

Martin Kerner, Stefan Hindersin

# **Entwicklung und Testung der Anlagen- und Steuerungstechnik für eine speicherfreie Nutzung der Wärme aus einer Bioreaktorfassade in einem Wohnhaus**

F 3092

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2018

ISBN 978-3-7388-0231-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

Abschlußbericht zum Projekt

**Entwicklung und Testung der Anlagen- und Steuerungstechnik für eine speicherfreie Nutzung der Wärme aus einer Bioreaktorfassade in einem Wohnhaus**

**Projektleitung und Autor**

Dr. habil. Martin Kerner  
SSC Strategic Science Consult GmbH  
22761 Hamburg

**Projektdurchführung**

Dr. Stefan Hindersin



Hamburg im Juni 2018

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-Stadt und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen SWD-10.8.18.7-16.05)  
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

## Inhaltsangabe

	Seite
<b>0. Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1 Hintergrund	4
1.2 Projektbeteiligte	4
<b>2. Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Funktion einer Bioenergiefassade	5
2.2 Projektbeschreibung	6
<b>3. Projektdurchführung</b>	<b>7</b>
3.1 Analyse Ist-Sollzustand	7
3.1.1 Vorgaben für Anlagen- und Steuerungskonzept	10
3.2 Anlagenkonzept	11
3.2.1 Technische Umsetzung Anlagenkonzept	13
3.3 Steuerungskonzept	16
3.3.1 Entwicklung Steuerungssystem	16
3.3.2 Technische Umsetzung Steuerungssystem	19
3.4 Monitoring	23
<b>4. Ergebnis</b>	<b>24</b>
4.1 Nutzung Wärme	24
4.2 Effizienz der Bioenergiefassade	25
<b>5. Fazit</b>	<b>28</b>

**Anlage zum Abschlußbericht - Quellcode**

## 0. Zusammenfassung

Im Projekt Fassadenwärme wurde ein Steuerungssystem entwickelt und erprobt, mit dem eine optimale Produktion sowohl von Wärme als auch Mikroalgen-Biomasse in einer Bioenergiefassade ermöglicht und die Wärme direkt zur Versorgung eines Gebäudes mit Trinkwasser und Heizung genutzt wird. Das Steuerungssystem wurde entwickelt und implementiert für/an einem Wohngebäude, dem BIQ Das Algenhaus in Hamburg Wilhelmsburg und steuerte dort vollautomatisch sowohl den Betrieb der 170 m<sup>2</sup> großen Bioenergiefassade als auch die zum Haus gehörende Haustechnik, die das Haus mit Wärme versorgt. Während einer einjährigen Untersuchungsphase von Mai 2017 bis April 2018 wurde gezeigt, dass die Temperatur im Kulturmedium der Bioenergiefassade im für das Mikroalgenwachstum optimalen Bereich zwischen 20 und 35 °C gehalten werden konnte. Gleichzeitig wurde in der Bioenergiefassade Wärme aus Solareinträgen mit einer Energiekonversionseffizienz von 0,38 produziert. Das System erzeugte dabei im Untersuchungszeitraum 59 % der im Gebäude insgesamt für Heißwasser und Heizung benötigten Wärme von 63 MWh/Jahr. In den Monaten Mai bis August diente die Bioenergiefassade als einzige primäre Wärmequelle der Versorgung des Gebäudes und es wurden dabei sogar Wärmeüberschüsse von 50 % produziert. Diese wurden zur Regeneration von Erdsonden genutzt, so dass diese die Wärmeversorgung im Winter übernehmen konnten. Der Anteil der Wärme aus der Bioenergiefassade, der direkt ohne Zwischenspeicherung zur Versorgung des Gebäudes genutzt werden konnte, betrug über den gesamten Untersuchungszeitraum etwa 80 %. Im Ergebnis konnte im Projekt gezeigt werden, dass mit dem neu entwickelten Steuerungssystem in einer Bioenergiefassade sowohl eine optimale Mikroalgenproduktion als auch eine optimale Nutzung der Wärme ermöglicht wird. Im städteplanerischer Hinsicht bieten damit Bioenergiefassaden die Möglichkeit den urbanen Raum für eine Produktion und Regeneration von Ressourcen (i.e. Wasser, Nährstoffe, Energie, Biomasse) zu nutzen.

## 1. Einleitung

### 1.1. Hintergrund

Im Rahmen der Internationalen Bauausstellung wurde 2013 das weltweit erste Wohngebäude, das BIQ Das Algenhaus, mit einer Bioenergiefassade aus Photobioreaktoren erstellt, die seither kontinuierlich betrieben wird<sup>1</sup>. In dieser Bioenergiefassade werden mit Sonnenlicht Mikroalgen und Wärme produziert, wobei letzteres für die Versorgung des Gebäudes genutzt werden soll. Die Entwicklung der Konstruktion einer Bioenergiefassade wurde von der Zukunft Bau gefördert.

Im Rahmen des Betriebs der Bioenergiefassade wurde über ein von der Zukunft Bau gefördertes Monitoring festgestellt, dass die Nutzung der Wärme aus der Fassade für die Versorgung des Gebäudes nicht optimal ist, da ein Großteil über lange Zeiträume im Erdreich zwischengespeichert werden muß, was zu großen Verlusten führt<sup>2</sup>.

Um das System zu optimieren war es Ziel des vorliegenden Projektes, ein neues Energiekonzept zu entwickeln, mit dem die Speicherung der Wärme minimiert und die direkte Nutzung maximiert wird, ohne dass die Produktion an Mikroalgen gestört wird. Damit verbunden war eine Neukonzeption des Heizungssystems und die Entwicklung einer Steuerungssoftware, die im Projekt etabliert und in ihren Funktionen getestet werden sollten.

### 1.2. Projektbeteiligte

Projektleitung und Ausführung hatte die SSC GmbH, die seit 2007 in einem interdisziplinärem Kontext Mikroalgentechnologie entwickelt. Im Ergebnis konnte bis heute eine Anlagentechnik entwickelt werden, welche es ermöglicht, ganzjährig und kontinuierlich Mikroalgen und Wärme an der Fassade zu produzieren und zu ernten<sup>3</sup>

Das vorliegende Projekt nutzte die SSC GmbH um eine eigene Abteilung für Steuerungstechnologie aufzubauen, so dass Aufgaben, die zunächst extern vergeben werden sollten, von Mitarbeitern der SSC GmbH durchgeführt wurden. Bis Ende 2018 beabsichtigt die SSC GmbH ein Tochterunternehmen, die cellparc GmbH i.G., zu gründen, die die Vermarktung der Technologie über Bau und Betrieb von Bioenergiefassaden übernimmt.

---

<sup>1</sup> IBA 2013. Smart Material House BIQ. Published by: IBA Hamburg GmbH, Am Zollhafen 12, 20539 Hamburg. pp 21.

<sup>2</sup> Abschlußbericht 2015. Monitoring Fassadenkonstruktion aus Photobioreaktoren am Pilotprojekt BIQ auf der IBA 2013 in Hamburg. Autoren: Wurm, J., M. Pauli, M. Kerner, S. Hindersin, S. Krümmel, I Breckner, M. Frechen, T. Sengewald. Projekt Zukunft Bau 2013-2015, Aktenzeichen II 3-F20-12-1-067/SWD-10.08.18.7-13.06.

<sup>3</sup> S. Hindersin, M. Leupold, M. Kerner, and D. Hanelt. 2012. Irradiance optimization of outdoor microalgal cultures using solar tracked photobioreactors. *Bioprocess Biosyst Eng*. DOI 10.1007/s00449-012-0790-5.  
S. Hindersin, M. Leupold, M. Kerner and D. Hanelt. 2014. Key parameters for outdoor biomass production of *Scenedesmus obliquus* in solar tracked photobioreactors. *J. Appl. Phycol*. DOI 10.1007/s10811-014-0261-2

## 2. Grundlagen

### 2.1 Funktion Bioenergiefassade

Eine Bioenergiefassade besteht aus Paneelen, den sogenannten Bioreaktoren, auf die die SSC GmbH zwei Patente hält<sup>4</sup>. Diese sind plattenförmig und bestehen aus einem 4 Scheiben Glasaufbau (Abb. 1). Die beiden inneren Glasscheiben umschließen dabei einen 1 cm breiten Hohlraum, in dem Mikroalgen in wässriger Lösung kultiviert werden (sog. Kulturmedium). Zur thermischen Isolation wird der Bioreaktor, wie bei einem Isolierglasfenster, durch außenliegende 1 cm dicke Argon-Gasschichten mit zwei weiteren Glasscheiben begrenzt (Abbildung 1). Der gesamte Glasaufbau wird im Falle des BIQ Das Algenhaus durch einen Aluminium Klemmrahmen zusammengehalten. Im Rahmen einer zwischen 2016-2018 erfolgten Weiterentwicklung des Bioreaktors wurde die Dichtung über den Klemmrahmen durch eine vollständige Verklebung ersetzt<sup>5</sup>. Dieser neue Bioreaktor bietet die Möglichkeit einer Integration des Bioreaktors in eine kommerzielle Fassadenkonstruktion und somit nicht nur den Einsatz in einem Gebäude als Sekundär- sondern auch als Primärfassade.

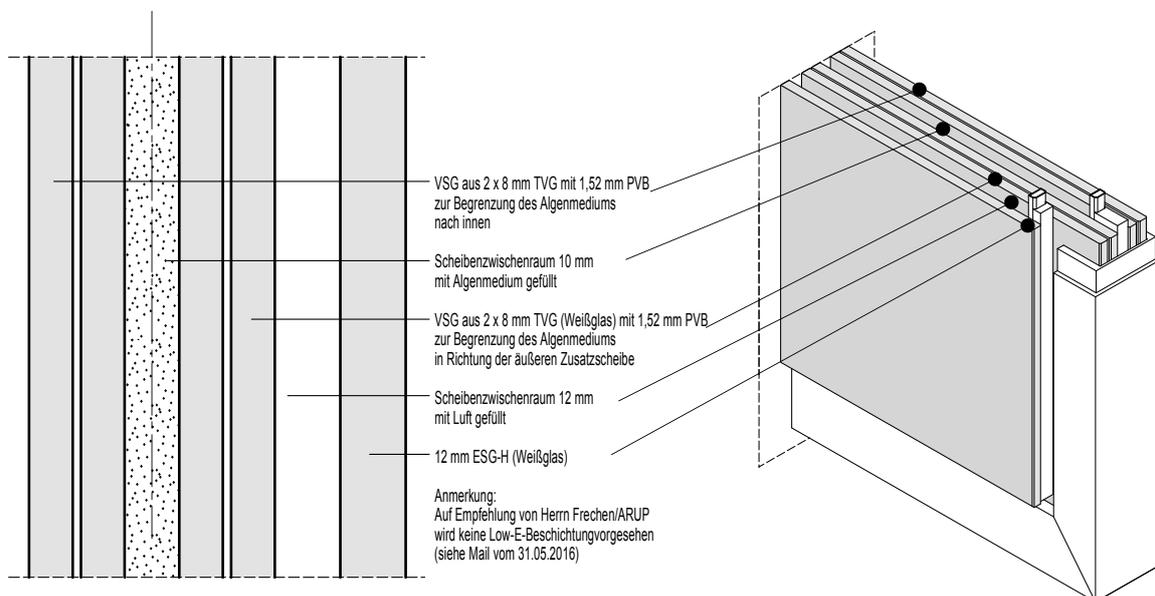


Abbildung 1. Schematischer Aufbau eines Bioreaktors aus Glas

Der Bioreaktor des BIQ hat eine Größe von H 3 x B 0,55 x T 0,15 m und 129 Reaktoren sind an den Südost- und Südwestseiten des Gebäudes als sogenannte Hinterlüftete Fassade angebracht. Diese

<sup>4</sup> Europäisches Patent Nr. EP 2 228 432 A1. Bioreaktor und Verfahren zum Betrieb eines Bioreaktors. Europäische Patentanmeldung Nr. 10153388.3. Fassadenelement, Fassadenkonstruktion und Gebäude.

<sup>5</sup> Abmus, E.; Weller, B.; Kerner, M. 2016. Adhesive Joints in Photobiogenerators - Preliminary Studies on Adhesive Materials. In: Schneider, J.; Weller, B. (Hrsg.): Engineered Transparency – Glass in Architecture and Structural Engineering. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 2016.

Bioreaktoren sind mit Wasser und Nährstoffen gefüllt und darin produzieren Mikroalgen mit dem einfallenden Sonnenlicht Biomasse (sog. Photosynthese). Die photoaktive Fläche der Bioenergiefassade am BIQ beträgt 170 m<sup>2</sup>. Das Sonnenlicht, das nicht von den Algen genutzt wird, wird physikalisch wie bei der Solarthermie in Wärme umgewandelt.

Das im BIQ zunächst realisierte Energiekonzept sah vor, daß die Wärme im Untergrund über Erdsonden gespeichert und bei Bedarf für die Heizung des Gebäudes entnommen und mittels einer Wärmepumpe auf ein Niveau von 30 °C gebracht wird, um damit eine Fußbodenheizung zu betreiben. Bei diesem Konzept wurde nicht ausreichend berücksichtigt, dass im Sommer, wenn die höchsten Wärmeerträge in der Bioreaktorfassade zu erzielen sind, keine Heizung im Wohngebäude benötigt wird. Darüber hinaus hat die Speicherung der Wärme im Erdboden den Nachteil, daß dabei die Wärme aus der Fassade nach der Speicherung nur noch mit einer Temperatur von maximal 10-12 °C zur Verfügung steht. Die Wärmepumpe also ein Temperatur-Delta von >15 °C aufzubringen hat, um diese Wärme für eine Fußbodenheizung nutzbar zu machen. Mit dem gleichen Delta kann die Wärme aus dem Kulturmedium, das meist eine Temperatur von 30-35°C aufweist mit einer Wärmepumpe auf > 50 °C gebracht werden und so ohne zusätzlichen Energieaufwand für die Warmwasserbereitung genutzt werden. Darüber hinaus zeigte das Monitoring der Wärmeverbräuche im BIQ, daß an Warmwasser (WW) ganzjährig in allen Monaten etwa gleich hohe Bedarfe auftraten. In Summe betragen in 2015 die für WW etwa 34.000 kWh/Jahr während für die Heizung im BIQ aufgrund seines Passiv Haus Standards nur 24.000 kWh/Jahr benötigt wurden. Da die in der Fassade erzeugte Wärme im bisherigen Konzept nicht optimal genutzt wurde, konnte die damit verbundene Wertschöpfung nur unzureichend realisiert werden. Ziel des vorliegenden Projekts war deshalb eine direkte Nutzung der Wärme für die Warmwasserbereitung, was wesentlich dazu beitragen würde, die Wirtschaftlichkeit der Bioreaktorfassade als energieerzeugendes System zu verbessern und somit im Vergleich zu den etablierten Produkten der Solarthermie und Photovoltaik konkurrenzfähig zu machen.

## 2.2 Projektbeschreibung

Der Forschungsansatz bestand darin, für die am BIQ Das Algenhaus vorhandene Bioreaktorfassade eine Anlagen- und Steuerungstechnik zu entwickeln und umzusetzen, mit der die Wärme, die in der Bioreaktorfassade produziert wird, optimal zur Deckung des Bedarfs im Wohnhaus genutzt werden kann.

Dazu wurden vier Arbeitspakete definiert. Das Projektmanagement erfolgte im Arbeitspaket 0. Im Arbeitspaket 1 wurde das bestehende Energiekonzept im BIQ um die Warmwasserversorgung erweitert. Dabei wurde der Ansatz verfolgt, die Wärme über eine Wärmepumpe auf >50 °C zu bringen. Damit verbunden war eine Neuplanung und Umbau der Heizungsanlage. Im Arbeitspaket 2 wurde die für diese Anlagentechnik notwendige Steuerung entwickelt. Dabei wurden auf die Ergebnisse des langjährigen Monitorings zurückgegriffen. Im Arbeitspaket 3 erfolgt das Monitoring der neu etablierten Anlagen- und Steuerungstechnik. Basierend aus den daraus gewonnen Erkenntnissen wurde in AP 2 die Steuerungstechnik iterativ optimiert.

### 3. Projektdurchführung

#### 3.1 Analyse Ist-Sollzustand

Grundsätzlich bestand die Herausforderung bei der Entwicklung des Anlagen- und Steuerungskonzeptes darin, die Prozesse der Wärmeproduktion und -nutzung mit der Mikroalgenproduktion so zu verbinden, dass die Bedingungen für beide optimal waren. Da die Wärmeproduktion von der Strahlung am Standort Hamburg abhängig ist, wurde diese vorab ausgewertet. Um eine Kongruenz mit den in Kapitel 4 dargestellten Ergebnisse aus dem Monitoring zu erhalten, werden an dieser Stelle die Strahlungsdaten aus dem Untersuchungszeitraum nach dem Umbau der Heizungsanlage, also Mai 2017 bis April 2018, gezeigt, die in der Aussage denen in den Vorjahren entsprechen<sup>4</sup>.

Abbildung 2 zeigt die Monatssummen für die Globalstrahlung und die Strahlungssummen, auf den Südwest- bzw. Südostfassaden des BIQ, an denen die Bioreaktoren angebracht sind. Wie darauf zu erkennen, folgte die Globalstrahlung im Jahresverlauf dem Profil, das aus dem Sonnenstand am Standort Hamburg (53° 33' 3.906" N and 9° 59' 37,255" E) zu erwarten ist. Mit einer Jahreseinstrahlung von 780 kWh/m<sup>2</sup>/a lag die Globalstrahlung im Untersuchungszeitraum signifikant unter dem langjährigen Jahresmittel von 980 kWh/m<sup>2</sup>/a (Deutscher Wetterdienst). Die Strahlungseinträge auf den Fassaden betragen im Zeitraum März bis September ca. 50 % der Globalstrahlung. Allerdings wichen die Jahresverläufe von denen der Globalstrahlung ab, was mit Verschattungseffekten durch Nachbargebäude oder senkrechte Elemente sowie mit kurzzeitigen Wetterphänomenen zu erklären ist.

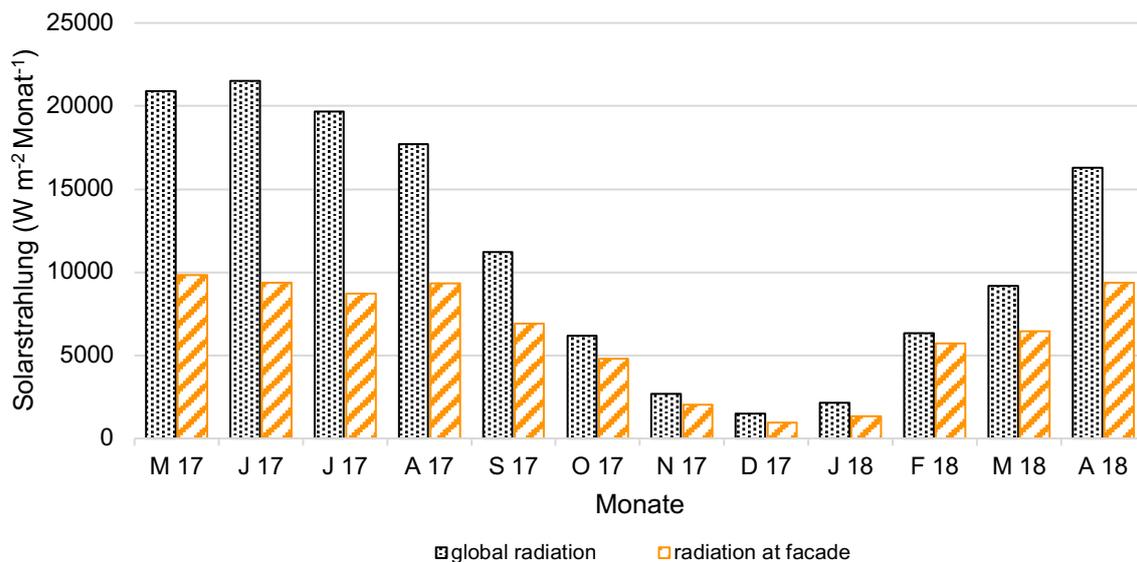


Abbildung 2. Monatssummen der Globalstrahlung und der Strahlung auf den Südwest- bzw. Südostfassaden des BIQ Das Algenhaus in Hamburg Wilhelmsburg im Untersuchungszeitraum Mai 2017 bis April 2018.

Aufgrund des Sonnenstandes am Standort konnten in den Monaten April bis September trotz unterschiedlicher Globalstrahlung vergleichbar hohe Monatssummen an Strahlung auf der Fassade mit einer

Fläche von 170 m<sup>2</sup> von 7-10.000 kWh/Monat erreicht werden. In den Wintermonaten sanken die Monatssummen in den Monaten November bis Januar auf unter 2000 kWh/Monat. Aus diesem Grund wurde die Anlage im Untersuchungszeitraum 2017/18 zwischen Dezember und März entleert und damit außer Betrieb genommen.

Abbildung 3 zeigt die Monatssummen an Wärmeproduktion und -verbrauch für Warmwasser und Heizung. Wie daraus zu erkennen, blieben die monatlichen Verbräuche für Warmwasser im Gebäude über das Jahr mit etwa 2.800 kWh /Monat weitgehend konstant. Der Verbrauch für Heizung blieb hingegen auf die Wintermonate beschränkt, also auf die Zeit, in der geringe oder keine Wärmeerträge an der Fassade zu realisieren waren. Der Gesamtverbrauch des Gebäudes betrug im Jahr 33,5 kWh für Warmwasser und 31,9 kWh für Heizung, was bezogen auf die Bruttogeschoßfläche 20.9 bzw 19.9 kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> entspricht und charakteristisch für die Bedarfe in Passivhäusern ist.

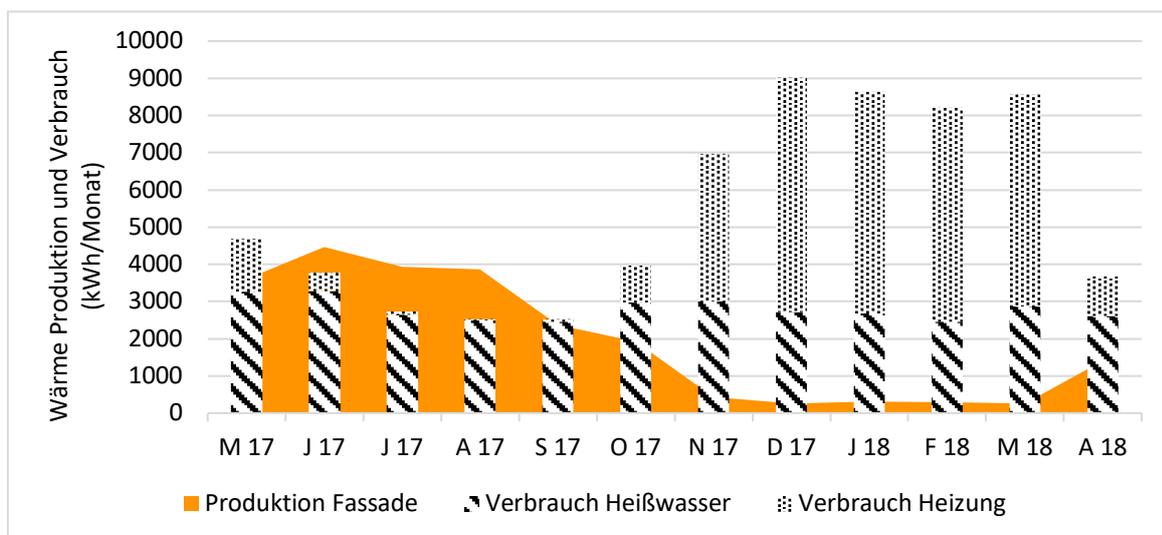


Abbildung 3. Monatssummen der Wärmeverbräuche für die Bereitstellung von Warmwasser und Heizung im BIQ Das Algenhaus in Hamburg Wilhelmsburg sowie die Wärmeproduktion in der Fassade mit 170 m<sup>2</sup> Fläche im Untersuchungszeitraum Mai 2017 bis April 2018.

In Bezug auf die direkte Wärmenutzung aus der Fassade zeigt Abbildung 3, dass in den Monaten Mai bis September bis zu 50% mehr Wärme produziert wurde, als für die Versorgung des Gebäudes benötigt wurde. In diesen Monaten musste also die Überschusswärme abgeführt und in den Erdsonden gespeichert werden. Wie aus Abbildung 3 weiterhin zu erkennen ist, erfolgte die Wärmenutzung im Sommer und Herbst weitgehend für die Bereitstellung von Warmwasser. Ein Bedarf für Heizung war nur in den Monaten Dezember bis April zu erkennen. Für die Steuerung bedeuten die Befunde, dass eine direkte Nutzung der Wärme aus der Fassade prioritär über die Warmwasserversorgung anzustreben ist.

Allerdings zeigen die tageszeitlichen Verbräuche, dass diese nicht unbedingt synchron mit den Wärmeerträgen aus der Fassade verlaufen (Abbildung 4). So weist der tageszeitliche Verbrauch für Warmwasser eine Verbrauchsspitze in den frühen Morgenstunden auf, während das solare Ertragsmaximum

um die Mittagszeit liegt. Diese zeitliche Verschiebung galt es mit dem Steuerungssystem auszugleichen.

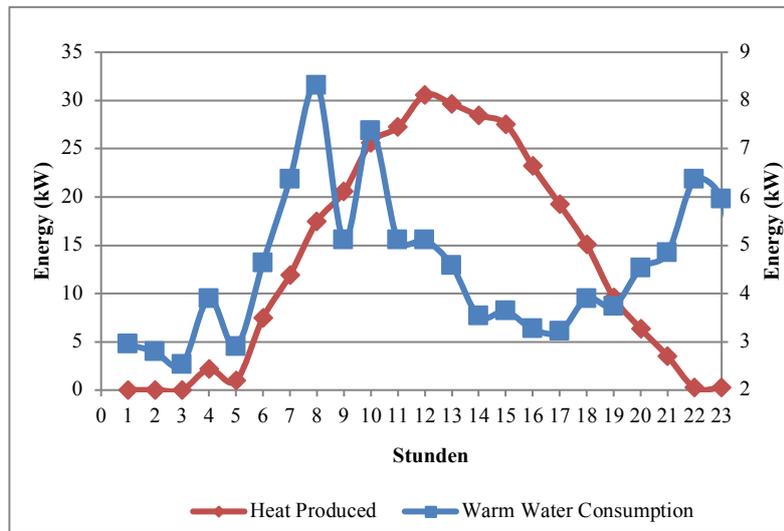


Abbildung 4. Gemittelte tageszeitliche Verläufe der Leistung (kW) der Wärmeproduktion in der Bioenergiefassade aufgrund von solarer Strahlung und Verbrauch an Warmwasser im Gebäude BIQ Das Algenhaus im Mai 2016 (SSC unveröffentlicht).

Ziel des Projektes war aber nicht nur die optimale Wärmenutzung sondern auch optimale Bedingungen für die Algenproduktion herzustellen. In Abbildung 5 werden die Änderungen der relativen photosynthetischen Aktivität einiger Arten einzelliger Süßwasser-Grünalgen, sogenannte Mikroalgen dargestellt. Dabei wurde die Photosynthetische Aktivität über die Methode der Puls Amplituden Modulation zu den jeweiligen Temperaturen bestimmt und normiert auf die PA bei einer Temperatur von 30°C, also relativ zu 1, dargestellt. Wie zu erkennen, reagierten die untersuchten Algenarten unterschiedlich auf Temperaturen über 37°. Während *Chlorella sorokiniana* und *Desmedesmus quadricaudatus* auch hohe Temperaturen bis 40°C ohne Einbußen in der Photosynthetischen Aktivität (PA) tolerierten, zeigten *Acutodesmus obliquus* und *Chlorella vulgaris* bereits bei Temperaturen über 37°C eine signifikante Abnahme der PA, die oberhalb von 43°C sogar bis auf Null absank, also letal war.

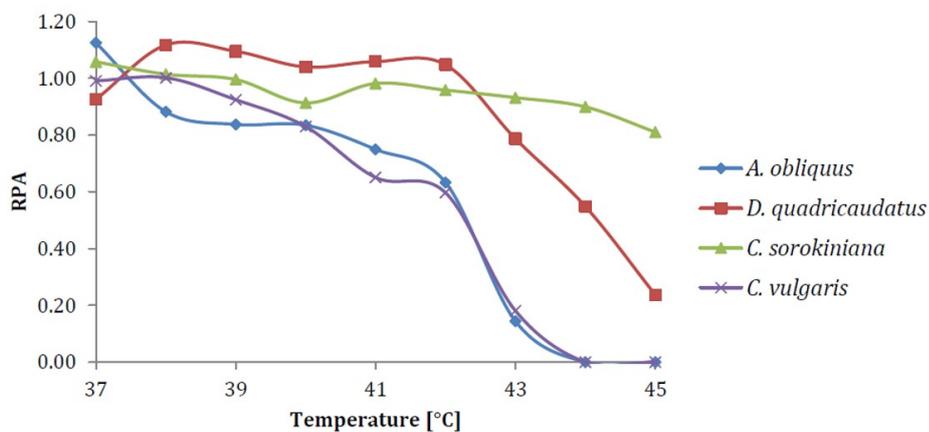
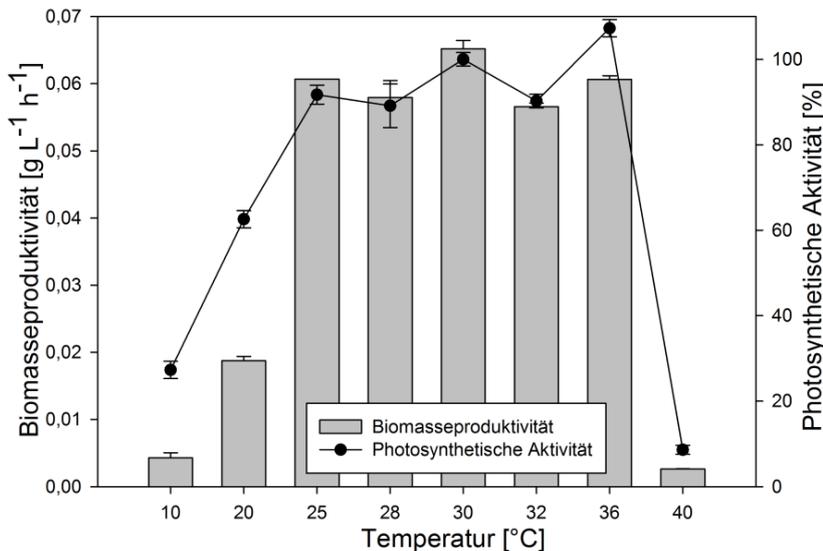


Abbildung 5. Änderung der Photosynthetischen Aktivität relativ zur 30 °C von verschiedenen Arten von Mikroalgen (einzellige Grünalgen) in Abhängigkeit von der Temperatur (SSC unveröffentlicht)

Eine Verringerung der Photosynthetischen Aktivität erfolgt auch, wenn die Temperatur unter einen Grenzwert sinkt. So zeigt Abbildung 6, dass *Acutodesmus obliquus* bis zu einer Temperatur von 25 °C konstant hohe PA und Wachstum aufweist, bei niedrigeren Temperaturen dann aber eine signifikante



Erniedrigung zeigt. Bei der Temperatursteuerung im Kulturmedium wurde deshalb angestrebt, diese im Bereich 25 bis 35°C möglichst konstant zu halten

Abbildung 6. Änderung der Photosynthetischen Aktivität und des Wachstums von *Acutodesmus obliquus* in Abhängigkeit von der Temperatur im Bereich 10 bis 40 °C (SSC unveröffentlicht).

### 3.1.1 Vorgaben für Anlagen- und Steuerungskonzept

Aus den in Kapitel 3.1 erarbeiteten Anforderungen an die Anlage und ihre Steuerung wurden folgende Schlußfolgerungen abgeleitet, die es bei der Neukonzeption zu berücksichtigen galt:

1. Die in der Bioenergiefassade produzierte Wärme übersteigt zeitweise den Wärmebedarf im Gebäude
2. Wärmeproduktion findet in der Bioenergiefassade nur tagsüber statt, was eine direkte Nutzung zur Deckung des Bedarfs im Gebäude im Prinzip auf wenige Stunden beschränkt.
3. 50% der Globalstrahlung trifft auf die Bioenergiefassade auf und führt dort unmittelbar zu Wärmeproduktion, die abgeführt werden muß, um ein Aufheizen des Kulturmediums zu verhindern. Die maximale Leistung der 170 m<sup>2</sup> Bioenergiefassade am Standort Hamburg betrug in 2017 38 kW.
4. Die Auskoppelung der Wärme aus der Fassade erfolgt über Wärmetauscher die der Wärmeleistung der Fassade entsprechende Wärmeübertragungsleistungen aufweisen müssen.
5. Eine variable, bedarfsgesteuerte Wärmeauskoppelung kann über eine Änderung des Volumenstroms in den Wärmetauschern mittels Ventilen erfolgen.
6. Um die Wärme aus der Fassade, die im Temperaturbereich 20-35 °C liegt, für die Warmwasserversorgung bzw. Heizung des Gebäudes nutzen zu können, bedarf es einer Wärmepumpe die Temperaturen bis 75° C erreichen kann.

7. Um kurzfristige Wärmeüberschüsse speichern zu können, werden 1000 L Speicher für das Heißwasser und die Heizung eingebaut mit denen jeweils 10 kW für 1.7 Stunden gespeichert werden kann<sup>6</sup>.
8. Zusätzlich zu den Speichern bietet die Bioenergiefassade mit einem Wasservolumen von 3.800 Litern eine Speicherkapazität von maximal 78 kWh.
9. Als Langzeitspeicher stehen sieben Erdsonden mit einer Wärmeübertragungsleistung von 27 kW zur Verfügung.

### 3.2 Anlagenkonzept

Ausgangspunkt war ein Heizungskonzept, das als Anlagenschema in Abbildung 7 dargestellt ist. Dieses Konzept sah vor, dass die Wärme aus der Fassade nur für die Heizung bzw. die Trinkwasservorwärmung genutzt wird. Überschüssige Wärme wird dabei in Erdsonden gespeichert, von denen sieben Stück mit einer Tiefe von 82 m und einer Wärmeübertragungsleistung von 38 kW, um das Gebäude herum verteilt, installiert wurden (Geowell Erdwärme GmbH, Marl). Um die Anlage auch im Winter betreiben zu können, sah das Energiekonzept eine Beheizung der Fassade im Winter mit Nahwärme aus dem Wärmenetz im Stadtteil Wilhelmsburg, das von Hamburg Energie im Rahmen der IBA 2013 aufgebaut wurde<sup>7</sup>, vor. Nicht realisiert wurde im Anlagenschema eine Beheizung über die Erdsonden, die ja ausreichen würde, da die Temperatur in der Fassade nur über den Gefrierpunkt zu halten ist.

Da für die Produktion von Mikroalgen CO<sub>2</sub> benötigt wird, wurde dieses über eine Gastherme als Rauchgas bedarfsgeführt bereitgestellt, wobei die dabei ebenfalls entstehende Wärme für die Heißwasserbereitung genutzt bzw. in das Nahwärmenetz von Hamburg Energie eingespeist wurde.

Die Versorgung des Gebäudes mit Warmwasser erfolgte ansonsten ausschließlich über die Nahwärme aus dem Netz von Hamburg Energie. Die Versorgung des Gebäudes mit Heizungswärme erfolgte entsprechend Abbildung 7 zusätzlich zur Nahwärme über eine Wärmepumpe, die ihre Quellwärme aus den Erdsonden bezog. In der Bioenergiefassade wird, wie in jeder anderen solarthermische Anlage, Wärme nur dann produziert, wenn die Sonne scheint. Am Standort Hamburg finden ausreichende Strahlungseinträge meist nur in den Sommermonaten statt und damit ist eine solare Wärmeproduktion auf diese beschränkt. Zu dieser Zeit wird aber keine Heizungswärme benötigt. Deshalb wurde die Wärme aus der Fassade bis 2016 fast zu 100 % in den Erdsonden gespeichert und im Winter als Quellwärme für die Wärmepumpe entnommen. Dies war am Standort Hamburg Wilhelmsburg mit solch hohen Wärmeverlusten verbunden, dass keine messbaren Wärmeerträge im Winter zu erkennen waren<sup>8</sup>.

---

<sup>6</sup> Dieser Wert errechnet sich daraus, dass der Speicher mit einem Temperaturdelta von 15°C gefahren wird und einer Wärmekapazität von Wasser von 4.18/kJ/kg/K = 17 kWh.

<sup>7</sup> <https://www.hamburgenergie.de/geschaeftskunden/waerme/nahwaerme-wilhelmsburg/>

<sup>8</sup> Digitale Leistungserfassung und Steuerung der Wärmeraufbereitung und -verteilung in einem Gebäude mit einer Bioreaktorfassade. Master Thesis, Ishwarya Sundarrao. 2016. Ernst Abbe Hochschule Jena.







Abbildung 9. R&I Schema der Heizungsanlage des BIQ Das Algenhaus, das ab März 2017 in Betrieb ist. Die Änderungen, die an der Anlage durchgeführt wurden, lassen sich wie folgt beschreiben: Die Wärme, die in der Bioenergiefassade erzeugt wird, wird nun direkt in einen Quellspeicher von 100 L geleitet, der wie eine Hydraulische Weiche zur Wärmepumpe wirkt. Darüber hinaus ist die Bioenergiefassade verbunden mit den Erdsonden, so dass bei Bedarf entweder Wärme in die Erdsonden eingespeist oder aus diesen entnommen werden kann. Eine weitere Neuerung in der Anlagentechnik bestand darin, dass die Wärmepumpe nun sowohl den Speicher Heizungswärme als auch den Speicher Heißwasser versorgt. Darüber hinaus wurde die Leitungsführung dahingehend verändert, dass nun auch Wärme aus den Erdsonden zur Beheizung der Fassade genutzt werden kann.

Beim Umbau der Anlage konnte der Großteil der vorher verbauten Hardwarekomponenten wiederverwendet werden. Grundsätzlich handelte es sich dabei um in der Heizungstechnik übliche Komponenten ohne besondere Anforderungen. Die Verrohrung erfolgte mit verzinkten Stahlrohren, die mit Armaflex Isolierrohr, Dämmstärke 9 mm isoliert wurden. Die vorhandene Wärmepumpe mußte durch eine ausgetauscht werden, die in der Lage ist, Variationen der quellseitigen Temperaturen zwischen  $-5^{\circ}\text{C}$  und  $+30^{\circ}\text{C}$  nutzen zu können. Eine weitere Anforderung an die Wärmepumpe war, dass sie bis zu  $75^{\circ}\text{C}$  heißes Wasser erzeugen kann. Darüber hinaus ergaben die Voruntersuchungen, dass in der Bioenergiefassade kurzzeitig bis zu 38 kW an Wärmeleistung auftreten kann, die durch die Wärmepumpe direkt abgeführt werden muß, wozu eine komplementäre Leistung der Wärmepumpe mit 27 kW angesetzt wurde. Die letztlich eingebaute Sole-Wärmepumpe vom Typ WPF 27 erfüllte alle diese Voraussetzungen. Wie aus den in Kapitel 4 aufgeführten Ergebnissen zu ersehen, konnte mit dieser Wärmepumpe eine direkte Nutzung der Wärme aus der Bioenergiefassade erfolgreich realisiert werden.

Um während des Umbaus der Heizungsanlage das Gebäude weiterhin mit Wärme versorgen zu können, wurde in die Ringleitung des Heizungssystems eine elektrische Notheizung temporär eingefügt. Die Versorgung mit Heißwasser konnte über den vorhandene Nahwärmeanschluss aufrecht erhalten werden (Abbildung 9).

Nach Umbau erfolgten die üblichen Druckprüfungen der Anlage auf Dichtigkeit und die Inbetriebnahme der Wärmepumpe durch den Techniker der Firma Stiebel.

### 3.3 Steuerungskonzept

#### 3.3.1 Entwicklung des Steuerungskonzeptes

Abbildung 10 zeigt das Steuerungskonzept, das für das BIQ Das Algenhaus entwickelt wurde. Darauf dargestellt sind die Wechselwirkungen zwischen der Bioenergiefassade, den Erdsonden und der Wärmepumpe sowie dem daran anschliessenden Wärmeversorgungs- und Heizungssystem unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Dem Steuerungskonzept liegt die Prämisse zugrunde, dass die Wärme aus der Fassade möglichst direkt für die Versorgung des Gebäudes genutzt wird. Diese Prämisse wird konterkariert durch die Notwendigkeit die Temperatur im Kulturmedium der Fassade auf einen für das Wachstum der Mikroalgen optimalen Wert zu halten.

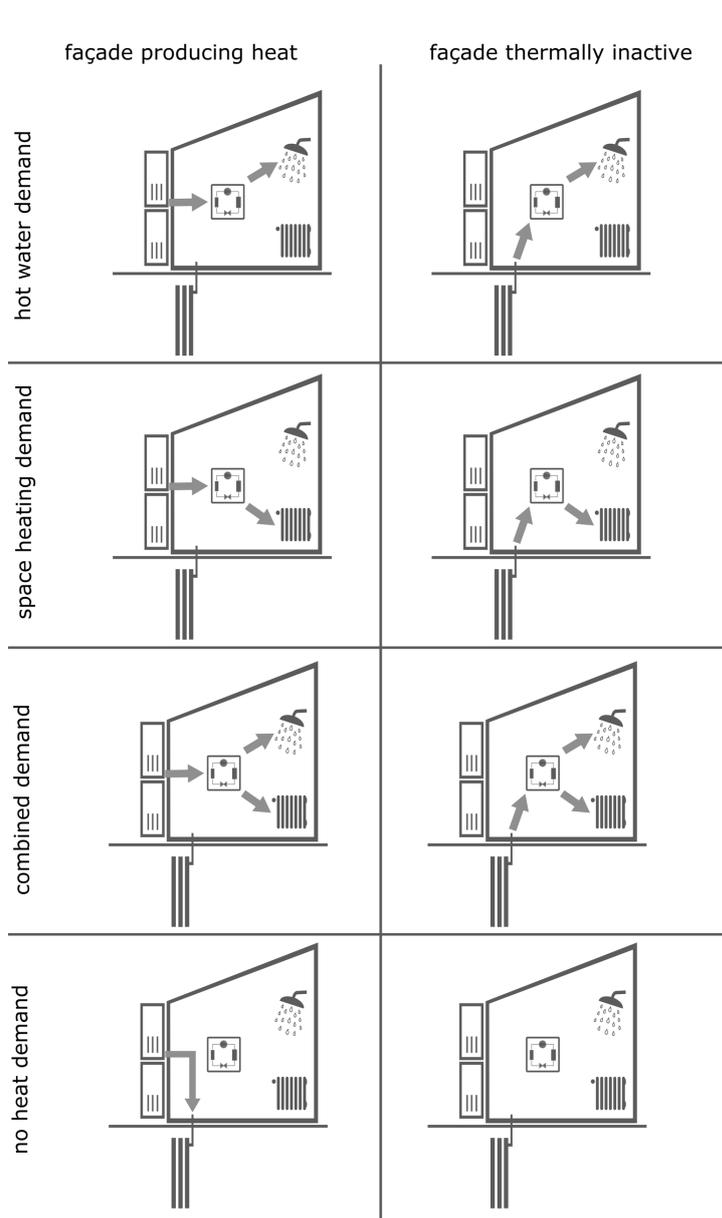


Abbildung 10. Basiszustände des Steuerungskonzeptes und ihre Wechselwirkungen zwischen der Bioenergiefassade, den Erdsonden und der Wärmepumpe sowie dem daran anschliessenden Wärmeversorgungs- und Heizungssystem

Tabelle 1. Obere und untere Temperaturgrenzwerte im Parametersystem für die Steuerung

Parameter	oberer (°C)	unterer (°C)
Kulturmedium	35	18
Speicher Heißwasser	55 / 75	50
Speicher Heizung	45 / 60	30
Zulauf Heizung	45	28
Zulauf Heizung	65	50

Um diesen Widerspruch teilweise aufzuheben, wurde für das Steuerungssystem ein Parametersystem mit Grenzwerten entwickelt, das in Tabelle 1 aufgeführt ist. Mit diesem sollten die aufgrund der Solarstrahlung variable Wärmeproduktion und die nutzerbasierte Verwertung ausbalanciert werden. Darüber hinaus wurde das Kulturmedium in der Fassade genutzt, um kurzfristig Wärme zu speichern, wenn es keinen unmittelbaren Wärmebedarf im Gebäude gab. Dies war möglich, da Mikroalgen, wie oben gezeigt, in einem gewissen Temperaturbereich optimal wachsen können. Da das Fassungsvermögen in der Fassade 3.800 Liter betrug, konnte darüber eine kurzfristige Wärmespeicherkapazität von etwa 78 kWh bereit gestellt werden. Zusätzlich standen die Speicher für Warmwasser und Heizung mit jeweils einem Fassungsvermögen von 1000 L zur Verfügung.

Grundsätzlich beruht das Steuerungskonzept (Abbildung 10) auf vier verschiedenen Basiszuständen: Besteht Wärmebedarf wird solange Wärme aus der Fassade entnommen, bis diese unter den unteren Grenzwert fällt (Tabelle 1). Im gegenteiligen Fall überschreitet die Temperatur in der Fassade den Maximalwert, und die Grenzwerte für die Temperatur in den Warmwasser- bzw. Heizungsspeichern von jeweils 1000 L werden dann von dem Minimum- auf einen Maximumwert gesetzt, um eine direkte Wärmenutzung aus der Fassade zu ermöglichen. Besteht Wärmebedarf ohne dass Wärme aus der Fassade bereitsteht, wird die Quellwärme aus den Erdsonden entnommen. Erzeugt die Fassade Überschusswärme und die beiden Wärmespeicher sind gefüllt, wird diese Wärme in den Erdsonden gespeichert, so dass der Untergrund regeneriert wird.

Um die unterschiedlichen Anforderungen des Steuerungskonzeptes umsetzen zu können, wurden Betriebsmodi (operational modes) definiert, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Zu diesen Betriebsmodi wurden dann die jeweiligen Stellungen und Zustände der Hardwarekomponenten (Pumpen und Ventile) der Anlage definiert (Abbildung 9) und in einer SPS Steuerung umgesetzt.

## Abschlußbericht Projekt Fassadenwärme

Tabelle 2. Schema der Betriebsmodi die dafür genutzt wurde, die Zustände der Hardwarekomponenten anzusteuern.

	Laden keiner Senke	Laden Heißwasser und Heizung	Laden Heißwasser (HW)	Laden Heizung (H)
	0	1	2	3
<b>0</b>	Alle Systeme inaktiv	WP lädt HW und H Speicher, Alle Systeme inaktiv	WP lädt HW Speicher, Alle Systeme inaktiv	WP lädt H Speicher, Alle Systeme inaktiv
<b>1</b>	BEF lädt PufferSpeicher, Alle Senken inaktiv	BEF lädt PufferSpeicher, Alle Senken inaktiv, WP lädt HW und H Speicher	BEF lädt PufferSpeicher, WP lädt HW Speicher	BEF lädt PufferSpeicher, WP lädt H Speicher
<b>2</b>	BEF lädt ES, Alle Senken inaktiv	BEF lädt ES WP lädt HW und H Speicher	BEF lädt ES , WP lädt HW Speicher	BEF lädt ES, WP lädt H Speicher
<b>3</b>	ES lädt PufferSpeicher, Alle Senken inaktiv	ES lädt PufferSpeicher, WP lädt HW und H Speicher	ES lädt PufferSpeicher, WP lädt HW Speicher	ES lädt PufferSpeicher, WP lädt H Speicher
<b>4</b>	ES lädt BEF, Alle Senken inaktiv	ES lädt BEF, WP lädt HW und H Speicher	ES lädt BEF, WP lädt HW Speicher	ES lädt BEF, WP lädt H Speicher
<b>5</b>	Nicht anwendbar	NW lädt HW Speicher, WP lädt HW und H Speicher	WP lädt H Speicher	Nicht anwendbar
<b>6</b>	Nicht anwendbar	ES lädt Pufferspeicher, WP lädt HW und H Speicher	ES lädt Pufferspeicher, WP lädt H Speicher	Nicht anwendbar
<b>7</b>	Nicht anwendbar	ES lädt BEF, NW lädt HW Speicher, WP lädt H Speicher	ES lädt BEF, NW lädt HW Speicher	Nicht anwendbar
<b>8</b>	NW lädt BEF, Alle Senken inaktiv	NW lädt BEF, WP lädt HW und H Speicher	NW lädt BEF, WP lädt HW Speicher	NW lädt BEF, WP lädt H Speicher
<b>9</b>	NW lädt BEF, ES lädt Pufferspeicher, alle Senken inaktiv	NW lädt BEF, WP lädt HW und H Speicher, ES lädt PufferSpeicher	NW lädt BEF, WP lädt HW Speicher, ES lädt PufferSpeicher	NW lädt BEF, WP lädt H Speicher, ES lädt PufferSpeicher

### 3.3.2 Technische Umsetzung Steuerungskonzept

Das Steuerungskonzept wurde über eine zentrale Steuerungseinheit (SPS) umgesetzt, die den Zustand jedes steuerbaren Elements (Pumpen, Motorventile und Wärmepumpe) anhand verschiedener Parameter und veränderbarer Betriebsmodi überprüft. Die Kontrollvariablen, mit der die Anlagenkomponenten überwacht werden, sind in Tabelle 3 aufgeführt. Darüber hinaus wurden Sollwerte (Tabelle 4) definiert, mit denen die verschiedenen Betriebsmodi, die in Tabelle 2 aufgeführt sind, gesteuert wurden.

Kontrollvariable	Komponente	Beschreibung
$T_F$	Facade	Durchschnittstemperatur der Fassade
$T_{SH}$	Space Heating	Durchschnittstemperatur Speicher Heizung
$T_{HW}$	Hot Water	Durchschnittstemperatur Speicher Heißwasser
$T_{SB}$	Source Buffer	Durchschnittstemperatur Quellspeicher
$T_{GR}$	Ground Return	Rücklauftemperatur Erdsonden
$T_{FR}$	Facade Return	Rücklauftemperatur Fassade

Tabelle 3. Kontrollvariable zur Überwachung der verschiedenen Komponenten der Anlage über eine automatisierte Steuerung im BIQ Das Algenhaus (Facade = Bioenergiefassade, Space Heating = Heizung, Source Buffer = Quellspeicher, Ground = Erdsonden)

Um die Steuerlogik besser zu verstehen, wird im Folgenden die Beziehung zwischen den Kontrollvariablen und den Sollwerten beschrieben. Die Temperatur in der Fassade, den Pufferspeichern für Heißwasser und die Raumheizung, den Erdsonden und der Wärmepumpe sind die Variablen, die in einer kontrollierten Umgebung über den Steuerungsprozess in einem bestimmten Bereich gehalten werden müssen, um einen optimalen Prozess zu etablieren. Dazu werden die Temperatur aller oben genannten Variablen ständig mit Temperatursensoren überwacht. Für diese Variablen wurden Sollwerte definiert, die in der Tabelle 4 aufgeführt sind.

So stellt  $T_F$ -SET die Solltemperatur in der Fassade dar, d. H. die Temperatur des Kulturmediums in der Bioenergiefassade. Der optimale Wert liegt bei 30 ° C, weil, wie in Kapitel 3.1 erwähnt, die verschiedenen Arten von Algen die kultiviert werden, einen optimalen Temperaturbereich von 30 - 35 ° C haben. Wenn die Wassertemperatur in der Fassade höher ist als die Solltemperatur ( $T_F$ -SET), sterben die Algen ab bzw. sinkt ihre Aktivität. Daher wird der Standard-Sollwert unter Berücksichtigung der Wachstumsbedingungen der in BIQ verwendeten Algenarten gewählt. Dementsprechend wurden Sollwerte auch für alle anderen Variablen festgelegt (Tabelle 4). Die Temperatur des Speicherbehälters für die Raumheizung (Hausheizung) wird zwischen einem minimalen (35°C) und einem maximalen Bereich (55°C), dargestellt durch die Parameter TSH-MIN und TSH-MAX, gehalten, die am Speicher gemessen werden. Die Mindest- und Höchsttemperatur des Warmwasserspeichers wird mit 55 - 70 ° C festgelegt und mit den Parametern THW-MIN und THW-MAX erfasst. Der minimale und maximale Bereich gibt an, dass Bedarf an Raumheizung, Warmwasser bzw. Kühlung der Fassade besteht. Da die optimale Zulauftemperatur in die Wärmepumpe bei 20°C liegt, wird die Temperatur im Quellspeicher auf diesen Wert begrenzt.

Name	Bezeichnung	Beschreibung	Wert
$T_{F-SET}$	Façade – SET Point	Set point Temperatur Fassade	30 °C
$\Delta T_{FC}$	Façade Cooling	Hysterese Temperaturdifferenz über $T_{F-SET}$ um Fassadenkühlung zu aktivieren	3 °C
$\Delta T_{AGH}$	Activate Ground Heating	Temperaturdifferenz zwischen $T_{GR}$ und $T_{FR}$ um Kühlung durch Erdsonden zu aktivieren	4 °C
$\Delta T_{DGH}$	Deactivate Ground Heating	Temperaturdifferenz zwischen $T_{GR}$ und $T_{FR}$ um Kühlung durch Erdsonden zu deaktivieren	1 °C
$T_{FP}$	Frost Protection	Minimum Temperatur in Fassade um Notheizung zu aktivieren	3 °C
$\Delta T_{FP}$	Frost Protection	Hysteresis Temperaturdifferenz um Notheizung zu deaktivieren	5 °C
$T_{SH-ASC}$	Space Heating – Activate Storage Charging	Hilfsparameter. Falls $T_{SH}$ unter diesen Wert sinkt wird die Wärmeanforderung auf wahr gesetzt	-
$T_{SH-MIN}$	Space Heating - Minimum	Minimum Temperatur im Vorratsspeicher um Heizung zu aktivieren	35 °C
$\Delta T_{SH}$	Space Heating	Hysterese Temperaturdifferenz um Ladung Heizungsspeicher zu aktivieren	10 °C
$T_{SH-SET}$	Space Heating - SET point	Wechsel Set point für Modulation der Temperatur Heizung	55 °C
$T_{HW-ASC}$	Hot Water - Activate Storage Charging	Hilfsparameter. Falls $T_{HW}$ unter diesen Wert fällt wird das Signal Heisswasserbedarf auf wahr gesetzt.	-
$T_{HW-MIN}$	Hot Water - Minimum	Minimum Temperatur im Speicher um Bedarf Heisswasser zu aktivieren	55 °C
$\Delta T_{HW}$	Hot Water	Hysterese Temperaturdifferenz für Heisswasserbedarf	10 °C
$T_{HW-SET}$	Hot Water - SET point	Wechsel Set point Temperatur um Heisswasserbedarf zu modulieren	70 °C
$T_{SB-MAX}$	Source Buffer - Maximum	Maximum Temperatur Quellspeicher, begrenzt durch Wärmepumpe	20 °C
$\Delta T_{ASB}$	Activate Source Buffer [loading]	Temperaturdifferenz zwischen der Quelltemperatur (Fassade /Erdsonden) und der durchschnittlichen Temperatur im Quellspeicher bei der Beladung Quellspeicher aktiviert wird.	4 °C
$\Delta T_{DSB}$	Deactivate Source Buffer [loading]	Temperaturdifferenz zwischen der Quelltemperatur (Fassade Erdsonden) und der durchschnittlichen Temperatur im Quellspeicher bei der Beladung Quellspeicher deaktiviert wird.	1 °C

Tabelle 4. Sollwerte zur Umsetzung des Steuerungskonzeptes im BIQ Das Algenhaus. (Source buffer = Quellspeicher, aus dem die Wärmepumpe die Wärme entnimmt; Space heating = Heizung des Gebäudes, Ground heating = Wärmezufuhr über Erdsonden; Façade = Bioenergiefassade)

Anhand der Sollwerte werden Steuerungsbefehle ausgelöst, die in Tabelle 5 aufgelistet und im Text näher beschrieben sind.

Command Signal	Description
cooling_demand	Wird aktiviert wenn die Temperatur in der Fassade über dem Sollwert plus dem Hysteresewert liegt. Dann wird ein Kühlen der Fassade notwendig
em_heat_demand	Wird aktiviert wenn die Temperatur in der Fassade unter den Gefrierpunkt sinkt. Dann wird die Beheizung der Fassade über die Nahwärme aktiviert.
sh_demand	Wird aktiviert wenn die Temperatur zur Heizung unter den Minimum Sollwert sinkt.
hw_demand	Wird aktiviert wenn die Heisswassertemperatur unter den Minimum Sollwert sinkt.
sb_loading	Wird aktiviert wenn die Fassade gekühlt werden muß und die Temperatur im Speicher unter dem Minimum Sollwert liegt.
ground_heating	Wird aktiviert wenn die Temperatur im Rücklauf von der Fassade niedriger ist als die im Rücklauf der Erdsonden minus der Solltemperatur für die Aktivierung der Entnahme von Wärme aus Erdsonden
district_heat_period	Wird benötigt um die Versorgung mit Heisswasser über Wärmepumpe oder Nahwärme grundsätzlich in Abhängigkeit von der Jahreszeit definieren zu können.

Tabelle 5. Steuerungsbefehle, die bei Unter- oder Überschreitung der Sollwerte (Tabelle 4) ausgelöst werden.

- ➔ Cooling\_demand wird erlaubt oder auf Status '1' gesetzt wenn
  1.  $(T_F > T_{F-SET} + \Delta T_{FC})$
  2. Der ursprüngliche Zustand vom cooling\_demand Signal war '1' und  $(T_F > T_{F-SET})$ .

Ansonsten wird cooling\_demand Signal erlaubt oder zurück auf '0' gesetzt

Immer wenn cooling\_demand Signal erlaubt ist, dann gilt  $(T_{SH-ASC} = T_{SH-SET} ; T_{HW-ASC} = T_{HW-SET})$
  
- ➔ sh\_demand wird auf '1' gesetzt wenn
  1.  $(T_{SH} < T_{SH-ASC})$
  2. Der ursprüngliche Zustand vom sh\_demand Signal war '1' und  $(T_{SH} < T_{SH-ASC} + \Delta T_{SH})$ , wobei  $\Delta T_{SH}$  der Temperaturbereich der Hysterese der Speicherung Heizung (10 °C) ist.

Ansonsten wird sh\_demand Signal erlaubt oder zurück auf '0' gesetzt
  
- ➔ hw\_demand wird auf '1' gesetzt wenn
  1.  $(T_{HW} < T_{HW-ASC})$
  2. Der ursprüngliche Zustand vom hw\_demand Signal war '1' und  $(T_{HW} < T_{HW-ASC} + \Delta T_{HW})$ , wobei  $\Delta T_{HW}$  der Temperaturbereich der Hysterese der Speicherung Heisswasser (10 °C) ist.

Ansonsten wird hw\_demand Signal erlaubt oder zurück auf '0' gesetzt
  
- ➔ em\_heat\_demand wird auf '1' gesetzt wenn
  1.  $(T_F < T_{FP})$

2. Der ursprüngliche Zustand vom em\_heat\_demand war '1' und ( $T_F < T_{FP} + \Delta T_{FP}$ ), wobei  $\Delta T_{FP} > T_{FP}$  um emergency heating zu deaktivieren (5 °C).

Ansonsten wird em\_heat demand Signal erlaubt oder zurück auf '0' gesetzt

→ ground\_heating wird auf '1' gesetzt wenn

1. ( $T_{FR} < T_{GR} - \Delta T_{AGH}$ ),
2. Der ursprüngliche Zustand vom ground\_heating Signal war '1' und ( $T_{FR} < T_{GR} - \Delta T_{DGH}$ ), wobei  $\Delta T_{DGH}$  die Temperatur des Rücklaufs aus Erdsonden ist und der Sollwert ausreicht um ground\_heating zu deaktivieren (1 °C).

Ansonsten wird ground\_heating erlaubt oder zurück auf '0' gesetzt

Die Umsetzung der Steuerung erfolgte an einer Rockwell SPS vom Typ 1756 L63 (Tabelle 6). Nach Auswahl und Einbau der passenden I/O Bauteile wurde das Steuerungsprogramm mit Hilfe der Programmiersoftware RS Logix 5000 geschrieben. Der Quellcode zu dem Steuerungsprogramm befindet sich in der Anlage zum Abschlußbericht.

PLC Type	1756 L63 controller
Brand	Allen Bradly / Rockwell Automation
Memory	Program Memory – 8 MB I/O Memory – 478 KB Non Volatile Memory – 128 MB
Communication Port	Built-in – RS 232
Supports – Communication	Ethernet I/P, Modbus, Device Net, Remote I/O
Total I/O	Digital I/O – 128,000 Analog I/O - 4000
Programming Languages	Ladder Logic, Structured Text, Functional Block Diagram, Sequential Flow Chart

Tabelle 6. Spezifikation der für die Steuerung genutzten Rockwell SPS.

### 3.4 Monitoring

Nach dem der Umbau der Heizungsanlage und der Implementierung der neuen Steuerung erfolgte im März 2017 eine Inbetriebnahme, bei der die fehlerfreie Funktion der Anlage und der Steuerung getestet und so sichergestellt wurde. Im Anschluß daran wurde das Monitoring gestartet, das zwischen Mai 2017 und April 2018 durchgeführt wurde. Das Monitoring umfasste die Stoff- und Energieflüsse sowie die Temperatur in allen Medien, die an der Wärmeerzeugung oder -verteilung beteiligt waren. Darüber hinaus die Globalstrahlung und Strahlung an der Bioenergiefassade. Die Erfassung der Wärmeflüsse erfolgte über Wärmemengenzähler (Sontex, supercal 531). Die Messung der Globalstrahlung sowie der Strahlung auf den beiden Bioenergie-Fassadenseiten erfolgte über LICOR Sensoren auf dem Dach bzw. an den Südwest- und Südost- Fassaden. Die Außentemperatur bzw. die Temperatur im Kulturmedium an der Bioenergiefassade wurde über Widerstandsänderungen mit Sensoren der Firma Endress und Hauser bestimmt. Alle Messdaten wurden in 5 Minutenintervallen bestimmt, in einer Cloud gespeichert und über das Datenauswertesystem GRAFANA<sup>9</sup> visualisiert und analysiert.

---

<sup>9</sup> <https://grafana.com>

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Nutzung der Wärme

Während des Untersuchungszeitraumes wurden insgesamt 29 MWh/a an Wärme über die Bioenergiefassade mit einer aktiven Fläche von 170 m<sup>2</sup> gewonnen (Abbildung 6, Kap. 3.1). Damit konnte über die Wärmepumpe insgesamt 37 MWh/a für die Versorgung des BIQ Gebäudes mit Heizung und Heißwasser bereitgestellt werden. Dies entsprach 59 % des gesamten Wärmebedarfs des Gebäudes von insgesamt 63 MWh/a. Darüber hinaus wurde zwischen Juni und August Überschusswärme in Höhe von 3,2 MWh erzeugt, die in die Erdsonden geleitet und dort der Regeneration des Untergrunds diente.

Dementsprechend wurde der Wärmebedarf des Gebäudes zwischen Mai und August zu 100% durch die Wärmeproduktion in der Bioenergiefassade gedeckt (Abbildung 11). In den Monaten September, Oktober und April lag die Deckung des Wärmebedarfs zwischen 30 und 90 %. In den Wintermonaten wurde in der Bioenergiefassade keine Wärme produziert, da sie zwischen Dezember 2017 und März 2018 entleert und damit außer Funktion war. Der Grund dafür war, dass am Standort Hamburg in dieser Jahreszeit keine signifikante Solarstrahlung auftritt und deshalb keine Wärmeproduktion zu erwarten war. Dass eine niedrige Temperatur im Gegensatz zum Licht keine Einstellung des Betriebs erforderlich macht, wurde bereits in den Jahren vor dem Umbau gezeigt<sup>1</sup>. So konnte ein geregelter Betrieb auch bei Temperaturen von minus 17°C aufrecht erhalten werden, indem die Temperatur in der Fassade nachts auf > 2°C gehalten wurde, die tagsüber aufgrund der solaren Wärmeeinträge meist schnell auf > 20°C anstieg und so optimale Bedingungen fürs Algenwachstum erreicht wurden.

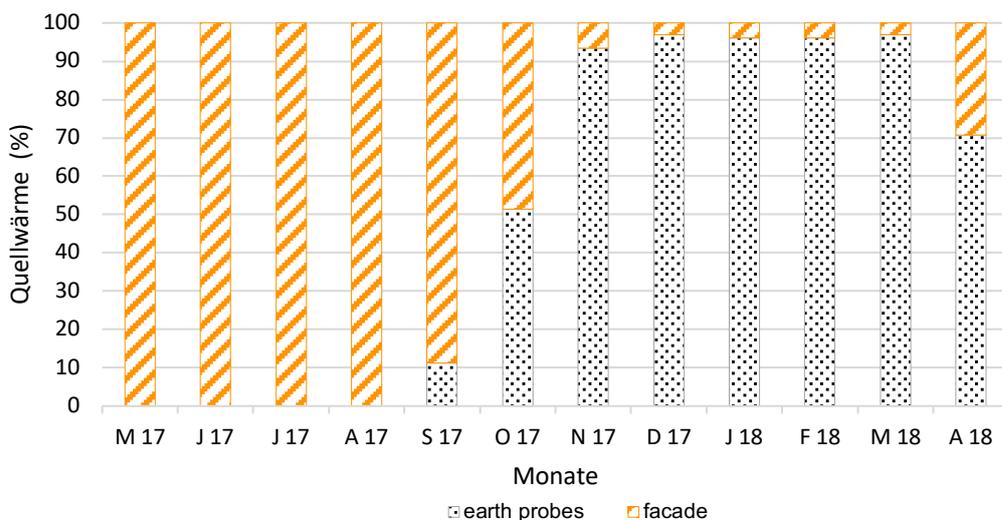


Abbildung 11. Anteile an Wärme aus der Bioenergiefassade bzw. den Erdsonden die als Quellwärme durch die Wärmepumpe für die Bereitstellung von Heißwasser und Heizung zur Versorgung des BIQ Das Algenhaus im Untersuchungszeitraum Mai bis April 2018 genutzt wurden

Da im neuen Energiekonzept über die Erdsonden, die ca. 9-12°C aufweisen, Wärme in die Fassade eingebracht werden kann, um ein Einfrieren zu verhindern, ist ein ganzjähriger Betrieb einer Bioenergiefassade an den Standorten zu empfehlen, an denen auch im Winter signifikante Strahlung auftritt.

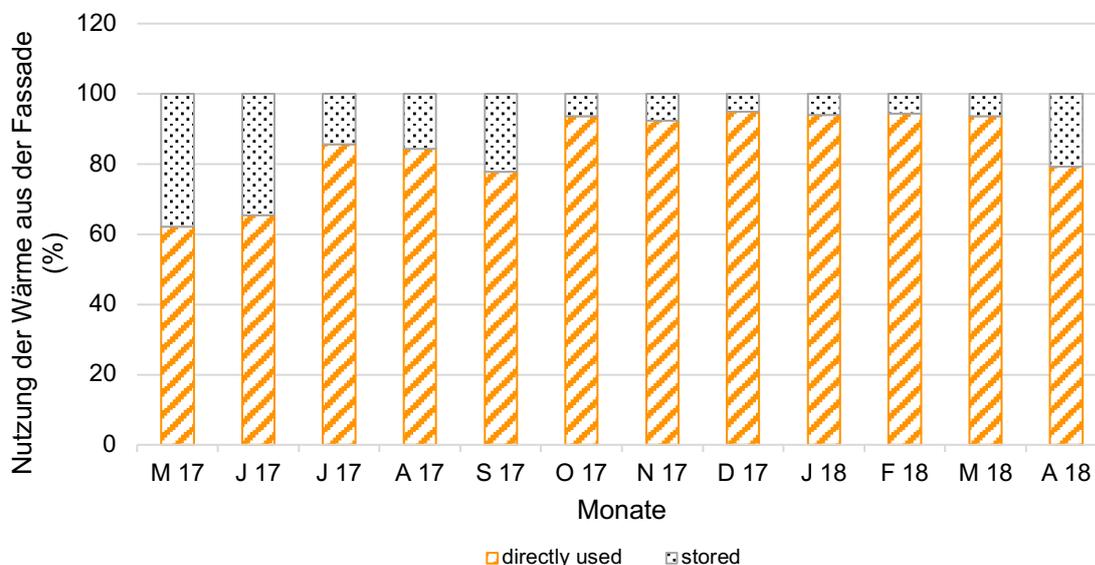


Abbildung 12. Anteile an Wärme aus der Fassade die direkt genutzt wurden um das Gebäude mit Heißwasser und Heizung zu versorgen bzw über Erdsonden im Untergrund im Untersuchungszeitraum Mai 2017 und April 2018 gespeichert wurden.

Ohne Frage wird Wärme dann am effizientesten genutzt, wenn sie direkt, ohne Zwischenspeicherung, verwendet wird. Um herauszufinden, inwieweit dies im Rahmen des neuen Energiekonzeptes und Steuerungssystems erreicht wurde, wurden die Wärmeflüsse aus der Bioenergiefassade auf Stundenbasis ausgewertet. Die in Abbildung 12 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass im Untersuchungszeitraum immer > 60 % der Wärme aus der Bioenergiefassade direkt für die Versorgung des Gebäudes genutzt wurden. Bezogen auf den ganzen Untersuchungszeitraum lag die direkte Nutzung sogar bei etwa 80%, und nur 20 % wurden in den Erdsonden gespeichert. Dieser hohe Anteil an direkter Wärmenutzung zeigt, dass Energiekonzept und Steuerung dafür geeignet sind, Speicherverluste zu minimieren.

## 4.2 Effizienz der Bioenergiefassade

Um die Leistungsfähigkeit der Bioenergiefassade mit anderen Solarsystemen vergleichen zu können, wurden Energiekonversionseffizienzen (EKE) aus dem Verhältnis von Wärmeertrag aus der Fassade und dem Strahlungseintrag auf der vertikalen Oberfläche der Fassade errechnet, wobei der Strahlungseintrag mit 100 % angesetzt wurde. Abbildung 13 zeigt die im Untersuchungszeitraum bestimmten Energiekonversionseffizienzen in Abhängigkeit von der dabei herrschenden mittleren Außentemperatur. Wie daraus zu ersehen gibt es eine lineare Korrelation zwischen EKE und Außentemperatur, wobei

maximale EKE von 43 % während der Sommermonate und einer Temperatur von 18°C erreicht wurden, die auf 30 % bei 6°C sanken. Für den Untersuchungszeitraum März bis November errechnet sich daraus ein mittlerer EKE von 38 %. Im Vergleich dazu erreichen solarthermische Anlagen die am Markt etabliert sind EKE von 45% bezogen auf die Strahlung die ihre Oberfläche erreicht. Damit sind Bioenergiefassaden in Ihrer solarthermischen Leistung durchaus vergleichbar mit etablierten Systemen.

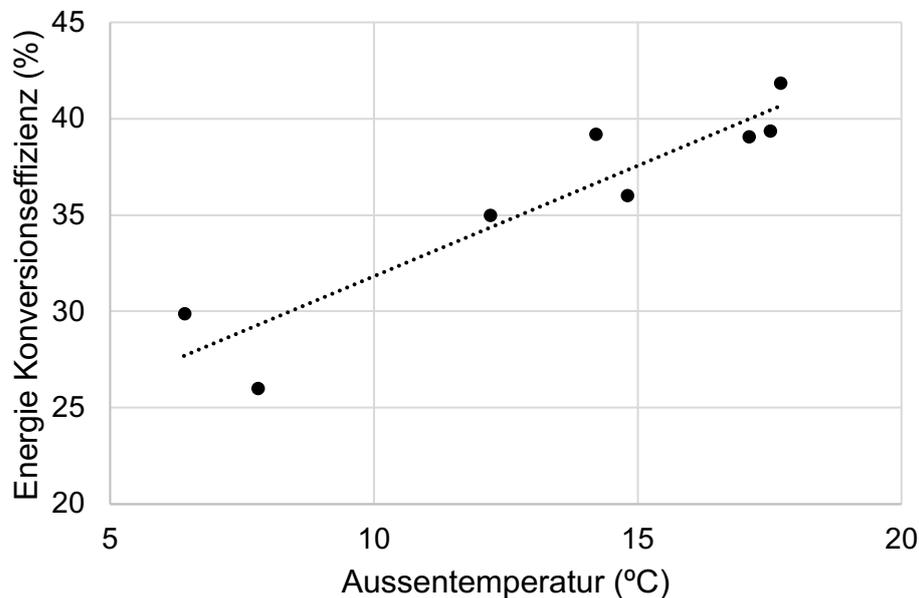


Abbildung 13. Effizienz der Konversion von Sonnenlicht, das auf die Oberfläche der Bioenergiefassade am BIQ Das Algenhaus traf (=100%), zu Wärme in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Untersuchungszeitraum Mai 2017 und April 2018

Eine wesentliche Funktion einer Bioenergiefassade, die sie letztlich wirtschaftlich tragfähig und vorteilhaft gegenüber anderen solaren Systemen macht, ist die Möglichkeit, damit Mikroalgen zu kultivieren und so Biomasse zu produzieren. Diese Biomasse enthält bioaktive Substanzen wie ungesättigte Fettsäuren, Polyphenole, und Pigmente die als Antioxidantien wirken, was Mikroalgen zu einem wertvollen Zusatzstoff für Kosmetika und Nahrungsergänzungsmittel macht<sup>10</sup>. Für ein optimales Wachstum muß jedoch, wie schon weiter oben ausgeführt, die Temperatur im Kulturmedium der Bioenergiefassade in einem für die vermarktbareren Arten von Mikroalgen, speziell *Chlorella vulgaris*, im optimalen Bereich zwischen 25 und 35°C gehalten werden. Damit war es Vorgabe, dass die im Rahmen des Monitorings

---

<sup>10</sup> Matos et al (2017): Microalgae as healthy ingredients for functional food: A review. Food and Function Volume 8, Issue 8, August 2017, Pages 2672-2685

Vanthoor-Koopmans, M., Wijffels, R., Barbosa, M. and Eppink, H.M. (2012). Biorefinery of microalgae for food and fuel. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.135>

Becker EW (2004). Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond A, editor. Handbook of Microalgae Culture. Biotechnology and Applied Phycology. Oxford: Blackwell Science.

getestete Steuerungslogik diesen Temperaturbereich über den Untersuchungszeitraum einhalten sollte.

Wie Abbildung 14 zeigt, konnte dieser Temperaturbereich zwischen Mai und September sehr gut eingehalten werden. Wie aus den Variationen der Temperaturen zu ersehen, wurde die Temperatur hauptsächlich aktiv über die Steuerung nach oben begrenzt, um den Maximalwert von 35°C nicht zu überschreiten. Die Minimumtemperaturen von 18°C die zwischen Juni und August auftraten zeigen, dass eine Steuerung durch Entnahme auch während der Nacht auftrat. Im Ergebnis zeigen die Temperaturverläufe, dass auch kurzfristige Temperaturerhöhungen und damit Stress effektiv unterbunden werden konnte.

Im Gegensatz dazu ist es in anderen Kultivierungssystemen oft unmöglich zu verhindern, dass bei starker Sonneneinstrahlung das Kulturmedium über eine kritische Temperatur aufheizt. Damit verbunden sind meist große Einbußen in der Produktion. Eine Methode um mit wenig Energie Photobioreaktoren zu kühlen ist das Versprühen von Wasser. Diese Methode hat jedoch den Nachteil, dass eine große Menge der oft knappen Ressource Wasser verbraucht wird. Auch kommt es dadurch zu Kalkablagerungen, die letztlich verhindern, dass Licht in die Reaktoren gelangen kann. Findet die Mikroalgenkultur in offenen Becken statt, so ist es fast unmöglich die Temperatur über den Tag konstant zu halten und hier treten meist hohe Temperaturänderungen im Tagesverlauf auf, die zu einem Stress der Algen führen mit entsprechenden Produktionseinbußen.

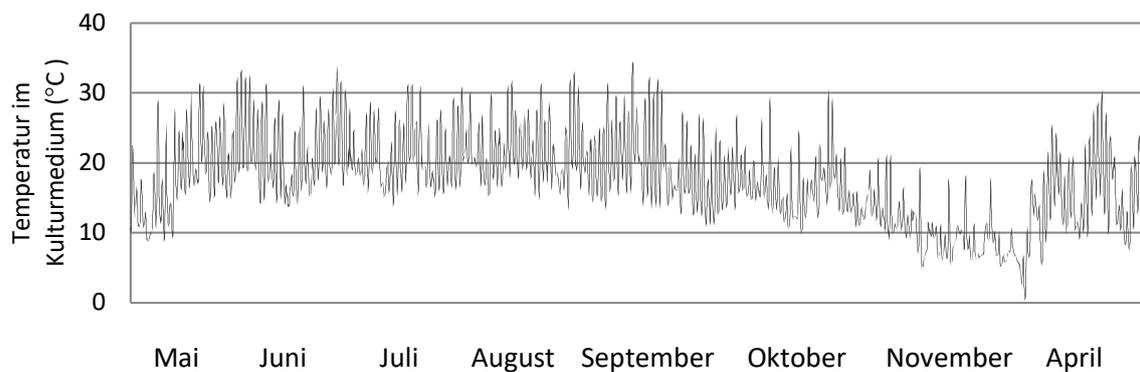


Abbildung 14. Stündliche Mittelwerte der Temperatur im Kulturmedium der Bioenergiefassade des BIQ Das Algenhaus zwischen Mai und April 2018. Die Daten für die Monate Dezember bis März wurden aus der Grafik entnommen, da in dieser Zeit die Bioenergiefassade außer Betrieb war.

### 5. Fazit

Im Rahmen des Projektes konnte das Projektziel einer weitgehend speicherfreien Nutzung der Wärme aus einer Bioenergiefassade bei gleichzeitig optimalen Bedingungen für eine Mikroalgenproduktion voll erreicht werden. Dies wurde durch ein speziell entwickeltes und am BIQ Das Algenhaus implementiertes Anlagen- und Steuerungssystem ermöglicht, das es erlaubt, automatisch und zeitlich variabel die Wärmeströme zu leiten und Bedarfe zu decken. Die Technologie ist direkt nutzbar für Bioenergiefassaden unterschiedlicher Größe und unterschiedlicher Standorte bzw. Sonnenausrichtung. Eine weitergehende Nutzung ist auch denkbar an allen hybriden Anlagen, die mehrere Funktionalitäten abdecken, wie z.B Photovoltaik mit Solarthermie oder Abwasserreinigung mit Solarthermie. Mit einer Energiekonversionseffizienz für die Wärme von 38 % und einer Effizienz für die Produktion von Biomasse von 8-10% erreicht die Bioenergiefassade mit 48 % eine Gesamteffizienz, die vergleichbar ist mit der etablierten solarer Systeme. Darüber hinaus wird über die Nutzung der Wärme aus der Bioenergiefassade ein Temperaturniveau zwischen 20 und 35°C erreicht, das für das Mikroalgenwachstum optimal ist. Damit bietet das Projekt auch eine wissenschaftliche Grundlage um das Problem der Temperierung von Mikroalgenanlagen zu lösen. So ist diese bisher immer mit einem Energie- oder Wassereinsatz verbunden und meist nicht so präzise, was sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Produktivität dieser Anlagen verringert. In Bezug auf den Ressourcenverbrauch von urbanen Gebieten zeigt das Projekt die Möglichkeit auf, dass Bioenergiefassaden mit ihrer Produktion von Wärme und Biomasse einen wichtigen Beitrag leisten können, um diese von einer Senke zu einer Quelle von Ressourcen (Wasser, Biomasse) zu entwickeln.

## Anlage zum Abschlußbericht des Projekts Fassadenwärme

Quellcode für die Steuerung der Wärmeflüsse im BIQ Das Algenhaus

Program OPM\_0\_0

if not HW\_Demand and not SH\_Demand and not EM\_Heat\_Demand and not Cooling\_Demand and not SB\_Loading and not Ground\_Heating and not CO2\_Membran\_Cooling\_Demand then

OPM\_0\_0 := 1;

Open\_VT0022\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0022\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0021\_Left\_C\_A := 0;  
Open\_VT0021\_Right\_B\_A := 1;  
Open\_VT0020\_Right\_B\_A := 1;  
Open\_VT0020\_Left\_C\_A := 0;  
Open\_VT0013\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0013\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0005\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0005\_Right\_B\_A := 0;  
BIQ\_HZ\_WP0001 := 0;

Widerstand\_2180\_SIM\_TS14\_35Grad := 0; (\*Anforderung WP für Warmwasser\*)  
Widerstand\_2670\_SIM\_TS14\_66Grad := 1; (\*Keine Anforderung WP für Warmwasser\*)

Widerstand\_1790\_SIM\_TS16\_10Grad := 0; (\*Anforderung WP für Heizspeicher\*)  
Widerstand\_2380\_SIM\_TS16\_50Grad := 1; (\*Keine Anforderung WP für Heizspeicher\*)

Sollwert\_BIQ\_HZ\_PU\_0011 := 0; (\*Ansteuerung PU11\*)  
Before\_Scale\_PU0017 := 0; (\*Ansteuerung Pumpe 17\*)  
else

OPM\_0\_0 := 0;

end\_if;

if not HW\_Demand and not SH\_Demand and not EM\_Heat\_Demand and not Cooling\_Demand and not SB\_Loading and not Ground\_Heating and not CO2\_Membran\_Cooling\_Demand then

OPM\_0\_0 := 1;

Open\_VT0022\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0022\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0021\_Left\_C\_A := 0;  
Open\_VT0021\_Right\_B\_A := 1;  
Open\_VT0020\_Right\_B\_A := 1;  
Open\_VT0020\_Left\_C\_A := 0;  
Open\_VT0013\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0013\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0005\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0005\_Right\_B\_A := 0;  
BIQ\_HZ\_WP0001 := 0;

Widerstand\_2180\_SIM\_TS14\_35Grad := 0; (\*Anforderung WP für Warmwasser\*)  
Widerstand\_2670\_SIM\_TS14\_66Grad := 1; (\*Keine Anforderung WP für Warmwasser\*)

Widerstand\_1790\_SIM\_TS16\_10Grad := 0; (\*Anforderung WP für Heizspeicher\*)  
Widerstand\_2380\_SIM\_TS16\_50Grad := 1; (\*Keine Anforderung WP für Heizspeicher\*)

Sollwert\_BIQ\_HZ\_PU\_0011 := 0; (\*Ansteuerung PU11\*)  
Before\_Scale\_PU0017 := 0; (\*Ansteuerung Pumpe 17\*)  
else

OPM\_0\_0 := 0;

```
end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and Cooling_Demand and SB_Loading and not SB_Loading_min then
```

```
OPM_0_1 := 1;
```

```
Open_VT0020_Left_C_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
```

```
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
```

```
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000; (*Ansteuerung Pumpe 17*)
```

```
BIQ_HZ_WP0001 := 0;
```

```
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)
```

```
else
```

```
OPM_0_1 := 0;
```

```
end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and EM_Heat_Demand and not SB_Loading then
```

```
OPM_0_10 := 1;
```

```
Open_VT0013_Left_C_A := 1 ;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
```

```
Open_VT0005_Right_B_A := 1;
Open_VT0005_Left_C_A := 0;
```

```
Open_VT0022_Right_B_A := 1;
Open_VT0022_Left_C_A := 0;
```

```
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
```

```
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;
```

```
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 0; (*Ansteuerung Pumpe 17*)
```

```
BIQ_HZ_WP0001 := 0;
```

```
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)
```

```

else

OPM_0_10 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and Cooling_Demand and SB_Loading and SB_Loading_min then

OPM_0_1_1 := 1;

Open_VT0020_Left_C_A := 1;
Open_VT0020_Right_B_A := 0;

Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;

Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;

Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000; (*Ansteuerung Pumpe 17*)

BIQ_HZ_WP0001 := 0;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

OPM_0_1_1 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and Cooling_Demand and not SB_Loading then

OPM_0_2 := 1;

Open_VT0020_Left_C_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;

Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Right_B_A := 1;
Open_VT0021_Left_C_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 0;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

```

```

else

OPM_0_2 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and SB>Loading and not
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_0_3 := 1;
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    BIQ_HZ_WP0001 := 0;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

OPM_0_3 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and SB>Loading and not
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_0_3 := 1;
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    BIQ_HZ_WP0001 := 0;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

```

```

OPM_0_3 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and not SB_Loading and Ground_Heating then

    OPM_0_4 := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Left_C_A := 1; (* Valve Opened in the previous OPM_0_3 *)
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 0;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

    OPM_0_4 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and not SH_Demand and EM_Heat_Demand and SB_Loading then

    OPM_0_9 := 1;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000; (*Ansteuerung Pumpe 17*)

    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0022_Right_B_A := 1;

    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Right_B_A := 1;
    Open_VT0005_Left_C_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 0;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

    OPM_0_9 := 0;

```

```
end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
not Ground_Heating and not CO2_Membran_Cooling_Demand then
```

```
    OPM_1_0 := 1;
    BIQ_HZ_WP0001 := 1;
```

```
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
```

```
    Before_Scale_PU0017 := 0;
```

```
    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
else
```

```
    OPM_1_0 := 0;
```

```
end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
not Ground_Heating and CO2_Membran_Cooling_Demand then
```

```
    OPM_1_0_1 := 1;
    BIQ_HZ_WP0001 := 1;
```

```
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
```

```
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
```

```
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
```

```
    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
else
```

```
    OPM_1_0_1 := 0;
```

```
end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and EM_Heat_Demand and SB_Loading then
```

```
    OPM_1_10 := 1;
```

```

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000;      (*Ansteuerung PU11*)

Before_Scale_PU0017 := 10000;

Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Right_B_A := 1;
Open_VT0005_Left_C_A := 0;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Open_VT0022_Right_B_A := 1;
Open_VT0022_Left_C_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_1_10 := 0;

end_if; if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and not
SB_Loading_min then

OPM_1_1_0_0 := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_1_1_0_0 := 0;

end_if;

if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and
SB_Loading_min then

```

```
OPM_1_1_0_1 := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 1;
Open_VT0020_Right_B_A := 0;
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
BIQ_HZ_WP0001 := 1;
```

```
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
else
```

```
OPM_1_1_0_1 := 0;
```

```
end_if;
```

```
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and SB_Loading_min then
```

```
OPM_1_1_1_0 := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 1;
Open_VT0020_Right_B_A := 0;
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
```

```
BIQ_HZ_WP0001 := 1;
```

```
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)
```

```
else
```

```
OPM_1_1_1_0 := 0;
```

```
end_if;
```

```
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and not SB_Loading_min then
```

```

OPM_1_1_1_1 := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

    OPM_1_1_1_1 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and Cooling_Demand and not SB_Loading then

    OPM_1_2 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_1_2 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and Cooling_Demand and not SB_Loading then

    OPM_1_2_1 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;

```

```

Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Right_B_A := 1;
Open_VT0021_Left_C_A := 0;
BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

    OPM_1_2_1 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB>Loading and not
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_1_3 := 1;
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_1_3 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB>Loading and
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_1_3_1 := 1;
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

```

```

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
else
    OPM_1_3_1 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
Ground_Heating then

    OPM_1_4 := 1;

    Open_VT0020_Right_B_A := 0; (* Valve Opened in the previous OPM_1_3 *)
    Open_VT0020_Left_C_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;

    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
else
    OPM_1_4 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and not
Ground_Heating and not CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_1_5 := 1;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
else
    OPM_1_5 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and not
Ground_Heating and CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_1_5_1 := 1;

```

```

Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Left_C_A := 0;
Open_VT0021_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
else
    OPM_1_5_1 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB>Loading and not
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_1_7 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else
    OPM_1_7 := 0;

end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB>Loading and
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_1_7_1 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;

```

```

Open_VT0020_Left_C_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0;      (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
else
    OPM_1_7_1 := 0;
end_if;
if HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
Ground_Heating then
    OPM_1_8 := 1;

    Open_VT0020_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Left_C_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;

    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;
    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
else
    OPM_1_8 := 0;
end_if;

If HW_Demand and SH_Demand and EM_Heat_Demand and not SB_Loading then

    OPM_1_9 := 1;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000;      (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 0;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;

    Open_VT0005_Left_C_A := 0;
    Open_VT0005_Right_B_A := 1;

```

```

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_1_9 := 0;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading
and not Ground_Heating and not CO2_Membran_Cooling_Demand then

OPM_2_0 := 1;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)

Before_Scale_PU0017 := 0;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_2_0 := 0;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading
and not Ground_Heating and CO2_Membran_Cooling_Demand then

OPM_2_0_1 := 1;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)

Before_Scale_PU0017 := 10000;

Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;
Open_VT0021_Right_B_A := 1;
Open_VT0021_Left_C_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_2_0_1 := 0;

```

```

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and EM_Heat_Demand and SB_Loading then

    OPM_2_10 := 1;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;

    Open_VT0005_Right_B_A := 1;
    Open_VT0005_Left_C_A := 0;

    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000; (*Ansteuerung PU0017*)

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_10 := 0;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and
SB_Loading_min then

    OPM_2_1_0_0 := 1;

    Open_VT0020_Left_C_A := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 0;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

```

```

OPM_2_1_0_0 := 0 ;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and not
SB_Loading_min then

    OPM_2_1_0_1 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_1_0_1 := 0 ;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and
SB_Loading_min then

    OPM_2_1_1_0 := 1;

    Open_VT0020_Left_C_A := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 0;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

```

```

OPM_2_1_1_0 := 0 ;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and Cooling_Demand and SB_Loading and not
SB_Loading_min then

    OPM_2_1_1_1 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0 ; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

    OPM_2_1_1_1 := 0 ;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and Cooling_Demand and not SB_Loading then

    OPM_2_2 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1 ; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizung*)

else

```

```

        OPM_2_2 := 0 ;
end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and Cooling_Demand and not SB_Loading then

    OPM_2_2_1 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0 ; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Heizspeicher*)

else

    OPM_2_2_1 := 0 ;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB_Loading and
not CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_2_3 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0 ; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_3 := 0 ;

end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB_Loading and
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_2_3_1 := 1;

```

```

Open_VT0022_Right_B_A := 0;
Open_VT0022_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;

Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;
Open_VT0005_Left_C_A := 1;
Open_VT0005_Right_B_A := 0;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_3_1 := 0;
end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading
and Ground_Heating then

    OPM_2_4 := 1;

    Open_VT0020_Right_B_A := 1; (* Valve Opened in the previous OPM_2_3 *)
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;

    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_4 := 0;
end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
not Ground_Heating and not CO2_Membran_Cooling_Demand then

```

```

OPM_2_5 := 1;

Before_Scale_PU0017 := 0;
Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_5 := 0 ;
end_if;

if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
not Ground_Heating and CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_2_5_1 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0 ; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_5_1 := 0 ;
end_if;

if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB_Loading and not
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_2_7 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;

```

```

Open_VT0021_Right_B_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_7 := 0;
end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and SB_Loading and
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_2_7_1 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_7_1 := 0;
end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and not EM_Heat_Demand and District_Heat_Period and not Cooling_Demand and not SB_Loading and
Ground_Heating then

    OPM_2_8 := 1;

    Open_VT0020_Right_B_A := 1; (* Valve Opened in the previous OPM_2_7 *)
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;

```

```

Open_VT0021_Left_C_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;
Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_8 := 0;
end_if;
if HW_Demand and not SH_Demand and EM_Heat_Demand and not SB_Loading then

    OPM_2_9 := 1;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Right_B_A := 1;
    Open_VT0005_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000;      (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 1; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 0; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_2_9 := 0;
end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and not SB_Loading and not Ground_Heating and
not CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_3_0 := 1;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)

    Before_Scale_PU0017 := 0;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;
    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_3_0 := 0;

```

```
end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and not SB_Loading and not Ground_Heating and
CO2_Membran_Cooling_Demand then
```

```
    OPM_3_0_1 := 1;
```

```
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
```

```
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
```

```
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;
```

```
    BIQ_HZ_WP0001 := 1;
```

```
    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
else
```

```
    OPM_3_0_1 := 0;
```

```
end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and EM_Heat_Demand and not SB_Loading then
```

```
    OPM_3_10 := 1;
```

```
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
```

```
    Open_VT0005_Right_B_A := 1;
    Open_VT0005_Left_C_A := 0;
```

```
    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
```

```
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
```

```
    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000;      (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 0;
```

```
    BIQ_HZ_WP0001 := 1;
```

```
    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

```
    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)
```

else

OPM\_3\_10 := 0 ;

end\_if;

if not HW\_Demand and SH\_Demand and not EM\_Heat\_Demand and Cooling\_Demand and SB\_Loading and not SB\_Loading\_min then

OPM\_3\_1\_0 := 1;

Open\_VT0020\_Left\_C\_A := 0;  
Open\_VT0020\_Right\_B\_A := 1;

Open\_VT0022\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0022\_Right\_B\_A := 0;

Open\_VT0013\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0013\_Right\_B\_A := 0;

Open\_VT0005\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0005\_Right\_B\_A := 0;

Open\_VT0021\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0021\_Right\_B\_A := 0;

Sollwert\_BIQ\_HZ\_PU\_0011 := 0; (\*Ansteuerung PU11\*)

Before\_Scale\_PU0017 := 10000;

BIQ\_HZ\_WP0001 := 1;

Widerstand\_2180\_SIM\_TS14\_35Grad := 0; (\*Anforderung WP für Warmwasser\*)  
Widerstand\_2670\_SIM\_TS14\_66Grad := 1; (\*Keine Anforderung WP für Warmwasser\*)

Widerstand\_1790\_SIM\_TS16\_10Grad := 1; (\*Anforderung WP für Heizspeicher\*)  
Widerstand\_2380\_SIM\_TS16\_50Grad := 0; (\*Keine Anforderung WP für Warmwasser\*)

else

OPM\_3\_1\_0 := 0 ;

end\_if;

if not HW\_Demand and SH\_Demand and not EM\_Heat\_Demand and Cooling\_Demand and SB\_Loading and SB\_Loading\_min then

OPM\_3\_1\_1 := 1;

Open\_VT0020\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0020\_Right\_B\_A := 0;

Open\_VT0022\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0022\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0013\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0013\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0005\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0005\_Right\_B\_A := 0;  
Open\_VT0021\_Left\_C\_A := 1;  
Open\_VT0021\_Right\_B\_A := 0;

Sollwert\_BIQ\_HZ\_PU\_0011 := 0; (\*Ansteuerung PU11\*)

Before\_Scale\_PU0017 := 10000;

BIQ\_HZ\_WP0001 := 1;

```

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_3_1_1 := 0 ;

end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and Cooling_Demand and not SB_Loading then

    OPM_3_2 := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_3_2 := 0 ;

end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and SB_Loading and not
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_3_3 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 1;
    Open_VT0022_Left_C_A := 0;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)

```

```

Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_3_3 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and SB_Loading and
CO2_Membran_Cooling_Demand then

    OPM_3_3_1 := 1;

    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 1;
    Open_VT0021_Right_B_A := 0;
    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
    Before_Scale_PU0017 := 10000;

    BIQ_HZ_WP0001 := 1;

    Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
    Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

    Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
    Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

    OPM_3_3_1 := 0;

end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and not EM_Heat_Demand and not Cooling_Demand and not SB_Loading and Ground_Heating then

    OPM_3_4 := 1;

    Open_VT0020_Right_B_A := 1;
    Open_VT0020_Left_C_A := 0;

    Open_VT0022_Left_C_A := 1;
    Open_VT0022_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;
    Open_VT0021_Right_B_A := 1;
    Open_VT0021_Left_C_A := 0;

    Open_VT0013_Left_C_A := 1;
    Open_VT0013_Right_B_A := 0;
    Open_VT0005_Left_C_A := 1;
    Open_VT0005_Right_B_A := 0;

```

```

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 0; (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_3_4 := 0 ;

end_if;
if not HW_Demand and SH_Demand and EM_Heat_Demand and SB>Loading then

OPM_3_9 := 1;

Open_VT0013_Left_C_A := 1;
Open_VT0013_Right_B_A := 0;

Open_VT0005_Right_B_A := 1;
Open_VT0005_Left_C_A := 0;

Open_VT0022_Right_B_A := 1;
Open_VT0022_Left_C_A := 0;
Open_VT0021_Left_C_A := 1;
Open_VT0021_Right_B_A := 0;
Open_VT0020_Right_B_A := 1;
Open_VT0020_Left_C_A := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU_0011 := 10000;      (*Ansteuerung PU11*)
Before_Scale_PU0017 := 10000;

BIQ_HZ_WP0001 := 1;

Widerstand_2180_SIM_TS14_35Grad := 0; (*Anforderung WP für Warmwasser*)
Widerstand_2670_SIM_TS14_66Grad := 1; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

Widerstand_1790_SIM_TS16_10Grad := 1; (*Anforderung WP für Heizspeicher*)
Widerstand_2380_SIM_TS16_50Grad := 0; (*Keine Anforderung WP für Warmwasser*)

else

OPM_3_9 := 0 ;

end_if;

If not Gas_burner and not HW_Demand_for_District_heat and not EM_Heat_Demand then

OPM_E_0 := 1 ;

open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 1 ;
open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 0 ;

```

```

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 1 ;

    close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0 ;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 0 ;

else

OPM_E_0 := 0 ;

end_if ;
If not Gas_burner and not HW_Demand_for_District_heat and EM_Heat_Demand then

OPM_E_1 := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 0 ;

    close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1 ;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 10000 ;

else

OPM_E_1 := 0 ;

end_if ;
If not Gas_burner and HW_Demand_for_District_heat and not EM_Heat_Demand then

OPM_E_2 := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 1 ;

    close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1 ;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 10000 ;

```

else

OPM\_E\_2 := 0;

end\_if ;

If not Gas\_burner and HW\_Demand\_for\_District\_heat and EM\_Heat\_Demand then

OPM\_E\_3 := 1 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT006\_B\_A := 0 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT006\_C\_A := 1 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT007\_A\_B := 0 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT007\_A\_C := 1 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT008\_A\_C := 0 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT008\_B\_C := 1 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT011\_A\_C := 0 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT011\_B\_C := 1 ;

close\_BIQ\_HZ\_VT010\_A\_B := 0 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT010\_A\_B := 1 ;

Sollwert\_BIQ\_HZ\_PU0010 := 10000;

else

OPM\_E\_3 := 0 ;

end\_if ;

If Gas\_burner and not HW\_Demand\_for\_District\_heat and not EM\_Heat\_Demand then

OPM\_E\_4 := 1 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT006\_B\_A := 1 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT006\_C\_A := 0 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT007\_A\_B := 1 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT007\_A\_C := 0 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT008\_A\_C := 1 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT008\_B\_C := 0 ;

open\_BIQ\_HZ\_VT011\_A\_C := 0 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT011\_B\_C := 1 ;

close\_BIQ\_HZ\_VT010\_A\_B := 1 ;  
open\_BIQ\_HZ\_VT010\_A\_B := 0 ;

Sollwert\_BIQ\_HZ\_PU0010 := 5000;

else

OPM\_E\_4 := 0;

end\_if ;

If Gas\_burner and not HW\_Demand\_for\_District\_heat and EM\_Heat\_Demand and not GB\_greater\_than\_EH\_demand then

```

OPM_E_5 := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 0 ;

    close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0 ;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 10000;

else

OPM_E_5 := 0 ;

end_if ;
If Gas_burner and not HW_Demand_for_District_heat and EM_Heat_Demand and GB_greater_than_EH_demand then

OPM_E_6 := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 1 ;

    close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0 ;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 10000;

else

OPM_E_6 := 0 ;

end_if ;
If Gas_burner and HW_Demand_for_District_heat and not EM_Heat_Demand then

OPM_E_7 := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 0 ;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 0 ;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 1 ;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 1 ;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 0 ;

```

```
close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1;
open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0;

Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 10000;

else

OPM_E_7 := 0;

end_if;
If Gas_burner and HW_Demand_for_District_heat and EM_Heat_Demand then

OPM_E_8 := 1;

    open_BIQ_HZ_VT006_B_A := 0;
    open_BIQ_HZ_VT006_C_A := 1;

    open_BIQ_HZ_VT007_A_B := 0;
    open_BIQ_HZ_VT007_A_C := 1;

    open_BIQ_HZ_VT008_A_C := 0;
    open_BIQ_HZ_VT008_B_C := 1;

    open_BIQ_HZ_VT011_A_C := 1;
    open_BIQ_HZ_VT011_B_C := 0;

    close_BIQ_HZ_VT010_A_B := 1;
    open_BIQ_HZ_VT010_A_B := 0;

    Sollwert_BIQ_HZ_PU0010 := 10000;

else

OPM_E_8 := 0;

end_if;
```