



28.05.2021

**008\_Elektrische Nachheizung WW**

**Ansprechpartner:**



## A Fragestellung

Die Neubauförderung im sozialen Wohnungsbau (<https://www.ifbhh.de/api/services/document/760>) sieht unter 7.5 Heizung / Warmwasser vor:

*Es sind ausschließlich zentrale Heizungsanlagen jeweils mit Warmwasserbereitung zulässig. Elektrische Heizungs- und/oder Warmwasseranlagen mit Ausnahme von Wärmepumpen sind ausgeschlossen.*

Dies schließt aktuell auch eine elektrische Nachheizung nach Frischwasserstationen aus. Aus aktuellem Anlass soll betrachtet werden, ob dieser Ausschluss zielgerecht ist.

## B Vorgehen

Zuerst wird eine Quellenrecherche durchgeführt, um eine Grundlage und auch einen Vergleich zu bilden. Dies wird hauptsächlich durch simulative Ermittlungen im Umfang eines Forschungsvorhabens verdeutlicht (Luka & Bohn, 2019).

Danach werden Anhand eines abstrahierten, übersandten Hottgenroth-Modells Untersuchungen durchgeführt, die sich an den gewünschten Varianten anlehnen:

- a. Zentrale Trinkwassererwärmung mittels Wärmepumpe, Speicher, Zirkulation und thermische Desinfektion
- b. Zentrale Warmwassererwärmung mittels Wärmepumpe, Speicher, Zirkulation für Zapftemperatur von 43°C bei Frischwasserstationen, anteilige Nachheizung auf höhere TWW-Temperatur, z.B. für Küchennutzung.

Zusätzlich wird eine Benchmarkingvariante mit reiner dezentraler Trinkwassernacherwärmung erstellt, da die Bilanzierungsprogramme die gewünschte Zieltemperatur nur unzureichend genau darstellen können.

### B.1 Quellenrecherche

*Neubau von Mietwohnungen - 1. Förderweg (IFBHH, 2021)*

Das vorliegende Dokument sagt, „Es sind ausschließlich zentrale Heizungsanlagen jeweils mit Warmwasserbereitung zulässig. Elektrische Heizungs- und/oder Warmwasseranlagen mit Ausnahme von Wärmepumpen sind ausgeschlossen.“ Diese allgemeingültige Aussage gilt es zu überprüfen, um Hinweise für eine sinnvolle Ausnahmeregelung zu geben.

*Auswertung der Studie nach (Luka & Bohn, 2019).*

Die Studie befasst sich mit einem Effizienzvergleich verschiedener Heizungsanlagen mit Wärmepumpen und unterschiedlicher Trinkwarmwasserbereitstellung. Dazu wird anhand eines unterkellerten, dreigeschossigen Mehrfamilienhauses mit sechs Wohneinheiten unterschiedliche Konstellationen untersucht, wobei zwei den Varianten a) und b) der Aufgabenstellung entsprechen. Die Hüllflächen und energetischen Anforderungen orientieren

sich am Referenzgebäude der zum Stand der Ausarbeitung gültigen Fassung der EnEV/GEG.

Folgende Varianten werden untersucht:

### Variante a: Zentrale Frischwasserstation mit integrierter Nacherhitzung

Der Heizkreis wird durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe betrieben, die für die Heizung und die Trinkwasserversorgung zwei getrennte Pufferspeicher auf ein unterschiedliches Niveau erhitzt. Durch eine direkt angeschlossene Frischwasserstationen mit elektrischem Durchlauferwärmer wird das Trinkwarmwasser direkt zentral auf das höhere Niveau erwärmt und so zirkuliert.

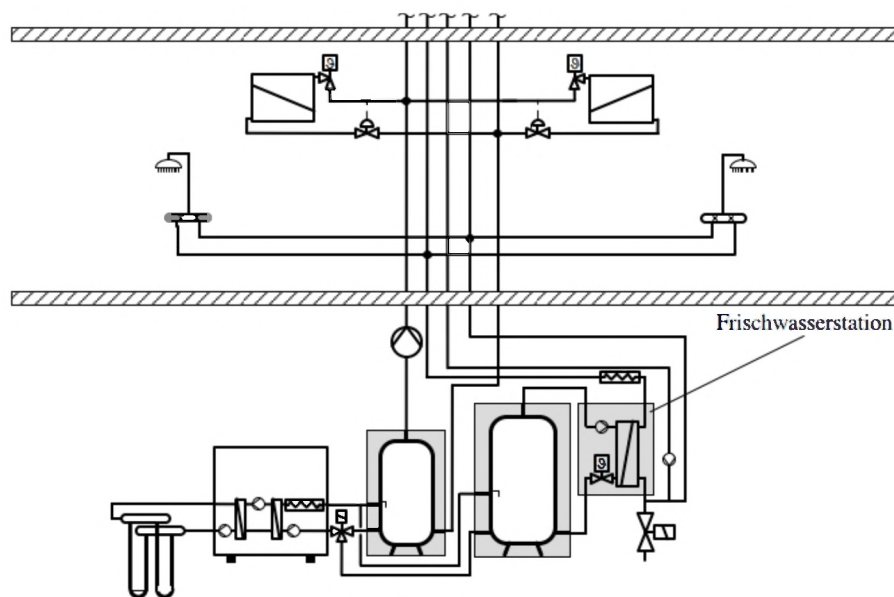


Abbildung 1: Zentrale Frischwasserstation; Heizung: Wärmepumpe mit Pufferspeicher; Warmwasser: Pufferspeicher, zentrale Frischwasserstation und elektr. Nacherwärmung (Luka & Bohn, 2019)

### Variante b: Dezentrale Frischwasserstation mit integrierter Nacherwärmung

Der Heizkreis wird hier durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe betrieben, die die Heizungen direkt und die Frischwasserstationen über Plattenwärmetauscher vorheizt. Je Frischwasserstation wird das vorgeheizte Wasser dann per elektrischem Durchlauferwärmer auf das höhere Niveau erwärmt.

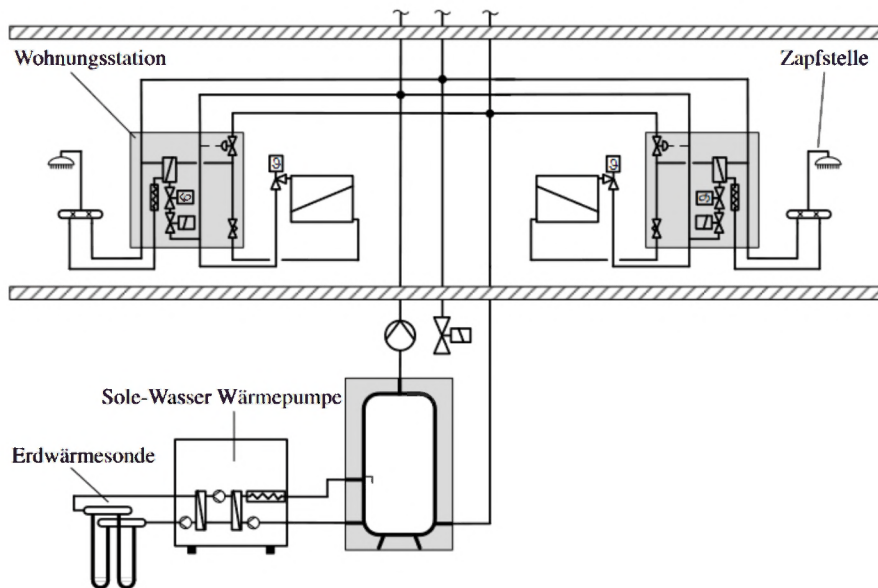


Abbildung 2: Wohnungsstationen mit elektrischer Nacherwärmung; Heizung: Wärmepumpe mit Pufferspeicher; Warmwasser: Dezentrale Frischwasserstation mit elektrischer Nacherwärmung (Luka & Bohn, 2019)

### Benchmarking Variante mit rein dezentraler Trinkwassererwärmung

Der Heizkreis wird auch hier durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe betrieben, die die Heizungen direkt mit Wärme versorgt. Das Trinkwarmwasser wird dezentral mit Durchlauferwärmern komplett erhitzt.

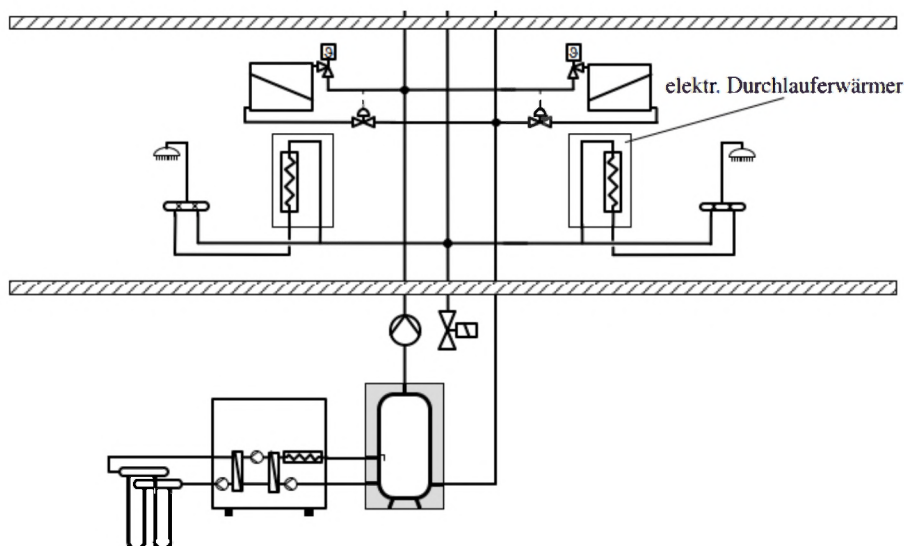


Abbildung 3: Dezentrale elektrische Durchlauferwärmer; Heizung: Wärmepumpe mit Pufferspeicher; Warmwasser: elektrischer Durchlauferwärmer

**Diese drei Varianten bilden unsere Konzeption und Herangehensweise ab und dienen zur Überprüfung, aber auch als weiterer Rückschlussgeber.**

Das hinterlegte Wärmepumpenmodell weist folgende Leistungskurve je nach Soletemperatur und Vorlauftemperatur ( $T_V$ ) auf. Diese orientiert sich bei Variante b an der eingestellten Heizkurve.

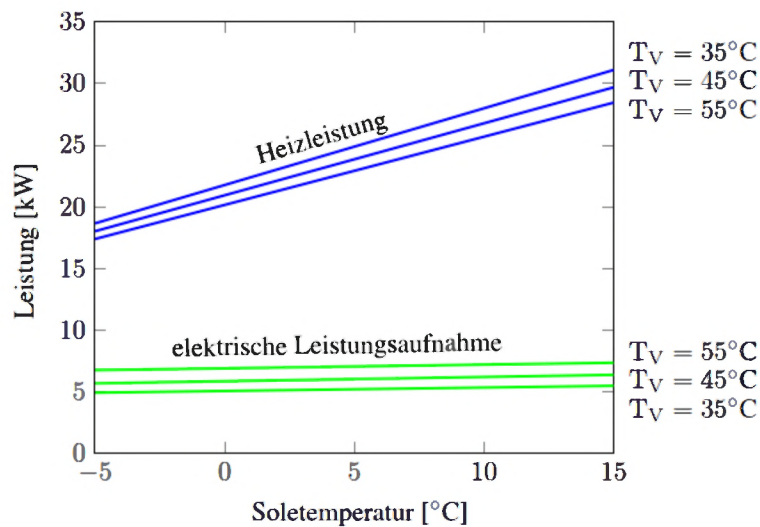


Abbildung 4: Leistungsdiagramm der gewählten Wärmepumpe (Vaillant, 2014)

Die Ergebnisübersicht in Abbildung 5 zeigt für den Endkunden wichtige Endenergiebedarfe, normativ wichtige Primärenergiebedarfe, erwartete Energiekosten und für die Betrachtung wichtige Energieverluste der gesamten Anlage.

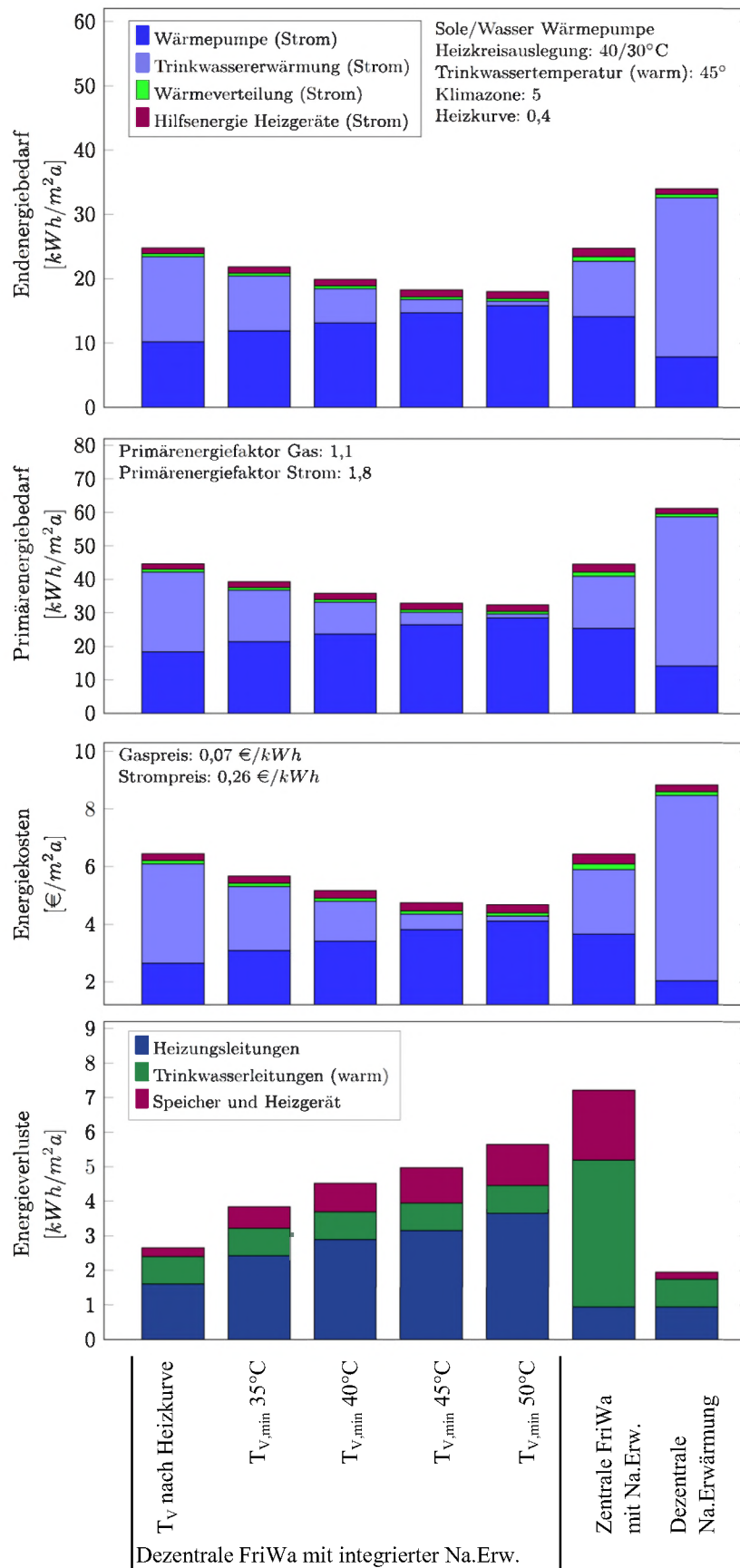


Abbildung 5: Auswertung der Bedarfe, Verluste und Kosten der verschiedenen Trinkwassererwärmungs-Varianten nach (Luka & Bohn, 2019)

Es wird deutlich, dass bei den Bedarfen und Kosten die Variante a) und b) vorteilhaft sind und auf die Steuerung über die Heizkurve bezogen auf einem gleichen Niveau liegen. Die reine Erwärmung über Durchlauferhitzer ist hier etwas höher angesiedelt. In den Energieverlusten ist die rein dezentrale Variante vorteilhaft und auch die dezentrale Nachheizung zeigt geringere Verluste auf. Die zentrale Heizung mit Zirkulation verzeichnet hohe Verluste der Trinkwasserleitungen, die in der Heizperiode teilweise auch der Raumwärme zu Gute kommen.

## B.2 Bilanzierung

### *Berechnungen anhand des übersandten Hottgenroth-Modells*

Das übersandte Mehrfamilienhaus mit einer Nutzfläche von 2485 m<sup>2</sup> ist mit einer Sole-Wasser Wärmepumpe ausgestattet. Die Variantenbetrachtung wird nach dem Gebäude-Energie-Gesetz nach DIN V 18599 durchgeführt. Dazu wurde, wie in Abbildung 6 ersichtlich, in Variante a) zwei Speicher erstellt, die auf unterschiedliche Temperaturniveaus erwärmt werden und so zentral die Heizungs- und die Trinkwasserversorgung sicherstellen. Variante b) konnte in den beiden vorliegenden normativen Bilanzierungsprogrammen nicht konkret abgebildet werden, da die genaue Vorlauftemperatur der Wärmepumpe nicht exakt eingestellt werden konnte, wodurch sie als Variante b\*) bezeichnet wird. Deshalb wird eine Benchmarkingvariante eingeführt, die rein dezentral kaltes Frischwasser mit elektrischen Durchlauferwärmern erhitzt und die Variante b\* plausibilisieren soll.

Warmwasser	Variante a)	Warmwasser	Variante b*)	Warmwasser	rein dezentral
<b>Wohnen</b>	2485 m <sup>2</sup>	<b>Wohnen</b>	2485 m <sup>2</sup>	<b>Wohnen</b>	2485 m <sup>2</sup>
	kWh/m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup>
	Bedarf: 13,75		Bedarf: 13,75		Bedarf: 13,75
	Übergabe: 0,00		Übergabe: 0,00		Übergabe: 0,00
	Verteilung: 5,60	dezentral	Verteilung: 1,43	dezentral	Verteilung: 1,08
	Speichen: + 0,00		Speichen: + 0,00		Speichen: + 0,00
	19,35		15,18		14,83
... über Heizungs-WP	e=0,41		12,5% el. Durchlauf Strom-Mix e=1,00 1,90		e=1,00 14,83
	87,5% Sole-Wasser Wärmepumpe Strom-Mix e=0,32 4,24				
	Endenergie 6,97		Endenergie 6,14		Endenergie 14,83
	Hilfsenergie 0,27		Hilfsenergie 0,13		Hilfsenergie 0,20

Abbildung 6: Übersicht Energiesystem der Trinkwarmwasserversorgung für Variante a und eine rein dezentrale Betrachtung

Der Warmwasser-Nutzenergiebedarf ist bei beiden Varianten gleich, jedoch stellen sich unterschiedliche Endenergiebedarfe durch die Verteilung bzw. die daraus resultierenden Verluste sowie die abweichenden Effizienzgrade der Wärmepumpe ein. Die Verteilungsverluste verringern sich durch die dezentrale Erzeugung auf 19,3% der zentralen Variante. Durch die vorteilhafte Leistungszahl der Wärmepumpe wird der Warmwasserbedarf in Variante a) jedoch effizienter bereitgestellt, was sich in einem reduzierten

Endenergiebedarf widerspiegelt. Die reine dezentrale Nacherwärmung nutzt den Strom direkt und setzt somit die benötigte Wärme auch direkt endenergetisch um.

Anzumerken ist, dass sich zukünftig der Netzstrom in ökologischer Sicht kontinuierlich verbessern wird. Durch geringere Emissionsbelastungen bei der Stromerzeugung wird die Stromnutzung emissionsärmer und der Unterschied der Direktnutzung und der vorteilhaften Wärmepumpe primärenergetisch geringer. Zusätzlich ist Variante b\*) eine Mischung der beiden Varianten, sodass dort geringere Verteilverluste gegenüber Variante a) auf einen reduzierten Temperaturhub verglichen zur Benchmarkingvariante trifft.

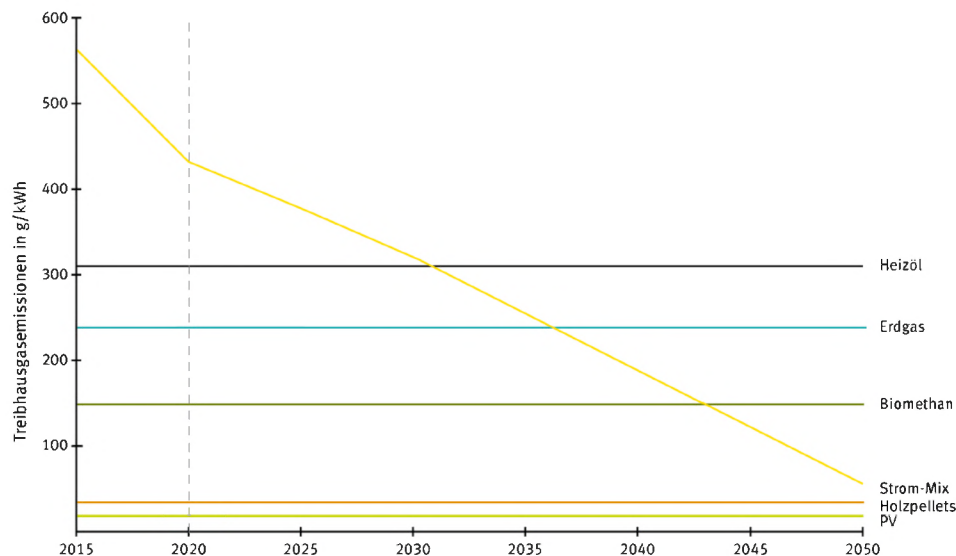


Abbildung 7: Verlauf der erwarteten Treibhausgasemissionen bis 2050 unterschiedlicher Energieträger bei kontinuierlich steigendem Anteil regenerativen Stroms im Stromnetz nach Initiative Wohnen.2050

Dieser geringere Temperaturhub schlägt sich auch deutlich in der höheren Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe nieder, wie Abbildung 8 zeigt.



### Jahresarbeitszahl (JAZ) bei -10°C Außentemperatur in Abhängigkeit zu unterschiedlichen Vorlauftemperaturen

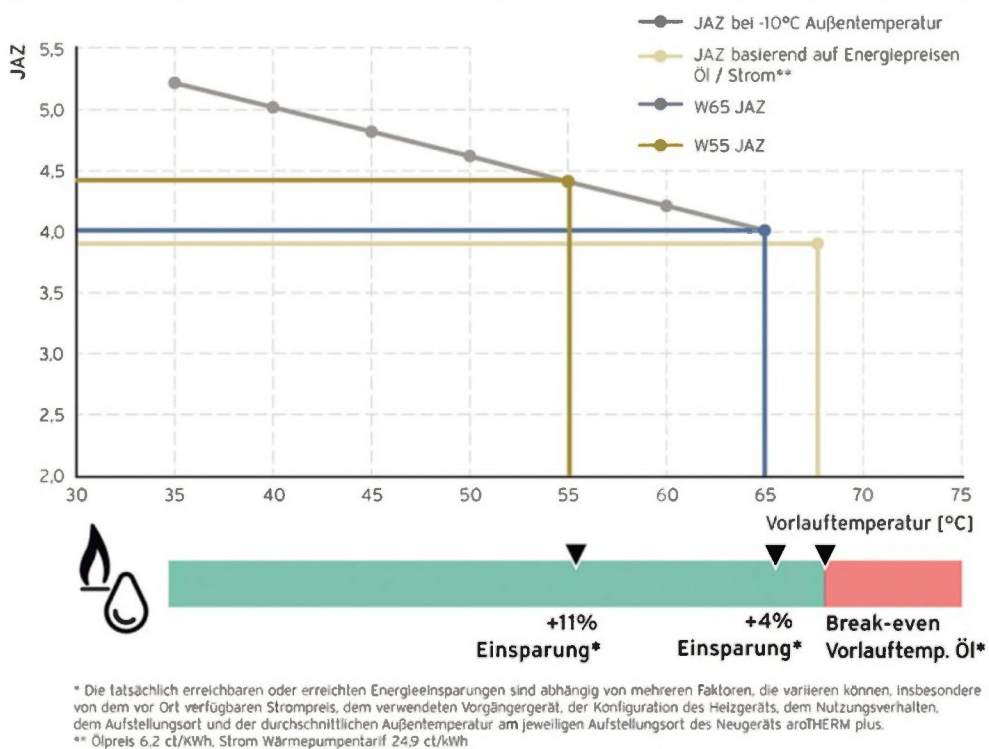


Abbildung 8: Bandbreite der Einsatztemperatur für Wärmepumpen (Schellhorn, 2020)

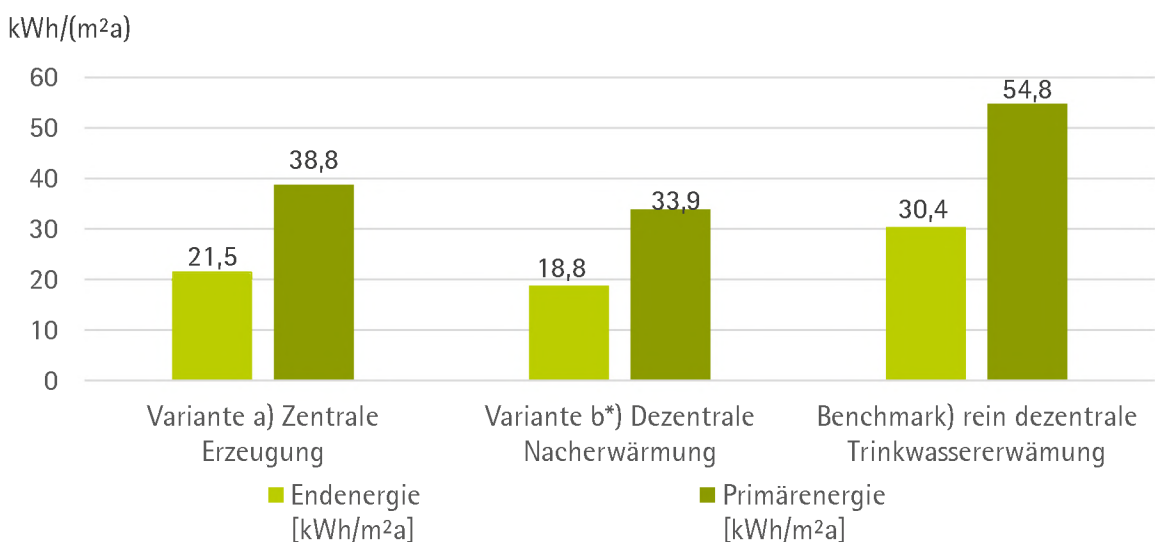


Abbildung 9: Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf der in Hottgenroth betrachteten Varianten

Die daraus resultierenden Unterschiede spiegeln sich im generellen Bedarf der Varianten wider, in der die Varianten a) und b\*) ähnliche Werte erzielen, wobei Variante b\*) durch die geringeren Verluste positiv vorteilhaft ist. Bei einer Sensitivitätsbetrachtung ist zu erkennen, dass die Leitungslängen hierbei einen großen Einfluss auf das Ergebnis haben. Wird für Variante a) statt der realistisch im Modell übergebenen Leitungslängen vom Programm automatisch angenommene Werte verwendet, steigen die Leitungsverluste um

811 %, sodass eine genaue Eingabe und Ermittlung der Leitungslängen eine Signifikanz für die Nachweisführung und Variantenbetrachtung hat.

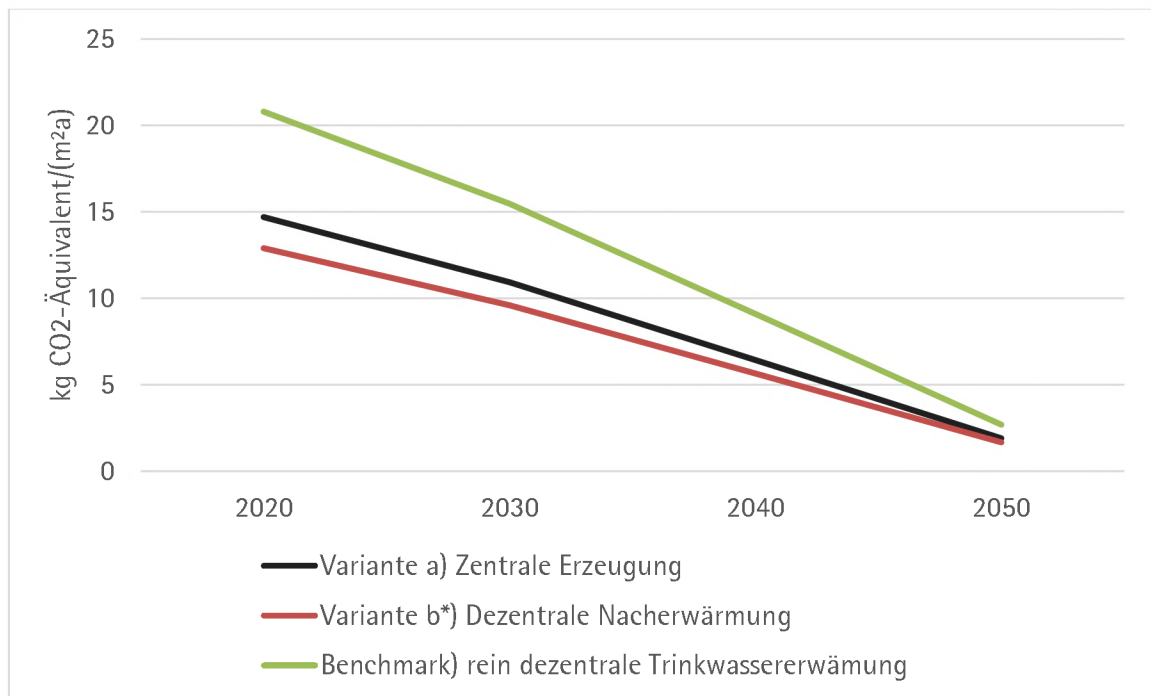


Abbildung 10: Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen der in Hottgenroth betrachteten Varianten nach Initiative Wohnen.2050

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abbildung 10 entwickeln sich ähnlich der Primärenergie und werden, wie in Abbildung 7 dargestellt, über die nächsten Jahre deutlich abflachen, sodass die Variantenunterscheide, wie erwähnt, geringer ausfallen werden.

## C Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Es konnte gezeigt werden, dass eine Vergleichbarkeit der Bedarfe der beiden betrachteten Varianten a) und b) besteht.

Tabelle 1: Übersicht der Vor- und Nachteile der ausgewählten Varianten

System	Vorteil	Nachteil
Zentrale Frischwasserstation mit integrierter Nacherhitzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmepumpe kann für die Trinkwassererwärmung genutzt werden</li> <li>nur eine zentrale Frischwasserstation/Nachheizung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe TWW-Temperaturen für den Legionellenschutz im Leitungsnetz, resultierend Wärmeverluste</li> <li>Zirkulationsleitung notwendig</li> <li>leistungsstärkere Wärmepumpe notwendig</li> <li>größeres Pufferspeichervolumen notwendig</li> </ul>
Dezentrale Frischwasserstation mit integrierter Nacherwärmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>kein Trinkwarmwasser-Verteilnetz, resultierend geringere Leitungsverluste</li> <li>keine Zirkulationsleitung</li> <li>Wärmepumpe kann für die TWW-Erwärmung genutzt werden (keine Anforderung an Hygiene im Leitungsnetz)</li> <li>geringere Bauteilaufwärmung im Sommer durch die Leitungsverluste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>leistungsstärkere Wärmepumpe notwendig</li> <li>größeres Pufferspeichervolumen benötigt</li> <li>Wohnungsstation in jeder Wohnung</li> </ul>
rein dezentrale Trinkwassererwärmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>ausschließlich Leitungen für kaltes TWW, keine Wärmeverluste</li> <li>leistungsschwächere Wärmepumpe rein für Heizzwecke möglich</li> <li>minimiertes Pufferspeichervolumen</li> <li>keine Warmwasser-bedingte Wärmeabgabe im Sommer durch die Leitungsverluste an die Speichermasse des Gebäudes</li> <li>Die Ökobilanz der Herstellung kann durch den geringeren technischen Aufwand vorteilhaft sein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>elektrischer Durchlauferhitzer in jeder Wohnung</li> <li>Wärmepumpe wird nicht für die Trinkwassererwärmung genutzt</li> </ul>

**Weder im vorgefundenen Forschungsvorhaben der Quellenrecherche, noch in unserer Berechnung kann eine Nachteiligkeit der dezentralen Nacherwärmung nachgewiesen werden.**

## D Literaturverzeichnis

IFBHH. (2021). *Neubau von Mietwohnungen - 1. Förderweg*. Hamburg: IFB Hamburg.

Luka, J., & Bohn, C. (2019). *Ein simulationsbasiertes Verfahren für den Effizienzvergleich von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern*. Clausthal: Fakultät für Mathematik/Informatik und Maschinenbau, Technische Universität Clausthal .

Schellhorn, M. (2020). *Sind Vorlauftemperaturen bis zu 75 °C bei Wärmepumpen die richtige Wahl?* Haltern am See: Schellhorn Public Relations GmbH.

Vaillant. (2014). *Preisliste Gesamtprogramm 04/14*. Vaillant Deutschland GmbH & Co.KG.