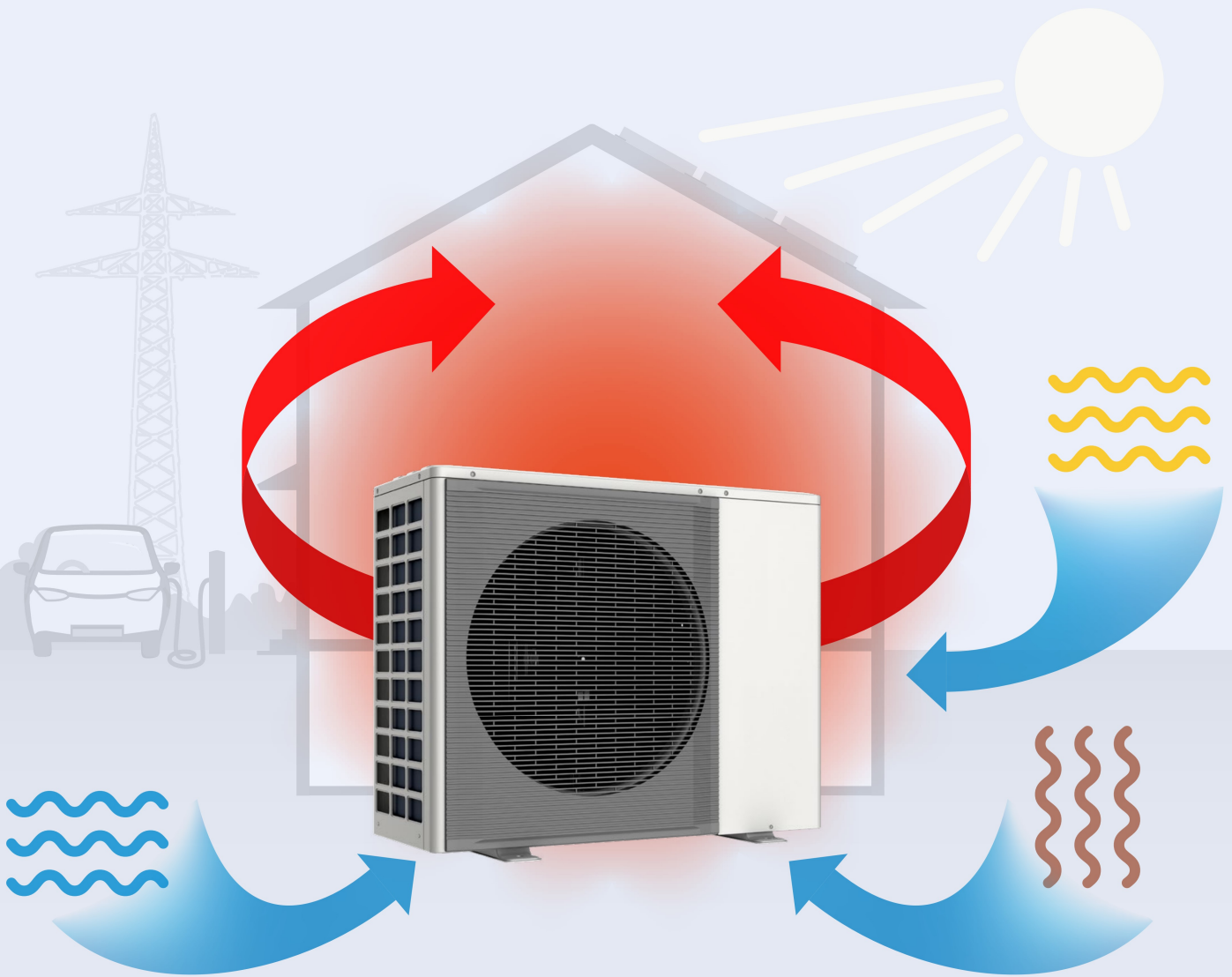


Markus Heigele, Lars Keller

# Leitfaden für Wärmepumpenanlagen

2. AUFLAGE



### **III.**

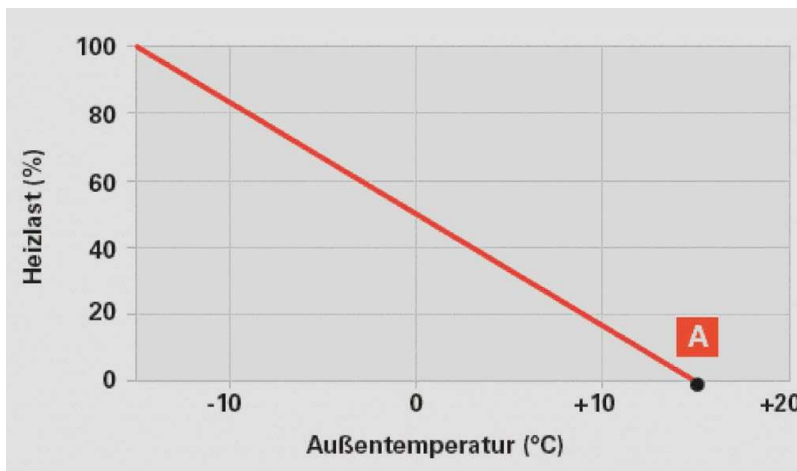
# **Praxisnahe Anlagenplanung und Betrachtung von Wärmequellen**

# 1 Betriebsweisen von Wärmepumpen

## 1.1 Monovalent

Unter monovalentem Betrieb versteht man den alleinigen Betrieb einer Wärmepumpe. Das bedeutet, dass nur die Wärmepumpe das gesamte Objekt mit Wärme versorgt – kein Heizstab, kein weiterer Wärmeerzeuger, einfach stand-alone.

Die Wärmepumpe startet bei der Heizgrenztemperatur A und deckt die Heizlast zu 100 % allein ab.



**Bild III-1:** Darstellung für monovalenten Betrieb (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)

## 1.2 Monoenergetisch

Bei einem monoenergetischen Betrieb gibt es nur den Brennstoff „Strom“ – also nur eine Energieform. Hier ist eine elektrisch betriebene Wärmepumpe und ein elektrischer Zusatzheizer als weiterer Wärmeerzeuger installiert. Der Zusatzheizer kann in der Wärmepumpe selbst oder außerhalb im Sekundärkreis verbaut sein. Die Zuschaltung erfolgt über die Einstellungen im Wärmepumpenregler. Die Betriebsweise ist dann bivalent-parallel.

## 1.3 Bivalent-parallel, bivalent-alternativ und bivalent-teilparallel

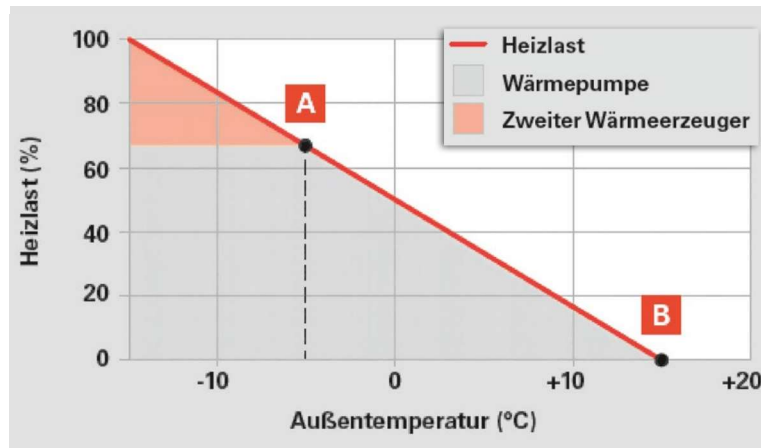
Bivalent bedeutet frei übersetzt: zwei Werte. Es existieren zwei Wärmeerzeuger, die entweder gleichzeitig (parallel) oder abwechselnd (alternativ) in Betrieb sein können.

### Beispiel

- Luftwärmepumpe mit einem integrierten elektrischen Zusatzheizer  
Bei **bivalent-parallelem Betrieb** übernimmt die Luftwärmepumpe die Heizlast von der Heizgrenztemperatur B so lange allein, bis die Gebäudeheizlast

höher als die Wärmeleistung der Maschine ist. An diesem Bivalenzpunkt A kommt der elektrische Zusatzheizer planmäßig dazu und hilft, die Gebäudeheizlast zu decken. Je tiefer die Außentemperatur, bei der der Zusatzheizer zugeschaltet werden muss, desto geringer sind die Betriebskosten. Diesem Umschaltpunkt A ist eine Bivalenztemperatur zugeordnet. In **Bild III-2** liegt die Bivalenztemperatur bei  $-5\text{ °C}$ .

**Bild III-2:** Darstellung für bivalent-parallel Betrieb (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)



Als Planungshilfe wird der Deckungsanteil der Wärmepumpe mit Hilfe des Leistungsanteils  $\xi$  festgelegt. Dieser gewählte Leistungsanteil ist das Verhältnis von Heizleistung der Wärmepumpe bei Norm-Außentemperatur zur Heizlast der Anlage. **Tabelle III-1** (siehe VDI 4650:2016 Blatt 1 oder VDI 4645 Anhang G) liefert daraus den Deckungsanteil  $\alpha$  der Wärmepumpe an der Jahresheizarbeit.

**Tabelle III-1:** Deckungsanteil  $\alpha$  in Abhängigkeit vom Leistungsanteil  $\xi$  bei monoenergetischem oder bivalentem (parallel oder alternativ) Betrieb (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)

Quellen	Betriebsweise bivalent oder monoenergetisch	Leistungsanteil $\xi$ der Wärmepumpe bei Norm-Außentemperatur in %							
		100 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %
Sole, Wasser, Direktverdampfung	alternativ	1,00	0,97	0,93	0,88	0,78	0,64	0,45	0,21
	parallel	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,92	0,84	0,71
Luft	alternativ	1,00	0,99	0,97	0,94	0,91	0,86	0,76	0,57
	parallel	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,87

## Beispiel

### Heizlast 50 kW

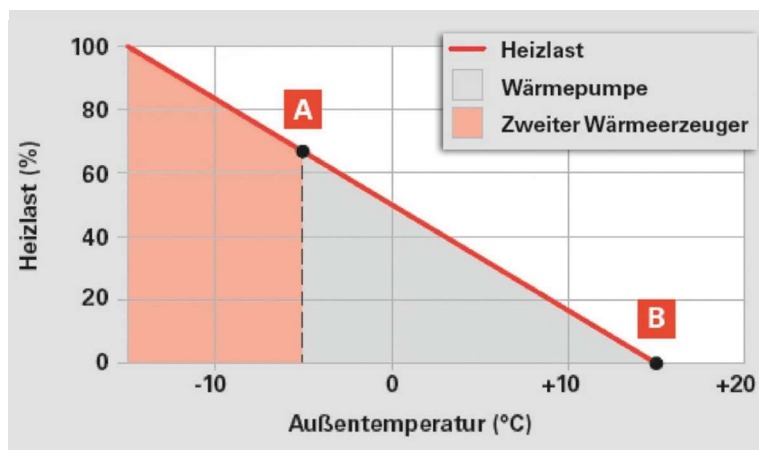
Bei einem System aus einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit 25 kW und einem Gasbrennwertkessel mit 25 kW Heizleistung beträgt der Leistungsanteil der Wärmepumpe 50 % und ergibt einen Deckungsanteil im parallelen Betrieb von 92 % der Jahreswärmemenge. Um mit halber Leistung 92 % der Jahreswärmemenge zu erzielen, erhöht sich die Laufzeit der Wärmepumpe deutlich.

### III. Praxisnahe Anlagenplanung und Betrachtung von Wärmequellen

Folglich muss diese Energie auch von der Wärmequelle geliefert werden. Das muss bei erdgekoppelten Systemen (Sonden, Erdkollektoren usw.) berücksichtigt werden, da dies ein sehr großer Kostenfaktor ist.

b) Luftwärmepumpe mit einem Gasbrennwertkessel

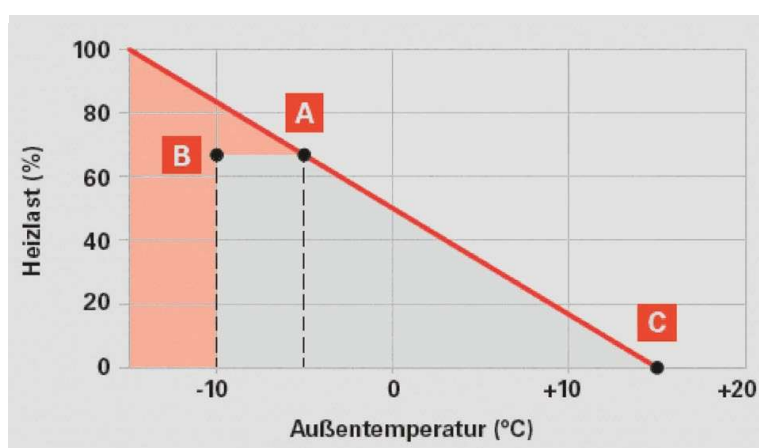
Bei **bivalent-alternativem Betrieb (Bild III-3)** übernimmt die Luftwärmepumpe die Heizlast so lange alleine, bis die Gebäudeheizlast höher als die Wärmeleistung der Maschine ist. Bei dieser Außentemperatur wird die Wärmepumpe aus- und der Gasbrennwertkessel eingeschaltet. Der Gasbrennwertkessel muss somit die gesamte Gebäudeheizlast allein stemmen können. D. h. es läuft immer nur einer der beiden Wärmeerzeuger. Diesem Abschalttempunkt A ist eine Abschalttemperatur zugeordnet.



**Bild III-3:** Darstellung für bivalent-alternativen Betrieb (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)

c) **Bivalent-teilparallel (Bild III-4)**

Ab einer definierten Außentemperatur schafft die Wärmepumpe die erforderliche Heizlast nicht mehr. An diesem Bivalenzpunkt A holt sich der Wärmepumpenregler den zweiten Wärmeerzeuger dazu. Nun laufen beide Wärmeerzeuger parallel bis zu einer zweiten, tieferen Außentemperatur. An diesem Abschalttempunkt B klinkt sich nun die Wärmepumpe aus und der zweite Wärmeerzeuger muss die komplette Heizlast decken.



**Bild III-4:** Darstellung für bivalent-teilparallelen Betrieb (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)

## 1.4 Reversibler Betrieb

Mittels eines Vier-Wege-Ventils kann der Kältekreislauf umgekehrt werden. D. h. der Verdampfer wird zum Verflüssiger und der Verflüssiger zum Verdampfer. Diese Technik ist weit verbreitet bei Luftwärmepumpen, um den Abtauprozess durchzuführen und/oder die Luftwärmepumpe zur aktiven Kühlung (insbesondere Raumkühlung) einzusetzen.

## 1.5 Hybridanlage mit weiterem Wärmeerzeuger

Wärmepumpen können beispielsweise auch mit Gas- oder Ölkesseln, Pelletkesseln, thermischen Solaranlagen, einem Blockheizkraftwerk bzw. einer Brennstoffzelle oder einem Kaminofen mit Wassertasche kombiniert werden. Zu einer ordentlichen Hybridanlage gehört auch eine übergeordnete Regelung. Als Mindestanforderung an das Steuerungssystem muss die Freigabe des zweiten Wärmeerzeugers durch den Wärmepumpenregler erfolgen.

Abhängig von den aktuellen Energiekosten oder auch aus ökologischer Sicht (CO<sub>2</sub>-Einsparung) kann der Anlagenbetreiber entweder die Wärmepumpe oder den weiteren Wärmeerzeuger bevorzugt betreiben. Viele Konstellationen sind denkbar, jedoch ist nicht jede Kombination technisch oder wirtschaftlich sinnvoll.

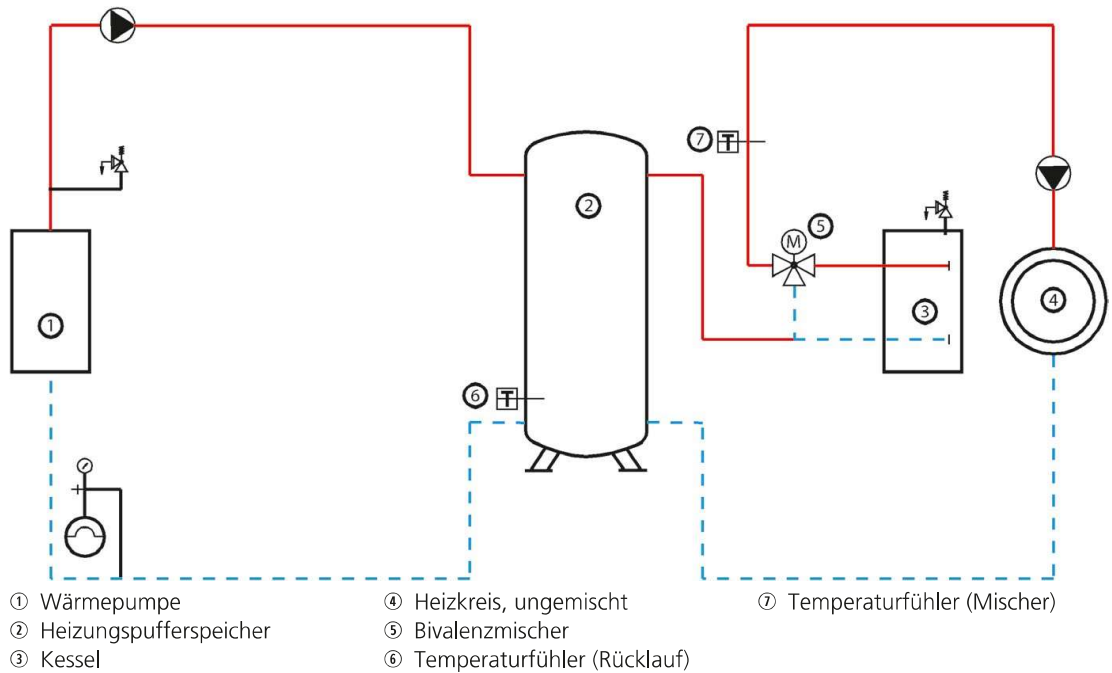
- ▶ Welche Systemtemperaturen sind gefordert (unter anderem Trinkwarmwasserbereitung, Lüftungsanlagen)?
- ▶ Liegt eine Einschränkung der elektrischen Netzkapazität vor?
- ▶ Reicht die Wärmequelle nicht aus, um das Gebäude komplett zu versorgen?
- ▶ Welche Werte sind dem Investor am wichtigsten (unter anderem Investitionskosten, Betriebskosten, Innovation, Image, CO<sub>2</sub>-Einsparung)?

Es sollte darauf geachtet werden, dass der Wärmeerzeuger mit unterschiedlichen Brennstoffen und Stärken kombiniert wird. Das Gesamtkonzept wird auf Basis der Investorenvorgaben und der technischen sowie gesetzlichen Rahmenbedingungen erstellt. Das Ergebnis ist immer eine Schnittmenge mit gewissen Kompromissen, in denen die eine oder andere Komponente stärker bzw. schwächer Berücksichtigung findet. Die eierlegende Wollmilchsau gibt es eben nicht.

Bei Hybridanlagen ist eine detaillierte Planung im Vorfeld äußerst wichtig, da auf Volumenströme und Temperaturen penibel geachtet werden muss. Ein besonderes Augenmerk sollte auf das Regelungskonzept und die Inbetriebnahme gelegt werden. Beispielsweise kann ein Festbrennstoffkessel (hohe Temperaturen) eine zu hohe Rücklauftemperatur bewirken und so die Wärmepumpe „rückwärts“ aus dem Spiel nehmen. Weitere Punkte der Planung sind das Taktverhalten und die Bereitschaftsverluste der jeweiligen Wärmeerzeuger.

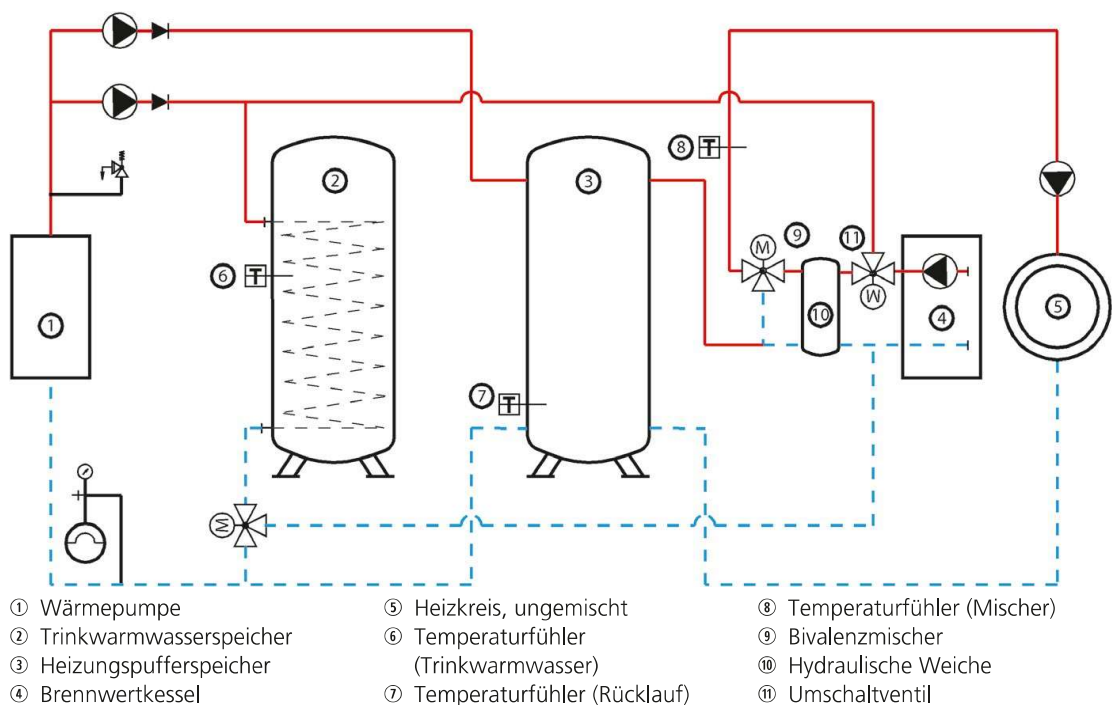
**Bild III-5** stellt den Betrieb einer Wärmepumpe als Grundlastwärmeerzeuger mit einem parallel geschalteten Heizwasser-Pufferspeicher dar. Die Effizienz der Wärme-

### III. Praxisnahe Anlagenplanung und Betrachtung von Wärmequellen



**Bild III-5:** Bivalente Betriebsweise mit Parallelpuffer und Niedertemperaturkessel (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)

pumpe ist maßgeblich von der Vorlauftemperatur abhängig. Aus diesem Grund muss die Feuerstätte als Spitzenlastwärmeerzeuger in den Heizungsvorlauf eingebunden werden. Der Anlagenrücklauf wird über den Heizwasser-Pufferspeicher der Wärmepumpe direkt zugeführt. Über eine Beimischschaltung im Vorlauf kann



**Bild III-6:** Bivalente Betriebsweise mit hydraulischer Weiche und Gasbrennwertwandgerät (Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.)