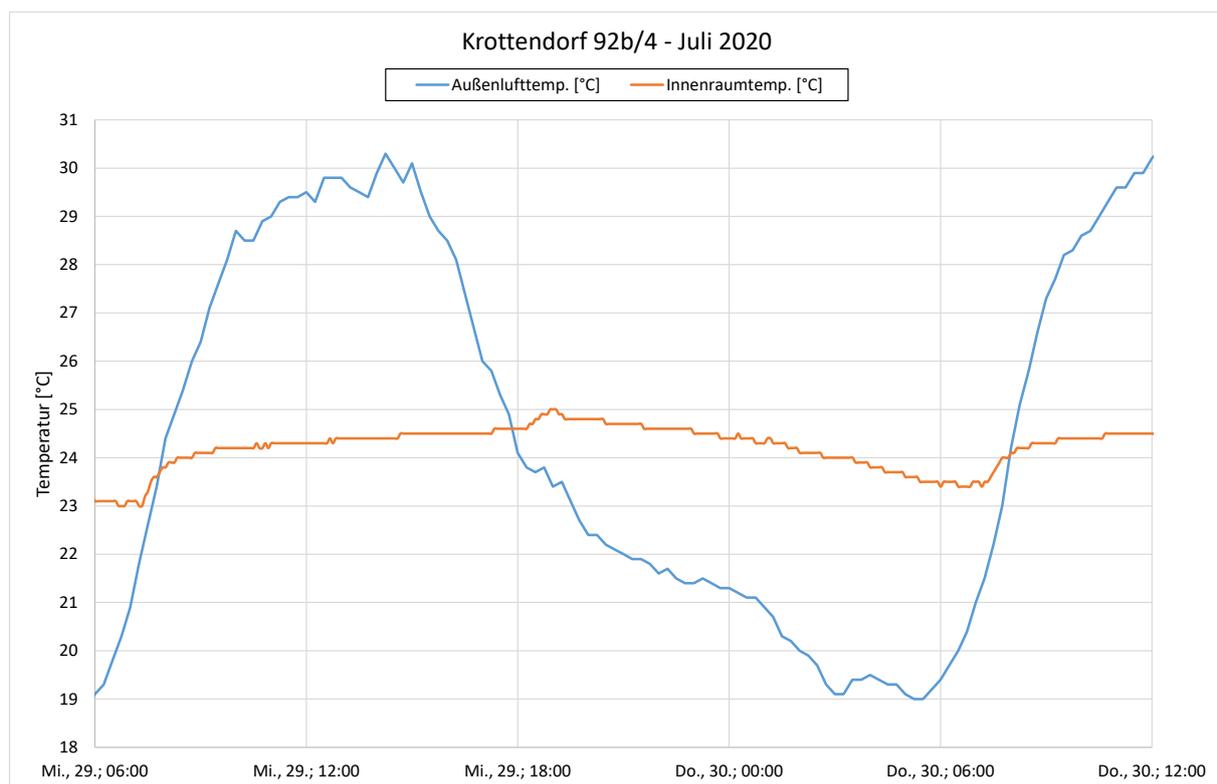


Abbildung 28: Effekt der Nachtlüftung einer Wohnung

4.3 Einfamilienhaus Scher-Deutsch

Das Einfamilienhaus Scher-Deutsch wurde in Holzriegel-Bauweise errichtet. Dies entspricht einer mittelschweren Bauweise.

Das gesamte Gebäude verfügt über außenliegende Rollos. Zusätzlich gibt es einen Dachvorsprung von 85 cm, welcher das Haus fix verschattet. Auch auf der Terrasse auf der Süd-West-Seite ist ein Sonnenschutz vorhanden. Zusätzlich dient der nicht ausgebaute Dachboden als „Wärmepuffer“ zwischen Umgebung und den innenliegenden Räumen (Abbildung 29).



Abbildung 29: Visualisierung EFH Scher-Deutsch Süd-West Ansicht⁹

Im Einfamilienhaus Scher-Deutsch wurde ein Monitoring-System zur Überwachung der Wirksamkeit einer Fußbodenkühlung in Kombination mit einer Wärmepumpe etabliert und getestet. Die Bewohner:innen haben ausführliches Feedback zu dieser innovativen Kühltechnologie gegeben, das die praktische Anwendung und die daraus resultierenden Wohnbedingungen reflektiert.

Erfahrungen mit der Fußbodenkühlung:

- Die Nutzer:innen empfanden die Fußbodenkühlung, die eine Kühlleistung von etwa 8 kW liefert, als effiziente Methode zur aktiven Kühlung ihres Hauses. Insbesondere in den Sommermonaten wurde das angenehme Raumklima, das durch die reversible Luft-Wasser-Wärmepumpe erzielt wurde, sehr geschätzt.
- Die Herausforderungen, die mit der Fußbodenkühlung einhergehen, insbesondere die Limitierung der Oberflächentemperatur des Fußbodens, um unbehagliche Kälte und Kondensation zu verhindern, wurden als wichtige Überlegungen wahrgenommen. Die Nutzer:innen waren zufrieden damit, wie das System diese Probleme handhabte, um ein angenehmes Raumklima ohne die Nebeneffekte der Kondensation zu gewährleisten.
- Eine Entfeuchtung der Luft ist mit der Fußbodenkühlung leider nicht möglich, das schneller zu einem Schwüle-Gefühl führen kann.

Messungen:

- Die Verwendung des Messkoffers der GET für die Aufzeichnung und Überwachung der Daten wurde als wesentlicher Bestandteil des Monitorings angesehen. Die präzisen und zuverlässigen Daten, die von den verschiedenen Sensoren gesammelt wurden, ermöglichten eine detaillierte Analyse der Kühlleistung und der Raumklimabedingungen.

⁹ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

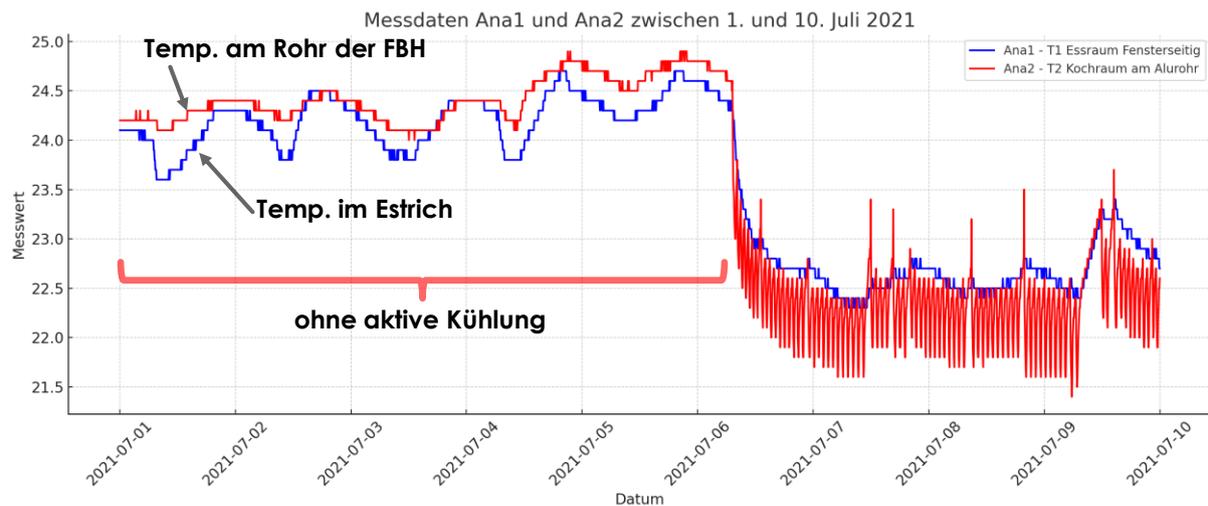


Abbildung 31: Messung Temperaturen im Estrich im Juli 2021, Verdichter läuft jeweils nur 15 Minuten, 45 Minuten ausgeschaltet

Im Vergleich dazu sind noch die gemessenen Temperaturen von Raumtemperatur und Estrichtemperatur in Abbildung 32 ersichtlich. Es ist erkennbar, dass bei aktiver Kühlung die Temperatur im Estrich nur wenig schwankt (ca. 0,5 K).

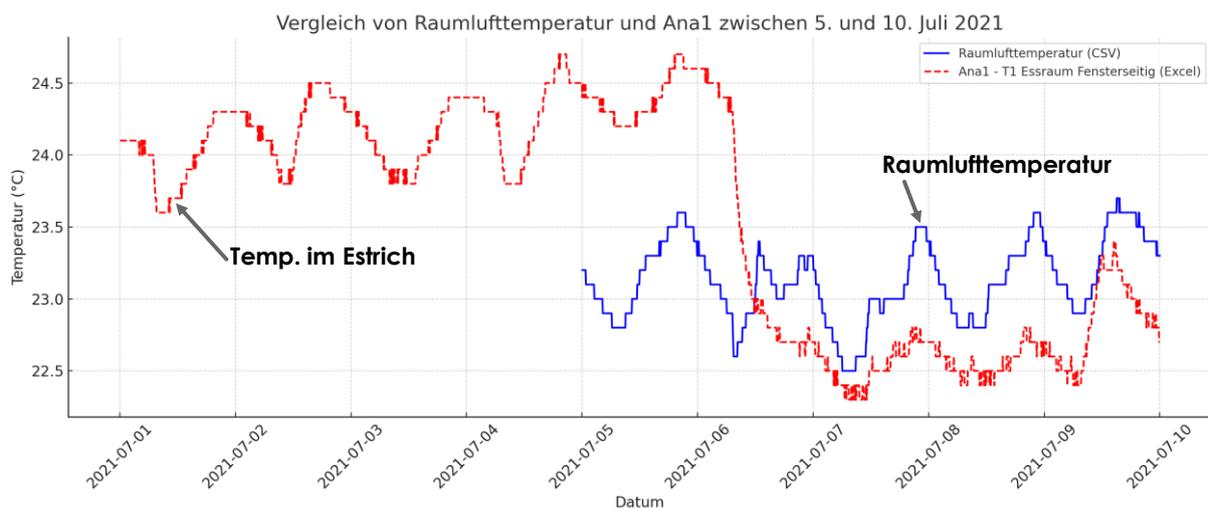


Abbildung 32: Messung von Raumlufttemperatur und Estrichtemperatur, zuerst ohne und danach mit aktiver Kühlung

Im Juli 2021 wurden Messungen im Wohnraum durchgeführt, um die Effizienz der Fußbodenkühlung zu bewerten. Dabei zeigte sich, dass die Temperatur im Estrich bei aktivierter Kühlung maximal um 1 K kühler war als die Raumlufttemperatur (Abbildung 33). Diese geringe Temperaturdifferenz lässt darauf schließen, dass die Kühlleistung im Wohnraum sehr begrenzt ist. Der minimale Einfluss der Kühlung auf die Fußbodenoberflächentemperatur bedeutet, dass die Bewohner kaum einen spürbaren Effekt in Form von kühlen Fußbodenflächen wahrnehmen würden. Dies deutet darauf hin, dass die installierte Fußbodenheizungs-Kühlung unter diesen Bedingungen nur eine geringe Auswirkung auf das subjektive Empfinden von Kühlkomfort hat.



Abbildung 33: Temperaturunterschied zwischen Estrich- und Raumtemperatur

Bewertung der Luft-Wasser-Wärmepumpe:

- Das Herzstück des Systems, die Luft-Wasser-Wärmepumpe, wurde für ihre Flexibilität gelobt, da sie sowohl zur Kühlung als auch zur Beheizung des Hauses genutzt werden kann. Die Nutzer:innen hoben hervor, dass diese Dualität zur Effizienz des Systems beiträgt und das ganze Jahr über für Komfort sorgt.

Wahrnehmung des verbesserten Sonnenschutzes:

- Ein verbessertes Sonnenschutzsystem, das in besonders hitzeanfälligen Räumen installiert wurde, wurde als eine sinnvolle Ergänzung zum Kühlungssystem erachtet. Die Nutzer:innen bemerkten eine merkliche Reduktion der direkten Sonneneinstrahlung und somit eine unterstützende Wirkung auf das Kühlungssystem.

5 Öffentliche Gebäude

5.1 Kindergarten Güssing

Der Kindergarten in Güssing wurde im Jahr 2005 saniert. Bereits in den Vorsommermonaten als auch noch nach den Sommerferien ist die Temperatur sehr hoch. Es gibt auch eine Sommerbetreuung, diese muss bei großer Hitze durchgeführt werden. Das Haus besteht aus einem massiven Erdgeschoß und einem Obergeschoß in Holzriegelbauweise (siehe Abbildung 34).

Im Haus befinden sich etwa 160 Kinder, der Kindergarten ist von Montag bis Freitag, jeweils von 6:30 bis 18:00 Uhr geöffnet. Eine aktive Kühlung ist nicht gewünscht, da die Kinder sensibel auf Zug reagieren und leicht krank werden können.



Abbildung 34: Kindergarten Güssing¹⁰

Im massiven Erdgeschoß werden die Temperaturen als angenehmer empfunden als im Obergeschoß in Holzriegelbauweise. Die Analyse der Temperaturmessung ergab, dass es im Erdgeschoß weniger Schwankungen bei der Raumtemperatur gab (Ziegelwände). Im Erdgeschoß gibt es innenliegende Rollos, im Obergeschoß außenliegende Jalousien. Im Garten stehen einige Bäume, welche auf der Süd- und Westseite Schatten auf das Gebäude werfen. Es ist keine Klimaanlage vorhanden¹¹.

Wie aus Abbildung 29 zu erkennen ist, wurde in der Kinderkrippe zwischen dem 02.08.2020 und 03.09.2020 die Außentemperatur, die Temperatur in unterschiedlichen Innenräumen (OG Schlafraum, Gruppenraum Maria, Gruppenraum Martha, Kinderkrippe) und die CO₂ Konzentration in der Kinderkrippe gemessen.

Die CO₂ Konzentrationen liegen durchwegs unter 1000 ppm und sind somit hygienisch unbedenklich¹². Anfang August lag die CO₂ Konzentration zweimal über 1000 ppm, hier sollte das Lüftungsverhalten überprüft und verbessert werden.

Deutlich zu erkennen sind die Schwankungen der Außentemperatur, welche durchwegs mit den Spitzen der Temperatur in den Innenräumen korrelieren.

¹⁰ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

¹¹ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021

¹² H.-D. Neumann, M. Buxtrup, Beurteilung der CO₂-Konzentration in Klassenräumen, 2014

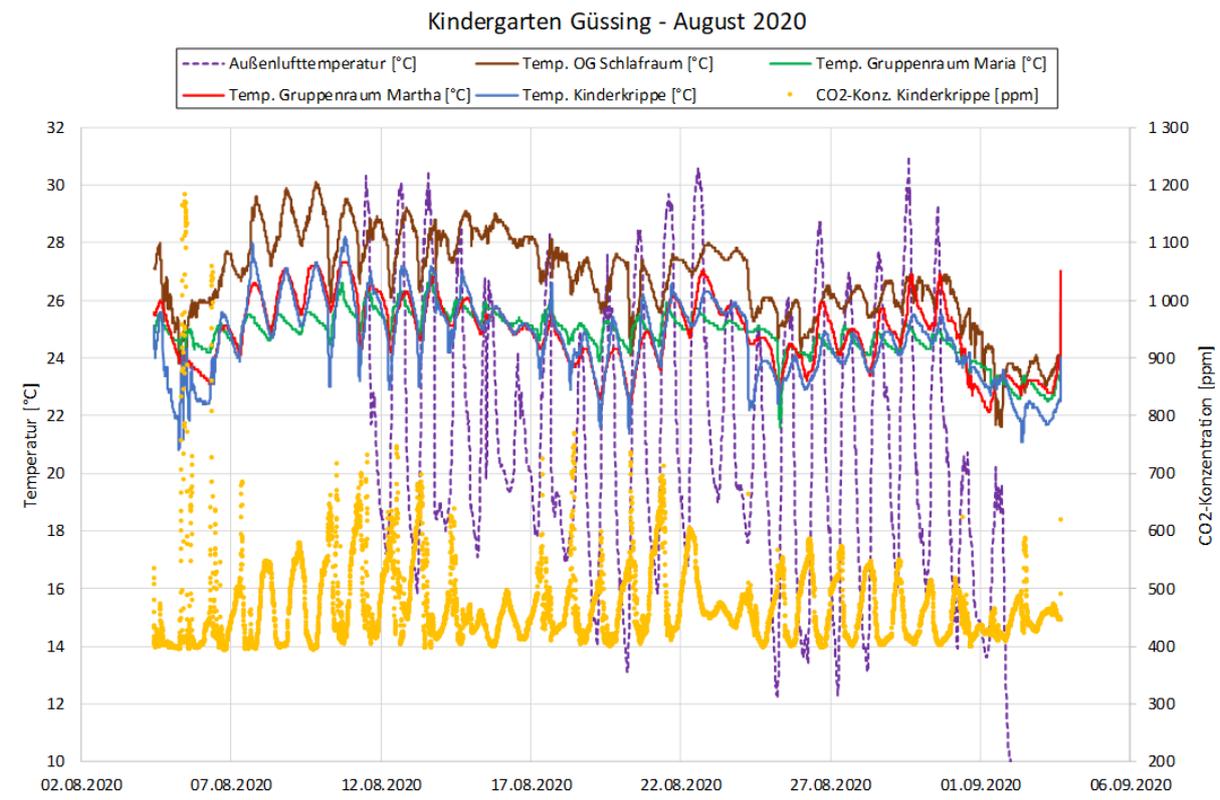


Abbildung 35: Messungen Kindergarten Güssing

In Abbildung 36 sind die Temperaturverläufe zwischen 10.08.2020 und 15.08.2020 zu sehen. Die Tageshöchsttemperatur (Außenluft) betrug um die 30 °C. Am höchsten war die Innentemperatur im Schlafräum im Obergeschoß. Die Temperatur lag bei etwa 29 °C, in der Nacht kühlte der Raum auf max. 26 °C ab. Grund dafür ist die Bauweise des Obergeschoßes (Holzriegel-Bauweise).

Etwas niedriger war die Temperatur in den beiden Gruppenräumen Maria und Martha, sowie in der Kinderkrippe. Hier lagen die Höchsttemperaturen bei durchschnittlich 27 °C, in der Nacht kühlte die Kinderkrippe am meisten ab (auf ca. 23 °C). Erkennbar ist ein Temperatursprung jeweils in der Früh, wo die ersteintreffenden Mitarbeiter*innen die Fenster zum Kühlen öffnen. Dieser Effekt könnte noch weiter verstärkt werden, wenn eine Lüftung über die gesamte Nacht möglich wäre.

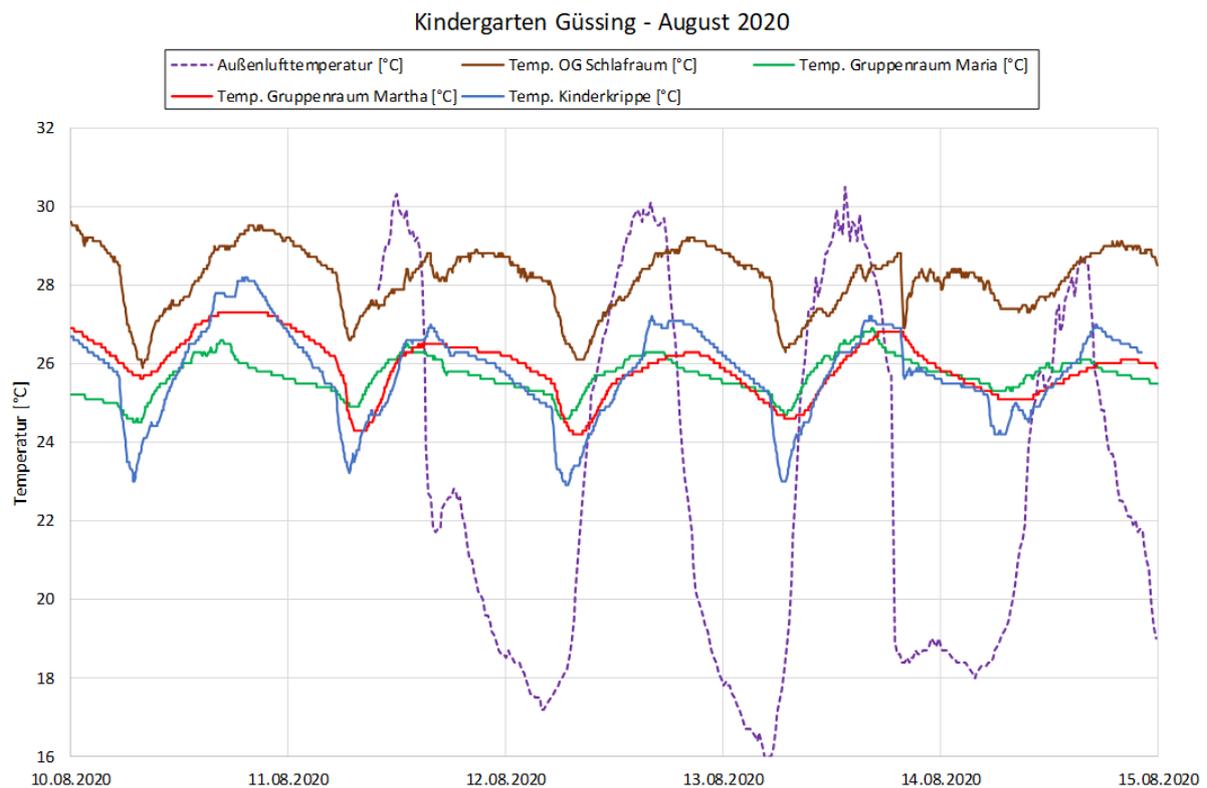


Abbildung 36: Messungen Kindergarten Güssing

Behaglichkeitsfeld

In der Abbildung 37 ist ein Ausschnitt des h-x Diagramms nach Mollier ersichtlich. Der grau markierte Bereich wird angenehm empfunden. Der Bereich wird durch die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 30% und 65% gekennzeichnet. Die Temperatur wird zwischen 20°C und 26°C als behaglich empfunden.

Die Nutzer der Kinderkrippe wurden zu verschiedenen Zeitpunkten (zwischen 04.08.2020 bis 21.08.2020) über die derzeit empfundene Behaglichkeit im Raum befragt. Die Raumlufftemperatur und Raumlufffeuchte werden gemessen und geloggt. Zu den Zeitpunkten, bei welchen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter befragt wurden, wurde angegeben, wie behaglich sie das Raumklima empfanden. Zur Auswahl standen:

- Etwas zu kalt
- Angenehm
- Etwas zu warm
- Zu warm
- Viel zu warm

Im h-x-Diagramm beschreibt jeder farblich markierte Punkt, wie das Raumklima empfunden wurde. Von den zwölf Angaben über das empfundene Raumklima gaben drei der Befragten an, das Raumklima als angenehm empfunden zu haben. Zwei Befragte empfanden das Raumklima außerhalb dieses Fensters noch als angenehm.

Die verbleibenden neun Angaben der Raumnutzer zeigen, dass das Raumklima als etwas zu warm und als zu warm wahrgenommen wurde.

► Behaglichkeitsfeld

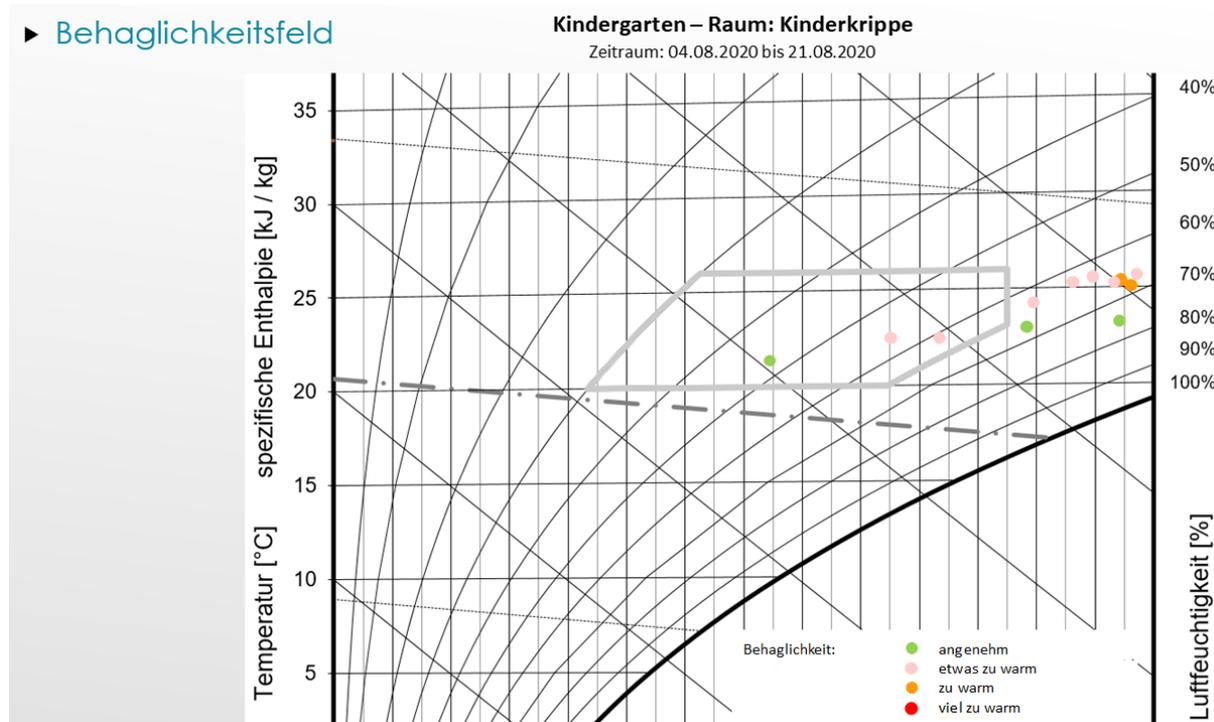


Abbildung 37: Behaglichkeit in der Kinderkrippe

Test 1 der Nachlüftung:

In der Kinderkrippe wurde die Nachlüftung zwischen 09.08.2021 und 10.08.2021 getestet. Die Fenster wurden gekippt, eine Querlüftung war möglich. Allerdings blieben die Rollos geschlossen, was die Luftzirkulation beeinträchtigte. Es gab auch keinen weiteren Wetterschutz vor Regen (Abbildung 38 und Abbildung 39).



Abbildung 38: Test der Nachtlüftung Gruppenraum



Abbildung 39: Nachtlüftung OG Schlafrum

Zu Beginn der Nachtlüftung lag die Temperatur in den vier gemessenen Räumen (Kindergarten, Krippe Garderobe, Krippe Südwest und Krippe Schlafrum) zwischen 25,5 °C und 27 °C. Am kältesten war es im Schlafrum der Krippe, die höchste Temperatur wurde im Kindergarten gemessen. Die maximale Außentemperatur lag am 09.08.2021 bei 30,5 °C, die niedrigste Außentemperatur wurde am 10.08.2021 in der Früh erreicht: 14,5 °C.

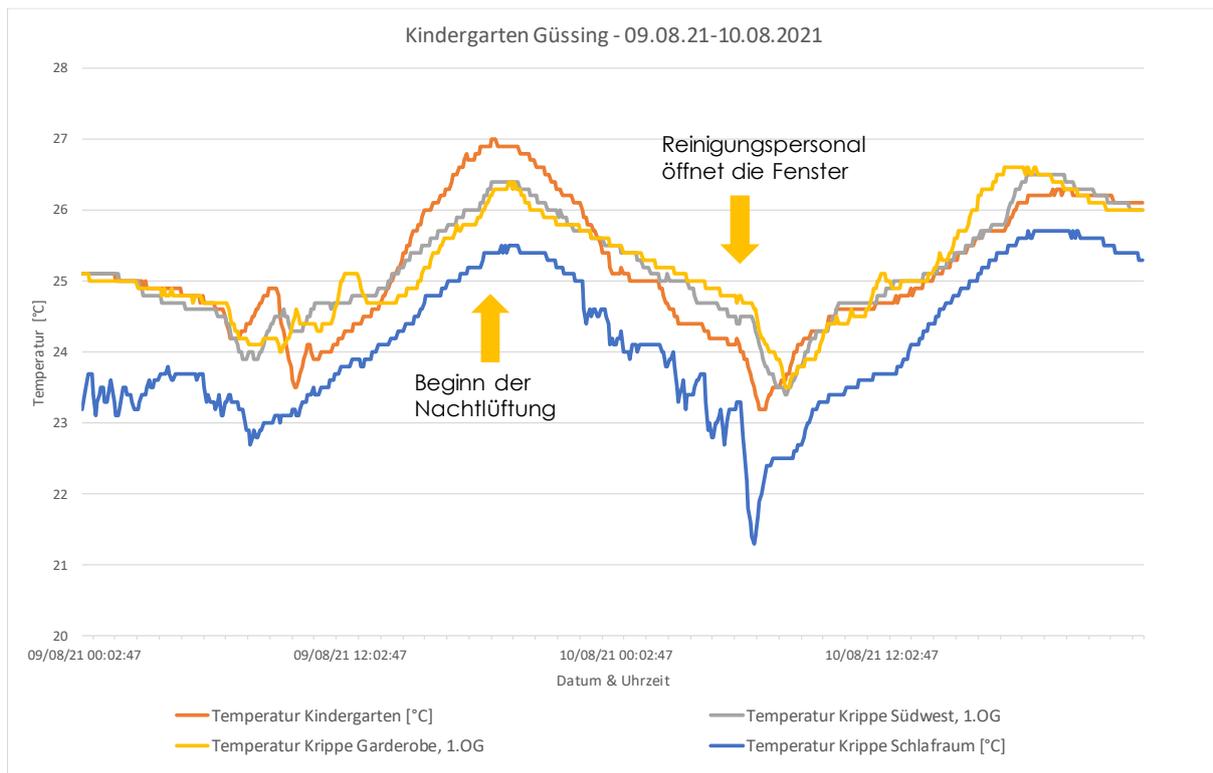


Abbildung 40: Test der Nachtlüftung, Messdaten

Wie die Messdaten in Abbildung 40 zeigen, hat die Nachtlüftung funktioniert. Es kam zu einer Temperaturreduktion von Beginn der Nachtlüftung von 2,5 K, nachdem das Reinigungspersonal die Fenster in der Früh öffnete, kühlte der Kindergarten zusätzlich um etwa 1 bis 2 K ab.

Die Temperatur im Schlafraum der Kinderkrippe sank in der Nacht vor Beginn der Testung der Nachtlüftung auf etwa 23 °C, mit der Nachtlüftung sank sie auf ca. 21 °C. In den anderen Räumen war die Abkühlung nicht so signifikant, die sank auf etwa 23 °C, ohne die Nachtlüftung sank sie auf etwa 24 °C.

Ein wichtiger Punkt ist auch das Nutzer*innen-Verhalten. Die Tür zur Terrasse ist bedingt durch die Kinderbetreuung (innen/außen) oftmals offen, das zu einem Wärmeeintrag am Tag führt.

Test 2 der Nachtlüftung:

Nach Rücksprache mit dem technischen Leiter der Stadtgemeinde erfolgte ein weiterer Test der Nachtlüftung (16.-17.08.2022), jedoch mit 5 geöffneten Fenstern (nicht gekippt) und mit etwa 45° gedrehten Jalousien, siehe Abbildung 41. Eine Querlüftung (Innentüren geöffnet) durch die 2 Gruppenräume und im Schlafraum war gegeben. Die Fenster wurden hierzu mit Holzleisten über Nacht aufgekeilt.



Abbildung 41: Geöffnete Fenster im Gruppenraum beim Test der Nachtlüftung 2022

Der Test der Nachtlüftung musste zeitlich bedingt bereits um 18 Uhr erfolgen, daher ist auch ein Anstieg der Innentemperaturen bis ca. 21 Uhr erkennbar. Die Außentemperatur lag um 18 Uhr bei etwa 30 °C. In der Früh betrug die minimalste Außentemperatur 16,7 °C, bzw. in der Krippe (Nord) 22,6 °C. Weiters ist erkennbar, dass am Wochenende die Räume nicht gelüftet werden und damit kaum Abkühlung in der Nacht erfolgt.

Der Test hat gezeigt, dass die Auskühlung durch geöffnete Fenster einen deutlich besseren Abkühleffekt erreicht, als bei gekippten Fenstern. Der nördliche Raum hat schneller abgekühlt, als der südliche Raum, bedingt durch die Luftströmung von Nord nach Süd. Es hat sich auch gezeigt, dass innen eine Temperatur von 24 °C um etwa 12 Uhr überschritten wurde, bzw. 25 °C um ca. 13:30 Uhr Nord und um 15:30 Uhr Süd. Am Tag nach der Nachtlüftung wurden bei Außen max. 34 °C Innenraumtemperaturen um 18 Uhr von 26 bis 27 °C erreicht.

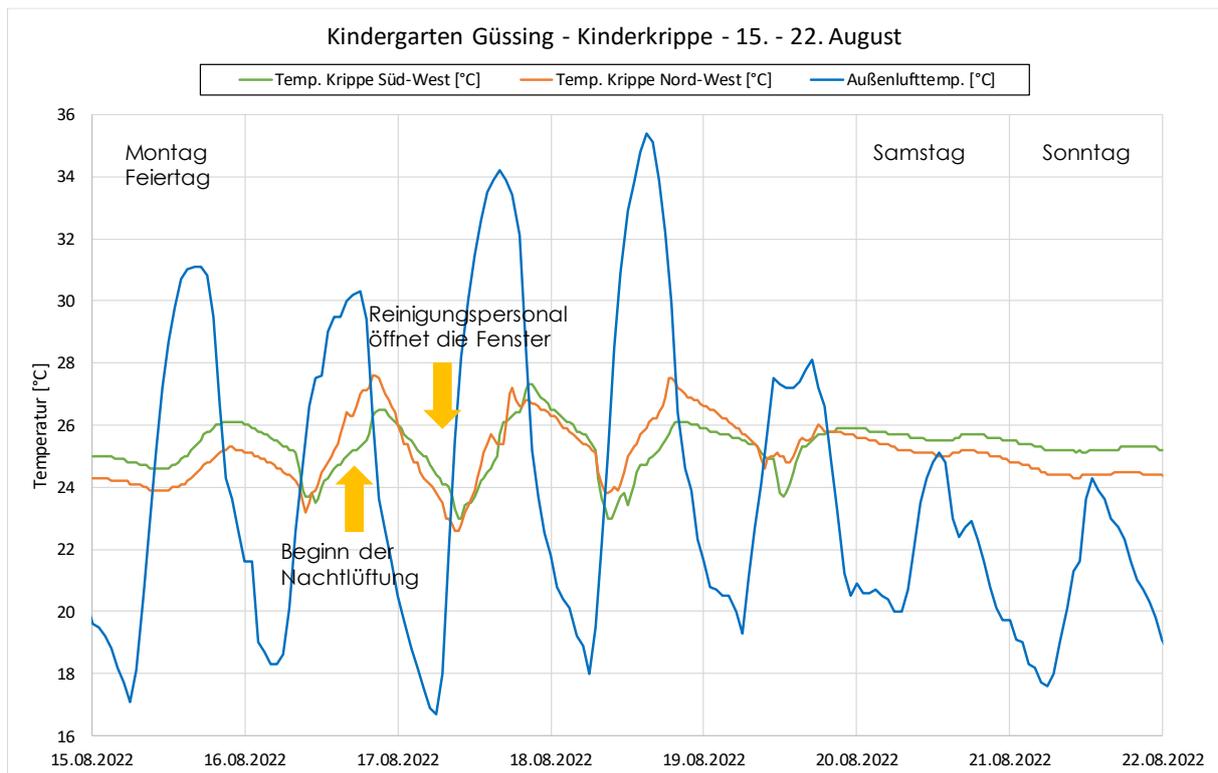


Abbildung 42: Messwerte beim Test der Nachtlüftung 2022

Die ursprüngliche Variante mit 12 Antrieben zum Kippen wird daher verworfen und auf 5 Antriebe zum Drehen des ganzen Flügels abgeändert. Da die Nachtlüftung nur außerhalb der Betriebszeiten genutzt werden soll, ist die Notwendigkeit für Sensoren als Einklemmschutz (z.B. Finger oder Hand im Fenster beim Schließen) nicht gegeben. Die Jalousien müssten bei etwa 45° Winkel gedreht bleiben. Ein Insektenschutz ist zu empfehlen. Ein Wind- und Regenwächter ist für die Steuerung notwendig.

Umsetzung:

Die Implementierung der **automatisierten Nachtlüftung mit Fensterantrieben** in der Kinderkrippe wurde gemäß der Beschreibung in Dokument D5.2 durchgeführt (Abbildung 43). Jedoch erfolgte die Inbetriebnahme der Steuerung dieser Anlage erst nach dem Ende des Projekts. Infolgedessen waren keine Messungen möglich, die die Effektivität der Steuerung im Rahmen der automatisierten Nachtlüftung hätten belegen können.

Aufgrund dieser Umstände können die zwei durchgeführten Testversuche zur manuellen Fensterlüftung als repräsentativ, für die Beurteilung der Wirksamkeit der Nachtlüftung in dieser Einrichtung, angesehen werden. Diese Testversuche bieten wertvolle Einblicke in die praktische Anwendbarkeit und die potenziellen Vorteile der Nachtlüftung, auch wenn sie nicht die volle Automatisierung des Systems repräsentieren, die ursprünglich geplant war.

Die Ergebnisse dieser manuellen Tests sind daher von besonderer Bedeutung für die Bewertung der Nachtlüftung in der Kinderkrippe zur Reduktion der sommerlichen

Überhitzung und liefern wichtige Erkenntnisse für zukünftige Implementierungen ähnlicher Systeme in anderen Einrichtungen.



Abbildung 43: Stellantriebe am Fenster, sowie Verriegelungsantrieb (rechts)

Empfehlungssystem – EES:

Im Rahmen des Projekts wurde der Easy Energy Saver (EES) im Kindergarten getestet, um seine Effektivität in der Praxis zu evaluieren. Besonders interessant waren dabei die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Monitoring in einem süd-östlich ausgerichteten Gruppenraum im Obergeschoss, der besonders von der sommerlichen Überhitzung betroffen ist.

Installation und Nutzung des EES:

- Der EES wurde in einem Raum installiert, der in den Sommermonaten intensiv genutzt wird und etwa 15 Kinder beherbergt.
- Der Raum verfügt über neun Fenster mit östlicher und südlicher Ausrichtung, die mit außenliegenden Jalousien versehen sind. Zusätzlich gibt es einen Zugang zu einer überdachten Loggia über eine westlich ausgerichtete Tür ohne Verschattung.

Technische Umsetzung und Herausforderungen:

- Die Außeneinheit des EES wurde auf der Loggia installiert, um direkte Sonneneinstrahlung und damit verbundene Messwertverfälschungen zu vermeiden.

- Probleme ergaben sich durch die sehr dicht schließenden Türen und Fenster, die zeitweise zu Ausfällen des EES führten, da die Verbindung zwischen Haupt- und Außenstation unterbrochen wurde.
- Der Versuch, eine Funkverbindung anstelle einer kabelgebundenen Verbindung zu etablieren, war nicht erfolgreich.

Erkenntnisse und Feedback:

- Trotz technischer Schwierigkeiten führte der Einsatz des EES zu einem erhöhten Bewusstsein für richtiges Lüften und Verschatten sowie zu einer Verbesserung der Luftqualität durch CO₂-basierte Lüftungsempfehlungen.
- Die fehlende Anwesenheit der Nutzer:innen zu bestimmten Tageszeiten, insbesondere in den Nachtstunden, beschränkte die Nutzung des vollen Potenzials der Nachtlüftung.
- Die leichte Holzbauweise des Obergeschosses führte zu einer schnellen Erwärmung der Innenräume, weshalb weitere Maßnahmen zur Sicherstellung eines behaglichen Raumklimas notwendig sind.

Zusammenfassend zeigt das Monitoring des EES im Kindergarten, dass das System trotz einiger Herausforderungen das Verständnis und Verhalten bezüglich Lüftung und Verschattung positiv beeinflusst hat, wobei für eine optimale Nutzung weitere Anpassungen und Maßnahmen erforderlich sind.

5.2 Schule BORG

Das Gebäude beherbergt das BORG sowie die ECOLE HLW Güssing. Im Gebäudekomplex ist bereits ab Mai viel zu heiß, im Sommer wird die Hitze vor allem an der Ost- und Südseite unerträglich. Es gibt auch keine Luftbewegung im Haus.

Die Fenster verfügen über elektrisch bedienbare außenliegende Raffstores, diese schützen allerdings nicht ausreichend vor der Hitze. Außerdem werden sie oft kaputt, daher gibt es hier einen Bedarf an weiteren Kühl-Lösungen.

In drei Prüfungsräumen, dem Lehrerzimmer, der Direktion, im Festsaal und im Raum daneben gibt es bereits eine Klimaanlage. Das restliche Gebäude ist ungekühlt¹³.

¹³ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021



Abbildung 44: BORG und ECOLE Güssing, südseitige Fassade

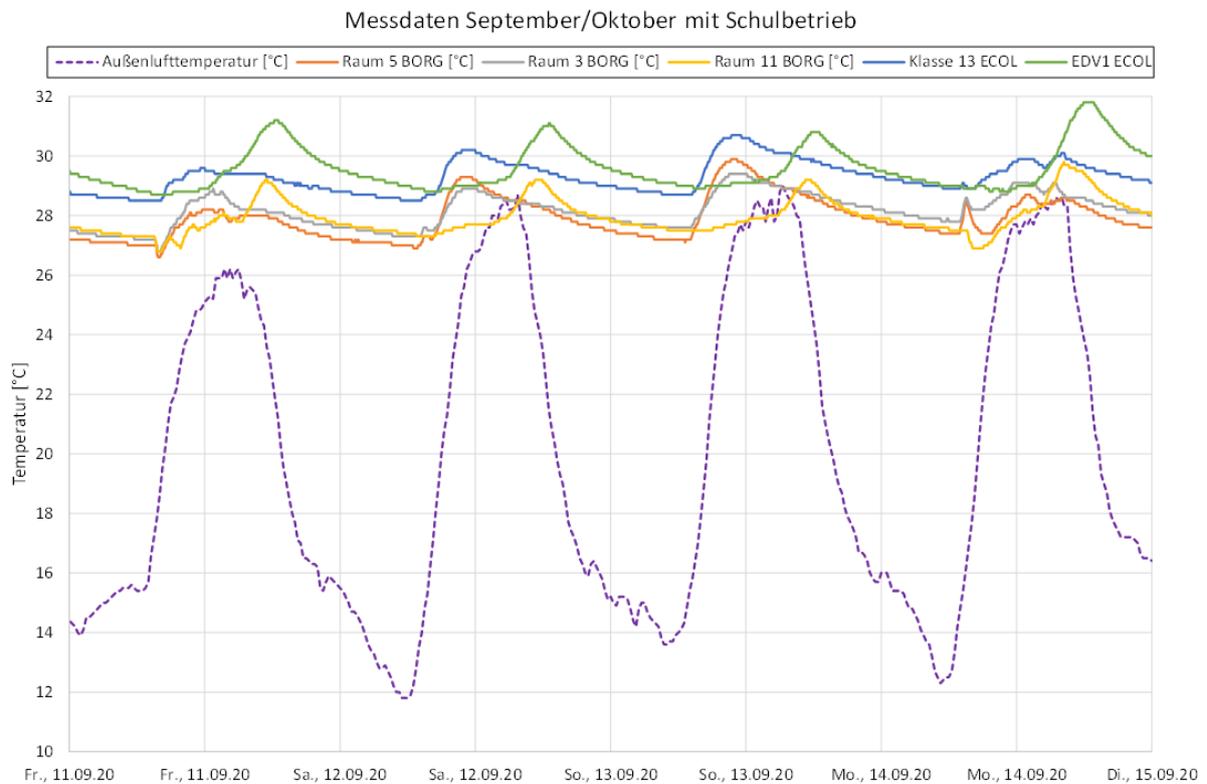


Abbildung 45: Raumtemperaturen im September 2020

Vom 11.09.2020 bis 15.09.2020 wurden im Schulbetrieb die Temperaturen gemessen (siehe Abbildung 45): Außentemperatur, Temperatur in den Räumen 3, 5 und 11 des BORG sowie die Temperatur der Klasse 13 und EDV1 der ECOLE HLW.

Die Tageshöchsttemperatur der Außenluft lag zwischen 26 °C und 29 °C. In der Nacht kühlte die Außenluft auf ca. 12 °C bis ca. 15 °C ab. Die Temperatur in den Innenräumen lag am Tag zwischen 28 °C und 32 °C. In der Nacht kühlten die Räume auf etwa 27 °C ab. Die Raumtemperaturen übersteigen hier meist die Außentemperaturen.

Manuelle Testung der Nachtlüftung:

Die manuelle Nachtlüftung wurde bei den vier Klassen Raum 3, 5, 8 und 11 getestet.

Die erste Testung fand am 14.09.2021 und 15.09.2021 zwischen 16:45 Uhr und 07:00 Uhr statt, die zweite am 15.09.2021 und 16.09.2021 zwischen 19:00 Uhr und 07:00 Uhr.

Es war normaler Schulbetrieb, der Sonnenschutz war je nach Benutzerverhalten am Tag oben oder teilweise unten. Am Tag wurden die Fenster oftmals geöffnet.

Bei der Testung waren die Türen zum Gang (Aula) hin offen und alle Oberlichten in den vier Klassen geöffnet.

Als Referenzwert wurden die Messungen bereits am 12.09.2021 begonnen und dauerten bis 17.09.2021.

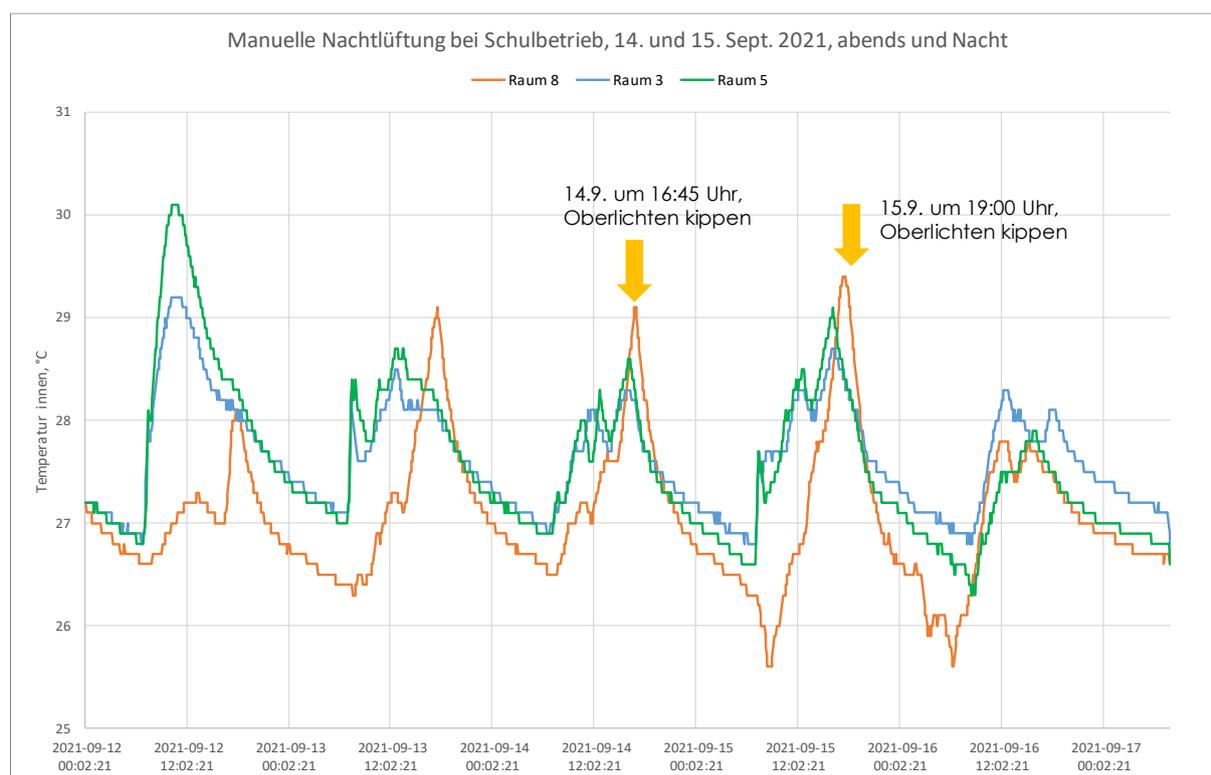


Abbildung 46: Manuelle Nachtlüftung bei Schulbetrieb

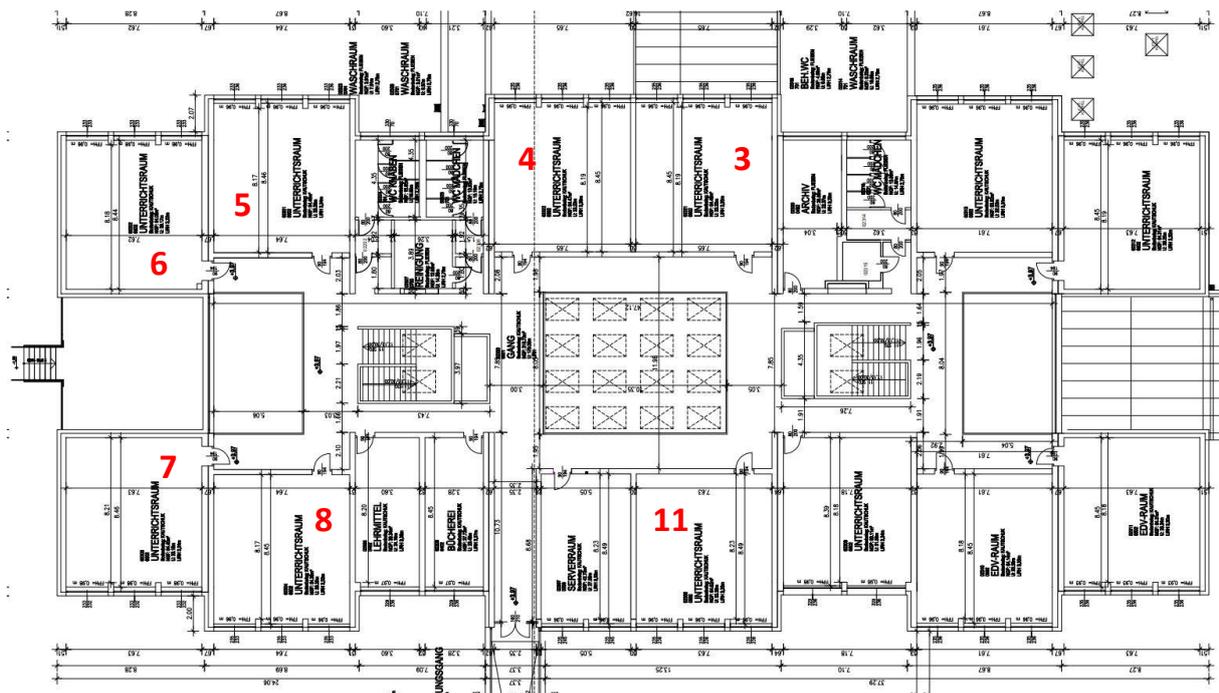


Abbildung 47: Test der Nachtlüftung der Räume 3, 5, 8 und 11

Wie in den Abbildung 46 ersichtlich, sinkt die Temperatur in den Klassen ohne Nachtlüftung auf ca. 26,5 °C bis ca. 27°C. Mit Nachtlüftung fällt die Temperatur um 1 K stärker, auf ca. 25,5 °C. Diese recht geringe Abkühlung ist mit dem recht hohen Raumvolumen der Aula und des Ganges zu erklären. Das Raumvolumen der Aula im Erdgeschoss hat ein großes Volumen, das durch die Thermik ins Obergeschoss aufsteigt und die Querlüftung der Klassen minimiert. Es ist auch erkennbar, dass die Abkühlung im Raum 8 stärker erfolgt ist, da die übliche Luftbewegung von außen vom Raum 8 in Richtung Raum 3 erfolgt. Eine Nachtlüftung würde mehr bringen, wenn diese bei allen Klassen im Gebäude erfolgen würde. Die Nachtlüftung müsste daher als Gesamtkonzept umgesetzt werden, oder in abgeschlossenen Bereichen.

Weiters ergibt sich die Problematik mit der Alarmanlage. Diese würde anschlagen, wenn ein Vogel durch die Oberlichter in den Raum kommt.

Ein weiteres Problem stellt die hohe Staubbelastung der benachbarten Fernwärme-Anlage dar.

Dezentrale Lüftungsgeräte AM800 zur automatischen Nachtlüftung:

Die Installation von zwei dezentralen Lüftungsgeräten AM800 in zwei Klassenräumen (Abbildung 48) und die Durchführung des Monitorings im Rahmen des Projekts lieferten bemerkenswerte Ergebnisse und wertvolles Feedback von den Nutzer:innen.

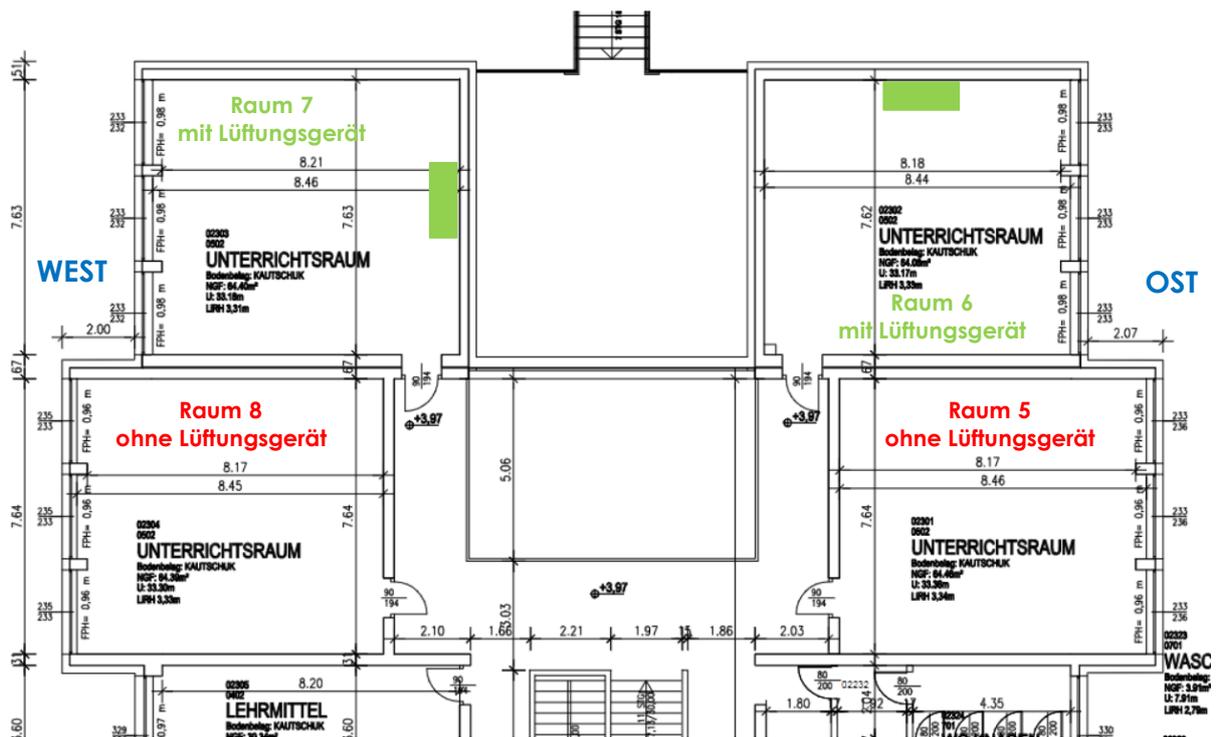


Abbildung 48: 2 dezentrale Lüftungsgeräte wurden installiert, dazu jeweils 2 Referenzklassen ohne Gerät

Monitoring-Ergebnisse:

- Die Lüftungsgeräte, installiert Ende August 2023, zeigten im Vergleich zu den Referenzklassen ohne Lüftungsgeräte deutliche Verbesserungen.
- In Klassen mit Lüftungsgeräten wurden während der Unterrichtszeit Temperaturen zwischen 24 und 27 °C erreicht, im Vergleich zu 28-29 °C bzw. bis zu 32 °C in den Klassen ohne Geräte. Die Temperaturreduktion lag somit bei 2 bis 4,5 K (Abbildung 49 bzw. Abbildung 50).
- Das Monitoring über die Airingq-Plattform des Herstellers lieferte zusätzliche Daten zum Volumenstrom und den CO₂-Werten. Der CO₂-Gehalt konnte im Betrieb zwischen 1000 und etwa 1300 ppm gehalten werden, stieg jedoch im Raum 6 zeitweise auf 1600 ppm, was auf eine etwas zu kleine Dimensionierung der Anlage hinweist.

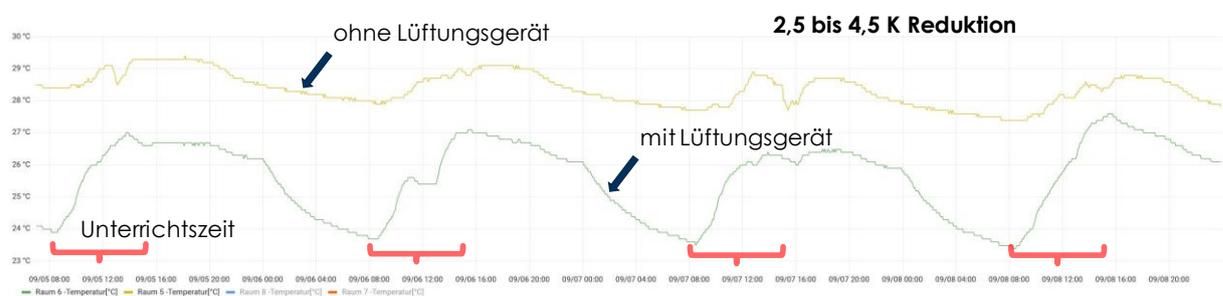


Abbildung 49: Messungen der 2 östlichen Klassen im September 2023

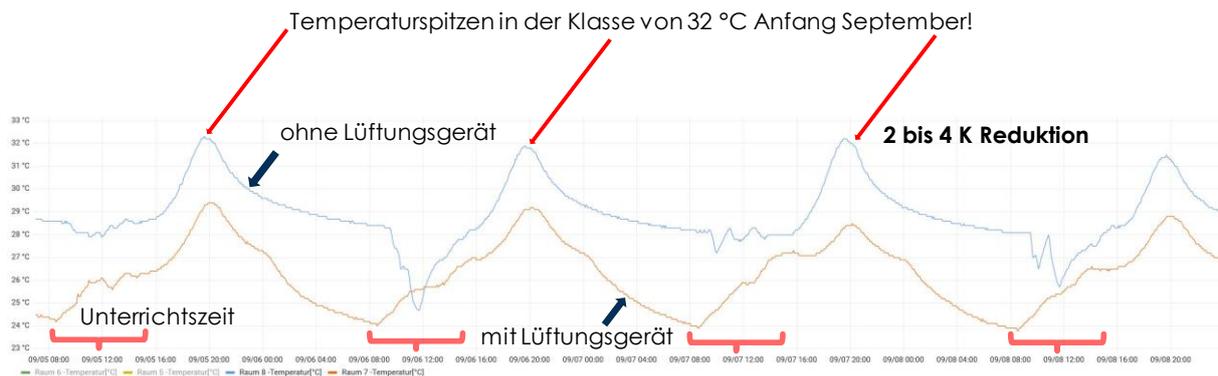


Abbildung 50: Messungen der 2 westlichen Klassen im September 2023

Im Rahmen des Monitorings über die Nutzung der dezentralen Lüftungsgeräte AM800 im BORG Güssing ergab das Feedback der Nutzer:innen folgende wichtige Erkenntnisse und Einsichten:

Positive Rückmeldungen und Herausforderungen:

- Lehrer:innen und Schüler:innen berichteten von einem deutlich angenehmeren Klima in den Klassenräumen mit Lüftungsgeräten.
- Im Raum 6, der mit 25 Personen stärker besetzt ist als andere Klassen, wurde ein Anstieg des CO₂-Gehalts ab 11 Uhr beobachtet, trotz vollem Volumenstrom der Lüftung. Stoßlüften wurde daher notwendig.
- Es bestand eine gewisse Verwechslung bei den Nutzer:innen zwischen den Funktionen einer dezentralen Lüftungsanlage und einer Klimaanlage, was zu der Notwendigkeit von Aufklärungsarbeit führte.

Erkenntnisse und Schulungsbedarf:

- Die CO₂-Spitzen in der stärker besetzten Klasse erreichten etwa 1.600 ppm, was immer noch ein besseres Ergebnis war im Vergleich zu Klassen ohne Lüftung.
- Es zeigte sich, dass das Lehrpersonal hinsichtlich Stoßlüftung besser geschult werden sollte.
- Aufgestellte CO₂-Messgeräte hatten einen starken Einfluss auf die Nutzerwahrnehmung und führten zu Fragen bezüglich der Effektivität der Lüftungsgeräte.

Zukunftsperspektiven und Überlegungen:

- Der Direktor des BORG sieht die zunehmenden hohen Temperaturen in den Klassenräumen als Herausforderung und hält dezentrale Lüftungsgeräte, oder Klimasplittergeräte in Kombination mit einer PV-Anlage für eine mögliche Lösung, basierend auf bisherigen Erfahrungen in einigen Klassen.
- Die Bausubstanz der Schule ist nicht optimal für ein angenehmes Raumklima im Sommer, was zusätzliche Maßnahmen erforderlich macht.

Unterstützung durch offizielle Richtlinien:

- Ein "Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Bildungseinrichtungen"¹⁴ des Bundesministeriums für Klimaschutz unterstreicht die Vorteile von dezentralen Lüftungsgeräten als Lösungsansatz, ähnlich wie im BORG umgesetzt.

Zusammenfassend bestätigt das Monitoring die Wirksamkeit der dezentralen Lüftungsgeräte AM800 bei der Reduzierung der sommerlichen Überhitzung und Verbesserung des Raumklimas während der Schulzeit. Die Ergebnisse betonen die Wichtigkeit von Aufklärung und Information, um eine optimale Nutzung und Akzeptanz dieser Systeme zu gewährleisten.

Outdoorklasse:

Die Nutzer:innen der Schule äußerten sich sehr positiv über die neu errichtete Outdoorklasse (Abbildung 51). Sie schätzten die Erweiterung des Lernumfelds, das Entkommen der Hitze in der Klasse und die Einbindung der natürlichen Umgebung. Insbesondere die Lage im Norden des Schulgebäudes, umgeben von älteren Bäumen, wurde für die natürliche Beschattung und das angenehme Mikroklima gelobt.

Feedback zur Standortwahl und Umgebung:

- Die Bearbeitung der Bäume rund um die Outdoorklasse wurde als wichtiger Schritt zur Gewährleistung der Sicherheit und zur Verbesserung der Ästhetik des Ortes wahrgenommen.
- Die natürliche Umgebung fördert ein angenehmes Lernklima und bietet den Schüler:innen eine willkommene Abwechslung zum heißen Klassenzimmer.

Feedback zur Gestaltung und Ausstattung:

- Die robusten Betonplatten als Bodenbelag und die umgebende Grünfläche werden als gelungene Kombination aus Stabilität und Natur betrachtet.
- Der umfriedete Bereich bietet Sicherheit und schafft gleichzeitig ein klares, abgegrenztes Lernumfeld.
- Die wasserunempfindlichen und hitzeresistenten Sitzmöglichkeiten wurden als sehr praktisch und komfortabel für die Nutzung unter verschiedenen Wetterbedingungen hervorgehoben.

Feedback zu zusätzlichen Elementen:

- Der Gedenkstein wurde als besonderes Element angesehen, das der Outdoorklasse einen einzigartigen Charakter verleiht.
- Die Neugestaltung des östlichen Bereichs vor dem Haupteingang der Schule wurde ebenfalls sehr positiv aufgenommen, da sie zusätzliche beschattete

¹⁴ https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:35a9fa4b-d15f-484c-8e91-97a2961434a0/Positionspapier_Lueftung_Bildungseinrichtungen_2023_BMK.pdf

Sitzmöglichkeiten bietet und den Außenbereich der Schule attraktiver und funktionaler macht.

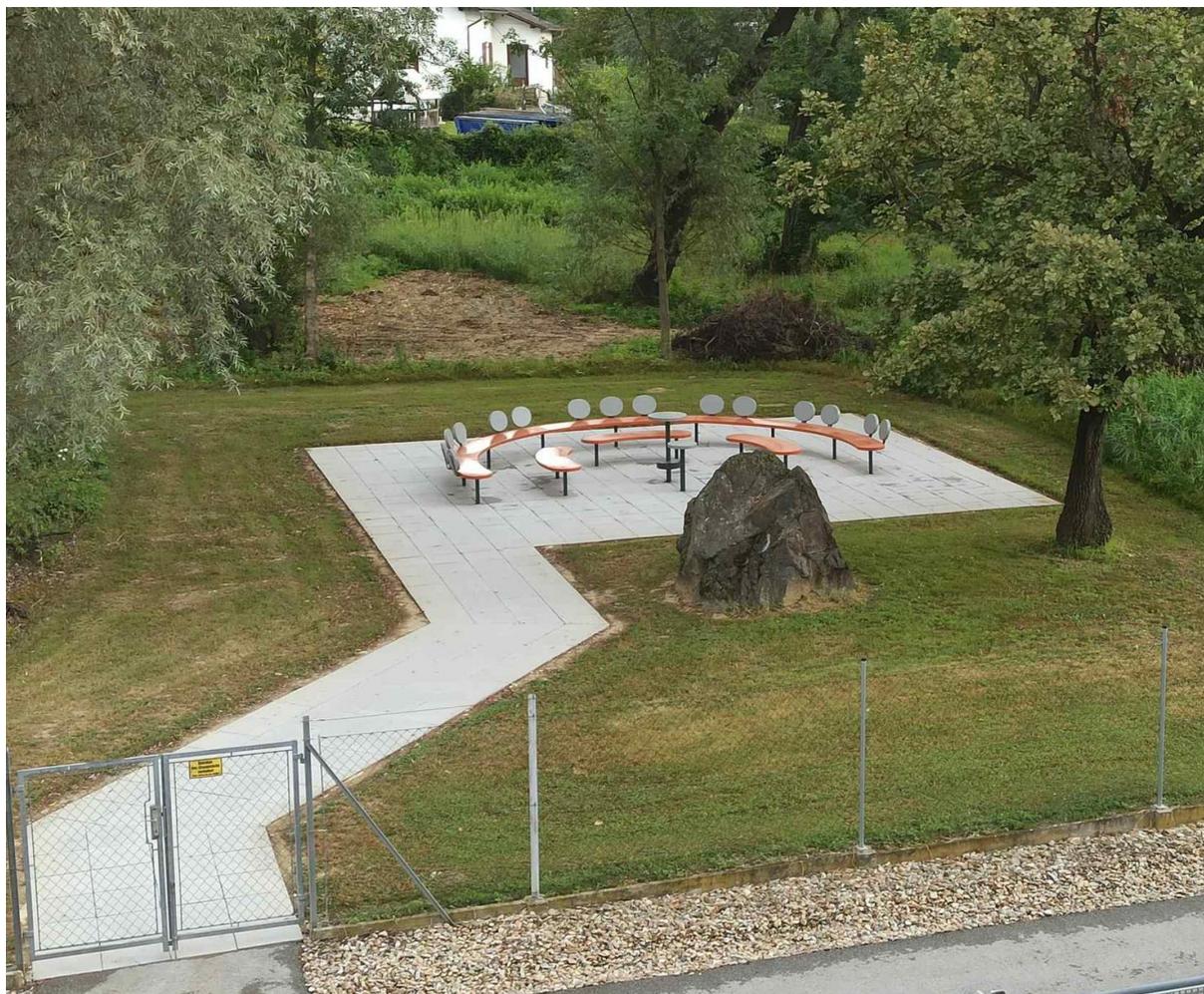


Abbildung 51: Eine Outdoorklasse wurde nördlich des Schulgebäudes errichtet

5.3 Feuerwehrhaus Güssing

Das Gebäude ist bereits über 40 Jahre alt. Viele Fenster liegen auf der Südseite, es gibt keine ausreichende Beschattung (siehe Abbildung 52). Hinzu kommen hohe innere Lasten. Bereits ab Mai wird es in den Räumen unerträglich heiß, besonders nach Einsätzen ist die Hitze spürbar. Vor allem im Aufenthaltsraum besteht daher der Wunsch nach Kühlung.

An manchen Tagen ist es so heiß, dass Weiterbildungen im Schulungsraum nahezu unmöglich sind. Am Wochenende halten sich den ganzen Tag Personen im Feuerwehrhaus auf, unter der Woche eher am späten Nachmittag.



Abbildung 52: Nordwestseitige Fassade des Feuerwehrhauses¹⁵

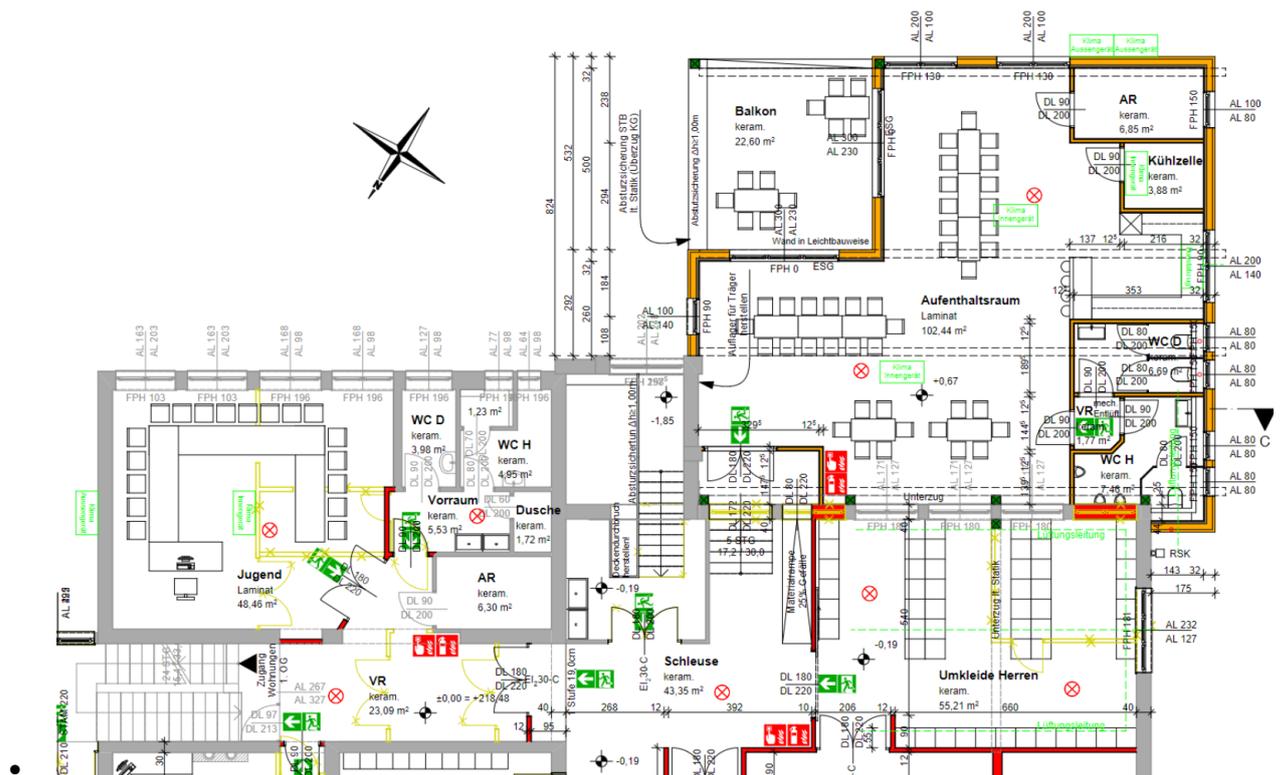
Da das Gebäude innerhalb der Projektlaufzeit umfassend saniert wurde, konnten keine Temperaturmessungen durchgeführt werden.

Der technische Leiter der Stadtgemeinde Güssing, Oliver Fandl, gab ein detailliertes Feedback zu den umgesetzten und geplanten Veränderungen.

Sanierungsphase und geplante Umbauten:

- Das Feuerwehrhaus Güssing befindet sich in einer Sanierungsphase, die zwischen Herbst 2023 und Herbst 2024 angesetzt ist. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Einrichtung eines neuen Schulungs- und Aufenthaltsraums, sowie Erweiterung der Garagen.
- Die bevorzugte Lösung für diese Räume (Abbildung 53) ist eine Kombination aus einer Split-Klimaanlage und einer Photovoltaik-Anlage, die effektiv umgesetzt wurde.

¹⁵ Pratter, R., D3.1: Zusammenfassung der Analyse der Energiesektoren, 2021



- **Abbildung 53: Um- und Zubau beim Feuerwehrhaus Güssing, wobei 3 Klimasplitgeräte installiert wurden**

Nutzung und Klimatisierung:

- Die Räumlichkeiten sind nicht sehr häufig in Nutzung, jedoch ist bei Nutzung eine hohe Personenanzahl vor Ort.
- Aufgrund der hohen sommerlichen Überhitzung und der bisherigen Abwesenheit einer Klimaanlage wurde die Entscheidung für eine Split-Klimaanlage getroffen.
- Eine große Photovoltaik-Anlage ist für eine Fläche von etwa 15 mal 16 Metern ab 2024 geplant, da ausreichend Platz auf den Dächern des neuen Zubaus vorhanden ist.

Verwerfung anderer Lösungen:

- Ursprünglich diskutierte Varianten, wie automatisierte Fensterantriebe, wurden aufgrund der geringen Nutzungshäufigkeit der Räumlichkeiten, bzw. starke Belegung, nicht weiterverfolgt.
- Auch der Erdreichwärmetauscher, der nur rechnerisch im Sanierungskonzept berücksichtigt wurde, fand aufgrund der geringen Nutzung und des beschränkten Kühleffekts keine Anwendung.

Feedback und zukünftige Pläne:

- Herr Fandl unterstützt die Lösung mit der Split-Klimaanlage, insbesondere angesichts der geringen Nutzungshäufigkeit.

- Die zusätzliche Installation von Rollos dient der weiteren Reduktion der Betriebszeiten der Klimaanlage durch Minimierung der direkten Sonneneinstrahlung.
- Es wird in Erwägung gezogen, die Klimaanlage nur zwischen 9 und 17 Uhr laufen zu lassen, um deren Betrieb mit dem durch die Photovoltaik-Anlage erzeugten Strom zu decken – ein Vorschlag, der vom Projektteam kam.

5.4 Öffentlicher Kühlspot

Umfrage Kühlspot am Hauptplatz Güssing:

Die ausführliche Auswertung der Umfrage (20 Personen) zur sommerlichen Überhitzung am Hauptplatz in Güssing, im Juli 2022, liefert detaillierte Einblicke:

1. **Häufigkeit des Aufenthalts:** Die Befragten gaben unterschiedliche Häufigkeiten für ihren Aufenthalt am Hauptplatz an, von gelegentlichen Besuchen bis hin zu regelmäßigen Aufenthalten mehrmals pro Woche.
2. **Gründe für den Aufenthalt:** Die Gründe für den Besuch des Platzes reichten von beruflichen Verpflichtungen über Freizeitaktivitäten wie das Essen von Eis bis hin zu Erholungszwecken.
3. **Wahrnehmung des Platzes:** Die Wahrnehmung des Platzes im Sommer variierte, wobei einige Befragte den Platz als angenehm empfanden, während andere ihn als weniger behaglich oder neutral beschrieben.
4. **Vorschläge zur Verbesserung:** Zu den häufigsten Vorschlägen zur Verbesserung des Platzes gehörten die Installation von Sprühnebel, Beschattungen, Bäumen, Wasserspielen und Überdachungen.
5. **Demografische Merkmale:** Die Umfrage wurde von Personen unterschiedlichen Alters und Geschlechts beantwortet, wobei die meisten Teilnehmer aus der Gemeinde Güssing stammten.

Hier die detaillierte Auswertung der Umfrage im Juli 2022 am Hauptplatz Güssing:

1. Wie oft halten Sie sich im Sommer hier direkt am Hauptplatz in der Nähe des Brunnens auf?

7x selten 2x ca. 1-mal im Monat 4x ca. 1-mal je Woche 7x öfter

2. Warum halten Sie sich hier auf? Z.B. Einkaufen, ich wohne hier in der Nähe, Eis essen, ...

Arbeiten, Kaffeehaus, Arbeitsplatz, Kaffee, Kirche, Restaurant, Spaziergänger, Radfahren, Eis essen, Wohnen in der Nähe

3. Ist der Platz rund um den Brunnen für Sie behaglich (insb. sommerliche Temperaturen) sich hier länger aufzuhalten?

7x Ist behaglich 11x Neutral 2x Nicht behaglich

4. Was müsste anders sein, damit Sie hier rund um den Brunnen mehr Zeit verbringen würden, um sich im Sommer abzukühlen? Welche konkreten Ideen?

5x Sprühnebel, 10x Beschattungen, 4x Bäume, 2x Sprühbrunnen, 1x Überdachung, 1x Laube mit Weinreben

5. Altersgruppe:

10x Bis 20 Jahre 21 - 35 5x 36 - 50 4x 51 - 65 1x Über 65

6. Geschlecht:

9x Männlich 11x Weiblich Divers

7. Ich wohne in der Gemeinde Güssing

18x ja 2x nein

Rückmeldungen der Gemeindevertretung:

Die Rückmeldung der Gemeindevertretung bekräftigt die positiven Einschätzungen der Umfrageergebnisse und betont die Bedeutung, bestimmte Aspekte bei der Umsetzung der Vorschläge zu berücksichtigen, wie die Durchführung von Veranstaltungen und die Sichtachsen am Hauptplatz.

Die Idee der Trinkbrunnen (Abbildung 54), die gleichzeitig als Wasserspender und Sprühnebelanlagen dienen, wird besonders hervorgehoben. Die Möglichkeit einer Kombination mit dem bestehenden Springbrunnen wird als sinnvoll erachtet, wobei eine Realisierung dieser Maßnahmen aufgrund der erforderlichen Investitionen erst ab 2025 realistisch erscheint.



Abbildung 54: Trinkbrunnen mit Sprühnebelfunktion als Lösungsmöglichkeit für den Hauptplatz in Güssing¹⁶

¹⁶ <https://www.tmt-metall.at/active-cooling/>; aufgerufen am 24.05.2023 um 17:00

6 Ergebniszusammenfassung

Der Bericht "Cool-down Güssing – Deliverable 6.1 und 6.2" bietet eine Zusammenfassung von Monitoring-Ergebnissen und Nutzer-Feedback für verschiedene umgesetzte Maßnahmen zur Kühlung und Lüftung im Rahmen des Projekts. Hier sind die wichtigsten Erkenntnisse und Rückmeldungen:

6.1 Vulcolor Naturfarben GmbH

- Hohe Temperaturen in der Produktionshalle, besonders auf höheren Arbeitsplätzen.
- Durchgeführte Messungen zeigen eine starke Korrelation zwischen Innen- und Außentemperaturen.
- Geplante Implementierung einer Nachtlüftungsanlage steht noch aus, im Zuge eines größer geplanten Umbaus.
- Errichtung eines schattenspendenden Pavillons wurde positiv aufgenommen.

6.2 Guttomat Sektionaltore GmbH

- Büros klimatisiert, in Produktionshallen hohe Temperaturen, besonders nachmittags.
- Temperaturprofile über Höhe gemessen, zeigen deutliche Temperaturunterschiede.
- Effektive Nachtlüftung über Brandrauchentlüftung im Testbetrieb umgesetzt.
- Feedback des Betriebsleiters zeigt Verschiebung der Temperaturspitze und verbessertes Raumklima.

6.3 Auto Doczekal GmbH

- Hohe Temperaturen in Werkstatt und Lagerbereich, besonders nachmittags.
- Große Fensterflächen führen zu schnellem Temperaturanstieg.
- Teilweise vorhandene Klimageräte in Schauräumen und Büros.
- Einsatz von Sonnenschutzfolien brachte Verbesserungen, jedoch weiterhin hohe Temperaturen im hinteren Bereich der Werkstatt.
- Versuch mit geschlossenem Tor zur Temperaturreduktion wurde abgebrochen, da Luftqualität unerträglich wurde.

6.4 Einfamilienhaus Doczekal

- Das Haus wurde mit einer teilautomatisierten Nachtlüftung ausgestattet, die eine effiziente Querlüftung ermöglichte.
- Durchschnittliche Abkühlung von etwa 3 K durch die Nachtlüftung.
- Ein Klimasplitgerät wurde installiert und größtenteils mit PV-Strom betrieben, was die Energieeffizienz verbesserte.
- Nutzer zeigten sich sehr zufrieden, besonders mit der Entfeuchtung der Luft durch das Klimagerät.

6.5 Wohnhausanlage Krottendorf

- Low-Tech-Lösungen wie Ventilatoren wurden eingesetzt, um das Raumklima zu verbessern.
- Trotz Interesse an Lösungen wie Splitklimageräten in Verbindung mit PV-Anlagen wurden diese aufgrund komplexer Eigentumsstrukturen nicht umgesetzt.
- Die Bewohner waren zufrieden mit den implementierten Maßnahmen, insbesondere wegen der verbesserten Luftqualität und Behaglichkeit.

6.6 Einfamilienhaus Scher-Deutsch

- Das Haus wurde mit einer effizienten Fußbodenkühlung ausgestattet, die über eine Wärmepumpe betrieben wird.
- Die Oberflächentemperatur des Fußbodens wurde sorgfältig reguliert, um ein behagliches Raumklima ohne Kondensation zu gewährleisten.
- Die Raumtemperatur blieb meist in einem angenehmen Bereich zwischen 22,5 und 23,7 °C.
- Messungen zeigten, dass die Wirkung auf die Fußbodenoberflächentemperatur minimal ist.

6.7 BORG Güssing

- Dezentrale Lüftungsgeräte AM800 installiert, signifikante Temperaturreduktion in Klassen mit Lüftungsgeräten.
- CO₂-Gehalt in Raum 6 zeitweise erhöht, erforderte gelegentliches Stoßlüften.
- Verbesserung des Raumklimas und Luftqualität, zusätzliche Aufklärung zum System nötig.
- Durch die Nachtlüftung konnten etwa 2 bis 4 K niedrigere Raumtemperaturen für die Schüler:innen erreicht werden.

6.8 Kindergarten Güssing

- Easy Energy Saver (EES) implementiert, Verbesserung der Luftqualität durch CO₂-bedingte Lüftungsempfehlungen.
- Herausforderungen mit der Außenstation des EES, weitere Maßnahmen für effektivere Raumklimatisierung erforderlich.
- Reduktion der sommerlichen Überhitzung durch automatisierte Fensterlüftung in der Nacht. Tests waren erfolgreich. Implementierung abgeschlossen.

6.9 Feuerwehrhaus Güssing

- Split-Klimaanlagen errichtet, PV-Anlage soll umgesetzt werden um den PV Strom für die Split-Klimageräte zu nutzen.
- Berücksichtigung der geringen Nutzungshäufigkeit der Räume bei der Planung, optimale Nutzung der Split-Klimageräte in Kombination mit PV-Strom im Fokus.

6.10 Kühlspot Hauptplatz Güssing

- Umfrageergebnisse zeigen Präferenz für Trinkbrunnen und Sprühnebel zur Kühlung.
- Gemeindevertretung unterstützt Idee, kombiniert mit bestehendem Springbrunnen, Umsetzung ab 2025 geplant.

Im Rahmen des Projekts "Cool-down Güssing" wurden zahlreiche Maßnahmen zur Reduktion der sommerlichen Überhitzung erfolgreich umgesetzt. Dazu gehörten innovative Lösungen wie automatisierte Nachtlüftung, der Einsatz von Smart Home-Systemen, dezentrale Lüftungsgeräte, Nachtlüftung über Brandrauchentlüftung und die Installation von Sonnenschutzfolien. Diese Maßnahmen trugen wesentlich zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen in verschiedenen Einrichtungen bei. Sie zeigten, dass ein umweltbewusster und energieeffizienter Umgang mit Ressourcen sowohl praktisch umsetzbar als auch effektiv ist. Das Projekt ermöglichte es, wertvolle Erfahrungswerte zu sammeln und neue Erkenntnisse über die effektivsten Methoden zur Kühlung und Lüftung von Gebäuden zu gewinnen.