

**Masterlehrgang der FHWien der WKW**  
Integrales Gebäude- und Energiemanagement

Einsatzmöglichkeiten von Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsystemen bei  
der Modernisierung von Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern

**Angestrebter akademischer Grad:**  
**Master of Science (MSc)**

**Verfasst von: Gerald Friedrich**

**Matrikelnummer: 15F1583**

**Abschlussjahr: 2018**

**Betreut von: Dipl.- Ing. Dr. Helmut Matschnig**

**Lehrgangsort: Wifi Graz**

**Lehrgangsstart: WS 2016**

Ich versichere hiermit,

- diese Arbeit selbständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient zu haben,
- diese Arbeit bisher weder im In- noch Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt zu haben,
- die Übereinstimmung dieser Arbeit mit jener Version, die der Betreuung vorgelegt und zur Plagiatsprüfung hochgeladen wurde.
- mit der Veröffentlichung dieser Arbeit durch die Bibliothek der FHWien der WKW einverstanden zu sein, die auch im Fall einer Sperre nach Ablauf der genehmigten Frist erfolgt.

Ich stimme der Veröffentlichung samt Upload der elektronischen Version meiner Masterarbeit durch die Bibliothek der FHWien der WKW in deren Online-Katalog zu. Im Fall einer Sperre der Masterarbeit erfolgt die Veröffentlichung samt Upload erst nach Ablauf der genehmigten Sperrfrist. Diese Zustimmungserklärung kann ich jederzeit schriftlich widerrufen.

Klöch, 12. Mai 2018

Ort, Datum



Unterschrift



# INHALT

Inhalt .....	I
Vorwort.....	V
Abstract.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	VIII
Abbildungsverzeichnis .....	VIII
Tabellenverzeichnis .....	VIII
1. Einleitung.....	1
1.1. Problemstellung.....	1
1.2. Zielsetzung .....	3
1.3. Forschungsfragen.....	4
1.4. Methodische Vorgangsweise .....	5
2. Begriffsabgrenzungen und -definitionen.....	6
3. Funktionsweisen von Wärmepumpen .....	10
3.1. Kompressionswärmepumpen.....	10
3.2. Absorptionswärmepumpen .....	11
4. Betriebsweisen von Wärmepumpen.....	13
4.1. Bivalent.....	13
4.1. Monovalent .....	14
4.2. Monoenergetisch .....	15
5. Wärmequelle.....	16
5.1. Hybrid-Wärmepumpen-Systeme .....	16
5.2. Luft-Wasser-Wärmepumpen .....	18
Kompaktanlagen .....	19
5.3. Split-Anlage .....	21

5.4. Luft-Luft-Wärmepumpen.....	22
5.5. Wasser-Wasser-Wärmepumpen .....	23
5.6. Sole-Wasser- Wärmepumpen .....	23
5.6.1. Erdkollektoren .....	24
6. Energieeffizienz.....	28
7. zu berücksichtigende Faktoren beim Einbau von Hybrid-Systemen in einem Einfamilienhaus .....	31
7.1. Aufstellung Luft-Wasser-Wärmepumpe .....	32
7.2. Statik und Frostsicherheit der Außeneinheit .....	33
7.3. Platzbedarf im Gebäude.....	34
7.4. Vorlauftemperatur der Heizungsanlage .....	34
7.5. Bivalenz-Punkt .....	35
7.6. Abstimmung der Regelung .....	35
7.7. Hydraulische Einbindung.....	35
7.8. Heizkurve .....	39
8. Beantwortung der theoretischen Subforschungsfragen.....	40
9. Erhebung und Auswertung der empirischen Ergebnisse.....	44
9.1. Ausgangssituation .....	44
9.2. Begründung und Nachvollziehbarkeit der Methodenwahl .....	45
9.3. Sampling .....	47
9.4. Qualitätssicherung.....	49
9.5. Anforderung beim Einbau .....	52
9.6. Modernisierung.....	54
9.7. Potenzial .....	58
9.8. Zukunft .....	62
10. Beantwortung der empirischen Subforschungsfragen.....	67
11. Conclusio und Ausblick.....	71

11.1. Welche Chancen und Risiken haben Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsysteme bei der Modernisierung der Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern? .....	71
11.2. Conclusio .....	72
11.3. Ausblick .....	75
12. Literaturverzeichnis .....	77
13. Anhang .....	85
13.1. Interviewleitfaden .....	85



## VORWORT

Durch den akademischen Lehrgang „Integrales Gebäude- und Energiemanagement“ kurz IGEM genannt, wurde mir aufgezeigt, dass es in der Zukunft nicht genügt, Aufgaben gewissenhaft zu erledigen, sondern es auch erforderlich ist, über den Tellerrand hinauszuschauen, um seine Ziele zu erreichen.

Für den Beistand und die Unterstützung in der anstrengenden Zeit des Studiums und der Erstellung meiner Master-These gilt es, an dieser Stelle einen Dank auszusprechen...

- ...an Herrn Franz Glanz, stellvertretend für den Wasserverband Grenzland Südost in Fehring, welcher mit der Bereitschaft der freien Zeiteinteilung mir das Studium IGEM erst ermöglichte.
- ...ein herzliches Dankeschön gilt meiner Gattin Irmgard sowie meinen Söhnen Daniel und Tobias, die mich in den teilweise sehr schweren Monaten immer moralisch unterstützt und aufgebaut haben.
- ...an Herrn Dipl.-Ing(FH) Thomas Fleischhacker, vom WIFI Graz mit dem akademischen Lehrgang IGEM.
- ...dem akademischen Office des WIFI Graz und der FH Wien für die Hilfestellung im Verlauf meiner Ausbildung.
- ...bedanken möchte ich mich bei Herrn Bernhard Christian Fink, MMA, MBA und Frau Mag. Iris Martinz für das Coaching in der Schreibwerkstatt.
- ...an Frau Cilli Kikelj und Herrn Roland Kikelj für die Korrekturlesung.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dipl.- Ing. Dr. Helmut Matschnig, welcher keine Mühen scheute, mich stets fachlich und moralisch zu unterstützen, um diese Arbeit fertig zu stellen.

## ABSTRACT

Aufgrund des fortschreitenden Klimawandels haben sich die Europäische Union sowie die österreichische Politik ambitionierte Klimaziele mit der EU-Richtlinie 2009/28/EG gesetzt. Einen großen Anteil am Klimawandel hat der notwendige Energiebedarf für die Raumheizung und die Raumkühlung, der zum überwiegenden Teil aus fossilen Brennstoffen gedeckt wird. Die Energiesysteme von Einfamilienhäusern sind stark von den topografischen Gegebenheiten geprägt. Trotz der Bedeutung von Wasserkraft und Biomasse ist die Steiermark, ähnlich wie andere Regionen, stark von fossilen Importen abhängig (vgl. *Amt der steiermärkischen Landesregierung A17 Landes- und Regionalentwicklung* 2016, S. 33). In der Klima- und Energiestrategie des Landes Steiermark 2030 sowie in dem österreichischen Regierungsprogramm 2017-2022 wurde die Verpflichtung zur CO<sub>2</sub>-Einsparung, zum Ausbau der erneuerbaren Energie und zur Steigerung der Energieeffizienz von der Politik beschlossen.

Wissenschaftliches Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, welche Möglichkeiten sich bei der Heizungssanierung anbieten, um Einfamilienhäuser auf alternative Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systeme umzurüsten und die Energieeffizienz zu steigern. Die Vor- und Nachteile beim Einbau von Biomasse-Hybrid-Wärmepumpensystemen, zu hinterfragen, welches Potenzial sie in Zukunft haben sowie die aktuelle Bedeutung des Verhältnisses Anteil an erneuerbarer Energie zur Energieeffizienz von Heizungssystemen sollen analysiert werden. Zu diesem Zweck sollen technische Grundlagen für die Sanierung erforscht werden, welche die moderne Gebäudetechnik darstellen und bei Einfamilienhaus und Mehrfamilienhäusern eingesetzt werden können.

In dieser Arbeit werden verschiedene Biomasse-Wärmepumpen-Hybridssysteme hinsichtlich Ihrer Energieeffizienz, den Funktionsweisen und den Chancen sowie Risiken bei einer Modernisierung der Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern verglichen. Daraus resultierend, werden Handlungsempfehlungen für Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen am Ende dieser Arbeit abgegeben. Daraus ergibt sich, dass ein grundsätzliches Potenzial zur Energieverbrauchsreduktion vorhanden ist, jedoch Anreize für Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen fehlen, welche eine Erhöhung des erneuerbaren Energieanteils sowie eine Verbesserung der Energieeffizienz von Einfamilienhäusern ermöglichen.



## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

at.	Österreich	m	Meter
BJ.	Baujahr	mm	Millimeter
ca.	circa	m <sup>2</sup>	Quadratmeter
C°	Grad Celsius	m <sup>3</sup> /h	Kubikmeter in der Stunde
CO <sup>2</sup>	Kohlenstoff	Nr.	Nummer
COP	Leistungszahl	PE	Polyethylen
de.	Deutschland	PV	Photovoltaik
dzt.	derzeit	S.	Seite
dB	Dezibel	SFF	Subforschungsfrage
d.h.	das heißt	sog.	sogenannten
etc.	et cetera	Temp.	Temperatur
f	Folgende Seite	T.	Temperatur
i. Allg.	im Allgemeinen	usw.	und so weiter
ggf.	gegebenenfalls	vgl.	Vergleich
K	Kelvin	z.B.	zum Beispiel
kW	Kilowatt	%	Prozent
L <sub>W,A</sub>	Schallleistungspegel	W/lfm	Watt pro Laufmeter
l/h	Liter in der Stunde	WP	Wärmepumpe
max.	maximal		
L <sub>AFmax.nT</sub>	Anlagengeräuschpegel		

## ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kreisprozess .....	11
Abbildung 2: Absorptionswärmepumpen .....	12
Abbildung 3: Hybrid-Pellets-Wärmepumpe .....	16
Abbildung 4: Heizleistung/Heizwärmebedarf .....	18
Abbildung 5: WP Außenaufstellung .....	20
Abbildung 6: WP Innenaufstellung .....	20
Abbildung 7: WP Split-Aufstellung .....	21
Abbildung 8: Erdsonden Schnitt .....	25
Abbildung 9: Eisspeicher .....	27
Abbildung 10: Verfügbarkeit und Effizienz .....	28
Abbildung 11: Hydraulikschema Gleitende Schaltung .....	36
Abbildung 12: Hydraulikschema Parallelschaltung .....	37
Abbildung 13: Hydraulikschema Endkoppelt .....	38
Abbildung 14: Phasenschema der Marktforschung .....	46
Abbildung 15: Subforschungsfrage 1 / Kategorie 1.....	50
Abbildung 16: Subforschungsfrage 1 / Kategorie 2.....	51
Abbildung 17: Subforschungsfrage 2 / Kategorie 1.....	51
Abbildung 18: Subforschungsfrage 2 / Kategorie 2.....	51

### Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Taten COP-Werte .....	29
Tabelle 2: Interviewpartner und Interviewpartnerinnen .....	48

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Problemstellung

Mit dem Klima- und Energiepaket der Europäischen Union aus dem Jahr 2008 wurden wesentliche Ziele bis zum Jahr 2020 gesetzt. Die im Klima- und Energiepaket enthaltenen Ziele umfassen die Reduzierung von Treibhausgasemissionen um 20 % gegenüber dem Jahr 1990, die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch auf 20 % und die Steigerung der Energieeffizienz um 20 %. (vgl. *Heller et al.* 2011, S. 5)

Für Österreich bedeutet das eine Verpflichtung zur Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energiequellen auf mindestens 27 % bzw. 30 % und der Energieeffizienz um mindestens 27 % bzw. 30 %, sowie gleichzeitige Senkung der Treibhausgasemissionen, welche nicht dem Emissionshandel unterliegen, um mindestens 36 % gegenüber dem Stand von 2005 (vgl. *www.technik.steiermark.at* 2017, S. 6). Auf die Klimaziele 2030 haben zwei Interviewpartner und Interviewpartnerinnen bei den Interviews Meinungen abgegeben, diese sind in der Auswertung im empirischen Teil unter Punkt 9,4 („Modernisierung“) eingefügt.

Zur Erreichung dieser auferlegten Ziele verfolgt die Energiepolitik Österreich eine Dreisäulenstrategie:

1. Die konsequente Steigerung der Energieeffizienz
2. Den Ausbau von erneuerbarer Energie
3. Die langfristige Sicherstellung der Energieversorgung (vgl. *www.bmdw.gv.at* 2015, S. 7 f.)

Die erste Säule beinhaltet demnach höhere Energieeffizienz im Gebäudebereich durch die Reduktion des Raumwärme- und Kühlbedarfs und die Verbesserung der Baustandards zu „Fast-Null-Energiegebäuden“. Weiters wird der Energieverbrauch in Haushalten und Betrieben durch Energieberatung und Energiemanagementsysteme reduziert.

Eine Steigerung der Effizienz in der Mobilität durch alternative Antriebe sowie eine Erweiterung des Angebotes im öffentlichen Verkehr ist vorgesehen. Ein effizienter Primärenergieeinsatz und die Abwärmenutzung sind bei Unternehmen, der Energiewirtschaft, Haushalten und Gewerbebetrieben ist gefordert. (vgl. [www.bmdw.gv.at](http://www.bmdw.gv.at) 2015, S. 7)

Die Strategie in der zweiten Säule gibt die Nutzung und den Ausbau der Potenziale im Bereich der Wasserkraft, der Windkraft, der Biomasse und der Photovoltaik vor. Die Raumwärme soll auf Basis von regionalen Konzepten der Energieraumplanung und der regionalen Stärken bereitgestellt werden. Für die Erfüllung der EU-Richtlinie sind 10% an erneuerbarer Energie durch Biotreibstoff und E-Mobilität gefordert. (vgl. [www.bmdw.gv.at](http://www.bmdw.gv.at) 2015, S. 7)

Die dritte Säule stützt sich auf die Infrastruktur für Transport, Verteilung und Speicherung von leitungsgebundenen Energieträgern (vgl. [www.bmdw.gv.at](http://www.bmdw.gv.at) 2015, S. 8).

Aufgrund der stetig steigenden Energiekosten ist es umso notwendiger, regenerative Energien einzusetzen, zumal dies nun auch vom Gesetzgeber vorgegeben wird. Die nobelste regenerative Energie ist dabei die Umweltwärme, zumal diese für alle vor der Haustür quasi kostenlos zur Verfügung steht. (vgl. *Bongs et al.* 2017, S. VII) Wärmepumpen könnten ein Baustein zur Lösung der Energie- und Umweltproblematik sein. Je höher die Effizienz einer Wärmepumpe, desto weniger Strom wird für ihren Betrieb und die Gewinnung der gewünschten Wärme benötigt. Dabei kommt die von der Wärmepumpe gewonnene Wärme aus regionalen erneuerbaren Ressourcen und verursacht keinerlei CO<sub>2</sub>-Emissionen vor Ort. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 10) Daher fand ab dem Jahr 2001, parallel zur Marktdiffusion von energieeffizienten Gebäuden, verstärkt die Verbreitung von Heizungswärmepumpen statt. Für Temperaturen von 65° Celsius und höher wurden Hochtemperaturwärmepumpen entwickelt, die zunehmend am Markt zu finden sind. Diese Systeme sind in der Lage, die erforderliche Vorlauftemperatur bereitzustellen, dadurch sinkt jedoch die Energieeffizienz. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 16)

Bei der Modernisierung von Heizungsanlagen, die älter als 20 Jahre sind, ist zu beachten, dass die Vorlauftemperatur in den meisten Fällen 70° Celsius und höher beträgt. Um die Energieeffizienz zu steigern, sollten Wärmepumpen jedoch maximal auf 45° bis 50° Celsius Abgabe-Temperatur ausgelegt werden (vgl. *Wendnagel et al.* 2017, S. 53).

Mit geringen Vorlauftemperaturen bildet die Wärmepumpe einen attraktiven Einsatz von erneuerbarer Energie und mit ihrer guten Jahresarbeitszahl ist sie eine wirtschaftlich attraktive Alternative bei Einfamilienhausbesitzern und Einfamilienhausbesitzerinnen (vgl. *Biermayr et al.* 2017, S. 15). Die Vorlauftemperatur hat einen großen Einfluss auf die energetische Effizienz einer Anlage, ein beträchtliches Optimierungspotential besteht bei der Auslegung, beim hydraulischen Abgleich sowie der Einstellung der Heizkurve des Abgabesystems (vgl. *Erb et al.* 2013, S. 12).

Solche Anlagen können nur dann ihre ökonomischen und ökologischen Stärken ausspielen, wenn die Wärmequelle, die eigentliche Wärmepumpe sowie die Wärmeverteilung und die Warmwasserbereitung im Haus exakt aufeinander abgestimmt sind (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 9). Das größte Problem liegt dabei darin, dass die Energienachfrage für Heizung und Warmwasser sowie das Energieangebot im jahreszeitlichen Verlauf gegenläufig sind. Wärmepumpen mit einem hohen Deckungsgrad für Raumheizung und Warmwasser sind daher nur mit einem enormen Aufwand sowie niedriger Jahresarbeitszahl realisierbar. Bisher wurden keine systematischen Analysen der Kombination Wärmepumpen und Biomasse bzw. kein objektiver Vergleich zur Kombination dieser Technologien unter unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt. (vgl. *Vukits et al.* 2013, S. 9)

## **1.2. Zielsetzung**

Wissenschaftliches Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, welche Möglichkeiten sich bei der Heizungssanierung anbieten, um Einfamilienhäuser auf Hybrid-Wärmepumpensysteme umzurüsten. Die Vor- und Nachteile beim Einbau von Hybrid-Wärmepumpensystemen sowie die aktuelle Bedeutung des Verhältnisses Anteil erneuerbarer Energie zur Energieeffizienz von Heizungssystemen sollen analysiert werden. Der praktische Nutzen wird durch die Erfahrung von Installateuren und Installateurinnen sowie Herstellern und Herstellerinnen dargestellt. Daraus resultierend, werden Handlungsempfehlungen für Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen abgegeben, weiters sollen innovative Lösungen erarbeitet werden, welche eine Energieeinsparung, eine Erhöhung des erneuerbaren Energieanteils sowie eine Verbesserung der Energieeffizi-

enz von Einfamilienhäusern ermöglichen. Falsch projektierte Hybrid-Wärmepumpen-Systeme könnten jedoch genau das Gegenteil bewirken. (vgl. *Bongs et al.* 2017, S. VII)

### 1.3. Forschungsfragen

#### Hauptforschungsfrage:

Welche Chancen und Risiken haben Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsystemen bei einer Modernisierung der Heizungsanlage in Einfamilienhäusern?

#### Theoretische Subforschungsfragen:

SFF 1: Welche Modelle und Funktionsweisen gibt es bei Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsystemen?

SFF 2: Welche Faktoren sind zu berücksichtigen, wenn man diese Systeme in Einfamilienhäuser integrieren will?

#### Empirische Subforschungsfragen:

SFF 1: Welche Anforderungen in der Modernisierung von Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsystemen werden bei Einfamilienhäusern gestellt?

SFF 2: Welches Potenzial werden alternative Wärmepumpen-Hybridsysteme in der Zukunft bei Einfamilienhäusern haben?

## 1.4. Methodische Vorgangsweise

Die Arbeit erfolgt im theoretischen Teil durch ein Literaturstudium und wird andererseits praktisch über eine empirisch-qualitative Untersuchung abgehandelt. Im theoretischen Teil werden wissenschaftliche Literatur und Standardwerke sowie Fachjournale aus diesem Bereich analysiert und begriffliche Abgrenzungen vorgenommen. Die theoretischen Subforschungsfragen werden über die Literaturrecherche beantwortet.

Im empirischen Teil der Arbeit wird eine qualitative Untersuchung der Experteninterviews und Expertinneninterviews angewendet. Bei dieser Art der Befragung werden Experten und Expertinnen zu einem vorgegebenen Thema nach einem offenen, teilstandardisierten oder standardisierten Leitfaden befragt (vgl. *Bortz/Dörfling et al.* 2006, S. 315). Um eine repräsentative Sicht darzustellen, werden Hersteller und Herstellerinnen sowie Installationsunternehmer und Installationsunternehmerinnen ausgewählt und zu den Problemstellungen der empirischen Subforschungsfragen befragt.

Zur Orientierung und Anregung der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen wird ein Leitfaden erarbeitet. Der Vorteil der qualitativen Erhebungsmethode besteht darin, dass keine Antworten vorgegeben werden, die Zielgruppe der Fachleute selbst zu Wort kommen kann und die subjektive Sichtweise der zur Befragung ausgewählten Personen erfasst wird (vgl. *Scheibler* 2016). Für eine nachvollziehbare, aufbereitete Auswertung und Analyse der gewonnenen Daten werden die Gespräche der Interviews aufgenommen, Transkripte erstellt sowie eine qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz vorgenommen. Für die Inhaltsanalyse werden die gewonnenen Daten auf Basis eines Kategoriensystems systematisch bearbeitet und ausgewertet (vgl. *Kuckartz* 2016, S. 64). Daraus resultierend werden die empirischen Subforschungsfragen beantwortet.

## 2. BEGRIFFSABGRENZUNGEN UND -DEFINITIONEN

Die in der Arbeit am häufigsten verwendeten Ausdrücke sollen in einer kurzen Beschreibung das Verständnis für die Kerninhalte vermitteln. Die Themen der einzelnen Hybrid-Wärmepumpen-Systeme und die Energieeffizienz werden mit Hersteller und Herstellerinnen sowie Installateuren und Installateurinnen erläutert.

### Wärmepumpen

Wärmepumpen sind technische Heizeinrichtungen, die ein Mehrfaches der aufgewendeten Energie als Nutzenergie abgeben. Als Wärmequellen dienen vorhandene Umweltenergie (Luft, Wasser, Erdreich, Sonnenenergie) oder Prozessabwärme (Abluft, Abwasser, Kühlung), deren Energiegehalt („Anergie“) anderweitig nicht genutzt werden kann. Wärmepumpen tragen somit zu einer Schonung der Ressourcen und zur Entlastung der Umwelt bei. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 153)

### Hybrid-Systeme

Wärmepumpen können im alternativen oder parallelen Betrieb mit anderen regenerativen Energiequellen kombiniert werden, z. B. mit Biomasse, Öl oder Gas. (vgl. *Viessmann et al.* 2012, S. 90) Dabei handelt es sich um die Kombination von zwei Wärmeerzeugern, Wärmepumpe und Biomassekessel (Stückholz, Pellets) oder einem fossilen Heizkessel. Im bivalenten Betrieb deckt die Wärmepumpe die Heizungsgrundlast, die Spitzenlast und Warmwasserbereitung übernimmt der Biomassekessel. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 47)

### Hochtemperatur Wärmepumpen

Diese werden mit zweistufigen Kältekreisläufen betrieben. Hierbei wird die Umweltwärme im Verdampfer vom Kältemittel des ersten Kreises aufgenommen und anschließend verdichtet. Der darauffolgende Kondensator ist gleichzeitig Verdampfer des zweiten Kreises. Hersteller und Herstellerinnen geben die erreichbaren Vorlauftemperaturen mit 80° Celsius an. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 47)



### **Monovalente Betriebsweise**

Die Wärmepumpe ist in der Lage, den Wärmebedarf und die Warmwasserbereitung als alleiniger Wärmeerzeuger das ganze Jahr über zu decken. Diese Betriebsweise erfordert eine Wärmequelle, die das ganze Jahr über verfügbar ist und genügend Wärme bereitstellen kann (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 158).

### **Bivalente Betriebsweise**

Die Wärmepumpe deckt den Wärmebedarf bis zu einer bestimmten Außentemperatur. Bei noch niedrigeren Außentemperaturen wird temperaturabhängig ganz oder teilweise auf einen zweiten Wärmeerzeuger, in der Regel einen Heizkessel mit Biomasse oder fossiler Energie, umgeschaltet (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 158).

### **Bivalente Betriebsweise parallel**

Bei der bivalent-parallelen Betriebsweise wird ab einer bestimmten Außentemperatur die Wärmenachfrage gleichzeitig durch die Wärmepumpe und einen zusätzlichen Wärmeerzeuger gedeckt. (vgl. *Kaltschmitt et al.* 2006, S. 431)

### **Bivalente Betriebsweise alternative**

Beim bivalent-alternativen Betrieb deckt die Wärmepumpe bis zu einem bestimmten Umschaltzeitpunkt die vollständige Wärmenachfrage, anschließend übernimmt eine alternative Wärmeerzeugung die gesamte Wärmelieferung z.B. ein Öl-, Gas- oder Biomassekessel. Die Wärmepumpe wird nur auf einen bestimmten Prozentsatz der max. Wärmenachfrage ausgelegt, der alternative Wärmeerzeuger muss jedoch 100% der Wärmenachfrage decken können (vgl. *Kaltschmitt et al.* 2006, S. 431).

### **Biomasse**

Unter dem Begriff Biomasse werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft verstanden. Als „gespeicherte Sonnenenergie“ besitzt Biomasse den Vorteil, dass sie einerseits be-

darfsgerecht zur Verfügung steht und andererseits in vielfältiger Form in feste, flüssige oder gasförmige Endenergieträger umgewandelt werden kann.

Im Wesentlichen sind zu unterscheiden:

- Holz- und holzartige Reststoffe
- landwirtschaftliche Produkte
- landwirtschaftliche Reststoffe
- organische Reststoffe
- Altholz
- spezielle Energiepflanzen (vgl. *Wesselak et al.* 2017, S. 163)

## **Energieeffizienz**

Die Energieeffizienz ist das Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistung, Waren oder Energie zu Energieeinsatz (vgl. *Richtlinie 2012/27/EU*. 2012, S. L315/10. Artikel 2). Innovative Heizgeräte mit hohen energetischen und exergetischen Wirkungsgraden wie Wärmepumpen sowie der Einsatz erneuerbarer Energie in Solar- und Geothermie tragen ebenfalls dazu bei, den fossilen Endenergiebedarf zu reduzieren (vgl. *Wesselak et al.* 2017, S. 65). Durch das Bundes-Energieeffizienzgesetz wurde die Anforderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Steigerung der Energieeffizienz in nationales Recht umgesetzt. Ziel dieser Gesetzgebung ist es, das Input-Output-Verhältnis von Gebäuden, Maschinen oder Prozessen zu verbessern (vgl. *www.ris.bka.gv.at* 2014).

## **Erneuerbare Energie**

Alle Arten erneuerbarer Energiequellen, die auf der Erde gegeben sind, beruhen auf einer der folgenden drei grundlegenden Energiequellen. Der von der Sonne emittierten Strahlung, der Erdwärme und der Bewegungsenergie von Erde und Mond. Die Sonnenstrahlung, die durch Kernfusionsprozesse in der Sonne erzeugt wird, ist dabei mit großem Abstand die wichtigste Quelle. Die Erdwärme in tieferen Schichten des Erdkörpers ist eine von der Sonnenstrahlung unabhängige Quelle, ein Teil der Wärme im Erdinneren ist Restwärme von der Erdentstehung. (vgl. *Günther et al.* 2015, S. 60) In diesem Sinne ist Energie eine Grundvoraussetzung aller natürlichen Prozesse. Keine chemi-

sche Reaktion, keine Umwandlung von Stoffen, keine Bewegung und letztlich kein Leben ist ohne den Einfluss von Energie möglich. (vgl. *Schabbach 2012*, S. 1) Da nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik, Energie nicht verbraucht und auch nicht verloren gehen kann, spricht man bei Energieverlusten und Energieverbrauch in der Energietechnik stets von Exergie. Exergie ist der Teil der Energie, der in eine andere Energieform umgewandelt werden kann und daher den wertvollen Anteil der Energie darstellt. Auf Grundlage dessen, sind Energiequellen in Wirklichkeit Exergiequellen, deren potenzielle Energie gegenüber dem Umgebungsniveau Exergie darstellt und in weiterer Folge aus Wasserkraft, fossilen und nuklearen Brennstoffen gewonnen wird. (vgl. *Baehr 1984*, S. 137 f.)

### **Drei-Säulen-Strategie in Österreich**

Unter Österreichs Voraussetzung der Erreichung seiner Klimaschutzziele bis 2020 sowie der drastischen Verringerung der Abhängigkeit im Energieimport der Wirtschaft, hat Österreich eine ambitionierte Strategie entwickelt. Diese Strategie der österreichischen Energiepolitik stützt sich auf die drei Säulen der konsequenten Energieeffizienzsteigerung, den Ausbau der erneuerbaren Energie und der Sicherstellung der Energieversorgung (vgl. *www.bmdw.gv.at 2015*, S. 7 f.).

### 3. FUNKTIONSWEISEN VON WÄRMEPUMPEN

Die Wärmepumpe nimmt unabhängig von der Jahreszeit die in der Umwelt gespeicherte thermische Energie auf, die auch im Minusbereich liegen kann. Sie bringt diese auf ein höheres Temperaturniveau und gibt sie, inklusive der elektrischen Antriebsenergie, als Wärme ans Heizungssystem ab. (vgl. *Schlabbach et al.* 2012, S. 45) Für Temperaturen von 65° Celsius und höher wurden Hochtemperaturwärmepumpen entwickelt, die zunehmend am Markt zu finden sind. Diese Systeme sind in der Lage, die erforderliche Vorlauftemperatur bereitzustellen, dadurch sinkt jedoch die Energieeffizienz. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 16) Der benötigte Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung kann grundsätzlich mit einer Wärmepumpe gedeckt werden, die Heizwärme besteht zu 75 % aus gratis verfügbarer Umweltwärme und zu 25 % aus Antriebsenergie, wie beispielsweise Strom (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 10).

Wärmepumpen können statt mit Strom auch mit fossiler Energie z.B. Gas oder Öl als Energieträger betrieben werden, sogenannte Absorptionswärmepumpen, dabei kann die Abwärme vom Motor vollständig genutzt werden. Eine so betriebene Wärmepumpe hat eine sehr geringe Energieaufwandzahl, weil die Verluste sehr gering sind und der größte Teil der Wärmeenergie aus der Umwelt stammt. Derartige Wärmepumpen eignen sich nur für Großanlagen, weil der Wartungsaufwand verhältnismäßig hoch ist. (vgl. *Bonin et al.* 2012, S 36) Bei der Beschreibung der verschiedenen Wärmepumpensysteme wird die Art der Wärmequelle an erster Stelle und die Art der Wärmesenke an der zweiten Stelle genannt. So hat zum Beispiel eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eine luftdurchflossene Wärmequellenanlage und eine Wärmenutzungsanlage mit Wasser als Wärmeträger (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 11).

#### 3.1. Kompressionswärmepumpen

Die Wärmepumpe besitzt einen geschlossenen Kreislauf, in dem ein Kältemittel der Reihe nach Verdampfer, Kompressor (Verdichter), Kondensator (Verflüssiger) und Expansionsventil (Druckminderer) durchläuft. Kompressionswärmepumpen erreichen aufgrund der eingesetzten Kältemittel maximale Heizwassertemperaturen von ca. 55° bis 60° Celsius (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 154).

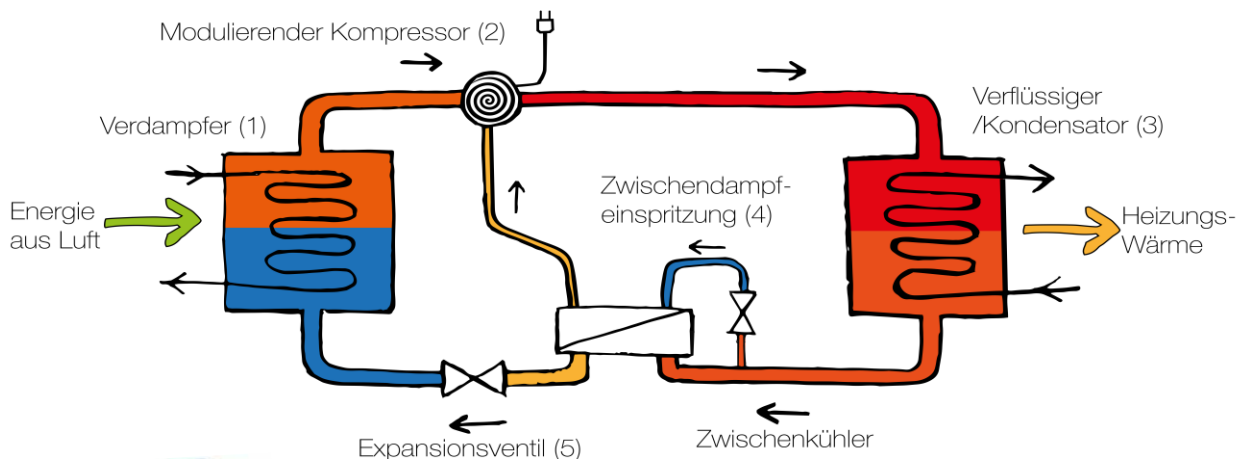


Abbildung 1: Kreisprozess (Quelle: [www.solarfocus.com](http://www.solarfocus.com) 2018)

Die Abbildung 1 zeigt den Aufbau des Kältekreislaufes, den so genannten „Carnot’schen Kreisprozess“ einer Wärmepumpe sowie die Energieflüsse. Dieses vereinfachte Fließbild dient in den späteren Diskussionen als weitere Grundlage. (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 2)

### 3.2. Absorptionswärmepumpen

Eine Absorptionswärmepumpe hat statt des Kompressors einen sog. „thermischen Verdichter“, dieser benötigt statt Strom, wie beim mechanischen Verdichter (Kompressor), ein Heizmedium, z.B. Gas oder Öl, etc. In der Regel werden Absorptionswärmepumpen mit Gas betrieben. (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 37) Bei Absorptionswärmepumpen liegt ein geschlossener Kältemittelkreislauf vor. Die Wärmeübertragung beruht aber hier auf einem physikalisch-chemischen Prozess in einem Lösungsmittelkreislauf, wobei die für die Temperatur- und Druckerhöhung notwendige Energiezufuhr durch eine Wärmequelle mit einer Temperatur von mindestens 80° Celsius erfolgt. Dieses ermöglicht es z.B. Abwärme aus Blockheizkraftwerken oder auch Sonnenenergie als regenerative Wärmequelle zu verwenden. Sowohl die eingesetzte Heizwärme zum Antrieb der Absorptionswärmepumpen als auch die damit hochgepumpte Umweltwärme stehen für die eigentliche Heizung zur Verfügung. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 155)

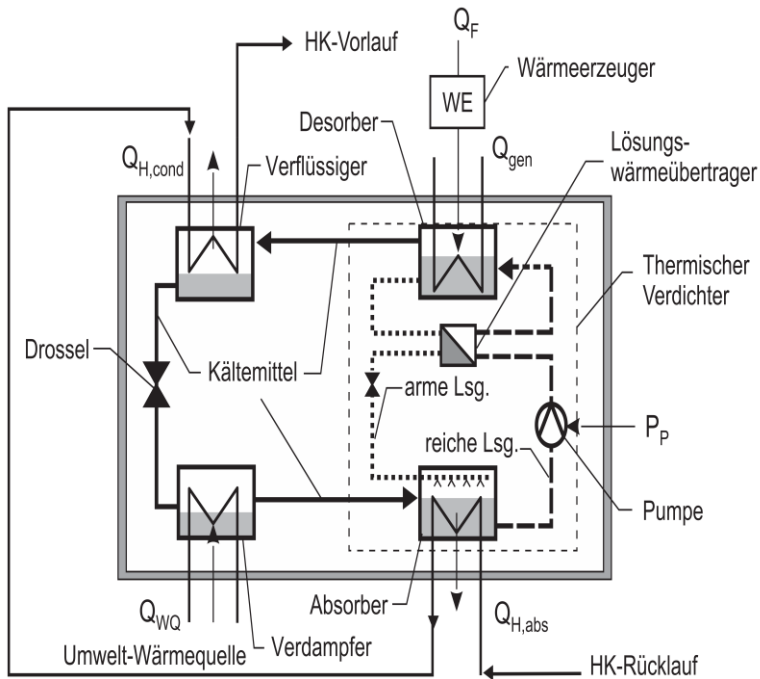


Abbildung 2: Absorptionswärmepumpen (vgl. Wesselak et al. 2017, S. 78)

Die Abbildung 2 zeigt vereinfacht die Funktionsweise einer Absorptionswärmepumpe dargestellt mit einem fossilen Energieträger (Erdgas oder Heizöl) als zusätzliche Wärmequelle dargestellt.

## 4. BETRIEBSWEISEN VON WÄRMEPUMPEN

Der benötigte Wärmebedarf kann entweder durch eine Wärmepumpe oder eine Wärmepumpe in Kombination mit einem anderen Wärmeerzeuger gedeckt werden. Welche Betriebsweise ökonomisch und ökologisch die Sinnvollste ist, hängt vor allem vom Gebäude, der Nutzung und den vorhandenen Umgebungsbedingungen ab. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 27). Die Wärmepumpen können so, bezogen auf die Energieeinsatzart, verschieden betrieben werden, es wird zwischen der monovalenten, der monoenergetischen und der bivalenten Arbeitsweise unterschieden. (vgl. *Schlabbach et al.* 2012, S. 53)

Der Bivalenz-Punkt ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

- von der erforderlichen oder der möglichen elektrischen Anschlussleistung
- vom Vermeiden des Abtauprozesses
- von der maximalen Vorlauftemperatur
- vom Platzbedarf für den zweiten Wärmeerzeuger (vgl. *Kunz et al.* 2008, S. 45)

Bei Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern fungiert die Wärmepumpe in den meisten Fällen als einziger Wärmeerzeuger, jedoch bei Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen ist ein zweiter Wärmeerzeuger ratsam. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 28).

### 4.1. Bivalent

#### **Bivalent-parallel**

Bei der bivalent-parallelen Betriebsweise deckt die Wärmepumpe einen Großteil des Wärmebedarfs alleine ab, bei Unterschreitung einer bestimmten Außentemperatur wird ein zusätzlicher Wärmeerzeuger parallel zugeschaltet, um die Wärmenachfrage zu decken, meist ein fossiler Energieträger wie Öl oder Gas. Wann es zur Zuschaltung vom zweiten Wärmeerzeuger kommt, hängt im Wesentlichen vom Bedarf einer hohen Vorlauftemperatur ab oder davon, dass der Wärmestrom aus der Wärmequelle die gefor-

derte Höchsttemperatur nicht erreichen kann. (vgl. *Wärmepumpe Austria et al.*) Dieses System der Wärmeerzeugung wird für Heizungsanlagen mit einer Vorlauftemperatur von bis zu maximal 65° Celsius eingesetzt (vgl. *Kunz et al.* 2008, S. 53).

### **Bivalent-teilparallel**

Bei der bivalent-parallelen Betriebsweise deckt die Wärmepumpe einen Großteil des Wärmebedarfs alleine ab. Der zweite Wärmeerzeuger, meist Öl- oder Gasheizung schaltet sich erst dann zu, wenn die Temperatur unter den vorgegebenen Wert sinkt. Die Wärmepumpe wird abgeschaltet, wenn die Vorlauftemperatur für die Heizungsanlage nicht mehr ausreicht. In diesem Moment übernimmt der zweite Wärmeerzeuger den vollständigen Betrieb. Diese Art der Wärmeerzeugung wird für Heizungsanlagen mit einer Vorlauftemperatur von bis zu maximal 65° Celsius eingesetzt. (vgl. *Kunz et al.* 2008, S. 53)

### **Bivalent-alternativ**

Beim bivalent-alternativen Betrieb deckt die Wärmepumpe bis zu einem bestimmten Umschaltzeitpunkt (z.B. 0° Celsius) die vollständige Wärmenachfrage, anschließend übernimmt ein alternativer Wärmeerzeuger die gesamte Wärmelieferung z.B. ein Ölkessel. Die Wärmepumpe wird nur auf einen bestimmten Prozentsatz der max. Wärmenachfrage ausgelegt, der alternative Wärmeerzeuger muss jedoch 100 % der Wärmenachfrage decken können, bei einer maximalen Vorlauftemperatur von 95° Celsius. (vgl. *Kaltschmitt et al.* 2006, S. 431)

## **4.1. Monovalent**

Die Wärmepumpe ist in der Lage, den Wärmebedarf und die Warmwasserbereitung als alleiniger Wärmeerzeuger das ganze Jahr über zu decken. Diese Betriebsweise erfordert eine Wärmequelle, die das ganze Jahr über verfügbar ist und genügend Wärme bereitstellen kann (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 158). Diese Art des Betriebes sollte bevorzugt werden und kann üblicherweise bei Sole-Wasser-Wärmepumpen sowie bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt werden. Grundsätzlich ist auch



die monovalente Arbeitsweise einer Luft-Wasser-Wärmepumpe möglich, jedoch ist sie abhängig von den örtlichen Gegebenheiten in den Wintermonaten. Dieser Betrieb ist für Niedertemperatur-Heizsysteme bis zu einer maximalen Vorlauftemperatur von 65° Celsius möglich. (vgl. *Kunz et al.* 2008, S. 53)

## **4.2. Monoenergetisch**

Monoenergetischer Betrieb liegt vor, wenn die Wärmepumpe den überwiegenden Teil des Wärmebedarfs allein bereitstellt. Bei sehr kalten Außentemperaturen unter -18° Celsius wird die Wärmepumpe durch einen zusätzlichen Wärmeerzeuger z.B. einem elektrischen Heizstab unterstützt. Monoenergetisch heißt dann, dass die Wärmepumpe und die Zusatzheizung mit der gleichen Energie versorgt werden. Diese Betriebsweise wird überwiegend bei Luft-Wasser-Wärmepumpen angewendet. (vgl. *Schlabbach et al.* 2012, S. 53)

## 5. WÄRMEQUELLE

Wie in Kapitel 3 dargestellt, benötigt eine Wärmepumpenanlage für die Gewinnung der Umweltenergie spezielle Anlagenteile, die mit Fachbegriffen „Wärmequellenanlage“ oder „Wärmequellensystem“ bezeichnet werden. Als Wärmequellensysteme kommen Anlagenteile zum Einsatz, die es ermöglichen, die Wärme aus der Außenluft, der Abluft von Lüftungsanlagen, dem Grundwasser oder dem Erdreich zu gewinnen. Die Wärmequellen-Temperatur hat einen sehr großen Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpenanlage. Wesentlich dabei ist, dass die Wärmequellenanlage ausreichend groß dimensioniert wird. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 18)

### 5.1. Hybrid-Wärmepumpen-Systeme

„Hybrid“ heißt „etwas Gebündeltes, Gekreuztes oder Gemischtes“. Übertragen auf die Hybrid-Wärmepumpe ist dies nichts anderes als eine Kombination einer Wärmepumpe mit einem anderen Energieträger. Angeboten werden diese Wärmepumpen als kompakte Heizungsanlagen, z.B. Hybrid-Wärmepumpen. Die eigentliche Wärmepumpe ist meistens eine Luft-Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einem Pellets- oder Stückholzkessel. (vgl. *Bonin et al.* 2017, S. 43)

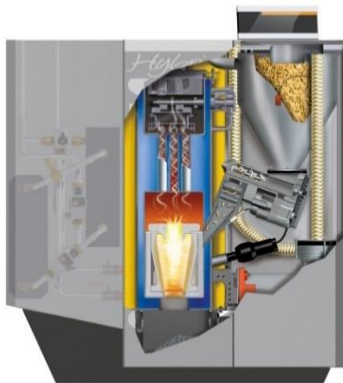


Abbildung 3: Hybrid-Pellets-Wärmepumpe (Quelle: [www.guntamatic.com](http://www.guntamatic.com) 2018)

Eine Hybrid-Wärmepumpe mit Biomasse (Pellets) und Luft-Wasser-Wärmepumpe von der Fa. Guntamatic ist in der Abbildung 3 dargestellt.

Ein Wärmepumpen-Hybrid-System ist eine innovative und zukunftsfähige Lösung, es könnten Biomassekessel mit Pufferspeicher, wasserführende Kaminöfen, Solar, Photovoltaik oder Luft-Wasser-Wärmepumpen für die Warmwasserbereitung sowie die Hochtemperatur Raumheizung kombiniert werden. Von Anfang März bis Ende Oktober kann die Luft-Wasser-Wärmepumpe den Hauptteil der benötigten Energie für die Warmwasserbereitung und die Raumwärme decken, die fehlende Energiemenge in den übrigen Monaten mit einer erhöhten Vorlauftemperatur sowie der erhöhte Energiebedarf werden mit der Biomasse zur Verfügung gestellt. Die Regelung und die richtige Einstellung des Bivalenz-Punktes sind sehr wichtig, damit die einzelnen Komponenten richtig und optimal aufeinander abgestimmt werden. Weiterhin ist zu bedenken, dass bei Wärmepumpen-Biomasse-Hybrid-Anlagen zwei Wärmeerzeuger zu warten und instandzuhalten sind. (vgl. *Bonin et al.* 2017, S. 43)

### **Hybrid-Heizsysteme**

Hybrid-Systeme bei Heizungsanlagen werden vorwiegend in kompakter Bauweise angeboten, wie in der Abbildung 3 auf der Seite 16 dargestellt ist, d. h. beide Wärmeerzeuger, Wärmepumpe und Biomassekessel bzw. Öl- und Gastherme (fossile Energieträger) sind in einem Gerät kombiniert und werden vom gleichen Hersteller produziert. Der Vorteil bei solchen Systemen besteht darin, dass es für die Wartung und bei der Störungsbehebung nur einen Ansprechpartner gibt. Nachteilig sind die Kosten bei der Anschaffung oder bei einem Tausch, es ist dann erforderlich, dass das ganze System ersetzt werden muss.

### **Bivalente-Heizsysteme**

Bivalente Heizsysteme werden aus einzelnen Komponenten zusammengebaut, jeder Wärmeerzeuger ist in einem eigenen Gehäuse integriert, dadurch besteht auch die Möglichkeit, ein Bivalent-System Stück für Stück zu bauen oder zu erweitern, es können von verschiedenen Herstellern Bauteile bezogen und kombiniert werden. Der Vorteil von Bivalent-Systemen besteht darin, dass es nicht erforderlich ist, die ganze Heizungsanlage auf einmal zu installieren. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass für die Wartung sowie bei der Störungsbehebung verschiedene Hersteller und Herstellerinnen

zu kontaktieren sind. Ein weiteres Handicap besteht bei der Verbindung der einzelnen Regelungs- und Steuerungskomponenten des Systems, die nicht immer kompatibel untereinander sind.

## 5.2. Luft-Wasser-Wärmepumpen

Außenluft ist die Wärmequelle für die Luft-Wasser-Wärmepumpe, die am einfachsten zu nutzen ist, da Luft praktisch überall und in unbegrenzter Menge zur Verfügung steht. Deshalb werden Luft-Wasser-Wärmepumpen fast immer als monoenergetische Anlagen mit elektrischem Zusatzheizstab ausgeführt. Die Außenluft wird im Verdampfer um etwa 3 bis 7 K abgekühlt. Die umschaltbare Luft-Luft-Wärmepumpe ermöglicht im Sommer eine Kühlung durch Umkehrung der Funktionen von Verdampfer und Kondensator. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 161) Luft-Wasser-Wärmepumpen haben den Nachteil, dass die Wärmequelle Luft am kältesten ist, wenn die meiste Leistung gebraucht wird. Für diese Betriebszeiten haben sie deswegen eine schlechte Leistungszahl. (vgl. *Bonin et al.* 2017, S. 30)

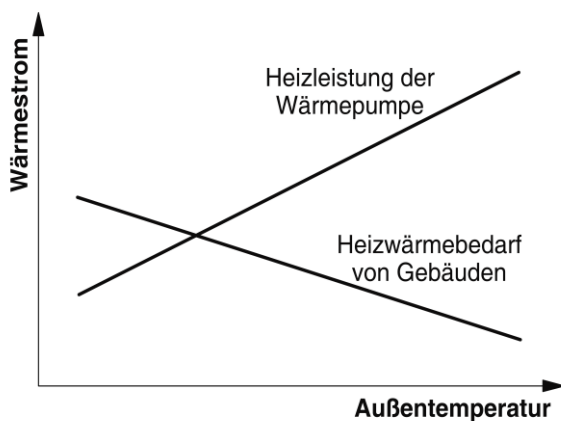


Abbildung 4: Heizleistung/Heizwärmebedarf (vgl. *Kaltschmitt et al.* 2013, S. 637)

In der Abbildung 4 ist der Verlauf der Heizleistung der Wärmepumpe von links unten nach rechts oben und der Heizwärmebedarf von Gebäudes von links oben nach rechts unten mit den Achsen der Außentemperatur sowie des Wärmestroms dargestellt.

## Kompaktanlagen

Die Kompaktanlage bildet eine Einheit, d.h. Wärmepumpe und Verdampfer befinden sich in einem Gehäuse, einzelne Hersteller integrieren auch den Lastausgleichsspeicher, den Boiler und die Heizkreisverteilung im Wärmepumpen-Gehäuse. Differenziert werden die Kompaktanlagen zwischen Innen- und Außenaufstellung: Bei der Innenaufstellung wird die erforderliche Zu- und Abluft über Kanäle zur Wärmepumpe geführt (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 30). Für die Dimensionierung der Luftkanäle ist ein Luftvolumenstrom von etwa 350 m<sup>3</sup>/h pro kW Heizleistung anzusetzen. Bei Außenaufstellung im Freien kann die Nutzfläche im Gebäude gespart werden, die Anschlussleitungen für das Heizungswasser müssen im Winter ausreichend gedämmt verlegt werden. Bei Außenanlagen muss sichergestellt werden, dass es durch das entstehende Kondensat zu keinen Vereisungen kommt und durch das Geräusch der Wärmepumpe keine Störung oder Nachteile für die Eigentümer und Eigentümerin oder für ihre Nachbarn und Nachbarinnen entstehen. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 20). Auf der S. 20 ist eine Luft-Wasser-Wärmepumpen-Kompaktanlage in Außenaufstellung in der Abbildung 5 sowie in der Abbildung 6 als Variante der Innenaufstellung abgebildet.

### Vorteile Kompaktanlage

- keine Kosten für Brunnen, Erdsonden oder Erdkollektor
- wenig Geräuschprobleme bei Innenaufstellung (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 31)

### Nachteile Kompaktanlage

- schlechter Gesamtwirkungsgrad
- große Luftkanäle bei Innenaufstellung
- Bei Außengeräten ist die gesamte Wärmepumpe der Witterung ausgesetzt.
- Das Heizungswasser muss bei Außengeräten frostsicher sein (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 31).

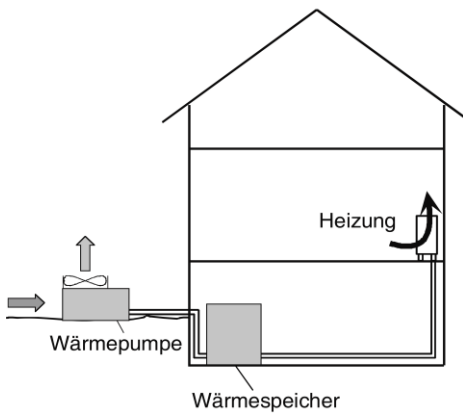


Abbildung 5: WP Außenaufstellung (vgl. Kaltschmitt et al. 2013, S. 637)

Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe als Kompaktanlage ist in der Abbildung 5 dargestellt. Der Verdampfer und die Wärmepumpe befinden sich im Gehäuse außerhalb des Wohnhauses und eventuell ist ein Wärmespeicher im Keller des Hauses.

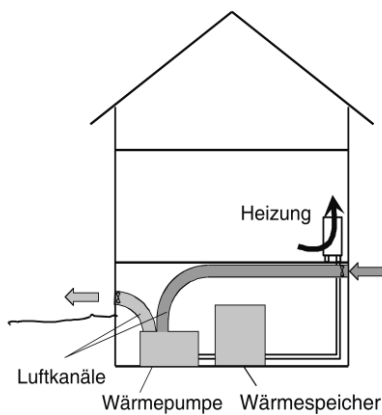


Abbildung 6: WP Innenaufstellung (vgl. Kaltschmitt et al. 2013, S. 637)

Bei der Abbildung 6 befinden sich der Verdampfer, die Wärmepumpe und ein eventueller Wärmespeicher im Keller des Gebäudes, die Zu- und Abluft wird über Kanäle nach außen geführt.

### 5.3. Split-Anlage

Split-Anlagen sind Wärmepumpen, die im Wesentlichen aus zwei Teilen bestehen, nämlich aus der eigentlichen Wärmepumpe, dem Innenteil und dem separaten Verdampfer mit dem Lüfter, dem Außenteil. Die beiden Teile werden mit einer Kältemittelleitung, die mit Kältemittel (z.B. R 407 c) gefüllt ist, verbunden. Große Zu- und Abluftkanäle werden damit vermieden. (vgl. *Bonin et al. 2015*, S. 17) Eine Split-Anlage ist symmetrisch auf Seite 21 in Abbildung 7 dargestellt.

#### Vorteile Split-Anlage

- relativ guter Wirkungsgrad
- keine Kosten für Brunnen, Erdsonden oder Erdkollektoren
- keine großen Lüftungskanäle
- einfache Montage (vgl. *Bonin et al. 2015*, S. 17f)

#### Nachteile Split-Anlage

- mögliche Geräuschbildung beim Abtaubetrieb
- nicht generell im monovalenten Betrieb möglich (vgl. *Bonin et al. 2015*, S. 17f)

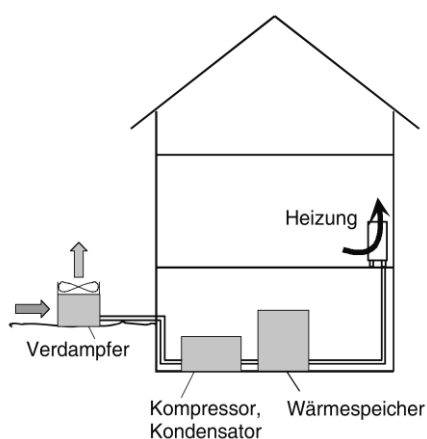


Abbildung 7: WP Split-Aufstellung (vgl. *Kaltschmitt et al. 2013*, S. 637)

## 5.4. Luft-Luft-Wärmepumpen

Abluft aus Räumen, Hallenbädern, Ställen und dgl. kann ebenfalls durch eine Luftwärmepumpe Wärme entzogen werden, da diese Temperaturen meist sehr hoch sind. Bei Zwischenschaltung der Luft-Luft-Wärmepumpe zwischen Fortluft und Zuluft kann durch die sehr günstige Leistungszahl (geringerer Temperaturunterschied) der Energiebedarf für die Aufheizung der Zuluft weiter reduziert werden. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 161) Sollte diese Wärmepumpe zur Gebäudeheizung dienen, ist zu prüfen, ob deren Leistung zu allen Jahreszeiten ausreichend ist. Ein bivalenter Betrieb würde einen zusätzlichen fossilen Energieträger als Wärmequelle erfordern. (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 17) Durch den geringen Volumenstrom von Abluftkanalsystemen ist der Leistungsbereich von Abluft-Wärmepumpen begrenzt. Bei Abluft-Wärmepumpen handelt es sich in der Regel um Kompaktanlagen zur Bereitstellung von Warmwasser und Raumwärme, über ein Niedrigtemperatursystem, das vorwiegend bei Passivhäusern eingesetzt wird, sondern das System kann auch bei energieeffizienten Gebäuden zur Anwendung kommen. (vgl. *Hartmann et al.* 2007, K. 4 S. 11 f.)

### Vorteile Luft-Luft-Wärmepumpen

- guter Wirkungsgrad
- keine Kosten für Brunnen, Erdsonden oder Erdkollektoren
- keine großen Lüftungskanäle erforderlich
- einfache Montage durch einen Kältetechniker
- Heizen und Kühlen ist klimatisieren, jedoch nur reversibel. (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 17)

### Nachteile Luft-Luft-Wärmepumpen

- mögliche Geräuschbildung beim Abtauen
- geringe Energieeffizienz bei niedrigen Außentemperaturen
- nicht generell als monovalenter Betrieb möglich
- Kondensat- und Frostbildung (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 17)



## 5.5. Wasser-Wasser-Wärmepumpen

Diese Form der Energiegewinnung wird als hydrothermale Energiegewinnung bezeichnet. Dem Wasser mit einer Temperatur von ca. 12° Celsius, welches aus dem Förderbrunnen gepumpt wird, werden etwa 3 K Wärmeenergie entzogen. Das Wasser mit der verringerten Temperatur wird einem Schluckbrunnen zugeführt. Der Förder- und Schluckbrunnen müssen ausreichend weit auseinander sein, um einen thermischen Kurzschluss zu vermeiden. (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 24) Technische Voraussetzungen für die Nutzbarkeit von Grundwasser sind einerseits eine ausreichende Verfügbarkeit von ca. 200 l/h pro kW Heizleistung und andererseits die Einhaltung von Grenzwerten der gelösten Stoffe im Wasser. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 18).

Unbedingt zu beachten ist bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen die Wasserqualität des Brunnens, die Wasserqualität muss hinsichtlich Aggressivität untersucht werden. Bei Eisen, Mangangehalt, Chlorid oder aggressiven Wässern eignet sich eine direkte Durchströmung der kupfergelöteten Wärmetauscher nicht, es sind Wärmetauscher aus Nickel gelötet oder komplett aus Edelstahl zu empfehlen. (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 9)

### Vorteile Wasser-Wasser-Wärmepumpen

- Entfall der hohen Kosten für Erdsonden
- Wärmepumpe hat einen höheren Wirkungsgrad als Sole-Wasser-Wärmepumpen
- beste Voraussetzungen zum Heizen und Kühlen (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 24).

### Nachteile Wasser-Wasser-Wärmepumpen

- Eisen- und manganhaltige Wässer oder auch stark aggressive Wässer sind für eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe ungeeignet (vgl. *Bonin et al.* 2012, S. 24).

## 5.6. Sole-Wasser- Wärmepumpen

Erdreich kann aufgrund seiner Masse und der enthaltenen Feuchtigkeit Sonnenwärme über einen längeren Zeitraum speichern und das ganze Jahr Temperaturen für eine

monovalente Wärmepumpennutzung liefern (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H165). Bei der geothermischen Energiegewinnung entzieht eine Sole-Wasser-Wärmepumpe ihre Wärme der Sole eines geschlossenen Solekreislaufes. Die Sole wiederum gewinnt die Wärme aus der Erde. Im geschlossenen Solekreislauf befindet sich ein Wasser-Glykol-Gemisch. Die Glykol-Konzentration beträgt ca. 30 % und schützt den Verdampfer der Wärmepumpe vor Frostschäden. Unterschieden werden Sole-Wasser-Wärmepumpen zwischen Erdsonden oder Erdkollektoren, beide werden in der Regel aus langlebigen PE-Rohren erstellt. (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 12)

### **5.6.1. Erdkollektoren**

Geothermische Energie aus dem Erdinneren spielt bei der oberflächennahen Nutzung keine Rolle. Das Erdreich wird vor allem über Regenwasserversickerung und der Aufheizung durch die Sonne sowie Wind regeneriert. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 165) Erdkollektoren sind Wärmeüberträger, die horizontal im Bereich von einer Tiefe zwischen 1,2 m und 1,5 m eingebaut werden. Als Wärmeträgerfluid (Sole) wird ein Frostschutz-Wasser-Gemisch verwendet. Die Verlegung erfolgt unterhalb der natürlichen Frostgrenze, oberhalb des Erdkollektors sollte die Oberfläche nicht versiegelt werden. Das Material der Rohrleitungen ist im Fall von Sole-Wasser-Wärmepumpen aus Polyethylen und bei Direktverdampfer-Wasser-Wärmepumpen aus mit einem Polyethylen ummantelten Kupferrohr. Für die Kollektorfläche werden ca. 40 m<sup>2</sup> pro kW Heizleistung gerechnet. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 19) Der Bau eines Erdkollektors kann abhängig vom jeweiligen Bundesland genehmigungspflichtig sein und aus Gründen des Wasser-schutzes in einigen Gebieten verboten sein. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 61)

### **Erdsonden**

Bei begrenzten Grundstücksflächen bieten etwa 50 m bis 100 m lange, vertikal oder schräg in den Untergrund eingebrachte Erdsonden, meist aus Polyethylen Rohren eine mögliche Alternative, ganzjährig monovalent Wärme zu erzeugen. Als grober Richtwert für die Länge der Erdwärmesonden kann mit ca. 25 m pro kW Heizleistung gerechnet werden, beim Einsatz von mehreren Sonden sollte ein Abstand von ca.10 m eingehalten werden. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 19). Vor der Entscheidung für eine Erdsonden-

bohrung ist eine geologische und hydrogeologische Beurteilung des Untergrundes notwendig. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 168) Genau wie bei Erdkollektoren sind dies auch geschlossene Systeme, bei denen ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Erdwärmesonden mit zwei gekreuzten U-Rohrschleifen werden Doppel-U-Sonden genannt, sie haben einen Durchmesser von 120-220 mm, seltener werden Einfach-U-Sonden oder Koaxialsonden verwendet. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 64 f.).

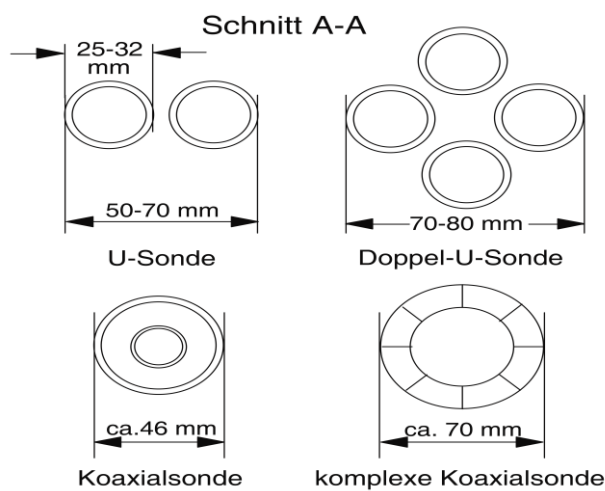


Abbildung 8: Erdsonden Schnitt (vgl. *Kaltschmitt et al.* 2013, S. 645)

In der Abbildung 8 sind die unterschiedlichen Erdsonden im Schnitt dargestellt. (vgl. *Kaltschmitt et al.* 2013, S. 645)

Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdsonden sind ggf. örtliche Auflagen der Behörde zu berücksichtigen oder sie brauchen eine wasserrechtliche Erlaubnis, insbesondere in der Nähe von Trinkwassergewinnungsanlagen. (vgl. *Bonin et al.* 2015, S. 13)

## Energiepfähle

Werden in Gründungspfähle Wärmeübertragungsrohre eingegossen, bezeichnet man diese thermisch aktivierten Gründungspfähle als Energiepfähle. Ebenso lassen sich auch andere erdberührten Bauteile wie Spund- und Schlitzwände mit Wärmeüberträgern versehen. Thermisch aktivierte Gründungselemente müssen genau und exakt ge-

plant und betrieben werden, um die statische Funktion nicht zu beeinträchtigen. Die Betriebstemperaturen von 0° Celsius dürfen daher nicht unterschritten werden. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 71) Für eine erste Abschätzung der Einsetzbarkeit der Energiepfähle werden folgende Entzugsleistungen herangezogen, bei einem Durchmesser von 30-50 cm ca. 40-60 W/lfm sowie bei einem Durchmesser größer 60 cm ca. 35 W/lfm. (vgl. *Huber et al.* 2014, S. 20). Außer Erdwärmesonden bedürfen auch Energiepfähle ggf. örtliche Genehmigung der Behörde oder eine wasserrechtliche Bewilligung (vgl. *Schlabbach et al.* 2012, S. 34).

### **Graben-Erdkollektor**

Bei Graben-Erdkollektoren werden die Rohrregister parallel übereinander an den abgebochten Grabenwänden verlegt. Es können eine Seite oder auch beide Seiten der Grabenwände belegt werden. Die Grabentiefe beträgt 2,5 m bis 3,0 m, die Länge der Gräben ist abhängig von den baulichen Gegebenheiten, den Bodenverhältnissen und der erforderlichen Heizleistung, der Bedarf liegt bei ca. 1,5 m je kW Heizleistung. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 167)

### **Spiralkollektor**

Eine weitere Reduzierung der Flächen stellen die neu entwickelten Spiralkollektoren dar. Diese gibt es in Form von Körben mit einem Durchmesser von 1,0 bis 2,0 m und einer Höhe von bis zu 2,0 m oder als Energiesäulen mit einem Durchmesser von ca. 0,5 m und einer Länge von ca. 10,0 m. Hierbei werden je nach Heizlast und örtlichen Bodenverhältnissen mehrere kompakte Spiralkörbe in Abständen nebeneinander im Erdreich verlegt, die Energiesäulen werden mit Hilfe entsprechender Bohrgeräte eingebracht (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 167).

### **Eisspeicher**

Stehen weder Wasser, Luft noch Erdreich als unmittelbar nutzbare Wärmequelle zu Verfügung, so können Speichertechniken wie der Eisspeicher zur Nutzung des Phasenwechsels als Primärquelle eingesetzt werden. Eisspeicher sind eine nicht sehr ver-

breitete Energiequelle für Wärmepumpen, jedoch hat die Praxis der bestehenden Anlagen gezeigt, dass die Nutzung von Phasenwechselspeichern und von solarunterstützten Absorbern als Primärenergiequelle zu effizienten Systemen führt. Die Erstarrungsenthalpie des Wassers zu Eis oder auch z.B. der Paraffine werden als Energiequelle für die Wärmepumpe genutzt, die Regeneration (Schmelzung) erfolgt durch Umgebungswärme oder durch eine Solaranlage. (vgl. *Viessmann et al.* 2012, S. 40)



Abbildung 9: Eisspeicher (Quelle: [www.viessmann.com](http://www.viessmann.com) 2018)

Die Abbildung 9 zeigt einen Eisspeicher, mit einem komplexen Wärmetauscher-Register. In einem Eisspeicher wird der Phasenwechsel von Eis als Wärmespeicher genutzt. (vgl. *Viessmann et al.* 2012, S. 40)

## 6. ENERGIEEFFIZIENZ

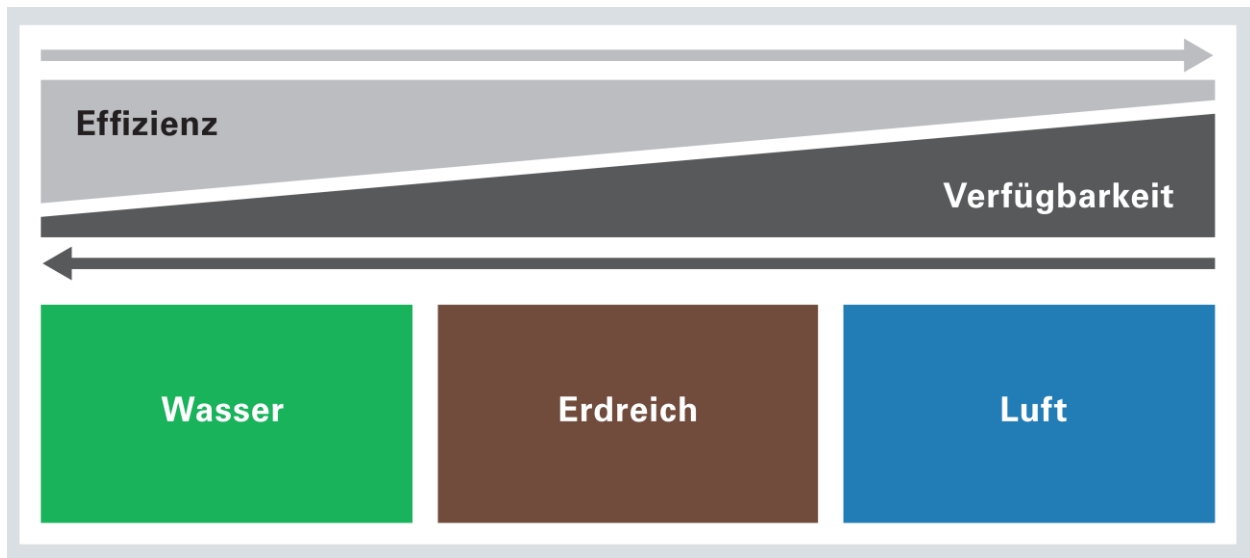


Abbildung 10: Verfügbarkeit und Effizienz (Quelle: [www.viessmann.com](http://www.viessmann.com) 2018)

In der Abbildung 10 ist dargestellt, in welchem Verhältnis die unterschiedlichen Wärmequellen zur Effizienz der Wärmepumpe stehen. (vgl. *Viessmann et al.* 2012, S. 40)

Die Effizienz einer Wärmepumpe bemisst sich daran, wie viel mechanische Arbeit aufzuwenden ist, um eine bestimmte Wärmemenge zu transferieren. Im Falle der Heizungsanwendung bemisst sie sich daran, wie viel mechanische Arbeit aufgewandt werden muss, um einen bestimmten Gewinn an thermischer Energie im Gebäude zu erreichen. (vgl. *Günther et al.* 2015 S. 116)

Einer Wärmepumpe wird Umweltenergie und elektrische Energie zugeführt. Über einen Kältekreislauf werden diese in eine für die Heizung und Warmwasserbereitung nutzbare Energie umgewandelt. Dabei soll der Anteil an elektrischer Energie aus ökonomischen Gründen so klein wie möglich gehalten werden. Eine geeignete Bezugsgröße zur Bewertung des elektrischen Energieverbrauchs ist die abgeführte thermische Energie für Heizung und Warmwasserbereitung. Bildet man den Quotienten aus der abgeführten

thermischen und der zugeführten elektrischen Energie, ergibt sich ein Wert, der als Arbeitszahl definiert und eine übliche Kenngröße für die Energieeffizienz einer Wärmepumpe ist. Jeder Wärmepumpenbesitzer kann die Arbeitszahl seiner Wärmepumpe durch die messrechnerische Erfassung der abgeführten thermischen und der zugeführten elektrischen Energie selbst berechnen. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 137)

Für den idealen Kreisprozess, den linkslaufenden Carnot-Prozess, kann die Leistungszahl aus der Temperatur am Kondensator  $T$  (Vorlauftemperatur des Heizsystems) und der Temperatur am Verdampfer  $T_0$  (Temperatur der Umweltwärme) berechnet werden.

$$COP_{Carnot} = \frac{T}{T - T_0}$$

$T$  = Temperatur am Kondensator in K (= Temp. in  $^{\circ}\text{C} + 273$ )

$T_0$  = Temperatur am Verdampfer in K (= Temp. in  $^{\circ}\text{C} + 273$ )

(vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 156)

Ungefähre, mittlere COP-Werte bei verschiedenen Wärmequellen und Temperaturen laut Herstellerangaben.

Heizwasser- Vorlauf- Temperatur	Wärmequelle								
	Luft							Grund- Wasser	Erd- reich
$^{\circ}\text{C}$	-15	-10	-5	+/-0	+5	+10	+15	~ +10	~ +/-0
30				3,1	3,2	3,3	3,5	5,8	5,0
35	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	3,4	5,2	4,4
40	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	4,7	3,9
45	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	4,3	3,5
50	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	4,0	3,3
55	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,8	3,1

Tabelle 1: Technische Taten COP-Werte (eig. Darstellung)

In der Tabelle 1 auf Seite 29 sind die unterschiedlichen COP-Werte bei verschiedenen Wärmequellen und Temperaturen laut Herstellerangaben und Herstellerinnenangaben abgebildet. Man kann erkennen, dass zur Erzielung einer hohen Leistungszahl (Energieeffizienz) eine möglichst niedrige Vorlauftemperatur wie z.B. Fußbodenheizung und eine möglichst hohe Temperatur der Wärmequelle z.B. Luft erforderlich ist.

In technischen Daten der Hersteller und Herstellerinnen werden Temperatur und der COP mit zwei Werten angegeben, dabei gilt:

- A für Außenlufttemperatur
- W für Grundwassertemperatur
- B für Boden (Erdreich/Sole)

Beispiel:

W 10/ W 35: = 5,2

A -5/ W 35: = 2,7

Letztere Angabe bedeutet: Bei -5° Celsius Außenluft und 35° Celsius Heizwassertemperatur sowie einem COP-Wert von 2,7 beträgt die Heizleistung der Luft-Wasser-Wärmepumpe bei 2 kW elektrischer Energieaufnahme 5,4 kW thermische Energie Abgabe für die Heizung. In der Auswertung der empirischen Subforschungsfragen in Kapitel 9,4 („Anforderungen Einbau“) ist nur ein Interviewpartner auf die Leistungszahl COP eingegangen.



## 7. ZU BERÜCKSICHTIGENDE FAKTOREN BEIM EINBAU VON HYBRID-SYSTEMEN IN EINEM EINFAMILIENHAUS

Die derzeit im Trend liegenden Technologien Photovoltaik, Solarenergie, Luft-Wasser-Wärmepumpen und Biomasseheizungen könnten für die Warmwasserbereitung und Hochtemperatur-Raumheizung mit innovativen und kostengünstigen Systemlösungen im Sinne der Energieeffizienz vereint werden. Das größte Problem liegt dabei aber darin, dass die Energienachfrage für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung sowie das zur Verfügung stehende Energieangebot im jahreszeitlichen Verlauf gegenläufig sind. (vgl. *Vukits et al. 2013, S. 9*) Bei der ökologischen Betrachtung verdeutlicht sich die Notwendigkeit zur Nutzung regenerativer Energien. Dazu gewinnt die Wärmepumpe zunehmend an Bedeutung, und wenn sie richtig dimensioniert ist, kann sie einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz leisten. Nicht zu vernachlässigen sind auch die wirtschaftlichen Aspekte, aufgrund dessen die Nachfrage an Wärmepumpen stark zunimmt. (vgl. *Bonin et al. 2017, S. VII*)

Das Temperaturniveau der Wärmequelle, welches der Wärmepumpe während des Betriebes zur Verfügung steht, ist zum einem von der Temperatur der Wärmequelle im Jahresverlauf bestimmt. Bei einer Erdreich-Wasser-Wärmepumpe wird die Temperatur des umgebenden Erdreiches, also der Wärmequelle, durch den Wärmeentzug im Heizbetrieb, abhängig von der Erdreicheigenschaft, beeinflusst. Bei einer Außenluft-Wärmepumpe verhält es sich anders. Die wärmequellenseitige Eintrittstemperatur ist unter Voraussetzung, dass es keinen Kurzschluss zwischen Luftansaugung und Luftauslass gibt, unabhängig vom Wärmepumpenbetrieb. Ein Aspekt, der sich auf die erreichbare Verdampfungstemperatur auswirkt, ist die Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle und dem Kältemittel. (vgl. *Bongs et al. 2013, S. 57 f.*)

Im Hinblick auf die Erreichung der klimapolitischen Zielsetzungen, wie etwa auf das bereits in Kraft getretene internationale Pariser Klimaschutzabkommen oder die Klimaziele der Europäischen Union bis 2030, wonach Österreich seine Treibhausgase vom Ausgangsjahr 2005 um 36 % reduzieren muss, wäre die Umsetzung von innovativen Hybridlösungen bei der Warmwasserbereitung und Raumwärmegewinnung in Einfamilienhäusern ein großer Schritt in Richtung Energieautarkie und Energieeffizienz. (vgl. *Um-*

weltbundesamt et al. 2017) Das Thema, die Reduzierung der Treibhausgase war in der Empirie unter Kapitel 9,4 („Anforderungen Einbau“) nur für einen Interviewpartner relevant.

## 7.1. Aufstellung Luft-Wasser-Wärmepumpe

### Außenaufstellung

Durch Luft-Wärmepumpen kommt es immer wieder zu Beschwerden wegen störender Geräusche; meist dann, wenn die Anlagen im Freien aufgestellt sind. Ein Problem stellen dabei die für diese Anlagen charakteristischen Geräuschemissionen im tieffrequenten Bereich dar. Für die Beurteilung von Lärmstörungen gelten keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte. Für die Bemessung von Dauergeräuschen sollte grundsätzlich der Basispegel der vorherrschenden Umgebungsgeräuschsituation herangezogen werden. Um Belästigungen zu vermeiden, wurde aus lärmmedizinischer Sicht in der ÖAL-Richtlinie Nr. 6/18 festgelegt, dass Dauergeräusche wie die tieffrequenten Geräusche von Luft-Wärmepumpen unter bzw. im Bereich des Basispegels liegen sollten. Lärmrichtwerte für Luft-Wärmepumpen können entsprechend der Flächennutzung aus den Planungsrichtwerten der ÖNORM S 5021: 2010 ermittelt werden. Aus diesem Grund ist ein Zielwert von max. 25 dB für die Nachtzeit im Außenbereich anzustreben. Die Schallleistungspegel von derzeit im Handel befindlichen Luft-Wärmepumpen streuen in einem sehr weiten Bereich. Einzelne Geräte, die dem derzeitigen Stand der Schallschutztechnik entsprechen, weisen erfahrungsgemäß Werte für den Schallleistungspegel  $L_{W,A}$  von 56 dB auf. Drehzahlabenkung oder Abschaltung der Anlage in den Abend- oder in den Nachtstunden kann in besonders ruhigen Gebieten vorgeschrieben werden. Hierbei kann der Einbau eines entsprechend dimensionierten Pufferspeichers, welcher die notwendige Energie für den Nachtzeitraum liefert, erforderlich sein. (vgl. *Umweltbundesamt et al.* 2013, S. 1) Das Thema der Außenaufstellung und die damit verbundenen Geräuschemissionen der Luft-Wärmepumpe haben sowohl Hersteller und Herstellerinnen als auch Installateure und Installateurinnen im Interview mehrmals angesprochen, auf

die rechtliche Herausforderung sind 70 % der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen eingestiegen, was in Punkt 9.4 dargelegt wurde.

### **Innenaufstellung**

Die Innenaufstellung ist am aufwendigsten und kommt nur selten zum Einsatz, da für die Luftführung große Maueröffnungen benötigt werden (vgl. *Hartmann et al. 2007*, K. 10 S. 3).

Um Schwingungen und Geräusche im Gebäude zu minimieren, sind Wärmepumpen bei Aufstellung im Keller möglichst gut vom Untergrund zu entkoppeln und für die Erfüllung des ausreichenden Erschütterungsschutzes ist der Stand der Technik heranzuziehen (vgl. *OIB 5 et al. 2015*, S. 6). Für die Innenaufstellung am besten geeignet ist ein Sockel und Schallschutzunterlagen. Die Aufstellung von Wärmepumpen auf einem schwimmenden Estrich ist nicht empfehlenswert. Ergänzende Maßnahmen zur Entkopplung bedürfen immer der Abstimmung der Hersteller und Herstellerinnen, in der Regel wird es durch das vom Hersteller und der Herstellerin empfohlene Zubehör sichergestellt. (vgl. *Bundesverband Wärmepumpen et al. 2016*, S. 15)

Der durch den Betrieb von haustechnische Anlagen aus anderen Nutzungseinheiten entstehende maximale Anlagegeräuschpegel  $L_{AFmax,nT}$  darf bei gleich bleibenden und intermittierenden Geräuschen den Wert von 25 dB, bei kurzzeitigen Geräuschen den Wert von 30 dB nicht überschreiten. Zu Nebenräumen sind jeweils um 5 dB höhere Werte zulässig. (vgl. *OIB 5 et al. 2015*, S. 5)

## **7.2. Statik und Frostsicherheit der Außeneinheit**

Die Aufstellung erfolgt auf einem ebenen, tragfähigen, schwingungsfreien Untergrund. Für die Außenaufstellung haben sich Streifenfundamente aus Fertigteilen oder Ortbetonausführung am besten bewährt. Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Schwingungen und die Schallemissionen von der Wärmepumpe durch Rohr- und Elektroleitungen nicht an das Gebäude übertragen werden, weiters ist auch eine Frostsicherheit des Kondensatablaufes erforderlich. (vgl. *Bundesverband Wärmepumpen et al. 2016*, S. 13)

### 7.3. Platzbedarf im Gebäude

Eine komplette Wärmepumpen-Anlage besteht aus einer Wärmepumpe, einem Warmwasserspeicher und eventuell auch aus einem Lastausgleichsspeicher. Bei der Modernisierung von bestehenden Heizungsanlagen sind auch der Platzbedarf der Biomasseanlage sowie der Raumbedarf für die Pellets-Lagerung bzw. eine Stückholz-Lagerung zu berücksichtigen. Diese Anlagen- und Lagerkomponenten erfordern einen entsprechenden Platzbedarf. Dabei ist in der Planungsphase zu prüfen, ob der vorhandene Platz ausreichend ist und zu entscheiden, ob eine kompakte Hybridkompaktanlage oder eine Wärmepumpenanlage aus einzelnen Komponenten zum Einsatz kommen soll. (vgl. *Bonin et al.* 2017, S. 70)

### 7.4. Vorlauftemperatur der Heizungsanlage

Zunächst ist zu klären, inwieweit der Einsatz einer Wärmepumpe überhaupt möglich ist. Deswegen scheiden bei Altbauten, die mit Heizkonvektoren ausgestattet sind, diese Systeme wegen der recht hohen Vorlauftemperaturen von 70° Celsius und mehr aus. Bei Vorlauftemperaturen über 50° Celsius ist es nicht unbedingt sinnvoll, mit einer Luftwärmepumpe zu heizen. Aus diesem Grund hat der Bivalenz-Punkt eine wichtige Bedeutung für den Betrieb einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. (vgl. *Bonin et al.* 2017, S. 76)

Die Senkung der maximal notwendigen Vorlauftemperatur bedeutet meistens eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle. Das Dämmen von Außenwänden und der Austausch von Fenstern verringert die Transmissionswärmeverluste sowie auch die Lüftungsverluste über Leckagen und senkt damit die Heizlast. Die kombinierte Sanierung von Gebäude und Anlagentechnik führt somit dazu, dass die Ergebnisse sich dadurch gegenseitig positiv beeinflussen. Eine weitere Möglichkeit zur Senkung der Heizkreistemperatur besteht durch eine veränderte Wärmeübertragung an den Raum. Nur unter großem Aufwand können die kleinflächigen Radiatoren gegen Fußboden- oder Deckenheizung ersetzt werden. Wesentlich unkomplizierter ist der Tausch der Radiatoren gegen Niedertemperatur-Radiatoren. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 47)

## 7.5. Bivalenz-Punkt

Da mit einer niedrigen Temperatur der Wärmequelle bzw. mit ansteigen der erforderlichen Vorlauftemperatur der Raumheizung bei niederen Außentemperaturen die Leistungszahl der Wärmepumpe stark abnimmt, ist unter bestimmten Bedingungen der Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe nicht mehr sinnvoll. Die Einsatzgrenze, bis zu der die Luft-Wasser-Wärmepumpe läuft oder auf den Biomassekessel umgeschaltet wird heißt Bivalenz-Punkt. (vgl. *Pistohl et al.* 2013, S. H 159)

## 7.6. Abstimmung der Regelung

Gerade bei Kombinationen mit weiteren Wärmeerzeugern ist die richtige Hydraulik und Verschaltung wichtig. Welcher Wärmeerzeuger hat Vorrang, wann schaltet sich der zweite Wärmeerzeuger hinzu oder aus? Diese Fragen sind im Vorfeld abzuklären und bei der Installation und Programmierung der Regelung zu berücksichtigen. So müssen z.B. die Umschaltventile zwischen Luft-Wasser-Wärmepumpe und Biomassekessel zum richtigen Zeitpunkt für die Umschaltung angesteuert werden. Die Hersteller und Herstellerinnen bieten verschiedene hydraulische Pläne an, ein Passender sollte ausgewählt und bei der Installation strikt befolgt werden. (vgl. *Bundesverband Wärmepumpen et al.* 2017, S. 32)

## 7.7. Hydraulische Einbindung

Heizungswasser muss vom Wärmeerzeuger zu den Verbrauchern gelangen. Umwälzpumpen transportieren das Wasser durch die Rohrleitungen und überwinden die Strömungswiderstände in den verschiedenen Heizungskomponenten wie Wärmetauscher, Ventile und Wärmeverbraucher. Das Energie-Einsparpotenzial gegenüber herkömmlichen hydraulischen Systemen mit alter Technologie wird dabei auf bis zu 90 % geschätzt (Floß 2007). Dieses Potential lässt sich nur durch Einsatz optimaler Komponen-

ten und durch ein optimal abgestimmtes hydraulisches Gesamtsystem realisieren. (vgl. *Pehnt et al.* 2010, S. 240).

Der Wärmepumpenkreislauf wird mit einer Temperaturspreizung von 5 K betrieben, die Wärmeverteilssysteme z.B. Fußbodenheizung werden mit einer Spreizung von 5 K bis 10 K betrieben, Altanlagen haben Spreizungen von 20 K und mehr. Das hat zur Auswirkung, dass die Wassermenge im Wärmepumpenkreislauf zwei- bis viermal so hoch ist wie im Wärmeabgabekreislauf (vgl. *Schlagnitweit et al.* 2013, S. 53). Eine Empfehlung einer besten, für alle Fälle geeigneten Schaltung, ist nicht möglich. Es gibt drei Grundkonzepte der hydraulischen Einbindung der Luft-Wasser-Wärmepumpe (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 86 f.).

### Gleitend

Bei Heizungsanlagen mit hauptsächlich nass verlegter Fußbodenheizung ohne Einzelraumsteuerung kann auf den Einsatz eines Heizungsspeichers verzichtet werden, hierbei wird die Wärmespeichereigenschaft des Estrichs genutzt. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 86 f.)

Luftwärmepumpe **vamp<sup>air</sup>** mit einem Heizkreis und Trinkwasserspeicher

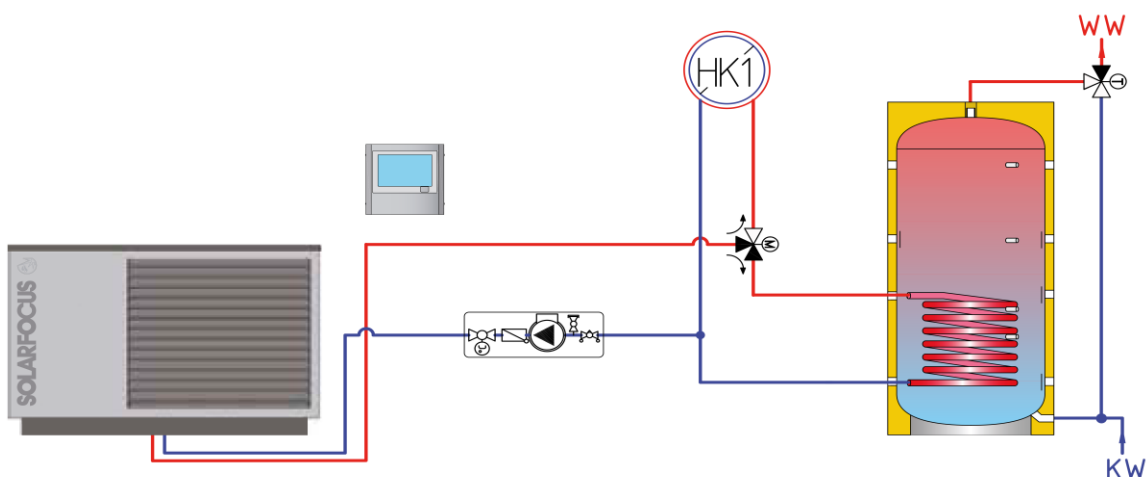


Abbildung 11: Hydraulikschema Gleitende Schaltung (Quelle: [www.solarfocus.com](http://www.solarfocus.com) 2018)

Die Leistung der Luft-Wasser-Wärmepumpe wird dem Wärmebedarf des Hauses modular, wie in Abbildung 11 auf Seite 36 dargestellt.

## Parallelschaltung

Der Einsatz eines Heizungsspeichers mit Parallelschaltung bietet zum einen die Möglichkeit der Einbindung verschiedener Wärmeerzeuger wie z.B. Luft-Wärmepumpe, Biomassekessel und Solaranlage sowie zum anderen den entkoppelten Betrieb der Erzeugerkreise und der Heizkreise zu gewährleisten. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 86 f.)

**thermi<sup>nator</sup> II** mit Pufferspeicher,  
Schichtlademodul, Frischwassermodul  
und Solaranlage

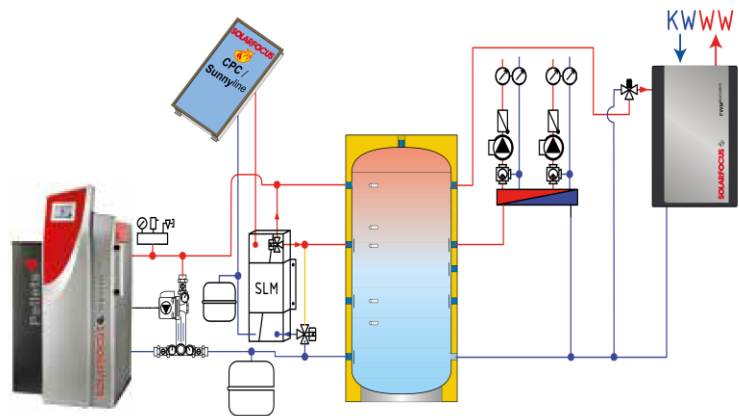


Abbildung 12: Hydraulikschema Parallelschaltung (Quelle: [www.solarfocus.com](http://www.solarfocus.com) 2018)

In der Abbildung 12 ist eine Parallelschaltung mit Einbindung verschiedener Wärmeerzeuger (Pellets und Solar) die gleiche Schaltung ist auch bei einer Einbindung der Luft-Wasser-Wärmepumpe möglich.

## Hydraulische Entkoppelung

Die hydraulische Entkoppelung ist dann erforderlich, wenn im Heizkreis hohe Schwankungen der Durchflussmenge bei eingebauten Thermostatventilen auftreten und zur Überbrückung von Sperrzeiten. Ein seriell eingebundener Heizungsspeicher wird eingesetzt, wenn keine vollständige hydraulische Entkoppelung in einem System, jedoch eine Vergrößerung des Mindestumlaufvolumens erforderlich ist, um eine Mindestlaufzeit der Wärmepumpe zu gewährleisten. (vgl. *Bongs et al.* 2013, S. 86 f.)

Luftwärmepumpe **vamp<sup>air</sup>** mit einem Heizkreis, Schichtpufferspeicher mit Solarregister, Frischwassermodul und Solaranlage

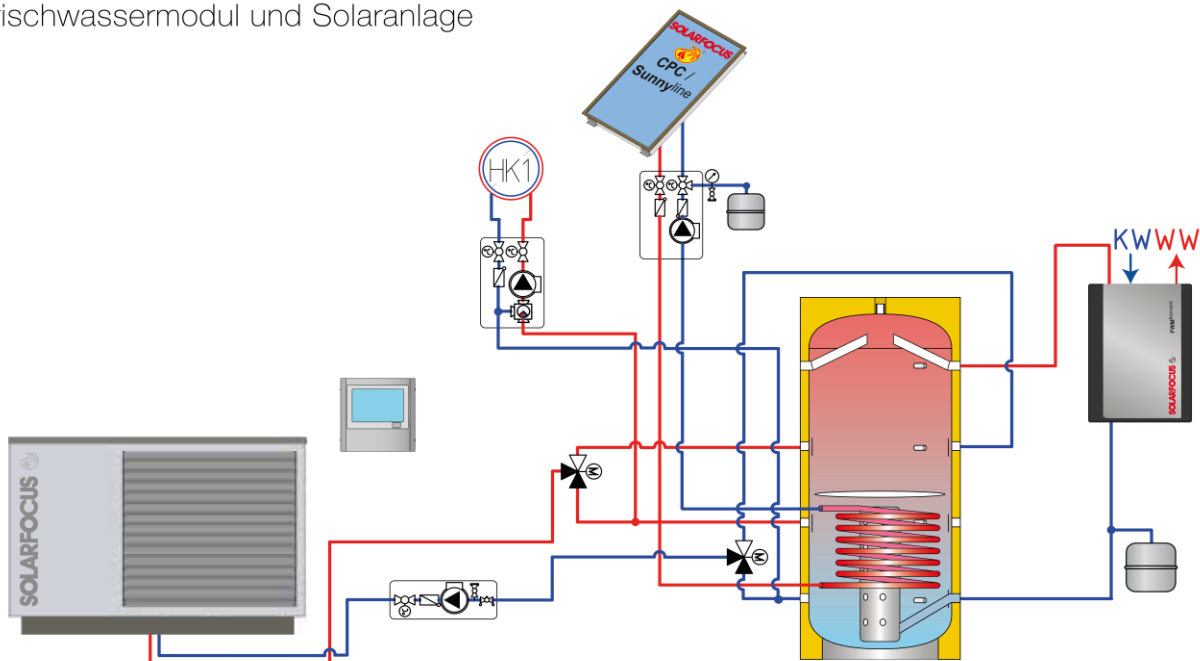


Abbildung 13: Hydraulikschema Endkoppelt (Quelle: [www.solarfocus.com](http://www.solarfocus.com) 2018)

Eine hydraulische Entkoppelung aller Wärmeerzeuger ist in der Abbildung 13 dargestellt. Die einzelnen Heizkreise, wie Heizung und Warmwasserbereitung können mit unterschiedlichen Durchflussmengen betrieben werden, ohne die Wassermenge der Luft-Wasser-Wärmepumpe bzw. Solar-Anlage zu beeinflussen.



## 7.8. Heizkurve

Moderne Zentralheizungsanlagen in Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäusern werden witterungs- bzw. außentemperaturabhängig geregelt (vgl. *Tiator et al. 2016*, S. 279). Um einen effizienten Betrieb der Luft-Wasser-Wärmepumpe zu erreichen, muss die Heizkreistemperatur möglichst niedrig gehalten werden. Dies ist zum einen in der Planungsphase bei der Auswahl des Wärmeübertragungssystems und deren Dimensionierung sowie bei bestehenden Wärmeübertragungssystemen und auch bei der Inbetriebnahme, der Parametrierung der Wärmepumpe und des Heizkreisreglers zu beachten. (vgl. *Bongs et al. 2013*, S. 85)

## 8. BEANTWORTUNG DER THEORETISCHEN SUBFORSCHUNGSFRAGEN

### **SFF 1: Welche Modelle und Funktionsweisen gibt es bei Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen?**

Ein Hybrid-System ist eine innovative und zukunftsfähige Lösung, es könnten bestehende Biomassekessel mit Pufferspeichern, wasserführenden Kaminöfen, thermischen Solaranlagen, Photovoltaikanlagen oder Luft-Wasser-Wärmepumpen für die Warmwasserbereitung sowie mit der Hochtemperatur-Raumheizung kombiniert werden.

Die Hybrid-Systeme müssen nicht unbedingt als eine einzelne, kompakte Einheit ausgeführt werden, sie können auch aus einzelnen Komponenten zusammengesetzt werden. Eine gut ausgelegte Photovoltaikanlage kann bis zu ca. 30 % des Strombedarfes eines Einfamilienhauses abdecken, der Rest der Photovoltaik Produktion wird in das Energienetz des Netzbetreibers eingespeist. Ein Teil der Überschussenergie der Photovoltaikanlage kann jedoch über die Luft-Wasser-Wärmepumpe veredelt werden und in einem Puffer als Wärme zwischengespeichert werden. Zu einem späteren Zeitpunkt kann die gespeicherte Wärme von der Heizung oder der Warmwasserbereitung verbraucht werden. Bei einer Kombination mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe würde sich die Überschusseinspeisung der Photovoltaikanlage verringern und der Autarkiegrad der Photovoltaikanlage könnte sich bis auf ca. 50 % erhöhen.

Die Lagerräume für Biomasse würden sich verkleinern, Einfamilienhäuser bekommen eine günstige Alternative zu Hackgut, Stückholz oder Pellets Kombinationen, die teilweise große Lageräume benötigen. Von Anfang März bis Ende Oktober kann die Photovoltaikanlage in Verbindung mit der Luft-Wasser-Wärmepumpe den Hauptteil der benötigten Energie für die Warmwasserbereitung und Raumwärme decken, die fehlende Energiemenge in den übrigen Monaten mit einer erhöhten Vorlauftemperatur wird mit der Biomasse zur Verfügung gestellt.

### **Pellets-Hybrid-Wärmepumpe**

Pellets Kessel und Luft-Wasser-Wärmepumpe bilden eine kompakte Einheit und sind als bivalentes Betriebssystem in die Hydraulik eingebunden, beide Wärmeerzeuger arbeiten direkt sowie modulierend auf das bestehende Heizsystem. Je nach eingestelltem Brennstoff bzw. Strompreis oder auch Bivalenz-Punkt schaltet sich die Anlage zwischen Pelletsbetrieb oder Wärmepumpenbetrieb um.

Diese Anlagen können nur bedingt mit einem Pufferspeichersystem verbunden werden, da diese Systeme durch die Pufferspeicherverluste das eigentliche Ziel, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Erreichung des höchstmöglichen Wirkungsgrades der Anlage, verfehlen würden.

### **Stückholz-Hybrid-Wärmepumpe**

Bei der Stückholz-Hybridkombination sind ein Holzvergaserkessel, ggf. ein (wasserführender) Kaminofen und ein Pufferspeicher mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe kombiniert. Nach dem Abbrand des Stückholzkessels sowie dem Auskühlen vom Pufferspeicher schaltet sich die Wärmepumpe zu und gibt die erzeugte Wärme über ein umgeschaltetes Drei-Wege-Ventil direkt an die Verbraucher ab.

Beim Vorhandensein einer Photovoltaikanlage kann die Überstromproduktion an Strom mit der Luft-Wasser-Wärmepumpe in thermische Energie veredelt werden und diese wird im Pufferspeicher kontinuierlich gespeichert, damit würde sich der Eigenverbrauchsanteil der Photovoltaikanlage deutlich erhöhen.

**SFF 2: Welche Faktoren sind zu berücksichtigen, wenn man diese Systeme in einem Einfamilienhaus integrieren möchte?**

Wärmepumpenheizungen verlangen nach einer integralen und objektspezifischen Planung in Absprache mit dem Bauherrn und der Bauherrin sowie dem Architekten und der Architektin. Eine sorgfältige Auslegung der gesamten Anlage sowie eine gute Anpassung der einzelnen Komponenten Wärmequelle, Wärmepumpe und Wärmesenke müssen gewährleistet sein. Weiterhin sind bei der Auslegung die höheren Anforderungen an die Installation und die Regelung der Biomasse-Hybrid-Wärmepumpe bei steigender Komplexität des hydraulischen Aufbaues zu berücksichtigen. Die Funktionalität der hydraulischen Bauteile sowie ein korrekter Einbau der regelbezogenen Komponenten sind zu gewährleisten. Dabei sind insbesondere Sonderwünsche des Bauherrn und der Bauherrin zu berücksichtigen.

Bei der Modernisierung von Heizungsanlagen sollte man sich nicht an der Kesselleistung des Bestandskessels orientieren, dieser ist oftmals deutlich überdimensioniert. Hier ist eine genaue Berechnung des Heizwärmebedarfes durch einen Energieberater und eine Energieberaterin oder durch ein technisches Büro zu empfehlen. Oft ist es sinnvoll, auch über eine entsprechende Gebäudesanierung nachzudenken. Es könnte der Fall eintreten, dass durch eine Erneuerung der Wärmebereitstellungs-Anlage alleine die Energieeinsparung sowie die Steigerung der Energieeffizienz nicht im gewünschten Maße eintreten.

Im Falle einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle ist zu berücksichtigen, dass die Leistung des Hybrid-Systems ggf. nicht auf den Heizwärmebedarf des Gebäudes, sondern auf die Leistung der Warmwasserbereitung auszulegen ist. Es ist natürlich sinnvoll, mit dem Biomasse-Hybrid-System das Warmwasser zu erwärmen. Dabei ist aber zu beachten, dass für die Warmwasserbereitung eine höhere Vorlauftemperatur erforderlich ist als für die Raumwärme und dies sich auf die Leistungszahl auswirken kann. Bei Vorhandensein eines Pufferspeichers ist auf die richtige Umschaltung der einzelnen Komponenten zu achten, sonst könnte es zu einem Verlust bei der Energieeffizienz kommen.

Bei Stückholz-Hybrid-Wärmepumpensystemen ist seitens des Betreibers auf einen optimalen Einsatzbereich der Wärmepumpe zu achten, da er durch den Komfort der Hybridanlage schnell verleitet wird, auch bei kalten Temperaturen mit der Wärmepumpe zu heizen. Eine korrekt ausgelegte Wärmepumpenanlage erfordert keine zusätzlichen elektrischen Wärmeerzeuger.

Durch einen konzessionierten Elektroinstallationsbetrieb muss die erforderliche Leistung für die Stromversorgung der Wärmepumpe im Heizraum geprüft und sichergestellt werden. Bei großen Wärmepumpenanlagen ist es sinnvoll, eine Vereinbarung mit dem Energieversorger über einen günstigeren Stromtarif sowie eine eigene Zähleranlage für die Wärmepumpen zu installieren. Einige Energieversorgungsunternehmen bieten Tarife mit Sperrzeiten für Groß-Wärmepumpen-Anlagen an. Dabei ist zu beachten, dass der erforderliche Wärmebedarf für das Gebäude während der Sperrzeiten durch einen Lastausgleichspeicher oder einen Biomassekessel abgedeckt werden kann.

Nicht unbeachtet gelassen werden darf das Problem der Lautstärke der Außeneinheit, weil es in der Vergangenheit immer wieder zu Problemen mit Anrainern und Anrainerinnen gekommen ist. Abhilfe schaffen meistens eine optimale Ausrichtung der Außeneinheit bereits in der Planungsphase und Schallschutzmaßnahmen wie z.B. eine Schallschluckhaube. Weitere Aspekte in der Anlagenplanung von Wärmepumpen sind die Ausführung des Sockels bei der Innen- und Außenaufstellung, dabei ist auf ihre Stabilität sowie die mögliche Schallübertragung zu achten.

Eine weitere Herausforderung ist oft der Abtransport des anfallenden Kondensates sowie die Anforderung an die Verlegung der erforderlichen Kältemittelleitungen bzw. Heizleitungen zur Außeneinheit der Wärmepumpe, die frostsicher ausgeführt werden müssen. Die Thematik der Standsicherheit und die Anforderungen bei der Verlegung sämtlicher Leitungen wurden mehrmals in empirischen Teil unter Punkt 9.4 („rechtliche und technische Anforderungen“) angesprochen.

## **9. ERHEBUNG UND AUSWERTUNG DER EMPIRISCHEN ERGEBNISSE**

### **9.1. Ausgangssituation**

In dem Bereich der Inhaltsanalyse unterscheidet die Wissenschaft zwischen der quantitativen und der qualitativen Vorgangsweise. Während die quantitative Vorgangsweise das Ziel verfolgt, Forschungsinhalte an Zahlen zu knüpfen und messbar zu machen, ist die qualitative Methode auch an latenten Sinngehalten und Neuerungen interessiert. (vgl. *Hienert et al.* 2009, S. 106-132) Im Zusammenhang mit dem Forschungsthema "Einsatzmöglichkeiten von Biomasse-Wärmepumpen-Hybridssystemen" stellt die qualitative Methode die richtige Herangehensweise dar, um neue Erkenntnisse zu erlangen.

Wie sich im Theorieteil herauskristallisierte, gibt es derzeit noch sehr wenig empirische Forschungsunterlagen zum Thema Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systeme sowie zur Verbindung von Photovoltaikanlagen mit Wärmepumpen und der Biomasse als Hybrid-System. Für die Abfrage des Bereiches der Möglichkeiten des Einsatzes von Biomasse-Hybrid-Systemen in der Modernisierung von Einfamilienwohnhäusern wird die langjährige Erfahrung von Installateuren und Installateurinnen herangezogen und mit den dazugehörigen Entwicklungen sowie den Erfahrungen von Herstellern und Herstellerinnen im Bereich Wärmepumpen ergänzt.

Die Forschungsfrage sowie auch das persönliche Interesse an dem Thema „Hybrid-Wärmepumpen-Systeme“ sollen in der vorliegenden Master-Thesis untersucht und beantwortet werden.

## 9.2. Begründung und Nachvollziehbarkeit der Methodenwahl

Der empirische Teil der Untersuchung, welcher bereits eingangs durch die Wahl der Forschungsmethode definiert wurde, dient als wichtiges Werkzeug zur Beantwortung der zwei empirischen Subforschungsfragen:

- SFF 1.) Welche Anforderungen in der Modernisierung von Biomasse-Hybrid-Systemen werden bei Einfamilienhäusern gestellt?
- SFF 2.) Welches Potenzial werden alternative Wärmepumpen-Hybrid-Systeme in der Zukunft bei Einfamilienhäusern haben?

Wegen der offenen Antworten und der nicht standardisierten Vorgehensweisen in der qualitativen Befragung zur Datenerhebung kommen in diesem Bereich weitere Instrumente zur Datenauswertung zum Einsatz. In einer systematischen Vorgehensweise werden interpretative Verfahren zur Gewinnung der Ergebnisse durchgeführt (vgl. *Keiser et al.* 2014, S. 3). Ein weiterer ausschlaggebender Vorteil für die Wahl der qualitativen Erhebungsmethode besteht darin, dass keine Antworten vorgegeben werden und die Zielgruppe auf Interesse hin selbst zu Wort kommen kann, um die subjektive Sichtweise der zur Befragung ausgewählten Personen erfassen zu können. Die Auswertung der Daten erfolgt über statistische Verfahren und unter Rückgriff auf Kontrollgruppen, um mögliche Störeinflüsse kontrollieren zu können. Der Grad des Erkenntnisgewinns wird über eine Signifikanzprüfung abgesichert und die Erkenntnisse werden abschließend, wieder auf das theoretische Modell bezogen, interpretiert. (vgl. *Scheibler* 2018) Durch die Tatsache der erwähnten Vorteile der qualitativen Erhebungsmethode wird für die empirische Untersuchung dieser Arbeit die qualitative Marktforschung anhand der nachfolgenden Abbildung 14 auf der Seite 46 veranschaulicht.

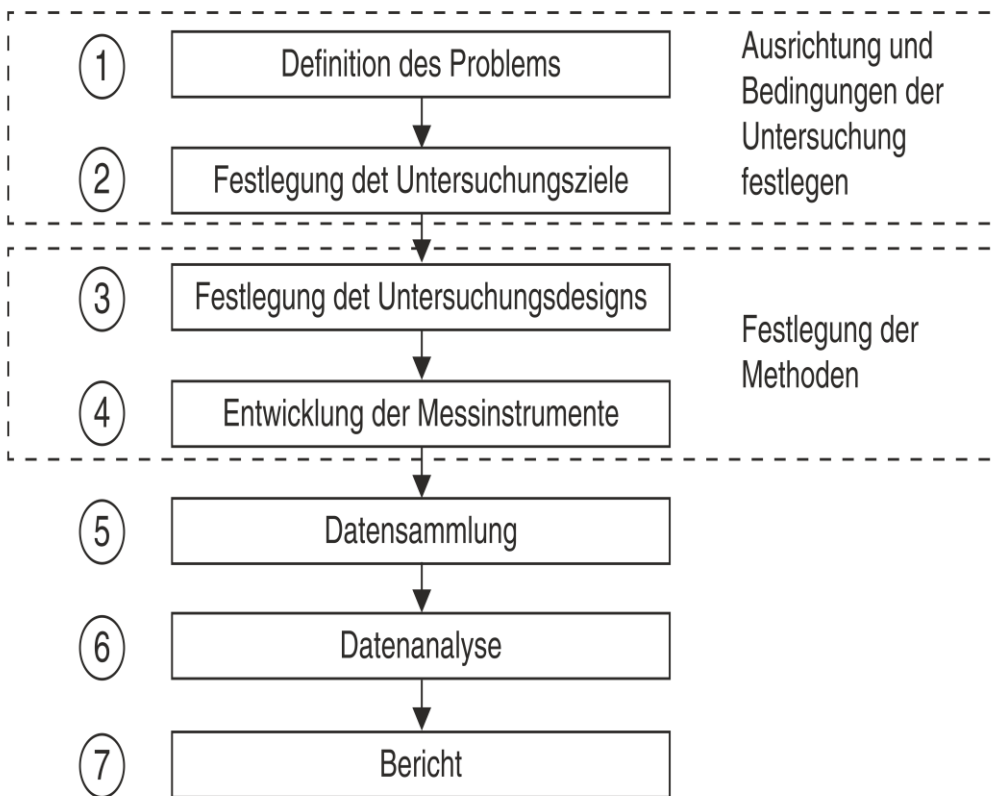


Abbildung 14: Phasenschema der Marktforschung (vgl. Kuß, et al. 2016 S 93)

Das Phasenschema macht deutlich, dass die einzelnen Teile des Forschungsprozesses aufeinander aufbauen. Durch die genaue Definition des Untersuchungsproblems ist es möglich, alle weiteren Schritte festzulegen. Eine unklare oder falsche Festlegung des Untersuchungsgegenstandes führt dazu, dass am wahren Problem vorbeigeforscht wird. Wenn ein Untersuchungsziel festgelegt wurde, ist es möglich, ein Untersuchungsdesign zu fixieren und Messinstrumente zu entwickeln, welche die zur Anwendung kommenden Methoden festlegen. (vgl. Kuß, et al. 2016, S. 93-96)



### 9.3. Sampling

Die Auswahl der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen unterteilt sich in zwei Gruppen. Einerseits werden Hersteller und Herstellerinnen befragt, andererseits Installateure und Installateurinnen, die bereits Erfahrung mit dem Einbau von Biomasse-Hybrid-Systemen haben. Durch die Einteilung der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen in zwei Gruppen wird gewährleistet, dass ein Querschnitt der verschiedenen Meinungen der Hersteller und Herstellerinnen und der Installateure und Installateurinnen gegeben ist. (vgl. *Hienert et al.* 2009, S. 116-120)

Vor allem in Bezug auf Fragen zu den Potenzialen, den Funktionsweisen und Einbaumöglichkeiten werden von dieser Gruppe eine Vielzahl von verschiedenen Antworten erwartet, da hier Hersteller und Herstellerinnen sowie Installateure und Installateurinnen befragt wurden, die eine zum Teil unterschiedliche Herangehensweise an die Thematik Modernisierung mit Wärmepumpen-Hybrid-Systemen bei Einfamilienhäusern aufweisen. Insgesamt wurden in der Summe elf Einzelinterviews zu jeweils ca. sechzig Minuten geführt.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die befragten Personen und ihren Tätigkeitsbereich:

Nr.	Interviewpartner und Interviewpartnerinnen	Tätigkeitsbereich	Dauer/Min.	Datum
Experten und Expertinnen				
IP 01	Technischer Berater Außendienst	Herstellung WP	52	23.03.18
IP 03	Geschäftsführer u. Entwicklungsleiter	Herstellung WP	30	27.03.18
IP 05	Technischer Berater Innendienst	Herstellung WP	62	29.03.18
IP 06	Leitung der Planungsabteilung	Handel WP	40	29.03.18
IP 08	Produktmanagement Österreich WP	Herstellung WP	60	03.04.18
IP 09	Geschäftsführer u. technischer Berater	Herstellung WP	69	03.04.18
IP 11	Technischer Leiter Wärmepumpen	Herstellung WP	35	18.04.18
Installateurinnen und Installateure				
IP 02	Geschäftsführer u. technische Planung	Installation	27	26.03.18
IP 04	Technischer Berater Außendienst	Installation	53	28.03.18
IP 07	Einkauf Heizungskomponenten	Installation	72	30.03.18
IP 10	Geschäftsführer	Installation	25	12.04.18

Tabelle 2: Interviewpartner und Interviewpartnerinnen (eig. Darstellung)

## 9.4. Qualitätssicherung

Um die Qualität der Arbeit sicherzustellen, werden die Kriterien Objektivität, Validität und Reliabilität im gesamten Forschungsprozess berücksichtigt (vgl. *Hienerth et al.* 2009, S. 20). Zur Gewährleistung der Objektivität wird eine korrekte, kritische und sachliche Bearbeitung des Forschungsthemas festgelegt. Damit die Nachvollziehbarkeit der empirischen Fragen gegeben ist, werden die Interviews mittels Tonband aufgezeichnet und elektronisch abgespeichert, danach wird ein Gesprächsprotokoll manuell transkribiert.

In der vorliegenden Masterarbeit wurden für die Transkriptionen der Interviews folgende Regeln festgelegt:

- Sprache und Interpunktion werden dem Lesefluss angepasst.
- Es wird teiltranskribiert, nicht wortwörtlich und ohne Lautsprache.
- Umgangssprachliche Wörter werden ins Standarddeutsch übersetzt.
- Zwischen den Sprechern wird eine Zeile freigelassen.
- Die Nummerierung der Zeilen erfolgt mittels MS Word-Funktion (Seitenlayout, Zeilennummerierung, Ansicht)
- Für die Expertenzitate wurden folgende Kennzeichnung für die Nachvollziehbarkeit gewählt, beispielweise (vgl. ExperteInnengespräch IP\_01-2018, Z. 132) bedeutet, dass sich folgende Aussage bzw. Zusammenfassung beim Interview des Experten Nr. 01, aus dem Jahr 2018 und in der Zeile 132 wiederfindet.

Nach der Transkription aller Interviews erfolgte eine eingehende Befassung mit den verschriftlichten Transkripten durch aufmerksames, mehrmaliges Lesen und Markieren der essentiellen Textstellen; eine weitere Ausarbeitung erfolgte mit dem Softwareprogramm MAXQDA.

## Einteilung in Kategorien

Wie schon im Kapitel 9.2 erwähnt, basiert die Datenauswertung der empirischen Subforschungsfragen auf der Einteilung der Inhalte in vier Haupt- und acht Unterkategorien. Bei der Bildung der Kategorien zu einem Untersuchungsthema nehmen die Forschungsfragen sowie die Vorkenntnisse aus den theoretischen Forschungsfragen und die Zielsetzung starken Einfluss auf deren Auswahl. Bei einer starken Theorieorientierung und dementsprechend tiefen Vorkenntnissen lassen sich bereits im Vorfeld entsprechende Kategorien festlegen. (vgl. *Kuckartz* 2016, S. 63) In der Phase der Auswertung des Textinhaltes aus der Transkription der Hersteller und Herstellerinnen und Installateure und Installateurinnen Interviews kommt es vor, dass die bestimmten Kategorien aus dem Interviewleitfaden nicht ausreichend sind. In diesem Fall werden bestehende Kategorien aus dem Leitfaden angepasst bzw. durch neue Kategorien ergänzt. (vgl. *Kaiser* 2014, S. 100)

### Subforschungsfrage 1:

Kategorie 1:

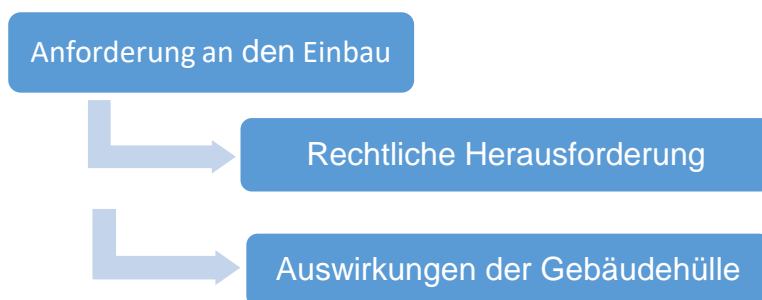


Abbildung 15: Subforschungsfrage 1 / Kategorie 1 (eig. Darstellung)

Kategorie 2:

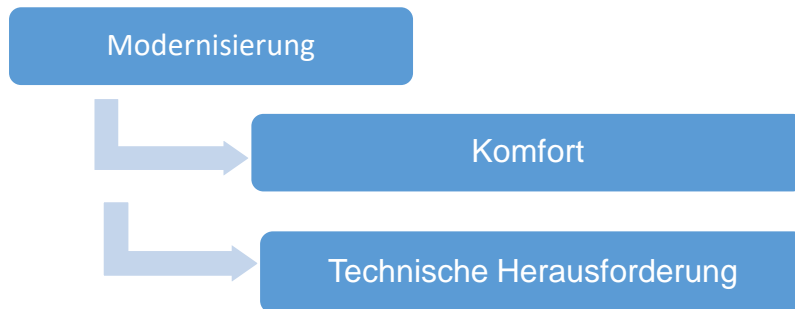


Abbildung 16: Subforschungsfrage 1 / Kategorie 2 (eig. Darstellung)

### Subforschungsfrage 2:

Kategorie 1:

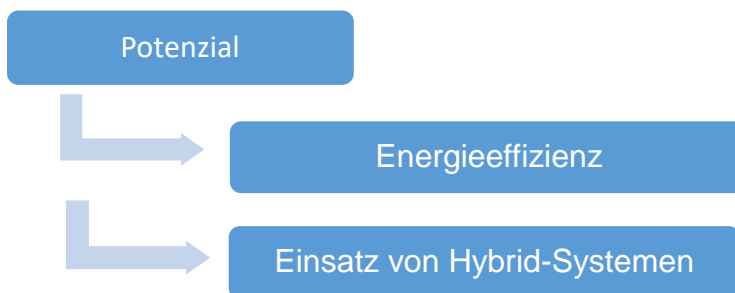


Abbildung 17: Subforschungsfrage 2 / Kategorie 1 (eig. Darstellung)

Kategorie 2:



Abbildung 18: Subforschungsfrage 2 / Kategorie 2 (eig. Darstellung)

## **9.5. Anforderung beim Einbau**

Beim Einbau ist ganz entscheidend, dass die bestehende Anlage einmal in den verschiedensten Phasen getestet wird: einmal bezüglich der Temperaturen im Hochtemperaturbereich bei den Heizkörpern, dann im Niedertemperaturbereich bei der Fußbodenheizung und schließlich auch bezüglich der Warmwasserbereitung der Anlage. Wieviel Heizlast muss das Hybrid-System abdecken, bei welcher Temperatur soll ein vernünftiger Bivalenz-Punkt festgelegt werden. Die Empfehlung der Temperatur, bei der der Bivalenz-Punkt gesetzt werden sollte, variierte bei den Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen zwischen +5° Celsius und -10° Celsius. Besteht die Möglichkeit, einen Pufferspeicher zu integrieren oder ist ein Pufferspeicher bereits in der bestehenden Anlage vorhanden?

Wenn eine Biomasse- oder Öl-Kessel vorhanden ist, sieht man keine Probleme bei der Umstellung, denn der Platzbedarf ist vorhanden: Es kann der Öl-Lagerraum sowie ein Teil des Biomasselagers für das Hybrid-System herangezogen werden.

Dann gibt es Weiteres zu berücksichtigen: zunächst die Schallemissionen, die von der Wärmepumpe ausgehen und immer öfters ein heikler Punkt sind. Dann: Können die Gerätschaften im Technikraum untergebracht werden? Ist ferner ein Niedertemperatur- oder sind sogar Hochtemperatursystem installiert und ist ein Kamin vorhanden (vgl. ExpertInnengespräch IP\_06-2018, Z. 43-48)? Sieben Interviewpartner und Interviewpartnerinnen waren der Meinung, dass der Bivalenz-Punkt wichtig ist, jeweils drei Interviewpartner und Interviewpartnerinnen regten an, einen Pufferspeicher in die Anlage zu integrieren und den Pellets- bzw. Strompreis zu berücksichtigen. Jeweils nur ein Interviewpartner oder eine Interviewpartnerin hat das Thema der CO<sub>2</sub>-Belastung und Reduktion angesprochen, auf welches in Kapitel 7 eingegangen wurde, sowie die Auswirkungen der Leistungszahl bzw. COP der Wärmepumpen, die im Theorieteil unter Kapitel 6 behandelt wurde.

## **Rechtliche Herausforderung**

Grundsätzlich gibt es für ein Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-System keine eigenen Vorschriften. Es wird jeder Bereich, einmal die Biomasse und einmal die Wärmepumpe, für sich abgehandelt und auch bearbeitet. Das Thema Förderungen bleibt bei der Gesetzeslage immer noch ein gewisser Graubereich (vgl. ExpertInnengespräch IP\_08-2018, Z. 38-44). Dies wurde von den Interviewpartnern und den Interviewpartnerinnen für Österreich mehrheitlich negativ beurteilt, unter folgender Begründung: Es gibt für jedes Bundesland eigene Fördertarife sowie unzählige unterschiedliche Fördertarife der Gemeinden, die sich jährlich ändern. Die größte Herausforderung bei Luft-Wärmepumpen-Hybrid-Systemen ist aber immer noch die Lärmbelastung der Außeneinheit für die angrenzenden Nachbarn. Die Grundfunktionen der Wärmepumpen sind für Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen sowie Mehrfamilienhausbesitzer und Mehrfamilienhausbesitzerinnen alle gleich, aber die Lautstärke ist ein großes Problem, weil es in der Vergangenheit immer wieder Probleme gegeben hat. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_05-2018, Z. 98-100)

Einzelne Gemeinden fixieren bei der Bauverhandlung bereits den maximalen Schallwert, den die Außeneinheit der Luft-Wärmepumpe erreichen darf, was unter Punkt 7,1 („Außenaufstellung von Luft-Wärmepumpen“) in der Theorie behandelt wurde.

## **Auswirkungen der Gebäudehülle**

Bei der Frage der Auswirkung der Gebäudehülle auf das Biomasse-Hybrid-System waren sich alle Experten und Expertinnen sowie auch alle Installateure und Installateurinnen einig, dass sich der Bivalenz-Punkt nach unten verschiebt, die Vorlauftemperaturen sich erhöhen und dadurch die Energieeffizienz gemindert wird. Schlecht gedämmt bedeutet auch mehr Energiebedarf, weil mehr Energie durch die Außenhülle verloren geht, was auch heißt, dass man höhere Leistungsklassen bei der Heizkesselauslegung braucht.

Das beste Heizsystem bleibt ineffizient, wenn der Wärmeverlust durch die Gebäudehülle gegeben ist. Man kann durch moderne Verbrennungstechnologien natürlich einiges einsparen, aber der Verlust bleibt trotzdem bestehen. D.h. die Isolierung ist ein wichtiger Bestandteil, denn sonst erreicht man keine Energieeinsparung und es soll ja Hand

in Hand gehen (vgl. ExpertInnengespräch IP\_07-2018, Z. 344-349). Aus dieser Sicht ist zu überlegen, ob man eine Sanierung der Außenhülle in Erwägung ziehen soll, denn ein Wohnhaus sollte anständig gedämmt sein und die beste Energie ist die Energie, die nicht benötigt wird. Die Auswirkungen sind, dass durch die fehlende Wärmedämmung ein höherer Verlust der Raumwärme gegeben ist, dadurch werden höhere Vorlauftemperaturen beansprucht, die Einsatzzeiten der Luft-Wärmepumpe werden länger, ebenso erhöht sich der Einsatz des Biomasseverbrauchs bei Pellets oder Holz.

## **9.6. Modernisierung**

In dieser Kategorie werden die Möglichkeiten zur Beurteilung von Einfamilienhäusern sowie Mehrfamilienhäusern und die verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten erörtert. Wenn es um eine bestehende Anlage geht, dann sollte es eine Konzepterstellung geben, die die Einbindung der Luft-Wärmepumpe in das bestehende Heizkesselsystem ermöglicht, oder für ein komplett neues Biomasse-Hybrid-System in die vorhandene Heizungsanlage. Nicht zu vernachlässigen ist bei der Einbindung die Kompatibilität der bestehenden Regelungstechnik von vorhandenen Systemen, eine weitere Forderung von Einfamilienhausbesitzern und Einfamilienhausbesitzerinnen ist immer öfter, dass die Heizungsanlagen online verbunden werden.

Bei der Modernisierung muss man eruieren, was hat der Kunde und die Kundin bereits an Bestand eingebaut hat. Hat er schon einen Pufferspeicher eingebaut, will er mit Pellets oder Holz heizen, wieviel Biomasse hat er selbst zur Verfügung? Welchen Komfort soll das Hybridsystem nach der Sanierung haben und will er eine Solaranlage oder eine Photovoltaikanlage mit in das Hybrid-System einbinden? (vgl. ExpertInnengespräch IP\_01-2018, Z. 170-174) Bei den meisten Kunden und Kundinnen steht die Energieersparnis im Vordergrund, sie wollen also, wenn sie ihre Heizung sanieren, weniger Betriebskosten haben als mit dem alten System. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_04-2018, Z. 127-129). Das Thema der Klimaziele 2030, das im Kapitel 1.1 („Problemstellung“) angeführt ist, erwähnten nur zwei Interviewpartner und Interviewpartnerinnen mit einer kurzen Andeutung, einmal mit der Argumentation, dass Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen ein vollautomatisches Heizsystem möchten und dass bei



der Umweltentlastung zum anderen die Hersteller und Herstellerinnen gefordert sind, energieeffiziente und energiesparende Systeme zu entwickeln sowie marktreif zu machen.

### **Komfort der Anlage**

Wärmepumpen-Anlagen haben eigentlich schon eine lange Tradition, früher war irgendeine Heizung installiert und im Sommer wurde als Komfortlösung eine Brauchwasserwärmepumpe eingesetzt. Wenn ich mich zurückerinnere, haben wir ihn unseren Unternehmen vor ca. 20 Jahren begonnen, die ersten Sole-Wärmepumpen einzubauen (vgl. ExpertInnengespräch IP\_07-2018, Z. 34-38). Bei den Interviews kristallisierte sich heraus, dass die Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen sowie Mehrfamilienhausbesitzer und Mehrfamilienhausbesitzerinnen einen möglichst hohen Komfort wollen d.h. sie wollen nicht oft zum Wärmeerzeuger in den Keller gehen und irgendetwas ein- oder umschalten müssen, es sollte automatisch funktionieren.

Im Neubau Sektor ist es sehr schwierig, den Hausherrn und die Hausherrin für ein Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-System zu begeistern, weil der Investitionsaufwand sowie der Platzbedarf für ein Hybrid-System relativ hoch sind. Wenn sie mit der Wärmepumpe ihr Auslangen finden, ist es schwer, ihnen ein Hybrid-System schmackhaft zu machen.

Meistens schafft man das nur über die Komfortsteigerung der zu sanierenden Anlage. Bei einem bestehenden Holzvergaser, der noch manuell einzuheizen ist und der keine automatische Regelung hat, besteht die Möglichkeit, bei einer Hybrid-Kombination mit einer Luft-Wärmepumpe den Komfort der Anlage mit der Argumentation zu steigern, dass er dann den ganzen Sommer über den Holzvergaser nicht in Betrieb nehmen muss, denn die Luft-Wärmepumpe erzeugt die notwendige Warmwassertemperatur energieeffizient. So könnte es bei der Sanierung der Heizungs-Anlage angeboten werden (vgl. ExpertInnengespräch IP\_02-2018, Z. 242-247). Bei einer möglichen Störung der Anlage, egal ob bei der Luft-Wärmepumpe oder beim Biomassekessel, hat man die Möglichkeit, auf den anderen Wärmeerzeuger zu wechseln bis die Reparatur erledigt ist und das bietet eine gewisse Ausfallsicherheit für den Einfamilienhausbesitzer und die

Einfamilienhausbesitzerin bzw. den Mehrfamilienhausbesitzer und die Mehrfamilienhausbesitzerin.

Mit Netzwerkverbindungen, an die die neuen Geräte regeltechnisch angeschlossen werden können, z. B. mit Smart Home, Handy-App und Internetanschluss, stellt sich auch die Frage, wieviel der Einfamilienhausbesitzer und die Einfamilienhausbesitzerin von dieser Technik wirklich benötigt. Bei der Kombination mit einem Stückholz-Hybrid-System und einer Wärmepumpe besteht immer die Gefahr, dass der Kunde und die Kundin den Stückholzkessel nicht einheizt, weil er durch die Komfortverbesserung verwöhnt ist, und die automatische Umschaltung der Anlage nicht aktiviert wird. Somit arbeitet die Wärmepumpe auch bei tiefen Außentemperaturen, um den nötigen Heizwärmebedarf liefern zu können. Dadurch gehen COP-Wert und Energieeffizienz der Hybrid-Anlage sehr schnell verloren.

### **Technische Herausforderung**

Welche Herausforderungen bei der Sanierung von haustechnischen Anlagen in Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern auftreten und welchen Stellenwert das hat, soll im folgenden Teil betrachtet werden. Der Aufwand und die Anforderungen an die haustechnischen Anlagen sind in den letzten Jahren gestiegen, dadurch auch der Investitionsaufwand.

Sämtlichen Interviewpartner und Interviewpartnerinnen war bewusst, dass bei der Sanierung von Einfamilienhäusern sowie bei der Sanierung von Mehrfamilienhäusern mit einem Biomasse-Hybrid-System komplexe Herausforderungen entstehen. Der überwiegende Teil gab an, dass wegen der teils hohen Vorlauftemperaturen und des hohen Heizwärmebedarfs die Sanierung mit einem Luft-Wärmepumpen-Hybrid-System schwer durchzuführen ist.

Bei der Innen- oder Außenaufstellung von Luft-Wärmepumpen sind mehrere Punkte zu berücksichtigen. Da ist einmal die Befestigung der Außeneinheit, wenn sie am Sockel bodenstehend oder mit Konsolen an der Außenwand befestigt ist. Diese Geräte haben doch eine gewisse Gewichtsbelastung sowie auch eine große Angriffsfläche für Wind-

belastungen, die nicht zu unterschätzen sind (vgl. ExpertInnengespräch IP\_09-2018, Z. 78-83). Wichtig ist ein sicherer Standort der Luft-Wärmepumpe sowohl bei der Außenaufstellung als auch bei der Innenaufstellung: Der Aufstellungsort muss für die Gewichtsbelastung geeignet sein und alle Wanddurchführungen sowie die Kälteleitungen der Luft-Wärmepumpe sollten schallentkoppelt verlegt werden. Bei Kältemittelleitungen braucht es Ölheb Bögen bei einem Höhenunterschied von mehr als 5 m, die Leitungslänge sollte bei den meisten Anlagen 15 m laut Hersteller und Herstellerin nicht überschreiten. Bei Anlagen im Flachland kann es vorkommen, dass der Wind kräftig weht und dass der Ventilator unter Umständen zu schwach ausgelegt ist. Bei der Montage ist auf die Windrichtung zu achten, dass der Ventilator nicht genau gegen die Hauptwindrichtung arbeiten muss, dann schafft er es nicht, die erforderliche Luftmenge durch den Wärmetauscher durchzubringen. Als bauliche Anforderung kann durchaus eine Mauer als Windschutzeinrichtung für hohe Windgeschwindigkeiten benötigt werden.

Die einheitliche Meinung aller Interviewpartner und Interviewpartnerinnen war, dass die Außeneinheit auf einen Sockel gestellt werden soll und die Kälteanschlussleitungen sowie die Stromleitungen in Leerverrohrungen eingezogen werden sollen und dass die Kondensatleitung frostsicher in den Untergrund verlegt werden muss. Beim Standort ist darauf zu achten, dass die Kaltluft der Außenanlage ungehindert abfließen kann und kein Kaltluftsee entsteht, was zu einem Kurzschluss der Luftbewegung im Außenbereich führen könnte und wodurch sich der Wirkungsgrad der Luft-Wärmepumpe extrem verschlechtern würde. Ein großer Vorteil der Außenaufstellung ist, dass der Platzbedarf im Heizraum sich dadurch verringert und die Räume anderwärtig genutzt werden könnten. Was alle Interviewpartner und Interviewpartnerinnen einstimmig bestätigten, war, dass die geforderte Technik im Heizraum immer mehr an Platz beansprucht, jedoch wird seitens der Planung durch den Baumeister und die Baumeisterin oder durch den Architekten und die Architektin für die Größe des Technikraums immer weniger Fläche zur Verfügung gestellt. Öfter wurde in den Interviews auf die Architektur der Außeneinheit verwiesen, was aber weder Einfluss auf die Energieeffizienz noch auf den COP-Wert der Luft-Wärmepumpenanlage hat und es wird nicht hinterfragt, ob das Gebäudesystem überhaupt für einen Luft-Wärmepumpenbetrieb geeignet ist.

Bei der Innenaufstellung benötigt die Wärmepumpe zwei Lüftungsöffnungen für die Zu- und Abluftkanäle in der Außenwand des Hauses, die Zu- und Ablufführung benötigen

dann ungefähr je 80 x 80 cm große Öffnungen. Diese können nicht ohne Prüfung von Fachleuten irgendwie verlegt werden, sie müssen isoliert sowie auch schallentkoppelt ausgeführt sein (vgl. ExpertInnengespräch IP\_09-2018, Z. 105-110). Die größten Probleme bei der Innenaufstellung ergeben sich durch die erforderlichen großen Luftkanalöffnungen in der Außenwand und damit verbunden mit der Statik der Häuser. Außerdem haben mehrere Interviewpartner und Interviewpartnerinnen das Problem angesprochen, ob es bei der Heizungssanierung überhaupt möglich ist, die großen Luftkanäle wegen des Platzbedarfes im Gebäude zu verlegen.

## **9.7. Potenzial**

Drei Interviewpartner und Interviewpartnerinnen waren der Ansicht, das Potenzial liege bei den Einfamilienhäusern, mit der Begründung, durch den kurzen und leichteren Entscheidungsweg der Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen. Vier Interviewpartner und Interviewpartnerinnen waren für den Einsatz einer Biomasse-Hybrid-Anlage bei Mehrfamilienhäusern, mit dem Argument der doppelten Sicherheit der Anlage und dass der erforderliche Platzbedarf für das Hybrid-System im Gebäude vorhanden sei. Ein Großteil des Heizwärmebedarfes könnte von der Wärmepumpe übers Jahr bereitgestellt werden, die Einhaltung der sogenannten Legionellen-Norm B 5019, die bei Mehrfamilienhäusern eine ständige Warmwassertemperatur von 60° Celsius im Warmwasserbereiter verlangt, könnte mit der Biomasseanlage bei Temperaturen unter +5° Celsius abdeckt werden.

Oder sie waren für den Einsatz einer solchen Anlage bei Wohnhäusern, die eine Kombination von Alt- und Neubau aufweisen. Da sind meistens zwei Systeme im Einsatz, ein Heizkörnersystem mit hohen Vorlauftemperaturen im Altbau und ein Fußbodenheizungssystem mit Niedertemperatur im Neubau (vgl. ExpertInnengespräch IP\_03-2018, Z. 235-237). Weiters hat sich diese Meinung von zwei Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen ganz klar im Bereich der Sanierung bei Einfamilienhäusern oder Mehrparteienhäusern abgezeichnet, denn im Neubau ist es kein Thema, diese Gebäude haben einen niedrigen Heizwärmebedarf. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_07-2018, Zeile 455-456). Nur ein Interviewpartner oder eine Interviewpartnerin war der Meinung,

dass das Potenzial nur am Land liege, mit der Begründung, Biomasse (Hackgut) gebe es nur am Land, in der Stadt sei eher das Feinstaubproblem das Thema.

## **Energieeffizienz**

Vom Gesamtsystem her gesehen wird die Energieeffizienz durch ein Biomasse-Wärmepumpen-System sicher gesteigert, weil ja jeder Brennstoff seine unterschiedlichen Potenziale, Stärken und Schwächen hat und kann dadurch zielgerichtet eingesetzt und genutzt werden kann. Biomasse ist in der Übergangszeit schwierig zu regeln und man hat sehr viel Bereitschaftsverluste z.B. der Kessel und der Pufferspeicher, hier könnte die Luft-Wärmepumpe gezielt heizen. Der Vorteil liegt in der Energieeffizienz, es muss im Hintergrund ein vollautomatisiertes Regelsystem vorhanden sein, damit die Energieeffizienz auch sichergestellt ist. Das ist die eine Seite und die andere Seite ist natürlich der Komfort für den Anlagenbetreiber und die Anlagenbetreiberin (vgl. Expertenngespräch IP\_09-2018, Z. 657-660). Die Nachteile bei bestehenden Wärmeabgabe-Systemen sind, dass eine Verfehlung der Energieeffizienz und somit das Ziel der Energieeinsparung nicht erreicht wird, wenn der hydraulische Abgleich nicht gemacht wird.

Der jeweilige Energieträger, der eingesetzt wird, sei es Strom oder Biomasse, wird immer optimal ausgenutzt. Bei hohen Außentemperaturen z.B. über  $-2^{\circ}$  Celsius fährt die Wärmepumpe mit einer sehr guten Leistungszahl COP und man spart damit Pellets, Hackgut oder Stückholz. Doch bei niedrigen Außentemperaturen z.B. unter  $-2^{\circ}$  Celsius fährt der Biomassekessel im optimalen Betriebspunkt sowie mit einem hohen Wirkungsgrad von bis zu 95 %. Eine Einsparung bei beiden Energieträgern, bei Strom und bei Biomasse, ist dann gegeben, wenn die Schaltung des Bivalenz-Punktes ideal auf die Außentemperatur und Vorlauftemperatur der Heizungsanlage eingestellt ist (vgl. Expertenngespräch IP\_05-2018, Z. 707-715). Wenn der Bivalenz-Punkt falsch gesetzt ist, geht die Energieeffizienz verloren, das merkt der Betreiber oder die Betreiberin zumindest nicht sofort, weil die Luft-Wärmepumpe trotzdem eine gewisse Zeit lang die Vollheizung des ganzen Hauses übernimmt. Aber die Energiekosten sind höher, die Amortisationszeit der Hybrid-Anlage verlängert sich und die Umwelt wird durch CO<sub>2</sub> mehr belastet.

Alle Interviewpartner und Interviewpartnerinnen vertraten die Meinung, dass der Bivalenz-Punkt ein schöner, grafischer Wert ist, den man im Diagramm darstellen kann. In der Praxis scheitert es oft an der Umsetzung, dadurch wird ein Großteil der Anlagen nicht energiesparend und energieeffizient betrieben.

Man muss natürlich auch sagen, dass die Heizlastberechnungen bei der Sanierung von Einfamilienhäusern nicht immer das sind, was dann in Wirklichkeit im Betrieb stattfindet. Die Norm-Raumtemperatur wird in der Heizlastberechnung mit +20° Celsius laut ÖNORM B 7500 berechnet. Was aber, wenn der Besitzer sowie die Besitzerin 22° Celsius Raumtemperatur haben möchte.

Für mich ist der Primärenergieanteil eigentlich immer die elektrische Energie. Auf jeden Fall senke ich, wenn die Leistungszahl der Wärmepumpe hoch ist, meinen Primärenergieanteil. Und umgekehrt, wenn die Leistungszahl gegen 1 geht und nichts mehr geht, dann ist das Ziel der Energieeffizienz und Einsparung verfehlt, denn dann habe ich eine direkte Stromheizung (vgl. ExpertInnengespräch IP\_07-2018, Z. 596-600).

### **Einsatz von Hybrid-Systemen**

Die Einsatzmöglichkeiten sind hauptsächlich bei Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern gegeben. Wenn eine bestehende Heizungsanlage mit Biomasse, z.B. Pellets, Stückholz oder Hackgut betrieben wird, dann sieht man die Luft-Wärmepumpe als zusätzliches System. Hackgutanlagen haben in den Sommermonaten einen großen Stromverbrauch für das Starten der Verbrennung im Heizkessel sowie einen hohen Bereitschaftswärmeverlust der gesamten Anlage, dazu gehören der Kessel, die Speichereinheiten und die Verrohrungen im Keller, um die Warmwasserbereitstellung zu gewährleisten.

Zu sanierende Einfamilienhäuser, die trotz Sanierung der Außenhülle keinen Passivhaus-Standard erreichen, brauchen Vorlauftemperaturen von 55° Celsius und mehr für die Raumheizung, da würde die Wärmepumpe bei niedrigen Temperaturen nur noch mit Strom heizen. Eine weitere Gruppe sind Landwirte und Landwirtinnen, die nicht immer vor Ort sind, um zu heizen. Sie können eine automatische Wärmequelle brauchen, die eine Automatisierung der bestehenden Anlage sowie eine Komfortsteigerung ermöglicht. Da haben sie die Chance, das Heizsystem mit einer Luft-Wärmepumpe, mit der thermischen Solaranlage, der Photovoltaikanlage und der Biomasse zu kombinieren

und haben dadurch eine Alternative zur Automatisierung. Sie wollen die Verfügbarkeit des Brennstoffes, aber wollen nicht der Unsicherheit schwankender Brennstoffpreise, wie in den letzten Jahren, ausgesetzt sein. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_01-2018, Z. 460-479). Ein Hybrid-System ist eine intelligente Technik, sie kombiniert die Vorteile von zwei Heiztechnologien, die eine ist der Strom und die andere ist die Biomasse.

Die Anlage hat eine Ausfallsicherheit durch zwei getrennte Systeme, Biomasse und Luft-Wärmepumpe, je nachdem, welche Regelung eingebaut ist, kann die Regelung den Brennstoff über den benötigten Brennstoffbedarf und der erforderlichen Heizlast einsetzen. Bei der Frage nach dem Unterschied zwischen Hybrid-System und Bivalenz-System waren sich alle Interviewpartner und Interviewpartnerinnen einig, wie es bereits in der Theorie unter Kapitel 5.1 beschrieben wurde. Ein Hybrid-System wird als eine kompakte Einheit gesehen, alle Wärmeerzeuger sind in ein Gehäuse integriert. Das Bivalenz-System besteht aus mehreren einzelnen Bauteilen, die können von unterschiedlichen Herstellern bezogen werden. Bei einem Hybrid-System hat man nur einen Hersteller oder eine Herstellerin sowie einen Ansprechpartner und eine Ansprechpartnerin, jedoch bei einem Bivalenz-System sind mehrere Ansprechpartner und Ansprechpartnerinnen, die von unterschiedlichen Herstellern und Herstellerinnen kommen und die bei der Wartung oder bei einer Störung zuständig sind. Beim Einsatz von bivalenten Systemen wäre man gut beraten, bei beiden Wärmeerzeugern den gleichen Hersteller oder die gleiche Herstellerin zu wählen, dann hat man zumindest die Möglichkeit, ein Regel-System, das kompatibel ist und vielleicht den Anforderungen der Benutzer entspricht, zu erhalten und dass beide Wärmeerzeuger durch den Umschaltpunkt kommunizieren können. Bei renommierten Herstellern und Herstellerinnen ist das jetzt bereits Stand der Technik und es funktioniert ausgezeichnet (vgl. ExpertInnengespräch IP\_07-2018, Z. 721-748). Ein weiterer Vorteil der Kompaktheit eines Hybrid-Systems ist, dass sozusagen alles beieinander und der Verrohrungsaufwand dadurch geringer ist als bei Bivalenz-Systemen, wo auch die Wärmeerzeuger bauseits miteinander verbunden werden müssen.

Der Einsatz bei Betrieben wurde von allen Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen als nicht anstrebenswert angesehen, mit der Begründung, dass nach Ende der Arbeitszeit niemand mehr im Betrieb ist und sich für die Anlage zuständig fühlt. Ein weiteres Argument der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen war, dass in den meisten Be-



trieben ein hoher Energieeinsatz in kurzen Zeitabständen benötigt wird und dass das im Sommer von der Luft-Wärmepumpe nicht bewerkstelligt werden kann.

## **9.8. Zukunft**

Auf Grund der geografischen Lage in Österreich und der ländlichen Bereiche sind bei der Modernisierung von Einfamilienhäusern sowie Mehrfamilienhäusern Hybrid-Wärmepumpen-Systeme eine Alternative, wobei im Neubau wegen des geringen Heizwärmebedarf fast nur noch Luft-Wärmepumpen installiert werden. Der Investitionsanreiz durch Förderungen bei der Sanierung mit einem Biomasse-Hybrid-System liegt zu einem Großteil bei der Gesetzgebung. Dort müssen Rahmenbedingungen für einheitlichen Förderungen geschaffen werden. Dies betrifft im Wesentlichen die Steuerung von Förderungen im Bereich der Heizungssanierung von Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern um einen positiven Effekt zu erzielen, was sich auch im Bereich der Einsparungen bei der Energieeffizienz positiv für die Erreichung der vorgegebenen Klimaziele bis 2030 auswirken würde.

Das hängt bei uns stark vom Markt ab, wie sich der Markt draußen entwickelt, wie sich die Endverbraucher und Endverbraucherinnen im Endeffekt dafür erwärmen können. Bei Neubauten wird der Heizwärmebedarf immer geringer und die Häuser immer kompakter, die dazugehörigen Grundstücke werden eher kleiner. Bei den Häusern, die auf den Grundstücken stehen wird ein jeder Quadratzentimeter ausgenützt, denn die Technik wird immer ausgefallener jedoch wird der Platzbedarf für einen Technikraum immer kleiner gehalten, wodurch die Errichtung einer Wärmepumpen-Hybrid-Biomassegeschichte erschwert wird. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_06-2018, Z. 496-504).

Die Kombination Photovoltaik und Wärmepumpe wird definitiv von der Hälfte der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen als Technologie der Zukunft angesehen, mit einem großen Wachstumspotenzial sowie der Möglichkeit, die Klimaziele mit dieser Unterstützung bis 2030 zu erreichen. Der Strom wird immer stärker auch durch alternative Möglichkeiten erzeugt z.B. über Photovoltaikanlagen, über Windkraftanlagen und über die Biomassevergasung. Die Biomasse wird generell als eine alternative Energieform gesehen und als CO<sub>2</sub>-neutral eingestuft, darum wird in diesem Bereich sehr hohes Po-



tenzial an Einsparung gesehen. Die Bivalenz- bzw. Hybrid-Systeme kommen dort zum Einsatz, wo die Luft-Wärmepumpe alleine einfach zu schwach ist und wo man sagt, dass man bei tiefen Temperaturen mit zu viel Strom heizen würde. Ein weiteres Biomasse-Hybrid-System, das immer öfter im Neubau zum Einsatz kommt, ist die Kombination eines wassergeführten Kaminofens und einer Luft-Wärmepumpe: Die überschüssige Energie vom Kaminofen wird in einem Pufferspeicher zwischengespeichert, bis das Niedertemperaturheizsystem oder die Warmwasserbereitung die Energie vom Pufferspeicher benötigt. Wenn der Pufferspeicher entladen ist, schaltet die Regelung über ein Drei-Wege-Ventil um und die Luft-Wärmepumpe kann dann den Heizwärmebedarf abdecken.

### **Einbau bei Einfamilienhäusern**

Die Interviewpartner und Interviewpartnerinnen sehen die Chance der Hybrid-Luft-Wärmepumpen-Systeme in Bestandsgebäuden mit bestehenden Heizungssystemen, die keine ideale Voraussetzung für einen vernünftigen und wirtschaftlichen Luft-Wärmepumpen-Betrieb über die gesamte Heizsaison aufweisen. Da muss man dann das System genau konzipieren. Bis zu einem gewissen Grad kann man mit der Luft-Wärmepumpe den erforderlichen Heizwärmebedarf abdecken. Wenn mehr Energie benötigt wird, in Bereichen, wo die Wärmepumpe eigentlich unwirtschaftlich arbeitet sowie niedrige COP-Werte liefert, wird dann das Biomasse-System mit Pellets oder Hackgut einfach automatisch dazugeschaltet. Bei der Außenaufstellung von Luft-Wärmepumpen sind mehrere Punkte zu beachten, einmal die Befestigung und die Körperschallbelastung. Die Außeneinheit sollte etwas erhöht stehen, wenn es schneit, damit die Luftzufuhr frei bleibt, wenn es schneit, und dass die Außeneinheit nicht direkt an einer Wand steht, wodurch der Luftdurchsatz nicht gegeben ist.

Da geht es einmal grundlegend um das Einfamilien- oder Mehrfamilienhaus. In welchem thermischen Zustand ist die Gebäudehülle? Ist vorab eine thermische Sanierung empfehlenswert, welches bestehende Heizsystem ist im Gebäude verbaut? Können Teile vom Wärmeabgabe-System und kann die bestehende Hydraulik im Gebäude überhaupt verwendet werden? Wie sieht es mit dem Wärmeabgabesystem aus, gibt es eine Fußbodenheizung oder sind im Gebäude Radiatoren mit einem Hochtemperatur-

System verbaut? Zu beachten ist der benötigte Platzbedarf im Technikraum für das Hybrid-System und den Pufferspeicher samt Zubehör. Wie gehen sich die Abstände der Außeneinheit zur Nachbargrundstücksgrenze für die zu erwartete Schallbelastung aus? (vgl. ExpertInnengespräch IP\_04-2018, Z. 36-42). Ist die vorhandene Regeltechnik des Heizsystems mit den der neuen Regelung kompatibel? Nicht nur das Luft-Wärmepumpe-Hybrid-System soll ein- und ausgeschaltet werden, sondern alle Vorlauftemperaturen von den Heizkreisen, die Speichertemperaturen und die Außentemperatur usw. sollen erfasst werden.

### **Kombination PV und WP**

Man hat natürlich den Anstieg von den Photovoltaikanlagen in den letzten Jahren bemerkt, aber es ist einfach in die Richtung gegangen, dass die Einfamilienhausbesitzer und Einfamilienhausbesitzerinnen sowie die Mehrfamilienhausbesitzer und Mehrfamilienhausbesitzerinnen den Strom, den sie erzeugen im eigenen Haus verbrauchen und den Rest ins öffentliche Netz einspeisen. Das Thema, die überschüssige Energie mittels Luft-Wärmepumpe im Puffer zu speichern, ist noch nicht lange aktuell. Bei der Möglichkeit, das Hybrid-System mit einer Photovoltaikanlage zu kombinieren und den Sonnenstrom mit der Wärmepumpe in Heizwärme zu veredeln, gingen die Meinungen der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen auseinander, die Hälfte befürwortete es und der Rest lehnte das System kategorisch ab.

Der eine Teil der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen sieht eine Steigerung des Eigenverbrauchanteiles vom Photovoltaikstrom in der Selbstnutzung mit einer Luft-Wärmepumpe in Kombination eines bestehenden oder neu errichteten Pufferspeichers. Man kann dann die Überproduktion an Photovoltaikstrom mit der Wärmepumpe von elektrischer Energie in thermische Energie umwandeln und im Puffer speichern sowie bei erhöhtem Wärmebedarf entnehmen. Je nachdem, wie das System arbeitet, ist der Wirkungsgrad 1:3 oder 1:4 zur zugeführten Energie sowie zur abgegebenen Energie, dadurch ist eine massive Steigerung möglich, die sonst kein anderes alternatives System bieten kann. Der Vorteil der Photovoltaikanlage ist, dass man den Primärenergieanteil am benötigten Strombezug senken kann. Wenn genügend Photovoltaikstrom vorhanden ist, startet die Maschine mit sehr geringer Leistung, was bei den meisten Her-

stellern und Herstellerinnen möglich ist, da der Anlaufstrom gering ist. Dann wird der Photovoltaikstrom für die Luft-Wärmepumpe verwendet und als Heizwärme im Puffer gespeichert. Bei manchen Herstellern und Herstellerinnen ist das Regelungssystem für die Photovoltaiknutzung schon in der Luft-Wärmepumpe serienmäßig integriert. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_09-2018, Z. 545-561). Eine weitere Speichermöglichkeit besteht darin, dass man die gesamte Hausmasse als Speicher verwendet. Es gibt Regelungen, die erkennen, wenn Photovoltaikstrom zur Verfügung steht und die dann die Soll-Raumtemperatur um 1° Celsius überhöhen. Dadurch wird eine ordentliche Menge an Energie im Fußboden sowie in den Wänden gespeichert. Diese Regelungen optimieren das Gebäude und unterteilen es in Komfortzonen, in den Schlafräumen wird die Raumtemperatur jedoch nicht überhöht.

Vier der elf Interviewpartner und Interviewpartnerinnen lehnten die Möglichkeit, die Luft-Wärmepumpe mit dem Photovoltaik-Strom bei der Gebäudesanierung zu versorgen mit folgenden Begründungen ab:

„Meiner Meinung nach sollte man Strom nicht zu Wärme umwandeln, sondern als Strom nutzen. Strom ist reine Exergie und reine Exergie wieder zu Wärme verwandeln, finde ich nicht als sinnvoll.“ (vgl. ExpertInnengespräch IP\_03-2018, Z. 268-270).

„Aus meiner Sicht würde ich keinem Kunden raten, den Photovoltaikstrom mit der Luft-Wärmepumpe zu verbrauchen, denn es können nur max. 40 % des Photovoltaikstromes für die Luft-Wärmepumpe verwendet werden. Was einige Mitbewerber propagieren, sei wissenschaftlich nicht bewiesen.“ (vgl. ExpertInnengespräch IP\_04-2018, Z. 378-387).

„Eine weitere ablehnende Meinung eines Experten ist, dass es bei der Erzeugung von Strom durch Photovoltaik-Anlagen in unseren geografischen Breiten sehr schwierig sei, einen einigermaßen guten Ertrag an Überschuss erzielen zu können.“ (vgl. ExpertInnengespräch IP\_06-2018, Z. 360-363).

Der vierte Interviewpartner meinte Folgendes: Man stelle sich das einmal bildlich vor, dass man mit dem selbst erzeugten Strom heizt oder mit der Photovoltaikanlage. Man muss sich vor Augen führen, die Photovoltaikanlage hat als primäre Aufgabe zuerst den Strom im Haus zu decken. Da muss man aufpassen, wann man die Wärmepumpe einschaltet und Energie erzeugt; weiters sollte man achtgeben, das Gebäude nicht zu

überheizen. Man „müsse die Kuh im Dorf lassen und sollte und die Leute richtig aufklären.“ (vgl. ExpertInnengespräch IP\_08-2018, Z. 572-587).

Das Problem mit der Photovoltaik und der Heizung ist folgendes: Wenn der meiste Photovoltaik-Strom benötigt wird, bekomme ich den wenigsten von der Sonne: in der Nacht und im Winter. Denn wenn es extrem kalt ist oder bei Nebel, dann liefert die Photovoltaikanlage relativ wenig Strom. Dazu kommt noch, dass man eine geringe Anzahl an Sonnenstunden im Vergleich zur Nacht hat, wo man heizen muss. Es ist nur sinnvoll, wenn das Photovoltaiksystem schon vorhanden ist und dass man es dann einbindet; eine Photovoltaikanlage mit einem Luft-Wärmepumpen-Hybrid-System neu zu installieren, dazu muss man schon einen Idealisten oder eine Idealistin finden. Außerdem ist es ein sehr hoher finanzieller Aufwand. (vgl. ExpertInnengespräch IP\_04-2018, Z. 362-369). Weiters ist es nicht sinnlos, eine bestehende Solarthermie-Anlage weiter zu betreiben, die den ganzen Sommer die Warmwasserbereitung versorgt, *und* die Luft-Wärmepumpenanlage ungenutzt zu lassen. Weil einfach der Wirkungsgrad einer thermischen Solaranlage viel höher ist, bei einer Photovoltaikanlage liegt der Wirkungsgrad irgendwo bei ca. 25 %, bei der thermischen Solaranlage bei ca. 75 %, was man raus hohlen kann und ich spare mir schon mal alleine die Laufzeit von der Luft-Wärmepumpe im Sommer und verlängere damit die Lebensdauer der Luft-Wärmepumpe.

## 10. BEANTWORTUNG DER EMPIRISCHEN SUBFORSCHUNGSFRAGEN

Die Daten, welche ich durch Interviews mit Herstellern und Herstellerinnen sowie Installationsunternehmer und Installationsunternehmerinnen erhoben habe, wurden einer qualitativen Inhaltsanalyse zugeführt, damit die nötigen Datensätze bearbeitet werden konnten. In den zwei folgenden Kapiteln befasst sich die Arbeit mit der Beantwortung der empirischen Subforschungsfragen.

### **SFF 1: Welche Anforderungen in der Modernisierung von Biomasse-Hybrid-Systemen werden bei Einfamilienhäusern gestellt?**

Die empirische Auswertung unter Kapitel 9.5 („Anforderung beim Einbau“) der Arbeit hat gezeigt, dass für Einfamilienhausbesitzern und Einfamilienhausbesitzerinnen sowie bei Mehrfamilienhausbesitzern und Mehrfamilienhausbesitzerinnen von den Experten und Expertinnen unterschiedliche Sanierungs-Systeme empfohlen werden. Die Hauptanforderungen, die bei der Sanierung von Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern genannt werden, sind die Komfortsteigerung sowie die Erhöhung der Energieeffizienz der Heizungsanlage. Wie sich in den Interviewgesprächen herausgestellt hat, ist in den meisten Fällen nicht nur der Tausch des Wärmeerzeugers empfehlenswert, sondern auch die Sanierung der Außenhülle des Gebäudes erforderlich, um die gewünschte Energieeffizienz-Steigerung zu garantieren.

Bei Einfamilienhäusern- und Mehrfamilienhäusern geht die Empfehlung in Richtung Luft-Wärmepumpe mit Pellets als Biomasse, mit der Begründung der Komfortsteigerung und Automatisierung der Heizungsanlage. Im Bereich der Landwirtschaft hingegen wird das Hybrid-System mit Scheitholz oder Hackgut bevorzugt, was in Kapitel 9.6 („Modernisierung“) ausgeführt wurde. Die Einhaltung der Lautstärkenbelastung durch die Außeneinheit bei Luft-Wärmepumpen an der Grundstücksgrenze ist eigentlich oft der Knackpunkt bei der Umsetzung einer Luft-Wärmepumpen-Anlage, die Endkunden und Endkundinnen sind in diesem Bereich sehr sensibel geworden, da es immer öfters zu Problemen mit Anrainern und Anrainerinnen wegen der Lärmbelästigung in den Nacht-

stunden gekommen ist. Die Problematik der Lärmbelästigung zieht sich durch die ganze Master-Arbeit, dies wurde in der Theorie unter Kapitel 7.1 („Außenaufstellung“) sowie auch in der Empirie unter Kapitel 9.5 („Rechtliche Anforderungen“) dargelegt.

Bei den baulichen Anforderungen ist die Standsicherheit der Wärmepumpe bei der Außenaufstellung mittels Sockel sowie bei der Innenaufstellung gefordert, eine weitere Problemstellung nahmen die Luft-Kanalführung und die erforderlichen Öffnungen in den Außenwänden wegen ihrer Größe bei der Luft-Wärmepumpe bei Innenaufstellung ein. Bei der Verlegung der Luftkanäle ist darauf zu achten, dass man möglichst wenig Druckverlust produziert und andererseits alles schallentkoppelt und isoliert ausgeführt wird.

Die Außeneinheit braucht mindestens einen halben Meter Abstand von der Wand, der wegen der Luftzirkulation erforderlich ist, die Entfernung zur Inneneinheit sollte 15 m nicht überschreiten, ansonsten könnten jährliche Überprüfungen der Kälteleitungen wegen der Füllmenge des Kältemittels vorgeschrieben werden. Für sämtliche Leitungen ist eine Leerverrohrung ins Gebäude empfehlenswert und dass das anfallende Kondensat im Winter nicht friert und frostsicher abzuleiten ist.

Die Anforderungen des Bivalenz-Punktes müssten in der Zukunft von der Außentemperatur und der Innentemperatur bestimmt werden, eine Beschränkung auf die Außentemperatur wird nicht ausreichend sein, da sind sich zwei Drittel der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen einig. Der Einfluss des Bivalenz-Punktes auf den Energieverbrauch der Hybrid-Anlage ist beim Part Biomasse geringer einzuschätzen, man braucht etwas mehr Holz oder Pellets, bei der Wärmepumpe ist der Einfluss jedoch gravierender, weil der COP-Wert sinkt und die Energieeffizienz dadurch verlorengeht.

## **SFF 2: Welches Potenzial werden alternative Wärmepumpen-Hybrid-Systeme in der Zukunft bei Einfamilienhäusern haben?**

Rund 30 % der Heizungs-Anlagen wurden vor 1990 installiert. Diesbezüglich kann davon ausgegangen werden, dass in Österreich zwischen 600.000 bis 700.000 veraltete Heizkessel in Betrieb sind. (vgl. *Amtmann et al.* 2011, S. 10) Aus dieser Sicht ist das

Potenzial an energetischer Sanierung und die Steigerung der Energieeffizienz im Einfamilien- und Mehrfamilienhausbereich enorm.

Das Potenzial der Sanierung mit Luft-Wärmepumpen-Hybrid-Systemen liegt mehrheitlich laut Experten und Expertinnen im Einfamilienhaus-Bereich. Bei der Umrüstung von bestehenden Heizungsanlagen, wo der Hausbesitzer und die Hausbesitzerin mit Holz weiterheizen möchten sowie bei Mehrfamilienhäusern und gegebenenfalls in der Landwirtschaft, wo der lokale Rohstoff vorhanden ist, scheint das Potenzial eher geringer zu sein. Beim Neubau zwei Geräte oder zwei Geräte in eines einzubauen bedeutet fast die doppelten Kosten für die Wärmeerzeugung, bei der Amortisationsrechnung wird dieses System mit Sicherheit scheitern, außerdem ist noch der erhöhte Platzbedarf für das Hybrid-System einzukalkulieren.

Bei der Argumentation von den höheren Anschaffungskosten eines Luft-Wärmepumpen-Hybrid-Systems ist eine Entscheidungsfindung bei Einfamilienhausbesitzern und Einfamilienhausbesitzerinnen viel leichter, denn es gibt meistens nur einen Entscheidungsträger oder eine Entscheidungsträgerin. Die Anschaffungskosten bei Mehrfamilienhäusern werden meistens durch einen Investor oder durch eine Investorin finanziert und alle Parteien müssen sich an den Anschaffungskosten über die Betriebskosten beteiligen, was eine Einstimmigkeit für den Einsatz von Hybrid-Systemen erschwert.

Beim Mehrfamilienhaus ist nur eines sicher: Der Komfort ist alles, das zählt, weil sich dort niemand für die Anlage verantwortlich fühlt, während im Einfamilienhaus die Anlagenverantwortung des Besitzers und der Besitzerin um einiges größer ist, weswegen die Interviewpartner und Interviewpartnerinnen das größere Potenzial im Einfamilienhaus sehen. Ein Biomasse-Heizsystem kann nach einer thermischen Sanierung des Gebäudes mit einer Hybrid-Anlage ergänzt werden. Wenn der Pellets- oder Holzkessel nicht im optimalen Wirkungsgrad betrieben werden kann, kann mit der Luft-Wärmepumpe in der Übergangszeit den nötigen Heizwärmebedarf zur Verfügung stellen. Damit verlängert sich die Lebensdauer der Luft-Wärmepumpe sowie auch des Biomassekessels durch den optimalen Einsatz beider Anlagen.

Einige Hersteller und Herstellerinnen prüfen die Möglichkeit, den Überschussstrom der Photovoltaik-Anlage mit der Luft-Wärmepumpe in Heizwärme umzuwandeln und im Puf-

fer speichern. Das ist nur sinnvoll, wenn es das einzubindende System schon gibt. Um eine Photovoltaik-Anlage mit einem Hybridsystem neu zu installieren, muss man schon einen Idealisten oder eine Idealistin finden, denn der Aufwand und die Kosten sind enorm. Allerdings wäre die Energieeffizienz einer solchen Anlage sicher gegeben.



## 11. CONCLUSIO UND AUSBLICK

Im Rahmen der vorliegenden Master-Arbeit wurden die Chancen und Risiken bei der Modernisierung von Heizungsanlagen mit Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsystemen untersucht. Im anschließenden Kapitel wird die Hauptforschungsfragen beantwortet, in der Conclusio werden der theoretische sowie der empirische Teil zusammengeführt, im Ausblick soll die Relevanz dieser Arbeit noch einmal dargelegt werden.

### 11.1. Welche Chancen und Risiken haben Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsysteme bei der Modernisierung der Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern?

In Österreich besteht ein großes Potential für energieeffiziente Sanierung bei bestehenden Ein- und Mehrfamilienhäusern. Dementgegen sind die Sanierungsraten bezugnehmend auf die bestehenden Altanlagen sehr gering. Das Bauvolumen am Renovierungsmarkt von bestehenden Heizungsanlagen ist deutlich größer als im Neubaumarkt (vgl. *Baumanns et al.* 2016, S. 7). Dieser Bereich des Sanierungssegments bei der Heizung wird nicht voll ausgeschöpft, aus diesem Grund besteht ein erhebliches Potenzial für eine energieeffiziente Sanierung bei den bestehenden Heizungsanlagen mit einem Biomasse-Luft-Wärmepumpen-Hybridsystem.

Jedoch stellt die Fördersituation in Österreich eine kaum durchschaubare Situation dar: Derzeit gibt es mehr als 5.300 Förderungen von Bund, Ländern, Gemeinden und den Energieversorgern. Der Versuch einer Förderungskoordination ist Anfang 2012 gescheitert. (vgl. *Amann et al.* 2012, S. 7) Das ändert aber nichts daran, dass eine Strukturberreinigung im Förderbereich überfällig und notwendig wäre, die dann den Anreiz schaffen würde, in die Sanierung bestehender Heizungsanlagen mit einem Hybrid-System bei Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern zu investieren. Damit könnten das Klima- und das Energiepaket der Europäischen Union, welches Österreich im Jahr 2008 übernommen hat, bis zum Jahr 2020 zu einem Großteil über die Einsparung an Energie bei

Raumwärme sowie über die Steigerung der Energieeffizienz bei Heizungsanlagen in Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern erfüllt werden, was bereits in Kapitel 1.1 dargelegt wurde. Im österreichischen Regierungsprogramm 2017-2022 wurde die Verpflichtung zur CO<sub>2</sub>-Einsparung, zum Ausbau der erneuerbaren Energie und zur Energieeffizienz sowie zum sukzessiven Ausstieg aus fossilen Energieträgern neuerlich festgeschrieben. (vgl. *Regierungsprogramm 2017-2022 et al.*, S. 174-175)

## 11.2. Conclusio

Die Arbeit hat einen größeren Bogen umspannt, als ich anfangs angenommen hatte. Von der anfänglichen Meinung, dass die Luft-Wärmepumpe eine reine Stromheizung ist, bin ich im Verlauf dieser Arbeit abgekommen. Ein Luft-Wärmepumpen-Biomasse-Hybrid-System sehe ich nun als innovative und ökologische Lösung, da sich die beiden Systeme ideal gegenseitig ergänzen und die Schwächen des jeweiligen Systems durch das andere System ausgeglichen werden. Denn die Luft-Wärmepumpe bringt bei hohen Außentemperaturen gute COP-Werte und somit eine hervorragende Energieeffizienz. Der Nachteil der Luft-Wärmepumpe liegt bei tiefen Temperaturen, wo die Leistungszahl der Luft-Wärmepumpe annähernd 1 ist, was bedeutet, dass nur mehr mit Strom geheizt wird. Im Gegensatz dazu ist die Biomasse bei niedrigen Außentemperaturen schwer zu regeln, sie hat jedoch den Vorteil bei tiefen Temperaturen, wo sie einen ausgezeichneten Wirkungsgrad besitzt, ihre Stärken auszuspielen und hat dadurch ebenfalls eine hervorragende Energieeffizienz aufzuweisen. Aus diesen Gründen können bei der Kombination Biomasse und Luft-Wärmepumpe die Schwächen und Stärken beider Systeme gegenseitig hervorragend abgestimmt werden, die Voraussetzung dafür ist jedoch, dass das Regelsystem der Hybridanlage mit beiden Systemen kompatibel ist und optimal aufeinander abgestimmt wird. Das setzt ein großes Wissen des Regeltechnikers voraus, denn bei falsch gesetzten Umschaltpunkten würde die Energieeffizienz und der Vorteil der Energieeinsparung verloren gehen. Am einfachsten zu bewerkstelligen ist das mit einer Kompaktanlage, die von einem Hersteller oder einer Herstellerin stammt, mit dem Vorteil, dass der Installationsaufwand sehr gering ist und dass damit Fehler vermieden werden.

Der ideale Einsatz von Hybrid-Systemen besteht bei Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern in der Sanierung der Wärmebereitstellung sowie beim Zubau an bestehende Wohnhäuser, wo einerseits hohe Vorlauftemperaturen für die Radiatoren beim bestehenden Gebäude und andererseits niedrige Vorlauftemperaturen bei der Fußbodenheizung im neuerrichteten Teil des Gebäudes erforderlich sind.

Dabei ist zu bedenken, dass der bloße Tausch der Wärmebereitstellungsanlage bei bestehenden Gebäuden die Ziele der Energieeinsparung und die Steigerung der Energieeffizienz möglicherweise nicht erfüllen wird. In diesem Fall ist es notwendig, eine energetische Gebäudesanierung durchzuführen, um die Wärmeverluste der Außenhülle zu reduzieren und dadurch die gewünschte Energieeffizienz zu erreichen. Der erforderliche Platzbedarf, der bei der Anschaffung meist ein Problem darstellt, ist am ehesten bei bestehenden Biomasse-Systemen gegeben, bei diesen Anlagen sind größere Flächen für die Lagerung des Brennstoffes vorhanden. Durch das Einsparungspotenzial des zukünftigen Hybrid-Systems an Biomasse kann die Lagerfläche des erforderlichen Brennstoffes reduziert werden, dadurch werden zusätzliche Flächen für das Hybrid-System generiert.

Trotz der guten Energieeffizienz des Hybrid-Systems könnte es wegen der Geräuschemissionen der Luft-Wärmepumpen-Außeneinheit im dichtbesiedelten Wohngebiet zu Beanstandungen und somit zu Ablehnungen des Systems kommen. Außerdem sind die erhöhten Anschaffungskosten sowie der erhöhte Platzbedarf des Hybrid-Systems für viele Kunden und Kundinnen nachteilig. Bei Neubauten werden Hybrid-Systeme wegen des geringen Heizwärmebedarfes und des fehlenden Platzangebotes für die Anlagen nicht in Betracht gezogen und es wird meist einer reinen Luft-Wärmepumpe der Vorzug gegeben. Die Einbindung einer bestehenden Photovoltaikanlage in ein Hybrid-System haben fast alle Interviewpartner und Interviewpartnerinnen als innovativ angesehen, mit der Begründung, dass man den selbsterzeugten Strom mit der Luft-Wärmepumpe in thermische Energie verwandeln und in einem Puffer speichern kann. Dadurch werden der Eigenverbrauchsanteil der Photovoltaikanlage gesteigert und die Amortisationszeit des Systems verringert, jedoch waren 3 Interviewpartner und Interviewpartnerinnen gegen eine Nutzung des Photovoltaikstroms für die Wärmepumpe mit dem Argument, Strom sei reine Exergie und sollte nicht für den Wärmepumpenbetrieb verwendet werden.

Der Name Hybrid ist ein eher neuer Begriff und er wird damit verbunden, dass das ganze Heizsystem kompakt ist und von einem Hersteller oder einer Herstellerin produziert wird. Welcher Brennstoff sich wirklich hinter dem Begriff Biomasse-Wärmepumpen-Hybrid-System verbirgt, sagt der Name nicht aus, es gibt die Auswahl zwischen Pellets, Hackgut und Scheitholz, wobei Pellets-Hybrid laut Interviewpartnern und Interviewpartnerinnen bevorzugt wird. Welche Biomasse eingesetzt wird, hängt vom vorhanden Platzbedarf und den vorhandenen eigenen Rohstoffen des Kunden und der Kundin ab. Wie sich in der Theorie und in der Empirie dieser Arbeit herausgestellt hat, ist der Name Hybrid für viele gleichzusetzen mit Bivalent. Bivalente Systeme werden schon seit Jahrzehnten gebaut und werden mit Biomasse oder mit fossilen Brennstoffen kombiniert. Der gravierende Unterschied eines Bivalenz-Systems zu einer kompakten Hybrid-Anlage ist, dass jeder Wärmeerzeuger eine eigene Einheit bildet und beide Einheiten vor Ort hydraulisch verbunden werden. Weil die Technologie der kompakten Hybrid-Systeme noch nicht lange am Markt zu finden ist, musste ich feststellen, dass die ausgewählten Interviewpartner und Interviewpartnerinnen der Gruppe der Installateure und Installateurinnen noch wenig Erfahrung mit dem Einbau von Biomasse-Wärmepumpen-Hybrid-Systemen haben. Die Angaben zum Bivalenz-Punkt haben sich doch deutlich unterschieden, genauer gesagt zwischen  $+5^{\circ}$  Celsius bis  $-10^{\circ}$  Celsius. Das verdeutlicht, dass ein Großteil, der dzt. in Betrieb befindlichen Hybrid-Systeme bzw. Bivalenz-Systeme mit anzunehmender Wahrscheinlichkeit nicht auf den idealen Bivalenz-Punkt eingestellt sind und dadurch die Energieeffizienz nicht gegeben ist. Der große Vorteil des Hybrid-Systems ist, dass im Notfall zwei getrennte Systeme Ausfallsicherheit gewähren und bei Wartung sowie Störungen es nur einen Ansprechpartner und eine Ansprechpartnerin gibt.

Bei den Interviews stellte sich heraus, dass der Begriff der „integralen Planung“ weder bei allen Herstellern und Herstellerinnen noch bei allen Installateuren und Installateurinnen bekannt war, doch nach einer Erklärung konnten sie sich darunter etwas vorstellen.

### **11.3. Ausblick**

Da das Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-System durch die erhöhten Kosten und andere Gründe, die in der Arbeit in der Theorie und der Empirie bereits mehrfach beschrieben wurden, nicht für jedermann in Frage kommt, wird dieses Heizsystem in der Zukunft eher ein Nischenprodukt bleiben. Wie sich bei den Interviews herausgestellt hat, bieten 3 Hersteller und Herstellerinnen Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systeme als Kompaktanlagen an, wobei ein Hersteller oder Herstellerin an diesem System forscht. Eine Forschungslücke besteht darin, dass die derzeit angebotenen Regelsysteme den Bivalenz-Punkt nur mit fest hinterlegten Preisen der Biomasse und des Stroms berechnen, wobei der Strompreis jedoch ständigen Schwankungen unterworfen ist. Es gibt sicher technische Möglichkeiten, dass die Strompreisoptimierung automatisiert wird und dadurch der Bivalenz-Punkt laufend an die aktuellen Energiekosten angeglichen werden kann, wodurch zusätzliche Einsparungen möglich wären. Luft-Wärmepumpen-Hybrid-Systeme würden ein richtiger Schritt in die Richtung sein, die drei vorgegebenen Klimaziele, die sich Österreich im Jahr 2008 gesetzt hat, zu ermöglichen. Zum einen die Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie, zum anderen die Steigerung der Energieeffizienz und letztlich die Reduzierung der Treibhausgasemissionen, die besonders in dichtverbauten Gebieten ein großes Problem darstellen. Alles in allem ist es ein sehr interessantes Thema mit viel Potenzial, wobei allerdings der finanzielle Aufwand sehr hoch erscheint. Eine vermehrte Konkurrenz am Hybrid-Markt könnte vielleicht an der Preisschraube drehen, wodurch das System für Kunden interessanter werden würde.

Der Ansatz der integralen Planung, wie er in diesem Studium gelehrt wird, wird dzt. nur bei öffentlichen Ausschreibungen und vereinzelt bei Betrieben, die mehrere Fachrichtungen in einem Unternehmen vereinen, angewendet. Bei Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern wird der integrale Planungsprozess, wie sich bei den Interviews herausstellte, dzt. überhaupt nicht angewendet, wobei bei der Sanierung mehr Einsparpotenzial gegeben ist als im Neubau. Außerdem sollten die Fachkräfte besser zum Thema integrale Planung informiert und bereits in der Ausbildung sollte das Thema berufsübergreifend behandelt werden, was sich dann auf eine bessere Beratung der zukünftigen Kunden auswirken würde. Ein weiterer Vorschlag an die derzeitige Bundesregierung ist,

dass das österreichische Fördersystem, das dzt. sehr undurchsichtig ist, vereinheitlicht wird, damit ein größeres Maß an Transparenz erreicht wird.

Resümee des Verfassers der vorliegenden Masterarbeit:

Der Energieeinsatz bei Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen ist durch eine hohe Energieeffizienz bei der Raumwärmeversorgung sehr ressourcenschonend, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass der Bivalenz-Punkt nach den Anforderungen der geforderten Vorlauftemperatur, der Außentemperatur und nach den jeweils aktuellen Energiepreisen einstellt wird. Weiters ist ein Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-System mit **Sicherheit eines der Systeme** im Bereich der Wärmeversorgung von Wohngebäuden, mit dem es möglich wäre, die Klimaziele, die sich Österreich 2008 verpflichtend gesetzt hat, zu erreichen.

Dieses Ziel wurde auch in der Klima- und Energiestrategie des Landes Steiermark im November 2017 bekräftigt, wobei eine Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energiequellen auf mindestens 27 % bzw. 30 %, die Energieeffizienz auf mindestens 27 % bzw. 30 % sowie gleichzeitig die Senkung der Treibhausgasemissionen auf mindestens 36 % gegenüber dem Stand von 2005, bis zum Jahr 2030 festgesetzt wurde. (vgl. [www.technik.steiermark.at](http://www.technik.steiermark.at) 2017, S. 6)

## 12. LITERATURVERZEICHNIS

### Wissenschaftliche Fachbücher:

*Amann, Wolfgang* (2010): Sanierung oder Abbruch. Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen. In: Beitrag zum Kongress in Tagungsband Sanieren oder Abreißen. Veranstaltung von IBO-Österreichisches Institut für Baubiologie. Wien: IBO-Verlag. S. 9.

*Amtmann, Maria/Barth, Thomas/Mitterndorfer, Manuel/Simander, Günther* (2011): Kosten-Nutzen-Analyse von energetischen Gebäudesanierungen in Österreich. In: Österreichische Energieagentur. Wien: o. V.

*Baehr, Hans Dieter* (1984): Thermodynamik. Eine Einführung in die Grundlagen und ihre technischen Anwendungen. 5. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer

*Baumanns, Thomas/Freber, Philipo-Stephan/Schober, Kai-Stefan/Kirchner, Florian* (2016): Bauwirtschaft im Wandel. Trends und Potenziale bis 2020 In: Studie. München: o. V.

*Bongs, Constanze/Günther, Danny/Hemling, Sebastian/Kramer, Thomas/Oltensdorf, Theo/Wapler, Jannette* (2013): Wärmepumpen. Stuttgart: Fraunhofer IRB

*Bonin, Jürgen* (2012): Handbuch Wärmepumpen. 2 Auflage. Berlin: Beuth Verlag

*Bonin, Jürgen* (2015): Wärmepumpen. Berlin: Beuth Verlag

*Bonin, Jürgen* (2017): Handbuch Wärmepumpen. 3 Auflage. Berlin: Beuth Verlag

*Bortz, Jürgen/Döring, Nicola* (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Wiesbaden: Springer Vieweg

*Günther, Matthias* (2015): *Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien*. Kassel: Springer-Verlag

*Hienerth, Claudia/Huber, Beate/Süssenbacher, Daniela* (Hrsg): *Wissenschaftliches Arbeiten kompakt: Bachelor- und Masterarbeiten erfolgreich erstellen*. Wien: Linde Verlag,

*Kaiser, Robert* (2014): *Qualitative Experteninterviews. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

*Kaltschmitt, Martin/Streicher, Wolfgang/Wiese, Andreas* (2006): *Erneuerbare Energien*. 4 Auflage. Berlin: Springer-Verlag

*Kaltschmitt, Martin/Streicher, Wolfgang/Wiese, Andreas* (2013): *Erneuerbare Energien*. 5 Auflage. Berlin: Springer-Verlag

*Kuckartz, Udo* (2016): *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim und Basel: Beltz Juventa

*Kuß, Alfred/Kleinaltenkamp, Michael* (2016): *Marketing-Einführung*. 7. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien GmbH

*Pehnt, Martin* (2010): *Energieeffizienz Ein Lehr- und Handbuch*. 1. Korrigierter Nachdruck 2010. Berlin: Springer-Verlag



*Schabbach, Thomas/Wesselak, Viktor* (2012): Energie. Die Zukunft wird erneuerbar. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg

*Scheibler, Petra* (2018): Qualitative Forschung. In: qualitative versus Qualitative Forschung. 27.03.2018, <https://studi-lektor.de/tipps/qualitative-forschung/qualitative-quantitative-forschung.html> (abgerufen 27.03.2018)

*Schlabbach, Jürgen/Drescher, Sabrina/Kley, Christian* (2012): Erdwärme in Ein- und Mehrfamilienhäuser. Berlin: VDE Verlag GmbH.

*Tiator, Ingolf* (2016): Heizungsanlagen mit der neuen EnEV 2014. 4 Auflage 2016. Würzburg: Vogl Business Media GmbH. & Co. KG.

*Wesselak, Viktor/Schabbach, Thomas/Link, Thomas/Fischer, Joachim* (2017): Handbuch Regenerative Energietechnik. 3 Auflage. Berlin: Springer-Verlag

*Wosnitza, Franz/Hilgers, Hans Gerd* (2012): Energieeffizienz und Energiemanagement. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag/Springer Fachmedien

## Sonstige Literatur:

*Biermayr, Peter/Dißauer, Christa/Eberl, Manuela Enigel, Monika/Fechner, Hubert/ Leonhartsberger, Kurt/Maninger, Florian/Moidl, Stefan/Schmidl, Christoph/Strasser, Christoph/Weiss, Werner/Wonisch, Patrik/Wopienka, Elisabeth* (13/2017): Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2016, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

[www.bmdw.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie\\_oesterreich.pdf](http://www.bmdw.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf)

(abgerufen am 08.02.2018).

*Bundesverband Wärmepumpen* (2016): Leitfaden Schall, Berlin  
[www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/?type=1107386203&tx\\_bcpagflip\\_pi1\[book\]=47&tx\\_bcpagflip\\_pi1\[action\]=show&tx\\_bcpagflip\\_pi1\[controller\]=Book](http://www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/?type=1107386203&tx_bcpagflip_pi1[book]=47&tx_bcpagflip_pi1[action]=show&tx_bcpagflip_pi1[controller]=Book) (abgerufen 04.03.2018)

*Bundesverband Wärmepumpen* (9-2017): Praxisratgeber Modernisierung mit Wärmepumpe 9-2017, Berlin:  
[www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/?type=1107386203&tx\\_bcpagflip\\_pi1%5Bbook%5D=48&tx\\_bcpagflip\\_pi1%5Baction%5D=show&tx\\_bcpagflip\\_pi1%5Bcontroller%5D=Book](http://www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/?type=1107386203&tx_bcpagflip_pi1%5Bbook%5D=48&tx_bcpagflip_pi1%5Baction%5D=show&tx_bcpagflip_pi1%5Bcontroller%5D=Book) (abgerufen am 04.03.2018)

*Erb, Markus/Hubacher, Peter/Ehrbar, Max* (2003): Feldanalyse von Wärmepumpen FRWA 1996-2003, CH-Buchs  
[www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000008070.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000008070.pdf) (abgerufen am 22.02.2018)

*Heller, Christian* (2011): Ambitionierte Klimaziele bis 2020. Analyse und Auswirkungen auf Österreich. [www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0336.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0336.pdf) (abgerufen am 08.02.2018).

<http://iibw.at/documents/2012%20IIBW.%20Effizienzpotenziale%20Wohnungspolitik.pdf> (abgerufen am 22.04.2018).

*Huber, Heinrich/Schöfmann, Petra/Zottl, Andreas* (2014): Wärme! Pumpen zur energieeffizienten Wärmeversorgung: Magistrat der Stadt Wien

*Kunz, Peter/Afjei, Thomas/Betschart, Werner/Hubacher, Peter/Löhrer, Rolf/Müller, Andreas/Prochaska, Valdimir* (2008): Handbuch Wärmepumpen, Bern: Bundesamt für Energie

[www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12449173\\_128523298/f9e55343/KESS2030\\_Web\\_Seiten.pdf](http://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12449173_128523298/f9e55343/KESS2030_Web_Seiten.pdf) (abgerufen am 08.02.2018).

*Umweltbundesamt* (2013): Forum Schall, Wien:

[www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum\\_schall/downloads/informationsblatt\\_Luftwaermepumpen\\_2013.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/laerm/forum_schall/downloads/informationsblatt_Luftwaermepumpen_2013.pdf) (abgerufen am 26.02.2018)

*Umweltbundesamt* (2017): Treibhausgase, Wien:  
[www.umweltbundesamt.at/umwelt/luft/treibhausgase](http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/luft/treibhausgase) (abgerufen am 23.02.2018).

*Viessmann* (9/2011): Planungshandbuch Wärmepumpen. Allendorf: Viessmann

*Vukits, Martin/Fink, Christian/Heinz, Andreas/Lerch, Werner* (2013): Neue Energien 2020, Gleisdorf: AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

*Wendnagel, Jürgen* (2017): Sparsam Heizen mit Umweltenergie. In Effizienz-Häuser. 8/9-2017, D-Fellbach: Fachschriften-Verlag

[www.bundeskanzleramt.gv.at/documents/131008/569203/Regierungsprogramm\\_2017-2022.pdf/b2fe3f65-5a04-47b6-913d-2fe512ff4ce6](http://www.bundeskanzleramt.gv.at/documents/131008/569203/Regierungsprogramm_2017-2022.pdf/b2fe3f65-5a04-47b6-913d-2fe512ff4ce6) (abgerufen am 22.04.2018).

[www.guntamatic.com/fileadmin/PDF\\_Produkte/Prospekte/Prospekt\\_HYBRID.pdf](http://www.guntamatic.com/fileadmin/PDF_Produkte/Prospekte/Prospekt_HYBRID.pdf) (abgerufen am 26.02.2018).

[www.raumplanung.steiermark.at](http://www.raumplanung.steiermark.at) (2013): Landesentwicklungsleitbild Steiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, A17 Landes- und Regionalentwicklung, Graz

[www.raumplanung.steiermark.at/cms/dokumente/10206394\\_264543/49431d88/Landesentwicklungsleitbild\\_27062013.pdf](http://www.raumplanung.steiermark.at/cms/dokumente/10206394_264543/49431d88/Landesentwicklungsleitbild_27062013.pdf) (abgerufen am 13.02.2018).

[www.solarfocus.com/prospekte/Waermepumpe/de/Luftwaermepumpe\\_01-2018\\_Ansicht.pdf](http://www.solarfocus.com/prospekte/Waermepumpe/de/Luftwaermepumpe_01-2018_Ansicht.pdf) (abgerufen am 08.04.2018).

[www.waermepumpe-austria.at/betriebsarten](http://www.waermepumpe-austria.at/betriebsarten) (abgerufen am 25.03.2018)

## **Gesetze & Richtlinien:**

*OIB-Richtlinie 5* (2015): Schallschutz: Österreichisches Institut für Bautechnik, Ausgabe März 2015, Wien:

*Richtlinie 2012/27/EU*, Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 (abgerufen am 11.02.2018).

[www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2014\\_I\\_72/BGBLA\\_2014\\_I\\_72.pdfsig](http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2014_I_72/BGBLA_2014_I_72.pdfsig) (abgerufen am 24.03.2018)

**Sammelbände / Herausgeberwerke:**

*Hartmann, Frank* (2007): Wärmepumpen. Berlin: Rondo Druck GmbH. Ebersbach

*Pisthol, Wolfram/Rechenauer, Christian/Scheuerer, Birgit* (2013): Handbuch der Gebäudetechnik. 8 Auflage Band 2. Köln: Werner Verlag

Schlagnitweit, Helmut/Wagner, Harald (2013): Heizungs- und Lüftungstechnik. Wien: Verlag Jugend & Volk GmbH

## **ExpertInnen Interviews:**

ExpertInnengespräch *IP-01*, Techniker Außendienst Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 23.03.2017, Gleisdorf.

ExpertInnengespräch *IP-02*, Geschäftsführer, geführt von Gerald Friedrich, 26.03.2017, Fehring.

ExpertInnengespräch *IP-03*, Leiter Entwicklung Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 27.03.2017, Pinkafeld.

ExpertInnengespräch *IP-04*, Techniker Außendienst Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 28.03.2017, Voitsberg.

ExpertInnengespräch *IP-05*, Techniker Entwicklung Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 29.03.2017, Steyr.

ExpertInnengespräch *IP-06*, Technischer Leiter Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 29.03.2017, Wels.

ExpertInnengespräch *IP-07*, Techniker Innendienst Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 30.03.2017, Gnas.

ExpertInnengespräch *IP-08*, Techniker Innendienst Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 03.04.2017, Machtrenk.

ExpertInnengespräch *IP-09*, Techniker Innendienst Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 09.04.2017, Graz.

ExpertInnengespräch *IP-10*, Geschäftsführer, geführt von Gerald Friedrich, 12.04.2017, Bad Radkersburg.

ExpertInnengespräch *IP-11*, Technischer Leiter Bereich WP, geführt von Gerald Friedrich, 18.04.2017, Matrei

## 13. ANHANG

### 13.1. Interviewleitfaden

#### Interviewleitfaden für die empirische Auswertung der Masterthesis vom Master-Studium Integrales Gebäude- und Energiemanagement

##### Titel

Einsatzmöglichkeiten von Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsysteme bei der Modernisierung von Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines Master of Science (MSc)

Verfasst von: **Gerald Friedrich**

Matrikel-Nr. **15F1583**

Betreuer: Dipl.- Ing. Dr. Helmut Matschnig

Datum:

Start:

Ende:

Interviewpartner:

Unternehmen:

## Vorgang für den Interviewpartner:

- + Mobiltelefon bitte abschalten.
- + Einverständnis vom Interviewpartner für Tonaufzeichnung und Anonymisierung einholen.
- + Fragen möglichst offen beantworten lassen, Stichwort bei Bedarf.
- + Start der Tonbandaufzeichnung.

## Einführung durch den Interviewer:

- + Begrüßung (Vorstellung, Bedanken für die Zeit).
- + Offizielles Einverständnis von Tonbandaufzeichnung und Anonymisierung festhalten.
- + Kurzvorstellung des Themenbereiches der Masterarbeit

Welche Chancen und Risiken haben Biomasse-Wärmepumpen-Hybridsysteme bei einer Modernisierung der Heizungsanlage in Einfamilienhäusern?

### + Themenbereich / Kategorien

1. Allgemeine Fragen
2. Anforderung ans Gebäude
3. Planung Heizung
4. Potenziale
5. Energieeffizienz & Einsparung
6. Abschlussfragen

- + Es soll kein Richtig oder Falsch bzw. Ja oder Nein geben.



## Allgemeine Fragen:

1. Bitte eine kurze Vorstellung Ihres Unternehmens?
2. Welcher Aufgabenbereich im Unternehmen liegt unter Ihrer Verantwortung?
3. Welchen Stellenwert haben Wärmepumpen in Ihrem Unternehmen?
4. Welche Berührungspunkte hatten Sie in Ihrer beruflichen Position mit der Modernisierung von Wärmepumpensystemen bei Einfamilienhäusern?

## Anforderungen ans Gebäude:

5. Was ist momentan bei der Errichtung eines Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systems im Einfamilienhaus zu berücksichtigen?
6. Welche baulichen Anforderungen müssen Luft-Wärmepumpen bei der Außen- aufstellung erfüllen?
7. Welche baulichen Anforderungen müssen Luft-Wärmepumpen bei der Innenauf- stellung erfüllen?
8. Wie viel Platzbedarf hat ein Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-System Ihrer Mei- nung nach?
9. Welche Nachteile könnten beim Einbau von Hybridsystemen entstehen?
10. Welche Anforderungen werden seitens der Einfamilienhausbesitzer mit der Mo- dernisierung von Wärmepumpen an Ihr Unternehmen gestellt?

## Planung Heizung:

11. Inwieweit wird der integrale Planungsprozess für die Planung und Modernisierung von Heizungsanlagen mit Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen bei Einfamilienhäusern bereits angewendet?
12. Auf welche Funktionen ist beim Einbau von Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen zu achten?
13. Wie können bestehende Pufferspeicher berücksichtigt werden?
14. Ist der Einbau eines Pufferspeichers empfehlenswert?
15. Welche Auswirkungen hat ein schlecht gedämmtes Einfamilienhaus auf das Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-System?
16. Welche Umschalttemperatur bei Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen ist Ihrer Meinung nach empfehlenswert?
  - Warum der Abgleich?
  - Warum bei dieser Temperatur?
17. Welche baulichen Anforderungen an den Sockel, die Kältemittelleitungen und die Luftzirkulation gibt es bei Wärmepumpen?

## Potenziale:

18. Womit würden Sie den Begriff „Alternative Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systeme“ in Verbindung bringen?
  - Warum Öl?
  - Warum Gas?
19. Wo liegen Ihrer Meinung nach die größten Potenziale bei den alternativen Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen in Österreich?

20. Was könnten die Gründe dafür sein, ein solches System nicht einzubauen?
21. Wo sehen Sie die Einsatzmöglichkeiten von Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen?
22. Welche Modelle von Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen kennen Sie?
- Welche würden sie bevorzugen?
23. Der selbst erzeugte Sonnenstrom könnte mit der Wärmepumpe veredelt werden, was ist Ihre Meinung dazu?
24. Was können die Gründe gegen eine Kombination mit der PV-Anlage zu sein?

### **Energieeffizienz & Einsparung:**

25. Wird Ihrer Meinung nach bei der Sanierung mit Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen-Systemen der primäre Energieanteil an Pellets oder Strom gesenkt?
- Wenn ja, welche?
  - Wenn nein, aus welchem Grund?
26. Wird die Energieeffizienz des Systems dadurch gesteigert?
- Wenn ja, warum?
  - Wenn nein, weshalb?
27. Gibt es Vorteile beim Einbau eines Biomasse-Hybrid-Wärmepumpen Systems in einem Einfamilienhaus?
28. Ist es Ihrer Meinung nach sinnvoll, eine Photovoltaikanlage in ein Biomasse-Hybrid-System zu integrieren?

29. Was zeichnet aus Ihrer Sicht ein Hybridsystem aus?

30. Wo sehen Sie den Unterschied zwischen Hybrid-Systemen und Bivalent-Systemen?

### **Abschlussfragen:**

31. In welchem Bereich Ihres Unternehmens sehen Sie in Zukunft das größte Potenzial bei der Modernisierung mit Biomasse-Wärmepumpen-Hybrid-Systemen?

32. Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung von Hybrid-Wärmepumpen bei Einfamilienhäusern?

33. Gibt es sonst noch Aspekte, welche aus Ihrer Sicht für die vorliegende Thematik interessant wären?

34. Abschlussfrage: Wollen sie noch irgendwas zu diesem Thema sagen?

### **Anweisung an den Interviewer**

- ✚ Bedanken für das Interview
- ✚ Stoppen und sichern der Aufzeichnung
- ✚ Verabschiedung