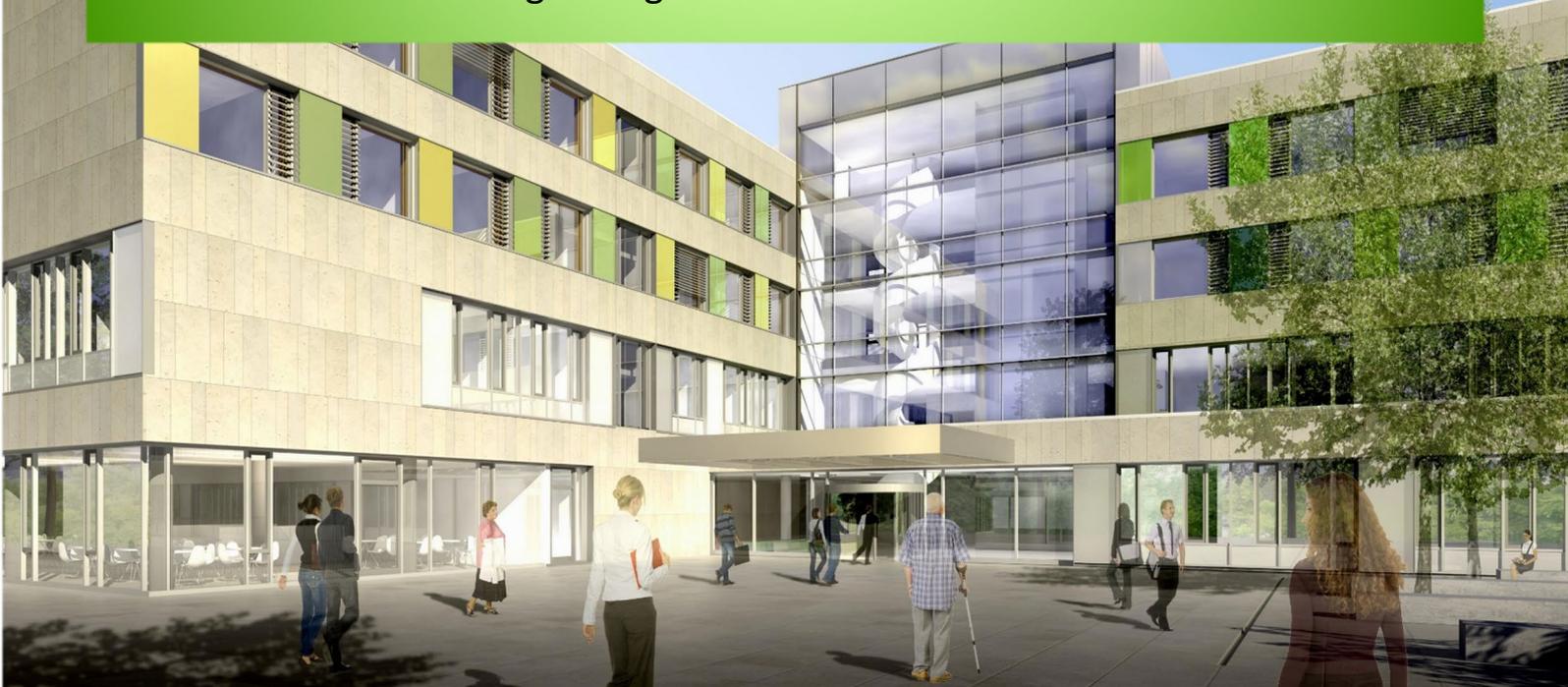




## Kurzbericht

# Green Hospital Lichtenfels

Durchführung von Forschungsarbeiten zur wissenschaftlichen  
Begleitung des Krankenhausneubaus



Gefördert durch den Landkreis Lichtenfels im Rahmen einer Kooperation der  
Technologie Allianz Oberfranken (TAO)

Hof, 30. November 2022

## Projektkoordination:

Prof. Dr. Thomas Schlosser

## Verantwortlich:

Prof. Dr.-Ing. Manfred Casties  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann  
Prof. Dr. Thomas Schlosser

## Projektpartner / Kontakt:

### Hochschule Hof

Alfons-Goppel-Platz-1  
95028 Hof  
E-Mail:



thomas.schlosser@hof-university.de  
matthias.kreuzer.2@hof-university.de

---

### Hochschule Coburg

Friedrich-Streib-Straße 2  
96406 Coburg  
E-Mail:



manfred.casties@hs-coburg.de  
alexander.pabst@hs-coburg.de

---

### Universität Bayreuth

Universitätsstraße 30  
95447 Bayreuth  
E-Mail:



brueggemann@uni-bayreuth.de  
marco.griesbach@uni-bayreuth.de

## Kurzbericht

### Einleitung

In Lichtenfels wurde im Jahr 2018 der Klinik-Neubau mit dem Zusatztitel „Green Hospital“ in Betrieb genommen. Das „REGIOMED Klinikum“ in Lichtenfels wurde als erstes bayerisches Krankenhaus nach Passivhaus-Standard konzipiert. Nicht nur das Gebäude ist neu, auch die Gebäudetechnik wurde komplett neu konzipiert. Mit den eingebauten Anlagen ist es möglich, verschiedene Betriebsstrategien zur Bereitstellung von Wärme, Kälte und Strom zu fahren.

Beim Green Hospital geht es jedoch nicht nur ums Energiesparen, auch auf die Gestaltung der Innenräume für Mitarbeiter und Patienten wurde besonderes Augenmerk gelegt. Es tragen helle, freundliche Räume und nachhaltige Baumaterialien, wie Holz, zur schnelleren Gesundung der Patienten bei und schaffen eine angenehme Arbeitsatmosphäre für das Personal. Moderne Beleuchtungstechnik sorgt dafür, dass die Beleuchtung im Inneren nach dem Tageslicht geregelt wird und so Mitarbeiter und Patienten positiv beeinflusst. Das Gebäude erhielt 2022 die DGNB-Zertifizierung in Platin.

Die Hochschulen Coburg, Bayreuth und Hof wurden beauftragt, das Projekt „Green Hospital Lichtenfels (GHL)“ wissenschaftlich zu begleiten. Das bezieht sich vorwiegend auf Wasser- und Energieverbrauchsfragen sowie Fragen zur Optimierung des Betriebs der technischen Gebäudeausrüstung.

In diesem Rahmen wurde während der Bauzeit zunächst ein Messkonzept für das Objekt erarbeitet und in die Ausschreibung eingebracht. Auf Basis des Messkonzeptes konnte nach der Inbetriebnahme, die Energie- und Wasserverteilung im Gebäude aufgezeichnet, untersucht und bewertet werden. Die Auswertung erfolgte, mit einer Verzögerung nach der Fertigstellung, durchgehend über zwei Jahre hinweg, vom Frühjahr 2020 bis zum Frühjahr 2022. Parallel dazu wurden vom Projektpartner Universität Bayreuth Simulationsmodelle erstellt und mit den aufgezeichneten Daten aus dem Krankenhaus kalibriert. Mithilfe dieser Modelle konnten verschiedene Betriebsweisen der vorhandenen Anlagen auf ihre ökologischen und ökonomischen Auswirkungen hin untersucht werden.

### Energie- und Wasserverbrauch im Green Hospital

Der Wärmeenergieverbrauch des neuen Krankenhauses (GHL) hat sich im Vergleich zum Vorgängergebäude (Altbau) deutlich reduziert. Das ist insbesondere auf die gute Wärmedämmung des Gebäudes in Anlehnung an den Passivhaus-Standard zurückzuführen. Abbildung 1 zeigt den Jahresenergieverbrauch für Wärme und Strom sowie den Jahreswasserverbrauch als Vergleichs-Kennwert nach VDI 3808 bezogen auf ein Krankenhaus-Planbett.

Der Wärmeenergieverbrauch verteilt sich ca. zu 25 % auf die Absorptionskältemaschine, zu 20 % auf den Altbau (Bestand), zu 55 % auf den Neubau des Krankenhauses (GHL) und zu 2 % auf die Heizzentrale selbst. Die Wärme im Neubau wird benötigt für die Warmwasserbereitstellung (22 %), für die Fußbodenheizung (5 %), für die statischen Heizkörper (16 %) und für die Heizregister der Raumluftechnik (57 %). Diese und weitere Aufteilungen finden sich im Abschlussbericht des Forschungsvorhabens.

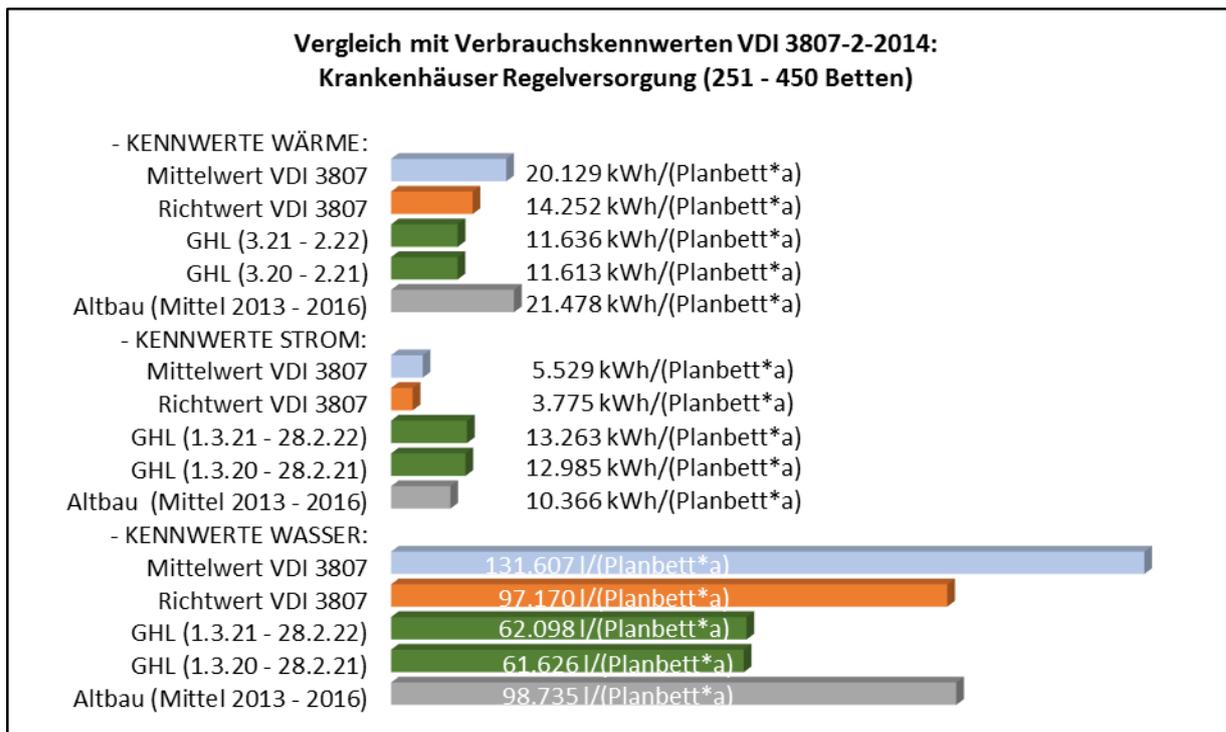


Abbildung 1: Vergleich der Verbrauchskennwerte für Krankenhäuser nach VDI 3807

Der Wasserverbrauch ist gegenüber den VDI-Kennwerten und dem Verbrauch im Altbau deutlich geringer. In den Monats- und Tagesverbräuchen waren auch kurzfristig die Auswirkungen der Lockdown-Phasen während der Coronapandemie erkennbar.

Der Stromverbrauch hat sich im Vergleich zum Vorgängergebäude (Altbau) erhöht und ist gegenüber den Kennwerten aus der VDI 3807 sogar mehr als doppelt so hoch. Das liegt hauptsächlich an der erweiterten technischen Ausstattung und dem vermehrten Einsatz von Lüftungstechnik in heutigen modernen Krankenhäusern. Die Werte der VDI-Richtlinie basieren noch auf Datenerhebungen der 1990er-Jahre. Man erkennt die steigende moderne Medizintechnik bereits am Stromkennwert des Altbaus des Krankenhauses Lichtenfels.

Abbildung 2 zeigt die prozentuale Aufteilung des elektrischen Energieverbrauchs im Green Hospital. Es ist erkennbar, dass jeweils ca. 40 % durch die Lüftungstechnik und die medizinischen Geräte, wie MRT, o. a. (Rest) verbraucht werden. Im Neubau GHL sind beispielsweise auch die Bettenstationen maschinell belüftet, was im Altbau nicht der Fall war. Dies erhöht deutlich den Nutzerkomfort, aber auch den Energieverbrauch. Die Beleuchtung hat aufgrund des Einsatzes moderner LED-Leuchtmittel nur einen abgeschätzten Anteil von ca. 10 % am gesamten Stromverbrauch.

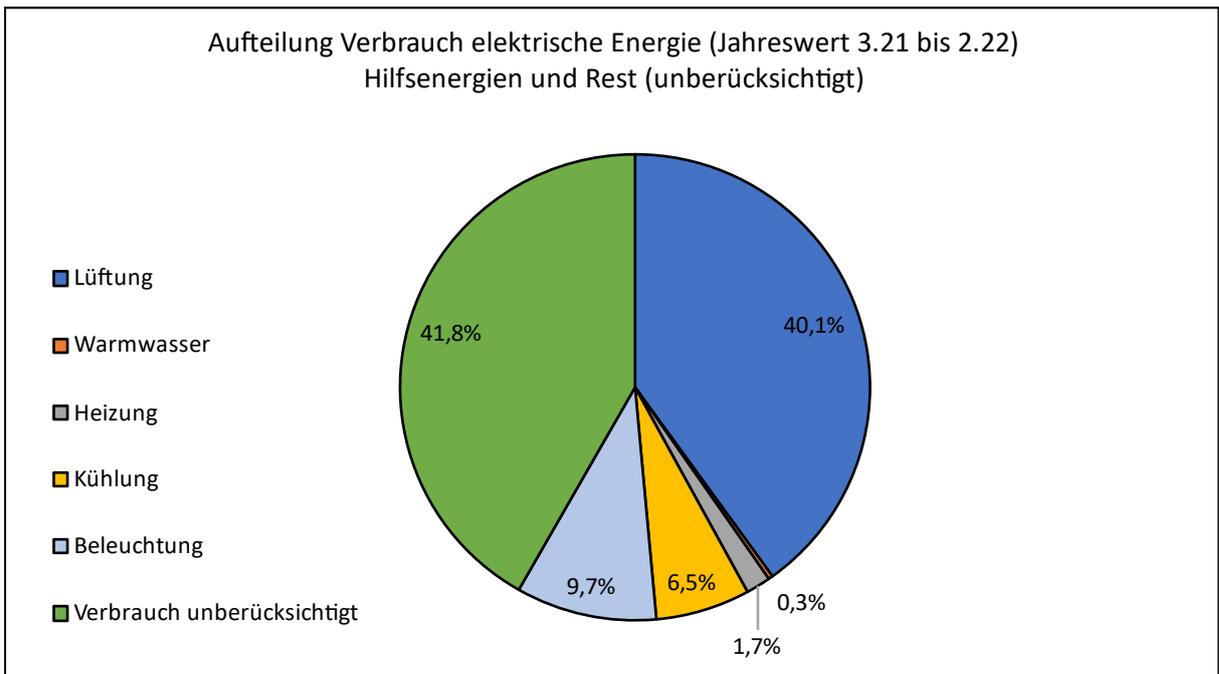


Abbildung 2: Aufteilung des elektrischen Energieverbrauchs

Auch ein Vergleich hinsichtlich des Wärme- und Stromverbrauchs mit Krankenhäusern einer vergleichbaren Größenordnung der EnEV 2014 (Abbildung 3) zeigt für das GHK Kennwerte, die in einer ähnlichen Größenordnung liegen. D. h., das GHK kann als Krankenhaus nach dem aktuellen Stand der Technik mit einem optimierten Energieverbrauch angesehen werden.

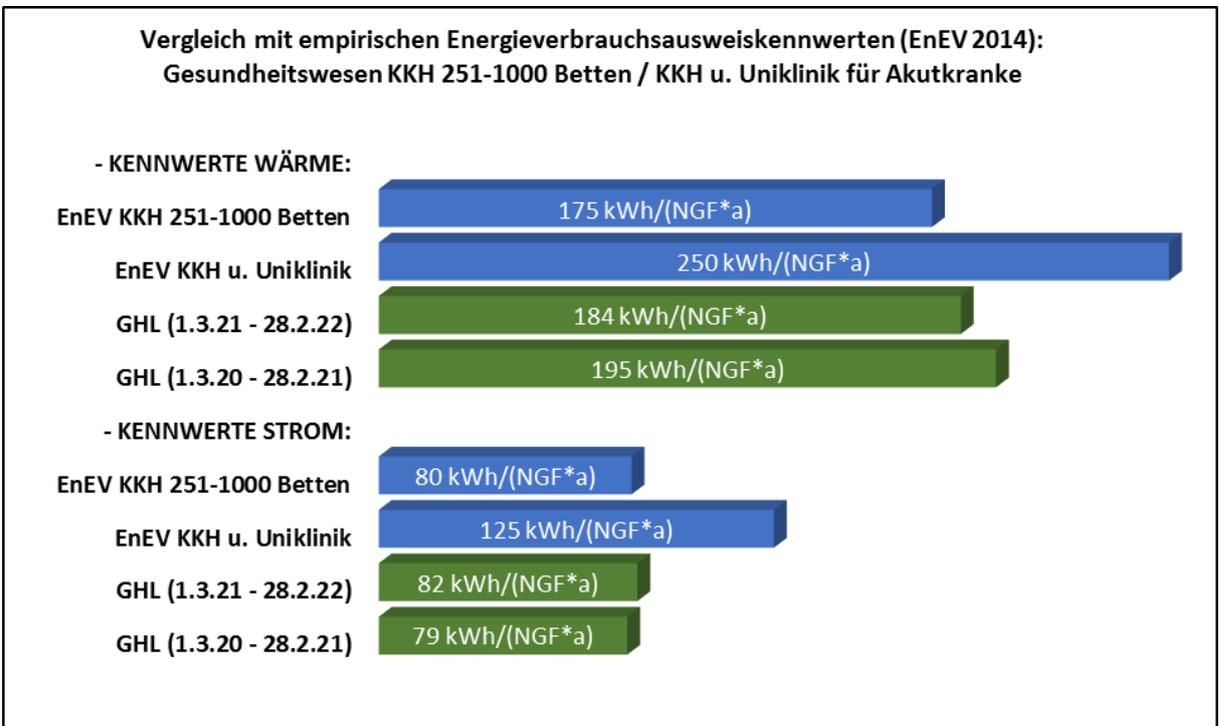


Abbildung 3: Vergleich der Verbrauchskennwerte für Krankenhäuser nach EnEV 2014

Die aktuellen Energieflüsse, Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen im GHK sind in Abbildung 4 aufgetragen. Ein Großteil der Primärenergie wird über den Energieträger Gas bereitgestellt. Abbildung

5 zeigt die Aufteilung des Energieverbrauchs in Primär-, End- und Nutzenergie in Anlehnung an die DIN V 18599. Bisher ist der Anteil erneuerbarer Energien noch gering.

Weiterhin wurden mithilfe der Anlagensimulation von den Hochschulen die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen verschiedener Fahrweisen der bestehenden Anlagen durchgespielt, sodass erste Hinweise und Empfehlungen für eine optimale Anlagenfahrweise gegeben werden konnten. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass es keine generelle Betriebsstrategie gibt, welche zu einem universellen Optimum hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Bewertungskriterien führt und eine Veränderung der Anlagenfahrweise nicht unbedingt außergewöhnliche Energieeinsparungen generiert.

Aktuell ergeben sich für die Energieversorgung von Krankenhäusern durch die politischen und ökonomischen Auswirkungen des Ukrainekriegs bzgl. der Versorgungssicherheit mit Gas und der Entwicklung der Energiepreise inklusive einer zukünftigen Versteuerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen vollkommen neue Randbedingungen. Das GHK verwendet neben dem bezogenen Strom als Energieträger Gas, Holzhackschnitzel sowie Solarenergie und besitzt diverse Anlagen zur Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung. Dadurch ist es möglich, die benötigten Anteile der Energieträger zu verändern und an verschiedene Randbedingungen anzupassen.

Allgemein kann man sagen, dass eine Erhöhung des Anteils eigen erzeugter, regenerativer Energien zu einer Verringerung der Abhängigkeit von Energieimporten führt. Eine Erhöhung des regenerativen Anteils lässt sich durch verschiedene Optionen erreichen. Beispielhaft seien hier genannt:

- Steigerung des Anteils an der Wärmeerzeugung durch Erhöhung des Einsatzes des Biomasse-Heizkessels.
- Ausbau der Erzeugung von PV-Strom.
- Substitution des Erdgases durch z. B. Biogas aus regionaler Erzeugung oder Methan / Wasserstoff aus überschüssigem, regenerativ erzeugtem Strom.

Durch die vorhandene Struktur der Energieversorgung des GHK ist das Krankenhaus auf künftige Veränderungen gut vorbereitet. Die ersten beiden Optionen können, unter dem Einsatz von Investitionen, bereits heute umgesetzt werden.

Bezüglich der bisherigen gekoppelten Strom- und Wärmeproduktion mit Gas-Blockheizkraftwerken müssen jedoch genauere Überlegungen im Strom- und Wärmebereich angestellt werden. Deshalb wurde u. a. untersucht, wie mittels einer vergrößerten PV-Anlage die Strom- und Wärmeproduktion durch die BHKWs reduziert werden kann. Allerdings muss die fehlende Wärme dann durch den bestehenden Biomassekessel bereitgestellt werden. Dies ist jedoch mit entsprechenden Investitionen in Umbauten der Energieversorgung verbunden, die bei den noch recht jungen Anlagen nicht sinnvoll und auch zurzeit (besonders bei den unklaren Energiepreisentwicklungen) nicht wirtschaftlich erscheinen.

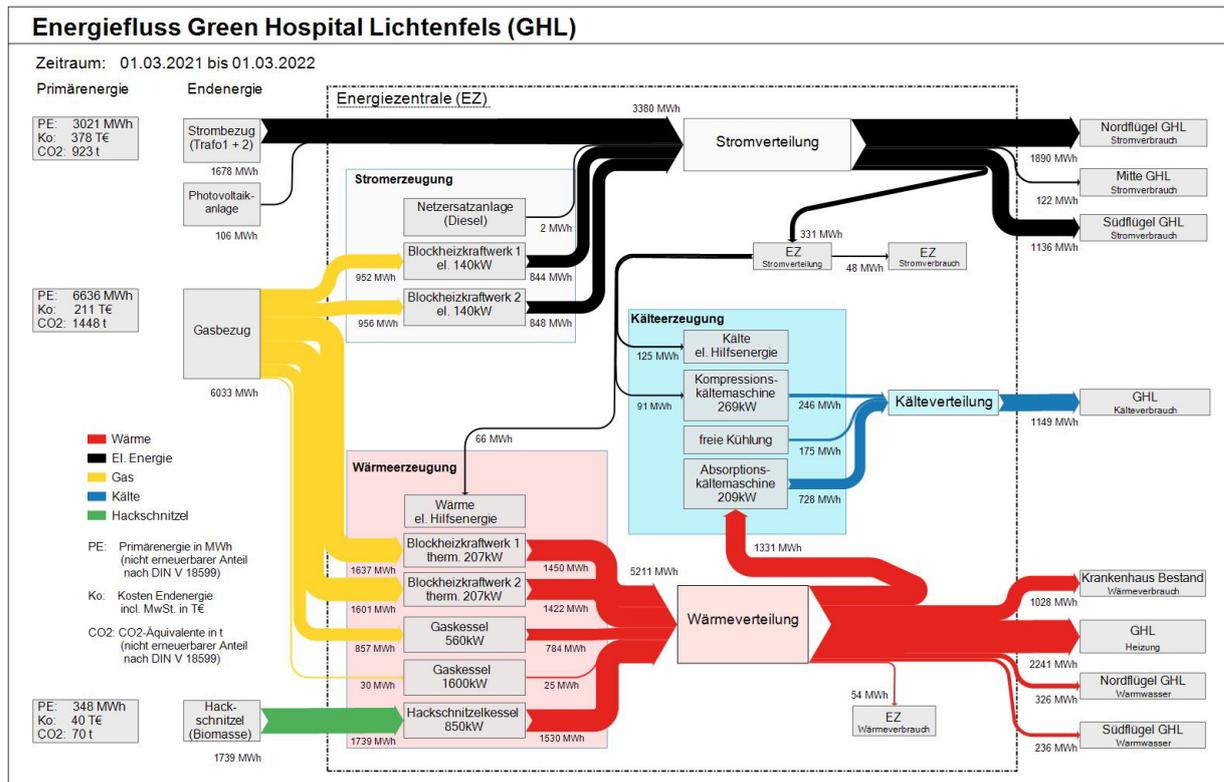


Abbildung 4: Energieflussdiagramm für das „Green Hospital Lichtenfels“

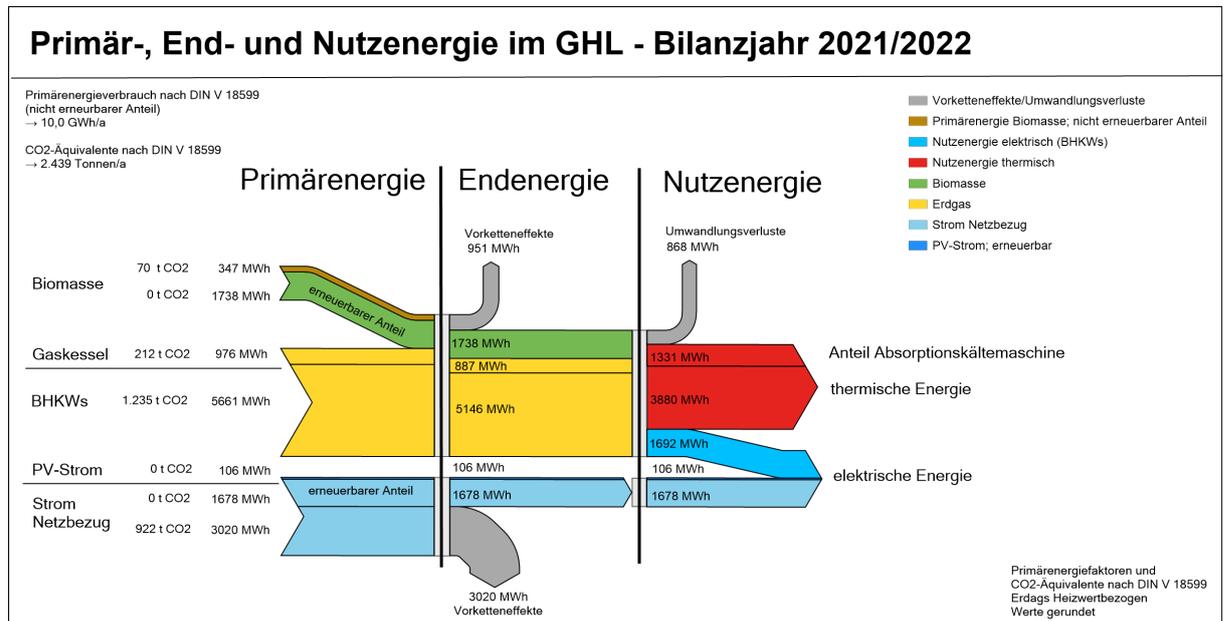


Abbildung 5: Primärenergieverbrauch des „Green Hospital“ mit End- und Nutzenergien

## Zusammenfassung / Fazit

Die wichtigsten Ergebnisse des vorliegenden Berichts werden im Folgenden stichpunktartig zusammengefasst.

- Der Wärmeverbrauch des Green Hospital entspricht den heutigen Anforderungen an Energieeinsparungen in Gebäuden. Die Gebäudehülle (Außenwände, Fenster, Dächer, ...) ist nach Passivhaus-Standard gedämmt.
- 57 % des Wärmeverbrauchs resultieren aus dem Betrieb der raumluftechnischen Anlagen mit großen Luftmengen, trotz hoher Wärmerückgewinnungsgrade.
- Der Biomassekessel stellt sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht eine vorteilhafte Variante dar. Soweit technisch realisierbar, sollte dessen Einsatz weiter ausgebaut werden.
- Die bereits installierten BHKWs sollten aus ökonomischer Sicht aufgrund des hohen Strompreises in Deutschland weiter priorisiert werden. Auch bei einer Variation des Gaspreises stellt ein vermehrter BHKW-Einsatz einen finanziellen Vorteil dar.
- Insbesondere bei steigenden Gaspreisen sollte der Wärmeverbrauch möglichst reduziert werden, was durch eine Bevorzugung der Kompression-Kältemaschine gegenüber der Absorptions-Kältemaschine erzielt werden kann, wodurch der Wärmebedarf um ca. 25 % reduziert werden kann.
- Der Ausbau von zusätzlichen PV-Flächen stellt für die laufenden Kosten einen Vorteil dar, wobei dieser an den Bedarf der Klinik angepasst werden sollte. Zu große PV-Flächen würden zu einer übermäßigen Netzeinspeisung führen, welche vermieden werden sollte. Es ergibt sich jedoch eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Abgaben. Dadurch wird diese Option auch wirtschaftlich interessant.