



ZERO WASTE SPACE



RECHTS:
PROJEKT
ZERO WASTE SPACE

Abschlussbericht Zero Waste Space vorgelegt von Dipl. Ing. Arch. Sabine Schlüter

Der Zero Waste Space ist ein Muthesiusprojekt der Muthesius Kunsthochschule.

Initiiert und umgesetzt wurde das Projekt von Dipl. Ing. Arch. Sabine Schlüter im Fachbereich Design bei Prof.in Dr. Bettina Möllring, begleitet vom Muthesius Transferpark.



(FOTO © TANJA LÜCKER)

muthesius
kunsthochschule

EK SH
Gesellschaft für
Energie und Klimaschutz
Schleswig-Holstein

gefördert durch
FONDS
NACHHALTIGKEITSKULTUR
ein Projekt des
N Rat für
NACHHALTIGE
Entwicklung

Kiel. Sailing. City.
Kiel

INHALTSVERZEICHNIS

1. KURZPORTRAIT	(SEITE 1)
2. ZUSAMMENFASSUNG	(SEITE 2)
3. EINLEITUNG	(SEITE 5)
4. UMSETZUNG ZERO WASTE SPACE	(SEITE 8)
5. TRANSPORT	(SEITE 10)
6. WASSERKREISLAUF ZERO WASTE SPACE	(SEITE 12)
7. ENERGIEKONZEPT ZERO WASTE SPACE	(SEITE 18)
8. MONITORING, ERSTELLT VON INGENIEURBÜRO EBÖK GMBH	(SEITE 23)
9. ÖKOBILANZIERUNG	(SEITE 58)
10. ERGEBNIS, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	(SEITE 63)
11. SPONSOREN UND UNTERSTÜTZER	(SEITE 65)



Sabine Schlüter Zero Waste Space

Kurzportrait:

Nach mehreren Jahren Berufserfahrung in der Architektur entschloss sich Sabine Schlüter das Projekt Zero Waste Space an der Muthesius Kunsthochschule zu initiieren, um neue Impulse zum Thema „Nachhaltigen Bauens“ zu setzen.

Bereits während der Projektlaufzeit gab es ein reges Interesse der Öffentlichkeit, einige Veröffentlichungen und Vorträge über das Projekt.

Im Jahr 2019 erhielt das Projekt Zero Waste Space einen der fünf vergebenen Nachhaltigkeitspreise der Stadt Kiel zum nachhaltigen Wohnen.

Auf das Projekt Zero Waste Space folgte der Zero Waste Info- Point, der im März 2022 in der Kieler Innenstadt von Frau Schlüter und ihren Kooperationspartnern aufgebaut wurde und dort für 4 Monate blieb.

ZUSAMMEN- FASSUNG

»Zero Waste«
 »Ressourcenverbrauch«
 »Reduzierung«
 »Kreislaufwirtschaft«
 »CO₂-Freisetzung im Bauwesen«
 »nachwachsende Baustoffe«

Zusammenfassung:

Der Zero Waste Space ist ein kleines Haus, das nach den Grundsätzen von Zero Waste geplant und umgesetzt wurde.

Der Leitgedanke des Projektes ist, dass es für ein nachhaltiges Handeln und Bauen nicht ausreicht, alle Produkte nur im Kreislauf zu führen, sondern eine Reduzierung von endlichen Rohstoffen dringend notwendig ist, um Ressourcen, Abfälle und Energie einzusparen.

Es wurde ein Gebäude entwickelt, das nicht nur im Herstellungsprozess, sondern auch bei der alltäglichen Nutzung wenig Abfall entstehen lässt und in den Hochbau skalierbar ist.

Grundlage für das Projekt war die Zero Waste Pyramide von Bea Johnson. In einem einfachen Schema, werden fünf zentrale Punkte zusammengefasst.

Zero Waste Pyramide - Skizze

Refuse:

ablehnen, was wir nicht brauchen.

Reduce:

reduzieren, was wir brauchen aber nicht ablehnen können.

Reuse:

wiederverwenden, was wir verbrauchen aber nicht ablehnen oder reduzieren können.

Recycle:

was wir nicht ablehnen, reduzieren oder wiederverwenden können.

Rot:

der Rest wird kompostiert.

Übersetzung Verein Zero Waste Kiel e.V.

Der Grundgedanke von Zero Waste basiert darauf, erst gar keinen Abfall entstehen zu lassen, wodurch direkt Ressourcen und Energie eingespart werden.

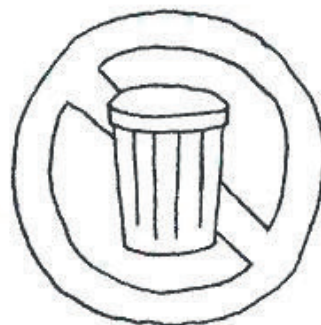
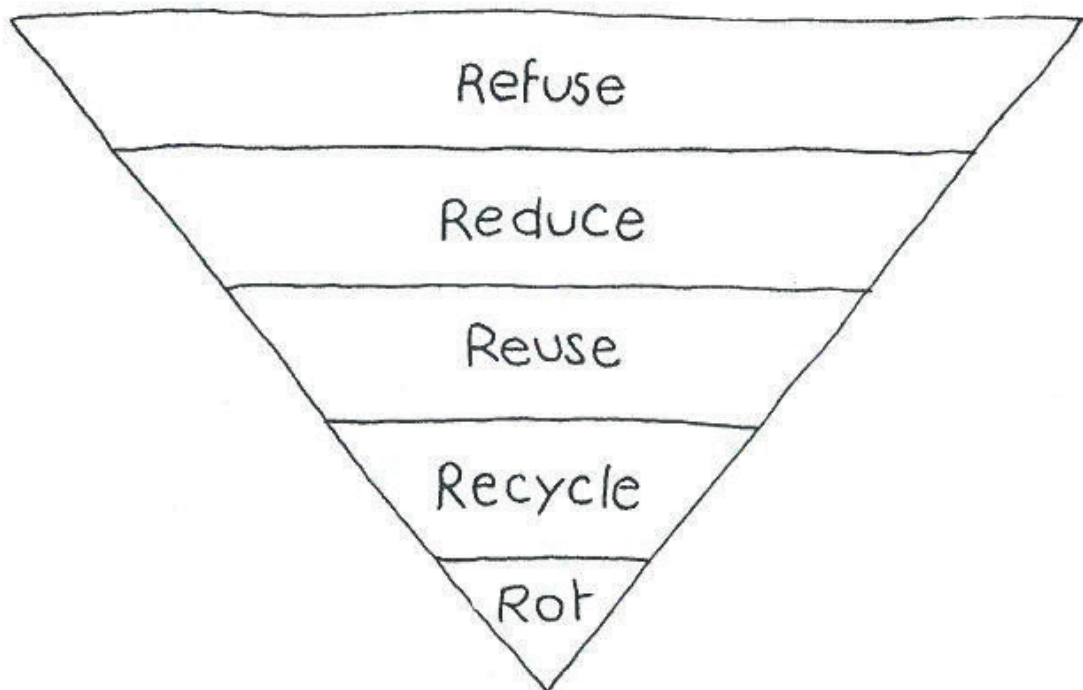
„Der beste Abfall ist der, der gar nicht erst entsteht! „

(Verein Zero Waste Kiel e.V.)

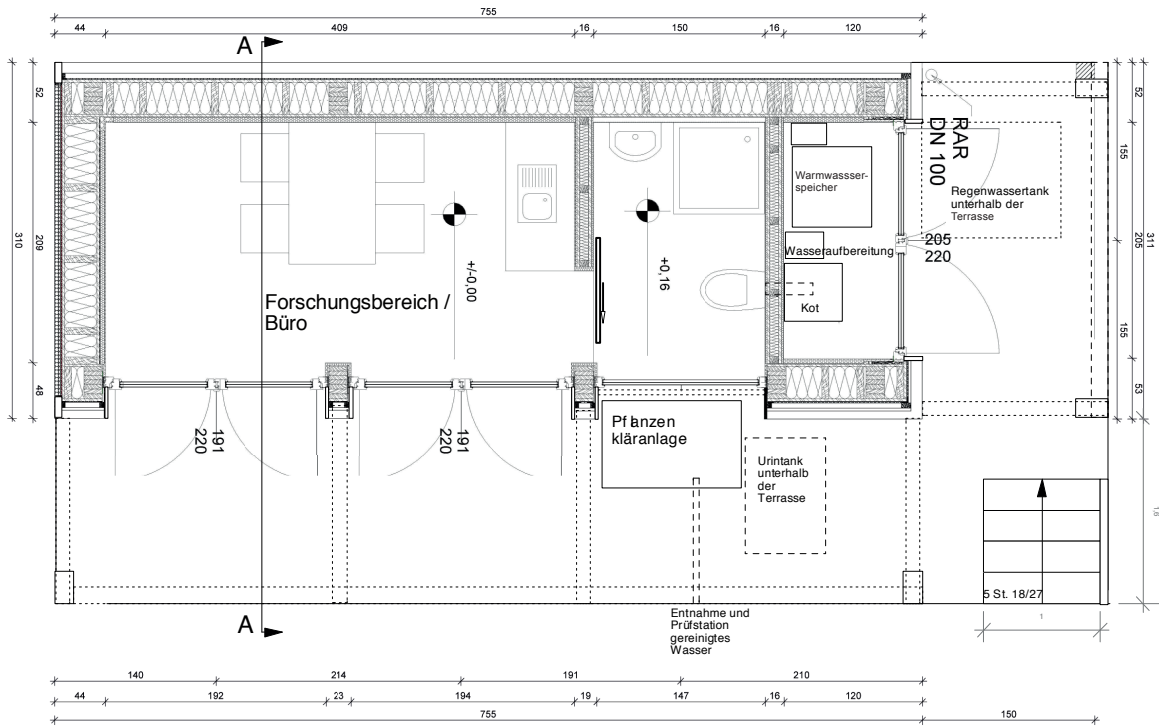
RECHTS:
 ZERO WASTE
 PYRAMIDE
 BEA JOHNSON

ZERO WASTE PYRAMIEDE

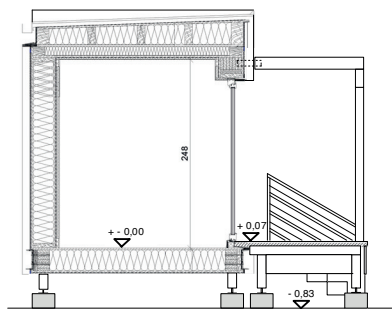
»Refuse«	Ablehnen
»Reduce«	Reduzieren
»Reuse«	Wiederverwenden
»Recycle«	Recyclen
»Rot«	Verrotten



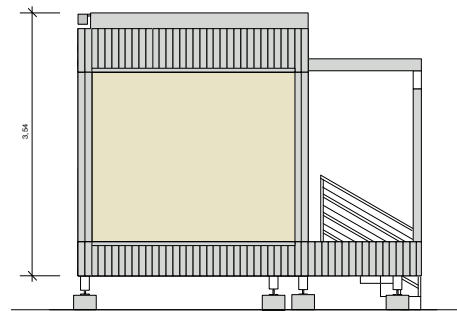
GRUNDRISS



Grundriss



Schnitt A - A



Westfassade
mit Lehmputz und
vorvergrauter Holzschalung

EINLEITUNG

Obwohl es im letzten Jahr zu einem starken Rückgang des Erdgasverbrauchs kam, verfehlt der Gebäudesektor laut „Agora Energiewende“ im Jahr 2022 erneut die Klimaschutzziele. 113 Millionen Tonnen CO₂ – Emissionen und damit 5 Tonnen mehr als ursprünglich geplant, fielen im Jahr 2022 für den Gebäudesektor an.

Damit gehört die Bauwirtschaft, neben dem Verkehr, zu den Sektoren, die das Ziel einer CO₂- Reduzierung seit Jahren nicht erreicht.

Es scheint, als stecke die Bauwirtschaft in einer Sackgasse. Die bisher nachhaltigen Labels und Zertifizierungssysteme erwecken den Eindruck nicht auszureichen, wenn es um den Schutz der endlichen Ressourcen und einer Reduzierung der CO₂ - Emissionen aus der Bauwirtschaft geht. Das Bauen benötigt nach wie vor enorme Ressourcen.

„ Der europäische Bausektor verbraucht derzeit etwa 50% der natürlichen Ressourcen, 40% der Energie und 16% des Wassers. Zudem verursacht das Bauwesen rund 60% aller Abfälle.“

Zu dieser erschreckenden Bilanz kamen im Jahr 2010 Thilo Ebert, Nathalie Essig und Gerd Hauser.

Bereits seit einem Jahrzehnt stagnieren diese Zahlen und bisher konnten Zertifizierungssysteme, Energiesparmaßnahmen und effizientere Heizungsanlagen keine großen Erfolge erzielen, um diese

Zahlen zu verbessern. Die Ursachen dafür sind mit Sicherheit vielfältig, aber eine Wesentliche wird sein, dass ein gelabeltes Gebäude nicht zwangsweise bedeutet, dass es auch nachhaltig und ressourcenschonend erstellt wurde.

Eine weitere Problematik besteht darin, dass die Graue Energie bisher kaum eine große Rolle bei der Erstellung eines Gebäudes spielt.

Mit dem Projekt Zero Waste Space wurde deshalb insbesondere der Frage nachgegangen, wie das Aufkommen der für den Bau benötigten Ressourcen, deren Distribution, sowie deren Energieverbräuche im Herstellungsprozess (Graue Energie), die Recyclingfähigkeit und der Entsorgungsaufwand im Zusammenhang stehen.

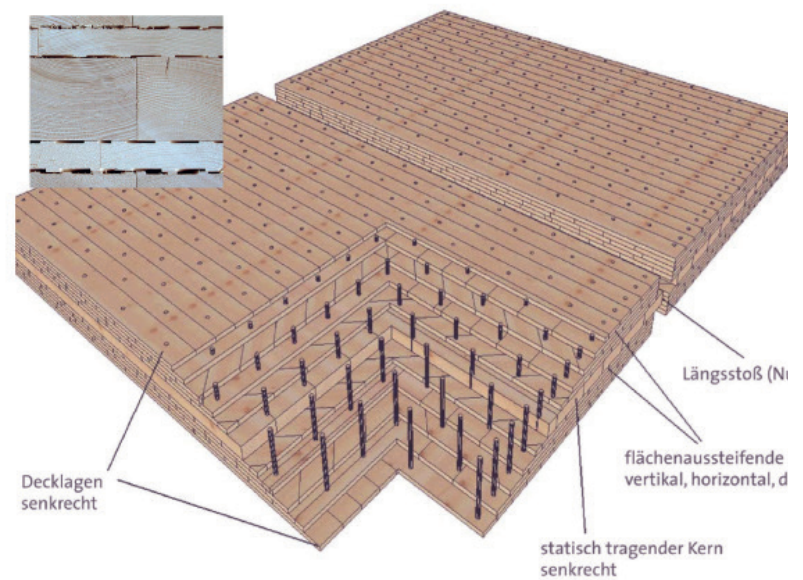
Gleichzeitig soll abgeschätzt werden wie stark Gebäude aus nachwachsenden Baustoffen dazu beitragen, die Energiewende zu schaffen, einen Ressourcenschutz zu gewährleisten und Abfälle aus der Bauwirtschaft zu reduzieren.

LINKS:
GRUNDRISS
ZERO WASTE SPACE
CONTAINER

UMSETZUNG ZERO WASTE SPACE

- Holzrahmenkonstruktion
- unter Druck eingeblasene gereinigte Strohhäcksel­dämmung
- Rauschalung auf beiden Seiten
- einem Lehmflachsvlies auf beiden Seiten
- einem Lehmputz zwischen 2-4,5 cm auf der Innen- und Außenseite.





Konstruktion

Für die Umsetzung war es wesentlich passende Kooperationspartner zu finden, die eine Bauweise bzw. Technik passend zur Zero Waste Thematik anbieten. Gebäude bestehen meist zu ca. 50 Prozent aus der tragenden Grundkonstruktion und zu 50 Prozent aus Technik und Ausbau. Von der richtigen Wahl der Grundkonstruktion hängt also entschieden ab, wie nachhaltig ein Gebäude wird. Die Anforderungen an eine Zero Waste Konstruktion sind komplex. Entsprechend der Zero Waste Pyramide geht es hierbei im ersten Schritt darum, die Bauabfälle und insbesondere den Einsatz von endlichen Ressourcen wie Sand, Erdöl usw. zu vermeiden. Denn die Bauwirtschaft ist mit einem Anteil von 60 % am europäischen Abfallaufkommen beteiligt. Hierbei handelt es sich nur um den sichtbaren Abfall. Der nicht sichtbare, aber messbare Abfall beim Bauen entsteht in Form von CO₂-Emissionen. Die Zero Waste Konstruktion für den Zero Waste Space sollte beim späteren Rückbau gut zu recyceln sein und während des Herstellungsprozesses sollte nur wenig graue Energie entstehen. Für die Grundkonstruktion des Zero Waste Space kamen dabei zwei Bauweisen in Frage. In der ersten Überlegung wurde angedacht, das Projekt in einer unverleimten

Vollholzbauweise zu errichten. Für die Vollholzbauweise werden einzelne Brettlagen im rechten Winkel aufeinander gestapelt und mit Holzdübeln fixiert, bis die gewünschte statische Wandstärke erreicht wird. Auf der Außenseite der Vollholzwände wird, in der Regel, eine Dämmung aus Holzwole und eine Fassade aus Holz aufgebracht. Die Vollholzbauweise ist monolithisch und hat wenige verschiedene Wandschichten, wodurch der Planungsprozess oft einfacher ist als bei anderen Holzkonstruktionen. Als zweite Variante stand die von Fa. Lopas entwickelte und zertifizierte Wand-Modulbauweise zur Wahl. Firma Lopas mit Sitz in Österreich entwickelt modulare Holzrahmenwände ohne zusätzliche Kunststofffolien, dafür aber mit einem vorgefertigten Lehmputz, der einzigartig ist. Zudem setzt sich Firma Lopas für neue Transportmöglichkeiten mit der Bahn ein. Dies ist wichtig, um den positiven Fußabdruck der nachhaltigen Bauweise durch den Transport nicht wieder zu zerstören. Schlussendlich fiel die Wahl für die Konstruktion des Zero Waste Space auf die von Fa. Lopas entwickelte modulare Bauweise. Die einzelnen Bauelemente Dach, Decke und Wände wurden dafür im Werk von Firma Lopas in der Slowakei vorgefertigt und zusammen gesetzt.

Die Wände bestehen aus einem Holzrahmen, in dem Strohäcksel eingeblasen werden. Mit einer aussteifenden Holzschalung werden die Rahmen geschlossen. Ein über die komplette Konstruktion gelegtes, mit Lehm geschlämtes Flachsvlies, schließt die Bauweise luftdicht ab. Die Konstruktion erhält damit seine Luftdichtigkeit und Dampfsperre mit natürlichen Baustoffen. Veredelt wird die Wand zum Abschluß auf der Innen- und Außenseite mit einem Lehmputz von ca. 1-2 cm Stärke. Im Bereich der Wandheizung wurde der Lehmputz 4 cm stark aufgebracht. Durch den gewählten Wandaufbau aus nachwachsenden Ressourcen, konnte CO₂ direkt gespeichert werden.

(Detail Fa. Lopas siehe vorherige Seite)

1. Die Wände in Fertigteilbauweise von Lopas sind ein Verbundsystem bestehend aus:

- einer Holzrahmenkonstruktion
- unter Druck eingeblasener gereinigter Strohäcksel-Dämmung
- einer Rauschalung auf beiden Seiten
- einem Lehmflachsvlies auf beiden Seiten
- einem Lehmputz zwischen 2-4,5 cm auf der Innen- und Außenseite.

Aufgrund seiner Masse hat der Lehm eine hervorragende Speicherfähigkeit und kann somit die Wärme der eingebauten Heizungsrohre sehr gut speichern. Auch gibt er nach dem Ausstellen der Heizung für längere Zeit die gespeicherte Wärme von der Wand in den Raum ab. Die Wände entsprechen den Anforderungen des Passivhausstandards und der gängigen Feuerwiderstandsklasse F90. Das mit Druck eingeblasene Strohhäcksel und der damit geringe Lufteinschluss, sowie der aufgebrachte Lehmputz ermöglichen den guten Brandschutz.

Das Stroh, als Abfallprodukt aus der Landwirtschaft, ist zudem ein enorm guter CO₂-Speicher und hat gegenüber dem deutlich langsamer wachsenden Holz den großen Vorteil, dass es innerhalb eines Jahreszyklusses wächst und geerntet werden kann.

Der Lehm bietet den großen Vorteil eine Konstruktion luftdicht abzuschließen, wodurch keine Innenraumwärme verloren geht, aber trotzdem ein Feuchtigkeitsausgleich innerhalb der Konstruktion stattfinden kann, falls Feuchtigkeit in die Konstruktion eindringen sollte.



(FOTO © LOPAS)



(FOTO © LOPAS)



(FOTO © LOPAS)

NACH- WACHSENDE BAUSTOFFE SENKEN CO₂

Lehm zeigt gegenüber anderen Putzen zudem ein sehr günstiges Verhalten Feuchtigkeit aus der Raumluft aufzunehmen und bei zu trockener Raumluft die gespeicherte Feuchtigkeit wieder an die Umgebung abzugeben.

Ein Kalkzementputz, der üblicherweise für den Wohnungsbau verwendet wird, ist hingegen kaum in der Lage Raumfeuchte aufzunehmen. Im Vergleich kann der Gipsputz Feuchtigkeit zwar sehr gut aufnehmen, gibt diese aber wieder schlechter ab. An der östlichen Fassade des Zero Waste Space



(FOTO © LOPAS)

wird der Lehm als 4 cm starker Gusslehm an der Außenfassade getestet. Dafür wurde eine Schalung gebaut, in die der Lehm schichtweise hineingegeben wurde. Die Stabilität entstand durch einen äußeren Rüttelvorgang. Ähnlich wie beim Stampflehm, bringt hierbei das äußere Rütteln den Lehm in eine stabile Form.

Der Lehm wird dem Zero Waste Anspruch gerecht, weil er nach seiner Nutzung wieder in den Stoffkreislauf eingebracht werden kann. Nach der Nutzung kann Lehm seine ursprüngliche Ausgangsform wieder erlangen, wenn keine Zusätze dazu gegeben und der Lehm nicht gebrannt wurde. Das kann kein anderer mineralischer Baustoff. Klinker oder Beton beispielsweise können ihre stoffliche Ausgangsform nicht wieder erreichen und können nur noch ein Downcycling erfahren und landen schließlich als Schotterzuschlag im Straßenbau.

TRANSPORT

und die CO₂ Bilanz

Um die positive CO₂-Bilanz des Zero Waste Space beizubehalten, wurde das Projekt mit der Bahn im Anhalterverfahren über insgesamt 6 Wochen von der Slowakei nach Norddeutschland in den „Port of Kiel“ gebracht.

Von dort aus ging es dann mit einem Schwertransport zur Lindenau Werft, wo das Dachmodul von Fa. Lopas montiert wurde. Die Fassade, das Dach und ein Teil des Ausbaus erfolgte ebenfalls in der Lindenau Werft.



(FOTO © LOPAS)



(FOTO © TANJA LÜCKER)



(FOTO © TANJA LÜCKER)



(FOTO © TANJA LÜCKER)



(FOTO © TANJA LÜCKER)

WASSER- KREISLAUF

*Zero Waste,
Ressourcenverbrauch*

Wasserkreislauf Zero Waste Space

Bei dem Wasserkonzept ging es im Sinne von Zero Waste darum, keine Abfälle durch die häusliche Nutzung in Form von Abwasser entstehen zu lassen und Trinkwasser nicht durch Fäkalien zu verschmutzen. Zudem ging es auch darum, das Thema Wasserknappheit zu thematisieren.

Wasserknappheit und verunreinigtes Wasser bedrohen laut UNICEF bereits 3,6 Milliarden Menschen. Mit dem voranschreitenden Klimawandel steigt die Zahl der Menschen, die für eine bestimmte Zeit im Jahr für längere Periode unter Wasserknappheit leiden. Mittlerweile sind davon auch europäische Länder, wie Italien betroffen, deren nördlichen Regionen aufgrund von Wasserknappheit im letzten Jahr schlechtere Ernten einführen und die Wasserversorgung in Supermärkten nicht mehr ausreichte, um Bevölkerung und Touristen zu versorgen.

Trinkwasser ist ein Menschenrecht mit dem es gilt, sorgsam umzugehen. Insbesondere die westliche Welt verbraucht jedoch durch ihr abnormes Konsumver-

halten sehr viel Wasser.

Für die Herstellung eines Kleinwagens werden schätzungsweise 45 000 Liter Trinkwasser benötigt, bei einer Jeans sind es ca. 11 000 Liter und für 1 kg Rindfleisch werden 15 000 Liter benötigt. In der Bauwirtschaft werden aktuell 16% des bereit gestellten Trinkwassers in Europa von der Bauwirtschaft genutzt.

Angesichts dieser Krise scheint das heutige Toilettenkonzept überholt. Bereits 1596 wurde das erste Wasserklosett von Sir John Harington erfunden und 1775 entwickelte Alexander Cummings das erste patentierte Wasserklosett mit Siphon. Vor ca. 150 Jahren wurde das wassergeführte WC mit seinen Rohrleitungen als Standard in das Bauen eingeführt.

Seitdem ist viel Zeit vergangen, ohne das es zu einer wesentlichen Weiterentwicklung des Toilettensystems gekommen ist. Angesichts der verstärkten weltweiten Wasser- und Phosphor-Verknappung kommt es jedoch mittlerweile zu einem Umdenken. Es gibt Konzepte, wie von dem Design Büro E00S aus Wien, bei dem der Urin von den Feststoffen getrennt gesammelt wird. Dafür wird allerdings beim Bau eines Gebäudes ein zweites Abflussrohr notwendig.

Die im Zero Waste Space hingegen verbaute Toilette trennt ebenfalls Feststoffe und Urin, ist aber nicht wassergeführt. Die Feststoffe werden dabei mechanisch durch ein Förderband in einen Auffangbehälter bewegt. Der Auffangbehälter wäre, gegenüber einer handelsüblichen Komposttoilette, im Geschossbau stapelbar. Der Urin wird separiert über ein Rohr abgeführt und könnte so für die Gewinnung von Dünger genutzt werden.

RECHTS:
Toilette im
Zero Waste Space



Menschlicher Urin wird bereits von der Firma Vuna in der Schweiz als Dünger auf Feldern aufgebracht. Dafür wird der Urin so stark destilliert, dass alle als schädlich geltenden Bestandteile aus dem Urin zerstört werden. Im Hinblick auf die weltweite Knappheit von Phosphor bietet destillierter Urin eine mögliche Alternative für den Dünger der Zukunft. Geförderte Forschungsprojekte zu dem Thema gibt es von Prof. Jörg Londong, Professur Siedlungswasserwirtschaft an der Bauhaus-Universität Weimar.

Das Wasserkonzept sah vor, hauptsächlich vom Dach gesammeltes Regenwasser zu verwenden. Dafür wurde das Wasser in einem gedämmten Wassertank oberirdisch neben dem Zero Waste Space gesammelt. Bevor das Wasser aus dem Regenwassertank mit einer elektrischen Pumpe in den Wasserkreislauf des Zero Waste Space gelangte, sollte es im Technikraum von einem Sedimentfilter und einer UV-Leuchte so aufbereitet werden, dass das Regenwasser Trinkwasserqualität erhielt.



Im Sommer 2022 wurden Wasserproben genommen, die ergaben, dass diese Art der Wasseraufbereitung nicht die gewünschte Qualität erreichte.

Daraufhin wurde das System umgeschossen und der Zero Waste Space wird seit dem ausschließlich von einer öffentlichen Wasserleitung gespeist.

Das entstandene Grauwasser aus Küche und Bad wurde mit einer Pflanzenkläranlage gereinigt.



(FOTO © TANJA LÜCKER)

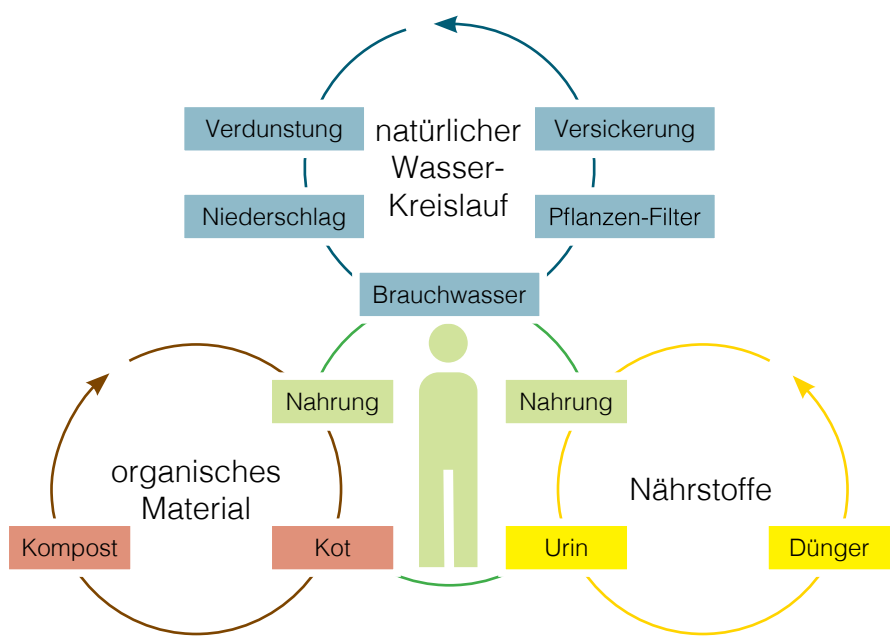
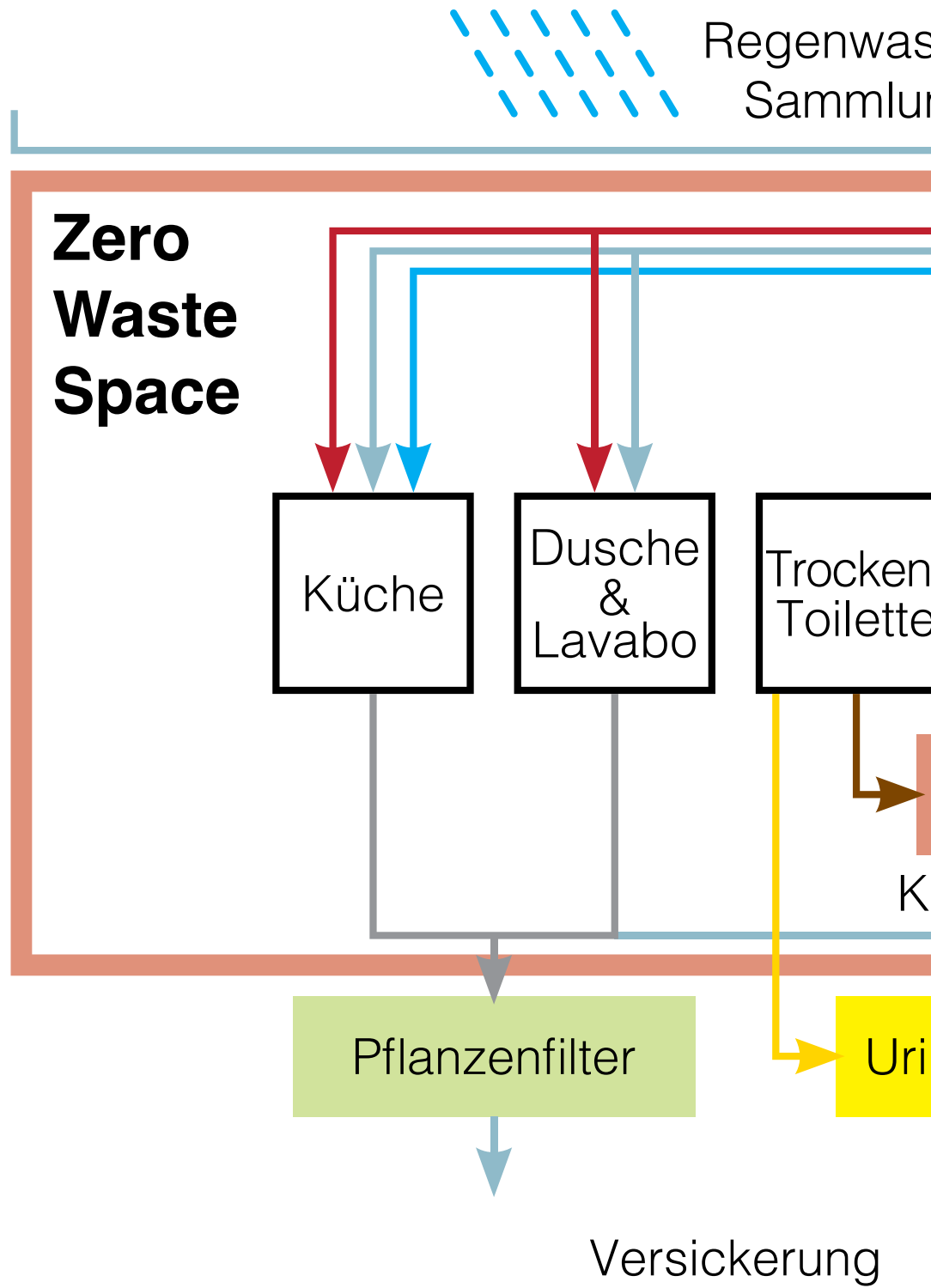


Abbildung Wasserkreislauf Fa.Vuna

WASSER- KREISLAUF



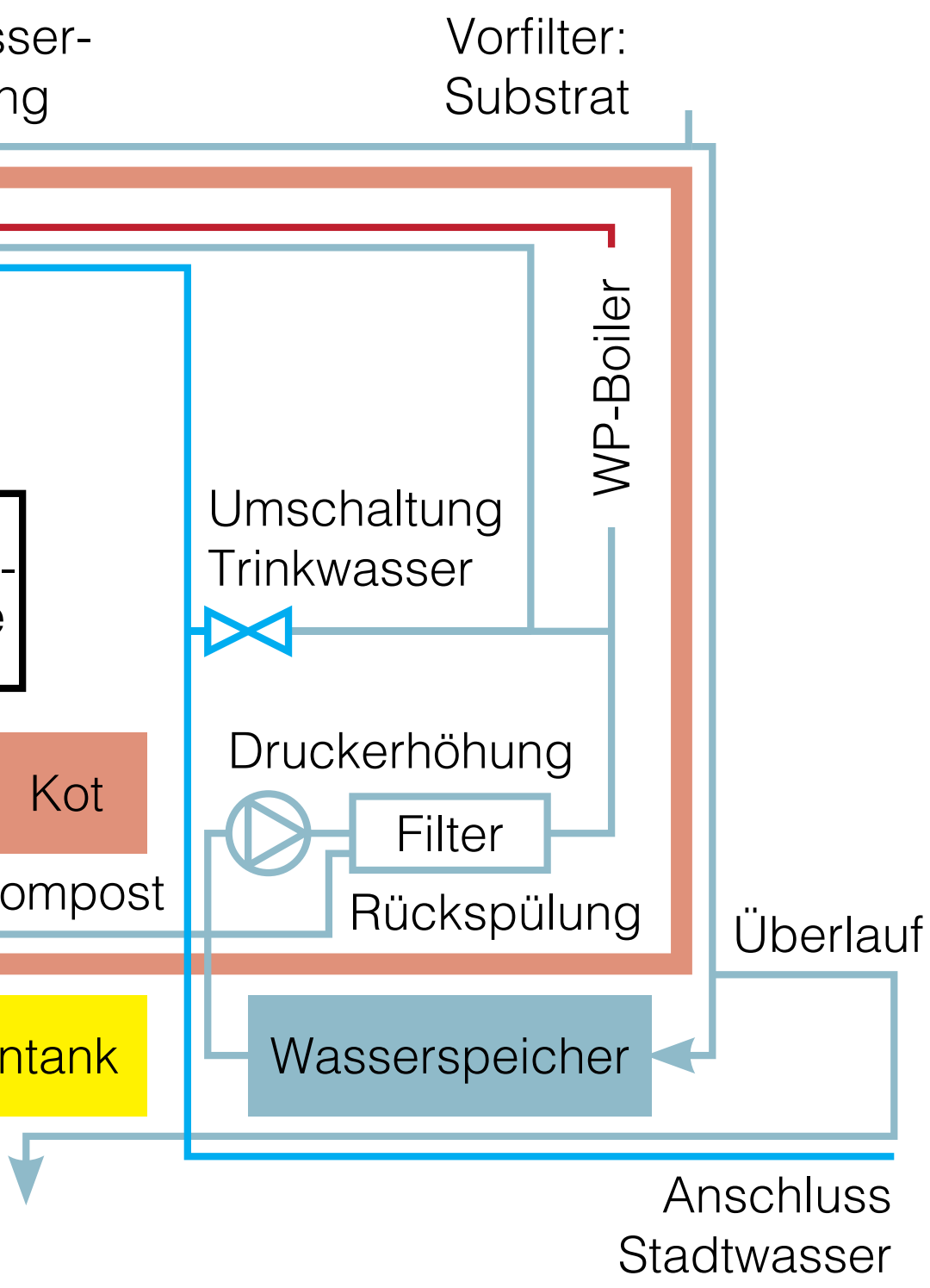
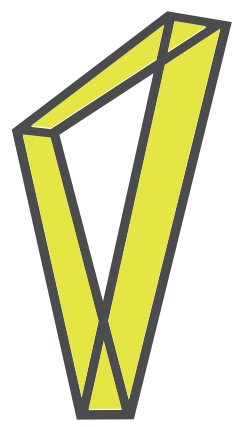


Abbildung Wasserkreislauf Fa.Vuna

ENERGIE- KONZEPT

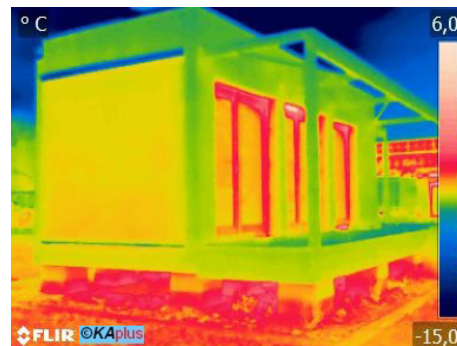
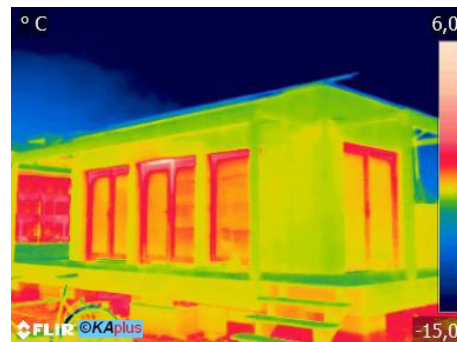
ZERO WASTE SPACE

Energiekonzept Zero Waste Space

Bei dem Zero Waste Space handelt es sich um ein Gebäude mit Passivhauskomponenten. Wände, Dach und Bodenplatte sowie die verbaute Verglasung entsprechen den Vorgaben einer Passivhausbauweise. Damit ein Passivhaus effizient arbeiten kann, bedarf es nicht allein der richtigen Konstruktion und Haustechnik, sondern auch einer entsprechenden Ausrichtung des Gebäudes nach Süden. Der nach Süden ausgerichtete Zero Waste Space nutzt im Winter die flacher stehende Südsonne für die Erwärmung des Wohnbereichs. Im Sommer gelangt die höher stehende Sonne dann nicht mehr so stark in den Wohnbereich und wird zusätzlich durch ein außen angebrachtes Verschattungselement abgeschildert. Eine Überhitzung des Wohnbereichs im Sommers wird so vermieden. In der Passivhausbauweise ist wesentlich, dass das Gebäude luftdicht abgeschlossen ist und durch eine besonders starke Wärmedämmung vermieden wird, dass von innen Wärme aus dem Gebäude entweichen kann. Der notwendige Energieaufwand für ein

Passivhaus ist insgesamt deutlich niedriger, als bei herkömmlichen Bauweisen. Nachteil ist der teilweise deutlich stärkere Wandaufbau der Außenwände. Beim Zero Waste Space sorgt das mit Lehm beschichtete Flachsvlies für die entsprechende Luftdichtigkeit. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist, dass die Wände, die Bodenplatte und die Decke sehr gut gedämmt sind und keine Wärme nach außen abgegeben wird.

Die Bildern der Wärmebildkamera zeigen, wie gut die Wärme im Zero Waste Space gehalten wird. Würde Wärme aus dem Gebäude austreten, wäre diese von der Wärmebildkamera blau dargestellt worden. Das Bild zeigt jedoch nur rote und gelbe Farbtöne und beweist damit, wie gut die von Fa. Lopas entwickelte Gebäudehülle funktioniert. Die Bilder wurden Ende Dezember 2021 von Ing. Büro KAplus erstellt.





(FOTO © TANJA LÜCKER)

Ein weiteres wichtiges Thema der Passivhausbauweise ist eine mechanische Be- und Entlüftung. Dabei wird die Luft, die von außen in das Gebäude hineingeholt wird durch die mit CO₂ angereicherte Abluft vorgewärmt. So gelangt frische Luft in die Räume, ohne diese herunter zu kühlen. Dadurch wird direkt Energie eingespart.

Im Sinne der Zero Waste Strategie wurde ein effizientes und energiesparendes Lüftungsgerät mit einer einfachen mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung installiert.

Für die Wärmeversorgung wurde entschieden eine umschaltbare Wärme-

pumpe zu wählen, die das Gebäude nicht nur mit Wärme versorgt, sondern auch die Möglichkeit bietet, das Gebäude bei den aktuell immer heißer werdenden Sommermonaten zu kühlen.

Der PV-Strom am Tag treibt die Wärmepumpe an und wird für die Stromversorgung im Gebäude genutzt. Auf ein Batteriesystem wurde zugunsten eines kleinen Wasserpufferspeichers verzichtet.

Derzeit ist die Umweltbelastung in Herstellung, Ressourcenabbau und Entsorgung bei der kurzen Lebensdauer der Akkus/Batterien relativ hoch und entspricht nicht dem angewendeten Zero Waste Konzept für Gebäude.

Das gesamte Energiekonzept wurde durch ein Monitoring dokumentiert, um eine abschließende Evaluation zu gewährleisten. Dabei zeigte sich, dass ein Großteil des erzeugten Stroms ins öffentliche Netz eingespeist wurde und vor Ort nur wenig Strom benötigt wurde.



(FOTO © TANJA LÜCKER)







Seite 23 – 59 Energiemonitoring
erstellt und ausgearbeitet von der Firma
ebök GmbH



ebök Gesellschaft mbH
Schellingstraße 4/2
72072 Tübingen
Telefon 0 70 71 93 94 0
Telefax 0 70 71 93 94 99
mail@eboek.de
www.eboek.de

ENERGIEMONITORING

ZWS – ZeroWasteSpace Kiel

Muthesius Kunsthochschule Kiel

Erstellt im: Januar 2023
im Auftrag von: Muthesius Kunsthochschule Kiel
Legienstraße 35
24103 Kiel

Projektleitung: Heiko Fischer
Inhaltliche Bearbeitung: Christina Schmid, Heiko Fischer

1 Ziele und Aufgabenstellung Energiemonitoring

Im Auftrag der Muthesius Kunsthochschule wurde ab 2021 unter Leitung von Frau Sabine Schlüter (Architektin) ein Muster- und Versuchsgebäude unter dem Namen „zerowastespace“ erstellt, Kurzbezeichnung ZWS.

Folgende Ziele wurden für das Muster und Versuchsgebäude ZWS definiert:

- Minimierung des Energiebedarfs (Wärme und Strom).
- guter thermischer Komfort.
- Einsatz nachwachsender Rohstoffe.
- Nutzung regenerativer Energien.
- Zukunftsfähigkeit.
- Umsetzung eines prototypischen Vorbildprojektes zum Anfassen, Lernen und Probewohnen für nachhaltiges Bauen.
- Wirtschaftlichkeit.

Aufgabenstellung und Umsetzung Energiemonitoring

Die ebök GmbH wurde beauftragt, zusammen mit den beteiligten Planern und Installationsbetrieben ein technisches Energiemonitoring einzurichten mit dem Ziel, das Gebäude über den Zeitraum von April 2021- September 2022 messtechnisch zu begleiten. Über das Monitoring sollte einerseits eine Funktionskontrolle der Wärmeversorgungssysteme sowie der solaren Stromerzeugung erfolgen, eventuelle Fehlfunktionen erkannt und Optimierungsvorschläge entwickelt werden. Andererseits sollten Erkenntnisse über den mit der besonderen Nutzung verbundenen Energiebedarf gewonnen werden, über die bisher nur wenig Erfahrungen vorliegen.

Das Projekt wurde durch die Muthesius Kunsthochschule Kiel gefördert.

Das Energiemonitoring wurde im 1. Quartal 2021 vorbereitet, Anfang April 2021 wurde mit den Messungen begonnen. Die Datenaufzeichnung wurde im September 2022 mit dem Abbau des ZWS beendet. Die Wärmepumpe war über den gesamten Zeitraum der Messungen für Heizung bzw. Kühlung in Betrieb. Entgegen der ursprünglichen Planung wurde das Gebäude jedoch nur temporär genutzt, so dass in größeren Zeiträumen während der Datenaufnahme keine Personen anwesend waren. Als mittlere Belegung wurde zu Beginn der Planung die Nutzung durch 1-2 Personen angenommen.

Aufgrund von technischen Problemen bei den Datenschnittstellen zwischen dem Datenmodul der Wärmepumpe (ISG, Internet Service Gateway Fa. Tecalor) und dem Energiemanager (sunny home manager, Fa. SMA) konnten leider keine Daten zwischen den Geräten zur Optimierung der Laufzeit der Wärmepumpe übermittelt werden. Ebenso konnten dadurch auch nicht die jeweils aktuellen Verbrauchswerte der Wärmepumpe im laufenden Betrieb ausgelesen bzw. gespeichert werden. Eine Umprogrammierung des ISG durch Fa. Tecalor brachte leider keinen Erfolg. Die geplante Kopplung der Betriebszeiten der Wärmepumpe an die Wettervorhersage bezüglich anstehender Solarstrahlung durch den sunny home manager konnte nicht realisiert werden

Die Auswertung des durchgeführten Energiemonitorings wurde basierend auf den Daten des Energiemanagers (sunny home Manager) durchgeführt. Für den Betrieb der Wärmepumpe lagen nur die Daten für den Gesamtverbrauch für Heizwärme- und Warmwasser über den Messzeitraum vor, keine detaillierten Tageswerte.

Die Auswertung der Messdaten des Energiemonitorings sowie deren Bewertung und Fazit und die möglichen Optimierungspotentiale sind in nachstehendem Bericht detailliert beschrieben.

Ausblick

Das Gebäude musste vom bisherigen Aufstellort entfernt werden, eine Nachnutzung mit Zugang für die Öffentlichkeit ist geplant. Eine Weiterverfolgung und Erfolgskontrolle wäre zur Ermittlung der noch vorhandenen Optimierungsmöglichkeiten sinnvoll.

Erforderlich wäre hierzu eine regelmäßige Personenbelegung und Benutzung des Gebäudes wie zu Anfang des Projektes angenommen. Dann könnten die aus den Messergebnissen getroffenen Bewertungen bzw. Annahmen bezüglich der Nutzung weiter geprüft und verstetigt werden.

2 Untersuchtes Gebäude

Im Auftrag der Muthesius Kunsthochschule Kiel wurde ein Muster- und Versuchsgebäudes unter dem Namen „zerowastespace“, kurz ZWS erstellt. Ziel war, ein funktionsfähiges, kleines, mobiles Gebäude zu entwickelt werden, welches beim Bau und in der Nutzung möglichst wenig Abfall produziert und die Nachhaltigkeitsdiskussion in Architektur und Design anregt. Die Ergebnisse aus dem Projekt sollen auf den Hochbau übertragbar sein.

Entsprechend dieser Ansätze wurde ein zukunftsorientiertes und nachhaltiges Energiekonzept mit Vorbildcharakter entwickelt.



Abbildung 4: Außenansicht Rückseite nach Fertigstellung, Außeneinheit Wärmepumpe und PV-Anlage (Flachdach), Montage Wechselrichter unter PV-Modulen

2.1 Energiekonzept

Um eine möglichst große Energieeinsparung und Nachhaltigkeit auch in Bezug auf die Bauweise zu erreichen, umfasst das Energiekonzept folgende Komponenten für die thermische Gebäudehülle und die Energieerzeugung:

- Wärmeschutz der Gebäudehülle für Boden, Außenwände und Flachdach auf Passivhaus-Niveau, U-Werte bei ca. $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ und Fenster mit Holzrahmen und 3-fach Wärmeschutzverglasung, $U_w < 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
- große Verglasungen mit Ausrichtung nach Süden für solare Gewinne in Heizperiode, außenliegende Verschattung z.B. durch ein feststehendes Vordach bzw. mobile Verschattungselemente geplant
- Verwendung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen für Boden / Wände / Decken wie Holzständer / Holzschalung, Strohdämmung und Lehmputz auf Vliesstoffen
- Optimierung Luftdichtigkeit und Wärmebrücken zur Reduktion der Wärmeverluste

- Installation einer reversiblen Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Pufferspeicher für Heizung bzw. Kaltwasser (Kühlung) und separatem Warmwasser-Speicher,
- Einbettung Rohrregister in Lehmputz in Wand und Decke für Heizung bzw. Kühlung (Wand- und Deckenheizung / Kühlung)
- Installation einer PV-Anlage mit 2 kWp incl. Wechselrichter 1,5 kW

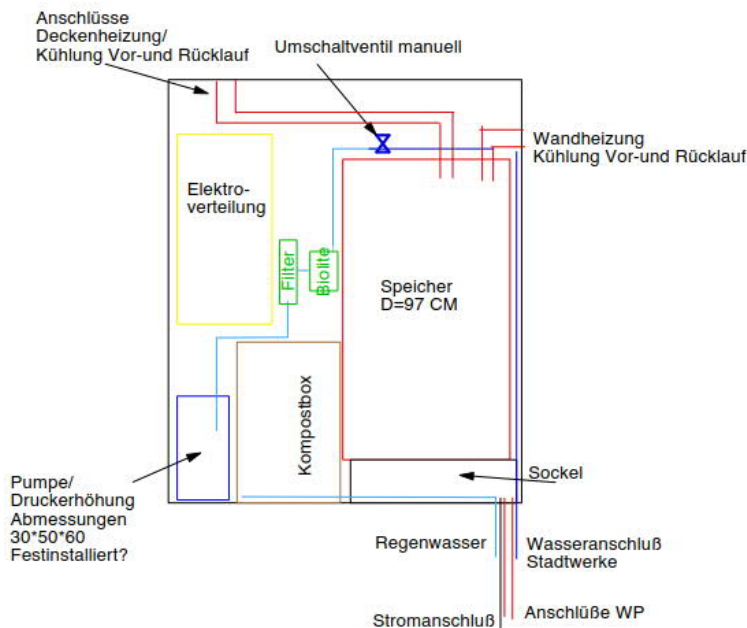


Abbildung 5: Konzept Haustechnik Heizung/Warmwasser/Kühlung, Elektro incl. PV-Anlage

2.2 Umsetzung Energiekonzept / Installation

Die Umsetzung des Energiekonzeptes für die Energieerzeugung Heizung und Warmwasser bzw. die Kühlung erfolgte durch die Firmen Tecalor und Riemer Elektrik unter Mitarbeit des Ingenieurbüros ebök. Es wurden folgende Komponenten installiert:

- reversible Luft-Wasser-Wärmepumpe Tecalor TTL 3.5 ACS THM Set, Inverter-Technik für Abwärmenutzung, stufenweise Regelung, Splitgerät mit Verdampfer in Außeneinheit, integrierte Kühlfunktion, Wärmeleistung bei A2/W35 1,0/3,5 kW (min/max), max. Kühlleistung 1,5 kW bei A35/W18
- integrierter Pufferspeicher mit 200 Liter für Warmwasserspeicherung, incl. eingebautem Heizstab mit 8,8 kW für elektrische Nachheizung
- 6 PV Module NeMo 2.0 mit je 330Wp, Fa. Heckert, Spitzenleistung 1,98 kWp
- Wechselrichter Sunny Boy 1.5-1VL-40, Fa. SMA

Die Installation erfolgte nach folgendem Hydraulikschema bzw. Schaltplan Elektro:

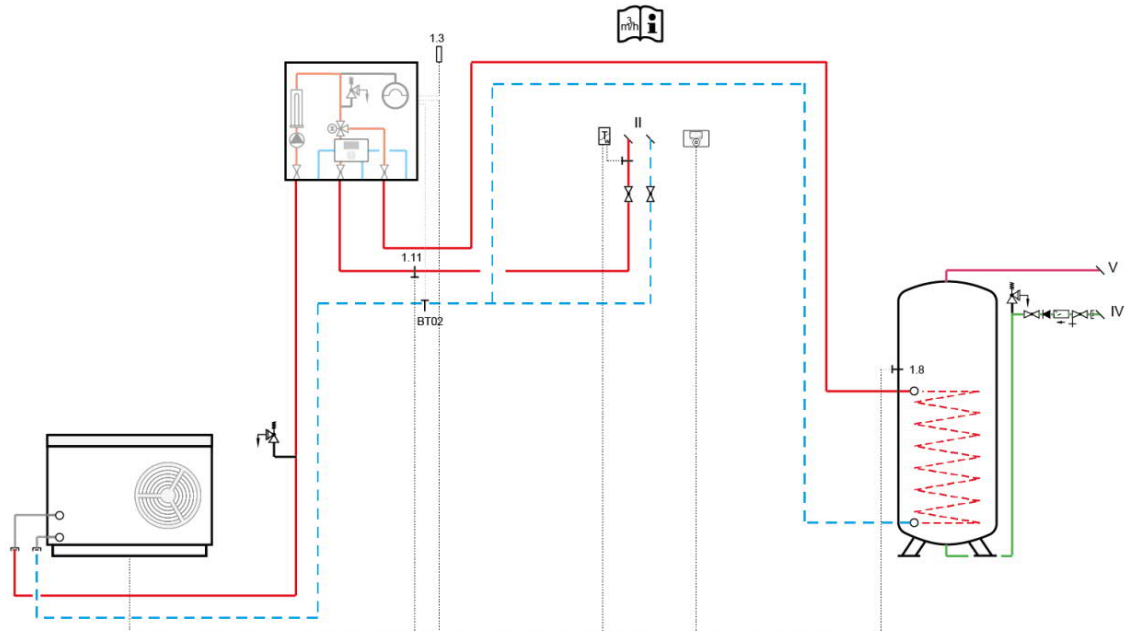


Abbildung 6: Hydraulikschema Energieerzeugung Heizung/Warmwasser/Kühlung (Fa. Tecalor)

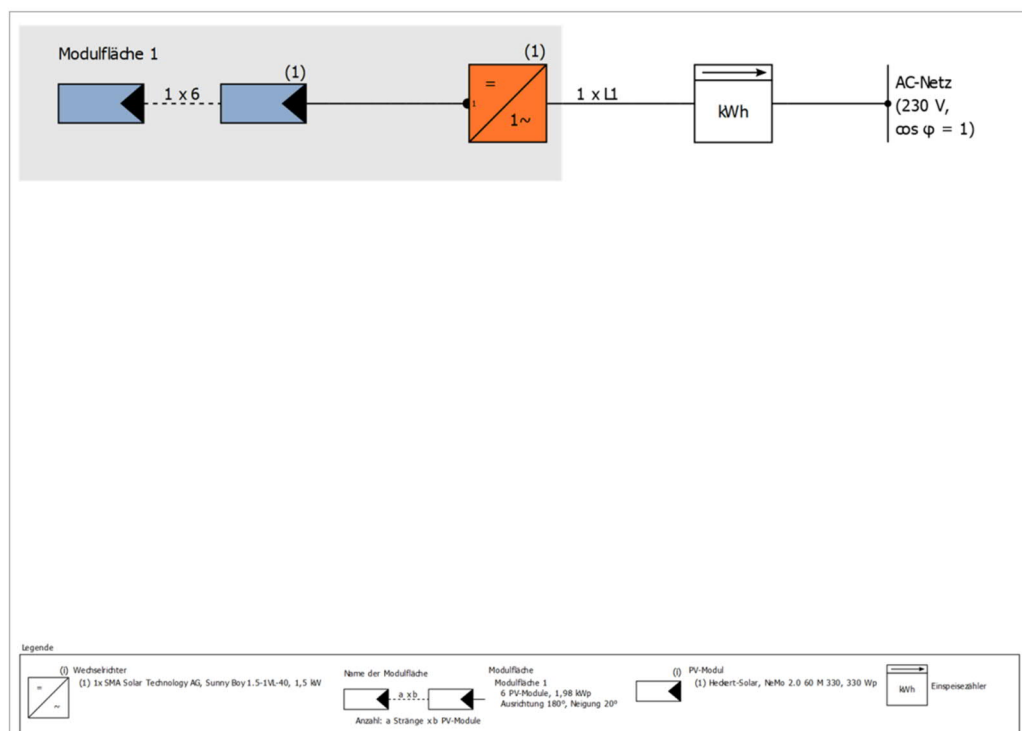


Abbildung 7: Schaltplan PV-Anlage Fa. Riemer Elektrik



Abbildung 8: Technikraum mit Kombieinheit Wärmepumpe / Pufferspeicher, Elektroverteiler und Regenwassermanagement nach Fertigstellung



Abbildung 9: Verrohrung Wärme-/Kältekreislauf incl. Ausdehnungsgefäßen für Decken- bzw. Wandheizung und Kühlung nach Fertigstellung



Abbildung 10: Außeneinheit Verdampfer Wärmepumpe (Rückseite Gebäude)

3 Messkonzept

3.1 Ziele des Energiemonitorings

Mit dem Bau des zerowastespace ZWS sollen viele Aspekte des nachhaltigen Bauens untersucht werden wie z.B.

- Minimierung des Energiebedarfs (Wärme und Strom).
- guter thermischer Komfort
- Einsatz nachwachsender Rohstoffe für die Gebäudehülle.
- Nutzung regenerativer Energien für Wärme- und Kälteversorgung sowie die Trink- und Abwassernutzung bzw. Entsorgung
- Umsetzung eines prototypischen Vorbildprojektes zum Anfassen, Lernen und Probewohnen für nachhaltiges Bauen,
- Untersuchung der Zukunftsfähigkeit und Praktikabilität der ausgeführten Bauweise und der technischen Einrichtungen

Um die Aspekte Minimierung des Energiebedarfs sowie das Potential der Nutzung erneuerbarer Energien detaillierter zu untersuchen, wurde ein Energiemonitoring mit folgenden Zielen durchgeführt:

- Erstellung Bilanz Energiebedarf für Wärme- und Kälteerzeugung durch Betrieb Wärmepumpe
- Messung Stromerzeugung PV-Anlage und Bilanz Erstellung Bilanz Eigenstromnutzung / Netzeinspeisung, Berechnung Autarkiegrad
- Untersuchung Potential Kopplung Energieerzeugung PV-Anlage an Energiebedarf Wärmepumpe bzw. sonst. Stromverbraucher zur Optimierung der Eigenstromnutzung

3.2 Messeinrichtung

Zur Umsetzung der Ziele des Energiemonitorings wurden folgende Messgrößen erfasst:

- Strombezug Wärmepumpe für Heizung und Kühlung
- Strombezug Heizstab Pufferspeicher Trinkwarmwasser (TWW)
- Stromerzeugung PV-Anlage
- Stromeinspeisung ins öffentliche Netz
- Erfassung Energieerzeugung Wärmepumpe getrennt nach Einspeisung in Heizflächen bzw. TWW-Pufferspeicher
- Erfassung von Raumtemperatur und Raumluftfeuchte in Wohn-/Büroraum und Bad

Aus den vorhandenen Messdaten sollten folgende Untersuchungen durchgeführt bzw. Energiebilanzierungen erstellt werden:

- Bilanz Energiebedarf für Wärme- und Kälteversorgung:
Messung Strombedarf Wärmepumpe für Wärmeerzeugung Heizung / Warmwasserbereitung sowie Kälteerzeugung im Sommerhalbjahr (Kühlung über Rohrregister in Außenwand).
- Bilanz Stromerzeugung PV-Anlage und Eigenstromnutzung/Netzeinspeisung
Messung Stromerzeugung durch PV-Anlage sowie Verhältnis Eigenstromnutzung zu Netzeinspeisung und Autarkiegrad des Gebäudes
- Kopplung Betrieb Wärmepumpe für Wärme/Kälteerzeugung an Stromerzeugung PV-Anlage, Installation Energiemanager sunny home Manager (Fa. SMA) für das Energiemanagement zwischen Erzeuger (PV-Anlage) und Verbraucher (Wärmepumpe) zur Maximierung des Eigenverbrauchs. Optional Integration Batteriespeicher möglich

Anhand der Messungen sollte außerdem eine Funktionskontrolle der Energieversorgungssysteme durchgeführt werden, eventuelle Fehlfunktionen erkannt und ggf. Lösung- und Optimierungsvorschläge entwickelt werden.

Schema Messkonzept Monitoring:

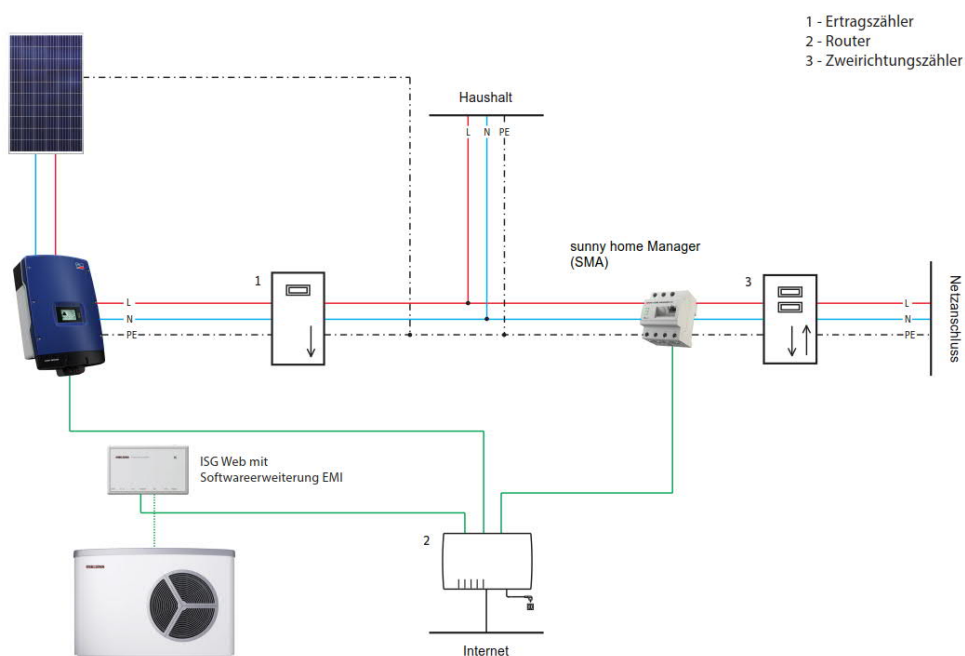


Abbildung 11: Messkonzept Monitoring für Stromerzeugung PV-Anlage / Stromeinspeisung bzw. Bezug Netzstrom und Energieströme Wärmepumpe Heizung/Kühlung

Messkonzept / Zählereinrichtung:

- Installation Energiemanagement sunny home Manager Fa. SAM für intelligentes Energiemanagement der Energieflüsse zwischen Energieerzeugung (PV) und Energiebedarf (Wärmepumpe und sonst. Stromverbraucher) sowie Netzeinspeisung zur optimalen Ausnutzung des erzeugten Eigenstroms, Integration Wettervorhersage für Optimierung Betrieb Stromverbraucher (z.B. Wärmepumpe) während Eigenstromerzeugung PV-Anlage
- Verbindung Wärmepumpe (Fa. Tecalor) über Schnittstelle ISG (Internet Service Gateway) zu sunny home Manager für Datenaustausch und solarstromoptimierte Regelung Betriebszeiten Wärmepumpe sowie andere Stromverbraucher



Abbildung 12: Einrichtung Monitoring mit Schnittstellen-Modulen und WLAN-Router



Abbildung 13: sunny-home-Manager (Montage im Verteilerschrank Elektro)

Leistungsumfang sunny home Manager:

- Energiemanagement zwischen Erzeuger (hier PV-Anlage,) und Verbraucher (hier Wärmepumpe) zur Maximierung des Eigenverbrauchs. Optional Integration Batteriespeicher zur Zwischenspeicherung PV-Strom für die Nutzung in den Zeiten ohne Solare Einstrahlung
- kontinuierliche Aufzeichnung des erzeugten Solarstroms und vollautomatische Regelung der im Gebäude dafür geeigneten Energieflüsse. Bedienung und Konfiguration über das webbasiert über das Sunny Portal von SMA



Abbildung 14: Internet-Service-Gateway (ISG) Fa. Tecalor

3.3 Geplante Funktionsweise Monitoring

Schritt 1: Übermittlung elektrischer Energiebedarf Wärmepumpe durch ISG an Energiemanager

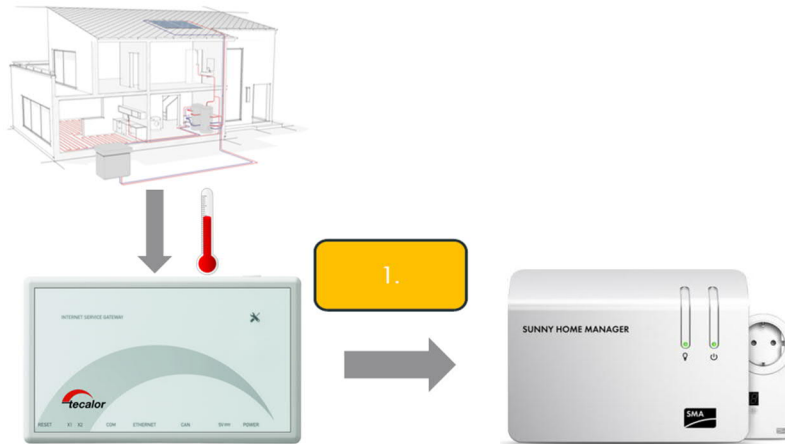


Abbildung 15: Datenübermittlung ISG an Energiemanager

Schritt 2 und 3: Energiemanager plant optimale Laufzeit für Wärmepumpe, basierend auf Energieanforderungen Wärmepumpe, Wettervorhersagen aus dem Internet, gelerntem Benutzerverhalten und tatsächlichen Verbrauchsprofilen (Schritt 2), anschließend Rückkopplung über ISG an Wärmepumpe (Schritt 3)

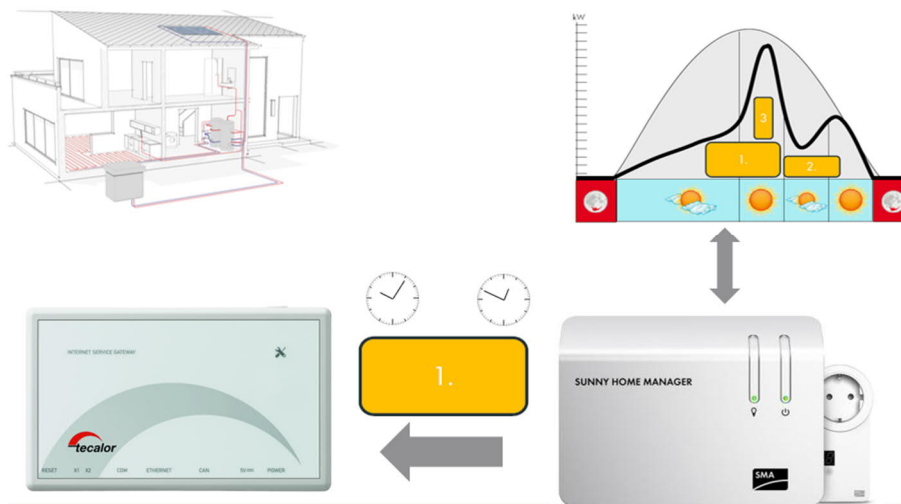


Abbildung 16: Planung Laufzeit WP aus Daten ISG / Wettervorhersage durch Energiemanager, Rückkopplung an WP

Schritt 4: Laufzeit Wärmepumpe gemäß Zeitplan von Energiemanager



Abbildung 17: Laufzeit Wärmepumpe gemäß Zeitplan von Energiemanager

3.3.1 Anmerkungen Durchführung Monitoring

Aufgrund von technischen Problemen zwischen dem Datenmodul der Wärmepumpe (ISG, Internet Service Gateway Fa. Tecalor) und dem Energiemanager (sunny home Manager, Fa. SMA) konnten leider keine Daten zwischen den Geräten zur Optimierung der Laufzeit der Wärmepumpe übermittelt werden. Somit war es auch nicht möglich, die jeweils aktuellen Verbrauchswerte der Wärmepumpe im laufenden Betrieb auszulesen bzw. zu speichern. Eine Umprogrammierung des ISG durch Fa. Tecalor brachte leider keinen Erfolg.

Die geplante Kopplung des Betriebes der Wärmepumpe an die Wettervorhersage bezüglich anstehender Solarstrahlung durch den sunny home Manager konnte nicht realisiert werden. Die Auswertung des durchgeführten Energiemonitorings war nur basierend auf den Daten des sunny home Manager möglich. Für den Betrieb der Wärmepumpe lagen nur die Daten für den Gesamtverbrauch für Heizwärme- und Warmwasser über den Messzeitraum vor, keine detaillierten Tageswerte.

Die geplante Nutzung des Gebäudes als Büro, teilweise mit Übernachtung, fand nur eingeschränkt im folgenden Zeitraum statt:

- August – September 2022

Die Beheizung bzw. Kühlung des Gebäudes fand im Messzeitraum April 2021- September 2022 durchgehend statt.

Im Zeitraum Juni – September 2022 wurde aufgrund einer Legionellenbildung im Trinkwassersystem der Warmwasserspeicher durchgehend auf ca. 60°C gehalten sowie tägliche eine Spülung des Warmwassernetzes für 3min durchgeführt.

4 Ergebnisse Monitoring - Energiebilanzen

Das Monitoring im Gebäude wurde mit der Inbetriebnahme der Wärmepumpe am 1. April 2021 installiert. Die Datenaufzeichnung erfolgte bis zum Abbau des Gebäudes am 29.9.2022. Folgende Werte wurden aufgezeichnet:

- Bilanz Energiebedarf für Wärme- und Kälteversorgung:
Messung Strombedarf Wärmepumpe für Wärmeerzeugung Heizung / Warmwasserbereitung sowie Kälteerzeugung im Sommerhalbjahr (Kühlung über Rohrregister in Außenwand).
- Bilanz Stromerzeugung PV-Anlage und Eigenstromnutzung/Netzeinspeisung
Messung Stromerzeugung durch PV-Anlage sowie Verhältnis Eigenstromnutzung zu Netzeinspeisung und Autarkiegrad des Gebäudes
- Kopplung Betrieb Wärmepumpe für Wärme/Kälteerzeugung an Stromerzeugung PV-Anlage, Installation Energiemanager sunny home Manager (Fa. SMA) für das Energiemanagement zwischen Erzeuger (PV-Anlage) und Verbraucher (Wärmepumpe) zur Maximierung des Eigenverbrauchs. Optional Integration Batteriespeicher möglich

Die Echtzeit-Daten der Wärmepumpe konnten aufgrund der Software-Probleme des ISG der Fa. Tecalor nicht aufgezeichnet werden, wie im Abschnitt 3.3.1 beschrieben.

Mit den aufgenommenen Daten konnten folgende Auswertungen bzw. Energiebilanzen erstellt werden:

- Gesamtbilanz Stromverbrauch Wärmepumpe und Heizstab für Heizung und Warmwasser
- Gesamtbilanz Stromverbrauch Netzstrom / Eigenverbrauch PV-Strom
- Monats- und Jahresbilanzen Stromverbrauch und Verhältnis Netzbezug / Eigennutzung PV-Strom / Netzeinspeisung
- Stromverbrauch und Verhältnis Netzbezug / Eigennutzung PV-Strom / Netzeinspeisung im Winter mit / ohne Personenbelegung
- Stromverbrauch und Verhältnis Netzbezug / Eigennutzung PV-Strom / Netzeinspeisung im Sommer mit / ohne Personenbelegung

4.1 Gesamtbilanz Stromverbrauch Wärmepumpe/Heizstab

Das Auslesen der Verbrauchsdaten der Wärmepumpe war aus den bereits genannten Gründen nur als Gesamtbilanz über die Laufzeit des Monitorings vom 1. April 2021 - 29. September 2022 möglich. Die Daten sind in den folgenden Diagrammen dargestellt.

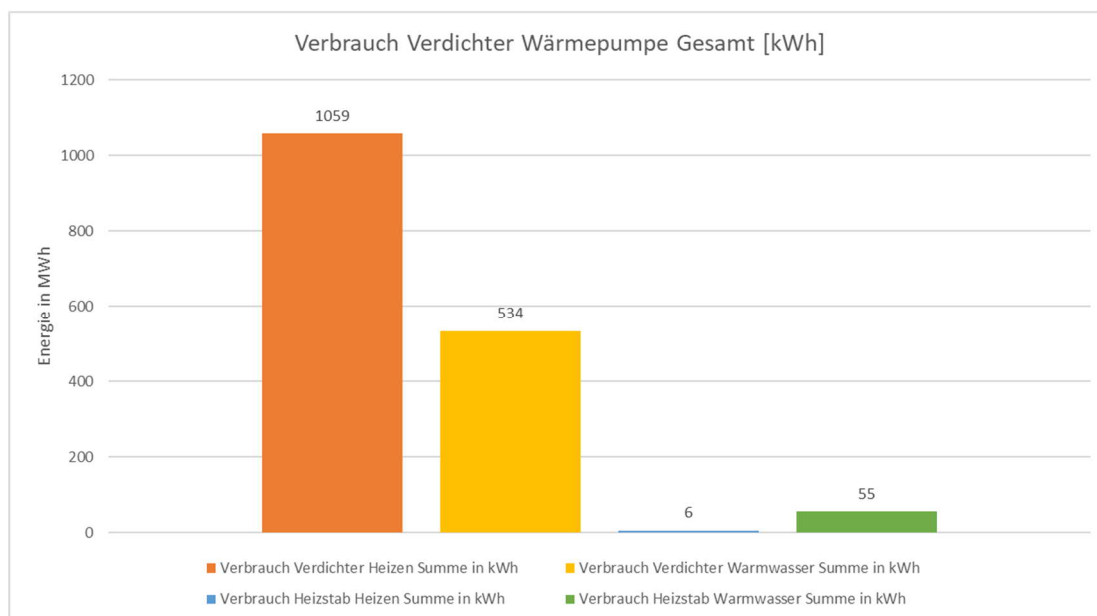


Abbildung 18: Gesamtbilanz Verbrauch Verdichter Wärmepumpe / Heizstab

Gesamtverbrauch Verdichter Heizung	1.059 kWh	64,0%
Gesamtverbrauch Verdichter Warmwasser	534 kWh	32,3%
Gesamtverbrauch Heizung Heizstab	6 kWh	0,4%
Gesamtverbrauch Warmwasser Heizstab	55 kWh	3,3%

Tabelle 1 Gesamtbilanz Verbrauch Verdichter Wärmepumpe / Heizstab

Insgesamt wurde über den Betrachtungszeitraum 64% der von den Wärmepumpen erzeugten Wärme für die Raumheizung und 36% für die TWW-Bereitung benötigt. Durch den Betrieb des Heizstabs wurden ca. 4% des Stromverbrauchs gedeckt, vornehmlich während der Hochheizphase im Warmwasserspeicher ab Juli 2022 zur Vermeidung einer erneuten Legionellenbildung.

Das Gebäude wurde während der Heizperiode nur sehr selten genutzt, von daher war kein Warmwasserbedarf vorhanden. Bei einer durchgehenden Belegung und dementsprechenden Bedarf für Duschen / Waschen usw. sind deutlich höhere Verbrauchszahlen zu erwarten und ggf. auch längere Laufzeiten des Heizstabes in der Heizperiode.

4.2 Gesamtbilanz Stromverbrauch Netzstrom / Eigenverbrauch PV-Strom

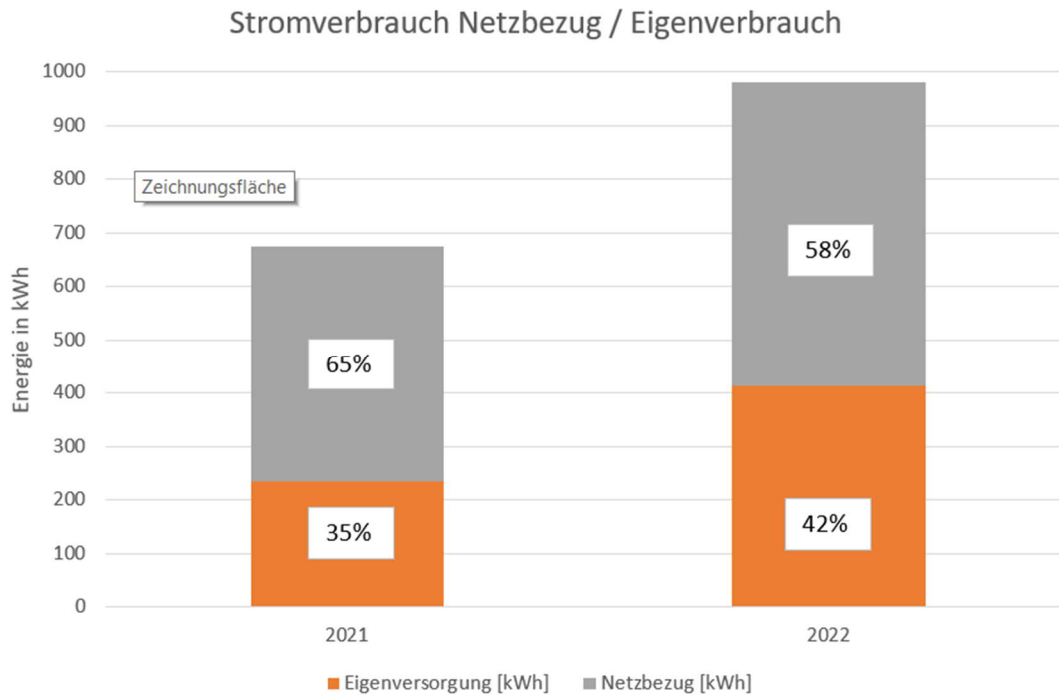


Abbildung 19: Gesamtbilanz Stromverbrauch Netzstrom / Eigenversorgung

Im Jahr 2021 war der Stromverbrauch deutlich niedriger als im Jahr 2022. Das liegt zum einen an dem deutlich kühleren Sommer 2021 mit der langen Regenperiode im Juli / August und dem daraus resultierenden niedrigen Stromverbrauch für die Kälteerzeugung, zum anderen an der dauerhaften Hochheizung des Warmwasserspeichers auf ca. 60°C ab Mitte Juli 2022 aufgrund der zuvor festgestellten Legionellenbildung.

Das Verhältnis von Eigenstromnutzung zu Netzbezug zur Deckung des Stromverbrauchs liegt bei ca. 40% Eigenstrom und 60% Netzstrom. Aufgrund der nicht möglichen Kommunikation zwischen dem Energiemanager und der Wärmepumpe konnte keine Kopplung der solaren Stromerzeugung über die PV-Anlage mit dem Betrieb der Wärmepumpe erfolgen. Bei einer funktionierenden Rückkopplung kann mit einem deutlich höheren Anteil der Eigenstromnutzung zur Deckung des Stromverbrauchs gerechnet werden.

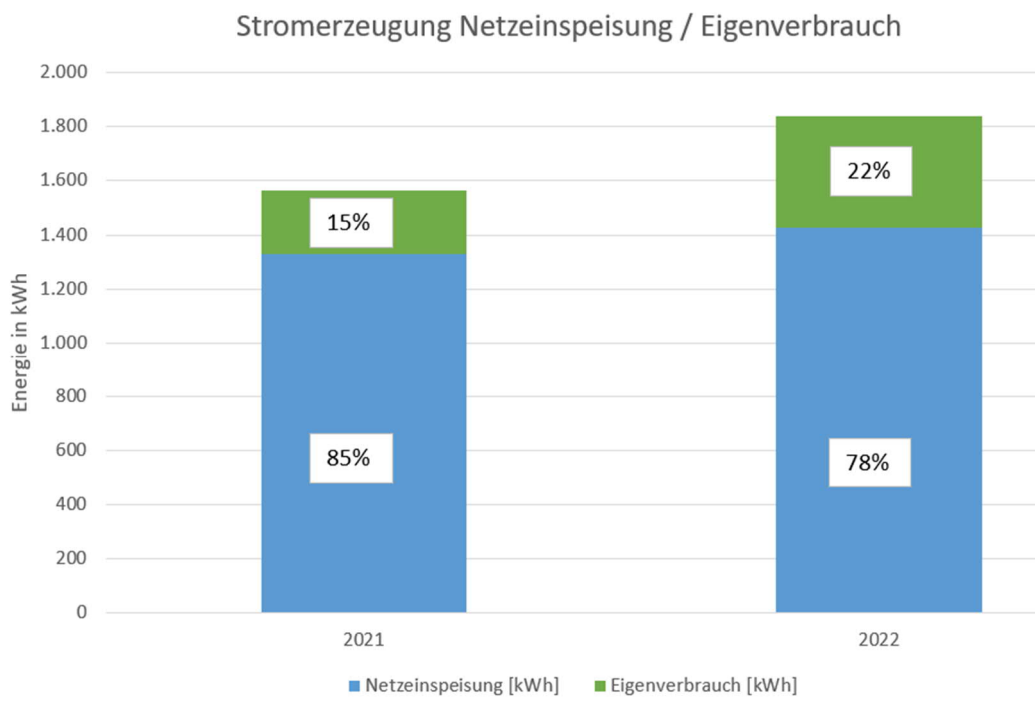


Abbildung 20: Gesamtbilanz Netzeinspeisung / Eigenversorgung

Wie im vorstehenden Diagramm ersichtlich, wird relativ wenig des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms zur Deckung des Stromverbrauchs verwendet. Der weit- aus größere Teil wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Das Verhältnis von Eigenverbrauch zu Netzeinspeisung liegt bei ca. 20% zu 80%.

Aufgrund der nicht möglichen Kommunikation zwischen dem Energiemanager und der Wärmepumpe konnte keine Kopplung der solaren Stromerzeugung über die PV-Anlage mit dem Betrieb der Wärmepumpe erfolgen. Bei einer funktionierenden Rückkopplung kann mit einem deutlich höheren Anteil der Eigenstromnutzung zur Deckung des Stromverbrauchs gerechnet werden.

Ein sinnvoll ausgelegter Stromspeicher würde zu einer weiteren Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils führen und wäre zur weiteren Optimierung für einen möglichst netzunabhängigen Betrieb des Gebäudes erforderlich.

4.3 Monats- und Jahresbilanzen Stromverbrauch, Verhältnis Netzbezug / Eigennutzung PV-Strom / Netzeinspeisung

Die gesamte Stromerzeugung für den Betrachtungszeitraum April 2021- September 2022 sowie spezifische Erträge pro kWp für 2021 und 2022 sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

	Erzeugung Gesamt	spez. Erzeugung
Stromerzeugung Gesamt 2021	1.564,1 kWh	790,0 kWh/kWp
Stromerzeugung Gesamt 2022	1.838,3 kWh	928,4 kWh/kWp
Stromerzeugung Gesamt / Durchschnitt spez. Wert	3.402,4 kWh	859,2 kWh/kWp

Tabelle 2 Stromerzeugung gesamt / spezifische Werte pro kWp

Die installierte PV-Anlage hat eine Gesamtleistung von 1,98 kWp. Sie erzeugt im Betrachtungszeitraum 3.402 kWh Strom. Im Jahr 2021 lag der spezifische Wert mit ca. 790 kWh pro kWp deutlich unter dem des sonnenreichen Jahres 2022 mit 928 kWh pro kWp. Die Erträge liegen ungefähr beim durchschnittlichen PV-Ertrag in der Region (SFV-Ertragsstatistik für 2021 und 2022 für den PLZ-Bereich 24).

Die monatliche Stromerzeugung schwankt im Jahresverlauf stark in Abhängigkeit von der verfügbaren Solarstrahlung. In den Wintermonaten liegt diese zum Teil bei 10 -20 kWh/Monat, während im Juni 2022 bis zu 300 kWh/Monat erreicht werden.

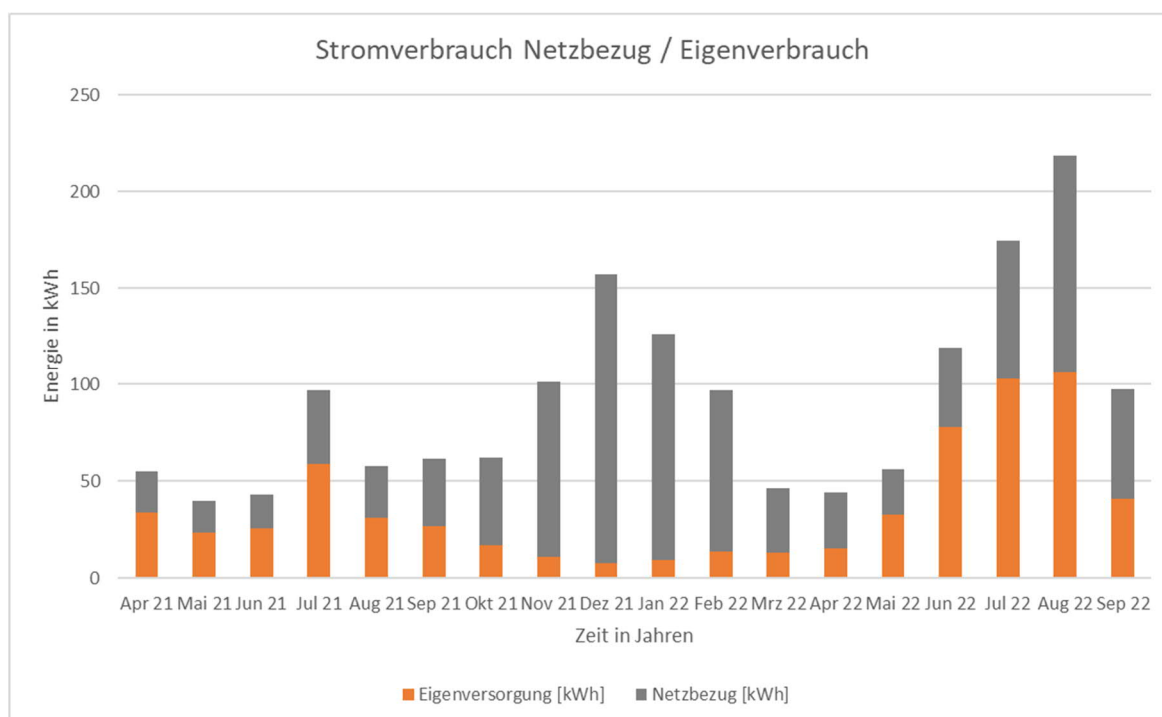


Abbildung 21: Stromverbrauch Verhältnis Netzbezug / Eigenverbrauch PV-Strom

Aus dem Diagramm sind folgende Punkte ersichtlich:

- Der Strombedarf ist abhängig von den Jahreszeiten, im Winterhalbjahr tendenziell höher als im Sommerhalbjahr. Ab Ende Juni 2022 steigt der Stromverbrauch aufgrund der dauerhaften Erhöhung der Warmwassertemperatur im Speicher zur Eindämmung der aufgetretenen Legionellenkontamination stark an
- Das Sommerhalbjahr 2021 war deutlich kühler und regnerischer als das Sommerhalbjahr 2022. Dies würde ebenfalls zu einem erhöhten Stromverbrauch für die Kühlung führen. Aufgrund der geringen Nutzung des Gebäudes bzw. der nicht auslesbaren Raumtemperaturen kann zu Kühlbedarf bzw. zu den tatsächlich vorhandenen Raumtemperaturen keine fundierte Aussage getroffen werden
- Die Stromerzeugung liegt im Winterhalbjahr deutlich unter den Ertragswerten des Sommerhalbjahres. Es muss deutlich mehr Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden als im Sommer, der Anteil des Eigenverbrauchs des durch die PV Anlage erzeugten Stroms am Gesamtstrombedarf liegt im Winter bei unter 10%. Bei einer funktionierenden Rückkopplung der Wärmepumpe mit der solaren Stromerzeugung wäre sicher ein höherer Anteil der Eigenstromnutzung zur Deckung des Stromverbrauchs messbar gewesen

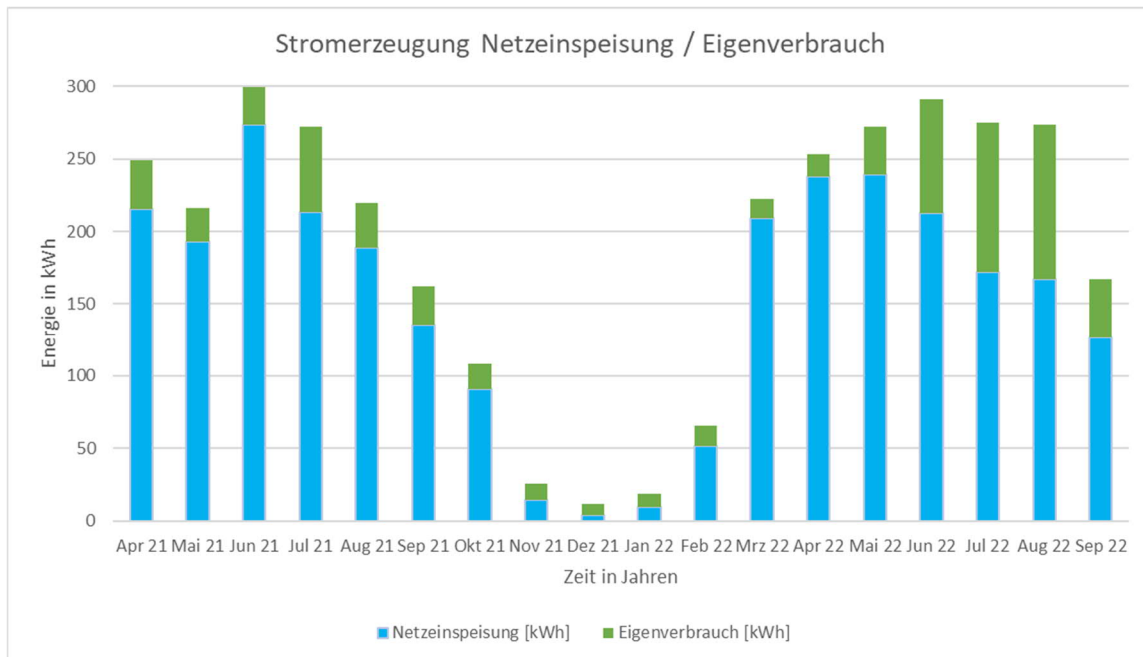


Abbildung 22: Stromerzeugung Verhältnis Netzeinspeisung/ Eigenverbrauch PV-Strom

Aus dem Diagramm sind folgende Punkte ersichtlich:

- Die monatliche Stromerzeugung schwankt im Jahresverlauf stark in Abhängigkeit von der verfügbaren Solarstrahlung. In den Wintermonaten liegt diese zum Teil nur bei 10 -20 kWh/Monat, während im Juni 2021 und 2022 bis zu 300 kWh/Monat erreicht werden
- Im Sommerhalbjahr 2021 wurde mehr Strom ins Netz eingespeist als im Sommerhalbjahr 2022. Grund dafür ist zum einen, dass der Sommer 2022 durchgehend sehr warm war, der Sommer 2021 nur zu Beginn, August und September 2021 waren eher nass und kühl. Zum anderen wurde wie bereits beschrieben ab Ende Juni 2022 eine ständige Erhöhung der Temperaturen im Warmwasserspeicher zur Vermeidung einer erneuten Legionellenbildung erforderlich
- Die hohe Einspeiserate in den Sommermonaten deutet darauf hin, dass durch die PV-Anlage prinzipiell genügend Strom zum Betrieb der Wärmepumpe für die Kühlung und Warmwasserbereitung sowie die sonstigen Stromverbraucher wie Lüftungsanlage, Pumpen, Beleuchtung usw. erzeugt wird.
- Aus Abbildung 21 geht hervor, dass trotz dieser Tatsache auch in den Sommermonaten der Anteil des Netzstroms teilweise höher liegt als der Anteil des Eigenverbrauchs. Dies liegt zum einen an der fehlenden Rückkopplung Stromerzeugung zu Strombedarf, zum anderen aber auch am fehlenden Batteriespeicher. Um einen deutlich höheren Eigenverbrauchsanteil zu erreichen müssten sowohl die Kopplung der Energieerzeugung an die solare Stromerzeugung als auch die Stromspeicherung umgesetzt werden.

4.4 Eigenverbrauch Strom / Autarkiequote

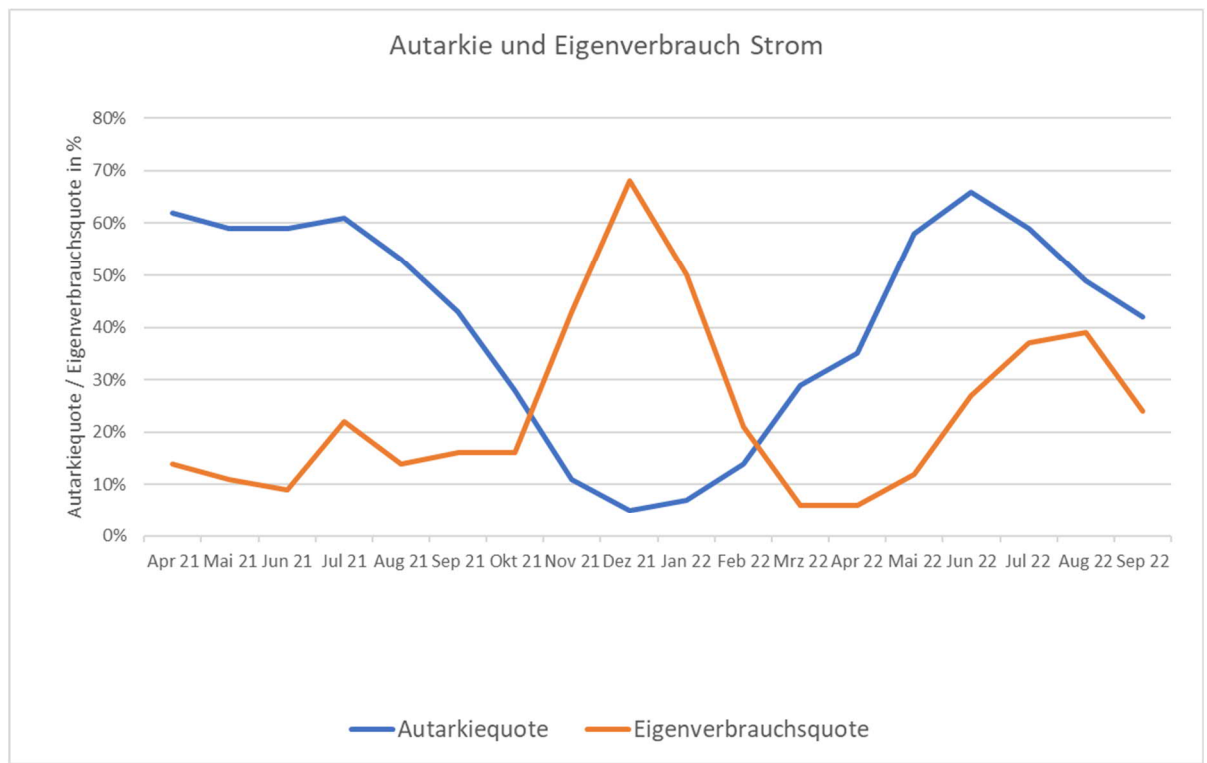


Abbildung 23: Autarkiequote Strom und Eigenversorgung

Monat	Autarkiequote	Eigenverbrauchsquote
Apr 21	62%	14%
Mai 21	59%	11%
Jun 21	59%	9%
Jul 21	61%	22%
Aug 21	53%	14%
Sep 21	43%	16%
Okt 21	28%	16%
Nov 21	11%	43%
Dez 21	5%	68%
Jan 22	7%	50%
Feb 22	14%	21%
Mrz 22	29%	6%
Apr 22	35%	6%
Mai 22	58%	12%
Jun 22	66%	27%
Jul 22	59%	37%
Aug 22	49%	39%
Sep 22	42%	24%

Tabelle 3 Autarkiequote Stromverbrauch / Eigenverbrauch

Die Autarkiequote liegt in den Sommermonaten durchschnittlich zwischen 50-60% trotz einer eher geringen Eigenverbrauchsquote von 20-35%. Dies bestätigt die Erkenntnisse aus den Auswertungen der Abschnitte 4.2. und 4.3. Der solar erzeugte Strom wird trotz vorhandenem Strombedarf nicht vollständig am Gebäude genutzt, hier besteht Optimierungspotenzial bezüglich der direkten Ausnutzung und der Stromspeicherung.

In den Wintermonaten liegt der Eigenverbrauchsanteil mit Werten zwischen 45- knapp 70% deutlich höher, was bei deutlich geringerer solarer Stromerzeugung und hohem Strombedarf nicht verwunderlich ist. Als Zielwert müsste 100% des solar erzeugten Stroms direkt am Gebäude verbraucht werden, auch hierzu wären die beiden vorstehend genannten Maßnahmen eine Voraussetzung.

Beispielhaft kann das Potenzial des Energiemanagers (sunny home Manager) zur Ansteuerung der Stromverbraucher bei anstehendem Solarstrom mit den beiden folgenden Abbildungen dargestellt werden:

Prognose und Handlungsempfehlung

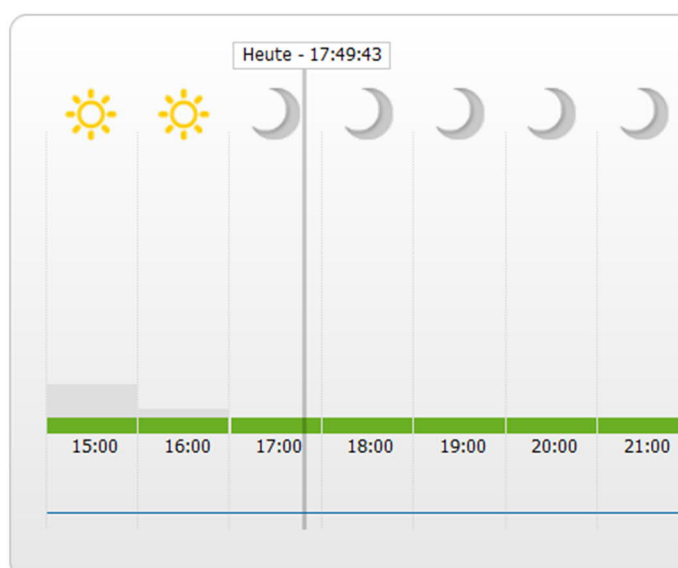


Abbildung 24: Schaubild Wetterprognose und Handlungsempfehlung, teilweise sonnig

Der Energiemanager kann über die WLAN-Verbindung die tagesaktuelle Wetterprognose auswerten und die Laufzeiten z.B. angeschlossenen Verbraucher wie z.B. der Wärmepumpe solaroptimiert regeln. Falls z.B. Energiebedarf für Heizung / Kühlung ansteht aber erst in 2-3 h mit einer solaren Stromerzeugung zu rechnen ist,

verzögert der Energiemanager die Einschaltzeiten der Wärmepumpe dementsprechend und lässt z.B. eine Unterkühlung des Pufferspeichers unter die eigentlich Einschalttemperatur zu oder lässt nimmt im umgekehrten Fall die Wärmepumpe früher in Betrieb um eine Temperaturüberhöhung im Speicher bzw. in den Heizflächen zu erreichen.

Das folgende Schaubild zeigt eine starke Bewölkung für die nächsten Stunden, es kann keine Handlungsprognose an die Stromverbraucher gesendet werden.

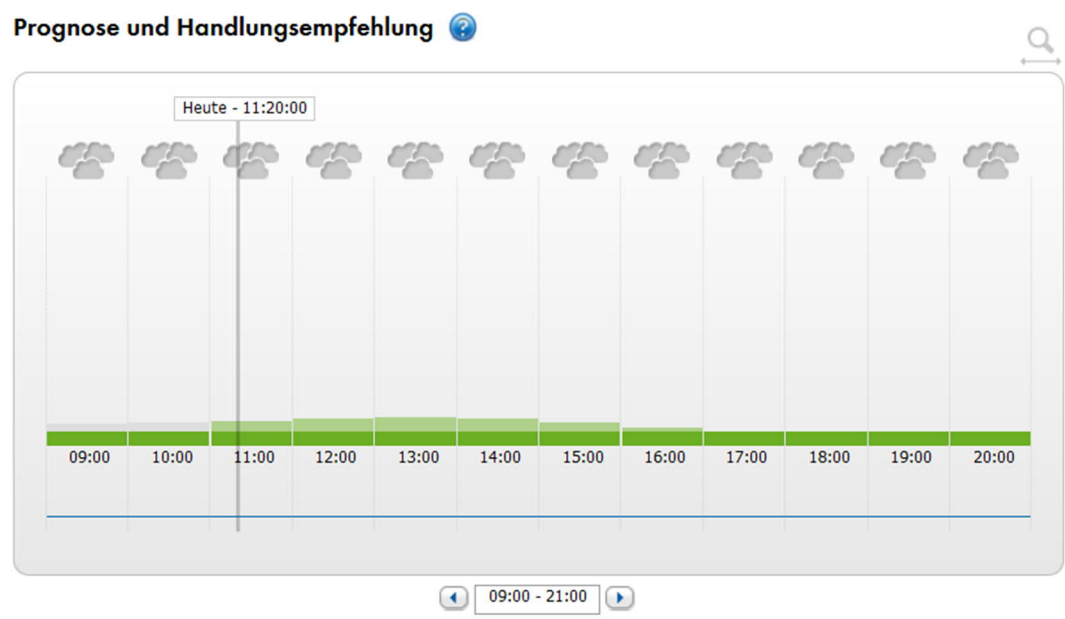


Abbildung 25: Schaubild Wetterprognose und Handlungsempfehlung, stark bewölkt

4.5 Tagesauswertung Winter-/Sommertag, mit und ohne Personenbelegung

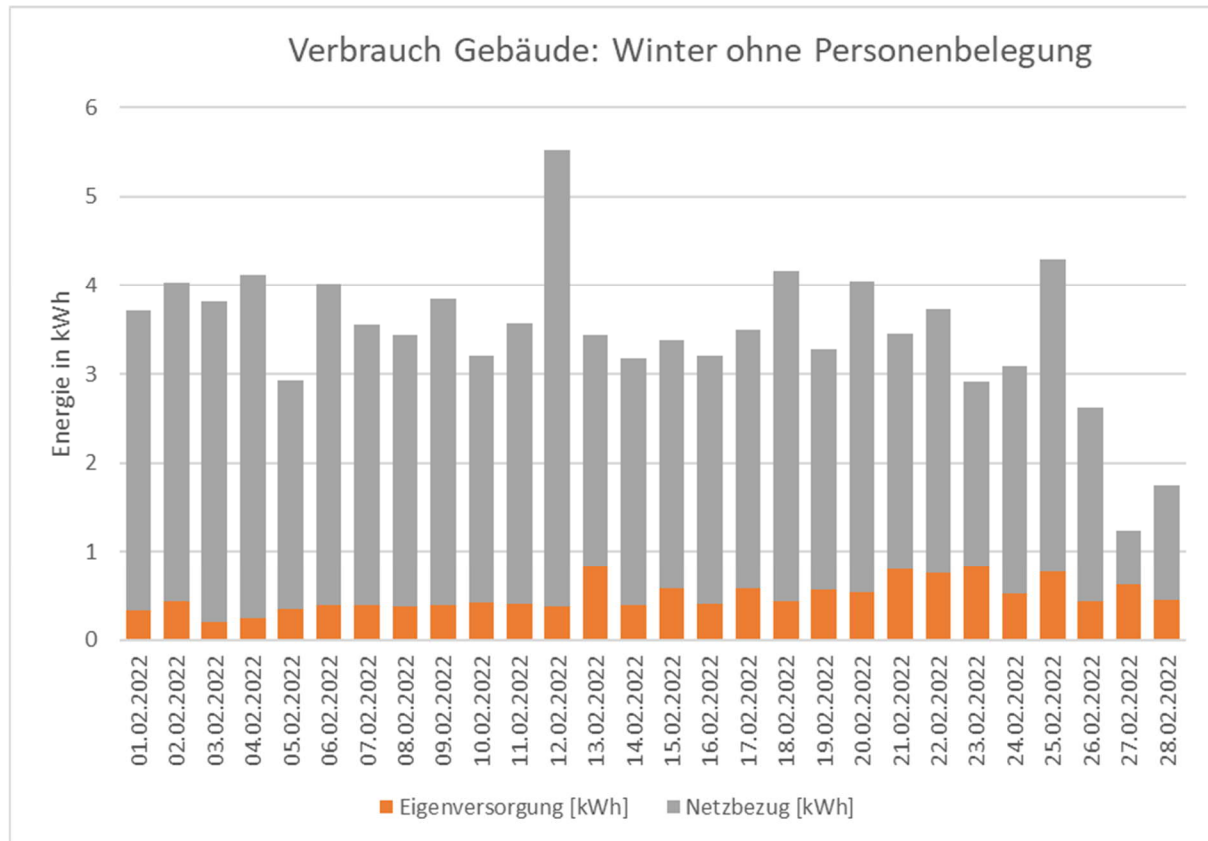


Abbildung 26: Wintermonat Feb 2021, Stromverbrauch ohne Personenbelegung

Aufgrund der nicht vorhandenen Personenbelegung zeigt sich an den typischen Wintertagen ein relativ gleichmäßiger Energiebedarf für den Betrieb der Wärmepumpe für die Raumheizung. Der Deckungsanteil des solar erzeugten Stroms ist aufgrund der geringen Sonnenstunden gering. Dies wird auch aus dem folgenden Diagramm ersichtlich.

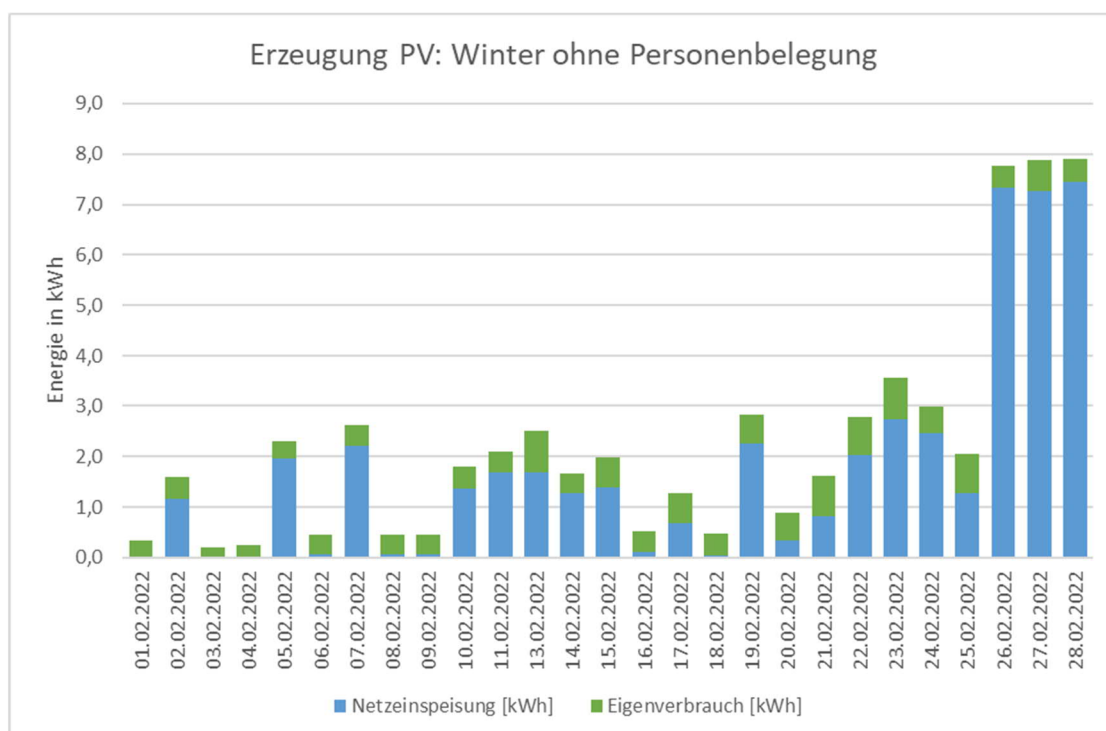


Abbildung 27: Wintermonat Feb 2021, Stromerzeugung / Netzeinspeisung ohne Personenbelegung

Die durchschnittliche solare Stromerzeugung liegt bei 2-3 kWh / Tag, an sehr sonnigen Wintertagen wie gegen Ende des Monats vorhanden bei 7-8 kWh /Tag. Die Eigenverbrauchsquote bleibt aufgrund der fehlenden Kopplung von solarer Erzeugung an den Betrieb der Stromverbrauch bzw. Stromspeicherung trotzdem relativ gering.

Ein Diagramm für einen Wintertag mit Nutzung konnte aufgrund der fehlenden Personenbelegung nicht erstellt werden.

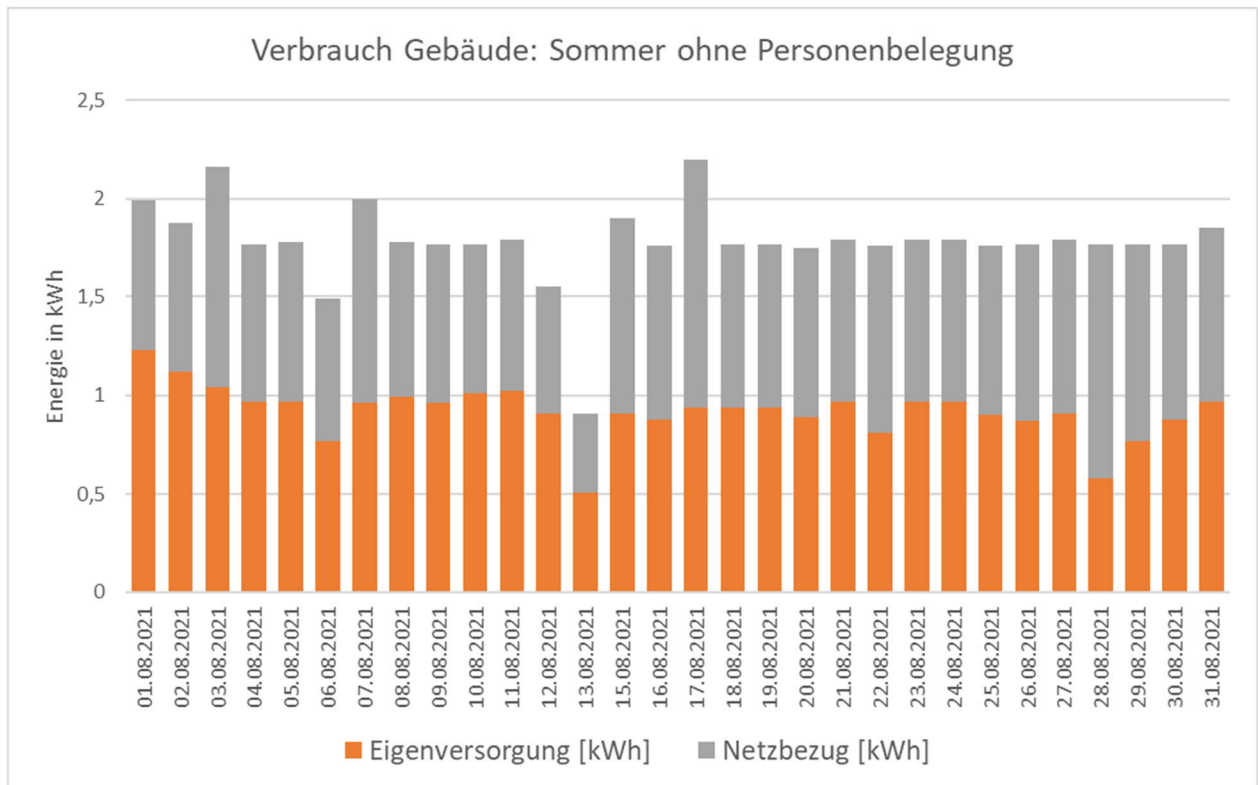


Abbildung 28: Sommermonat Aug 2021, Stromverbrauch ohne Personenbelegung

Auch im Sommerhalbjahr liegt ohne Personenbelegung ein relativ gleichmäßiger Energiebedarf für den Betrieb der Wärmepumpe für die Raumkühlung vor. Mit ca. 2kWh / Tag liegt der Verbrauch niedrig. Der Deckungsanteil des solar erzeugten Stroms ist aufgrund der geringen Sonnenstunden gering. Dies wird auch aus dem folgenden Diagramm ersichtlich.

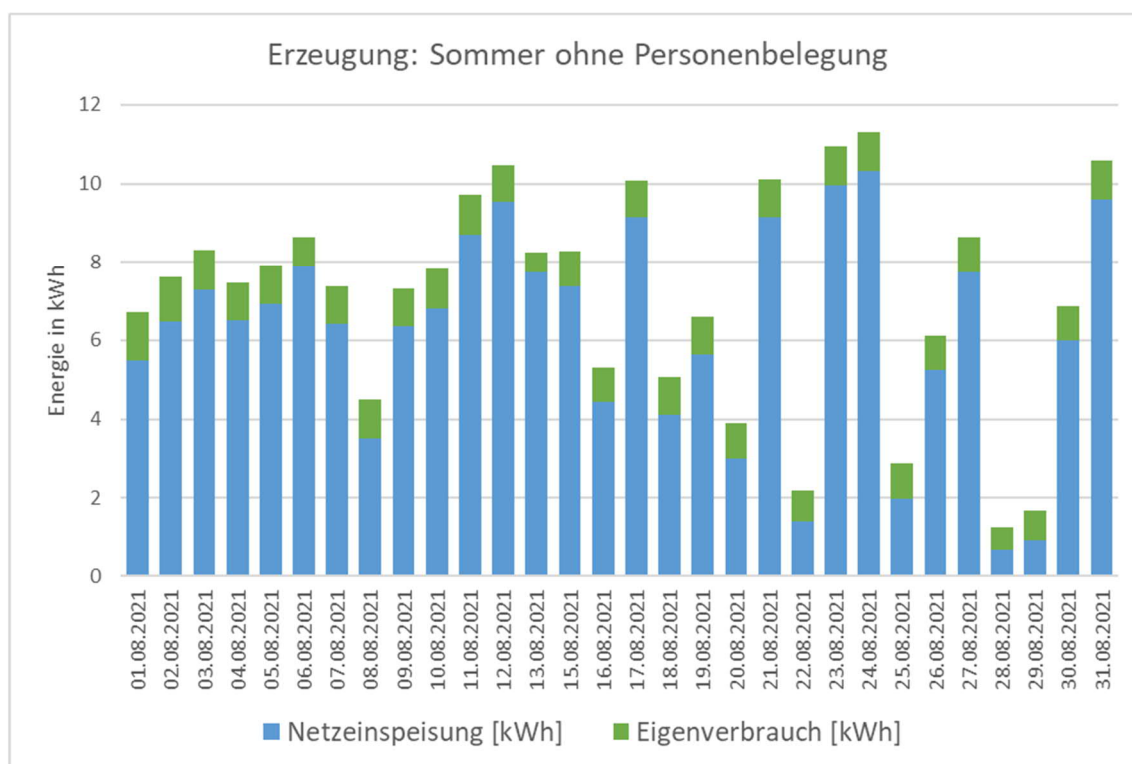


Abbildung 29: Sommermonat Aug 2021, Stromerzeugung / Netzeinspeisung ohne Personenbelegung

Die durchschnittliche solare Stromerzeugung liegt bei 6-7 kWh/Tag, an sehr sonnigen Tagen bis ca. 10 kWh/Tag. Der August 2021 war aber tendenziell ein sonnenarmer Monat, die Witterung war eher feucht und kühl.

Die Eigenverbrauchsquote bleibt aufgrund der fehlenden Kopplung von solarer Erzeugung an den Betrieb der Stromverbrauch bzw. Stromspeicherung aber auch im Sommer eher niedrig.

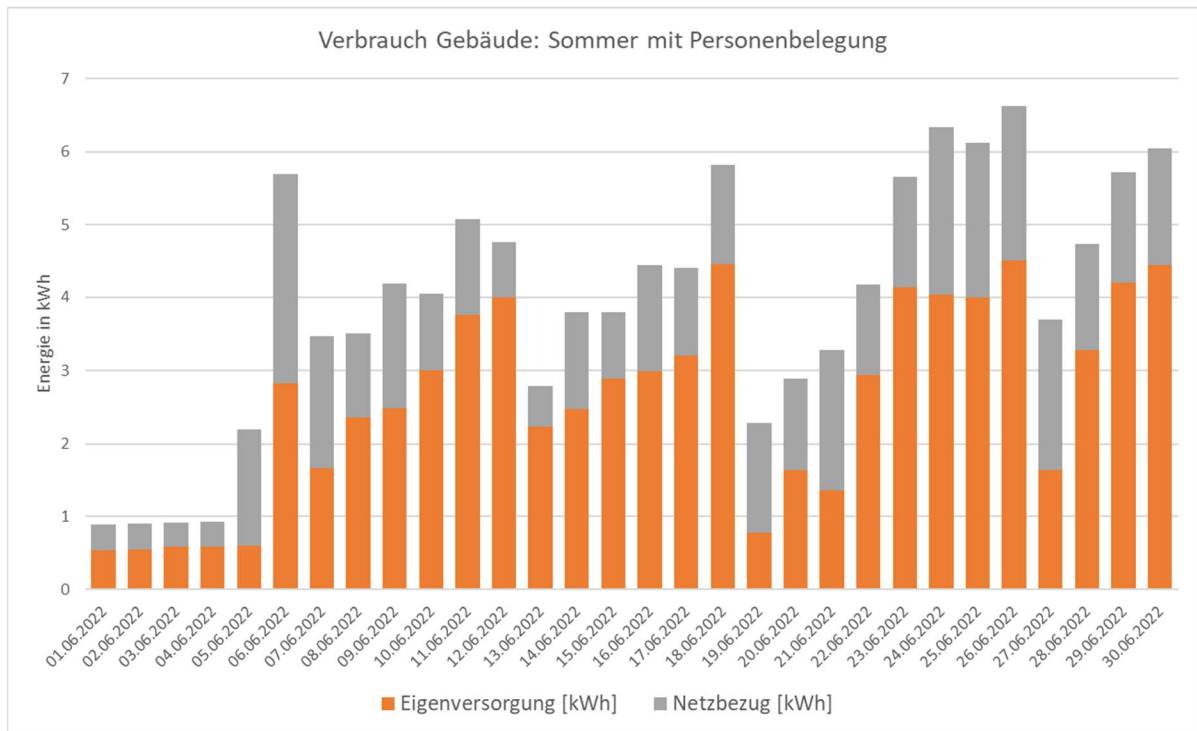


Abbildung 30: Sommermonat Juni 2022, Stromverbrauch mit Personenbelegung

Bei Personenbelegung schwankt der Energiebedarf deutlich mehr, abhängig von den eingestellten Soll-Raumtemperaturen und dem dafür erforderlichen Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe für die Raumkühlung. Mit ca. 5-6 kWh / Tag liegt der Verbrauch deutlich höher als ohne Personenbelegung mit durchschnittlich 2 kWh/Tag. Die auf das Gebäude bzw. die Fensterflächen auftreffende Solarstrahlung sowie die internen Wärmelasten durch die Nutzung sind weitere Einflussfaktoren auf den Strombedarf für Raumkühlung, Warmwasser und elektrische Hilfsgeräte, welche durch die nicht mögliche Kommunikation zwischen Raumthermostat und Energiemanager nicht ausgelesen werden konnten.

Der Deckungsanteil des solar erzeugten Stroms ist aufgrund der höheren Anzahl an Sonnenstunden höher als im Winter. Dies wird auch aus dem folgenden Diagramm ersichtlich.

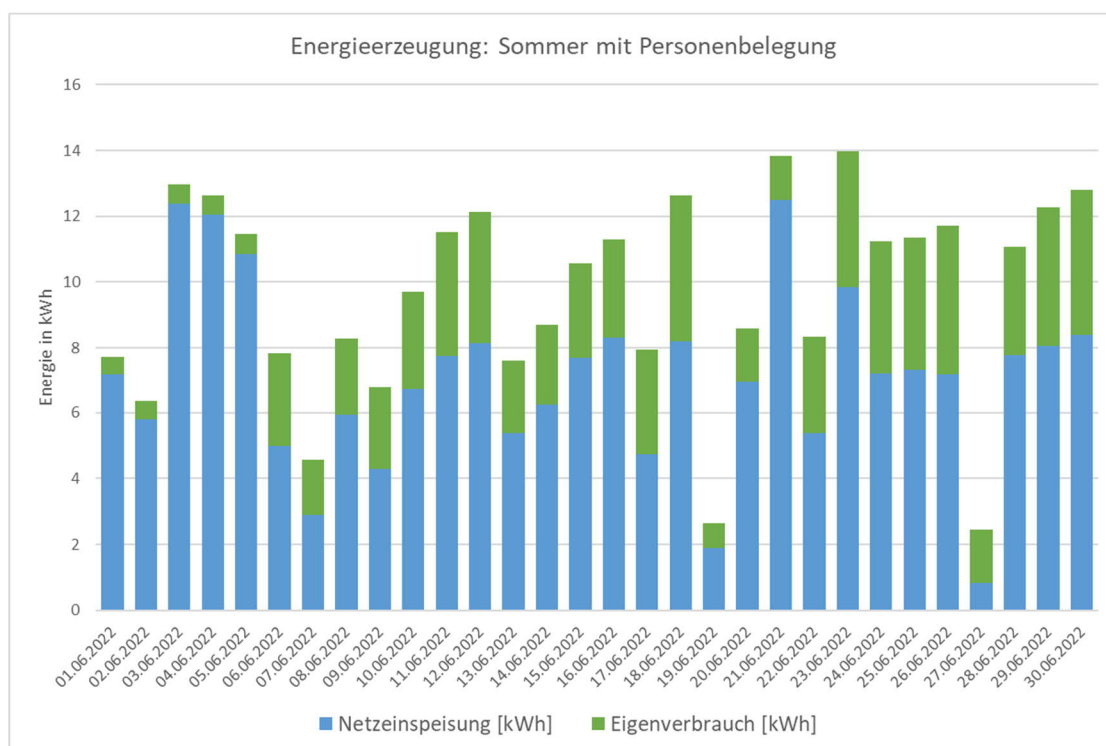


Abbildung 31: Sommermonat Juni 2022, Stromerzeugung / Netzeinspeisung mit Personenbelegung

Die durchschnittliche solare Stromerzeugung im sonnigen und warmen Juni 2022 liegt bei ca. 10 kWh/Tag, an sehr sonnigen Tagen bis ca. 14 kWh/Tag.

Die Eigenverbrauchsquote steigt bei Personenbelegung und dadurch bedingtem höheren Stromverbrauch auf Werte zwischen 30-40% an, bleibt aufgrund der fehlenden Kopplung von solarer Erzeugung an den Betrieb der Stromverbrauch bzw. Stromspeicherung aber auch im Sommer 2022 eher niedrig.

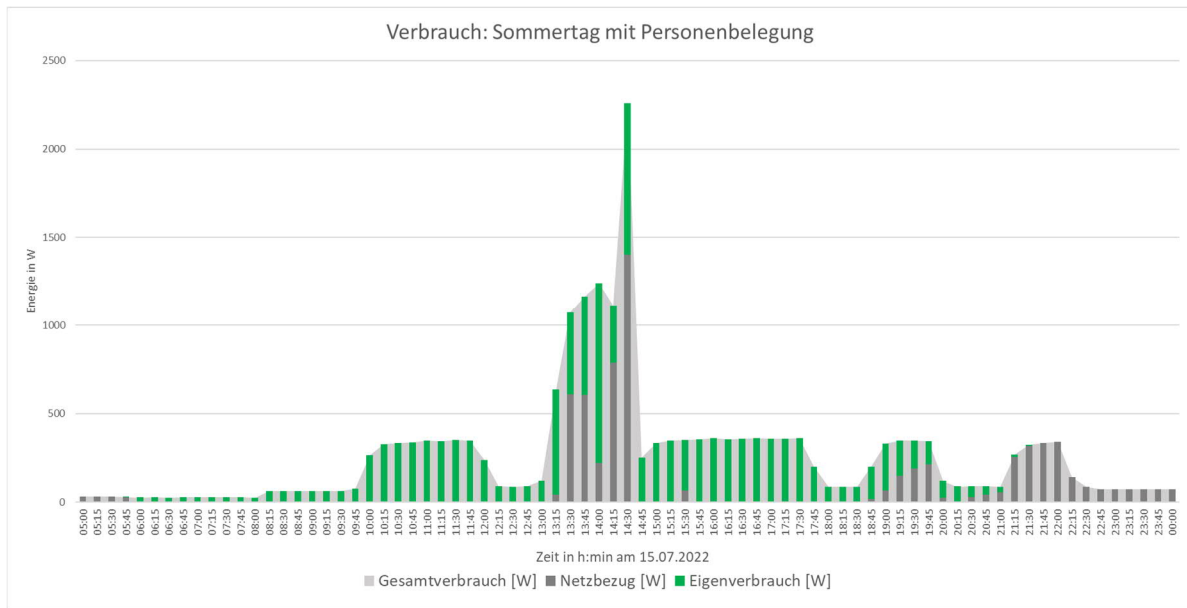


Abbildung 32: Sommerstag Juli 2022, Stromverbrauch mit Personenbelegung

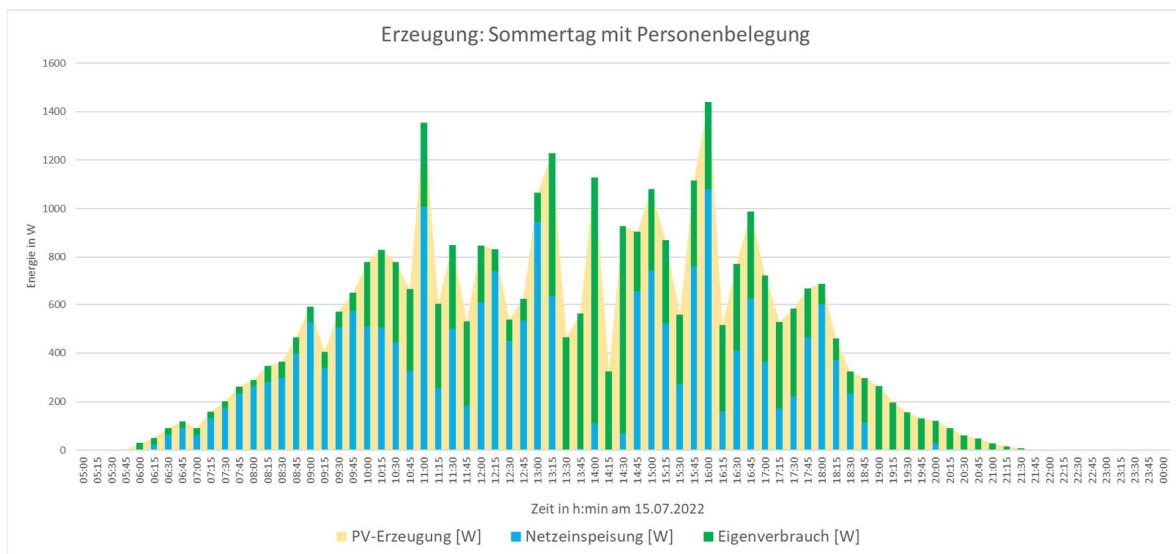


Abbildung 33: Sommerstag Juli 2022, Stromerzeugung / Netzeinspeisung mit Personenbelegung

Anhand der detaillierten Auswertung der stündlichen Stromverbrauchswerte sowie der Stromerträge wird ersichtlich, dass Erzeugung und Bedarf nicht übereinstimmen. In der Lastspitze um ca. 14 Uhr (Betrieb Wärmepumpe) steht nicht ausreichend Solarstrom an, dies wäre ab ca. 16 Uhr der Fall gewesen. Bei einer Verlagerung des Betriebs der Wärmepumpe in diese Zeit hätte der Strombedarf komplett durch Solarstrom gedeckt werden können. Dies zeigt das Potenzial der solaroptimierten Regelung durch einen Energiemanager für die Erhöhung der Eigenverbrauchsquote.

5 Fazit und Bewertung

5.1 Ziele und Durchführung Energiemonitoring

Die Ziele des Energiemonitorings wurden wie folgt definiert:

- Erstellung Gesamt- und Monatsbilanzen Stromverbrauch Wärme- und Kälteerzeugung durch Betrieb Wärmepumpe bzw. Elektro-Heizstab
- Erstellung Gesamt- und Monatsbilanzen Stromerzeugung PV-Anlage und Verhältnis Eigenstromnutzung / Netzeinspeisung, Berechnung Autarkiegrad
- Untersuchung Potential Kopplung Energieerzeugung PV-Anlage an Energiebedarf Wärmepumpe bzw. sonst. Stromverbraucher zur Optimierung Eigenstromnutzung

Folgende Messwerte wurden durch das Energiemonitoring ausgelesen:

- Strombezug Wärmepumpe für Heizung und Kühlung
- Strombezug Heizstab Pufferspeicher Trinkwarmwasser (TWW)
- Stromerzeugung PV-Anlage
- Stromeinspeisung ins öffentliche Netz
- Erfassung Energieerzeugung Wärmepumpe getrennt nach Einspeisung in Heizflächen bzw. TWW-Pufferspeicher
- Erfassung von Raumtemperatur und Raumluftfeuchte in Wohn-/Büroraum und Bad

Probleme bei der Datenerfassung / Auslesen der Messwerte:

- keine Kommunikation zwischen Datenschnittstelle Wärmepumpe (ISG - Modul, Fa. Tecalor) und Energiemanager (sunny home Manager, Fa. SMA) wie geplant möglich, Fehlerbehebung während Energiemonoring nicht möglich aufgrund fehlerhafter Firmen-Software
- deshalb über Energiemanager kein Auslesen von Echtzeit-Daten der Wärmepumpe bzw. der angeschlossenen Raumfühler (Lufttemperatur/Luftfeuchte) möglich, keine Rückkopplung zwischen Stromerzeugung PV-Anlage und Wärmepumpe für solaroptimierter Regelung Laufzeit Wärmepumpe möglich

5.2 Fazit und Bewertung Monitoring

Aus den aufgenommenen Messdaten im Zeitraum 1. April 2021- 29. September 2022 und den Auswertungen konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden.

Gesamtbilanz Stromverbrauch Wärmepumpe/ Heizstab für Heizung / Warmwasser:

- Aufteilung Wärmeerzeugung Wärmepumpe in 64% für Raumheizung und 36 % für Warmwasser-Bereitung. Anteil Betrieb Heizstab ca. 4%, vornehmlich während Hochheizphase im Warmwasserspeicher ab Juli 2022 zur Vermeidung erneuter Legionellenbildung. Kein Betrieb des Heizstabs im Winter erforderlich
- während Messzeitraum nur sporadische Personennutzung, dadurch nur geringer Warmwasserbedarf vorhanden. Bei durchgehender Belegung deutlich höherer Warmwasserbedarf zu erwarten und ggf. längere Laufzeiten Heizstab v.a. innerhalb Heizperiode
- Stromverbrauch 2021 deutlich niedriger als 2022. Sommer 2021 deutlich kühler (lange Regenperiode im Juli / August) als Sommer 2022, dadurch geringerer Energiebedarf der Wärmepumpe für Kälteerzeugung Raumkühlung. Zudem erhöhter Energiebedarf für dauerhafte Hochheizung Warmwasserspeicher auf 60°C ab Mitte Juli 2022 zur Vermeidung Legionellenbildung
- Gesamtbilanz Verhältnis Eigenstromnutzung / Netzbezug für Deckung Stromverbrauch bei ca. 40% / 60%. Aufgrund nicht möglicher Kommunikation zwischen Energiemanager (sunny home Manager) und Wärmepumpe keine Kopplung der solaren Stromerzeugung (PV-Anlage) mit Betriebszeiten Wärmepumpe möglich
- Gesamtbilanz Eigenverbrauch erzeugter PV-Strom / Netzeinspeisung bei ca. 20% zu 80%, d.h. deutlich mehr Einspeisung PV-Strom ins öffentliche Stromnetz als Direktverbrauch am Gebäude

Fazit:

Bei einer funktionierenden Rückkopplung und solaroptimierten Regelung der Betriebszeiten der Wärmepumpe durch den Energiemanager ist ein deutlich höherer Anteil der Eigenstromnutzung des erzeugten PV-Stroms an der Deckung des Stromverbrauchs realistisch. Zusätzlich ist ein bedarfsgerecht ausgelegter Stromspeicher zur weiteren Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils und zur Optimierung einer möglichst netzunabhängigen Energieversorgung des Gebäudes erforderlich.

Gesamt- und Monatsbilanzen Stromerzeugung PV-Anlage, Verhältnis Eigenstromnutzung / Netzeinspeisung, Berechnung Autarkiegrad

- Gesamtleistung PV-Anlage 1,98 kWp, Stromerzeugung im Betrachtungszeitraum 3.402 kWh. Spezifischer Wert 2021 bei 790 kWh pro kWp (Sommer teilweise regnerisch), 2022 bei 928 kWh pro kWp (Sommer sonnig). Die Erträge liegen ungefähr beim durchschnittlichen PV-Ertrag für die Region (SFV-Ertragsstatistik für 2021 und 2022 für den PLZ-Bereich 24).
- die monatliche Stromerzeugung schwankt im Jahresverlauf stark in Abhängigkeit von verfügbarer Solarstrahlung. Ertrag in Wintermonaten zum Teil nur 10 -20 kWh/Monat, in Sommermonaten bis zu 300 kWh/Monat (Juni 2022)
- Anteil PV Strom an Gesamtstrombedarf im Winter unter 10%, im Sommer 30-40%. Die hohe Einspeiserate auch in Sommermonaten zeigt, dass prinzipiell ausreichend PV-Strom für Betrieb Wärmepumpe (Kühlung und Warmwasserbereitung) sowie sonstige Stromverbraucher (Lüftungsanlage, Pumpen, Beleuchtung) vorhanden ist. Vergrößerung Modulfläche PV-Anlage nicht erforderlich
- Autarkiequote in Sommermonaten bei 50-60%, trotz eher geringer Eigenverbrauchsquote von 20-35%. In Wintermonaten bei 45- 70% bei deutlich geringerer solarer Stromerzeugung und höherem Strombedarf, aber trotzdem Netzeinspeisung. PV-Strom wird trotz gleichzeitig vorhandenem Strombedarf nicht vollständig am Gebäude genutzt, hier besteht Optimierungspotenzial

Fazit:

Bei einer funktionierenden Rückkopplung und solaroptimierten Regelung der Laufzeit Wärmepumpe durch den Energiemanager wäre ein deutlich höherer Eigenverbrauchsanteil des erzeugten PV-Stroms an der Deckung des Stromverbrauchs realistisch. Autarkiequoten von 100% in den Sommermonaten mit hohem PV-Ertrag sowie bis zu 50% in den Wintermonaten sind dabei realistisch. Zusätzlich ist ein bedarfsgerecht ausgelegter Stromspeicher zur weiteren Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils v.a. im Winter und zur Optimierung hinsichtlich einer weitestgehend netzunabhängigen Energieversorgung des Gebäudes erforderlich.

Aus den vorliegenden Erkenntnissen kann auf einen Netzanschluss nicht komplett verzichtet werden, eine Auslegung des Stromspeichers auf dieses Ziel wäre nicht wirtschaftlich darstellbar.

ÖKOBILANZ

Wichtig für die Bauwirtschaft

Bei der Ökobilanzierung geht es um eine exemplarische Ermittlung von Materialdaten von Gebäuden. Während der frühen Planungsphase können hier verschiedene Konstruktionen gegenüber gestellt werden.

Eine Ökobilanzierung im Hinblick auf den CO₂-Ausstoß wird zunehmend wichtiger werden, um das von der Bundesregierung gesteckte Ziel, 2050 klimaneutral zu sein, zu erreichen. Grund dafür sind die starken negativen Auswirkungen der Bauwirtschaft auf die Umwelt.

Um das zukünftige Gebäude mit einer Ökobilanzierung auswerten zu können, werden die Gebäudedaten digital erfasst. Für die Bewertung der Umweltauswirkungen sind in der Datenbank der gesamte Lebensweg von der Rohstoffgewinnung, der Produktion der Materialien, der Fertigung des Produktes, der Nutzungsphase bis hin zum Ende des

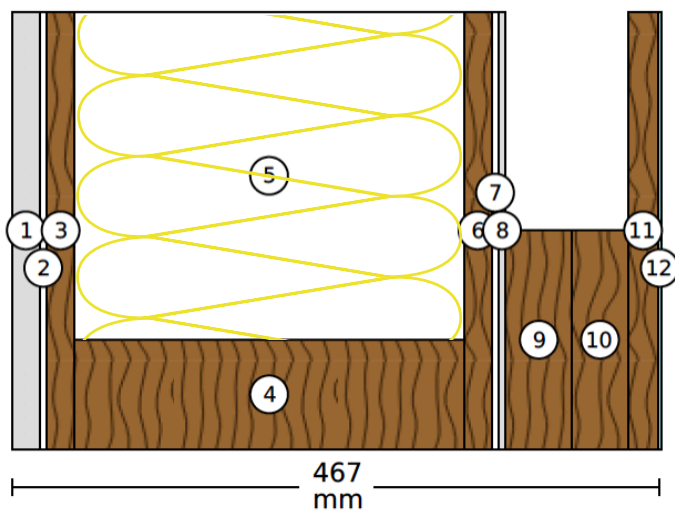
Produktlebenswegs erfasst. Eine besondere Betrachtung finden dabei die Ressourcen und die CO₂-Emissionen.

Als Grundlage für die Ökobilanzierung dient die BBSR-Datenbank ÖkobaDat. Sie unterstützt das Aufstellen von Ökobilanzen. Die Datenbanken werden zudem von den Umweltproduktdeklarationen (EPD) gespeist. Sie beinhalten im Wesentlichen die Ökobilanzen und umfassen die Parameter Ressourcenbedarf, Abfälle und Umweltwirkungskategorien.

Die Anwendung und Methode der Ökobilanzierung wird in Normen geregelt. Für die Bauwirtschaft kommt hierbei die Norm ISO EN 14040 und 14044 beim Validieren zum Einsatz. In der DIN EN 15804 stehen wiederum die Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte.

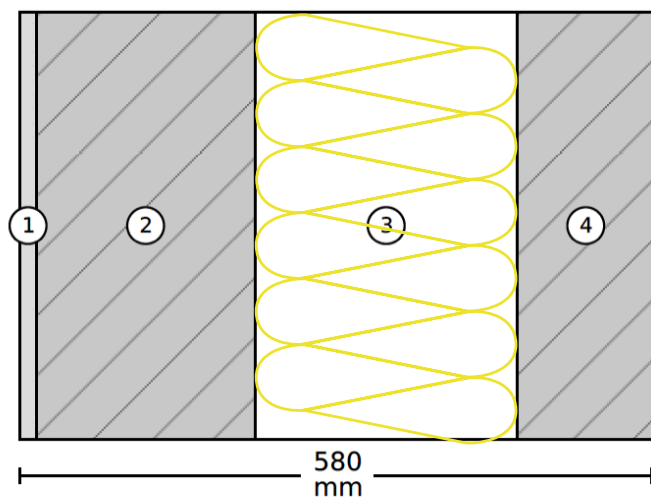
Der Zugriff auf die Datenbanken wird über das kostenfreie Programm der ÖkobaDat „elCA“ ermöglicht, das auch für die Ökobilanzierung des Zero Waste Space genutzt wurde. Der Fokus der Auswertung wurde dabei auf die CO₂-Emission der Konstruktion gelegt. Um die Konstruktion des Zero Waste Space vergleichen zu können, wurde zusätzlich ein Vergleichsgebäude in Passivhausbauweise im Programm erstellt. Die Wände des fiktiven Vergleichsgebäudes bestehen aus Kalksandstein, Steinwolle und Klinker. Decke und Bodenplatte wurden mit einer EPS-Dämmung und Stahlbeton angenommen.

Wandaufbau Zero Waste Space



- ① Lehmputz, 20,00mm
- ② Flachsvlies, 5,00mm
- ③ Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 20,00mm
- ④ Konstruktionsvollholz, 280,00mm
- ⑤ FASBA e.V. Baustroh, 280,00mm
- ⑥ Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 20,00mm
- ⑦ Flachsvlies, 5,00mm
- ⑧ Lehmputz, 5,00mm
- ⑨ Hobelware (Durchschnitt DE), 48,00mm
- ⑩ Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 40,00mm
- ⑪ Nadelschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 22,00mm
- ⑫ Fassadenfarbe Silikat-Dispersionsfarbe, 2,00mm

Wandaufbau Vergleichsgebäude

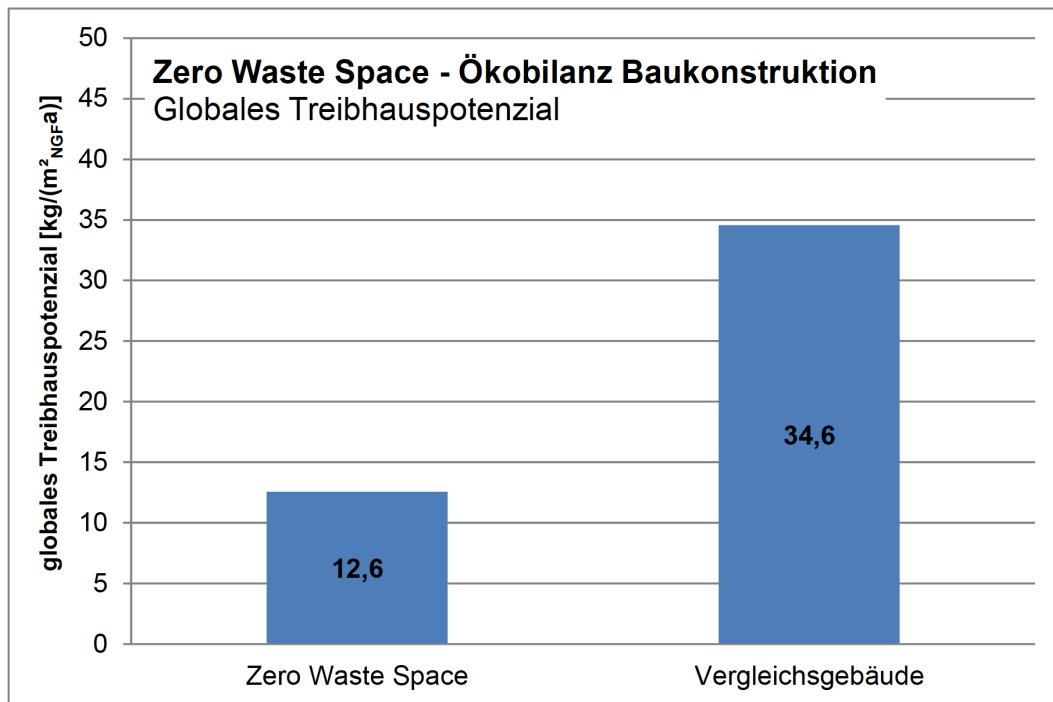


- ① Kalkzement Putzmörtel, 15,00mm
- ② Silika Kalksandstein, 200,00mm
- ③ ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im niedrigen Rohdichtebereich, 240,00mm
- ④ Vormauerziegel, 125,00mm

Ergebnis:

Das Auswerfen der Ergebnisse der erstellten Ökobilanzierung erfolgt in Zahlen und verschiedenen Kürzeln. Das Kürzel GWP steht beispielsweise für Global Warming Potential

Die GWP-Werte von beiden Gebäuden wurden in eine Tabelle übertragen, um beide Bauweisen vergleichen zu können.



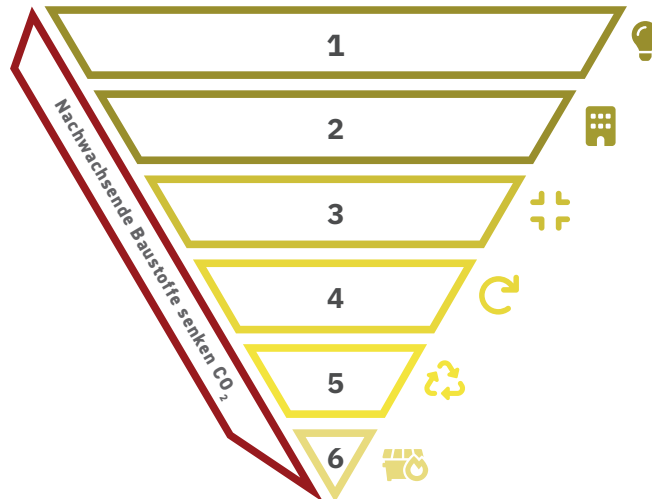
(Tab. © KAplus)

Die Aufstellung zeigt, dass das Vergleichsgebäude, mit seinen in Deutschland typisch verwendeten Baustoffen, drei Mal soviel an CO₂-Emission erzeugt, wie die gewählte Bauweise aus Holz, Stroh und Lehm von Fa. Lopas. Es lohnt sich demnach, vor dem Bau eines Gebäudes die gewählte Konstruktion genauer in einer Ökobilanzierung anzusehen und mit einer anderen Konstruktion zu vergleichen.

6R¹



6R¹



RETHINK

NEU DENKEN! EINE URBAN MINING STRATEGIE GEHÖRT IM ENTWURFS-PROZESS BEREITS MITGEDACHT. ZUDEM MUSS DER EINSATZ VON NACHWACHSEN- DEN BAUSTOFFEN ALS CO₂-SENKER STÄRKER IN DEN FOKUS RÜCKEN.

REUSE

BEIM THEMA WIEDERVERWENDEN IM BAUWESEN GEHT ES DARUM, IN DER VERGANGENHEIT VERBAUTE MATERIALIEN DIREKT WIEDER FÜR NEUE GEBÄUDE ZU NUTZEN (URBAN MINING). AUCH SOLLTEN MATERIALIEN AUS ÜBERSCHÜSSEN VON BAUSTELLEN EINGESETZT WERDEN, DIE ANDERNFALLS EINER ENTSORGUNG ZUGEFÜHRT WERDEN WÜRDEN.

REFUSE

ABLEHNEN VON KONZEPTEN, DIE VIELE ENDLICHE RESSOURCEN BENÖTIGEN UND VIEL CO₂ FREISETZEN. GEBÄUDEABBRÜCHE ABLEHNEN, DA IN IHNEN VIEL GRAUE ENERGIE (ENERGIE AUS HERSTELLUNGSPROZESSEN) STECKT UND ENDLICHE RESSOURCEN VERBAUT WURDEN.

RECYCLE

ABFALLPRODUKTE AUS ABRÜCHEN WERDEN IN EINEM REZYKLIERUNGSPROZESS ZU SEKUNDÄRROHSTOFFEN VERARBEITET. FÜR DEN RECYCLINGPROZESS IST DIE ZUFUHR VON ENERGIE IMMER NOTWENDIG. DIE NEU PRODUZIERTEN STOFFE WERDEN ALS RECYCLAT BEZEICHNET.

REDUCE

STARKE REDUZIERUNG VON ROHSTOFFEN UND BAUTEILEN, AUF DIE WIR BEIM BAUEN NICHT VERZICHTEN KÖNNEN, WIE Z.B. BETON.

ROT

DER NOCH RESTLICHE ABFALL SOLLTE KOMPOSTIERBAR SEIN WIE DIE BLÄTTER EINES BAUMES!

ERGEBNIS

Schlussfolgerungen & Ausblick

Da Ressourcenknappheit, Energiekrise und Klimanotstand belasten städtisches Bauen aktuell in besonderem Maße. Gleichzeitig wachsen die Städte weltweit und erfordern einen massiven Ausbau der Wohnbebauung in den verdichteten städtischen Räumen. Vor diesem Hintergrund stellt die Entwicklung von Konzepten, die energie- und ressourcenschonendes Bauen und Wohnen ermöglichen, eine der zentralen Herausforderungen für die Stadtplanung und Stadtgestaltung der kommenden Jahre dar. Mit dem Bau des Zero Waste Space konnte gezeigt werden, dass bereits vieles möglich ist, um das Bauen nachhaltiger zu gestalten. Dafür wurde die Zero Waste Pyramide auf das Bauen angepasst und zeigt somit Möglichkeiten auf, welche Schritte zu gehen sind, um ein nachhaltiges Gebäude zu entwickeln. Wichtig ist zu erkennen, dass es für die bisher gängigen Baustoffe, wie Beton und Ziegel keinen funktionierenden Recyclingweg gibt. Diese Baustoffe erfahren lediglich ein Downcycling. Die ursprünglichen Rohstoffe Sand und Kies sind für immer verloren. Recycling alleine reicht demnach nicht aus, um eine nachhaltige Bauwirtschaft zu entwickeln. Der im Zero Waste Gedanken beinhaltete suffiziente Ansatz ist notwendig im Umgang mit endlichen Ressourcen.

Gebäude aus nachwachsenden Baustoffen lassen sich deutlich besser zurück-

bauen und produzieren so langfristig weniger Abfälle, als Gebäude aus herkömmlichen Baustoffen. Im Gegensatz dazu stehen gebrannte Baustoffe, wie z. B. Beton und Klinker. Für sie werden Ressourcen wie Sand beansprucht, die sich weder aktiv anbauen lassen, noch zu einer Reduzierung des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre beitragen. Beim Rückbau solcher Architekturen fallen zudem enorme Abfallmengen an, da diese Baustoffe nicht in ihre stoffliche Ausgangssituation rückgeführt werden können.

Bisher können die verloren gegangenen endlichen Ressourcen wie Sand und Kies nicht in ihrer ursprünglichen Stofflichkeit zurück gewonnen werden. Schleswig-Holstein steuert bereits jetzt auf einen Kies-Engpass zu. Meeresboden wird bereits im Kieler Hafen regelmäßig angelandet, um das Bauen in Beton in Schleswig-Holstein weiter zu gewährleisten. Dafür wird die Zerstörung des Meeres in Kauf genommen. Das dennoch Gebäude, deren Hauptbaustoffe Beton und Klinker sind, nachhaltige Zertifizierungen bekommen, ist gängige Praxis und zeugt von einem enormen Greenwashing innerhalb der Bauindustrie.

Die Anforderungen an Recycling, bis hin zur ursprünglichen Stofflichkeit, müssen stärker als bisher in die Betrachtung einbezogen werden, wenn einem Gebäude

ein positives Nachhaltigkeitszertifikat bescheinigt werden soll. Das gleiche gilt für graue Energie, die im Herstellungsprozess von Gebäuden freigesetzt wird.

Am Zero Waste Space wurde deutlich, dass eine elementierte Bauweise mit nachhaltigen Baustoffen möglich ist und nicht allein dem Beton vorbehalten ist. Lehmputz, der normalerweise Trocknungszeiten von 4-8 Wochen auf der Baustelle benötigt, konnte hier als modulares Bauelement vorgefertigt auf die Baustelle geliefert werden. Beim Zero Waste Space wurden nur dort endliche Ressourcen eingesetzt, wo es nicht möglich war, auf Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zurückzugreifen. Im Bereich der Dusche wurde eine Cradle to Cradle zertifizierte Fliese verlegt. Ähnlich verhält es sich mit den Lichtschaltern, deren Rohstoff auf Erdöl basiert. Hier wurde ebenfalls ein Kreislauf zertifiziertes Cradle to Cradle Produkt ausgewählt.

Dort, wo ein nachwachsender Baustoff nicht eingesetzt werden kann, macht ein zertifiziertes Produkte im Sinne der Kreislauffähigkeit Sinn. Das bedeutet aber nicht, dass diese zertifizierten Produkte auch dem ursprünglichen Nachhaltigkeitsbegriff gerecht werden.

Schon 1713 formulierte der sächsische Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz in seinem Werk Sylvicultura oeconomica den Begriff der Nachhaltigkeit. Er forderte, dass immer nur so

viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung wieder nachwachsen kann.

Die Cradle to Cradle zertifizierte Fliese und auch der Cradle to Cradle zertifizierte Lichtschalter im Zero Waste Space weisen weniger Umwelt belastende Schadstoffe auf. Doch ihre ursprüngliche Stofflichkeit Erdöl und Sand, werden diese zertifizierten kreislauffähigen Produkte nie wieder erreichen.

Auffällig ist weiter, dass der Abbau von endlichen Rohstoffen für Beton, Ziegel und erdölbasierten Baustoffen (Wärmedämmung aus Polystyrol) oftmals deutlich mehr Energie im Herstellungsprozess benötigt, als es von nachwachsenden Baustoffen der Fall ist. Zudem sind die Umweltzerstörungen durch den Abbau endlicher Rohstoffe immens und mit keinem nachwachsenden Baustoff vergleichbar.

Es bedarf dringend einer Anpassung der gängigen Zertifizierungssysteme der Bauwirtschaft. Es könnte beispielsweise vorgeschrieben werden, wie viel der endlichen Ressourcen in einem neuen Gebäude verbaut werden dürfen und wie groß die CO₂-Emission für einen neu gebauten Quadratmeter Gebäude sein darf. In den letzten 2-3 Jahren ist zu beobachten, dass das Bauen aus nachwachsenden Baustoffen deutlich stärker ins Bewusstsein der Bundesregierung rückt.

Schleswig Holstein verzeichnet, ein Wachstum des Holzbaus im Neubau von Einfamilienhäusern. Doch der große Wurf in Schleswig-Holstein bleibt bisher aus. Universitäten und neu ausgeschriebene Wohnquartiere werden weiter in Beton und Stein gedacht.

Das nachhaltige Bauen hat es nach wie vor schwer und die Gründe dafür sind vielfältig. Eine generationsgerechte Verteilung der Rohstoffe wird es nicht mehr geben und so bleibt es an den nachfolgenden Generationen, sich zu überlegen, aus den Hinterlassenschaften der bisherigen Bauwirtschaft neue Rohstoffe zu gewinnen.

Der Zero Waste Space ist seit Januar 2023 in den Besitz von Herrn Gert Schardey übergegangen. Herr Schardey bewirtschaftet den Gutshof Mechow und setzt sich für sich mehr Nachhaltigkeit in seiner Region ein. Der Zero Waste Space wird dort erneut aufgebaut und kann von interessierten Besuchern besichtigt werden.

<https://www.gut-mechow.com/>

SPONSOREN UND UNTERSTÜTZER

muthesius
transferpark



Beyer
www.holzschindel.at

unverpackt
lose, nachhaltig, gut

ADDIX

DAS FENSTER
EINRICHTUNGEN GMBH

ebök
Planung und Entwicklung GmbH
Schellingsstr. 4/2 · 72072 Tübingen
Tel. 07071-93940 · Fax -939499
www.eboek.de · mail@eboek.de

SLEEPY
Yacht- u. Spezialtransport GmbH & Co. KG

KS HOLZBAU
KLAUS SELL

ANDREAS PAULSEN

CROSSWORK

LOPAS
Bauen mit der Natur.

oemig + stark

Ingenieurgesellschaft mbH

**HEINRICH
KARSTENS**
BAUUNTERNEHMUNG

STIEBEL ELTRON

Günther
Bäcker seit 1882

AGUA

[campuscienceconomy]
wissenschaftspark**kiel**

GLINDEMANN
GRUPPE

hüssermann®
Fassaden und Terrassen aus Massivholz.

Alle Angaben sind unverbindlich und ohne Gewähr.
Irrtümer, Druckfehler / Darstellungsfehler vorbehalten.
Abbildungen können abweichen.



**ZERO
WASTE
SPACE**