

D4.2 Beschreibung des übergeordneten Gesamtkonzeptes

GET

4wardEnergy
Research GmbH

FORSCHUNG
Burgenland
RESEARCH & INNOVATION

JCKE
—SYSTEMS

.K.
ENERGIE
HAUS

 **Reiterer & Scherling**
Ingenieurbüro | Unternehmensberatung
Sicherheitsfachkraft

Ernst Reiterer

Reiterer & Scherling GmbH

31.03.2023



Cool down


Güssing

powered by 

 **FFG**
Forschung wirkt.

Titel: Beschreibung des übergeordneten Gesamtkonzeptes

Deliverable: D 4.2

Autoren: Ernst Reiterer, Reiterer & Scherling GmbH
Georg Prem, Reiterer & Scherling GmbH
Robert Pratter, 4ward Energy Research GmbH
Christian Doczekal, Güssing Energy Technologies GmbH

Status: Version 1

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Betriebsgebäude	2
2.1	Anforderungen und Bedürfnisse	2
2.2	Beschreibung und Auswahl des Lösungskonzeptes.....	6
2.3	Geschäftsmodell und Finanzierung.....	10
2.4	Allgemeine Anwendbarkeit.....	13
3	Wohngebäude.....	18
3.1	Anforderungen und Bedürfnisse	18
3.2	Beschreibung und Auswahl des Lösungskonzeptes.....	21
3.3	Geschäftsmodell und Finanzierung.....	25
3.4	Allgemeine Anwendbarkeit.....	28
4	Öffentliche Gebäude	33
4.1	Anforderungen und Bedürfnisse	33
4.2	Beschreibung und Auswahl des Lösungskonzeptes.....	37
4.3	Geschäftsmodell und Finanzierung.....	43
4.4	Allgemeine Anwendbarkeit.....	47
5	Übergeordnetes Gesamtkonzept.....	50
6	Abbildungsverzeichnis	54
7	Tabellenverzeichnis.....	54

1 Einleitung

Die Stadtgemeinde Güssing ist stark von sommerlicher Überhitzung betroffen. Im Gebäudebestand sind nachträgliche Kühl-Maßnahmen, welche nicht auf Basis herkömmlicher Retrofit-Klimageräte beruhen, jedoch schwierig zu realisieren. Für ein Nachrüsten von nachhaltigen und innovativen Kühlsysteme bei bestehenden Gebäuden bedarf es nicht nur neuer Technologien, sondern auch neuer und vor allem holistischer Ansätze. Diese wurden in Güssing in mehreren unterschiedlichen Pilotgebäuden umgesetzt und davon übergeordnete Gesamtkonzepte und Empfehlungen für verschiedene Gebäudetypen abgeleitet. Die baulichen Gegebenheiten der ausgewählten Gebäude in der Stadtgemeinde sowie die fortschreitende Veränderung des Klimas führen zu einer negativen Entwicklung. Die Behaglichkeit in den Räumen verschlechtert sich dadurch. Durch die hohen Temperaturen in den Gebäuden verschlechtert sich nicht nur das Empfinden, sondern auch die Leistungsfähigkeit. Negative Auswirkungen auf die Gesundheit sind die Folge.

Es wurden drei unterschiedliche Gebäudetypen untersucht: Betriebsgebäude, Wohngebäude und öffentliche Gebäude. Durch unterschiedliche Rahmenbedingungen ergeben sich für die drei untersuchten Gebäudetypen unterschiedliche Anforderungen. Die Anforderungen der Nutzer von Wohngebäuden sind beispielsweise andere als jene in öffentlichen Gebäuden bzw. Betriebsgebäuden. Die Herausforderungen sind hierbei nicht spezifisch der Stadtgemeinde Güssing zuzuordnen, sondern lassen sich auf andere Gebäude mit ähnlichen Rahmenbedingungen übertragen.

Die Lösungsansätze reichen von passiver Kühlung über die Kühlung über die Lüftung sowie der Vermeidung von solarer Einstrahlung und Reduktion der inneren Lasten.

Für die im Projekt betrachteten drei Gebäudetypen werden in diesem Projekt übergeordnete Gesamtkonzepte definiert.

2 Betriebsgebäude

2.1 Anforderungen und Bedürfnisse

Die Ermittlung der Anforderungen und Bedürfnisse für Betriebsgebäude erfolgte exemplarisch anhand der in Güssing ansässigen Unternehmen Vulcolor Naturfarben GmbH, Guttomat Sektionaltore GmbH und Auto Doczekal GmbH. Von diesen Unternehmen wurden in weiterer Folge ein übergeordnetes Gesamtkonzept für Betriebsgebäude abgeleitet.

Die individuelle Ausgangslage dieser Unternehmen ist in den folgenden Kapiteln kurz zusammengefasst. Weitere Details dazu finden sich in Deliverable 4.1.

Vulcolor Naturfarben GmbH:

Das Betriebsgebäude von Firma Vulcolor Naturfarben GmbH unterteilt sich vom Nutzen in Büros und die Produktionshalle. Die Büros, das Labor und der Zubau sind mittels Multisplit-Klimaanlage konditioniert. Die Produktionshalle weist keine Raumkonditionierung auf. Daher kommt es zwischen den Monaten Juni und September zur Überhitzung. Um dieser Überhitzung entgegenzuwirken, werden derzeit zu den Abendstunden die Hallentore geöffnet, um die Halle zu lüften. Das ist jedoch nur begrenzt möglich, da es zu Problemen in mikrobiologischer Hinsicht kommen kann. Tagsüber sind vier Stunden täglich produktionsbedingt Luftfilter in Betrieb. In dieser Zeit ist kein Lüften möglich. Die Produktion weist auch mehrere interne Lasten auf.



Abbildung 1: Fa. Vulcolor Naturfarben GmbH

Messungen in der unkonditionierten Produktionshalle bestätigen die Überhitzung des Raumes. Es wurden die Außenlufttemperatur, die Temperatur am Separator Bedienfeld und bei der Schönung im 1. OG gemessen. Die Tageshöchsttemperatur lag bei der Außenluft zwischen 25°C und 30°C. Die Tageshöchsttemperatur am Separator Bedienpult lag zwischen ca. 27 °C und 29 °C. Deutlich höher waren die Temperaturen in der Schönung im 1. OG. Die Tageshöchsttemperaturen lagen hier zwischen ca. 32 °C und 36 °C.

Anforderung ist die Kühlung der Produktionshalle ohne Risiko für das herstellende Produkt, wobei die entsprechenden Hygieneanforderungen eingehalten werden

müssen. Als Bedürfnis ist lt. AHP-Methode vor allem der Kühleffekt für die Wahl der Lösung ausschlaggebend, Betriebs- und Herstellungskosten sowie die Umsetzungswahrscheinlichkeit spielen eine untergeordnete Rolle. Weitere Informationen sind in Deliverable D4.1 einsehbar.

Laut Geschäftsführung ist eine Klimaanlage für die Produktionshalle aus Kostengründen nicht erwünscht. Details siehe Deliverable D3.1.

Guttomat Sektionaltore GmbH:

Das Unternehmensgebäude der Firma Guttomat Sektionaltore GmbH ist in eine Produktionshalle und Büros unterteilt, wobei im letzteren Teil bereits eine Kühlungsanlage mittels Multisplitgerät integriert ist. Aufgrund von sehr hohen Temperaturen im Produktionsbereich, die ihre Temperaturspitzen um die Mittagszeit (13:00 Uhr) erreichen, wurde der Arbeitsbeginn bereits auf 06:00 Uhr vorverlegt. Eine zusätzliche Erhitzung dieses Gebäudeteils erfolgt durch die Wärmelast der Lackiererei, welche mit einer Vorlauftemperatur von 100°C und ungedämmten Leitungen mit ungefähr einem Drittel der Gesamtlast dazu beiträgt. Derzeit werden zum Kühlen der Produktionshalle alle Türen von 06:00 – 11:00 Uhr geöffnet und teilweise wird die elektrische Brandrauchentlüftung mit Regensensor zum Luftaustausch tagsüber genutzt.



Abbildung 2: Guttomat Sektionaltore GmbH

Bei einer über 48-stündigen Temperaturmessung, mit einem Höhenprofil von 1,5 – 7,6 Metern, wurde festgestellt, dass sich die Temperatur von 07:00 – 09:00 Uhr abrupt um 9 Kelvin erhöht. In Deckennähe werden bis 21 Uhr über 30 °C beibehalten, bei einem Maximum bis zu 36°C. Bei den drei darunter liegenden Messpunkten wurde ein stetiger Anstieg der Temperatur bis 18 Uhr aufgezeichnet und daraus ergab sich eine Temperaturdifferenz von 10 K zwischen dem Hallenboden und der -decke. Es ergibt sich bereits eine auffällig hohe Differenz der Temperatur am Morgen und die Messungen der Raumlufttemperatur machen ersichtlich, dass an mindestens fünf von sechs Tagen die Temperaturen die 30 °C Grenze überschritten haben, wodurch eindeutiger Kühlungsbedarf vorhanden ist.

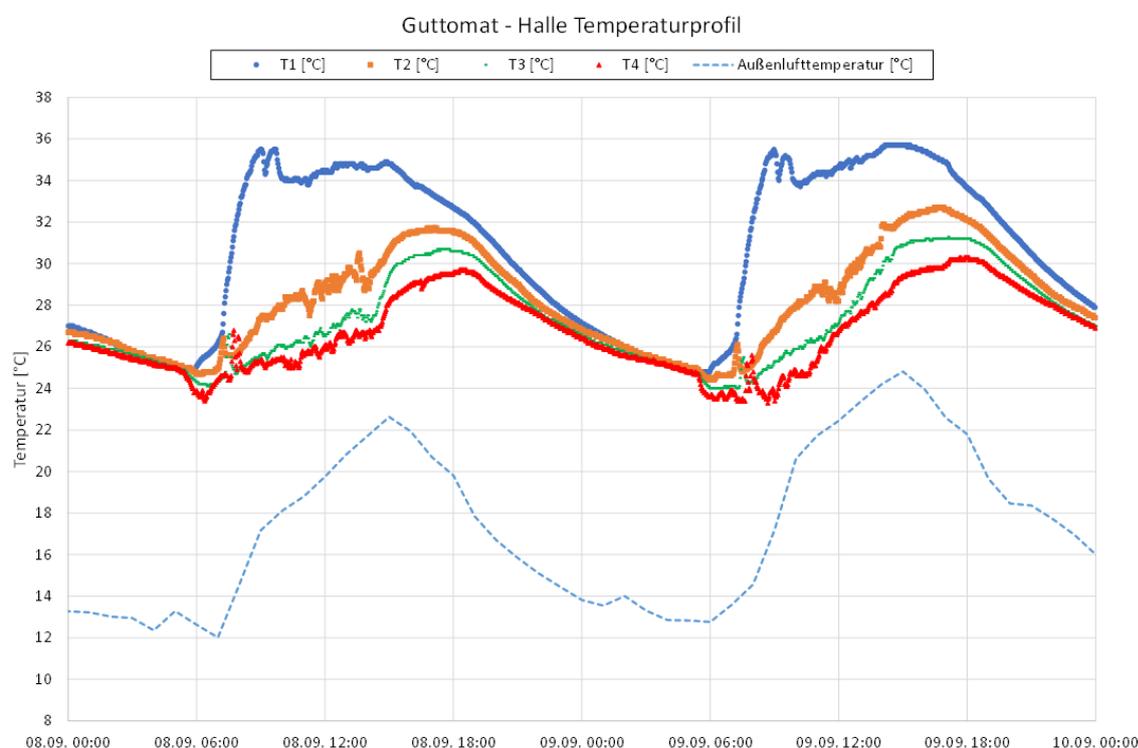


Abbildung 3: Messung der Temperaturen im September 2020 bei der Fa. Guttomat¹

Anforderung ist die Kühlung der Produktionshalle mit möglichst spürbarem Effekt. Als Bedürfnis zeigt sich lt. AHP-Methode vor allem die niedrigen Herstellungskosten, gefolgt von den möglichst niedrigen Betriebskosten und dem Kühleffekt.

Auto Doczekal GmbH:

Das Betriebsgebäude von Auto Doczekal GmbH, ist durch eine große Fensterfassade, welche nicht von Sonneneinstrahlung geschützt ist und einer älteren Baukonstruktion, einer hohen sommerlichen Überhitzung ausgesetzt. Das Gebäude ist gegliedert in die Schauräume mit anschließenden Büros und einem Werkstatt- und Lagerbereich, wovon ein Teil des Schauräume und der Büros mit einer Multisplit Klimaanlage gekühlt

¹ Reiterer, E., D4.1: Teilkonzepte der einzelnen Demogebäude, 2023

werden. Derzeit findet ein Luftaustausch über die meistens geöffneten Werkstatttore statt, wobei ein besonderer Wärmeeintrag über das Dach wahrgenommen wird, wodurch es ab 14 Uhr sehr heiß in dem Bereich der Werkstatt wird.



Abbildung 4: Auto Doczekal GmbH

Durch die Messungen der Innen- und Außenlufttemperatur ist erkennbar, dass die großen Glasflächen sehr deutlich zu einem kongruierenden und gleichzeitigen Anstieg der Temperatur im Innen- und Außenbereich führen. Die Abkühlung der Raumtemperatur beträgt ca. 3 – 5 K, wobei eine Reduktion von ca. 2 K durch das Lüften der Werkstatt um 06:30 Uhr sehr schnell erreicht wird, was noch zusätzliches Potential zur Auskühlung hätte. Zusätzlich zu den Temperaturmessungen wurde die empfundene Behaglichkeit der Mitarbeiter*innen des Unternehmens ermittelt. Von insgesamt 35 Angaben über die Behaglichkeit des Raumklimas wurden 17 davon als angenehm empfunden, welche jedoch bereits an der Grenze zur Unbehaglichkeit lagen.

Es wurde bereits eine Maßnahme ergriffen, um die Hitze im Gebäude zu reduzieren und somit das Wohlbefinden der Mitarbeiter zu steigern. Denn im Juli 2021 wurden Sonnenschutzfolien an der Glasfläche der Werkstatt und Spenglerei angebracht, wodurch die direkte Sonneneinstrahlung und die Blendung reduziert wurden. Die Raumtemperatur konnte durch diese Folie jedoch nicht signifikant gesenkt werden, was auch auf die dauerhafte Öffnung der Werkstatttore zurückzuführen ist. Die

Mitarbeiter*innen empfinden die hohe Temperaturdifferenz zwischen dem gekühlten und nicht gekühlten Bereich als unangenehm.

Anforderung ist, den Temperaturunterschied zwischen Büro und der Werkstatt zu verringern. Bedürfnis lt. AHP-Methode sind vor allem niedrige Betriebskosten, gefolgt von ökologischen Aspekten sowie dem Kühleffekt.

Bedürfnisse lt. AHP-Methode

Die AHP-Methode zeigte, dass der Kühleffekt nur bei einem der Unternehmen, der Vulcolor Naturfarben GmbH, die höchste Priorität mit 47,5 % hatte und ansonsten immer im Mittelfeld nach den Kostenaspekten landete. Dahingegen zeigt diese Analyse, dass die technischen Aspekte, die Umgebungsfaktoren und bis auf eine Ausnahme die ökologischen Aspekte die geringsten Prioritäten bei den analysierten Betrieben aufweisen. Die folgenden Bewertungen der einzelnen Kühlungsvarianten aufbauend auf der Priorisierung ergaben, bis auf eine Ausnahme bei dem Unternehmen Auto Doczekal ein eindeutiges Ergebnis. Diese Methode zeigt, dass bei Unternehmen vor allem eine hohe Anforderung auf die Wirtschaftlichkeit der entsprechenden Kühlungsvarianten gelegt wird, wodurch auch die Bewertungen meist sehr eindeutig durch konkrete Vorstellungen ausfielen.

Übergeordnetes Gesamtkonzept

Bei Unternehmen bietet sich eine weitere Unterteilung in Büroräume und Produktionshallen an, da diese jeweils sehr unterschiedlichen Anforderungen unterliegen. Die Größe der Räume (Luftvolumen) sowie die inneren Lasten ergeben eine sehr große Varianz in der Anwendung und Effektivität von Kühlmöglichkeiten. Büroräume sind durch die kleineren Räume mit wenig Raumvolumen und meist geringen inneren Wärmelasten in der Regel deutlich einfacher zu kühlen als große Produktionshallen mit großen Raumvolumen, welche oft über Herstellungsapparate verfügen, die zusätzliche Wärme abgeben. Außerdem ist die Gebäudesubstanz von Produktionshalle oft qualitativ minderwertiger als diese von Bürogebäuden, was ein zusätzlicher Faktor ist, der die Abkühlung erschwert, bzw. zu einer raschen erneuten Erwärmung führt. Die nachhaltige Kühlung von Produktionshallen stellt also eine deutlich größere Herausforderung als die Kühlung von Büroräumen dar.

2.2 Beschreibung und Auswahl des Lösungskonzeptes

Folgend werden die drei vorgeschlagenen Lösungsvarianten zur Kühlung der einzelnen Betriebsgebäude kurz zusammengefasst und davon ein übergeordnetes Gesamtkonzept für die Kühlung von Betriebsgebäuden abgeleitet.

Vulcolor Naturfarben GmbH:

Die erste vorgeschlagene Lösungsmöglichkeit für eine niedrigere Raumtemperatur der Produktionshalle ist eine Nachtlüftung über Ventilatoren inklusive integrierten Filtern. Hierbei wird ein ein- bis zweifacher Luftwechsel mit einem Ventilator, der mittels

Fallstromverdampfer ausgeführt wird, angestrebt. Hierbei werden die Ventilatoren des Zuluft-Stroms mit hygienischen Filtern ausgeführt, um die Hygieneanforderungen des Unternehmens zu erfüllen. Die Vorteile sind hier, die niedrigen Betriebskosten für die Ventilatoren, die Einhaltung der Hygienevorschriften und die erhöhte Produktivität der Mitarbeiter*innen durch die niedrigere Raumlufttemperatur. Nachteilig sind hier zu erwähnen, die beschränkte Kühlwirkung abhängig von den Außentemperaturen, da es sich um keine aktive Kühlung handelt, sowie dass keine Entfeuchtung der Raumluft durchgeführt wird.

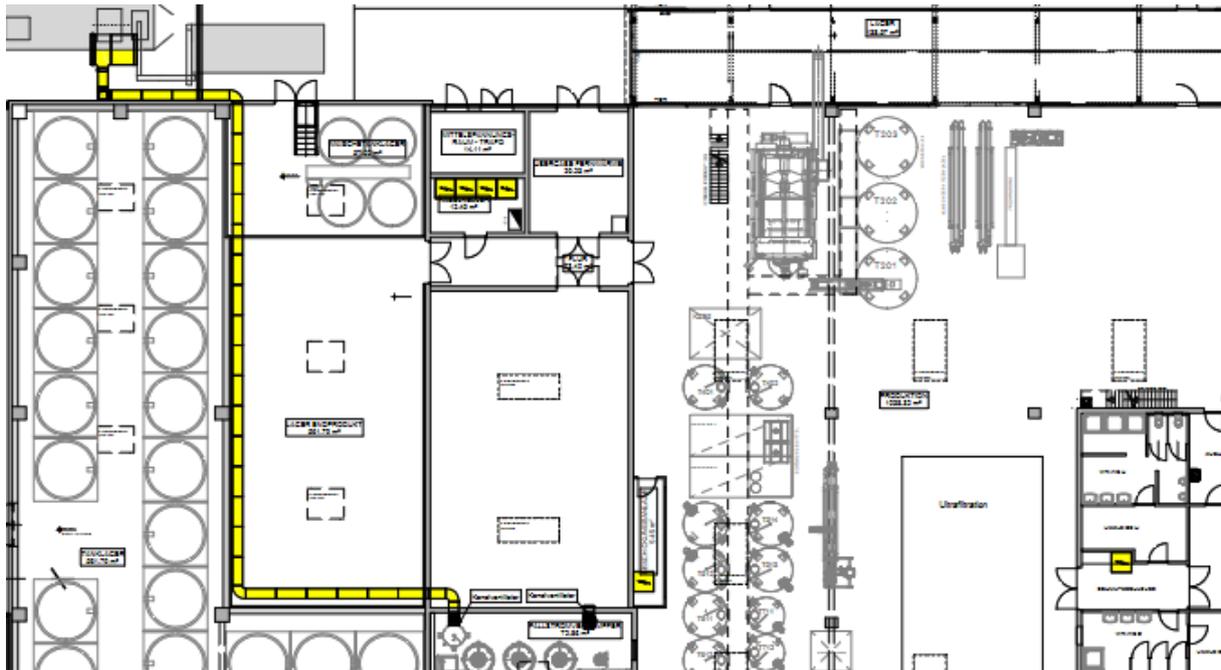


Abbildung 5: Vorschlag für Nachtlüftung Vulcolor Farben GmbH

Die zweite Variante wäre ein Multisplitklimagerät mit einer Kühlleistung von ca. 10 kW. Dieses Gerät kühlt nicht nur die Raumluft, sondern entfeuchtet diese auch. Weiters können mehrere Räume mit diesen Geräten ausgestattet und unabhängig voneinander gekühlt werden. Diese Lösungsmöglichkeit, weist im Vergleich zur ersten Variante doch signifikant höhere Betriebs- und Energiekosten auf, was somit nicht förderlich für die ökologische Nachhaltigkeit ist. Ebenfalls weisen diese Klimageräte einen höheren Wartungsbedarf auf und benötigen einen Kondensatablauf.

Die letzte Lösungsmöglichkeit, basiert auf Variante 2, die jedoch noch zusätzlich über eine 15 kW Photovoltaikanlage verfügt, wobei die Rahmenbedingungen dieselben sind wie zuvor. Hier kommen nur die Vorteile der reduzierten Abhängigkeit vom Stromversorger und verringerte Stromkosten, sowie der wirtschaftliche Nutzen des selbsterzeugten Stroms für die Klimageräte oder bei Überproduktion die Einspeisung und Rückvergütung hinzu. Nachteilig sind hier die bereits bei Variante 2 erwähnten Aspekte, wie auch höheren Anschaffungskosten durch die Photovoltaikanlage, zu vermerken.

Als bevorzugte Lösungsvariante wird hier vom Unternehmen Vulcolor Naturfarben GmbH, die Variante 1, welche die automatisierte Nachtlüftung mit Temperatursteuerung ist, genannt. Diese wird als passendste Kühlmöglichkeit in Kombination mit einem neuen Separator, bei geschlossenen Türen und Ausbau der Photovoltaikanlage angestrebt. Trotz der hohen Umsetzungskosten, die jedoch wirtschaftlich vertretbar sind, wird diese Kühlmaßnahme präferiert.

Guttomat Sektionaltore GmbH:

Der erste vorgeschlagene Lösungsansatz für das Unternehmen Guttomat Sektionaltore GmbH ist die Nachtlüftung über die Klappen der Brandrauchentlüftung. Im Betrieb dieser Variante soll eine Zeitschaltuhr mit Innen- und Außentemperaturführung integriert werden, sowie die bereits vorhandenen Wind- und Regensensor und eine Erneuerung des Steuerschranks ebenfalls berücksichtigt werden sollen. Vorteilhaft ist hier anzumerken, dass ein Testbetrieb ohne Mehrkosten und technisch einfach durchzuführen ist, wie auch niedrige Strom- und Betriebskosten während des Betriebs. Weiters entsteht keine Zugluft für die Mitarbeiter*innen, da die Lüftung in der Nacht erfolgt und generell wird durch das angenehmere Raumklima die Produktivität gesteigert. Da es sich hier um keine aktive Kühlung handelt, ist die Kühlleistung auf die Außentemperatur und herabgekühlte Masse der Räume beschränkt, wobei auch keine Entfeuchtung der Raumluft erfolgt.

Variante 2 basiert auf dem ersten Lösungsvorschlag, beinhaltet aber noch zusätzlich eine Erweiterung um Sonnenschutzfolien zur Verringerung des solaren Eintrags. Zusätzlich zu den oben angeführten Vor- und Nachteilen, ergibt sich durch die Sonnenschutzfolie, eine Minimierung der thermischen Lasten und dadurch Minimierung des Kühlbedarfs. Diese verursacht jedoch höhere Kosten und eine geringere Ausleuchtung der Produktionshalle.

Bei der dritten Lösungsmaßnahme handelt es sich um eine adiabate Kühlung, welche die Verdunstung von Wasser mithilfe der Wärmeenergie der Luft zur Kühlung nutzt. Positiv zu betrachten ist hier, dass die Luft direkt abgekühlt wird, sowie kein Wärmetauscher oder Kältemittel notwendig ist und der Wartungsbedarf sehr gering ist. Nachteilig anzumerken ist, die erhöhte Luftfeuchtigkeit im Raum und dass feuchte bzw. schwüle Luft nicht bzw. nur schwer abgekühlt werden kann, wodurch dies nur bei gut belüfteten Räumen eingesetzt werden sollte.

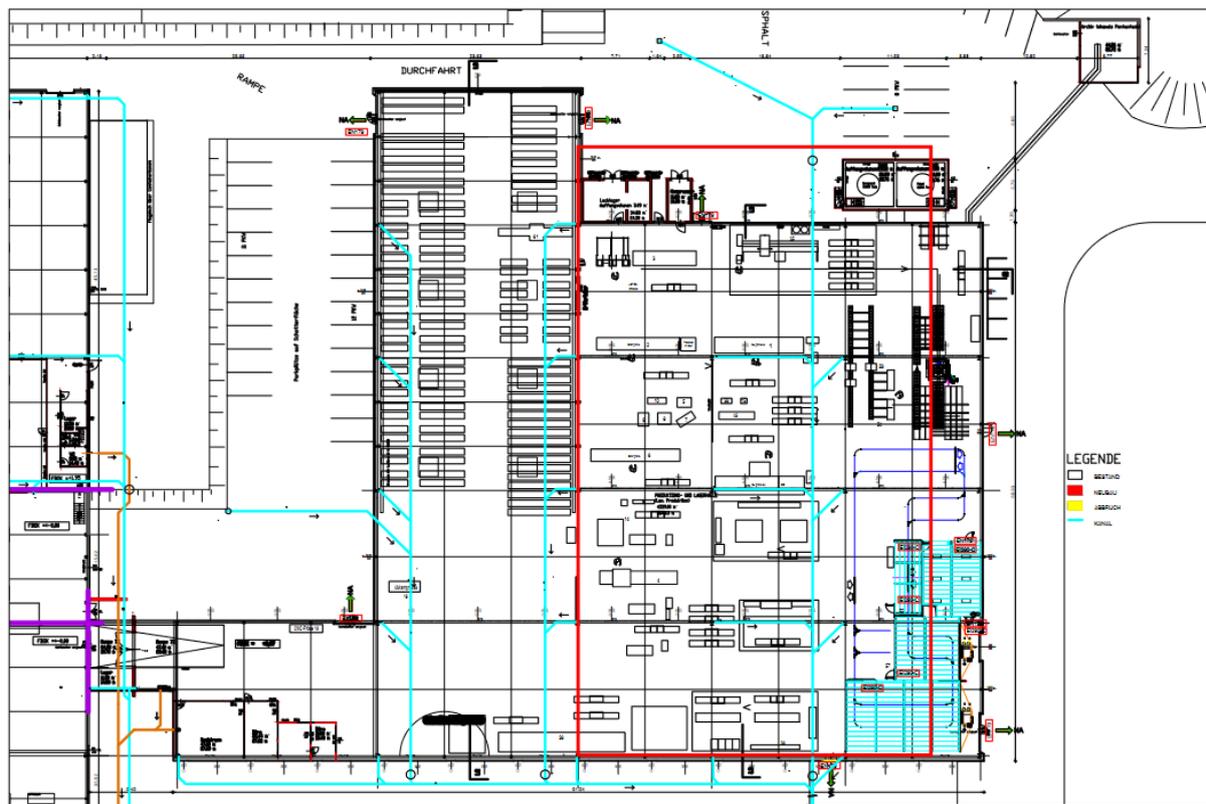


Abbildung 6: Vorschlag für adiabate Kühlung Guttomat Sektionaltore GmbH

Die Geschäftsführung und Betriebsleitung forcieren hier die zweite Lösungsvariante, da mit dieser Nachtlüftung in Kombination mit Sonnenschutzfolien der spürbarste Effekt erwartet wird. Zuerst soll jedoch noch ein Pilotbetrieb mit dieser Variante durchgeführt werden und eventuell eine Photovoltaiküberdachung, zur Minderung der direkten Sonneneinstrahlung an einer bestimmten Stelle angedacht werden.

Auto Doczekal GmbH

Als erste Lösungsvariante wird hier die Nachtlüftung per Ventilator und Nachstromöffnung mit einem einfachen Luftwechsel vorgeschlagen. Diese Kühlmöglichkeit ist relativ günstig in der Anschaffung und im Betrieb, aber besitzt auch nur eine beschränkte Kühlwirkung, da dies stark von der Außentemperatur abhängig ist. Die Simulation zeigt, dass aufgrund der Gebäudebauweise und nicht vorhandenen Speichermassen, kein signifikanter Temperaturunterschied in den Innenräumen erreicht werden kann.

Als zweite Kühlmöglichkeit für die Auto Doczekal GmbH, wurden zwei Klima-Splitgerät mit ca. 6 kW, bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen, empfohlen, wobei sich die Ausführung variabel gestalten lässt. Die Vorteile sind die aktive Kühlung und Entfeuchtung der Innenraumluft, sowie die Möglichkeit die Räume unabhängig voneinander zu kühlen. Negativ zu erwähnen sind, die höheren Strom- und Wartungskosten, welche auch eine geringere Nachhaltigkeit im Vergleich zur ersten Variante aufweisen, sowie der benötigte Kondensatablauf.

Die letzte vorgeschlagene Lösungsmöglichkeit ist ein Klima-Splitgerät mit ca. 12 kW in Kombination mit einer 7 kWp Photovoltaikanlage. Im Vergleich zur zweiten Variante kommen hier vier Klimageräte zum Einsatz, deren Strombedarf vollständig bei entsprechender Verschaltung von der PV-Anlage gedeckt werden könnte. Die positiven Effekte sind wie in Variante zwei erläutert, die aktive Kühlung und Entfeuchtung, wobei hier eine größere Kühlleistung erzielt werden kann. Zusätzlich ergibt sich durch die Photovoltaikanlage, ein ökologischer und ökonomischer Nutzen in Bezug auf die Einspeisung oder Eigennutzung der überschüssigen elektrischen Energie. Nachteilig sind hierbei der Wartungsbedarf, Kondensatablauf und die erhöhten Anschaffungskosten der PV-Anlage.

Da bereits im Jahr 2021 Sonnenschutzfolien installiert wurden und die vorhandenen Klimageräte in den Büros durch die hohe Temperaturdifferenz teilweise abgeschaltet werden, wird die Nachtlüftung mit Ventilator und Nachströmöffnung von der Geschäftsführung, bevorzugt. Die Versorgung der Klimageräte mit einer betriebseigenen PV-Anlage wäre für das Unternehmen ebenfalls interessant, sowie die Installation von Klima-Splitgeräten in der Werkstatt. Hierbei soll zuvor jedoch noch getestet werden, was für eine Wirkung ein geschlossenes Werkstatttor ab 08:00 Uhr erzielt.



Abbildung 7: Sonnenschutzfolie bei Auto Doczeal

2.3 Geschäftsmodell und Finanzierung

Die Berechnung der realen und fiktiven Gesamtkosten erfolgte laut ÖNORM M7140, welche die dynamische Rechenmethoden für den Barwert und die erweiterte

Annuitätenmethode beschreibt. Dabei wird die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Energiesystemen dargestellt und miteinander verglichen, wobei die Parameter, kapitalgebundene, verbrauchsgebundene und betriebsgebundene Kosten berücksichtigt werden. Hierbei wurde ein Zinssatz von 3 % herangezogen und der Betrachtungszeitraum auf 20 Jahre festgelegt.

Vulcolor Naturfarben GmbH:

Der Verlauf der realen Gesamtkosten zeigt, dass die Anschaffung von Multisplit-Klimageräten mit ca. 10 kW Kühlleistung (Variante 2) die geringsten Anschaffungskosten mit 29.528 € hat, aber die höchsten verbrauchsgebundenen Kosten aufweist. Weiters ist die diese Kühlmöglichkeit bis zum zehnten Jahr am günstigsten, wohingegen die anderen beiden Varianten (Nachströmung / Lüftung mit drei Ventilatoren, Multisplitklima inkl. PV) nahezu gleich verlaufen bis zum 19. Jahr, ab welchem die erste Methode am günstigsten für das Unternehmen wird. Die fiktiven Kosten zeigen ein ähnliches Schema, dass Variante 2 anfangs am günstigsten und zum Ende der Betrachtungszeit von 20 Jahren am teuersten ist. Die realen und fiktiven Kosten zeigen beide, dass Variante 1 (Nachströmung / Lüftung mit drei Ventilatoren) am kostengünstigsten ist.

Von Kommunalkredit Public Consulting (KPC) gibt es eine Förderung namens Free Cooling, welche Technologien zur Klimatisierung und Kühlung für Betriebe fördert. Hierbei sind eine Adsorptions- und Absorptionskältemaschine mit erneuerbarer Antriebsenergie, Free Cooling auf Basis von Grund-, Fluss- oder Brunnenwasser und Kompressionskältemaschinen für den Einsatz von Prozesskälte integriert. Förderfähig sind hierbei Kosten von Anlagenteilen, Planung und Montage, mit einer maximalen Förderhöhe von 30 % der Investitionskosten und einem Zuschlag von max. 10.000 € bei EMAS-zertifizierten Unternehmen. Für Ad-/Absorptionskältemaschinen ergibt sich ein Fördersatz von 450 € je kW Kälteleistung oder je eingesparter Tonne CO₂ eine maximale Förderung von 750 €.

Guttomat Sektionaltore GmbH:

Kühlmöglichkeit Nachtlüftung und Variante 2 unterscheiden sich lediglich in der zusätzlich verwendeten Sonnenschutzfolie, wodurch in Variante 2 die Anschaffungskosten und die betriebsgebundenen Kosten etwas höher sind. Der Verlauf von Lösungsmethode 3 (adiabate Kühlung) ist hierbei deutlich auffälliger, da die Anschaffungskosten mit 130.000 € ein Vielfaches höher sind als die von der ersten und zweiten Variante, wobei sich dieser Trend auch bei den verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten erkennen lässt. Diese Eckpunkte resultieren in signifikant höheren Gesamtkosten pro Jahr, wobei bei allen drei Kühlmöglichkeiten nach 15 Jahren Erneuerungskosten fällig sind. Bei den fiktiven Gesamtkosten ist zu erkennen, dass Variante 1 (Nachtlüftung) die kostengünstigste Option ist, dicht gefolgt von der zweiten Kühloption.

Auto Doczekal GmbH:

Bei den realen Gesamtkosten ist zu erkennen, dass Variante 1, die Nachströmung / Lüftung, mit 5.900 € die geringsten Anschaffungskosten, als auch die geringsten verbrauchsgebundenen Kosten mit 90 € aufweist. Die zweite Kühloption mit einem Multisplitgerät hat mit 8.100 € und 375 € sowohl signifikant höhere Anschaffungskosten als auch höhere verbrauchsgebundene Kosten. Die höchsten Anschaffungskosten, in der Höhe von 28.064 € sind bei Lösungsvariante 3 erkennbar, da dies aufbauend auf Option 2 ist, mit einer zusätzlichen PV-Anlage. Entgegen Variante 1 und Variante 2 ist in Variante 3 ein regressiver Verlauf der verbrauchsgebundenen Kosten zu verzeichnen, was auf die Überproduktion und Einspeisung durch die Photovoltaikanlage zurückzuführen ist. Hier stechen lediglich die Erneuerungskosten im 15. und im 20. Jahr hervor. Beim fiktiven Verlauf der Gesamtkosten nach einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ist zu erkennen, dass Kühlmöglichkeit 3 die kostengünstigste Lösung ist.

Übergeordnete Gesamtbetrachtung:

Von den drei Kategorien (Betriebsgebäude, Wohngebäude und öffentliche Gebäude) ist die Finanzierung bei den Betriebsgebäuden am unkritischsten. Kühlmaßnahmen für Büroräume stellen für die meisten Betriebe eine verhältnismäßig geringe Belastung dar. Darüber hinaus liegt es im Interesse des Arbeitgebers den Mitarbeiter*innen ein behagliches Arbeitsumfeld zur Verfügung zu stellen, da sich zu hohe Temperaturen bewiesenermaßen negativ auf die Produktivität und die Motivation der Mitarbeiter*innen auswirken. Schwieriger gestaltet sich die Situation bei Produktionshallen. Diese sind oft nur mit verhältnismäßig großem Aufwand zu kühlen, wobei das Problem nicht nur an der Finanzierung, sondern generell am Vorhandensein einer passenden Maßnahme liegt, mit der eine nachhaltige Kühlung gelingen kann. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass mittels Maßnahmen zur intelligenten Nachtlüftung, der Zeitpunkt der Überhitzung um einige Stunden nach hinten verschoben werden konnte. Oft sind Rauchgasentlüftungsanlagen vorhanden, die dazu genutzt werden können. Dadurch hält sich der finanzielle Aufwand in Grenzen. Eine Alternative dazu stellt ein adiabates Kühlsystem dar, dessen Kühlleistung deutlich höher ist, bei dem jedoch auch mit signifikant höheren Investitionen gerechnet werden muss.

Somit sollte zuerst eine passive Kühlung in Form von händischer oder automatisierter Nachtlüftung in Betriebsgebäuden angestrebt werden, da diese auch die kostengünstigste Variante ist. In Bürogebäuden könnte auch auf die konventionellen Klimageräte zurückgegriffen werden, die relativ kostengünstig in der Anschaffung sind, aber durch den hohen Energieverbrauch und die negativen ökologischen Folgen, nicht nachhaltig sind. Allgemein mangelt es noch an der Varianz an Kühlmöglichkeiten bei Produktionshallen, wobei die passive Kühlung eine einfache und vielversprechende Methode ist. Falls eine passive Kühlung in Form der Nachtlüftung nicht ausreichend ist, sollte auf eine adiabate Kühlung in Kombination

mit einer Photovoltaikanlage zur Gewinnung von erneuerbarer Energie zurückgegriffen werden.

Für die Installation einer Photovoltaikanlage können Betriebe eine Förderung bei der Abwicklungsstelle für Ökostrom AG (OeMAG) beantragen. Die aktuellen Fördersätze sind von der Größe der Anlage abhängig und reichen von 140 – 285 € pro kWp. Weiters können bei der KPC, Förderungen für neu installierte und besonders innovativen Komponenten einer PV-Anlage oder eine hoch innovative Anlage selbst beantragt werden, die in einem Bereich von 10 kWp bis 5 MWp liegen.

2.4 Allgemeine Anwendbarkeit

Für Betriebsgebäude eignen sich unterschiedliche Arten der Kühlung. Grundsätzlich müssen die Rahmenbedingungen beachtet werden (Büro oder Halle, hygienische Voraussetzungen, ...), welche sehr unterschiedlich sein können.

Folgend werden die spezifischen Vor- und Nachteile der Kühlungsmöglichkeiten der Nachtlüftung mittels Ventilators, Nachstromöffnung oder Brandrauchentlüfter, Multisplitklimagerät, Kombination aus Split-Klimagerät und Photovoltaikanlage, adiabate Kühlung und Sonnenschutzfolien für Betriebsgebäude näher erläutert und beschrieben.

Nachtlüftung über Ventilator mit Filter oder Nachströmöffnung:

Bei der Nachtlüftung mittels Ventilatoren und einem integrierten Filter, wird ein ein- bis zweifacher Luftwechsel durch die montierten Ventilatoren bei den zu- und abströmenden Öffnungen angestrebt. Diese Ventilatoren werden mittels Fallstromverdampfer betrieben und nur bei den zuströmenden Öffnungen werden Filter angebracht, um die Hygieneanforderungen zu erfüllen. Vorteile sind hierbei hohe Lufthygiene und niedrige Betriebskosten der Anlage. Weiters ist die Erreichung niedrigerer Raumtemperaturen und somit ein angenehmeres Arbeitsklima für die Mitarbeiter*innen zu erwähnen, dass auch zu einer erhöhten Produktivität führt. Die Nachteile bei der Nachtlüftung sind, dass es sich um keine aktive Kühlung handelt und die Kühlwirkung durch die Außentemperatur bei Nacht begrenzt ist, wodurch an Tropennächten nur eine geringe Kühlwirkung eintreten könnte. Ebenfalls findet keine Entfeuchtung der Luft statt, was zu einer erhöhten Luftfeuchtigkeit im Innenraum beiträgt.

Split-Klimagerät:

Klimageräte sind in der Lage, bis zu einer bestimmten Kühlleistung die Behaglichkeit in Räumen zu gewährleisten, indem raumunabhängig sowohl gekühlt als auch entfeuchtet werden kann- eine richtige Dimensionierung der Geräte vorausgesetzt. Der vergleichsweise hohe Energiebedarf und die hohen Betriebskosten sind nachteilig im Vergleich zu anderen Kühlmethoden anzuführen. Des Weiteren ist ein erhöhter Wartungsbedarf dieser Geräte notwendig, um einen ordnungsgemäßen und hygienischen Betrieb gewährleisten zu können. Um die negativen ökologischen und

wirtschaftlichen Auswirkungen möglichst zu gering zu halten und eine Nachhaltigkeit sicher zu stellen, ist das Ziel, möglichst auf konventionelle Klimageräte zu verzichten. Diese sollen nur im Ausnahmefall und in Kombination mit erneuerbarer Energie eingesetzt werden, wenn keine Alternativen zu Verfügung stehen. Nachteilig ist ebenfalls festzuhalten, dass für jedes Innengerät ein Kondensatablauf benötigt wird und dass die falsche Handhabung zu einer Erkältung der Mitarbeiter*innen führen kann.

Multisplitklimagerät mit PV-Anlage:

Die Kombination eines Multisplitklimagerätes und einer Photovoltaikanlage ist bei einer zusätzlich benötigten aktiven Kühlung empfehlenswert, da nicht nur die Kühllast gedeckt wird, sondern auch der benötigte Strom aus einer erneuerbaren Energiequelle gewonnen wird. Ein Vorteil dieser Kombination ist, dass das Klimagerät die Innenräume variabel voneinander aktiv kühlen und entfeuchten kann, wobei gleichzeitig die benötigten Energiekosten durch die PV-Anlage zum Teil oder sogar vollständig gedeckt werden können. Dadurch ergibt sich eine reduzierte Abhängigkeit vom Stromanbieter und den fluktuierenden Stromkosten. Weiters kann durch die eventuelle Überproduktion der solaren Anlage ein Gewinn mittels der Einspeisung des überschüssigen Stroms in das Stromnetz erzielt werden, sowie der ökologische Nutzen auch zu erwähnen ist. Die Nachteile dieser Kühlungsmaßnahme sind, hohe Anschaffungskosten, vor allem durch die Photovoltaikanlage, sowie auch hohe Betriebs- und Wartungskosten. Diese hohen laufenden Kosten führen zu einer beschränkten wirtschaftlichen und ökologischen Nachhaltigkeit, da der Energiebedarf im Vergleich zu anderen Kühlmethoden relativ hoch ist. Ebenso muss in der Planung ein Kondensatablauf für das Klimagerät eingeplant werden.

Nachlüften über die Klappen der Brandrauchentlüftung:

Bei der Nachlüftung über die Brandrauchentlüftung findet ein Luftaustausch in der Nacht über die geöffneten Brandrauchklappen und -fenster statt. Dies wird mittels Zeitschaltuhr, Temperatursensoren in den Innenräumen und außerhalb des Gebäudes gesteuert. Ebenfalls sind ein Wind- und Regensensor vorhanden, um bei zu starkem Regen oder Sturm die Brandrauchentlüftung automatisch zu schließen und das Gebäude sowie die Entlüftung selbst vor Schäden zu bewahren. Als Vorteil werden hier die automatisierte Durchführung, technisch einfache Umsetzbarkeit und die niedrigen Betriebskosten angesehen. Weiters entsteht dadurch keine Zugluft während des Betriebes am Tag, was zur Erkältung der Mitarbeiter*innen führen könnte. Somit wird das Arbeitsklima und folglich auch die Produktivität gesteigert, sowie das Unfallrisiko reduziert. Nachteile hierbei sind, dass es sich um keine aktive Kühlung handelt und die Kühlleistung sehr stark von der Außentemperatur abhängig ist, wodurch auch keine Entfeuchtung der Raumluft erfolgt.

Adiabate Kühlung:

Die adiabate Kühlung erzielt ihre Kühlwirkung durch die Verdunstung von Wasser mithilfe der Wärmeenergie der Raumluft. Denn dadurch wird der Innenraumluft

Wärme entzogen, wodurch anschließend die Temperaturen sinkt. Die Luft wird hier direkt abgekühlt und es wird kein Wärmetauscher oder Kältemittel benötigt, was als Vorteile zu vermerken sind. Ebenfalls sind die Betriebskosten nicht sehr hoch und der Wartungsbedarf relativ gering. Nachteilig anzumerken ist, dass die Luftfeuchtigkeit im Innenraum deutlich steigt und bereits feuchte oder schwüle Luft kaum bzw. nur sehr schwer abgekühlt werden kann. Diese Maßnahme sollte nur bei gut belüfteten Räumen eingesetzt werden und da die Anschaffungskosten mit hohem finanziellem Aufwand verbunden ist, wird sie sehr oft als unattraktiv und unwirtschaftlich empfunden.

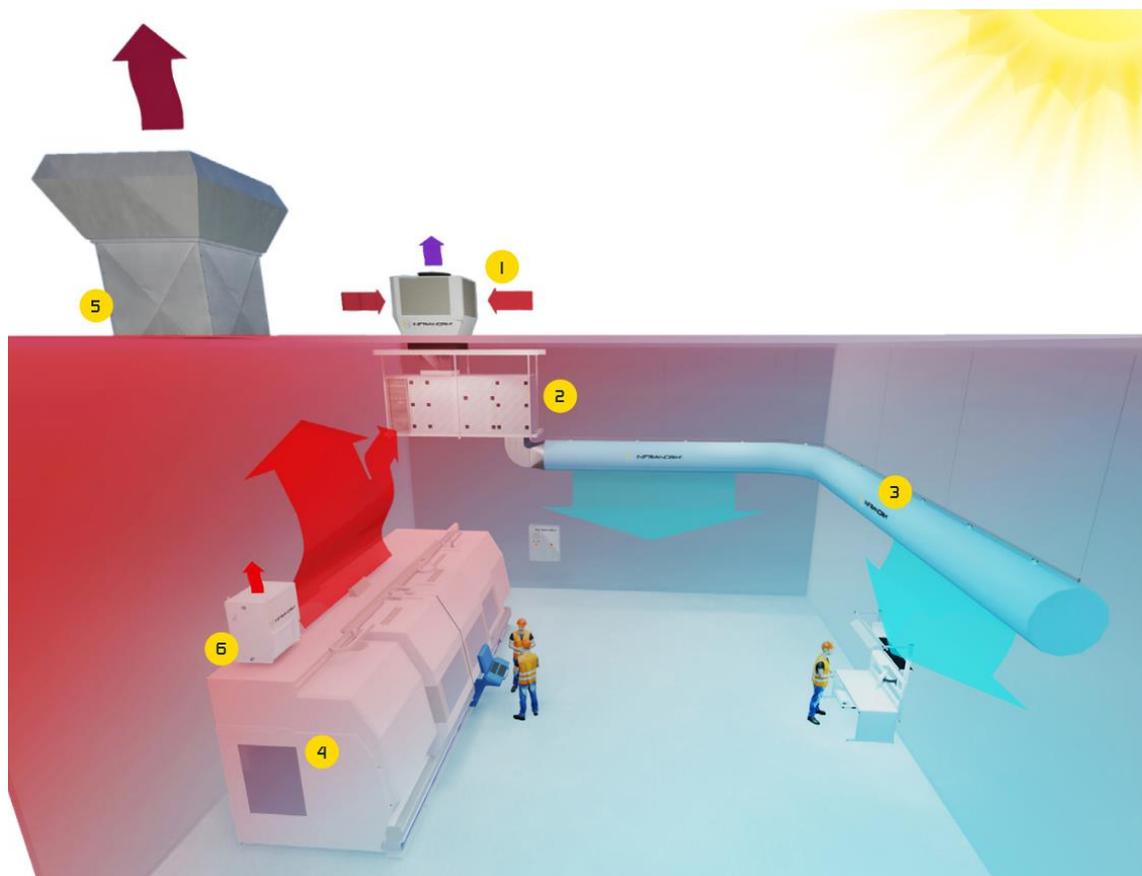


Abbildung 8: Prinzip Adiabate Kühlung (Infranorm.com)

Sonnenschutzfolie:

Sonnenschutzfolien werden verwendet um den direkten Eintrag von solarer Strahlung über durchsichtige Flächen wie Glas zu verringern. Diese Folien werden dafür auf Fensterflächen angebracht. Als Vorteile ergeben sich hier die verringerte direkte Sonneneinstrahlung in einen Raum, wodurch auch die thermischen Lasten in diesem Raum sinken. Folgend wird dadurch auch der Kühlbedarf reduziert, die Blendung der Mitarbeiter*innen durch die Sonne verhindert und sie weisen nur geringe Anschaffungs- und fast keine Betriebskosten auf. Nachteilig zu bewerten sind die begrenzte Wirkung, da die direkte Sonneneinstrahlung zwar geschwächt, der Wärmeeintrag teilweise trotzdem nicht signifikant reduziert wird. Ebenfalls ist dadurch

die natürliche Ausleuchtung der Innenräume abgeschwächt, wodurch meist mehr künstliches Licht im Arbeitsbetrieb verwendet werden muss.

Gesamtkonzept

Allgemein ist es empfehlenswert zuerst passive Kühlmöglichkeiten bei Betriebsgebäuden, wie die Nachtlüftung anhand von meist bereits vorhandenen Braundrauchentlüftungen oder Nachströmöffnungen, anzustreben. Denn diese erweisen sich nicht nur als wirtschaftlich nachhaltig, sondern auch in ökologischer Sichtweise. Bei sehr eingeschränkten finanziellen Mittel für einen Betrieb empfehlen sich vor allem Sonnenschutzfolien, die Nachtlüftung über Ventilatoren, Nachströmöffnungen oder die Braundrauchentlüftung. Denn diese Kühlmöglichkeiten weisen nur geringe Anschaffungs- und Betriebskosten auf und können technisch sehr einfach umgesetzt werden mit oft bereits ausreichendem Kühleffekt.

Die effiziente Wirkung einer Verschattung der Gebäude oder von vorhandenen Glasflächen durch den verringerten Wärmeeintrag, kann ebenfalls belegt werden. Falls eine hohe Innentemperatur trotzdem nicht verhindert werden kann, können die Arbeitszeiten der Mitarbeiter*innen in den Sommermonaten entsprechend angepasst werden, denn am Morgen sind die Temperaturen deutlich geringer als im späteren Verlauf des Tages. Ebenfalls bietet es sich auch immer wieder an eine Photovoltaikanlage zu installieren um die internen Energiekosten, welche auch für die Kühlung benötigt, werden mit erneuerbaren Ressourcen zu decken. Dies wirkt sich nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich nachhaltig auf den Betrieb aus.

Die Klimatisierung von Bürogebäuden ist im Vergleich zu den Produktionshallen signifikant einfacher zu bewältigen, aufgrund der geringeren Wärmelasten und Raumvolumina. Folgend wird nun ein Gesamtkonzept der Betriebsgebäude aufgeteilt in Bürogebäude und Fertigungshallen gesondert betrachtet.

Bürogebäude:

Bei Bürogebäuden können grundsätzlich zentrale oder dezentrale Lüftungen oder auch Klimageräte installiert werden, welche den nötigen Kühleffekt erzeugen, aber ökologisch zu hinterfragen sind. Da Büroflächen oft über große Fenster- oder Dachflächen verfügen, ist ein erhöhter Kühlbedarf nötig, welcher mit einer zusätzlichen Verschattung von Glasflächen signifikant reduziert werden kann. Dazu eignen sich außenliegende Verschattungsmöglichkeiten sowie Sonnenschutzfolien. Auch das Anbringen von Vordächern kann die solare Einstrahlung reduzieren. Im Optimalfall werden diese mit PV-Anlagen kombiniert, sodass zeitgleich erneuerbarer Strom für den Betrieb von Kühlgeräten erzeugt werden kann. Die Kühlung kann außerdem durch eine intelligente Nachtlüftung erfolgen. Dazu eignen sich dezentrale Lüftungsgeräte oder automatische Fensteröffner. Darüber hinaus eignen sich Dächer von Betriebsgebäuden meist gut für das Anbringen von PV-Anlagen, sodass falls notwendig die Stromversorgung von konventionellen Klimageräten mit lokalem erneuerbarem Strom für einen ökologischen und nachhaltigen Mehrwert gedeckt werden kann. Punktuelle Verbesserungen sind relativ einfach möglich, jedoch sollte

hier nicht nur die wirtschaftliche, sondern auch ökologische Nachhaltigkeit im Vordergrund stehen.

Fertigungshallen:

Das Kühlen von Produktionshallen gestaltet sich in der Regel oftmals deutlich schwieriger als das von Bürogebäuden, da viele Faktoren zu einer Erschwerung der Kühlwirkung beitragen. Eine vollständige Kühlung mit Kühlgeräten ist aufgrund des sehr großen Raumvolumens und der meist schlechten Gebäudesubstanz kaum bzw. nur schwer möglich. Ein optimales Raumklima ist oft nur mit unverhältnismäßigem Aufwand erreichbar. Verbesserungen sind meist möglich, es lassen sich bestimmte Maßnahmen setzen, um ein angenehmeres Arbeitsklima zu schaffen. Allgemein gilt die Reduktion von inneren Wärmelasten durch die Isolation von diversen Produktionsmaschinen. Weiters können vorhandene Brandrauchentlüfter für eine Lüftung in den Nachtstunden verwendet werden. Wie schnell sich die Halle über den Tag wieder erwärmt, hängt von der Bausubstanz sowie der Nutzung ab, in vielen Fällen kann damit der Zeitpunkt der starken Überhitzung aber zumindest um ein paar Stunden nach hinten verschoben werden. Eine weitere Möglichkeit zur aktiven Kühlung von Betriebshallen stellt die sogenannte adiabate Kühlung dar. Bei der adiabaten Kühlung handelt es sich um eine Verdunstungskühlung. Das Wasser verdunstet in der Luft, während der Luftstrom über das Wasser streicht. Die Luft kühlt ab, da die dazu notwendige Wärmeenergie der Luft entzogen wird. Die Vorteile liegen im verhältnismäßig niedrigem Energieeinsatz und im niedrigen Wartungsaufwand. Zu beachten gilt es, dass durch die direkte adiabate Kühlung die Feuchtigkeit im Raum steigt, sie kann deshalb nur in gut belüfteten Räumen eingesetzt werden. Die Leistung ist abhängig von der Außenluft, feucht-schwüle Luft lässt sich nur schwer abkühlen. Die Kühlleistung liegt vor allem bei hohen Außenlufttemperaturen in den Nachtstunden deutlich über jener der Nachtlüftung, allerdings ist die adiabate Kühlung auch mit deutlich höheren Investitionen verbunden.

3 Wohngebäude

3.1 Anforderungen und Bedürfnisse

Das folgende Kapitel erläutert drei Wohngebäude genauer, welche das Einfamilienhaus Doczekal, die Wohnhausanlage Krottendorf und das Einfamilienhaus Scher-Deutsch sind. Hierbei wurden repräsentative Temperaturmessungen durchgeführt sowie Simulationen der benötigten Kühllasten erstellt.

Einfamilienwohnhaus Doczekal:

Das Einfamilienwohnhaus Doczekal ist ein Holzriegelbau, welcher mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe beheizt wird, die optional auch zum Kühlen verwendet werden könnte. Weiters ist das gesamte Wohngebäude mit außenliegenden Jalousien und einer kontrollierten Wohnraumlüftung, die über eine Wärme- und Feuchterückgewinnung verfügt, ausgestattet. Die Temperaturmaxima liegen bei ca. 26 °C, wobei durch die hohe Luftfeuchtigkeit, das Raumklima meist trotzdem als unangenehm empfunden wird.



Abbildung 9: Einfamilienhaus Doczekal

Bei der Simulation der Kühllast für das Schlafzimmer über 24 Stunden, wurde der ungünstigste Fall ohne Verschattung der Glasflächen angenommen, wodurch

Temperaturen bis zu 34,8 °C erreicht wurden. Durch diese hohen Temperaturen in Kombination mit der Luftfeuchtigkeit, besteht somit ein Kühlbedarf, um die Behaglichkeit in diesem Wohngebäude zu erhalten.

Anforderung ist nicht nur eine Kühlung, sondern auch eine Entfeuchtung, um ein angenehmes Raumklima zu bekommen. Bedürfnis lt. AHP-Methode ist hauptsächlich die Umsetzungswahrscheinlichkeit, gefolgt vom Kühleffekt, den niedrigen Betriebskosten und den niedrigen Herstellungskosten.

Wohnhausanlage Krottendorf:

Die Wohnhausanlage Krottendorf ist ein Niedrigenergiehaus mit insgesamt 15 Wohneinheiten, die eine Größe zwischen 50 und 100 m² in zwei Gebäuden aufweisen. Erbaut wurde dieses Gebäude in den Jahren 2005 - 2006 mit Ziegeln, die über einen Vollwärmeschutz verfügen und einer betonierten Decke, die als Speichermassen dienen. Gelüftet wird mechanisch über die Fenster, welche eine außenliegende Beschattung aufweisen, die händisch bedient werden kann. Durch die ruhige Lage kann eine Lüftung mit offenen Fenstern in der Nacht stattfinden.



Abbildung 10: Wohnhausanlage Krottendorf

Um den Jahreskühlbedarf zu ermitteln wurde eine Simulation von zwei ausgewählten Räumen, dem Schlaf- und Wohnzimmer, durchgeführt. Diese Berechnung ergab einen jährlichen Kühlbedarf von 2.758 kWh und einer Kühllast von 2,1 kW, wobei die höchste Kühllast um 18 Uhr bei der Temperaturspitze benötigt wird. Bevor die maximale Kühllast erreicht wird, gibt es einen markanten Anstieg ab 17 Uhr um 0,4 kW auf insgesamt 1,0 kW, wohingegen die niedrigste Kühllast mit 0,5 kW um 8 Uhr errechnet wurde.

Anforderung ist eine Kühlung mit möglichst begrenztem Aufwand. Die Bedürfnisse lt. AHP-Methode liegen beim Kühleffekt, gefolgt von den technischen Aspekten und den Betriebskosten.

Einfamilienhaus Scher-Deutsch:

Das Einfamilienhaus Scher-Deutsch ist ein Holzriegelbau, welcher der mittelschweren Bauweise entspricht. Das Gebäude ist vollständig mit außenliegenden Rollos ausgestattet, verfügt über einen Dachvorsprung von 85 cm, welcher eine zusätzliche Verschattung begünstigt und einen Sonnenschutz auf der süd-westlich ausgerichteten Terrasse. Der nicht ausgebaute Dachboden dient als Wärmepuffer zwischen den innenliegenden Räumen und der erhitzten Dachfläche. Über die Fenster erfolgt eine händische Belüftung und geheizt wird mit einer Wärmepumpe, welche auch gleichzeitig zur Kühlung verwendet wird. Die Wärme- bzw. Kälteabgabe erfolgt über den Fußboden, wobei in den Estrich auch mehrere Temperatursensoren für Monitoringzwecke eingebaut wurden. Anhand dieser Sensoren im Estrich fand eine Messung statt, wobei festgestellt wurde, dass die Temperaturen am stärksten im Kochraum fluktuieren. Dies ist auf darauf zurückzuführen, dass der Sensor in diesem Bereich direkt am Rohr der Fußbodenheizung montiert wurde und somit die aktivierte Kühlung durch die Wärmepumpe eine Schwankung von bis zu 1 K erzeugt. In einem bestimmten Intervall von zwei Tagen, war die Kühlung sogar dauerhaft in Betrieb.



Abbildung 11: Einfamilienhaus Scher-Deutsch

Anforderung ist die Kühlung der Räume bzw. das Vermindern der Kühllasten. Die Bedürfnisse lt. AHP-Methode sind die Umsetzungswahrscheinlichkeit, gefolgt von den ökologischen Aspekten, den Betriebskosten und dem Kühleffekt.

Bedürfnisse lt. AHP-Methode

Der Analytic Hierarchy Process (AHP) bei den Wohngebäuden zeigte, dass die Aspekte Betriebskosten, Kühleffekt und bis auf eine Ausnahme, der Umsetzungswahrscheinlichkeit beim Einfamilienhaus Doczekal, die höchste Wichtigkeit aufweisen. Am wenigsten Bedeutsamkeit kommen hier im Durchschnitt den technischen Aspekten und den Herstellungskosten zu. Die anschließende Bewertung der Lösungsmaßnahmen anhand der priorisierten Aspekte zeigte, bis auf eine

Ausnahme beim Einfamilienhaus Scher-Deutsch ein sehr eindeutiges Ergebnis für eine Kühlungsvariante. Diese Analyse zeigt, dass den Stakeholdern von Wohngebäuden die Behaglichkeit in Kombination mit den ökonomischen Aspekten am wichtigsten erscheinen, wodurch auch die folgenden Bewertungen relativ eindeutig ausfielen.

Übergeordnetes Gesamtkonzept

Bei den Wohngebäuden muss zwischen Einfamilienhaus und Wohnung unterschieden werden.

Bei Einfamilienhäusern sind Kühlmöglichkeiten meist einfacher und besser umsetzbar, da meist das ganze Heiz- und Kühlsystem angepasst werden kann. Dahingegen ist es bei Wohnungen schwieriger, da diese oft nur vermietet werden, wodurch die Umsetzungsfähigkeit von Maßnahmen, sowie die finanziellen Mittel oft beschränkt sind. Bei Eigentumswohnungen bedarf es zusätzlich der Zustimmung der anderen Mieter, sollte sich am Gebäude etwas verändern.

Die Bauweise des Gebäudes ist auch ausschlaggebend dafür, wie schnell sich die Innentemperatur erhöht, sowie die individuellen Bedürfnisse der Bewohner*innen für eine kühle und angenehme Umgebung.

3.2 Beschreibung und Auswahl des Lösungskonzeptes

Dieses Kapitel erläutert jeweils drei empfohlene Lösungsmöglichkeiten zur Kühlung der einzelnen Wohngebäude, wobei hier signifikante Unterschiede zwischen Einfamilienhäusern und Wohnungsgebäuden auftreten. Ebenso wird die tatsächliche Auswahl der Kühlmöglichkeit beschrieben, sowie die konkreten Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten von Einfamilienhäusern und Wohnungen dargestellt werden.

Einfamilienhaus Doczekal:

Die erste vorgeschlagene Kühlungsvariante für das Einfamilienhaus Doczekal ist eine teilautomatisierte Nachtlüftung mittels Smarthomegerät. Dieses System ist modular aufgebaut und lässt sich über diverse Funktechnologien mit elektrischen Verbrauchern verbinden. Damit können sich die Rollos zeitgesteuert und temperaturabhängig per Applikation im Gebäude steuern lassen. Das Smarthome-Gerät kann somit abhängig von der Außentemperatur die Rollos bzw. Jalousien automatisch schließen und öffnen oder den Benutzer*innen eine Empfehlung ausgeben, wann die Fenster für einen optimalen Kühleffekt benutzt werden sollten.

Als Variante 2 wird eine Ergänzung der kontrollierten Wohnraumlüftung mit einem Erdwärmetauscher vorgeschlagen, welcher die Zulufttemperatur zum Gebäude durch das kühlere Erdreich verringert. Mit dieser kontrollierten Lüftung ist eine Wärme- und Feuchterückgewinnung möglich, sowie ein geringerer Wärmeeintrag der Zuluft in das Gebäude durch den Erdwärmetauscher. Durch diesen Erdwärmetauscher können 10 – 15 % an Heiz- und Kühlenergie eingespart werden und eine Simulation

zeigte, dass die eintretende Lufttemperatur um mehr als 8 K reduziert werden konnte. Nachteile sind, dass es mit einem Wärmetauscher nicht möglich ist, die Luft zu entfeuchten und die Nachrüstung entsprechen teuer ist. Weiters ist auch negativ anzumerken, dass durch den geringen Luftvolumenstrom der kontrollierten Wohnraumlüftung, nur ein relativ geringer Kühleffekt erreicht werden kann, sowie das auf die Lufthygiene geachtet werden muss.

Die dritte Lösungsmöglichkeit für das Einfamilienhaus Doczekal ist ein Split-Klimagerät mit einer Kälteleistung von 3 kW in Kombination mit einer Photovoltaikanlage mit 5 kWp. Die Ausführung der Klimageräte ist flexibel. Laut Simulation können 82 % der benötigten Kühlleistung mit dem Split-Klimagerät abgedeckt und ca. 30 – 40 % der benötigten Energie von der PV-Anlage zur Verfügung gestellt werden. Mit dieser Variante kann das Gebäude aktiv gekühlt und entfeuchtet werden, sowie der überschüssige Strom selbst genutzt oder eingespeist und vergütet werden kann. Nachteilig zu betrachten, sind die hohen Wartungs- und Betriebskosten, die nicht vollständig mit der PV-Anlage abgedeckt werden können und die Errichtung eines Kondensatablaufs. Die hohen Energiekosten des Klimagerätes können zwar mit erneuerbarer Energie gedeckt werden, dürfen aber im Sinne der ökologischen und wirtschaftlichen Nachhaltigkeit nicht vernachlässigt werden.



Abbildung 12: Einfamilienhaus Doczekal: Klimagerät in Verbindung mit einer PV-Anlage

Die Hauseigentümerin entschied sich folgend für die Umsetzung einer teilautomatisierten Nachtlüftung, unterstützt durch das Smarthome-System und eine 5 kWp Photovoltaikanlage. Zusätzlich wurde im Nachhinein ein Klima-Splitgerät installiert, da die Luftfeuchtigkeit im Gebäude als zu hoch empfunden wurde, trotz der kühlen Innenraumtemperaturen. Der Erdwärmetauscher und das Easy Energy Savers-System wurden nicht in Betracht gezogen aufgrund zu hoher finanzieller Aufwendungen und mangelnder Effektivität.

Wohnhausanlage Krottendorf:

Die erste vorgeschlagene Variante für die Wohnhausanlage Krottendorf wäre eine teilautomatisierte Nachtlüftung mit einem Smarthomegerät. Dieses System ist modular aufgebaut und lässt sich über eine verbundene Applikation steuern, bei der die Rollos automatisch abhängig von Zeit oder Temperatur geöffnet oder geschlossen werden können. Weiters wird den Benutzer*innen eine Empfehlung mittels Mitteilung vermittelt, ob ein Fenster geöffnet oder geschlossen werden soll. Die Simulation mit dieser Variante ergab eine Reduktion des Jahreskühlbedarfs von ca. 43 % mit sehr geringen Investitionskosten und einer starken Nutzereinbindung.

Eine andere Kühlmaßnahme wäre ein Klima-Splitgerät mit einer Leistung von ca. 3 kW, dass die Wohnung mit einer dezentralen Anlage kühlen und entfeuchten würde. Diese Lösungsmethode ist auch nachträglich relativ einfach zu montieren, weist eine aktive Kühlung auf und führt zum gewünschten Ergebnis. Dahingegen ist der hohe Energie- und Wartungsbedarf und ein benötigter Kondensatablauf negativ zu betrachten. Ebenfalls sind die negativen ökologischen Auswirkungen durch den hohen Energiebedarf nicht vernachlässigbar.

Die dritte Lösungsvariante wäre ein Klima-Splitgerät mit einer Kühlleistung von 3 kW in Kombination mit einem 800 Watt Balkonkraftwerk. Diese Methode basiert auf der zweiten Variante, nur mit einem zusätzlichen Balkonkraftwerk, um einen Teil der benötigten Energie mit der solaren Anlage zu decken. Die Vor- und Nachteile des Klimageräts decken sich mit den angeführten Aspekten der zweiten Variante, wobei noch die positiven und negativen Effekte des Balkonkraftwerks berücksichtigt werden müssen. Positiv anzumerken sind die geringen Anschaffungskosten, keine baulichen Veränderungen und eine einfache Installation. Ebenfalls zu erwähnen ist, dass die überschüssige elektrische Energie eingespeist und vergütet werden kann, jedoch muss dieses Balkonkraftwerk zuvor dem Netzbetreiber gemeldet werden und es ist ein Smart Meter nötig.

Die Wohnungsnutzer*innen entschieden sich für die Variante 1, das Nachtlüftungskonzept, da der zeitliche und finanzielle Aufwand hier sehr begrenzt ist. Weiters besteht auch das Interesse an einem Splitklimagerät in Kombination mit einer gemeinschaftlichen PV-Anlage, wobei hier die Betriebszeiten der Klimaanlage mit der gewonnenen Energie aus der Photovoltaikanlage gekoppelt werden möchten.

Einfamilienwohnhaus Scher-Deutsch:

Variante 1 die für das Einfamilienwohnhaus Scher-Deutsch vorgeschlagen wurde, ist eine teilautomatisierte Nachtlüftung, inklusive einem Smarthomegerät. Dieses Smarthome-System ist modular aufgebaut und lässt sich über verbundene Geräte steuern, bei der die Rollos automatisch, zeit- oder temperaturabhängig geöffnet oder geschlossen werden können. Ebenfalls wird den Bewohner*innen eine Empfehlung mitgeteilt, ob ein Fenster händisch geöffnet oder geschlossen werden soll. Da hier die Wärme meist nur über die Nacht oder morgens abgegeben werden kann, sollten interne Wärmelasten tagsüber vermieden werden. Voraussetzungen für eine optimale Ausführung sind eine gute Außenluftqualität, Einbruchs-, Lärm und Brandschutz, sowie entsprechende Vorkehrungen für einen Witterungswechsel.

Die zweite Lösungsmöglichkeit zur Kühlung ist eine Fußboden-Kühlung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe und einer Kühlleistung von ca. 8 kW, was einer aktiven Gebäudekühlung entspricht. Ein großer Vorteil besteht hierbei, dass dieses System für das Heizen, sowie auch Kühlen verwendet werden kann. Negativ anzumerken ist, dass die Fußbodenkühlung bestimmte Grenzen besitzt, da sonst die Fußbodenoberflächen als unangenehm empfunden wird oder eine Kondensation auftritt. Generell findet hier auch keine Entfeuchtung der Raumluft statt, wodurch eine entsprechende Lüftung durchgeführt werden sollte.

Variante 3 für das Einfamilienhaus baut auf der zweiten Kühlungsmöglichkeit auf und ist eine Fußbodenkühlung, einer 8 kW Wärmepumpe in Kombination mit einer 5 kWp Photovoltaikanlage. Es gelten hierbei dieselben Vor- und Nachteile wie bei Variante 2, hierbei kommen nur zusätzlich eine Deckung des Energiebedarfs der Wärmepumpe oder bei Überproduktion eine Einspeisung und Vergütung hinzu. Nachteilig ist dies aber auch mit höheren Anschaffungskosten der PV-Anlage verbunden.

Es wurden die Kühlung über die Wärmepumpe mit Fußbodenheizung sowie ein verbesserter außenliegender Sonnenschutz umgesetzt.

Übergeordnetes Gesamtkonzept für Einfamilienhäuser:

Zur effizienten Kühlung von Einfamilienhäusern gibt es viele Möglichkeiten, welche teilweise auch relativ einfach umgesetzt werden können. Bei bereits vorhandenen Wärmepumpen als Heizungssystem können diese auch oftmals mittels Nachrüstung zur Kühlung des Gebäudes verwendet werden. Da diese an heißen Tagen aber im Dauerbetrieb sind, würde sich die Kombination mit einer Photovoltaikanlage empfehlen, um den benötigten Energiebedarf zu reduzieren oder zu decken. Eine andere Prozessweise, aber mit ähnlicher Wirkung haben Erdwärmetauscher, welche die einströmende Luft in das Gebäude abzukühlen. Jedoch ist die Wirkung auch hier nur beschränkt möglich, da die einströmende Luftgeschwindigkeit in das Gebäude meist relativ gering ist, die Temperatur der Luft aber deutlich herabgesenkt werden kann. Bei beiden Varianten findet jedoch keine Entfeuchtung der Raumluft statt.

Falls noch nicht vorhanden, bietet sich auch die außenliegende Verschattung des Gebäudes an. Dies kann durch Rollläden, Dachvorsprünge oder ähnliches erfolgen. Bei außen- aber auch innenliegenden Verschattungsmaßnahmen wie Jalousien, können intelligente und automatisierte Varianten diese Verschattungen automatisch regeln und somit die Wärmelast verringern. Sogenannte Energy Saver- und Smarthome-Systeme, unterstützen die Bewohner*innen beim effektiven Kühlen und Energiesparen, durch automatische Steuerungen aufgrund von Sensoren, aber auch Verhaltensempfehlungen.

Eine sehr einfache, aber auch effektive Maßnahme, um die Temperatur im Innenbereich abzusenken, ist die händische Lüftung der Fenster am frühen Morgen oder über die Nacht. Dadurch kann eine sehr schnelle und effektive Herabsetzung der Innentemperatur erreicht werden, was jedoch zu einem bestimmten Maß abhängig von der Außentemperatur ist. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Nutzer*innenbildung.

Übergeordnetes Gesamtkonzept für Mehrfamilienhäuser:

Die Kühlungsmöglichkeiten bei Mehrfamilienhäusern sind aus diversen Gründen oft nur eingeschränkt möglich, wodurch oft einfache, aber auch effiziente Lösungsmethoden gesucht und eingesetzt werden. Simple Maßnahmen zur Kühlung oder Reduzierung der Wärmelast der Innenräume sind eine außen- oder innenliegende Verschattung oder effektives Lüften bei Nacht, das ohne großen Aufwand umzusetzen ist. Ebenfalls bietet sich hier die Kombination mit intelligenten und zumindest teilautomatisierten Systemen an, die die Verschattung automatisch steuern. Wie beim Einfamilienhaus ist auch beim Mehrfamilienhaus die Nutzer*innenbildung wichtig.

Falls doch eine aktive Kühlung mittels Klimagerät erfolgen soll und umsetzbar ist, bietet sich die Kombination mit selbstproduziertem, lokalem und erneuerbarem Strom an oder die Bildung von Energiegemeinschaften. Denn diese Klimageräte weisen hohe Benutzungs- und Wartungskosten auf, welche durch ein Mieterstrommodell oder auch eigene Balkonkraftwerke deutlich verringert und gedeckt werden könnten, der ökologische Aspekt hierbei aber nicht vernachlässigt werden sollte.

3.3 Geschäftsmodell und Finanzierung

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Wohngebäuden, anhand der realen und fiktiven Gesamtkosten, für die Kühlvarianten eins bis drei jedes Gebäudes erfolgt laut ÖNORM M7140. Hierbei wurden dynamische Rechenmethoden verwendet und die anschaffungs- und betriebsgebundenen Kosten näher erläutert. Der Betrachtungszeitraum beträgt hier 20 Jahre und es wurde bei allen Berechnungen ein Kalkulationszinssatz von 3 % pro Jahr angenommen.

Einfamilienwohnhaus Doczekal:

Bei den realen Gesamtkosten der Varianten 1 – 3 (teilautomatisierte Nachtlüftung, Ergänzung der kontrollierten Wohnraumlüftung mit einem Wärmetauscher, Split-

Klimaanlage 3 kW mit PV-Anlage 5 kWp) ist ersichtlich, dass bei der ersten Kühlmöglichkeit die geringsten Investitionskosten mit 500 € anfallen, wobei ein leichter Anstieg der Gesamtkosten pro Jahr zu erkennen ist. Die Ergänzung der kontrollierten Wohnraumlüftung um einen Erdwärmetauscher ist in der Anschaffung um 2.675 € günstiger als die dritte Methode und durch die negativen verbrauchsgebundenen Kosten sind die Gesamtkosten bis zum 14. Jahr und erneut nach dem 15 Jahr leicht rückläufig.

Lösungsvariante 3, die Split-Klima inklusive Photovoltaikanlage, besitzt die höchsten Investitionskosten, wobei die Gesamtkosten durch die Erträge der Photovoltaikanlage pro Jahr rückläufig sind. Durch diese negativen Kosten ist die dritte Variante im Vergleich der Gesamtkosten bereits nach dem dritten Jahr günstiger als Option 2 und nach dem 7. Jahr günstiger als Kühlmethode 1. Folgend hat sich die Anlage nach dem 8. Jahr amortisiert und erzielt durch die Einspeisung von Strom Gewinne. Bei allen drei Kühlvarianten fallen nach 15 Jahren Erneuerungskosten an, wohingegen bei der dritten Option erneute Kosten nach 20 Jahren anfallen. Auch in den fiktiven Kosten ist das Split-Klimagerät in Kombination mit Photovoltaikanlage die günstigste Variante, denn bereits nach 9 Jahren hat sich die Anlage amortisiert und erzielt ab dort Gewinne durch die Überproduktion und folgende Einspeisung.

Wohnhausanlage Krottendorf:

Der Verlauf der realen Gesamtkosten der einzelnen Lösungsmöglichkeiten zeigt, dass die teilautomatisierte Nachtlüftung sowohl die geringsten Anschaffungskosten, in der Höhe von 500 €, als auch die geringsten verbrauchsgebundenen Kosten mit 24 € aufweist. Dahingegen haben die Kühlmethoden 2 und 3 (Splitklimaanlage 3 kW, Splitklimaanlage 3 kW mit Balkonkraftwerk) deutlich höhere Anschaffungs- als auch Betriebskosten. Bei allen drei Optionen wird von einer Nutzungsdauer von ca. 15 Jahren der Anlagen ausgegangen. Variante 3 hat zwar um 900 € höhere kapitalgebundene Kosten als die zweite Lösungsmethode, jedoch sind bereits nach dem 5. Jahr die Gesamtkosten niedriger, was auf das Balkonkraftwerk zurückzuführen ist. Auch beim fiktiven Verlauf der Gesamtkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ist zu erkennen, dass Variante 1 die kostengünstigste Lösung ist und die Klimaanlage in Kombination mit dem Balkonkraftwerk nach sechs Jahren die günstigere Option ist im Vergleich zum alleinigen Split-Klimagerät.

Einfamilienwohnhaus Scher-Deutsch:

Die teilautomatisierte Nachtlüftung weist sowohl die signifikant geringsten Anschaffungskosten als auch verbrauchsgebundenen Kosten im Vergleich zu den anderen beiden Lösungsmöglichkeiten auf. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe, als Variante 2, ist in der Anschaffung um 7.075 € günstiger als die dritte Kühlmöglichkeit, jedoch sind die verbrauchsgebundenen Kosten höher und ab dem 6. Jahr ist Variante 2 teurer als die Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit einer Photovoltaikanlage (Variante 3). Ebenfalls ist bei der Kühlvariante 3 ein rückläufiger Verlauf der Gesamtkosten zu verzeichnen, was auf die Vergütung von überschüssigem

Strom der PV-Anlage zuzuführen ist. Das 15. Betriebsjahr dieser Kühlanlagen sticht besonders hervor, da in allen drei Varianten Kosten in Form von Erneuerungen anfallen, da die Nutzungsdauer mit 15 Jahr angenommen wurde. Bei der Lösungsmöglichkeit 1 fallen die Gesamtkosten am geringsten aus, was auch mit den geringen Anschaffungskosten begründet werden kann. Der fiktive Verlauf der Gesamtkosten zeigt, dass ab dem 14. Jahr die Variante 3 bereits günstiger als Kühloption 1 ist und nach dem 17. Jahr hat sich die Anlage amortisiert. Ab dem 17. Betriebsjahr sind mit der Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit Photovoltaikanlage Gewinne zu verzeichnen. Nach dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ist zu erkennen, dass Variante 3 mit der PV-Anlage die kostengünstigste Lösung darstellt.

Übergeordnete Gesamtbetrachtung:

Von Kommunalkredit Public Consulting (KPC) gibt es für Privatpersonen und deren Wohngebäude Förderungen für die Heizungsumstellung von fossilen auf klimafreundliche Heizungssysteme wie eine Wärmepumpe. Diese Förderungen nennen sich Kesseltausch für Ein- und Zweifamilienhaus und Kesseltausch Mehrgeschossiger Wohnbau und beträgt bis zu 7.500 € mit eventuellen Zuschlägen bzw. max. 50 % der förderungsfähigen Kosten. Für sozial Bedürftige Personen gibt es ebenfalls noch eine Förderung von der KPC namens Sauber Heizen für Alle, bei der ebenfalls Wärmepumpen in einem Ausmaß von max. 75 % der förderungsfähigen Kosten bzw. mit einer Obergrenze von 22.188 € oder 32.563 € abhängig von der Art der Wärmepumpe gefördert werden.

Für die Installation einer Photovoltaikanlage können Privatpersonen eine Förderung bei der Abwicklungsstelle für Ökostrom AG (OeMAG) beantragen. Die aktuellen Fördersätze sind von der Größe der Anlage abhängig und reichen von 250 – 285 € pro kWp. Falls der Antrag aus budgetären Gründen von der OeMAG abgelehnt wurde, kann einer Weiterleitung an die KPC zugestimmt werden, wodurch von dieser Förderstelle eine Unterstützung erhalten werden kann.

Um zusätzlich zur Kühlung der Gemeinde Güssing etwas beizutragen, vor allem für vulnerable Personengruppen, die sich eine Kühlung nicht leisten können, sollen öffentliche Kühlsports errichtet werden. Das sind für alle Personen frei zugängliche gekühlte Räume oder Orte, an denen sie sich aufhalten können. Ein Standort dafür könnte der Hauptplatz in Güssing sein, denn dieser ist ein von Gemeindebürger*innen stark frequentierter Ort, an welchem bereits ein Brunnen und einige Gastronomiebetriebe gelegen sind. Dieser könnte somit zusätzlich mit Sonnensegeln beschattet oder mit einer Verdunstungseinrichtung ausgestattet werden, um die Temperatur in diesem Bereich zu verringern. Diese Verdunstungseinrichtungen sind meist ca. drei Meter hohe Trinkbrunnen, welche auch über eine Sprühnebefunktion verfügen, wodurch die Wärmeenergie der Luft genutzt wird, um das Wasser zu verdampfen und die Luft somit abzukühlen. Die Kosten dieser Einrichtungen liegen in einem Bereich von 5.650 – 14.900 €, wobei hier noch zusätzliche Kosten durch Extras hinzukommen können.

3.4 Allgemeine Anwendbarkeit

Für Wohngebäude eignen sich vor allem die Kühlung mit Split-Klimaanlagen, die Kühlung mit einer bereits vorhandenen Wärmepumpe mit Fußbodenheizung sowie die Vorkühlung der Luft, z.B. durch einen Erdwärmetauscher. Unterschiedliche Rahmenbedingungen gibt es bei Einfamilienhäusern und Wohnungen.

Im Anschluss werden die positiven und negativen Aspekte der vorgeschlagenen Kühlmöglichkeiten für Wohngebäude erläutert. Hierbei handelt es sich konkret um die teilautomatisierte Nachtlüftung, die kontrollierte Wohnraumlüftung mittels Erdwärmetauscher, ein Klima-Splitgerät mit und ohne Photovoltaikanlage und eine Fußbodenkühlung mittels Wärmepumpe in Kombination und ohne Kombination mit PV-Anlage.

Teilautomatisierte Nachtlüftung:

Bei der teilautomatisierten Nachtlüftung ist ein Smarthomegerät integriert, welches über diverse Funktionen verfügt. Dieses System ist modular aufgebaut und lässt sich mit einem elektrischen Verbraucher, der mittels Funktechnologie verbunden ist, und einer App steuern. Dieses System verfügt über diverse Sensoren und Funktionen, zur Messung der Temperatur, Zeit und Lichtintensität. Somit können Rollläden zeit- und temperaturabhängig automatisiert gesteuert werden, um einen Wärmeeintrag in das Gebäude aktiv zu verringern. Weiters können den Bewohner*innen Empfehlungen mitgeteilt werden, wann die Fenster für einen optimalen Kühleffekt geöffnet oder geschlossen werden sollten. Positiv anzumerken ist, dass bei einer Simulation eines Gebäudes der Jahreskühlbedarf um bis zu 43 % reduziert werden konnte und eine starke Nutzereinbindung vorhanden ist. Ebenfalls ist ein Vorteil, dass dieses System mit relativ geringen Investitionskosten umgesetzt werden kann und eine aktive Weiterbildung der Nutzer*innen gefördert wird. Als Nachteil aufzuzählen ist, dass die Wärme meist nur über die Nacht oder morgens abgegeben werden kann und dies somit stark von Außentemperaturen abhängig ist. Weitere Voraussetzungen für eine optimale Anwendung sind eine gute Außenluftqualität, Einbruchs-, Lärm und Brandschutz, sowie entsprechende Vorkehrungen für einen Witterungswechsel.



Abbildung 13: Smart Home System von „homee“ zur teilautomatisierten Nachtlüftung

Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Erdwärmetauscher:

Die kontrollierte Wohnraumlüftung inklusive Erdwärmetauscher ist ein Kühlsystem, bei welchem der geregelte Zuluftstrom mit Hilfe eines Erdwärmetauscher gekühlt wird. Die Wohnraumlüftung regelt die ab- und zugeführte Luft des Gebäudes und besitzt eine Wärme- und Feuchtigkeitsrückgewinnung. Dahingegen wärmt oder kühlt, je nach Bedarf, der Erdwärmetauscher diesen einströmenden Luftstrom mittels des Erdreichs und eines Wärmetauschers. Als Vorteil zu betrachten ist, dass dieser Erdwärmetauscher die benötigte Heiz- und Kühlenergie um 10 – 15 % reduzieren und die eintretende Luft im Sommer um ca. 8 K verringern kann. Ein Nachteil ist, dass der alleinige Erdwärmetauscher die Luft nicht entfeuchten kann, wodurch die Kombination aus Wohnraumlüftung und Wärmetauscher benötigt wird, um die Behaglichkeit in den Innenräumen zu erhalten. Ebenfalls negativ zu betrachten ist, dass durch den geringen einströmenden Luftvolumenstrom im Sommer nur ein geringer Kühleffekt erzielt werden kann, da die Luft zwar abgekühlt aber nur minimal ausgetauscht wird, wodurch auch auf die Lufthygiene geachtet werden muss.

Klima-Splitgerät mit Photovoltaikanlage oder Balkonkraftwerk:

Die Kombination eines Multisplitklimagerätes und einer Photovoltaikanlage bzw. eines Balkonkraftwerkes empfiehlt sich, da nicht nur eine starke Kühlwirkung erzielt werden

kann, sondern auch die laufenden Kosten deutlich reduziert werden können. Ein Vorteil dieser Kombination ist, dass das Klimagerät sehr flexibel in der Ausführung ist, wodurch die Innenräume variabel voneinander aktiv gekühlt und entfeuchtet werden können. Dabei kann die benötigte elektrische Energie direkt durch die PV-Anlage oder das Balkonkraftwerk, vollständig oder zu einem bestimmten Teil gedeckt werden. Ein Vorteil ist dadurch, dass der überschüssige Strom der solaren Anlage in das Stromnetz eingespeist und vergütet werden kann und die Betreiber*innen somit unabhängiger vom Stromanbieter und deren Preisen sind. Ebenfalls muss der ökologische und ökonomische Nutzen durch die Kombination dieser Anlagen erwähnt werden. Die Nachteile hierbei sind die meist hohen Anschaffungskosten einer PV-Anlage, wobei die Balkonkraftwerke deutlich günstiger sind, wodurch sie auch weniger Strom erzeugen. Das Klima-Splitgerät weist zusätzlich hohe Wartungskosten auf, benötigt einen Kondensatablauf und hat einen hohen Energieverbrauch, was zu negativen ökologischen Auswirkungen führt, wenn diese Energie nicht von erneuerbaren Ressourcen gedeckt wird.



Abbildung 14: PV-Anlage auf dem Einfamilienhaus Doczekal

Klima-Splitgerät:

Ein Klima-Splitgerät ist eine aktive Kühlmethode, welche die Innenräume kühlt und entfeuchtet, um die Behaglichkeit in Wohngebäuden zu gewährleisten. Für Wohngebäude sind Klimageräte einfach einsetzbar, da sich jeden Raum individuell kühlen lässt. Positiv anzumerken ist, dass mit diesen Geräten eine hohe Kühlwirkung erzielt werden kann und die Montage auch nachträglich erfolgen kann. Als Nachteil ist zu verzeichnen, dass dieses Gerät hohe Betriebs- und Wartungskosten aufweist und einen Ablauf für die kondensierte Feuchtigkeit benötigt. Ebenfalls sind die hohen

Energiekosten, die meist mit einem CO₂-Ausstoß verbunden sind, nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich negativ anzumerken.

Fußbodenkühlung mit Wärmepumpe:

Bei einer Fußbodenkühlung mit Wärmepumpe wird die Wärmepumpe zur aktiven Kühlung des Raumes über den Fußboden genutzt. Als Vorteil ist anzumerken, dass mit der Luft-Wasser-Wärmepumpe sowohl geheizt, aber auch gekühlt werden kann, je nach Bedarf. Als Nachteil zu verzeichnen ist, dass mit der Fußbodenheizung nicht unbegrenzt gekühlt werden kann, sondern dass diese auf bestimmte Grenzen trifft. Denn bei einer zu hohen Differenz zwischen Raum- und Fußbodentemperatur wird Letzterer als unangenehm empfunden und es kann dort eine Kondensation auftreten. Ebenfalls sind die relativ hohen Anschaffungskosten oder eventuellen Nachrüstungskosten und keine Entfeuchtung der Raumluft negativ zu bewerten.

Fußbodenkühlung mit Wärmepumpe und Photovoltaik-Anlage:

Diese Kühlvariante verfolgt dasselbe Prinzip, wie die Methode zuvor, jedoch wird hier zusätzlich zur Luft-Wasser-Wärmepumpe noch eine Photovoltaikanlage installiert. Somit sind, die beschränkte Kühlmöglichkeit, die eventuelle Kondensation, hohe Anschaffungskosten der Wärmepumpe und PV-Anlage und keine Entfeuchtung, nachteilig anzumerken. Dahingegen sind die Vorteile eine aktive Kühlung des Gebäudes und geringe Betriebskosten durch die teilweise oder vollständige Deckung des Strombedarfs der Luft-Wasser-Wärmepumpe mittels der solaren Anlage. Weiters kann bei einer Überproduktion von Strom durch die Photovoltaikanlage, dieser Überschuss in das Netz eingespeist und vergütet werden, was einen finanziellen Nutzen darstellt.

Gesamtkonzept

Das übergeordnete Gesamtkonzept zeigt, dass auf die Gegebenheiten in den Häusern Rücksicht genommen werden muss. So kann z.B. eine vorhandene Wärmepumpe mit Fußbodenheizung auch zum Kühlen verwendet werden. Split-Klimageräte in Verbindung mit einer PV-Anlage können sehr einfach zur Kühlung und auch Entfeuchtung der Räume verwendet werden, obwohl eine hohe Energiezufuhr benötigt wird. Zusätzliche Maßnahmen sind eine Nachtlüftung sowie die Verschattung der Fenster.

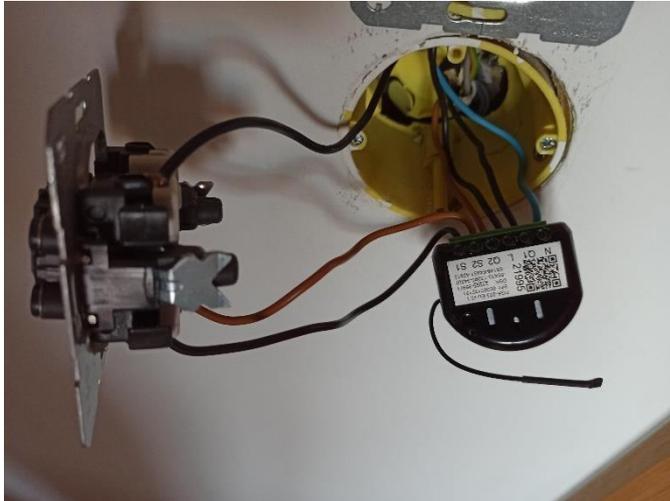


Abbildung 15: Voll automatisierte Beschattung (zeitabhängig, Sonnenuntergang, Lamellenwinkel)

Zusammenfassend kann erläutert werden, dass die Nachtlüftung in Kombination mit Smarthomesystemen von Wohngebäuden eine sehr einfache, kostengünstige und effektive Kühlmöglichkeit ist, die mit sehr eingeschränkten Mitteln umgesetzt werden kann. Diese ist jedoch stark von den Außentemperaturen abhängig, kann meist nur am Morgen oder in der Nacht durchgeführt werden. Eine effektivere Alternative stellt hier die Fußbodenkühlung mit Wärmepumpe inklusive PV-Anlage dar, da hier das Gebäude aktiv gekühlt werden kann, jedoch nicht entfeuchtet wird und eine beschränkte Kühlwirkung aufweist. Ebenso ist die kontrollierte Wohnraumlüftung mit Erdwärmetauscher relativ effektiv, besitzt jedoch auch ihre Grenzen und ist wie die Variante zuvor in der Anschaffung deutlich teurer als die Nachtlüftung. Eine weitere aktive Variante für ein Wohngebäude ist ein Klima-Splitgerät in Kombination mit einer Photovoltaikanlage oder einem Balkonkraftwerk, denn dadurch kann das Gebäude aktiv gekühlt und entfeuchtet werden, mit verminderten Betriebskosten durch die installierte solare Anlage. Die höheren Anschaffungs- und Wartungskosten bleiben zwar bestehen, können aber zum Teil mit der Einspeisung des überschüssigen Stroms und deren Vergütung gedeckt werden. Ebenfalls darf hier der ökologische und wirtschaftliche Aspekt nicht außer Acht gelassen werden, da konventionelle Klimasplitgeräte sehr hohe Mengen an Energie benötigen. Falls die Rahmenbedingungen für die Installation einer Kühlvariante sehr beschränkt sind, bietet sich eine einfache Option wie die Nachtlüftung an, falls die Möglichkeiten nicht so beschränkt sind, bieten sich finanziell und technisch aufwendigere, aber auch effektivere Kühlmöglichkeiten, wie eine Wärmepumpe, Wohnraumlüftung mit Erdwärmetauscher jeweils in Kombination mit einer PV-Anlage an.

4 Öffentliche Gebäude

4.1 Anforderungen und Bedürfnisse

Für die Kategorie öffentliche Gebäude wurden der Kindergarten Güssing, die Schule BORG und das Feuerwehrhaus in Güssing näher betrachtet. In diesen Gebäuden wurden Messungen der Raumlufttemperatur, Außentemperatur, der Kohlenstoffdioxidkonzentration und Behaglichkeit der Mitarbeiter*innen, zu repräsentativen Zeiten, durchgeführt.

Kindergarten Güssing:

Der Kindergarten Güssing verfügt über ein massives Erdgeschoss und ein Obergeschoss in Holzriegelbauweise. Das Gebäude wurde 2005 saniert, jedoch sind bereits ab den Vorsommermonaten die Temperaturen besonders im Obergeschoss sehr hoch. Eine aktive Kühlung ist nicht gewünscht, da die Kinder empfindlich auf Zugluft reagieren, wodurch der Kindergarten auch über keine Klimaanlage verfügt. Im Erdgeschoss gibt es innenliegende Rollos, wohingegen im Obergeschoss außenliegende Jalousien verwendet werden und die Bäume im Garten werfen auf die südliche und westliche Seite des Gebäudes einen Schatten.



Abbildung 16: Kindergarten Güssing

Folglich wurden Messungen in unterschiedlichen Innenräumen durchgeführt, wodurch nähere Informationen über die Temperatur und Kohlenstoffdioxidkonzentration gewonnen wurden. Dabei wurde festgestellt, dass die CO₂-Konzentrationen in der Kinderkrippe durchwegs unbedenklich sind, obwohl sie zweimal über 1000 ppm lagen. Die Außentemperatur schwankt stark und korreliert mit den Temperaturspitzen in den Innenräumen, wobei hier das Obergeschoss stärker davon betroffen ist als das Untergeschoss. Die Außentemperatur betrug 30 °C, wohingegen die höchste Temperatur im Schlafraum gemessen werden konnte mit 29 °C, welche anschließend über die Nacht auf 26 °C abkühlte. Etwas niedriger waren die Temperaturen in den

anderen Räumen, hier ist zu erwähnen, dass durch das Lüften am Morgen ein negativer Temperatursprung erfolgt. Eine Öffnung der Fenster über die gesamte Nacht könnte diesen Kühlungseffekt zusätzlich verstärken.

Anforderungen sind eine Kühlung der Räume, ohne etwa durch Zugerscheinungen die Gesundheit der Kinder zu gefährden sowie eine Einfachheit der Regelung und Benutzung. Bedürfnisse lt. AHP-Methode sind vor allem der Kühleffekt, gefolgt von der Umsetzungswahrscheinlichkeit, den Betriebskosten und den ökologischen Aspekten.

Schule BORG:

Dieses öffentliche Gebäude beherbergt das BORG und die ECOLE HLW Güssing und leidet bereits ab Mai an viel zu hohen Temperaturen in den Innenräumen. Das Gebäude verfügt zwar über außenliegende Raffstores, die jedoch nicht ausreichend vor der Hitze schützen und schnell defekt sind. Besonders stark erhitzt sich die Ost- und Südseite in den Sommermonaten. Generell gibt es keine Luftbewegung im Haus, wobei drei Prüfungsräume, das Lehrerzimmer, die Direktion und der Festsaal mit einer Klimaanlage ausgestattet sind, das restliche Gebäude jedoch einen Kühlbedarf benötigt. Die Raumtemperatur übersteigt hier oftmals die Außentemperatur, was an einem gemessenen Beispiel gut zu erkennen ist. Denn die Außentemperatur betrug am Tag zwischen 26 – 29 °C, wobei die Innentemperatur der Schule von 28 bis 29 °C reichte und die Räume in der Nacht trotz einer Außentemperatur von 12 – 15 °C nur auf 27 °C abkühlten. Eine Nachtlüftung ist aufgrund der Staubentwicklung des benachbarten Fernheizwerkes nicht möglich.



Abbildung 17: Das Gebäude des BORG in Güssing

Anforderung ist eine möglichst kostengünstige Kühlung der Räume. Die Bedürfnisse lt. AHP-Methode zeigen, dass der Kühleffekt, die Betriebskosten und ökologische Aspekte, gefolgt von der Umsetzungswahrscheinlichkeit die höchste Priorität haben.

Feuerwehrhaus Güssing:

Das Feuerwehrhaus in Güssing ist 40 Jahre alt und besitzt viele Fenster auf der Südseite, jedoch ohne ausreichende Beschattung des Gebäudes. Zusätzlich kommen interne Wärmelasten hinzu, wodurch es ab Mai bereits eine große Hitze in bestimmten Räumen aufweist. Hiervon sind besonders der Aufenthalts- und Schulungsraum betroffen, der an bestimmten Tagen und Zeiten am meisten Personen beherbergt. Da es bereits ab Mai in diesen Räumen sehr warm wird, sind Schulungen im Sommer teilweise unzumutbar, aufgrund der mangelnden Kühlung. Hierbei wurden keine Temperaturmessungen durchgeführt, weil das Gebäude saniert wird, jedoch soll besonderer Wert auf innovative Kühlsysteme gelegt werden, da der dringende Wunsch danach besteht.



Abbildung 18: Feuerwehrhaus Güssing

Da das Gebäude saniert wird, ist die Anforderung, bei der Planung bereits die Kühlung der Räume zu berücksichtigen. Die Bedürfnisse lt. AHP-Methode sind der Kühleffekt und technische Aspekte, gefolgt von den Herstellungskosten.

Bedürfnisse lt. AHP-Methode

Das Ergebnis der AHP-Methode bei öffentlichen Gebäuden zeigt, dass der Kühleffekt bei allen drei Analysen die höchste Priorität aufweist, meist gefolgt von den Betriebskosten, außer bei dem Gebäude der Feuerwehr Güssing. Die niedrigste Wichtigkeit liegt meist bei den Umgebungseinflüssen und technischen Aspekten, wobei hier die Analyse über das Feuerwehrgebäude wieder abweicht. Die folgenden Bewertungen der Lösungsvarianten zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung zeigen, hier keine so eindeutigen Ergebnisse für eine Kühlungsmethode wie bei den anderen beiden Gebäudebereichen der Betriebs- und Wohngebäude. Hier gab es zwar auch immer eine am besten bewertete Variante, die jedoch teilweise nur eine Differenz von 0,01 vor einem anderem Lösungsansatz aufwies. Die AHP-Analyse zeigt, dass die Anforderungen und Prioritäten bei öffentlichen Gebäuden teilweise doch sehr verschieden sein können, wodurch auch meist kein eindeutiges Ergebnis bei der Bewertung der vorgeschlagenen Kühlvarianten erzielt werden konnte.

Übergeordnetes Gesamtkonzept

Allgemein lässt sich ableiten, dass öffentliche Gebäude meist ältere Baukonstruktionen sind, die nur im beschränkten Maß saniert werden. Diese Gebäude besitzen meist einen großen Teil an Glasflächen, wie große Fensterfronten oder überdachte

Stieghäuser, welche als zusätzliche Hitzehotspots fungieren. Da vor allem in den Schulen hier oft die finanziellen Mittel fehlen, werden meist nur Low-Cost-Lösungen angestrebt, welche nicht den erforderlichen und gewünschten Nutzen mit sich bringen.

Ein übergeordnetes Gesamtkonzept lässt sich bei den öffentlichen Gebäuden nur schwer erstellen, da die in diesem Projekt untersuchten Gebäude andere Anforderungen und somit auch andere Lösungen haben.

4.2 Beschreibung und Auswahl des Lösungskonzeptes

Folgend werden je drei Lösungsvarianten zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung von drei öffentlichen Gebäuden mit Kühlbedarf erläutert. Bei diesen Gebäuden handelt es sich um den Kindergarten Güssing, das BORG und das Feuerwehrhaus Güssing, wobei schlussfolgernd auch die allgemeinen Erkenntnisse, Probleme und Kühlmöglichkeiten öffentlicher Bauten dargestellt werden.

Kindergarten Güssing:

Als erste Kühlvariante für den Kindergarten Güssing wurde die Nachtlüftung über die Fenster des Obergeschosses vorgeschlagen. Hierbei müssten 12 Fensterantriebe montiert und ein Steuergerät, mit inkludierten Wind- und Regenwächter, sowie Zeitschaltuhr, installiert werden. Über einen Lüftungstaster können die Fenster auch noch händisch bedient werden, wobei die Rollos nicht vollständig für die Querlüftung geschlossen werden dürfen. Vorteilhaft sind hierbei die geringen Betriebskosten und das Vermeiden von Zugluft während des Betriebs. Negativ zu erwähnen sind, die begrenzte Kühlwirkung abhängig von den Außentemperaturen und die nicht vorteilhafte Nutzung am Tag, sowie keine aktive Kühlung und Entfeuchtung. Nach zwei Testversuchen wurde festgestellt, dass die Lüftung von fünf Fensterflügeln mittels Antriebs zum Drehen sinnvoller ist, worauf sie abgeändert wurde. Hierbei müssen keine Sensoren als Einklemmschutz integriert werden, da sie außerhalb der Betriebszeiten verwendet werden, jedoch müssen die Jalousien bei etwa 45 ° gedreht bleiben und ein Wind- und Regenwächter muss installiert sein. Hier ist wichtig zu erwähnen, dass der Versicherer das Recht hat, sich von Leistungen bezüglich Einbruch- und Regenschäden freizusprechen.

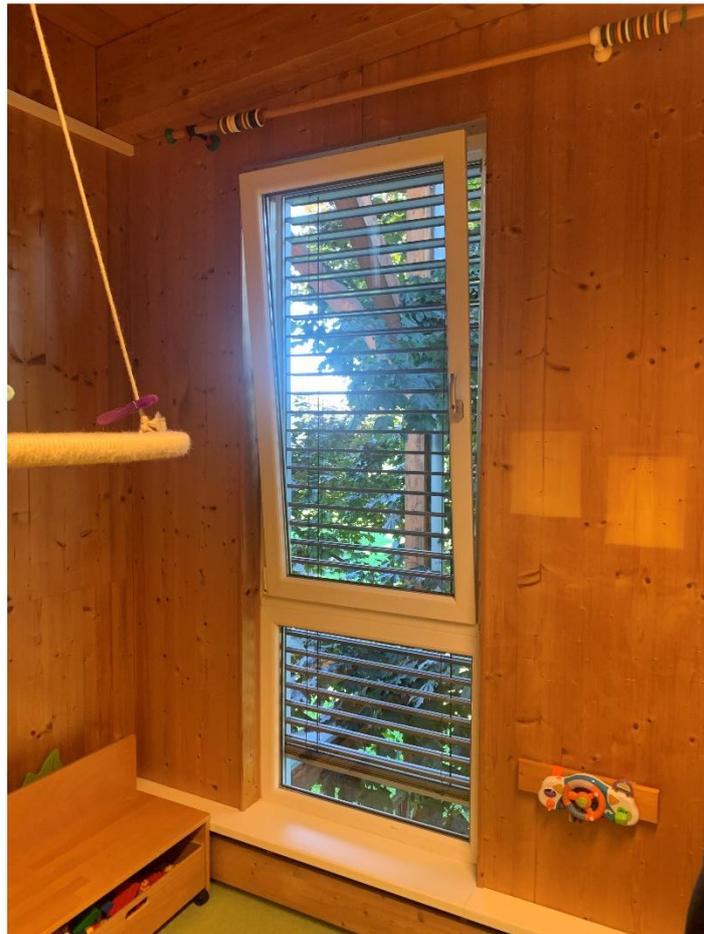


Abbildung 19: Nachtlüftung im Kindergarten Güssing

Die zweite Lösungsmaßnahme für das öffentliche Gebäude ist ein Klima-Multisplitgerät mit einer Kühlleistung von ca. 6 kW. Eine individuelle Kühlung der Räumlichkeiten, sowie die Entfeuchtung sind wesentliche Vorteile dieser Variante, wohingegen die hohen Betriebs- und Wartungskosten als Nachteil anzuführen sind. Ebenfalls muss beachtet werden, dass Außentüren und Fenster während des Betriebs geschlossen sein sollten, um eine effiziente Kühlung zu gewährleisten. Es sollte darauf geachtet werden, dass sich die Kinder nicht erkälten und ein Kondensatablauf ist in der Planung zu berücksichtigen.

Die dritte Variante für den Kindergarten Güssing wäre aufbauend auf der vorherigen Lösungsmethode, ein 6 kW Klima-Multisplitgerät in Kombination mit einer 7 kW Photovoltaikanlage. Hierbei bleiben die Bedingungen und Auslegungen gleich wie bei Variante 2, nur dass zusätzlich eine PV-Anlage installiert werden sollte, welche die Energiekosten der Klimageräte vollständig decken sollte. Die Vorteile aus der zweiten Variante bleiben bestehen, wobei zusätzlich der Stromüberschuss der Anlage genutzt oder in das Stromnetz mittels Vergütung eingespeist werden könnte. Nachteilig zusätzlich zur Lösungsmöglichkeit 2 zu erwähnen, sind die höheren Anschaffungskosten durch die integrierte Photovoltaikanlage.

Der technische Leiter der Standortgemeinde des Kindergartens, beurteilt die Lösungsvarianten nur für das Obergeschoss, welches ein Holzriegelbau ist und daher signifikant von erhöhten Innenraumtemperaturen betroffen ist. Die Nachtlüftung wird hier präferiert, da die Einfachheit und Regelung der Benutzung gegeben sind. Voraussetzung ist auch eine Bedienung über Taster und Stellmotoren auf einer Mindesthöhe, wobei noch zuvor der Versicherungsschutz bei geöffnetem Fenster abgeklärt werden muss. Klima-Splitgeräte werden nicht in Betracht gezogen, da die Erkältungsanfälligkeit der Kinder steigt und eine PV-Anlage ist aus statischen Gründen nicht möglich. Eine Fassadenbegrünung wäre auch denkbar, die zuvor konkrete Umsetzungsvorschläge benötigt, jedoch ist die gesamte Umsetzung von Kühlmaßnahmen aufgrund eines verpflichtenden Umbaus vor eine finanzielle Hürde gestellt.

Schule BORG:

Die erste Lösungsvariante zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung der Schule ist eine Nachtlüftung über die Fenster für vier Klassenzimmer. Hierbei müssen 24 Fensterantriebe, ein Insektenschutzgitter, ein Lüftungstaster, ein Wind- und Regenwächter, eine Zeitschaltuhr und ein Steuergerät installiert bzw. angeschafft werden. Als Vorteil werden die geringen Betriebskosten und keine unangenehme Zugluft am Tag gesehen. Negativ anzumerken sind, die Abhängigkeit des Kühleffekts von der Außentemperatur in der Nacht, keine Nutzung am Tag, keine Entfeuchtung der Raumluft, sowie der erhöhte Eintrag von Staubemissionen durch das naheliegende Fernheizwerk. Eine Testung dieses Systems ergab, dass die Umsetzung im gesamten Gebäude oder in abgeschlossenen Bereichen erfolgen sollte, da sonst die Effektivität nicht gegeben ist. Ebenso ergibt sich eine Problematik bezüglich Alarmanlage, falls ein Vogel in ein offenes Fenster des Gebäudes fliegen sollte.

Eine weitere Lösungsmethode wäre ein Klima-Splitgerät mit einer Kühlleistung von 4 kW, für jeden Klassenraum. Die wesentlichen Vorteile sind die aktive Kühlung und Entfeuchtung der Raumluft, dahingegen sind negativ zu erwähnen, die erhöhte Verkühlungsrate der Schüler*innen und Lehrer*innen bei falscher Bedienung. Weiters verursacht dieses Klimagerät erhöhte Betriebs- und Wartungskosten, sowie ein Kondensatablauf in der Planung berücksichtigt werden muss.

Die dritte Kühlvariante ist ein dezentrales Lüftungssystem, das für jede Klasse möglich ist und eine ähnliche Wirkung wie die Nachtlüftung zeigt. Hierzu werden Filter benötigt und eine Wärmerückgewinnung für den Winter könnte sich ebenfalls als nützlich erweisen. Die signifikanten Vorteile sind die geringen Betriebs- und Energiekosten und das Lüftungssystem muss nicht in ein Gesamtkonzept eingebunden. Weiters ist positiv zu vermerken, dass ein Kohlenstoffdioxidssensor und Bewegungsmelder integriert sind, sowie durch die Filter ein hygienischer Luftwechsel stattfindet. Als Nachteil sind hohe Anschaffungskosten, eine bestimmte Abhängigkeit der Kühlleistung von der Außenlufttemperatur und keine Entfeuchtung der Raumluft anzuführen. Die Simulation der benötigten Kühllast in Kombination mit angewendeten Maßnahmen zeigt, dass nur eine Maßnahme zur Kühlung nicht ausreichend ist.



Abbildung 20: Dezentrales Lüftungsgerät im BORG Güssing

Laut dem Direktor der Schule sind trotz teilweise angewendeten Sonnenschutzfolien keine signifikanten Verringerungen der Wärmelasten in den Innenräumen aufgetreten und zurzeit herrschen in den meisten Räumen zu hohen Temperaturen, außer in ausgewählten Klassenzimmern in denen Klimasplitgeräte installiert wurden. Ein dezentrales Lüftungssystem mit integrierten Filtern wäre die priorisierte Lösungsmethode, da dadurch die Luftqualität in den Innenräumen deutlich steigen würde ohne zusätzliche Staubeintrag in das Gebäude. Die Variante mit der Nachtlüftung wäre auch denkbar, jedoch müsste das Gesamtkonzept noch überarbeitet werden, damit es effektiv und ohne Probleme ablaufen könnte. Ebenso ist die Idee einer Outdoorklasse aufgekommen, die nach eventuellen Möglichkeiten auch umgesetzt werden soll, jedoch ist das Budget und mögliche Investitionen von der Bildungsdirektion und nicht von der öffentlichen Einrichtung selbst abhängig.



Abbildung 21: Neu errichtete Freiluftklasse im BORG Güssing

Feuerwehrhaus Güssing:

Als erste Lösungsmöglichkeit zur Kühlung des Feuerwehrhauses in Güssing wird ein Lüftungsgerät und ein luftdurchströmter Erdwärmetauscher vorgeschlagen, welcher nicht nur zum Heizen, sondern auch zum Kühlen des Gebäudes genutzt werden kann. Der hauptsächliche Vorteil liegt hierbei daran, dass diese Kombination zur Kühlung niedrige Betriebskosten aufweist und die Innenräume mit gekühlter Luft versorgt. Nachteilig zu vermerken ist, dass bestimmte Räume nur eine sehr geringe Anzahl an Volllaststunden aufweisen. Diese Variante kühlt die Raumluft zwar, aber entfeuchtet diese nicht und ist bis zu einem bestimmten Grad abhängig von den Außentemperaturen, wobei anhand einer Simulation die Zuluft in die Innenräume um bis zu 8,5 K abgekühlt werden könnte.

Variante 2 zur Kühlung des öffentlichen Gebäudes wäre ein Klima-Splitgerät mit einer Kühlleistung von ca. 4 kW, das im Aufenthaltsraum installiert werden würde. Durch dieses Gerät würde der Innenraum aktiv gekühlt und entfeuchtet werden und könnte in einzelnen Räumen eingesetzt und separat gesteuert werden. Als Nachteil sind hier die hohen Betriebs- und Wartungskosten anzumerken, sowie dass auch ein Kondensatablauf benötigt wird.

Die dritte Lösungsmöglichkeit zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung im Feuerwehrhaus, basiert auf Variante 2, also einem 4 kW Klima-Splitgerät in Kombination mit einer 7 kWp Photovoltaikanlage. Hier wird die zweite Variante, um eine Photovoltaikanlage ergänzt, welche einen Nachteil der zuvor genannten Möglichkeit vermindern soll. Die Vorteile bleiben dieselben wie oben genannt, werden jedoch ergänzt, dass die PV-Anlage den Strombedarf des Kühlgeräts abdeckt und überschüssiger Strom in das Netz mittels Vergütung eingespeist werden kann. Die Wartungskosten bleiben dennoch hoch und es wird ein Kondensatablauf benötigt, was mit höheren Anschaffungskosten durch die Photovoltaikanlage ergänzt wird.

Der technische Leiter der Stadtgemeinde Güssing erklärt, dass die Variante 3, ein Klima-Splitgerät in Kombination mit einer PV-Anlage bevorzugt wird und für die weitere Planung berücksichtigt werden soll. Da die Nutzungshäufigkeit der Räume meist nicht hoch ist, aber bei einer Nutzung eine hohe Kühllast benötigt wird, wirkt das Klimagerät als effektivste Maßnahme. Variante 1 wurde nur rechnerisch berücksichtigt, da sich das Gebäude zurzeit in einer Sanierungsphase befindet und diese aufgrund der geringen Nutzungshäufigkeit als nicht sinnvoll erscheint.

Übergeordnetes Gesamtkonzept für öffentliche Gebäude:

Die Gestaltung und Umsetzung von Lösungsvarianten zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung in öffentlichen Gebäuden stellt sich als besonders schwierig heraus, weil auf verschiedenste Bedürfnisse eingegangen und diese aber auch so effektiv wie möglich mit einer Kühlmethode umgesetzt werden sollen.

Hier steht die punktuelle Kühlung oft im Vordergrund, weil damit ein schneller und effektiver Effekt erzielt werden kann, wie mit einem dezentralen Lüftungsgerät, wobei diese Varianten meist mit hohen Betriebs- und Wartungskosten verbunden sind. Auch als effektiv kann die Verschattung von vor allem Fensterflächen angesehen werden, denn dadurch wird der Wärmeeintrag in das Gebäude bzw. bestimmte Räumlichkeiten reduziert, wodurch ein geringerer Kühlbedarf benötigt wird.

Eine Nachlüftung über automatisierte Fensteröffner ist auch ein Thema in öffentlichen Gebäuden, jedoch ergibt sich hier speziell in Güssing das Problem mit einem hohen Staubeintrag und einem nicht vollständig ausgereiften Gesamtkonzept für die Lüftung. Weiters treten Probleme mit einer benötigten Klemmsicherung und Vogelschutz auf, bzw. muss auch mit den Versicherern bei eventuellen Schäden abgeklärt werden, wer die Haftung dafür übernimmt. Im speziellen Fall des Schulgebäudes kann auch die alternative Lösungsfindung ohne aktive Kühlmöglichkeiten eine Rolle spielen, beispielsweise mit der Einrichtung von Outdoorklassen, damit die Behaglichkeit und Konzentration der Schüler*innen und Lehrer*innen nicht zu stark unter den sommerlichen Temperaturen leidet.

4.3 Geschäftsmodell und Finanzierung

Die Finanzierung von Kühlmaßnahmen stellt sich bei öffentlichen Gebäuden wie Schulen oder Kindergärten als besonders schwierig dar, da das notwendige Budget meist nur in sehr eingeschränktem Maße oder in manchen Fällen gar nicht vorhanden ist. Das betrifft sowohl die Investitionen als auch die während des Kühlbetriebs anfallenden Betriebskosten. Je nach Typ der öffentlichen Gebäude gibt es verschiedene Interessensvertreter, welche oft einen sehr eingeschränkten Aktionsradius vorweisen. Maßgebliche Veränderungen an Gebäuden bringen oft einen planerischen Aufwand mit sich, da verschiedene Gremien durchlaufen werden müssen. Je nach Eigentümer der Gebäude sind die Verantwortlichen jeweils auf Gemeinde-, Landes- oder Bundesebene vorzufinden.

Die Hürden bei der Finanzierung sowie daran angelagerten Finanzierungsmodelle wurden im Rahmen des Projekts mit mehreren Stakeholdern diskutiert. So fand am 03.05.2023 ein Workshop mit dem Direktor des BORG Güssing statt. Weitere Gespräche und Befragungen fanden mit der Direktorin der Mittelschule St. Georgen an der Stiefing, dem Verantwortlichen der Gemeinde Hartberg (Mittelschule Gerlitz) sowie dem Kindergarten in Güssing statt. Dabei konnte ein klares Bild gezeichnet werden. So steht außer Frage, dass für diesen Gebäudetyp besonders kostengünstige Lösungen, in Anschaffung und in Betrieb, notwendig sind. Wie am Beispiel des BORG in Güssing ersichtlich sind die Verantwortlichen in den seltensten Fällen in der Lage umfangreiche Kühlmaßnahmen allein zu realisieren. Hier bedarf es eines übergeordneten Plans der Kühlmaßnahmen in Schulen sowie anderen öffentlichen Gebäuden fördert bzw. finanziert. Ansonsten wird die Umsetzung eines umfangreichen Kühlkonzepts, in den seltensten Fällen gelingen. Ein Blick auf die Temperatur in den Klassenräumen, die im BORG Güssing bereits im Mai und Juni, also während des Schulbetriebs auftreten, zeigen allerdings deutlich, wie wichtig solche Maßnahmen wären.

Unterstützend konnten folgende Finanzierungsmodelle identifiziert werden, die es den Verantwortlichen ermöglicht weitere finanzielle Mittel zu lukrieren. Im BORG Güssing wurde damit in einem ersten Schritt zumindest die Kühlung von einigen besonders von sommerlicher Überhitzung betroffenen Klassenräumen ermöglicht.

Crowdfunding

Crowdfunding bezeichnet im Grunde das Sammeln von Geldbeträgen durch viele einzelne Geldgeber (auch „Crowd“ genannt), mit dem Ziel ein bestimmtes Projekt zu realisieren. Beim Crowdfunding im öffentlichen Bereich (auch Civic Crowdfunding genannt) werden Bürger:innen durch ein klares Finanzierungsziel, dem definierten Zeitraum der Finanzierung, der geregelten Gegenleistungsstruktur und dem erkennbaren Zweck, effektiver in die Debatte über öffentliche Projekte miteinbezogen. Den Unterstützer:innen ist klar, wofür ihre Mittel verwendet werden.²

² Heftberger, M. (2018)

Man unterscheidet zwischen vier verschiedenen Arten von Crowdfunding, die sich im Wesentlichen durch den Mehrwert unterscheiden, den die Geldgeber im Gegenzug zu ihren Investments erhalten^{3 4}:

(1) Equity based Crowdfunding (Crowdinvesting):

Investment mit finanzieller Gegenleistung. Die Kapitalgeber erwerben mit ihren Investments meist „Beteiligungen“ an Unternehmen (zumeist Start ups), mit welchen sie zum Beispiel am jährlichen Gewinn partizipieren und von einer Unternehmenswertsteigerung profitieren.

(2) Lending based Crowdfunding („Crowdlending“):

Das Konzept von „Crowdlending“ heißt so viel wie Geld gegen Zinsen. Unterstützer:innen leihen ihr Geld und erhalten dafür Zinsen und am Ende der Bindungsdauer ihr Geld zurück. Die Beteiligung erfolgt über ein qualifiziertes Nachrangdarlehen („nachrangig“ bezieht sich darauf, dass das Darlehen im Falle einer Insolvenz erst nach vollständiger Zahlung der übrigen Verbindlichkeiten zurückbezahlt wird). Einige österreichische Plattformen untergliedern die Zinsen in einen Basiszins und einen Bonuszins, der dann zusätzlich ausbezahlt wird, wenn die Unternehmensentwicklung sehr positiv verläuft.

(3) Reward based Crowdfunding:

Darunter wird das Investment von Kapital in Projekte oder Unternehmen verstanden, von welchen man im Gegenzug zum Beispiel einen Prototypen als Dankeschön erhält. Eine finanzielle Vergütung erfolgt in diesem Falle nicht.

(4) Donation based Crowdfunding:

Eine Gegenleistung wird nicht erwartet; der investierte Betrag der Geldgeber ist als reine Spende gedacht.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Crowdfunding Modellen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Anzahl an Unterstützern • Vermindertes Risiko für Unterstützer, durch Beteiligung durch kleine Geldbeträge • Marketingeffekt durch Crowdfunding-Kampagne • Für eine Crowdfinanzierungs-Kampagne sind deutlich weniger Sicherheiten notwendig als bei der Beantragung eines Bankenkredites. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aus Sicht des Investors handelt es sich oft um risikoreiche Projektvorhaben. In diesen Fällen muss ein Totalverlust des Investments eingeplant werden. • Crowdfunder erhalten kein Mitspracherecht und haben somit keinen Einfluss auf den Erfolg des Projektes

³ Green Rocket (2022)

⁴ Starnberger, S. (2016)

Für die zugrundeliegenden Vorhaben kommen entweder die Möglichkeit des Reward based oder des Donation based Crowdfunding in Frage, da keine finanzielle Gegenleistung von den Schulen erbracht werden kann.

Als Beispiel für kommunales Crowdfunding kann die Plattform <https://www.kommunales-crowdfunding.de/projects/overview/> genannt werden, die bei der Abwicklung von Crowdfunding Vorhaben unterstützen. Dort können Maßnahmen, wie beispielsweise das Crowdfunding von Kühlgeräte in Schulen, abgewickelt werden. Dabei werden nur erfolgreiche Projekte ausbezahlt, ansonsten bekommen die Unterstützer:innen ihr Geld zurück. Bei erfolgreichem Projektabschluss wird von der Plattform eine Servicegebühr in Höhe von 11 % der Projektsumme verrechnet.

Darüber hinaus bietet die Homepage Gemeinden die Möglichkeit eine eigene (Sub-)Plattform einzurichten, bei der gezielte Projekte aus der jeweiligen Gemeinde beworben werden.

Leasing

„Leasing ist ein Rechtsgeschäft eigener Art über die entgeltliche Nutzungsüberlassung von Wirtschaftsgütern, wobei deren Auswahl und Spezifikation in der Regel durch den Nutzer erfolgt. Im Gegensatz zum Miet- bzw. Bestandvertrag werden jedoch das Investitionsrisiko (wirtschaftliche Risiken und Chancen) sowie die Sach- und Preisgefahr überwiegend auf den Nutzer (Leasingnehmer) übertragen. Allenfalls werden vom Leasinggeber auch noch über die bloße Nutzungsüberlassung hinausgehende, damit wirtschaftlich zusammenhängende Dienstleistungen erbracht.“⁵

Je nach Form der Nutzung und der eigentumsähnlichen Situation wird zwischen Finanzierungsleasing und Operating Leasing unterschieden – siehe Tabelle 2.

⁵ VÖL (2017)

Tabelle 2: Merkmale von Finanzierungsleasing und Operating Leasing (anhand von⁶ und 7)

Finanzierungsleasing	Operating Leasing
Leasinggut geht nach Ablauf der Finanzierung in das Eigentum des Leasingnehmers über	Leasinggut wird nur für die Dauer des Bedarfs vom Leasingnehmer verwendet und wird danach wieder an den Leasinggeber retourniert
Feste Grundleasingdauer (kein Kündigungsrecht des Leasingnehmers in dieser Zeit)	Keine feste Leasingdauer und somit jederzeitiges Kündigungsrecht innerhalb der Kündigungsfristen oder sehr kurze Leasingdauer, innerhalb derer eine Vertragskündigung jedoch nicht möglich ist
Leasinggeber <ul style="list-style-type: none"> • trägt das Kreditrisiko • während der Vertragslaufzeit wirtschaftlicher Eigentümer des Leasingobjektes 	Leasinggeber <ul style="list-style-type: none"> • trägt das volle Investitionsrisiko und • aktiviert das Leasinggut in seiner Bilanz (Abschreibung über Nutzungsdauer) • trägt zusätzliche Dienstleistungen wie bswp. Wartung und Reparatur
Leasingnehmer <ul style="list-style-type: none"> • trägt das Investitionsrisiko • ist für Maßnahmen zur Werterhaltung (Wartung, Versicherung) verantwortlich 	Leasingnehmer <ul style="list-style-type: none"> • verbucht die Leasingraten als Aufwand. Leasing-Raten für Klimaanlage sind als Betriebsausgaben steuerlich voll absetzbar, wenn die Klimaanlage steuerlich dem Leasinggeber zugeordnet ist.
Die Vertragsdauer richtet sich nach der wirtschaftlichen Nutzungsdauer oder der Lebensdauer	Die Vertragslaufzeit orientiert sich grundsätzlich zwischen maximal 40% und 60% der gewöhnlichen Nutzungsdauer des Leasingobjektes. Die Höhe der Leasing-Raten und Vertragslaufzeit stehen von Beginn an fest.
Unterschiedlichste Optionen nach Ablauf der Grundleasingzeit (Kauf, Rückgabe usw.)	Kommt einem echten Mietvertrag nahe und orientiert sich Großteils an dementsprechenden Regeln
Prinzipiell auf alle Güter anwendbar	Durch die individuelle Vertragsgestaltung in Bezug auf Laufzeit, Amortisation- und Zahlungsverlauf sowie die Zahlungsweise wird eine Anpassung an verschiedene Bedürfnisse möglich.

Beispiel für Operating Leasing: Kältetech GmbH (<https://www.kaeltech.de/Klimaanlagen/Gewerbe/Leasing-Klimaanlagen>).

⁶ Haas, R. et al (2019)

⁷ Hinterberger, R. et al (2015)

Sponsoring:

Ausführende Firmen können als Unterstützer herangezogen werden. Im Fall des BORG Güssing werden vom Unternehmen WERNIG KG Kühlgeräte für 2 Räume zur Verfügung gestellt (siehe Deliverable 4.1). Durch die Ansprache weiterer (auch branchenfremder) lokaler Unternehmen, könnten weitere Geräte installiert werden. Als nicht monetäres Dankeschön für die Unterstützung könnten beispielsweise die Logos der Sponsoren auf den Kühlgeräten oder in Form einer „Dankesagungstafel“ angebracht werden.

Weitere Finanzierungsmöglichkeiten:

- **Events/Challenges:** Für Schulen und Kindergärten kommt auch die Organisation unterschiedlicher Events bspw. in Kombination mit Schulfesten oder eigenen Thementagen in Frage. Beispielsweise kann ein Spendenlauf mit dem Motto: „Je mehr ihr schwitzt, umso weniger schwitzen wir“, organisiert werden. Alle laufen für ihre Schule und lassen sich pro Runde sponsern. Jeder sucht sich Sponsoren, z.B. Eltern, Verwandte, Nachbarn, Firmen (Arbeitgeber der Eltern), die einen vereinbarten Betrag pro Runde – oder einen Pauschalbetrag – spenden. Am Aktionstag laufen dann alle so viele Runden wie möglich. Schüler, Lehrer, Eltern können so einfach zu Verbesserungen an „ihrer“ Schule beitragen.

Die Events/Challenges bieten die Möglichkeit die Schüler:innen einzubeziehen und selbst aktiv zu werden. Zudem ist es auch eine gute Möglichkeit um generell Bewusstsein für das Problem der Überhitzung zu schaffen.

- **Zusätzliche Einnahmen** an Schulen können bspw. auch durch die Vermietung des Turnsaals oder der Außenanlagen an diverse (Sport)Vereine lukrieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Finanzierung besonders im Bereich der Schulen und Kindergärten sehr schwierig ist und oft schon geringe Investitionssummen nicht aufgebracht werden könne. Die zuvor beschriebenen Finanzierungsmöglichkeiten setzen Großteils auf die Unterstützung der Betroffenen, deren direktes Umfeld und den lokalen Akteuren (Gemeinde, Unternehmen, etc.). Von Seiten der politischen Verantwortlichen herrscht hier noch wenig Bewusstsein für die Problematik der Überhitzung in den Bildungseinrichtungen. Doch es ist akuter Handlungsbedarf gegeben. Am zielführendsten für die Umsetzung von Kühlmaßnahmen sind daher politische Maßnahmen, so dass diesen Gebäuden finanzielle Mittel bzw. Förderungen (auf Bundes- und/oder Landesebene) zur Verfügung gestellt werden.

4.4 Allgemeine Anwendbarkeit

Für öffentliche Gebäude eignen sich unterschiedliche Arten der Kühlung. Die Rahmenbedingungen variieren von Gebäude zu Gebäude.

Folgend werden die Vor- und Nachteile der empfohlenen Kühlvarianten für öffentliche Gebäude näher beschrieben, welche die Nachtlüftung, ein Multisplitklimagerät mit und ohne Photovoltaikanlage und ein Lüftungsgerät mit Erdwärmetauscher sind.

Nachtlüftung über Fenster

Bei der Nachtlüftung über die Fenster eines öffentlichen Gebäudes, wird ein Luftaustausch über die geöffneten Fenster in der Nacht bzw. am Morgen herbeigeführt. Dies geschieht automatisiert mittels Fensterantrieben und einem Steuergerät, wobei hier auch meist Wind- und Regenwächter und eine Zeitschaltuhr installiert sind. Dabei muss beachtet werden, dass vorhandene Rolläden geöffnet bleiben, damit ein effektiver Luftaustausch stattfinden kann. Als Vorteil anzumerken sind, die geringen Anschaffungs- und Betriebskosten und keine Zugluft am Tag. Dahingegen sind negative Aspekte die begrenzte Kühlwirkung abhängig von der Außentemperatur, keine effektive Nutzung am Tag, keine aktive Kühlung und Entfeuchtung, sowie der Eintrag von Emissionen wie Staub. Ebenfalls sollte die Problematik eines geöffneten Fensters zuvor mit dem Versicherungsgeber abgeklärt werden, bezüglich Einbruch- und Wetterschäden, sowie eine gute Außenluftqualität und eine Schutzvorrichtung für Vögel und Insekten angebracht werden sollte.

Multisplitklimagerät

Bei einem Multisplitklimagerät wird die Raumluft aktiv gekühlt und entfeuchtet, wobei die Umsetzbarkeit sehr variabel und flexibel steuerbar ist. Jedoch sind Alternativen auf Grund von ökologischen und ökonomischen Gründen vorzuziehen. Es kann in jedem der einzelnen zu kühlenden Räume ein solches Gerät installiert werden, wobei diese unabhängig voneinander gesteuert werden können. Der Vorteil ist, dass diese Klimageräte die Luft aktiv kühlen und entfeuchten und eine hohe Kühlwirkung erzielen. Die hohen Wartungs- und Betriebskosten, ein benötigter Kondensatablauf und eine erhöhte Erkältungsgefahr bei falscher Bedienung, sind als negative Aspekte zu erwähnen. Ebenfalls dürfen die negativen ökologischen Auswirkungen nicht außer Acht gelassen werden, ebenso wie die wirtschaftliche Nachhaltigkeit, durch die hohen Energiekosten.

Multisplitklimagerät mit Photovoltaikanlage

Eine Photovoltaikanlage zusätzlich zu einem Multisplitklimagerät zu installieren, ist empfehlenswert, da dadurch nicht nur das öffentliche Gebäude gekühlt wird, sondern auch die Betriebskosten gesenkt werden. Ein Vorteil dieser Kombination ist, dass das Klimagerät die Innenräume variabel voneinander aktiv kühlen und entfeuchten kann, wobei gleichzeitig die benötigten Energiekosten durch die PV-Anlage zum Teil oder sogar vollständig gedeckt werden können. Weiters positiv zu betrachten ist, dass der produzierte Stromüberschuss in das Netz eingespeist und vergütet und damit ein Gewinn erzielt werden kann, wodurch auch eine reduzierte Abhängigkeit vom Stromanbieter erfolgt. Als Nachteil zu erwähnen sind die hohen Anschaffungskosten der PV-Anlage, sowie der Wartungsbedarf für das Klimagerät und ein zusätzlich

benötigter Kondensatablauf. Hier sollte die wirtschaftliche und ökologische Nachhaltigkeit genau betrachtet werden, da ein hoher Energiebedarf herrscht.

Dezentrales Lüftungsgerät

Ein dezentrales Lüftungsgerät regelt die ein- und ausströmenden Luft in ein Gebäude oder auch nur spezifische Räume und besitzt meist eine Wärme- und Feuchtigkeitsrückgewinnung. Hierbei können zusätzlich auch noch Filter, Kohlenstoffdioxidensoren und Bewegungsmelder integriert sein, um einen hygienischen Luftwechsel und das Eindringen von Tieren in den Lüftungsschacht zu verhindern. Signifikante Vorteile sind geringe Betriebskosten, ein hygienischer Luftwechsel und dass nicht das gesamte Gebäude in das Lüftungskonzept eingebunden sein muss. Negativ zu erwähnen sind, die hohen Anschaffungskosten und die Abhängigkeit der Kühlleistung von der Außenlufttemperatur, welche vorwiegend nur in der Nacht und am Morgen stattfinden kann.

Lüftungsgerät mit Erdwärmetauscher

Die Kombination eines Lüftungsgerätes mit einem Erdwärmetauscher ist eine Kühlmethode, bei welcher der geregelte Luftstrom in das öffentliche Gebäude abgekühlt wird. Dieser Erdwärmetauscher kann nicht nur zum Heizen, sondern auch zum Kühlen verwendet werden, sowie eine aktive Wärme- und Feuchtigkeitsrückgewinnung über das Lüftungsgerät stattfinden kann. Positive Aspekte dieser Kühlvariante sind niedrige Betriebskosten, eine aktive Kühlung der Luft und verringerte Heiz- und Kühlenergie durch eine mögliche Wärme- und Feuchtigkeitsrückgewinnung. Als Nachteil anzuführen sind, dass bei nicht vorhandener Feuchtigkeitsregelung, die Behaglichkeit trotz kühler Raumtemperaturen beeinträchtigt sein könnte und auf die Lufthygiene geachtet werden sollte. Die einströmende Luft in das Gebäude lässt sich entsprechen kühlen, jedoch kann durch einen geringen Luftvolumenstrom die Effektivität des Kühleffekts deutlich vermindert sein.

Folgend kann schlussgefolgert werden, dass die Nachtlüftung die einfachste und kostengünstigste Kühlmöglichkeit für öffentliche Gebäude ist, die auch mit sehr eingeschränkten Mitteln umgesetzt werden kann. Hierbei kann die tatsächliche Kühlwirkung nur teilweise minimal ausfallen. Ebenfalls nur eine beschränkte Wirkung kann das dezentrale Lüftungsgerät erreichen, wenn keine Feuchtigkeitsregelung und zusätzliche Kühlung der einströmenden Luft stattfinden, trotz der deutlich höheren Anschaffungskosten. Eine bessere Lösung wäre somit ein Lüftungsgerät in Kombination mit einem Erdwärmetauscher, wenn die benötigten Mittel vorhanden sind. Dahingegen sind Multisplitklimageräte die effektivste Lösung zur Kühlung eines Gebäudes, da sie die Innenraumluft aktiv kühlen und entfeuchten, jedoch aber auch hohe Wartungs- und Betriebskosten mit sich bringen. Somit wäre die Investition in eine Photovoltaikanlage zusätzlich zum Klimagerät sehr sinnvoll und Gewinn bringend, da dadurch nicht nur ein Teil oder der gesamte Strom des Multisplitklimageräts gedeckt, sondern auch Gewinne durch die Einspeisung des überschüssigen Stroms erzielt

werden können. Für diese Variante werden jedoch technische als auch finanzielle Mittel benötigt, was sich bei öffentlichen Gebäuden oft schwierig gestaltet.

5 Übergeordnetes Gesamtkonzept

Zusammenfassend kann erläutert werden, dass die Analyse dieser Gebäudetypen, sowie deren vorgeschlagenen Lösungsmethoden in technischen, ökonomischen und sozialen Aspekten, diverse Unterschiede und verschiedenste Anforderungen ausweisen. Die AHP-Methode bestätigt, dass die betroffenen bzw. entscheidenden Personen selbst, bedingt durch die verschiedenen Gebäudetypen eine große Varianz an Bedürfnissen und Anforderungen an die Kühlvarianten stellen. Hierbei haben das Bedürfnis nach einer Kühlung des Gebäudes und die Anforderung, dass es in einem bestimmten finanziellen Rahmen umsetzbar ist, meist die höchste Priorität.

Weiters ist es auch schwierig, einheitliche Lösungen für Gebäude allgemein zu definieren, da sich nicht nur die Bedürfnisse und Anforderungen unterscheiden, sondern auch die Bauweisen sehr variieren, von einem Neubau, Altbau, Holzriegelbau bis zu einem Massivbau. Dahingegen lassen sich bei der Betrachtung der einzelnen Gebäudetypen doch allgemein gültige Lösungsmöglichkeiten und -strategien anwenden. Denn bei der entsprechenden Kühlvarianten ist auch wichtig, dass sie einfach oder mit einem geringen Aufwand nachgerüstet werden können. Besonders bei älteren Gebäuden wurde bei der Planung und Errichtung oft nicht über eine Nachrüstung von Kühlgeräten oder auch die außenliegende Verschattung der Konstruktion oder von Glasflächen berücksichtigt. Dadurch erleiden diese Bauten oftmals einen hohen Wärmeeintrag, wodurch passive Kühlmöglichkeiten, die einfach umzusetzen und anzuwenden wären, meist nur eine zeitlich beschränkte Wirkung aufweisen, trotz der meist hohen Effektivität.

Bei bestimmten Gebäuden können Parallelen nachgewiesen werden, denn zum Beispiel sind Bürogebäude, die ein Teil der Betriebsgebäude sind, meist Wohngebäuden im Kühlbedarf und den Kühlmöglichkeiten ähnlich. Denn dort wird meist nur eine punktuelle Kühlung benötigt, bei einem meist geringen Raumvolumen. Dies ist auch teilweise mit öffentlichen Gebäuden vergleichbar, vor allem wenn es sich um kleinere Innenräume handelt, die einen erhöhten Kühlbedarf aufweisen, z.B. Klassenzimmer. Ebenfalls sind im Aspekt Kühlmöglichkeiten, große Räume von öffentlichen Gebäuden den Produktionshallen von Betrieben teilweise identisch, da dort große Luftvolumina mit meist geringem Aufwand gekühlt werden sollen. Dies sollte erfolgen, ohne dass sich die Mitarbeiter*innen unbehaglich fühlen oder erkälten, wobei bei diesem Vergleich die höheren Wärmelasten in Fertigungshallen vernachlässigt werden müssen.

Allgemein lässt sich erläutern, dass sich Kühlmöglichkeiten beim Bestandesbau deutlich schwieriger nachrüsten lassen als bei neueren bzw. Neubauten, wodurch die Auswahl dieser beschränkt in Bezug auf die Anforderungen sind. In eine bestehende Gebäudestruktur sind vor allem Kühlvarianten mit geringen baulichen Maßnahmen,

die auch noch kostengünstig sind, empfehlenswert, da diese einfach und meist den Forderungen entsprechend integriert bzw. nachgerüstet werden können. Diese Kühlmöglichkeiten sind beispielsweise Sonnenschutzfolien, ein Smarthomesystem, eine teilautomatisierte Nachtlüftung anhand von Ventilatoren, Nachströmöffnungen oder einer vorhandenen Brandschutzöffnungen oder auch die Verwendung eines energieintensiven und meist nicht nachhaltigen Multisplitklimageräts. Varianten, die sich weniger für die Nachrüstung empfehlen sind, eine Fußbodenkühlung mit Wärmepumpe, eine adiabate Kühlung, eine kontrollierte Wohnraumlüftung, ein Erdwärmetauscher oder ein Lüftungsgerät. Dies gestaltet sich signifikant schwieriger, da diese Kühlmethoden meist mit baulichen Maßnahmen und entsprechenden finanziellen Mitteln verbunden sind. Sehr empfehlenswert ist die Kombination einer Kühloption mit einer Photovoltaikanlage bei vorhandenen finanziellen Möglichkeiten, denn dadurch können die laufenden Betriebskosten deutlich verringert, eine rasche Amortisation der Anlage und die ökologische Nachhaltigkeit durch erneuerbare Energie, gefördert werden.

Es gibt diverse Limitationen, welche die Auswahl von Kühlmöglichkeiten deutlich einschränken, vor allem bei Produktionshallen. Denn bei diesen Fertigungshallen gestaltet sich eine flächendeckende Kühlung des gesamten Raumvolumens oft schwierig. Zum Teil fehlen hier auch noch technischen Möglichkeiten, welche auch wirtschaftlich vertretbar sind. Öffentliche Gebäude sind in dieser Hinsicht auch zu erwähnen, da dies oft relativ alte Bauten sind, die oft keine qualitativ hochwertige Bauweise aufweisen und selten bis kaum thermisch saniert wurden. Dadurch gestaltet es sich schwierig größere bauliche Änderungen vorzunehmen, ohne das gesamte Gebäude umbauen zu müssen, wodurch oft nur temporäre Lösungen ohne Gesamtkonzept angestrebt werden. Dies wird durch die beschränkten finanziellen Mittel, die meist nicht in der Verantwortung der betroffenen Personen liegen, negativ gefördert. Ebenso sind Wohngebäude in bestimmter Weise auch von limitierten Kühloptionen betroffen, da oft signifikante finanzielle oder bauliche Beschränkungen das Nachrüsten erheblich erschweren.

Dies führt anschließend gleich zum nächsten Aspekt, wie hoch die Investitions- und Betriebskosten für eine Kühloption im Vergleich zur Kühlleistung sein dürfen, damit dies nicht nur wirtschaftlich, sondern auch den Bedürfnissen und Anforderungen entsprechend ist. Hier muss berücksichtigt werden, dass es signifikante Unterschiede in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit bei Betriebs- und Wohngebäuden gibt. Denn Einfamilienhausbesitzer*innen sehen in einer Klimaanlage eine Lösung für ein Bedürfnis, das so relevant ist, dass der finanzielle und ökonomische Effekt nur eine untergeordnete Rolle spielt. Dies unterscheidet sich hingegen bei Unternehmen, da dort die Vorteile der Kühlung für die Produktion bzw. Produktivität der Mitarbeiter*innen, die Amortisation und Erzielung von Gewinnen im Mittelpunkt stehen. Es stellt sich nur auch des Öfteren die Frage, ob bei der Implementierung einer Kühlvariante mit signifikanten baulichen Maßnahmen, nicht eine gleichzeitige Sanierung des Gebäudes auch sinnvoll ist. Denn durch die Sanierung erhöht sich die Gebäudequalität signifikant, wodurch folgend meist nur mehr eine Kühlvariante mit

geringerer Leistung notwendig ist. Somit könnte ein doppelter positiver Effekt zur Kühlung bzw. im Winter auch zur Heizung des Gebäudes erzielt werden.

Folglich lässt sich ableiten, dass die passive Kühlung mittels Nachtlüftung sehr einfach und variabel für alle Gebäudetypen gestalten lässt und trotzdem als effektive und effiziente Maßnahme wirkt. Denn diese Kühlvariante besitzt nicht nur geringe Investitionskosten, sondern zeigt auch positive Aspekte gegenüber der wirtschaftlichen, aber auch ökologischen Nachhaltigkeit, da meist nur minimale Energiekosten benötigt werden. Durch die Nachtlüftung, mittels dezentralen Lüftungsgeräten oder auch Fensteröffnern, kann in öffentlichen aber auch Bürogebäuden der Kühlbedarf signifikant reduziert werden. Diese Kühlungsmethode ist bei Wohngebäuden zweitrangig, da die Bewohner in der Nacht beim Lüftungsvorgang zuhause sind und die Fenster händisch öffnen und schließen können, wodurch automatisierte Smarthomesysteme mit Handlungsempfehlungen als Alternative dienen. Die vorhandene Wärmepumpe kann auch zur Kühlung dienen. Für Produktionshallen ist dahingegen die passive Kühlung mittels Rauchgasentlüftung oder Nachströmöffnungen empfehlenswert, da eine hohe Kühlwirkung erzielt werden kann, mit minimalen Anpassungs- bzw. Umbauungsmaßnahmen. Bei Benötigung einer größeren Kühlwirkung bietet sich hier die adiabate Kühlung an, welche große Luftvolumina, mit geringen Betriebskosten abkühlen kann. Ebenfalls positiv sind hier anzumerken, dass die genannten Kühlvarianten ökologisch und wirtschaftlich nachhaltig sind und somit einem konventionellen Kühlgerät vorgezogen werden sollten.

Zukünftig wird ein intelligenter und vorausschauender Baustil für Neubauten immer wichtiger, in Bezug auf die steigenden Temperaturen und den vermehrten Kühlbedarf, sowie das Potential zum Energiesparen. Denn damit kann ein spezifischer Wärmeeintrag in das Gebäude direkt verhindert, aber auch die Speicherung von Wärme garantiert werden. Hierbei sollte über die Implementierung von großflächigen Glasflächen und Fenstern und der Verschattung des Gebäudes besonders intensiv nachgedacht werden. Ebenfalls trägt eine massive Gebäudekonstruktion oder ein gut gedämmtes Bauwerk zur Existenz von Speichermassen und damit der signifikant langsameren Erwärmung im Sommer bzw. Speicherung von Wärme im Winter bei. Weiters wird vor allem in Städten die Errichtung von Kühlsports immer wichtiger, damit allen Personengruppen ein Rückzugsort an kühle Orte in den heißen Sommermonaten gewährt wird, falls dies in ihren Wohngebäuden nicht der Fall sein sollte.

Schlussfolgend lässt sich sagen, dass es derzeit einheitliche Kühllösungen für bestimmte Gebäudetypen gibt, wie beispielsweise die passive Nachtlüftung, die in jedem Gebäude angewendet werden kann. Ebenso haben sich konventionelle Maßnahmen bewährt und können als Ausgangspunkt dienen, wobei der ökologische und nachhaltige Aspekt hier genau betrachtet werden sollte. Es ist wichtig, jedes Gebäude individuell zu betrachten, um eine Kühlvariante zu wählen, die den spezifischen Bedürfnissen und Anforderungen entspricht. Insbesondere sollte zuerst eine passive Kühlvariante gewählt werden, bevor eine meist Energieintensive aktive Kühlung in ein

Gebäude installiert wird, da diese passiven Methoden oft bereits eine ausreichende Kühlwirkung aufweisen. Ebenfalls erweist sich die Kombination von verschiedenen aktiven Kühlvarianten mit erneuerbarer Energie als äußerst empfehlenswert und kann zu einer nachhaltigen und effizienten Klimatisierung beitragen.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fa. Vulcolor Naturfarben GmbH.....	2
Abbildung 2: Guttomat Sektionaltore GmbH.....	4
Abbildung 3: Messung der Temperaturen im September 2020 bei der Fa. Guttomat ..	4
Abbildung 4: Auto Doczekal GmbH.....	5
Abbildung 5: Vorschlag für Nachtlüftung Vulcolor Farben GmbH	7
Abbildung 6: Vorschlag für adiabate Kühlung Guttomat Sektionaltore GmbH	9
Abbildung 7: Sonnenschutzfolie bei Auto Doczekal	10
Abbildung 8: Prinzip Adiabate Kühlung (Infranorm.com)	15
Abbildung 9: Einfamilienhaus Doczekal.....	18
Abbildung 10: Wohnhausanlage Krottendorf	19
Abbildung 11: Einfamilienhaus Scher-Deutsch	20
Abbildung 12: Einfamilienhaus Doczekal: Klimagerät in Verbindung mit einer PV-Anlage	22
Abbildung 13: Homee Smart Home System zur teilautomatisierten Nachtlüftung	29
Abbildung 14: PV-Anlage auf dem Einfamilienhaus Doczekal.....	30
Abbildung 15: Voll automatisierte Beschattung (zeitabhängig, Sonnenuntergang, Lamellenwinkel)	32
Abbildung 16: Kindergarten Güssing.....	33
Abbildung 17: Das Gebäude des BORG in Güssing	35
Abbildung 18: Feuerwehrhaus Güssing.....	36
Abbildung 19: Nachtlüftung im Kindergarten Güssing	38
Abbildung 20: Dezentrales Lüftungsgerät im BORG Güssing	40
Abbildung 21: Freiluftklasse im BORG Güssing.....	41

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Crowdfunding Modellen	44
Tabelle 2: Merkmale von Finanzierungsleasing und Operating Leasing (anhand von und)	46