

Berichtsentwurf, 22. März 2021

# **Empfehlung für GeoCooling-Einstellungen bei Erdwärmesonden-Wärmepumpen-Anlagen in Wohnbauten mit Fussbodenheizung**



**energie schweiz**

Unser Engagement: unsere Zukunft.

**Autor**

Désirée Stocker – GEBÄUDETECHNIKATELIER AG

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.**

**Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

**Adresse**

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen. Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, [www.infoline.energieschweiz.ch](http://www.infoline.energieschweiz.ch)

[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch), [twitter.com/energieschweiz](https://twitter.com/energieschweiz)

## Zusammenfassung

Ziel dieser Empfehlung ist es, Einstellungen für einen effizienten GeoCooling-Betrieb mit möglichst hohem Nutzerkomfort zu beschreiben.

Um die Aufgabe zu erfüllen wurden die Funktionsweisen der in der Schweiz am häufigsten eingesetzten Wärmepumpenregler studiert. Die Empfehlungen der Lieferanten wurden überprüft. Die klimatischen Bedingungen in der Schweiz wurden analysiert. Aus den Erkenntnissen wurden die Einstellungsempfehlungen erstellt.

Die zwingend einzustellenden Parameter sind Heizgrenze, Kühlgrenze und Kühlkurve. Diese Parametereinstellungen stehen in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander. Die Heizgrenze wird vor allem durch die Bauart des Gebäudes beeinflusst. Je dichter die Bauart desto tiefer die Einstellung der Heizgrenze. Bei neueren Bauten sollte die Einstellung bei 16°C oder tiefer sein. Die Mittelungszeit der Aussentemperatur hat einen signifikanten Einfluss auf die Funktionsweise. Es wird eine Mittelungszeit von mind. 24 h empfohlen.

Die Kühlgrenze wird mit einer Differenz von mind. 4 K über der Heizgrenze gesetzt, wobei die Mittelungszeit ebenfalls bei mind. 24 h liegen soll.

Die Kühlkurve sollte nach Aussentemperatur steigend eingestellt werden. Der Fusspunkt wird bei mind. 19°C empfohlen. In Regionen mit einer hohen Luftfeuchtigkeit, kann es notwendig sein die Kühlkurve um 1 – 2 K zu erhöhen. Damit wird die Kondensatbildung verhindert.

Es wird empfohlen eine Sperrzeit von mind. 12 h zwischen Heiz- und Kühlbetrieb zu definieren. Wenn der entsprechende Parameter nicht zur Verfügung steht, sind die optimalen Einstellungen von Heiz- und Kühlgrenze mit genügend langer Mittelungszeit, umso wichtiger.

## Résumé:

L'objectif de cette recommandation est de décrire les paramètres pour un fonctionnement du Geo-Cooling de manière efficace avec le plus haut niveau de confort d'utilisation possible.

Afin d'accomplir cette tâche, nous avons étudié les fonctionnalités des régulateurs de pompe à chaleur les plus fréquemment utilisés en Suisse. Les recommandations des fournisseurs ont été vérifiées. Les conditions climatiques en Suisse ont été analysées. Et c'est à partir de ces résultats que des recommandations de mise en place ont été élaborées.

Les paramètres à régler sont la limite de chauffage, la limite de refroidissement et la courbe de refroidissement. Ces réglages de paramètres sont interdépendants. La limite de chauffage est principalement influencée par le type de bâtiment. Plus la conception est dense, plus le réglage de la limite de chauffage est bas. Dans les bâtiments plus récents, le réglage doit être de 16 ° C ou moins. La durée moyenne de la température extérieure a une influence significative sur la fonctionnalité. Une durée moyenne d'au moins 24 heures est recommandée.

La limite de refroidissement est réglée avec une différence d'au moins 4 K au-dessus de la limite de chauffage, le temps de calcul de la moyenne devant également être d'au moins 24 h.

La courbe de refroidissement doit être réglée de manière croissante en fonction de la température extérieure. Le point de base est recommandé au minimum à 19 ° C. Dans les régions à forte humidité, il peut être nécessaire d'augmenter la courbe de refroidissement de 1 à 2 K. Cela empêche la formation de condensation.

Il est recommandé de définir un temps de blocage d'au moins 12 heures entre les modes chauffage et refroidissement. Si le paramètre correspondant n'est pas disponible, les réglages optimaux des limites de chauffage et de refroidissement avec une durée de calcul de la moyenne suffisamment longue sont d'autant plus importants.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Zielsetzung</b> .....	<b>6</b>
1.1	Motivation für die Erstellung der Empfehlung .....	6
1.2	Lösungsansatz .....	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Vorgehen</b> .....	<b>7</b>
2.1	Austausch mit Lieferanten .....	7
2.1.1	Regler und dazu bestehende Anweisungen .....	7
2.1.2	Gebäudedaten .....	7
2.1.3	Einstellparameter .....	7
2.1.4	Messwerte .....	8
2.1.5	Hersteller-Empfehlungen .....	8
2.1.6	Weiterführende Fragestellungen .....	8
2.2	Betriebsanleitungen / Regelfunktionen .....	8
2.2.1	Funktionsweise der Regler .....	8
2.2.2	Gebäude- / standortspezifische Einflussfaktoren .....	8
2.3	Analyse der einzelnen Parameter .....	9
2.3.1	Heizgrenze / Winterbetrieb .....	9
2.3.2	Kühlgrenze .....	9
2.3.3	Sperrzeit zwischen Heiz- und Kühlbetrieb .....	10
2.3.4	Kühlkurve vs. Festwertkühlung .....	12
2.3.5	Vermeiden von Kondensatbildung .....	12
<b>3</b>	<b>Einstellparameter GeoCooling</b> .....	<b>13</b>
3.1	Zwingend erforderliche Einstellparameter .....	13
3.1.1	Heizgrenze / Winterbetrieb .....	13
3.1.2	Kühlgrenze .....	13
3.1.3	Kühlkurve .....	14
3.2	Empfohlene Einstellparameter .....	14
3.2.1	Sperrzeit zwischen Heiz- und Kühlbetrieb .....	14
<b>4</b>	<b>Schlussbemerkung</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>15</b>

# 1 Ausgangslage und Zielsetzung

## 1.1 Motivation für die Erstellung der Empfehlung

GeoCooling (FreeCooling, passives Kühlen) ist schon lange bekannt und wird gerade in Neubauten gerne angewendet. Aufgrund verschiedener Erfahrungen und Aussagen, auch im Zusammenhang mit dem Regenerationsanteil durch GeoCooling, wurde festgestellt, dass auf dem Markt, auch unter Fachleuten, Unsicherheiten zu den Regelparametern für einen optimalen FreeCooling-Betrieb bestehen. Dabei geht es um regeltechnische Empfehlungen basierend auf den auf dem Markt üblichen Steuerungsmöglichkeiten bei den verfügbaren, seriell hergestellten Wärmepumpen.

Die gegenseitigen Abhängigkeiten und Einflüsse von Regelparametern für Heizbetrieb bzw. Kühlbetrieb einer Erdsondenwärmepumpe sind nicht immer offensichtlich. Darum kommt es vor, dass in der Praxis die Anlagen zu lange in der Saison heizen oder zu früh in der Saison den Kühlbetrieb aufnehmen. Wenn beide Umstände zusammenkommen, kann der energetisch schlechteste Fall eintreten: In der Nacht wird das Gebäude beheizt und Tags darauf ist die Kühlung aktiv.

## 1.2 Lösungsansatz

Für die Definition des Vorgehens wurde zuerst eruiert welche Zielgruppen mit der Empfehlung angesprochen werden sollen und welche Anforderung jede Zielgruppe an vorliegendes Thema stellt.

<b>Gesetzliche Vorgaben</b>	Die Energiegesetze fordern effiziente Gebäudetechnik-Systeme.
<b>Anlagenutzer</b>	Nutzer wollen einen hohen Komfort in den Wohnräumen, das heisst eine möglichst konstante Raumtemperatur.
<b>Inbetriebnahmetechniker</b>	Techniker die eine Inbetriebnahme durchführen und Einstellungen vornehmen, arbeiten am effizientesten mit strukturierten Vorgaben.

Die Bedienungsanleitungen der Regler beschreiben die Regelparameter, welche für die FreeCooling-Einstellungen relevant sind und deren Abhängigkeiten voneinander. Die Bedienungsanleitungen der in der Schweiz am häufigsten eingesetzten Wärmepumpenregler, wurden studiert. Die für das Projekt relevanten Parameter wurden definiert und in Hersteller unabhängiger Form beschrieben. Auch die gebäude-, steuerungs-, klima- und standortspezifischen Daten wurden in die Betrachtung miteinbezogen. Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten der Parameter wurden aufgezeigt. Zur Sicherstellung des richtigen Verständnisses aller gewonnenen Erkenntnisse wurden die Lieferanten zu den Einstellungen befragt und diese Ergebnisse wurden ausgewertet. Aufgrund dieser Studien und Umfragen wurden die optimalen Einstellungen definiert und vorliegende Empfehlung erstellt.

## 2 Grundlagen und Vorgehen

### 2.1 Austausch mit Lieferanten

Im Rahmen einer Umfrage, welche über die Fachverbände FWS und GKS, unter den Lieferanten durchgeführt wurde, konnten die Erkenntnisse aus dem Unterlagenstudium überprüft werden. Die Umfrage wurde in folgende Themenbereiche gegliedert:

- Regler und dazu bestehende Anweisungen
- Gebäudedaten
- Einstellparameter
- Messwerte

#### 2.1.1 Regler und dazu bestehende Anweisungen

Die eingegangenen Antworten bilden 48 Reglertypen ab, wobei Mehrfachnennungen von gleichen Typen anzunehmen sind, da die verschiedenen Lieferanten zum Teil die Wärmepumpen mit identischen Reglertypen ausgestattet haben. Alle Hersteller arbeiten bereits mit klaren Einstellungsvorgaben. Dafür werden Checklisten verwendet und bei 30% der Anlagen werden die Vorgaben Anlagenspezifisch definiert.

#### 2.1.2 Gebäudedaten

Folgende gebäudespezifischen Faktoren haben Einfluss auf den FreeCooling-Betrieb

- Gebäudestandort
- Klimatische Besonderheiten
- Gebäudekonstruktion / Speicherfähigkeit
- Bodenbeläge

Allerdings wird dies bei den Einstellvorgaben nur teilweise berücksichtigt.

#### 2.1.3 Einstellparameter

Folgende Einstellparameter sind auf allen Reglern vorhanden:

- Heizgrenze
- Kühlkurve
- Feste Solltemperatur für den Kühlbetrieb
- Obere Kühlgrenze
- Untere Kühlgrenze
- Ansteuerung des Regelventils
- Ansteuerung der Umwälzpumpe

In einigen Fällen fehlt eine Einstellmöglichkeit für die minimal Stillstandszeit oder Sperrzeit zwischen dem Heiz- und dem Kühlbetrieb. In diesen Fällen sind die Einstellungen für die Heizgrenze, die Kühlgrenze und die Mittelungszeit der Aussentemperatur von grösserer Bedeutung.

#### **2.1.4 Messwerte**

Die Messdaten welche die Regelung des Freecooling-Betriebes beeinflussen sind die Aussentemperatur, Raumtemperatur und die Raumlufffeuchtigkeit. Mit der Aussentemperatur wird immer gearbeitet. Die Raumtemperatur und die Raumlufffeuchtigkeit werden nur bei 20% der Regler immer gemessen. Bei 70% der Regler wird die Raumtemperatur teilweise gemessen, die Raumlufffeuchtigkeit wird bei 40% der Regler teilweise gemessen.

#### **2.1.5 Hersteller-Empfehlungen**

Die Einstellempfehlungen der Hersteller sind im Allgemeinen einheitlich. Der Kühlbetrieb wird ab einer Aussentemperatur > 24°C freigegeben. Es wird eine Kühlkurve eingestellt, wobei die Empfehlungen hier in zwei entgegengesetzte Richtungen gehen. Die einen stellen die Kühlkurve mit der Aussentemperatur steigend ein, bei den anderen wird die Vorlauftemperatur bei steigender Aussentemperatur gesenkt. Wird die Kühlkurve mit sinkender Vorlauftemperatur eingestellt, hat dies eine grössere Kühlleistung und damit einen besseren Kühleffekt zur Folge, allerdings erhöht sich dadurch das Kondensationsrisiko.

#### **2.1.6 Weiterführende Fragestellungen**

Aus den Ergebnissen der Umfrage und dem Austausch mit den Lieferanten, ergaben sich weitere Fragestellungen:

- Wie können Gebäudedaten bei den Einstellungen verstärkt berücksichtigt werden, da deren Einfluss recht gross ist?
- Warum wird mehrheitlich die Einstellung einer Kühlkurve anstelle eines festen Sollwertes empfohlen?

## **2.2 Betriebsanleitungen / Regelfunktionen**

### **2.2.1 Funktionsweise der Regler**

Die untersuchten Wärmepumpenregler arbeiten alle nach Aussentemperatur. Das heisst es wird bei allen aufgrund der gemessenen Aussentemperatur der aktuelle Betrieb bestimmt. Es wird unterschieden zwischen Heizbetrieb und Kühlbetrieb. Der Bereich zwischen diesen beiden Betrieben gilt als neutrale Zone, da ist weder der Kühl- noch der Heizbetrieb aktiv.

Aufgrund der Aussentemperatur wird eine Heiz- bzw. Kühlkurve gefahren. Im Kühlbetrieb kann bei den meisten Reglern auch ein fixer Sollwert eingegeben werden. Mit diesen Einstellparametern werden jeweils die Regelventile angesteuert.

### **2.2.2 Gebäude- / standortspezifische Einflussfaktoren**

Die gebäude- und standortspezifischen Einflussfaktoren werden mit der Berechnung und entsprechenden Einstellung der Heiz- bzw. Kühlgrenze berücksichtigt.



Unter den gebäudespezifischen Faktoren sind insbesondere die Dichtigkeit der Gebäudehülle und die Speicherfähigkeit der Gebäudemasse zu berücksichtigen. Dabei gilt: je besser die Gebäudedämmung und je grösser die Speicherkapazität des Gebäudes desto träger reagiert das gesamte System auf Veränderungen der Aussentemperatur.

Der wichtigste standortspezifische Einflussfaktor betrifft die klimatischen Bedingungen. Insbesondere ist die Luftfeuchtigkeit von Bedeutung, da bei hoher Luftfeuchtigkeit und tiefen Kühltemperaturen die Gefahr von Kondenswasserbildung auf dem Fussboden besteht. Unter diesem Aspekt betrachtet, kann die Schweiz in drei Klimaregionen eingeteilt werden:

1. Tessin / Alpensüdseite: hohe Luftfeuchtigkeit
2. Mittelland: durchschnittliche Luftfeuchtigkeit
3. Bergregionen: tiefe Luftfeuchtigkeit

Um die Kondensatbildung zu vermeiden wird bisher nur von wenigen Wärmepumpenherstellern die Raumlufffeuchte gemessen und bei zu hoher Luftfeuchtigkeit im Verhältnis zur Kühltemperatur, wird die Kühlung ausgeschaltet. Um die Einstellung zu optimieren müssen die Anpassungen manuell vorgenommen werden.

## **2.3 Analyse der einzelnen Parameter**

### **2.3.1 Heizgrenze / Winterbetrieb**

Die Heizgrenze gibt an, ab welcher mittleren Aussentemperatur (°C) das Gebäude durch die Heizungsanlage nicht mehr beheizt werden muss, um die gewünschte Innentemperatur zu halten. Hier reicht der Fremdwärmeeinfluss, bestehend aus internen Wärmequellen und solarem Wärmeeintrag aus, um die Wärmeverluste über die Gebäudehülle zu decken.

Die korrekte Einstellung der Heizgrenze ist insbesondere abhängig von der Konstruktion des Gebäudes, dessen Standort, vom Wärmeeintrag und von der Mittelungszeit der gemessenen Aussentemperatur. Die Mittelungszeit kann bei den verschiedenen auf dem Schweizer Markt erhältlichen Standardwärmepumpenreglern von 6 h bis hin zu 72 h eingestellt werden. Je grösser die Mittelungszeit desto tiefer ist die einzustellende Grenztemperatur. Bezüglich der Gebäudekonstruktion gilt, je besser die Gebäudedämmung und je grösser die Speicherkapazität des Gebäudes desto tiefer ist die Grenztemperatur (Heizgrenze) einzustellen. Das gleiche gilt für die Mittelungszeit der Aussentemperatur: Je besser die Gebäudedämmung, desto grösser die Mittelungszeit der Aussentemperatur, wobei die Mittelungszeit von 24 h nicht unterschritten werden sollte (vgl. Kap. 2.3.3). Weitere Erläuterungen siehe Kapitel 3.3.2 von [1].

### **2.3.2 Kühlgrenze**

Die Aussagen zur Heizgrenze treffen gleichermassen auch auf die Einstellung der Kühlgrenze zu. Dabei ist aber zu beachten, dass zwischen Heiz- und Kühlgrenze eine genügend grosse neutrale oder inaktive Zone definiert wird. Damit wird verhindert, dass die dem Gebäude zugeführte Heizwärmeenergie zusammen mit dem in 2.3.1 erwähnten Fremdwärmeeinfluss dazu führt, dass am

gleichen Tag geheizt und gekühlt wird (vgl. Kap. 2.3.3). Zum vereinfachten Verständnis ist die Einstellung der Heiz- und Kühlkurve mit inaktiver Zone in Abb. 1 dargestellt. Die Werte sind Beispielwerte.

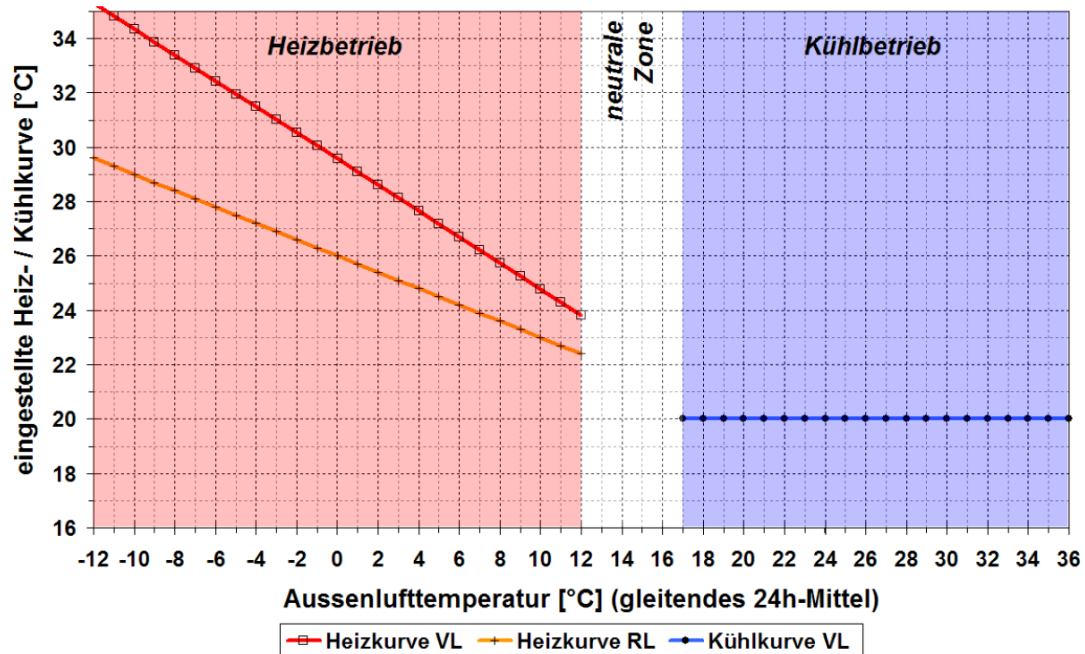


Abb. 1: Heiz- / Kühlkurve mit inaktiver Zone

### 2.3.3 Sperrzeit zwischen Heiz- und Kühlbetrieb

Eine Sperrzeit zwischen dem Heiz- und Kühlbetrieb kann einen Mehraufwand an Energie verhindern. Gleichzeitig bleibt die thermische Behaglichkeit gewährleistet. Mit einer Sperrzeit von mind. 12 h, bei einer Mittelungszeit der Aussentemperatur von weniger als 24 h, wird sichergestellt, dass an einem Tag entweder geheizt oder gekühlt wird. Beide Betriebe gleichentags werden verhindert. Beträgt die Mittelungszeit der Aussentemperatur 24 h oder mehr, kann auf die Einstellung einer Sperrzeit zwischen den beiden Betriebsarten verzichtet werden.

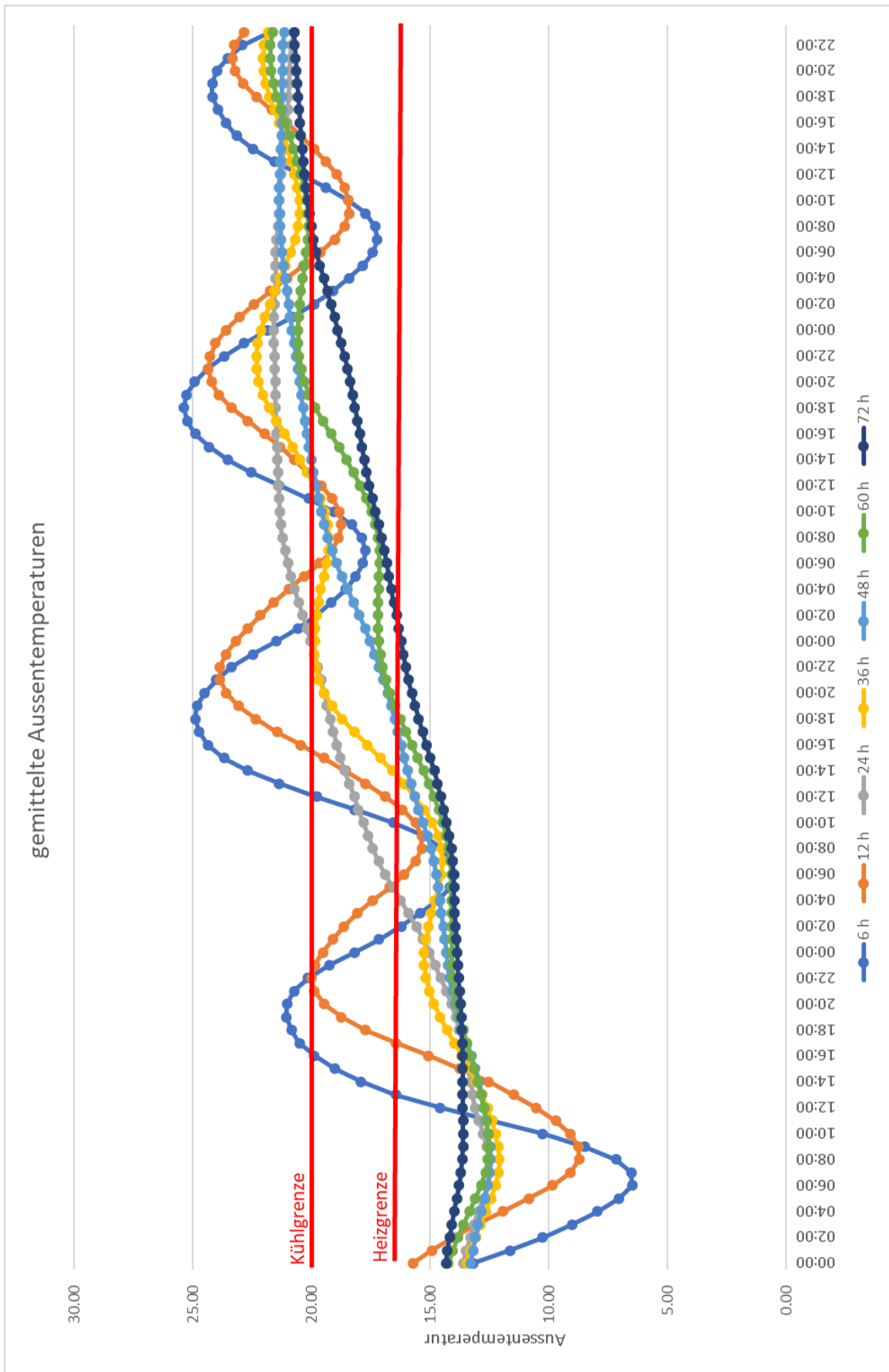


Abb. 2: Diagramm gemittelte Aussentemperaturen, unterschiedliche Mittelungszeiten

Aus dem Diagramm in Abb. 2 ist deutlich ersichtlich, dass bei einer Mittelungszeit der Aussentemperatur von 6 bzw. 12 h innerhalb eines Tages sowohl Heiz- als auch Kühlbetrieb aktiv sein können. Bei einer Mittelungszeit von 24 h oder mehr, wird die Kurve so stark abgeflacht, dass vom Unterschreiten der Heizgrenze bis zum Überschreiten der Kühlgrenze eine genügend lange Inaktivzeit besteht (Betrachtungszeitraum: 7.5. – 10.5.2020 Messstation Basel).

### **2.3.4 Kühlkurve vs. Festwertkühlung**

Bei einer Kühlkurve variiert die Vorlauftemperatur im Kühlwasser je nach Aussentemperatur. Die Kühlkurve besteht aus einem Fusspunkt (Kühlstart). Danach wird die Vorlauftemperatur mit steigender Aussentemperatur leicht angehoben.

Bei einer Festwertregelung wird die Vorlauftemperatur auf einen bestimmten Wert eingestellt. Diese Vorlauftemperatur wird unabhängig von der Aussentemperatur gehalten. Der Kühleffekt ist mit dieser Einstellung etwas höher als bei der steigenden Kühlkurveneinstellung.

Eine Festwertkühlung hat zwar den Vorteil, dass die Räume etwas stärker gekühlt werden. Dies birgt aber auch die Gefahr, dass die Raumtemperaturen eher in den Bereich des Taupunktes kommen. Mit einer Kühlkurve steigend mit den Aussenlufttemperaturen wird zwar der Systemnutzungsgrad des Kühlbetriebes reduziert, dafür wird aber das Kondensationsrisiko verringert. [2]

### **2.3.5 Vermeiden von Kondensatbildung**

In den Untersuchungen in Kapitel 2.3.3 von [2] wurde die Summenhäufigkeit der Taupunktüberschreitungsstunden ermittelt. Für eine Oberflächentemperatur des Fussbodens von 19°C ergibt sich für die Klimabedingungen in der Schweiz mit etwa 50 bis 150 Stunden ein geringes Risiko der Kondensatbildung. Bei Oberflächentemperaturen von 20°C sind es nur noch weniger als 30 Stunden. Damit kann das Risiko der Kondensatbildung als vernachlässigbar gering eingeschätzt werden. In Klimaregionen mit hoher Luftfeuchtigkeit (Tessin) kann eine Anhebung der Oberflächentemperatur um 1 K erforderlich sein.

Es ist mit Oberflächentemperaturen des Fussbodens von ca. 1 – 2 K über der Mediumtemperatur zu rechnen. Wobei der Bodenbelag eine wesentliche Rolle spielt. Bei Plattenböden wird die Oberflächentemperatur deutlich näher der Mediumtemperatur sein als z.B. bei Teppichbelägen.

### **Einflussfaktor Behaglichkeit der Fussbodenoberfläche**

Die unterschiedlichen Angaben die in [3] und [4] zu finden sind zum Temperaturempfinden von nackten Füßen abhängig vom Oberflächenmaterial sind in Tab. 1 zusammengefasst.

<b>Behagliche Fussboden Oberflächentemperaturen</b>			
		min	max
beschuh		19°C	29°C
barfuss	Teppich	21°C	28°C
	Kiefernholz	23°C	28°C
	Eichenholz	24°C	28°C
	Linoleum	24°C	28°C
	Beton / Estrich	26°C	28°C

**Tab. 1: Behagliche Fussboden Oberflächentemperaturen**

Damit also die Behaglichkeit gewährleistet ist, darf die Oberflächentemperatur des Fussbodens nicht unter die 19°C fallen. Somit können mit der Vermeidung von Kondensatbildung (Oberflächentemperatur > 20°C) gleichzeitig die Behaglichkeitsansprüche für Wohnräume gedeckt werden. In Badezimmern mit mehrheitlich Plattenbelägen wird eine Oberflächentemperatur von 26°C erforderlich. Eine Raumkühlung über die Fussbodenheizung ist bei Vorlauftemperaturen von 25°C kaum mehr möglich.

## 3 Einstellparameter GeoCooling

### 3.1 Zwingend erforderliche Einstellparameter

#### 3.1.1 Heizgrenze / Winterbetrieb

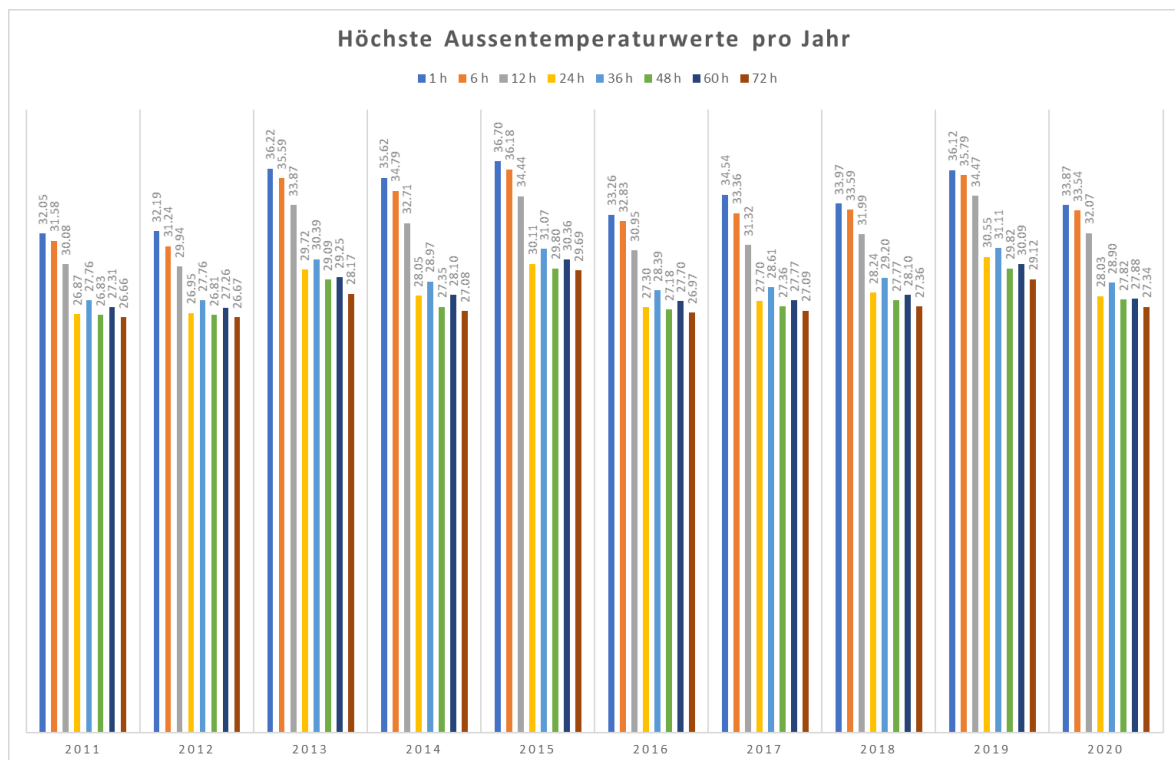
Die Heizgrenze sollte möglichst tief eingestellt werden, bei neueren Bauten möglichst 16°C oder tiefer. Dabei wird die Mittelungszeit der Aussentemperatur auf mind. 24 h eingestellt. Je dichter die Bauart des Gebäudes desto träger reagiert die Raumtemperatur auf Veränderungen der Aussen- und Vorlauftemperaturen. Somit gilt auch, je träger das Gesamtsystem desto tiefer ist die Heizgrenze einzustellen.

Achtung: Bei Neubauten muss im ersten Winter zur Gewährleistung der thermischen Behaglichkeit die Heizgrenze um ca. 2 K erhöht werden (Baufeuchte).

#### 3.1.2 Kühlgrenze

Die Kühlgrenze sollte zur Heizgrenze mindestens eine Differenz von 4 K aufweisen. Auch hier wird empfohlen die Mittelungszeit der Aussentemperatur auf mind. 24 h einzustellen. Damit liegt die Kühlgrenze bei 20°C. Damit ein pendeln zwischen Heiz- und Kühlbetrieb vermieden wird, heisst dies für den Neubau im ersten Frühling die Kühlgrenze auf 22°C einzustellen und dies im ersten Sommer auf die 20°C zu korrigieren.

Wird die Kühlgrenze bei längeren Mittelungszeiten zu hoch eingestellt, ist die Kühlung kaum mehr freigegeben.



**Abb. 3:** Diagramm höchste Aussentemperaturwerte, unterschiedliche Mittelungszeiten

Das Diagramm in Abb. 3 zeigt, dass die gemittelte Aussentemperatur über 72 h um bis zu 9 K tiefer liegt als die effektiv gemessenen maximalen Aussentemperaturen. Je grösser also die Mittelungszeit eingestellt ist, desto tiefer muss die Kühlgrenze sein, damit die Kühlung aktiviert wird.

### 3.1.3 Kühllkurve

Mit der Einstellung einer nach Aussentemperatur steigenden Kühllkurve wird das Risiko der Kondensatbildung minimiert. Darum sollte die Kühllkurve der Festwerteinstellung vorgezogen werden. Der Fusspunkt der Kühllkurve wird bei mind. 19°C empfohlen.

## 3.2 Empfohlene Einstellparameter

### 3.2.1 Sperrzeit zwischen Heiz- und Kühlbetrieb

Es wird empfohlen eine Sperrzeit von mind. 12 h zwischen Heiz- und Kühlbetrieb zu definieren. Nicht alle auf dem Schweizer Markt erhältlichen Regler haben diese Einstellmöglichkeit. Wenn der entsprechende Parameter nicht zur Verfügung steht, sind die optimalen Einstellungen von Heiz- und Kühlgrenze in gegenseitiger Abhängigkeit und mit genügend langer Mittelungszeit, von umso grösserer Bedeutung.

## 4 Schlussbemerkung

Die Einstellparameter Heizgrenze und Kühlgrenze müssen korrekt aufeinander und auf das Gebäude abgestimmt sein. Die Analyse der Einstellempfehlung der verschiedenen Lieferanten hat gezeigt, dass die Vorgaben eher konservativ und auf Sicherheit bedacht sind. Damit werden oft Einstellungen vorgenommen die den Kühlbetrieb nahezu ausser Betrieb setzen. Um dem entgegen zu wirken, und trotzdem den Sicherheitsfaktoren Rechnung zu tragen ist zu prüfen ob die Verwendung von Raumfeuchtefühlern und der vermehrte Einbezug der Raumtemperatur die Problematik entschärfen würde.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass für den Einfluss der Raumtemperatur die Messung in einem Referenzraum ausreichend ist. Ob dies auch auf den Einfluss der Raumlufffeuchte angewandt werden kann, ist zu überprüfen.

## 5 Literaturverzeichnis

[1] Dott R., Genkinger A., Afjei Th., Witmer A., **Sanfte Kühlung mit Erdwärmesonden im Minergie-P® Wohngebäude Cosy Place**, Schlussbericht BFE, 28. Februar 2010, Muttenz

[2] Afjei Th., Dott R., Huber A., **Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen**, Schlussbericht BFE, 20. August 2007, Muttenz

[3] <http://www.healthyheating.com>

[4] Olesen B W. **Flächenheizung und Kühlung; Einsatzbereiche für Fussboden-, Wand- und Deckensysteme**, Proceedings Velta Congress 97, pp. 35. Norderstedt, Germany