

Schlussbericht, 30. Juli 2019

Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz

Ausgabe 2018



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autorin

Dr. Katharina Link, Geo-Future GmbH

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern
Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

Zusammenfassung

Jährlich erstellt Geothermie-Schweiz im Auftrag von EnergieSchweiz eine Statistik zur geothermischen Energieproduktion in der Schweiz. Sie ist Bestandteil der Statistik der Erneuerbaren Energien, die das Bundesamt für Energie herausgibt.

Die vorliegende Statistik beruht auf Betriebsdaten, die von Anlagenbetreibern geliefert werden, und der Elektrowärmepumpen-Statistik des Bundesamtes für Energie, welche ihrerseits auf den Verkaufszahlen der Wärmepumpenlieferanten basiert.

Klimatisch war 2018 ein sehr milder Winter, was sich in der niedrigen Anzahl von 2'891 Heizgradtagen (HGT) widerspiegelt. Im langjährigen Mittel der letzten 20 Jahre lag dieser Wert durchschnittlich bei 3'221 HGT. Im Vergleich zum Vorjahr sank die produzierte Heizenergie 2018 daher um 3.8 %, obwohl die installierte Heizleistung aller Anlagen im gleichen Zeitraum um 4 % gestiegen ist.

Die gesamte Heizleistung aller geothermischen Anlagen in der Schweiz betrug im Jahr 2018 2'196.8 MW. Hiervon entfielen 1'843.8 MW (83.9 %) auf Erdwärmesondensysteme. Zur schweizweiten Heizleistung mit Geothermie trugen ausserdem bei: Oberflächennahes Grundwasser 291.5 MW (13.3 %), Geostrukturen 26.3 MW (1.2 %), Tiefe Aquifere 5.4 MW (0.2 %), Tunnelwasser-Nutzungen 3.9 MW (0.2 %), Thermalbäder 23.3 MW (1.1 %), direkte Nutzungen Tiefer Aquifere 1.5 MW (0.1 %) sowie direkte Tunnelwassernutzungen (k. A.).

Die produzierte Heizenergie aus geothermischen Anlagen betrug 2018 3'692.1 GWh, wobei der Anteil der geothermischen und somit erneuerbaren Energie bei 2'758.2 GWh (74.7 %) liegt. Der andere Teil der produzierten Heizenergie stellt den Stromanteil der Wärmepumpen-Systeme dar.

Die produzierte Heizenergie stammte mit einem Anteil von 94.6 % (3'491.1 GWh) hauptsächlich aus Systemen mit Wärmepumpen (WP). Davon entfielen wiederum 85.4 % auf Erdwärmesondensysteme (2'981.6 GWh). Die weiteren geothermischen WP-Nutzungen teilten sich auf in Oberflächennahes Grundwasser (12.2 %, 425.9 GWh), Geostrukturen (1.6 %, 54.5 GWh), Tiefe Aquifer-Nutzung (0.6 %, 20.1 GWh), Tunnelwasser (0.2 %, 6.5 GWh) und Tiefe Erdwärmesonden (0.1 %, 2.5 GWh).

Mit direkten Geothermie-Nutzungen ohne Wärmepumpen wurde 2018 insgesamt 201.0 GWh produziert, dies entspricht 5.4 % der gesamthaft produzierten Heizenergie. Der grösste Teil der direkten Nutzung erfolgte über Thermalbäder (193.8 GWh). Daneben lieferte auch die Anlage Riehen einen Teil der Tiefen Aquifer-Nutzung direkt ohne Wärmepumpe (5.2 GWh). Beim Lötschbergtunnel wurde ein grosser Teil der geothermischen Wärme direkt ohne Wärmepumpe für die Fischzucht verwendet (2.0 GWh).

Résumé

Chaque année, Géothermie Suisse est mandatée par SuisseEnergie pour compiler des statistiques sur la production d'énergie géothermique en Suisse. Elles font partie de la statistique des énergies renouvelables publiée par l'Office fédéral de l'énergie.

Ces statistiques sont basées sur les données d'exploitation fournies par les exploitants d'installations ainsi que sur les statistiques sur les pompes à chaleur électriques fournies par l'Office fédéral de l'énergie, qui, à leur tour, sont basées sur les chiffres de vente des fournisseurs de pompes à chaleur.

L'hiver 2018 a été très doux, ce qui se reflète avec 2'891 degrés-jours de chauffage. Le moyen des 20 dernières années est à 3'221 degrés-jours. Par rapport à l'année précédente, l'énergie de chauffage produite en 2018 a donc diminué de 3,8 %, bien que la capacité de chauffage installée de tous les systèmes ait augmenté de 4 % durant la même période.

La capacité de chauffage totale de tous les systèmes géothermiques en Suisse en 2018 était de 2'196.8 MW. Sur ce total, les systèmes de sondes géothermiques représentaient 1'843.8 MW (83.9 %), les eaux superficielles 291.5 MW (13.3 %), les géostructures 26.3 MW (1.2 %), les aquifères profonds 5.4 MW (0.2 %), l'utilisation d'eau des tunnels 3.9 MW (0.2 %), les bains thermaux 23.3 MW (1.1 %), l'utilisation directe des aquifères profonds 1.5 MW (0.1 %) et l'utilisation directe de l'eau du tunnel (aucune indication).

L'énergie thermique totale produite par les systèmes géothermiques était de 3'692,1 GWh en 2018, dont 2'758.2 GWh (74.7 %) d'énergie géothermique et donc renouvelable. L'autre partie de l'énergie thermique produite représente la part de l'électricité des systèmes de pompes à chaleur.

L'énergie géothermique, avec une part de 94.6 % (3'491.1 GWh), provenait principalement des systèmes à pompe à chaleur (PAC). De ce total, les systèmes de sondes géothermiques représentaient 85.4 % (2'981.6 GWh). Les autres usages de la géothermie avec des PAC se répartissaient en eaux superficielles (12.2 %, 425.9 GWh), géostructures (1.6 %, 54.5 GWh), aquifères profonds (0.6 %, 20.1 GWh), eau de tunnel (0.2 %, 6.5 GWh) et sondes géothermiques profondes (0.1 %, 2.5 GWh).

Les utilisations géothermiques directes sans pompes à chaleur ont fourni un total de 201.0 GWh en 2018, soit 5.4 % de l'énergie thermique totale produite. Ce sont principalement les bains thermaux (193.8 GWh) qui ont bénéficié de l'utilisation directe. En outre, la centrale de Riehen utilise également une partie de l'aquifère profond directement sans pompe à chaleur (5.2 GWh). Dans le tunnel du Lötschberg, une grande partie de la chaleur géothermique est utilisée directement pour la pisciculture sans pompe à chaleur (2.0 GWh).

Abstract

Every year, on behalf of SwissEnergy Geothermie-Schweiz compiles statistics on geothermal energy production in Switzerland. It is part of the renewable energy statistics published by the Swiss Federal Office of Energy.

These statistics are based on operating data supplied by system operators and on the statistics on electric heat pumps provided by the Swiss Federal Office of Energy, which in turn are based on the sales figures of heat pump suppliers.

Climatically, 2018 was a very mild winter, which is reflected in the low number of 2'891 heating degree days (HGT). Over the past 20 years, the average number of heating days was 3'221 HGT. Compared to the previous year, the heating energy produced in 2018 therefore fell by 3.8 %, although the installed heating capacity of all systems increased by 4 % in the same period.

The total heating capacity of all geothermal systems in Switzerland in 2018 was 2'196.8 MW. Of this total, 1'843.8 MW (83.9 %) was attributable to geothermal probe systems. Also contributing to Switzerland's geothermal heating output: Near-surface groundwater 291.5 MW (13.3 %), geostructures 26.3 MW (1.2 %), deep aquifers 5.4 MW (0.2 %), tunnel water uses 3.9 MW (0.2 %), thermal baths 23.3 MW (1.1 %), direct uses deep aquifers 1.5 MW (0.1 %) and direct tunnel water uses (n/a).

The heating energy produced from geothermal systems amounted to 3'692.1 GWh in 2018, with a share of geothermal and thus renewable energy of 2'758.2 GWh (74.7 %). The other part of the heating energy produced represents the electricity share of the heat pump systems.

The heating energy produced came mainly from heat pump systems with a share of 94.6 % (3'491.1 GWh). Of this, 85.4 % was accounted for by geothermal probe systems (2'981.6 GWh). The other geothermal heat pump uses were divided into near-surface groundwater (12.2 %, 425.9 GWh), geostructures (1.6 %, 54.5 GWh), deep aquifer use (0.6 %, 20.1 GWh), tunnel water (0.2 %, 6.5 GWh) and deep geothermal probes (0.1 %, 2.5 GWh).

With direct geothermal uses without heat pumps, a total of 201.0 GWh was produced in 2018, corresponding to 5.4 % of the total heating energy produced. Most of the direct use was via thermal baths (193.8 GWh). In addition, the Riehen system also supplied part of the deep aquifer use directly without a heat pump (5.2 GWh). At the Lötschberg tunnel, a large part of the geothermal heat was used directly for fish farming without a heat pump (2.0 GWh).

Inhalt

1	Einleitung	10
1.1	Ausgangslage	10
1.2	Geothermische Nutzungstypen.....	10
2	Vorgehen.....	12
3	Geothermische Anlagentypen.....	13
3.1	Wärmepumpen-Anlagen – Allgemein	13
3.2	Sole/Wasser Wärmepumpen-Anlagen.....	17
3.2.1	Vorgehen.....	17
3.2.2	Tiefe Erdwärmesonden (TEWS)	18
3.2.3	Geostrukturen (Energiepfahlsysteme)	19
3.2.4	Erdwärmesonden (inkl. Erdregister und Erdwärmekörbe).....	20
3.3	Wasser/Wasser Wärmepumpen-Anlagen.....	21
3.3.1	Vorgehen.....	21
3.3.2	Oberflächennahes Grundwasser	21
3.3.3	Tunnelwasser.....	22
3.3.4	Tiefer Aquifer – Nutzung über Wärmepumpen	24
3.4	Direktnutzung (Nicht-Wärmepumpennutzung)	25
3.4.1	Tunnelwassernutzung – Direktnutzung.....	25
3.4.2	Tiefer Aquifer – Direktnutzung	25
3.4.3	Thermalbäder.....	25
3.5	Geothermisches Kühlen.....	26
4	Überblick Geothermie Nutzung in der Schweiz	27
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	37
6	Literaturverzeichnis	39
7	Beilagen	41

Figuren

Figur 1:	Geothermische Nutzungsmöglichkeiten des Untergrundes in der Schweiz in unterschiedlichen Tiefen- und Temperaturbereichen (modifiziert nach CREGE, 2008).	11
Figur 2:	Entwicklung des Wärmepumpenbestandes für die SW-WP- und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.	15
Figur 3:	Entwicklung der installierten Heizleistung für die SW-WP- und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.	16
Figur 4:	Entwicklung der produzierten Heizenergie für die SW-WP- und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.	16
Figur 5:	Entwicklung der geförderten geothermischen (erneuerbaren) Energie für die SW-WP und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.	17
Figur 6:	Diagramm mit Anteilen der installierten Heizleistung (nur Wärmepumpen-Anlagen, ohne Direktnutzung) aufgeschlüsselt für WP-Systeme im Jahr 2018.	30
Figur 7:	Diagramm mit Anteilen der Heizenergie aller geothermischen Systeme im Jahr 2018.	32
Figur 8:	Diagramm mit Anteilen der geförderten geothermischen (erneuerbaren) Energie aller geothermischen Systeme im Jahr 2018.	34
Figur 9:	Heizenergie (Wärmeproduktion) aller geothermischen Systeme seit 1990, basierend auf den Daten der Elektro-Wärmepumpen-Statistik und auf Angaben von Anlagebetreibern.	35
Figur 10	Geothermische (erneuerbare) Energie (vor der WP) aller geothermischen Systeme seit 1990, basierend auf den Daten der Elektro-Wärmepumpen-Statistik und auf Angaben von Anlagebetreibern.	36

Tabellen

Tabelle 1:	Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch Tiefe Erdwärmesonden für 2018 gemäss Betreiberangaben.	19
Tabelle 2:	Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch Geostrukturen für 2018, aktualisiert anhand von ausgerüsteten Pfahlmetern.	20
Tabelle 3:	Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch EWS (inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister, aber ohne TEWS) für das Jahr 2018.	20
Tabelle 4:	Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch Oberflächennahe Grundwasseranlagen für 2018.	22
Tabelle 5:	Kennzahlen der geothermischen Tunnelwasser-Nutzung für 2018 (basierend auf Février und Rybach, 2007; aktualisiert gemäss Betreiberangaben).	23
Tabelle 6:	Kennzahlen der geothermischen Nutzung aus Tiefen Aquiferen für 2018, gemäss Betreiberangaben.	24
Tabelle 7:	Kennzahlen der geothermischen Nutzung der Thermalbäder für 2018.	26
Tabelle 8:	Total installierte Heizleistung [MW] (nur Wärmepumpen-Anlagen, ohne Direktnutzung), aufgeschlüsselt nach WP-Systemen für die Jahre 2008 bis 2018.	29
Tabelle 9:	Heizenergie [GWh], aufgeschlüsselt nach geothermischen Systemen für die Jahre 2008 bis 2018.	31
Tabelle 10:	Geförderte geothermische (erneuerbare) Energie [GWh], aufgeschlüsselt nach geothermischen Systemen für die Jahre 2008 bis 2018.	33

Beilagen

Beilage 1:	Kennzahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpen, Jahre 2007–2017	41
Beilage 2:	Kennzahlen der Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Jahre 2007–2017	42
Beilage 3:	Kennzahlen der Nutzung mit Tiefen Erdwärmesonden, Jahre 2007–2017	43
Beilage 4:	Kennzahlen der Nutzung mit Geostrukturen, Jahre 2007–2017	44
Beilage 5:	Kennzahlen der Nutzung mit Erdwärmesonden (EWS), inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister, Jahre 2007–2017	45
Beilage 6:	Kennzahlen der WP-Nutzung von Oberflächennahem Grundwasser, Jahre 2007–2017	46
Beilage 7:	Kennzahlen der Tunnelwasser-Nutzung, Jahre 2007–2017	47
Beilage 8:	Kennzahlen der Nutzung von Tiefen Aquiferen, Jahre 2007–2017	48
Beilage 9:	Kennzahlen der Direktnutzung von Tiefen Aquiferen durch die Anlage Riehen, Jahre 2007–2017	49
Beilage 10:	Kennzahlen der Thermalbad-Nutzung im Jahr 2016	50

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Jährlich erhebt Geothermie-Schweiz, die Schweizerische Vereinigung für Geothermie, statistische Daten über die geothermische Nutzung in der Schweiz. In diesem Bericht sind die Produktionsdaten für das Jahr 2018 zusammengestellt.

1.2 Geothermische Nutzungstypen

Als Geothermie wird allgemein der Wärmeentzug aus dem Untergrund bezeichnet. Für die geothermische Energienutzung steht eine breite Palette von Technologien zur Verfügung (Figur 1). Deren Einsetzbarkeit richtet sich vor allem nach dem Temperaturniveau der Wärmeressourcen im Untergrund. Da die Temperatur mit der Tiefe generell zunimmt, erfolgt die Unterteilung der Nutzungsbereiche in:

- Untiefe oder Oberflächennahe Geothermie
- Tiefe Geothermie

Die Tiefenabgrenzung wird generell bei 400 m unter Terrain angenommen.

In der Oberflächennahen Geothermie gibt es folgende Nutzungstypen:

- Oberflächennahes Grundwasser
- Erdwärmesonden (EWS), als Einzelsysteme und EWS-Felder
- Erdregister
- Energiekörbe
- Geostrukturen – Energiepfahlsysteme

Weitere Nutzungen:

- Tiefe Erdwärmesonden (TEWS)
- Tunnelwasser

Um das benötigte Temperaturniveau für Heizzwecke zu erreichen, sind diese Systeme meist an eine Wärmepumpe (WP) gekoppelt. Der oberflächennahe Untergrund dient aber nicht nur als

Wärmequelle für WP-Anlagen, sondern auch als saisonaler Wärme- und Kältespeicher. Je nach Verbrauchsprofil kann der gesamte Kühlbedarf ohne Einsatz der WP direkt über den Untergrund gedeckt werden (Geocooling oder Direkte Kühlung). Ist der Kühlbedarf zu gross oder sind tiefe Kühltemperaturen nötig (z.B.: Entfeuchtung), werden WP im Sommer zum Kühlen eingesetzt (Forced Cooling oder Aktive Kühlung). In der Schweiz sind hauptsächlich zwei Anlagentypen als Geothermie-Speicher im Einsatz: EWS-Felder und Geostrukturen (Energiepfähle).

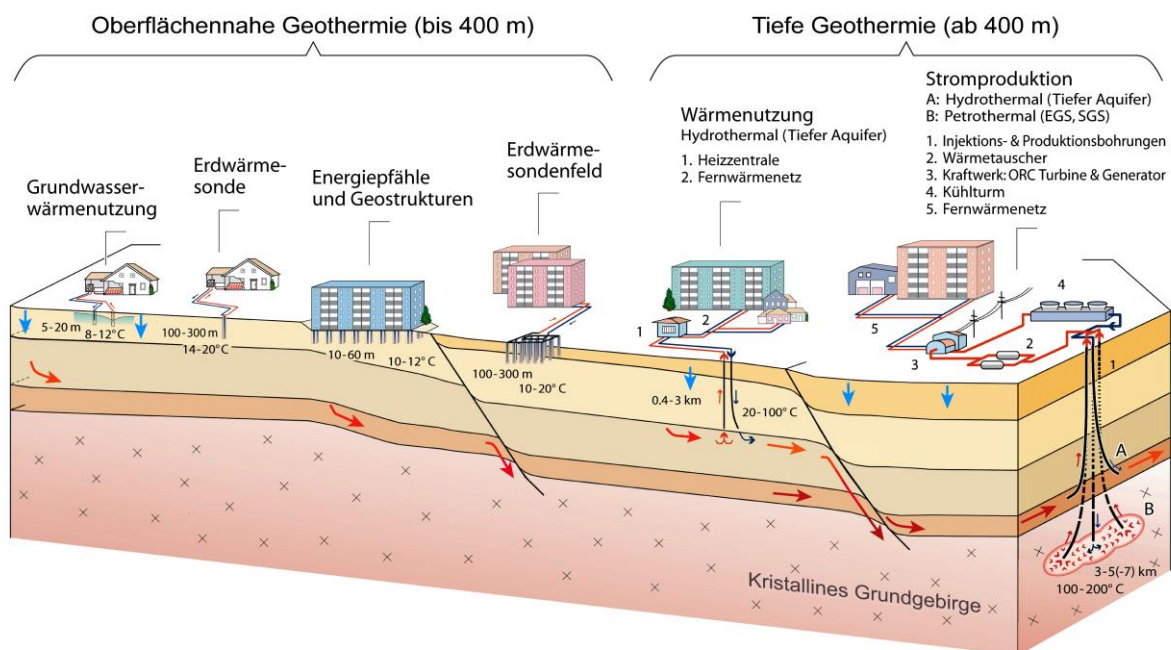
Der jährlich grösser werdende Beitrag, den die Geothermie an die benötigte Kühlenergie in der Schweiz liefert, kann bis anhin noch nicht erfasst werden.

In der Tiefen Geothermie gibt es folgende Nutzungskategorien:

- Tiefe Aquifere
- Thermalbäder
- Enhanced Geothermal System (EGS)

Bisher sind in der Schweiz die Geothermie-Anlagen fast ausschliesslich an WP gekoppelt.

Ausnahmen sind Thermalbäder, ein Teil in der Anlage Riehen bei den Tiefen Aquifere und die Fischzucht beim Tropenhaus Frutigen bei den Tunnelwassernutzungen.



Figur 1: Geothermische Nutzungsmöglichkeiten des Untergrundes in der Schweiz in unterschiedlichen Tiefen- und Temperaturbereichen (modifiziert nach CREGE, 2008).

2 Vorgehen

Das Vorgehen zur Bestimmung der geothermischen Nutzung in der Schweiz sieht eine Aufschlüsselung der geothermischen Anlagen in geothermische WP- und Nicht-WP-Nutzungen. Die WP-Anlagen werden zusätzlich in Sole/Wasser und Wasser/Wasser-Anlagen unterteilt. Die Aufteilung gliedert sich in folgende Systeme:

Wärmepumpennutzung Sole/Wasser (SW):

- EWS inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister
- Tiefe Erdwärmesonden (TEWS)
- Geostrukturen (Energiepfähle)

Wärmepumpennutzung Wasser/Wasser (WW):

- Oberflächennahes Grundwasser
- Tunnelwasser
- Tiefe Aquifere mit WP-Nutzung

Direktnutzung (Nicht-Wärmepumpennutzung):

- Tunnelwasser
- Tiefe Aquifere-Direktnutzung
- Thermalbäder

Diese Statistik erfasst folgende Kennzahlen:

- **Installierte Heizleistung:** [Einheit MW].
- **Heizenergie:** Totale Wärmeproduktion über den Zeitraum eines Jahres, die bei WP-Systemen der Energie nach der Wärmepumpe entspricht und somit auch den Stromanteil beinhaltet [Einheit GWh].
- **Geförderte, geothermische (erneuerbare) Energie:** Reine geothermische Energie (= produzierte Erdwärme vor der WP) über den Zeitraum eines Jahres, die bei WP-Systemen unter der Heizenergie liegt. Bei der Nutzung ohne WP entspricht die geothermische Energie der Heizenergie [Einheit GWh].

Die Bestimmung der Kennzahlen zur geothermischen WP-Nutzung in der Schweiz beruht auf Betriebsdaten, die von Anlagenbetreibern geliefert werden, und der Elektrowärmepumpen-Statistik, welche auf den Verkaufszahlen der Wärmepumpenlieferanten basiert (siehe Kapitel 3.1 bis 3.3). Die Verkaufszahlen werden durch die Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (AWP) und die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) erhoben. Das in der Elektrowärmepumpen-Statistik verwendete Berechnungsschema ist in Basics (2007) detailliert beschrieben und wird in Kapitel 3.1 zusammengefasst. Die direkte geothermische Nutzung ohne Wärmepumpen aus Thermalbädern, Tiefen Aquiferen und Tunnelwasser wird aus Betriebsdaten zusammengestellt (siehe Kapitel 3.4).

3 Geothermische Anlagentypen

3.1 Wärmepumpen-Anlagen – Allgemein

Das Berechnungsschema aus der Elektrowärmepumpen-Statistik zur Bestimmung der WP-Nutzung erfuhr wiederholt Veränderungen. Die aktuelle Version stammt von 2007 (Basics, 2007). Diese unterscheidet nach Wärmequellen bzw. Wärmepumpentypen (Sole/Wasser (SW), Wasser/Wasser (WW), Luft/Wasser (LW) und Luft/Luft (LL)), wodurch die ausgewiesenen Bestands-, Leistungs- und Produktionszahlen direkt für die Geothermie-Statistik übernommen werden können. So kann eine mit der Elektrowärmepumpen-Statistik kompatible Statistik erstellt und jährlich nachgeführt werden. Beide Statistiken sind einzeln Bestandteil der Statistik der Erneuerbaren Energien des Bundesamtes für Energie.

Um eine Kompatibilität zu erreichen, wurden 2007 die geothermischen Produktionszahlen rückwirkend bis 1990 neu berechnet (Signorelli et al., 2007). Dies führt dazu, dass sich die ausgewiesenen Kennzahlen von denen in den vorhergehenden Geothermie-Statistiken (Signorelli et al., 2004, Kohl et al., 2003, Rybach et al., 2000) unterscheiden können. In den nachfolgenden Figuren sind deshalb jeweils die ursprünglichen und die korrigierten Werte dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der resultierenden Unterschiede ist in Signorelli et al. (2007) zu finden.

Das verwendete Berechnungsschema sieht die Eingabe der WP-Verkaufszahlen in eine Excel-Maske vor, eingeteilt in verschiedene Leistungskategorien. Die WP sind in Kleinanlagen mit drei Einzelkategorien (<5 kW, 5–13 kW, 13–20 kW), in mittlere Anlagen mit zwei Kategorien (20–50 kW, 50–100 kW) und in grosse WP-Anlagen mit ebenfalls zwei Kategorien (100–350 kW, > 350 kW) unterteilt. Dabei wird nach Wärmequellen bzw. WP-Typen (SW, WW, LW, LL) unterschieden. Die WP-Verkaufszahlen reichen bis 1970 zurück, wobei die frühen Jahre auf Schätzungen basieren. Über die Verkaufszahlen wird von Jahr zu Jahr mit Hilfe von typischen Ausfallverläufen die Zahl der effektiv betriebenen WP berechnet. Die durchschnittliche WP-Lebensdauer wurde anhand neuer Erkenntnisse bestimmt und beträgt aktuell 16.6 Jahre (Basics, 2007). Wie die Studie «Langzeiterfahrung mit Erdwärmesonden-Systemen in der Schweiz» (Geowatt, 2010)

zeigt, ist allgemein von einer höheren Lebensdauer auszugehen. Die hier getroffenen Annahmen sind entsprechend als konservativ zu betrachten.

Für jede Leistungskategorie wurden aufgrund einer detaillierten Analyse in Basics (2007) die mittlere Leistung, typische Normlaufzeiten und die Verbesserung der JAZ über die Jahre bestimmt. Bei den SW-WP der Kategorie «13–20 kW» beträgt z.B. die mittlere Leistung 15.5 kW. Für die JAZ wird eine Steigerung von 1990 bis 2015 von 3.0 auf 3.8 angenommen. Bei den WW-WP beträgt die mittlere Leistung 15.5 kW. Die Steigerung der JAZ wird von 2.8 auf 3.7 angenommen.

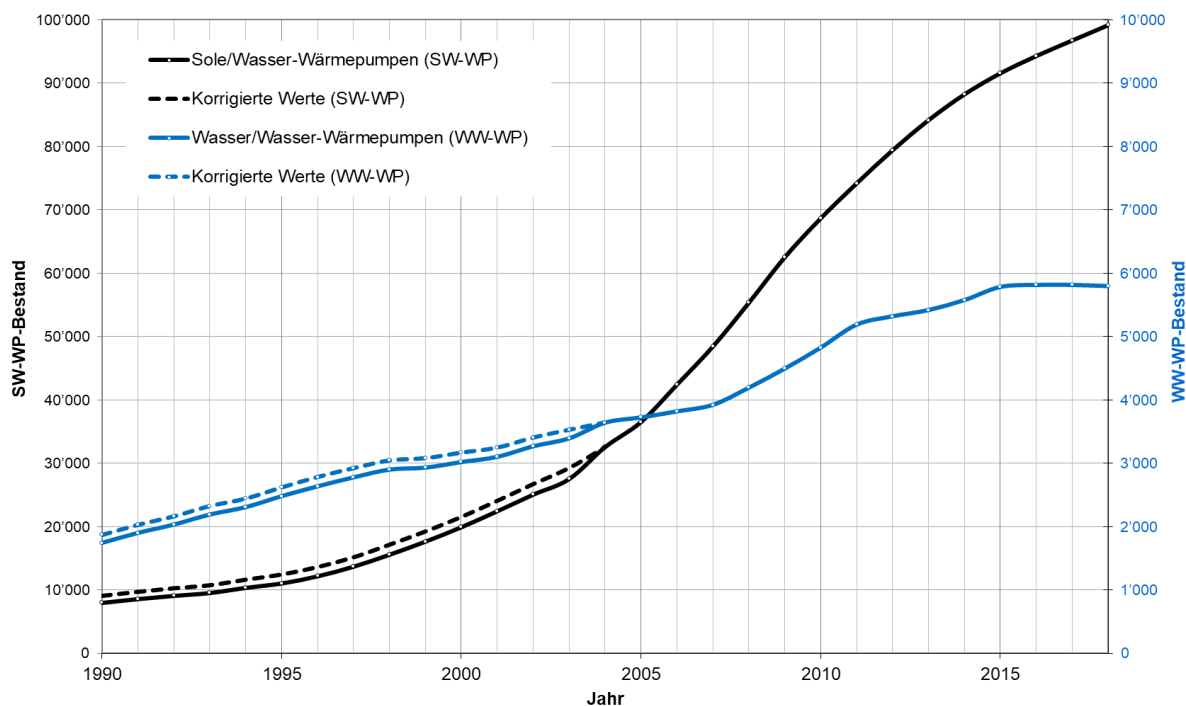
Basierend auf diesen Anlageparametern erfolgt die Berechnung der installierten Heizleistung, der Heizenergie und der geothermischen (erneuerbaren) Energie. Dabei werden die jahreszeitlich bedingten Einflüsse auf die JAZ der WP-Anlagen über die Heizgradtage berücksichtigt. Dies kann dazu führen, dass es von Jahr zu Jahr Schwankungen in der Produktion aufgrund der unterschiedlich kalten Winter gibt.

Die hier veröffentlichten Daten sind also als effektive Betriebsdaten zu verstehen. Sie sind nicht klimanormiert und somit nicht auf ein durchschnittliches Jahr genormt.

Die in der Elektrowärmepumpen-Statistik angewendete Unterscheidung nach SW- und WW-WP-Anlagen erlaubt keine einfache Aufteilung in die verschiedenen geothermischen Nutzungstypen. Deshalb müssen für die Bestimmung der geothermischen Nutzung in der Schweiz bestimmte Annahmen getroffen werden, die in den jeweiligen Kapiteln beschrieben sind. So wird aus den Angaben zu SW-WP in der aktuellen Elektrowärmepumpen-Statistik der EWS-Anteil durch Erhebung der Betriebsdaten der anderen SW-Nutzungstypen Tiefe Erdwärmesonden und Geostrukturen (Energiepfähle) bestimmt (siehe Kapitel 3.1). Auch die Nutzung des oberflächennahen Grundwassers ist nicht direkt aus den Angaben über WW-WP ableitbar. Da nicht alle Anlagen dieses Typs die Wärme aus geothermischen Quellen beziehen (z.B. Seewasser, Abwasser), muss der Anteil der Grundwasser-WP abgeschätzt werden (80% aller WW-WP, siehe Kapitel 3.3). Für die anderen WW-Nutzungstypen stehen Betriebsdaten zur Verfügung.

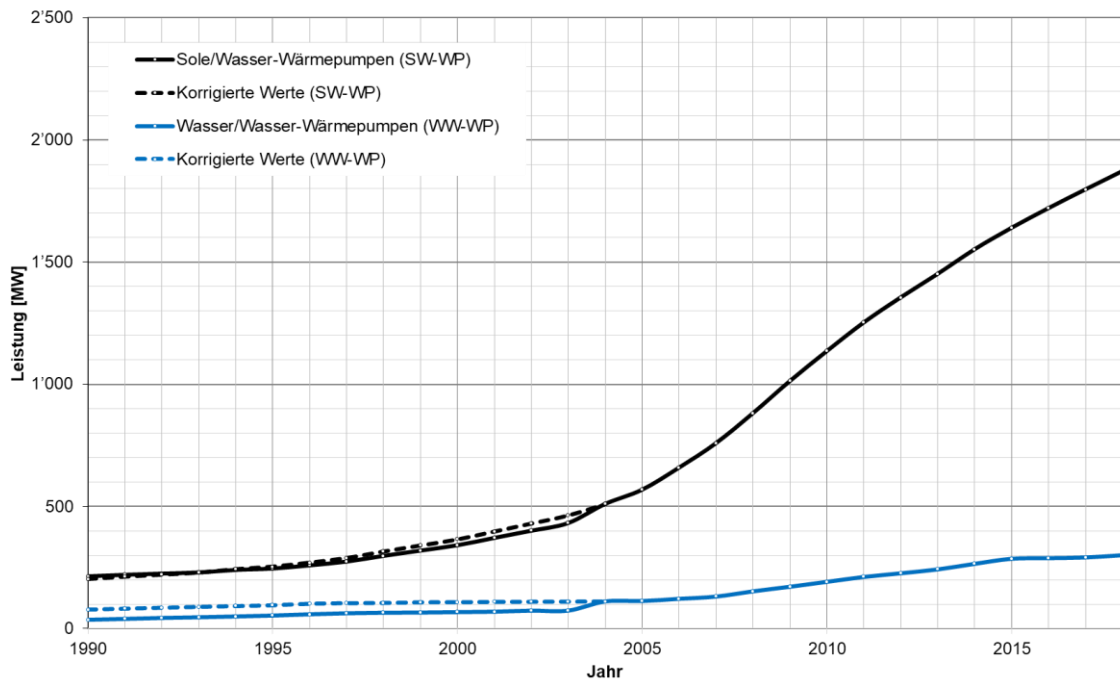
Figur 2 bis Figur 5 zeigen den Anstieg des geothermisch relevanten Wärmepumpenbestandes, der installierten Heizleistung, der Heizenergie und der produzierten geothermischen Energie seit 1990. In den Figuren sind auch die rückwirkend berechneten Werte aufgrund der 2007 erfolgten Umstellung des Berechnungssystems dargestellt (siehe Kapitel 2). Der Bestand an SW-WP hat sich seit 1990 verzehnfacht, derjenige von geothermisch relevanten WW-WP verdreifacht. Für 2018 wird die Anzahl der SW-Anlagen auf 99'132 und die der WW-Anlagen auf 5'796 geschätzt (siehe Beilage 1 und Beilage 2). Während die SW-WP-Anzahl seit 2000 zunächst jährlich um durchschnittlich 10% anstieg, lag der Wert 2018 bei 2.5%. Bei den geothermischen WW-WPs lag der jährliche Zuwachs seit 2000 zuerst bei etwa bei 4%, im vergangenen Jahr ist eine minimal rückläufige Anlagenzahl zu verzeichnen (-0.31%). Entsprechend dem Bestandszuwachs zeigen die SW- und die WW-WP-Anlagen einen Zuwachs bei der installierten Heizleistung. 2018 war mit 2'891 Heizgradtagen im Vergleich zum Durchschnitt der letzten 20 Jahre (3'221 Heizgradtage) ein sehr mildes Heizjahr. Damit war 2018 fast so mild wie das Jahr 2014 mit 2'782 Heizgradtagen. Die Vorjahre 2015-2017 waren im Vergleich kälter. Aufgrund des milden Winters ist 2018 die produ-

zierte Heizenergie zurück gegangen. Die Heizenergie der SW-WP-Anlagen betrug 2018 ca. 3'038.7 GWh, diejenige der WW-WP-Anlagen etwa 452.4 GWh. Eine detaillierte Zusammenstellung aller Kennzahlen seit 2008 ist in Beilage 1 und Beilage 2 zu finden.



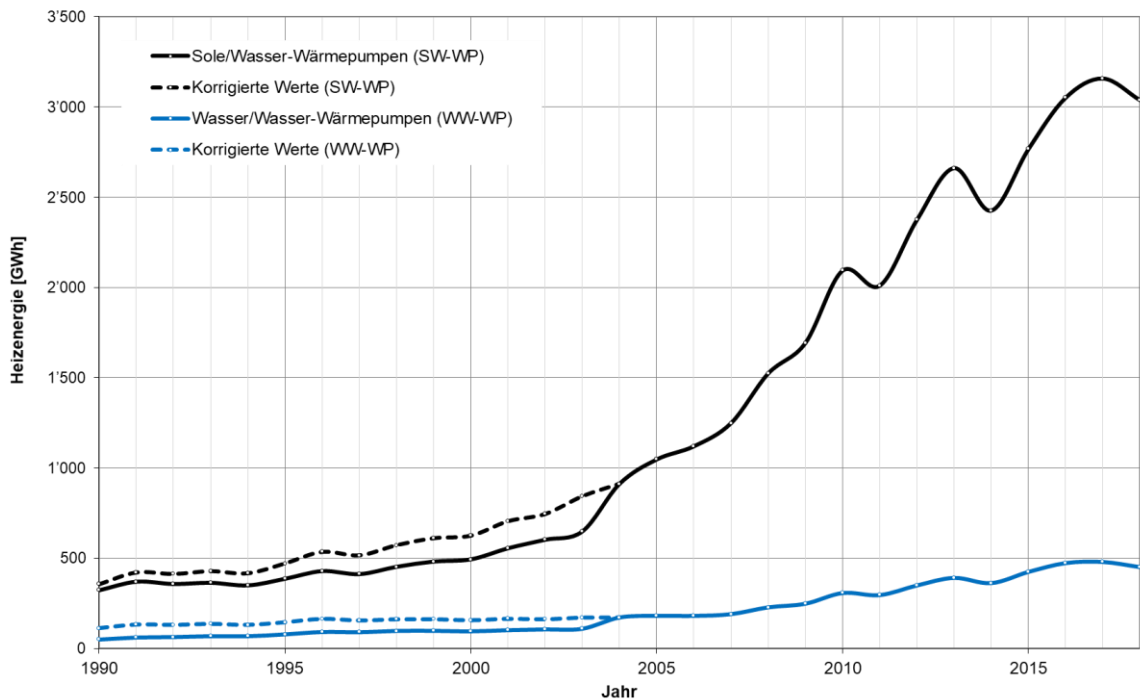
Figur 2: **Entwicklung des Wärmepumpenbestandes für die SW-WP- und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.**

Details siehe Text. Die gestrichelten Linien beschreiben die rückwirkend Neuberechneten Werte aufgrund der Umstellung des Berechnungssystems ab 2004 (siehe Kapitel 2). Der Bestand an SW-WP hat sich seit 1990 verzehnfacht, derjenige von geothermisch relevanten WW-WP verdreifacht.



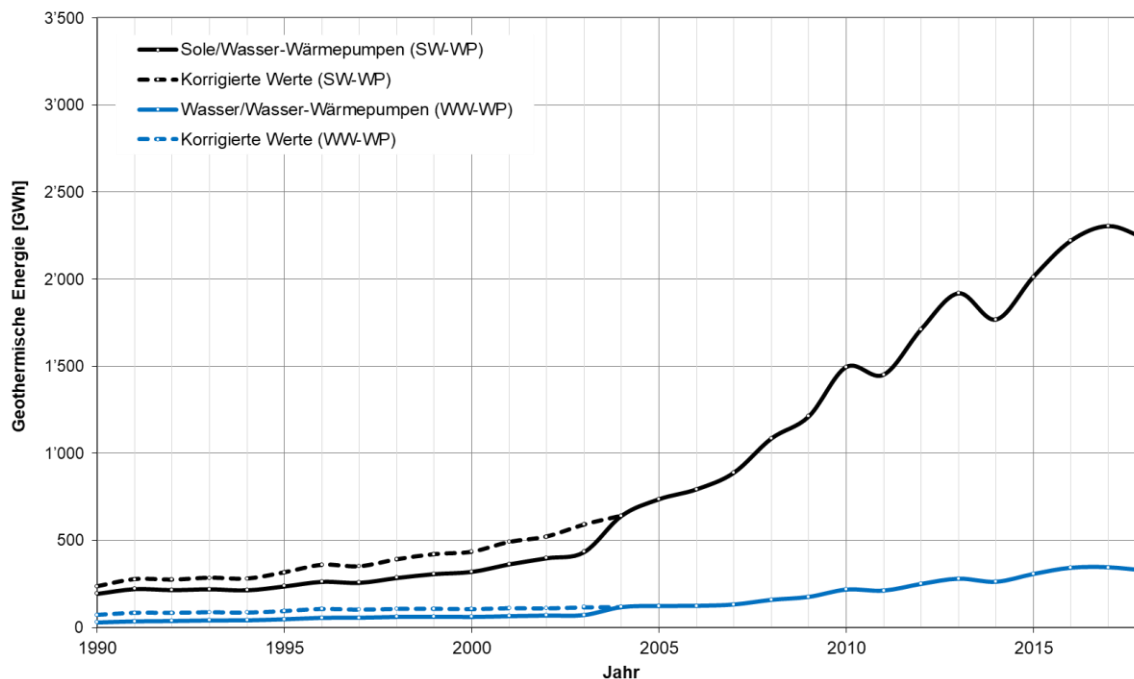
Figur 3: **Entwicklung der installierten Heizleistung für die SW-WP- und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.**

Die gestrichelten Linien beschreiben die rückwirkend Neuberechneten Werte aufgrund der Umstellung des Berechnungssystems ab 2004 (siehe Kapitel 2).



Figur 4: **Entwicklung der produzierten Heizenergie für die SW-WP- und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.**

Die Schwankungen in der Heizenergie sind auf die unterschiedlichen Heizgradtage pro Jahr zurückzuführen. Der Winter 2018 war deutlich milder als die drei Jahre davor, daher ist der letztjährige Rückgang auf diese klimatische Situation zurückzuführen. Die gestrichelten Linien beschreiben die rückwirkend Neuberechneten Werte aufgrund der Umstellung des Berechnungssystems ab 2004 (siehe Kapitel 2).



Figur 5: **Entwicklung der geförderten geothermischen (erneuerbaren) Energie für die SW-WP und für die auf geothermischer Nutzung basierenden WW-WP-Anlagen.**

Die Schwankungen in der geothermischen Energie sind auf die unterschiedlichen Heizgradtage pro Jahr zurückzuführen (siehe Text). Die gestrichelten Linien beschreiben die rückwirkend Neuberechneten Werte aufgrund der Umstellung des Berechnungssystems ab 2004 (siehe Kapitel 2).

3.2 Sole/Wasser Wärmepumpen-Anlagen

3.2.1 Vorgehen

Bei SW-WP-Anlagen geht man zu 100% von geothermischer Nutzung aus. Es sind Anlagen, die über EWS, Erdwärmekörbe, Erdregister, Geostrukturen und Tiefe Erdwärmesonden dem Boden Energie entziehen bzw. über Kühlung Wärme in den Untergrund eintragen.

Seit längerem sind keine grösseren Verlegearbeiten von Erdregistersystemen bekannt. Erdwärmekörbe befinden sich seit 2001 auf dem Markt und sind nach wie vor ein Nischenprodukt. Der Beitrag dieser beiden Systeme zur geothermischen Heizenergie wird als marginal betrachtet. Diese Nutzungstypen werden daher bei den EWS-Anlagen mitgeführt.

Als erstes werden die Betriebsdaten von Geostrukturen und Tiefen Erdwärmesonden zusammengestellt. Aus der Differenz zwischen installierter Heizleistung, Heizenergie sowie geothermischer

Energie aller SW-WP Anlagen (Kapitel 3.1) und den erfassten Zahlen für Tiefe Erdwärmesonden (Kapiteln 3.2.2) und Geostrukturen (Energiepfähle) (Kapitel 3.2.3) wird der Anteil der EWS-Systeme berechnet.

Es gilt:

⇒ EWS (inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister) = Total SW-WP – TEWS – Geostrukturen

3.2.2 Tiefe Erdwärmesonden (TEWS)

Tiefe Erdwärmesonden (TEWS) stellen einen Spezialfall von konventionellen EWS-Systemen dar. In der Regel handelt es sich um nicht-fündige Thermalwasserbohrungen, die mit einer Koaxial-Sonde energetisch genutzt werden. Aufgrund der grösseren Tiefe und entsprechend höheren Gesteinstemperaturen ist die mittlere Entzugsleistung höher als bei konventionellen EWS-Systemen (Kohl et al, 2002).

In der Schweiz gibt es vier solcher Systeme: Weggis, Weissbad, Triemli (Zürich) und Pontresina. Momentan werden die Betriebsdaten der Anlage Weggis nicht mehr systematisch aufgezeichnet. Die Anlage Weggis wurde bis 2003 durch ein Messprogramm des Bundesamtes für Energie begleitet (Eugster und Füglistler, 2003). An die Anlage wurden in mehreren Etappen neue Wärmeabnehmer angeschlossen. Seit 2001 ist der Ausbau der Anlage abgeschlossen. Für die Jahre nach Beendigung der Messkampagne im Jahr 2003 werden die Betriebsdaten anhand der letzten Messwerte abgeschätzt. Die Anlage in Weissbad ist, nach der Revision im Jahr 2011, seit 2012 wieder in Betrieb. Daten für die tiefe EWS «Sonnengarten» im Triemli-Quartier in Zürich sind seit 2011 vorhanden. Durch optimieren der Anlagentechnik im Jahr 2015, konnte die Effizienz der Anlage Triemli wesentlich gesteigert werden, so dass sich die Jahresarbeitszahl von 3.0 auf 5.2 erhöhen liess. Im Jahr 2018 betrug die Jahresarbeitszahl 4.5. Die TEWS in Pontresina wurde im Verlauf des Jahres 2015 in Betrieb genommen und wird seit 2016 in der Statistik erfasst.

Die Zusammenstellung der Kennzahlen seit 2008 ist in der Beilage 3 zu finden. Seit 2001 und der Beendigung des Ausbaus der Anlage Weggis hat sich die Heizenergie bis 2011 kaum verändert. Leichte Schwankungen waren auf die unterschiedlich strengen Winter zurückzuführen. Mit dem Bau der Anlage im Triemli ist die Heizenergie aus tiefen Erdwärmesonden markant gestiegen. Die Heizenergie der vier Anlagen lag 2018 bei 2.5 GWh, bei einer geförderten geothermischen Energie von 1.7 GWh (Tabelle 1).

	Installierte Heizleistung	Heizenergie	Geothermische (erneuerbare) Energie	Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	Jahresarbeitszahl (JAZ)
	[MW]	[GWh]	[GWh]		
Weggis (LU) ¹⁾	0.10	0.54	0.41	76 %	4.2
Weissbad (AI) ²⁾	0.08	0.11	0.05	41 %	1.7
Triemli (ZH) ³⁾	0.60	0.88	0.68	78 %	4.5
Pontresina (GR) ⁴⁾	0.30	0.97	0.58	60 %	2.5
GESAMT	1.1	2.5	1.7	69 %	3.2

¹⁾ pers. Mitteilung: Polydynamics Zürich

²⁾ pers. Mitteilung: Hotel Hof Weissbad

³⁾ pers. Mitteilung: EWZ

⁴⁾ pers. Mitteilung: Hotel Saratz

Tabelle 1: Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch **Tiefe Erdwärmesonden** für 2018 gemäss Betreiberangaben.

3.2.3 Geostrukturen (Energiepfahlsysteme)

Da neue Geostrukturprojekte nicht zentral erfasst werden und eine unübersichtliche Anzahl von Firmen in diesem Gebiet tätig ist, ist eine Bestimmung der Heizenergie durch Geostrukturanlagen schwierig. Grundlage zur Ermittlung der geothermischen Energienutzung durch Geostrukturen (Energiepfahlsysteme, erdberührte Betonteile) bildet hauptsächlich eine 1998 durchgeführte Erhebung von Geothermie-Schweiz (Rybach et al., 2000). In den nachfolgenden Jahren wurden Planungsbüros bezüglich neuer grosser Anlagen kontaktiert und die erhaltenen Angaben in die Erhebung einbezogen. Seit 2004 werden für das Update der Statistik für die Erfassung der Energiepfahl-Anlagen zwei Marktleader (Rohrhersteller Haka Gerodur und Energiepfahlplaner enercret) nach ausgerüsteten Bohrmetern befragt. Es wird angenommen, dass sie zusammen 60 % des Marktes abdecken. Damit können jedoch nur Energiepfahlsysteme erfasst werden. Hinsichtlich der Heizenergie über erdberührte Betonteile können keine Angaben gemacht werden. Der Anteil dieser Systeme an der Gesamtproduktion wird jedoch als vernachlässigbar eingestuft. Die aktuelle Erfassungsart lässt zudem auch keine Aussagen über die Anzahl der Anlagen zu. Aus dem Vergleich der Leistungszahlen mit denen der EWS in Kapitel 3.2.4, ist davon auszugehen, dass die Anzahl Anlagen verhältnismässig gering ist.

Mit einer durchschnittlichen Leistung (48 Wm^{-1}), einer Normlaufzeit (1800 h) und einem mittleren Wirkungsgrad (JAZ= 3) wird anhand der ausgerüsteten Pfahlmeter der jährliche Zuwachs bei der Heizenergie berechnet und die Daten aufaddiert.

Die Heizenergie beträgt für 2018 54.5 GWh, bei einer installierten Heizleistung von 26.3 MW. Der Anteil der geothermischen (erneuerbaren) Energie liegt bei 36.8 GWh (Tabelle 2, Beilage 4).

Geostrukturanlagen werden auch zu Kühlzwecken eingesetzt. Bis ins Jahr 2003 wurden die Anlagen noch einzeln erfasst, dadurch konnte auch die produzierte Kühlenergie bestimmt werden. Sie betrug 2003 etwa 2.0 GWh. Durch die neue Erfassung über die geothermisch ausgerüsteten Pfahlmeter kann diese Grösse nicht mehr abgeschätzt werden.

Total 2018

Installierte Heizleistung [MW]	26.3
Heizenergie [GWh]	54.5
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	36.8
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil [%]	67
Jahresarbeitszahl JAZ (Mittelwert für alle betriebenen Anlagen)	3.1

Tabelle 2: Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch **Geostrukturen** für 2018, aktualisiert anhand von ausgerüsteten Pfahlmetern.

3.2.4 Erdwärmesonden (inkl. Erdregister und Erdwärmekörbe)

Aus der Differenz der installierten Heizleistung, der Heizenergie und der geothermischen Energie für SW-WP (siehe auch Beilage 1) und den in den Kapiteln 3.2.2 und 3.2.3 erfassten Zahlen für Tiefe Erdwärmesonden und Geostrukturen werden die Kennwerte für die EWS-Systeme (inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister) abgeschätzt. Das Vorgehen ist in Kapitel 3.2.1 beschrieben.

Die Anzahl der EWS-Systeme hat gegenüber dem Vorjahr um etwa 2.5 % zugenommen. 2018 waren 99'128 Anlagen mit einer Heizleistung von total 1'843.8 MW in Betrieb (Tabelle 3). Die Heizenergie betrug 2018 ca. 2'981.6 GWh. Der Anteil der geothermischen Energie (ohne Strom) an der Energieproduktion liegt bei etwa 73.5 % und betrug 2018 2'192.1 GWh. Da die Anzahl der Geostruktur-Anlagen nicht bekannt ist (siehe Kapitel 3.2.3), kann die Anzahl der EWS-Anlagen nur geschätzt werden. Aufgrund der geringen Anzahl von Geostruktur-Anlagen und Tiefen Erdwärmesonden kann davon ausgegangen werden, dass der überwiegende Teil der SW-WP mit Erdwärmesonden betrieben wird (Anzahl siehe Beilage 1).

Total 2018

Anzahl Wärmepumpen	99'128
Installierte Heizleistung [MW]	1'843.8
Heizenergie [GWh]	2'981.6
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	2'192.1
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil [%]	73.5
Jahresarbeitszahl JAZ (Mittelwert für alle betriebenen Anlagen)	3.8

Tabelle 3: Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch **EWS** (inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister, aber ohne TEWS) für das Jahr 2018.

3.3 Wasser/Wasser Wärmepumpen-Anlagen

3.3.1 Vorgehen

Die WW-WP lassen sich nicht so einfach in geothermische Nutzungstypen einteilen, wie das bei den SW-WP möglich ist. WW-WP werden nicht nur zur Energiegewinnung aus geothermischen Quellen eingesetzt, sondern beziehen die Energie zum Beispiel auch aus Abwassersystemen, Seen oder Flüssen. Mangels klarer Abgrenzung müssen Annahmen getroffen werden.

Eine 2008 im Auftrag von Geothermie-Schweiz durchgeführte Umfrage bei den Kantonen zu geothermischen Grossanlagen zeigt, dass mindestens 80 % der in der Elektrowärmepumpen-Statistik erfassten WW-WP Anlagen aller Leistungskategorien Grundwasseranlagen sind. Seit 2008 wird deshalb angenommen, dass 80 % aller WW-WP Anlagen Grundwasserwärmepumpen sind, was bereits für die Kleinanlagen < 100 kW galt (vergleiche auch Signorelli et al., 2009). Für die Jahre vor 2008 wird für Grossanlagen ein linearer Zuwachs von 0 % im Jahr 1970 bis auf 80 % im Jahr 2008 angenommen. Die restlichen 20% sind Anlagen mit anderen Wärmequellen. Ebenfalls wird die Wärmerückgewinnung komplett nicht-geothermischen Quellen zugeschrieben. Es wird weiter angenommen, dass die Anlagen der Kategorien Tunnelwasser und Tiefe Aquifere bekannt sind und einzeln erhoben werden können. Zusammengefasst erfolgt die Bestimmung der Kennzahlen für die jeweiligen WW-Anlagentypen nach folgendem Vorgehen, wobei wiederum das Berechnungsschema aus der Elektrowärmepumpen-Statistik (Basics, 2007) verwendet wird:

- Oberflächennahes Grundwasser: 80% WW-WP Anlagen werden den Grundwasserwärmepumpen zugeschrieben.
- Tunnelwasser: Es gibt 7 Anlagen, die separat erhoben werden. Die Betriebsdaten sind zum Teil nur als Mittelwert für mehrere Jahre vorhanden.
- Tiefe Aquifere: Es gibt 5 Anlagen, die aktuell in Betrieb sind. Sie werden separat erhoben. Die Betriebsdaten sind teilweise ebenfalls nur als Durchschnitt über mehrere Jahre vorhanden.

3.3.2 Oberflächennahes Grundwasser

Die Nutzung des Oberflächennahen Grundwassers erfolgt mit WW-WP. Wie in Kapitel 2 beschrieben, werden die WW-WP in der Elektrowärmepumpen-Statistik (Basics, 2007) separat ausgewiesen. 80 % der dort ausgewiesenen WW-WP werden dem Nutzungstyp Oberflächennahes Grundwasser zugeordnet (siehe auch Kapitel 3.3.1).

Tabelle 4 listet die Anzahl der WP, die installierte Heizleistung, die Heizenergie und die geothermische Energie für 2018 auf. Eine detaillierte Zusammenstellung der Kennzahlen zur Kategorie Oberflächennahes Grundwasser seit 2008 ist in Beilage 6 zusammengestellt. Die Produktionswerte sind effektive Betriebsdaten (vgl. Kapitel 3.1), die in Abhängigkeit der Heizgradtage berechnet werden, was zu Schwankungen in der geförderten Wärme von Jahr zu Jahr führen kann (siehe

Beilage 1). Die Anzahl Wärmepumpen liegt bei rund 5'784 Stück. Die Heizleistung stieg gegenüber 2017 auf ca. 291.5 MW. Die Heizenergie betrug 425.9 GWh. Dabei liegt der Anteil der geothermischen Energie bei 72 % und beträgt 306.5 GWh.

Total 2017

Anzahl Wärmepumpen	5'784
Installierte Heizleistung [MW]	291.5
Heizenergie [GWh]	425.9
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	306.5
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	72
Jahresarbeitszahl JAZ (Mittelwert für alle betriebenen Anlagen)	3.6

Tabelle 4: Kennzahlen der geothermischen Nutzung durch **Oberflächennahe Grundwasseranlagen** für 2018.

Die Heizenergie wird basierend auf den Heizgradtagen pro Jahr berechnet. Dies kann zu Schwankungen von Jahr zu Jahr führen.

3.3.3 Tunnelwasser

Tunnelwasser-Nutzung bezeichnet die energetische Nutzung von Bergwasser, welches aus einem Tunnel fliesst. In der Schweiz wird Wasser aus 6 Tunneln genutzt. Hinzu kommt der Tunnel des Grossen St. Bernhards, bei welchem heisse Tunnelluft als Energiequelle dient (siehe Tabelle 5). Aufgrund der relativ niedrigen Ausflusstemperaturen (< 20°C) erfolgt die thermische Tunnelwassernutzung grösstenteils über eine WP.

Die zusammengestellten Betriebsdaten basieren hauptsächlich auf einer von Geothermie-Schweiz beauftragten Studie zum Potenzial von Tunnelwasser-Nutzungen in der Schweiz (Février und Rybach, 2007; Tabelle 5). Allgemein wurde dabei festgestellt, dass oft die Energiezähler fehlen. Basierend auf den verfügbaren Daten wurden deshalb «wahrscheinliche Energiebilanzen» aufgestellt. Dabei handelt es sich jeweils um die mittleren Energiewerte seit Inbetriebnahme der Anlagen. Beim Ricken-Bahntunnel in Kaltbrunn sowie beim Grossen St. Bernhard-Strassentunnel in Bourg St. Pierre sind neue Messanlagen in Aussicht gestellt worden, so dass hier in Zukunft möglicherweise aktuellere Werte zur Verfügung stehen. Bei den meisten Anlagen wird keine oder keine nennenswerte elektrische Antriebsenergie für eine Umwälzpumpe benötigt, da das vorhandene Gefälle im Tunnel genutzt wird.

Für die vorliegende Statistik wurden die Betreiber der Anlagen kontaktiert und dadurch die Produktionsdaten, wo möglich, für 2018 aktualisiert. Die Heizenergie lag 2018 bei rund 6.5 GWh, bei einem Anteil an geothermischer Energie von rund 4.6 GWh. Die Produktionsdaten seit 2008 sind in Beilage 7 zusammengestellt. Die Angaben zur totalen Schüttung und genutzter Schüttung in Tabelle 5 zeigen, dass durch die bestehenden Anlagen noch lange nicht das ganze vorhandene geothermische Potenzial genutzt wird.

	Schüttung [l/min]	Förder- tempera- tur [°C]	Installierte Heiz- leistung [MW]	Heiz- energie [GWh]	Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]
Furka Eisenbahntunnel Oberwald (VS)	4200	16	1.43	2.87	2.11
Gotthard Strassentunnel Airolo (TI)	6670 (genutzt 2000 – 2400)	12 – 17	0.72	0.86	0.65
Ricken Bahntunnel Kaltbrunn (SG)	690	12.3	0.16	0.25	0.17
Nahwärmeverbund Lötschbergbasis- tunnel, Nordportal	1380	16 - 18	1.08	1.93	1.33
Hauenstein Basis-Bahntunnel Trimbach (SO)	2500 (genutzt 1300)	19	0.37	0.38	0.20
Grosser St-Bernard Strassentunnel Bourg St Pierre (VS) ¹⁾	(Tunnelluft)	8	0.06	0.10	0.07
Mappo Morettina, Strassentunnel Minusio/Tenero (TI)	250	16 - 18	0.09	0.08	0.03
Total			3.91	6.46	4.56

¹⁾ Nutzung der warmen Tunnelluft (Luft-Wasser WP)

Tabelle 5: Kennzahlen der geothermischen **Tunnelwasser-Nutzung** für 2018 (basierend auf Février und Rybach, 2007; aktualisiert gemäss Betreiberangaben).

Rundungsabweichungen beim Total durch Berücksichtigung weiterer Nachkommastellen.

Beim Mappo Morettina-Tunnel und dem Grossen St. Bernard-Tunnel ist die Produktion bis 2010 etwa gleich geblieben. Seit dem Jahr 2011 wurde neu der Nahwärmeverbund beim Lötschberg-basistunnel in Frutigen (Nordportal) in die vorliegende Statistik aufgenommen. Der Tunnel wurde im Herbst 2010 vollständig in Betrieb genommen.

Zwei Tunnelwasser-Anlagen dienen auch zur Kühlung. So wird beim Gotthardstrassentunnel im Sommer zur Rückkühlung der Gebäude eine Energie von 1'440 MWh umgesetzt. Beim Tunnel Mappo Morettina werden im Kühlbetrieb dem Gebäude 250 MWh pro Jahr durch Tunnelwasser entzogen.

3.3.4 Tiefer Aquifer – Nutzung über Wärmepumpen

In diesem Kapitel wird die geothermische Nutzung der Tiefen Aquifere über WP zusammengestellt. Wegen der hohen Temperatur bei der Grundwasserförderung aus tief liegenden Aquifere wäre die direkte Nutzung oftmals möglich. In der Schweiz wird die geförderte Energie in den meisten Fällen jedoch über eine WP zusätzlich aufgewertet, da die hier aufgeführten Aquifere (mit der Ausnahme der Anlage in Riehen) in knapp 400 m Tiefe liegen. Bei der Anlage Riehen findet, aufgrund der grösseren Tiefenlage und damit höheren Temperaturen, neben einer WP-Nutzung auch eine Direktnutzung der geothermischen Energie statt (siehe Kapitel 3.4.1).

Aktuell sind 5 Anlagen in Betrieb (Tabelle 6). Die Anlage Itingen hat 2014 neu den Betrieb wieder aufgenommen. Die Anlage in Kreuzlingen wird seit 2015 unter den Thermalbädern geführt, nachdem sie zuvor als Tiefer Aquifer in die Statistik eingeflossen ist. Die Produktion aus Tiefen Aquifere hat in den letzten Jahren leicht zugenommen (Beilage 8). Dies ist insbesondere auf die Erneuerung von Anlagenkomponenten in Riehen zurückzuführen. Zudem beeinflusst die Strenge des Winters über die Anzahl der Heizgradtage die Höhe der produzierten Heizenergie. 2018 wurde mit Tiefen Aquifer-Systemen eine Heizenergie von 20.1 GWh produziert. Der geothermische Anteil liegt dabei bei 15.5 GWh.

	Installierte Heizleistung [MW]	Heizenergie [GWh]	Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]
Bassersdorf (ZH)	0.24	0.47	0.24
Itingen (BL)	0.08	0.18	0.13
Kloten (ZH)	0.24	1.50	1.37
Riehen (BS)	3.50	15.22	11.90
Seon (AG)	1.35	2.70	1.90

Total 2018

Installierte Heizleistung [MW]	5.4
Heizenergie [GWh]	20.1
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	15.5
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil [%]	77
Jahresarbeitszahl JAZ	4.4

Tabelle 6: Kennzahlen der geothermischen Nutzung aus **Tiefen Aquifere** für 2018, gemäss Betreiberangaben.

Rundungsabweichungen beim Total durch Berücksichtigung weiterer Nachkommastellen.

3.4 Direktnutzung (Nicht-Wärmepumpennutzung)

3.4.1 Tunnelwassernutzung – Direktnutzung

Seit dem Jahr 2011 wurde neu der Nahwärmeverbund beim Lötschbergbasistunnel in Frutigen (Nordportal) in der vorliegenden Statistik aufgenommen, der im Herbst 2010 vollständig in Betrieb genommen wurde. Ein grosser Teil (2 GWh) der geothermischen Wärme beim Lötschbergbasistunnel wird jährlich direkt ohne Wärmepumpe für die Fischzucht verwendet.

3.4.2 Tiefer Aquifer – Direktnutzung

Bei genügend hoher Fördertemperatur ist eine geothermische Direktnutzung möglich. Die Anlage in Riehen fördert aus dem Muschelkalk Wasser mit einer Temperatur von ca. 65 °C. Dies erlaubt eine Direktnutzung ohne WP. Nach dem Umbau 2011 steigt die produzierte Heizenergie seit 2012 wieder. 2018 betrug die direkt genutzte Heizenergie 5.2 GWh (siehe Beilage 9).

3.4.3 Thermalbäder

Die Energienutzung von Thermalbädern wird nach folgender Formel abgeschätzt:

$$E = Q \cdot \Delta T \cdot \rho_{CP} \cdot t_{\text{JAHR}} \cdot f$$

mit E= Heizenergie [Wh], Q= Schüttungsrate [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$], ΔT = Temperaturdifferenz vor und nach der Nutzung (Temperatur Quelle minus Vorfluter) [K], ρ_{CP} = Wärmekapazität von Wasser [i.d.R. $4.2 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{K}^{-1}$], t = Zeit [1 Jahr = 8760 h], f= Betriebsfaktor [i. d. R. 95 %]. Für die Berechnung werden die Betriebspausen auf 5 % geschätzt. In Kreuzlingen ist die Fördermenge per kantonaler Konzession begrenzt, in diesem Fall wird die vom Betreiber geförderte Wassermenge erfasst und für die statistischen Berechnungen genutzt.

Allgemein erfolgt bei zu geringer Thermentemperatur eine zusätzliche Aufheizung des Badewassers. Bei zu hoher Temperatur wird mit zusätzlichem kaltem Wasser auf die Badetemperatur herunter gekühlt. Häufig wird zudem das «abgebadete» Thermalwasser einer weiteren energetischen Nutzung zugeführt (z. B. Heizzwecke mittels WP).

Für die Bestimmung der geothermischen Heizenergie wird in dieser Statistik angenommen, dass man die Quelltemperatur soweit abkühlt, bis das Wasser in einen oberflächennahen Vorfluter geleitet werden kann. Dazu wird jeweils die Temperaturdifferenz zwischen Therme und Vorfluter (= 10°C) verwendet.

In der Kategorie Thermalbäder wird nur die Heizenergie der Therme betrachtet. Tabelle 7 fasst die Heizenergie und die geothermische Leistung der Thermalbäder zusammen. Die Zusammenstellung der Schüttungen und der Referenzen ist in Beilage 10 zu finden.

Das Thermalbad Baden befindet sich zurzeit im Umbau. Seit 2015 wird das Thermalbad Egelsee in Kreuzlingen, welches zuvor unter den Tiefen Aquiferen geführt wurde, zu den Thermalbädern gezählt. Im September 2018 kam es im Thermalbad Egelsee zu einem Pumpenausfall, welcher bis Februar 2019 anhielt. Die Daten für Kreuzlingen sind aufgrund dessen deutlich unter dem sonstigen Durchschnitt für dieses Thermalbad. Seit Mitte 2018 beliefert neu eine zusätzliche Quelle (Z3) das Thermalbad Bad Zurzach. Da diese geringere Temperaturen als die anderen Quellen aufweist, sind die Betriebsdaten gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen. Im Thermalbad Val d'Illiez laufen Vorbereitungen, in 2019 ebenfalls eine neue Bohrung in Betrieb zu nehmen. Wichtig bei den Angaben zu Leukerbad ist, dass sich die unten angegebenen Werte nicht nur speziell auf die Leukerbad-Therme beziehen, sondern auf alle balneologischen Anwendungen in diesem Ort. Dazu gehören zahlreiche Thermal-Hotels, die Therme 51, die Walliser Alpentherme und andere. Die grösste Therme ist die Leukerbad-Therme, welche rund 1'000 der insgesamt ca. 2'769 l/min bezieht. Zudem wird das Thermalwasser in den Thermen und Hotels sowie einer Schule für Heizwecke benutzt, allerdings sind diesbezüglich keine Betriebszahlen bekannt.

Thermalbad	Leistung [MW] ¹⁾	Heizenergie [GWh] ¹⁾
Andeer (GR)	0.04	0.37
Baden (AG)	Zurzeit im Umbau	
Bad Ragaz (SG)	2.65	22.01
Bad Schinznach S3 (AG)	0.97	8.07
Brigerbad (VS)	3.71	30.85
Kreuzlingen	0.03	0.28
Lavey-les-Bains (VD)	4.19	34.89
Leukerbad (VS)	7.17	59.69
Lostorf (SO)	Betrieb seit 2005 eingestellt	
Ovronnaz (VS)	0.16	1.30
Saillon (VS)	2.51	20.87
Stabio (TI)	0.01	0.07
Val d'Illiez (VS)	0.56	4.66
Vals (GR)	0.29	2.44
Yverdon-les-Bains (VD)	0.23	1.89
Bad Zurzach (AG)	0.78	6.45
Total	23.23	193.84

¹⁾ Bei Abkühlung auf 10°C

Tabelle 7: Kennzahlen der geothermischen Nutzung der **Thermalbäder** für 2018.

3.5 Geothermisches Kühlen

Dank seiner geeigneten physikalischen Eigenschaften kann der Untergrund (Gesteine und Wasser) als saisonaler Wärme-/Kältespeicher dienen. Je nach Verbrauchsprofil wird der Geothermie-

speicher so gebaut, dass der gesamte Kühlbedarf direkt über den Untergrund abgedeckt werden kann. Damit lassen sich Kühlungssysteme mit sehr hohen COPs realisieren. Diese Art des Kühlens wird als Geocooling bezeichnet. Wenn der Kühlbedarf sehr gross ist oder eine tiefe Kühltemperatur notwendig ist (z. B.: Entfeuchtung), muss im Sommer eine WP zum Kühlen eingesetzt werden («Forced Cooling»).

Im Bereich Geothermie gibt es in der Schweiz hauptsächlich zwei Anlagentypen, die man für Kühlzwecke verwendet: EWS-Felder und Geostrukturen. Kühlleistungen und Kühlenergie können bis jetzt nicht erfasst werden. Diese Anwendung liefert jedoch von Jahr zu Jahr einen grösseren Beitrag zur geothermischen Energieproduktion. Es wird empfohlen, dass sie zukünftig separat ausgewiesen wird. Die Kühlenergie, welche mittels «Forced Cooling» über WP erfolgt, könnte über die Kennzahlen der WP-Lieferanten abgeschätzt werden. Der Beitrag des Geocooling zur Kühlenergieproduktion wird schwieriger abzuschätzen sein.

4 Überblick Geothermie Nutzung in der Schweiz

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die installierten Heizleistungen von WP-Systemen sowie die produzierte Heizenergie und geothermische Energie aller geothermischen Systeme. Tabelle 8 fasst die installierte Heizleistung für die WP-Systeme zusammen. Figur 6 zeigt die installierte Heizleistung und die prozentuale Verteilung für das Jahr 2018. Von 2008 bis 2018 konnte die installierte Heizleistung fast verdreifacht werden. Sie beträgt neu 2'172.0 MW für die WP-Anlagen und 2'196.8 MW inklusive der Thermalbäder und der Direktnutzungen Tiefer Aquifere und von Tunnelwasser. Der Anstieg bei der installierten Heizleistung geht im Jahr 2018 fast grösstenteils auf einen Zuwachs bei den EWS-Anlagen zurück. Bei den Oberflächennahen Grundwasser-Systemen und den Geostrukturen traten ebenfalls Zunahmen von 3.2 bzw. 4.4 % auf, jedoch sind diese im Verhältnis zu den EWS-Systemen für die Gesamtheizleistung weniger ausschlaggebend.

Die produzierte Heizenergie betrug 2018 rund 3'692.1 GWh (Tabelle 9, Figur 7). Die gesamte Produktion konnte seit 2008 mehr als verdoppelt und seit 2002 mehr als verdreifacht werden. Der mit Abstand grösste Anteil entfällt dabei mit 80.8 % auf EWS-Anlagen (2'981.6 GWh). Gefolgt werden die EWS-Anlagen von den Oberflächennahen Grundwasser-Nutzungen mit 11.5 % (425.9 GWh) und den Thermalbädern mit 5.3 % (193.8 GWh). Die Produktion der restlichen Quellen liegt bei 2.4%, wobei die Geostrukturen mit 1.5 % (54.5 GWh) und die Nutzung der Tiefen Aquifere (direkt und mittels WP) mit 0.6 % (25.3 GWh) am meisten beitragen. Analoges ist für die geförderte geothermische und somit die erneuerbare Energie zusammengestellt (Tabelle 10, Figur 8).

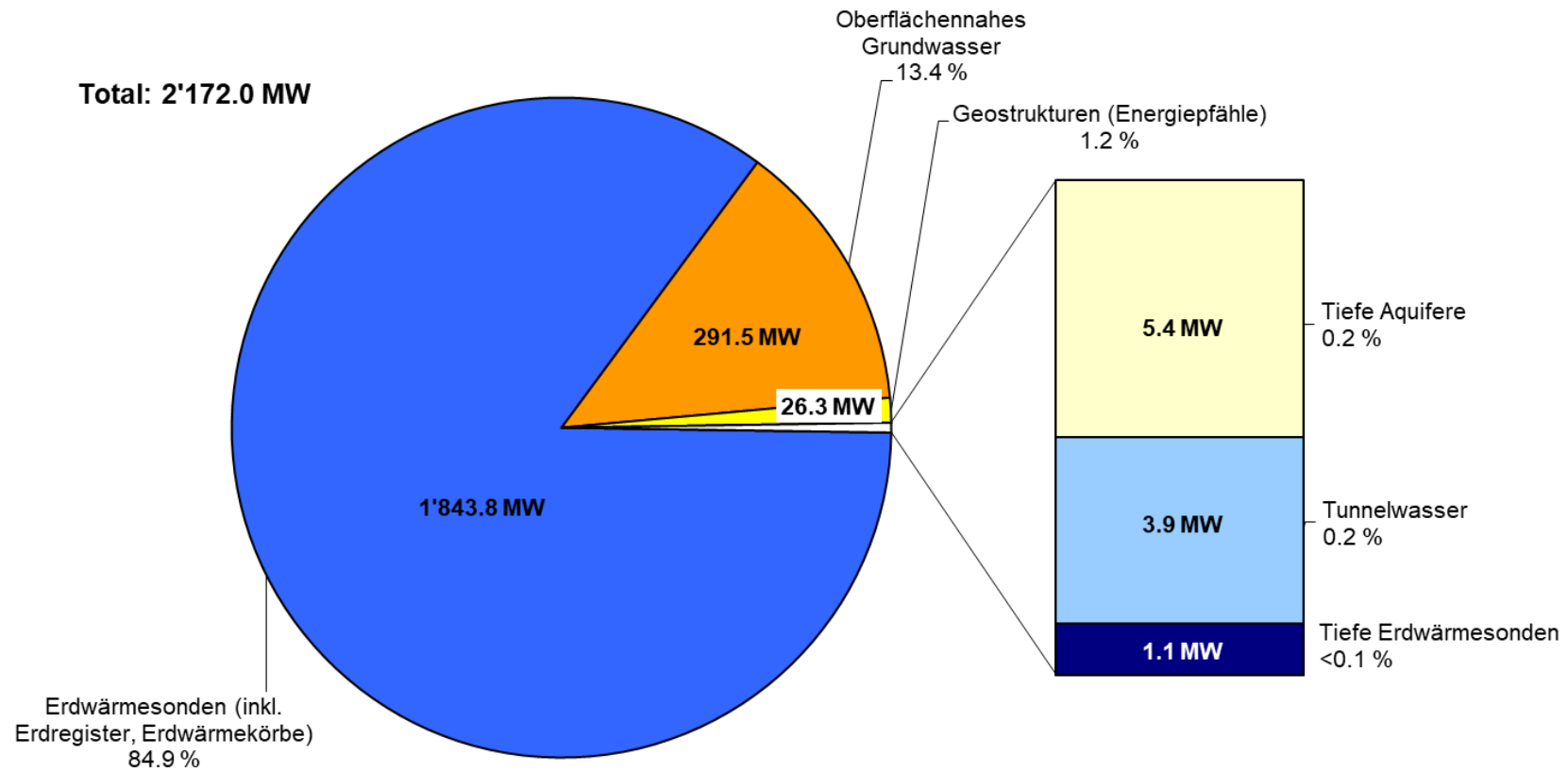
Bei der in der vorliegenden Statistik dargestellten Heizenergie sowie auch dem geothermisch geförderten Anteil handelt es sich um effektive Betriebsdaten. Diese sind – z. B. im Unterschied zu den Energie-Statistiken des Bundesamtes für Energie – nicht klima-normiert. Dies bedeutet, dass die hier dargestellte Heizenergie und auch deren Entwicklung seit 1990 von den jeweiligen Heizgradtagen eines Jahres abhängen. So ist zum Beispiel der Einbruch der Wärmeproduktion im Jahr

2014 bzw. im Jahr 2018 auf das milde Winterklima zurückzuführen. Figur 9 und Figur 10 zeigen die Entwicklung der Heizenergie und der geförderten geothermischen Energie seit 1990. Für die Übersichtlichkeit werden in den Diagrammen die Kategorien Tiefe Erdwärmesonden (TEWS), Geostrukturen, Tiefe Aquifere und Tunnelwasser zur Kategorie «Restliche geothermische Systeme» zusammengefasst.

Die installierte Heizleistung und die Anzahl an Anlagen behalten auch in 2018 ihre eindeutig positive Entwicklungstendenz, wenngleich sich seit einigen Jahren der jährliche Zuwachs verkleinert hat. Sowohl bei der installierten Heizleistung als auch bei der Heizenergie haben die EWS-Anlagen in 2018 ihren prozentualen Anteil gegenüber den anderen Systemen gehalten.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	%-Anteil 2018
Erdwärmesonden (inkl. Erdregis- ter, Erdwärmekörbe)	861.2	981.2	1'122.8	1'237.3	1'338.9	1'433.9	1'531.7	1'618.2	1'694.2	1'770.2	1'843.8	84.9 %
Oberflächennahes Grundwasser	143	159.7	183.2	203.1	218.1	233.9	256.5	277.0	279.3	282.4	291.5	13.4 %
Geostrukturen (Energiepfähle)	10.4	11.9	12.2	14.8	15.1	16.2	19.0	20.3	24.9	25.2	26.3	1.2 %
Tiefe Aquifer	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.4	5.4	5.4	5.4	0.2 %
Tunnelwasser	2.4	2.4	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	0.2 %
Tiefe Erdwärmesonden	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.1	0.1 %
Total	1'022.1	1'160.3	1'326.8	1'463.8	1'581.4	1'694.0	1'816.8	1'925.5	2'008.6	2'088.2	2'172.0	

Tabelle 8: **Total installierte Heizleistung [MW]** (nur Wärmepumpen-Anlagen, ohne Direktnutzung), aufgeschlüsselt nach WP-Systemen für die Jahre 2008 bis 2018.

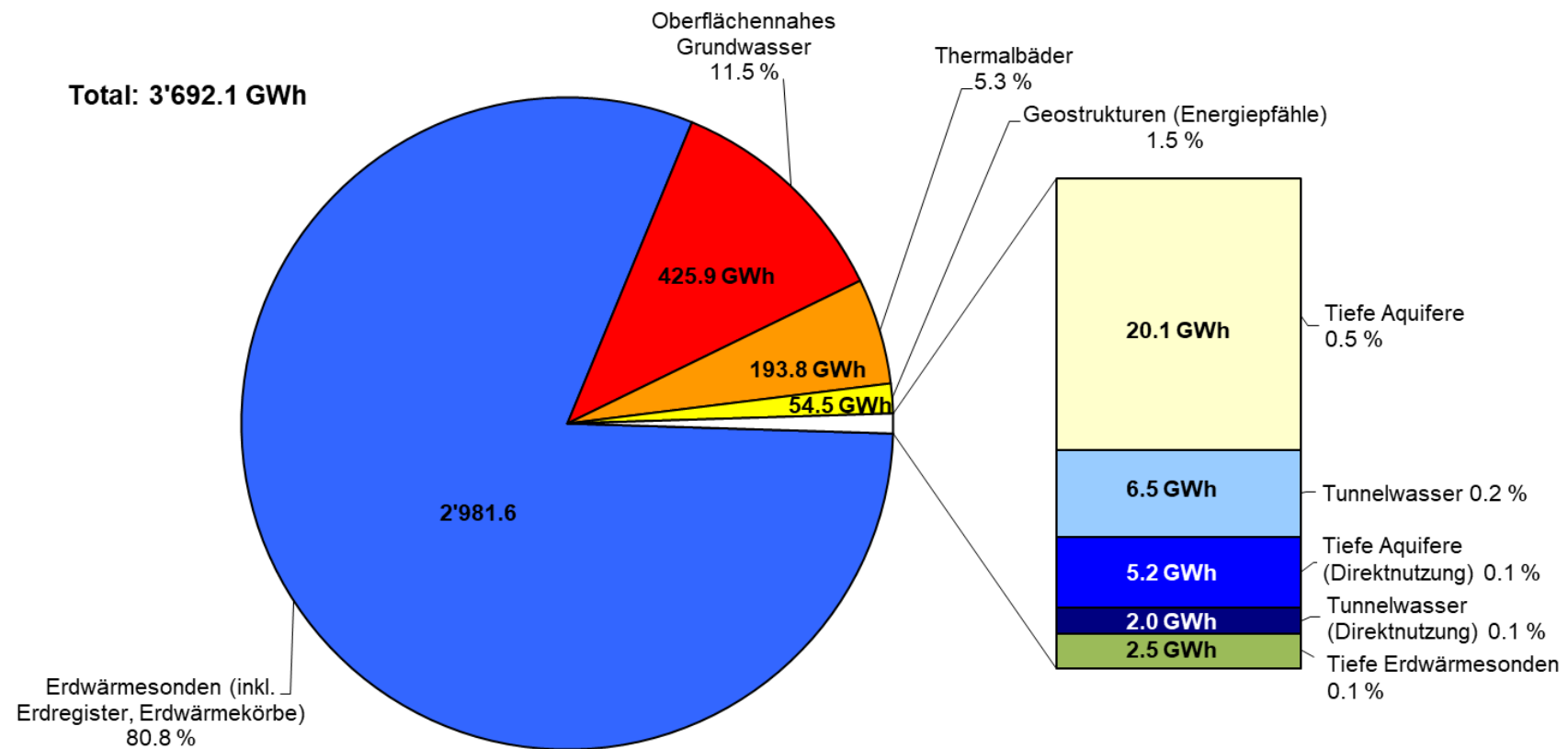


Figur 6: Diagramm mit Anteilen der **installierten Heizleistung** (nur Wärmepumpen-Anlagen, ohne Direktnutzung) aufgeschlüsselt für WP-Systeme im Jahr 2018.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	%-Anteil gesamt 2018	%-Anteil nur WP 2018
Erdwärmesonden (inkl. Erdregister, Erdwärmekörbe) ^{*)}	1'493.4	1'642.2	2'068.1	1'979.1	2'341.5	2'626.1	2'385.3	2'723.0	2'997.6	3'103.5	2'981.6	80.8%	85.4 %
Oberflächennahe Grundwassernutzung ^{*)}	209.8	224.1	290.7	285.4	328.8	367.3	344.3	405.9	450.2	454.6	425.9	11.5%	12.2 %
Thermalbäder	290.4	238.3	240.2	240.2	225.5	228.7	242.1	209.7	192.9	192.8	193.8	5.3%	-
Geostrukturen (Energiepfähle) ^{*)}	21.5	24.7	25.3	30.7	31.4	33.6	39.5	42.2	51.7	52.3	54.5	1.5%	1.6 %
Tiefe Aquifere ^{*)}	13.4	15.5	13.3	6.1	16.4	18.9	13.5	13.9	17.9	19.8	20.1	0.5%	0.6 %
Tunnelwasser	4.3	4.1	4.6	5.7	5.6	6.5	5.8	5.8	6.5	6.5	6.5	0.2%	0.2 %
Tiefe Aquifere (Direktnutzung)	2.1	1.8	0.7	0.3	1.8	2.4	3.1	4.2	5.2	4.8	5.2	0.1%	-
Tunnelwasser (Direktnutzung)					2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.1%	-
Tiefe Erdwärmesonden ^{*)}	0.8	0.7	0.7	0.5	2.1	2.2	1.7	1.5	2.1	2.6	2.5	0.1%	0.1 %
Total Wärmepumpen-Anlagen	1'753.8	1'942.6	2'402.7	2'307.5	2'725.7	3'054.5	2'790.1	3'192.4	3'526.1	3'639.3	3'491.1	94.4 %	100 %
Total Thermalbäder + Direktnutzungen	292.5	240.1	240.9	240.5	229.3	233.1	247.2	215.9	200.1	199.6	201.0	5.6 %	-
Total	2'035.8	2'151.5	2'643.1	2'548	2'955.0	3'287.6	3'037.3	3'408.3	3'726.2	3'838.9	3692.1	100 %	-

Tabelle 9: **Heizenergie [GWh]**, aufgeschlüsselt nach geothermischen Systemen für die Jahre 2008 bis 2018.

Die Werte repräsentieren effektive Betriebsdaten, abhängig von den Heizgradtagen in einem Jahr. Deshalb sind Schwankungen von Jahr zu Jahr möglich. 2018 war mit 2'891 Heizgradtagen über die letzten 20 Jahre gesehen ein sehr mildes Heizjahr. Im Vergleich dazu waren die Winter 2015-2017 merklich kälter. Der Winter 2014 war mit 2'782 Heizgradtagen der mildeste Winter seit 1990.

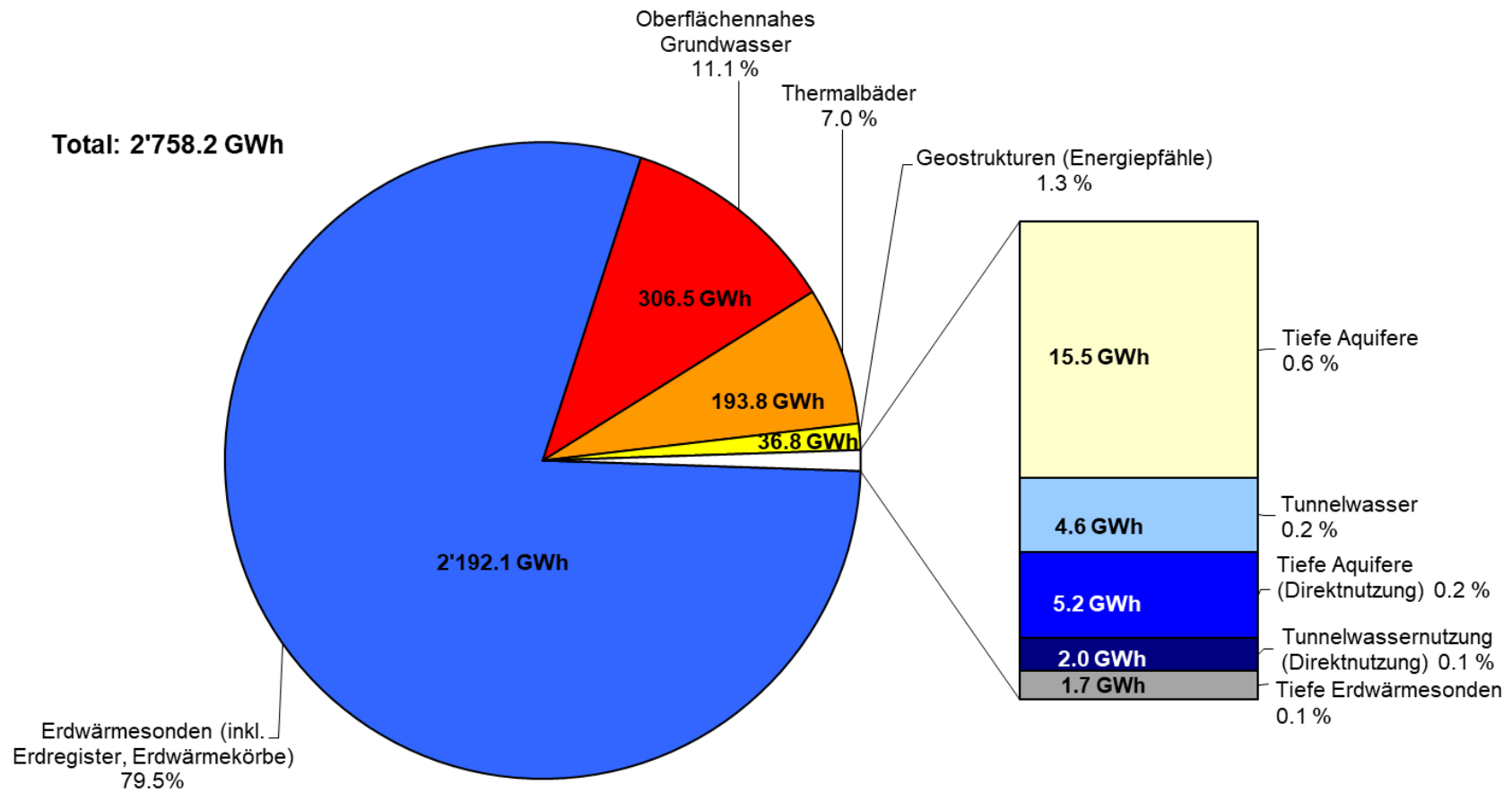


Figur 7: Diagramm mit Anteilen der **Heizenergie** aller geothermischen Systeme im Jahr 2018.

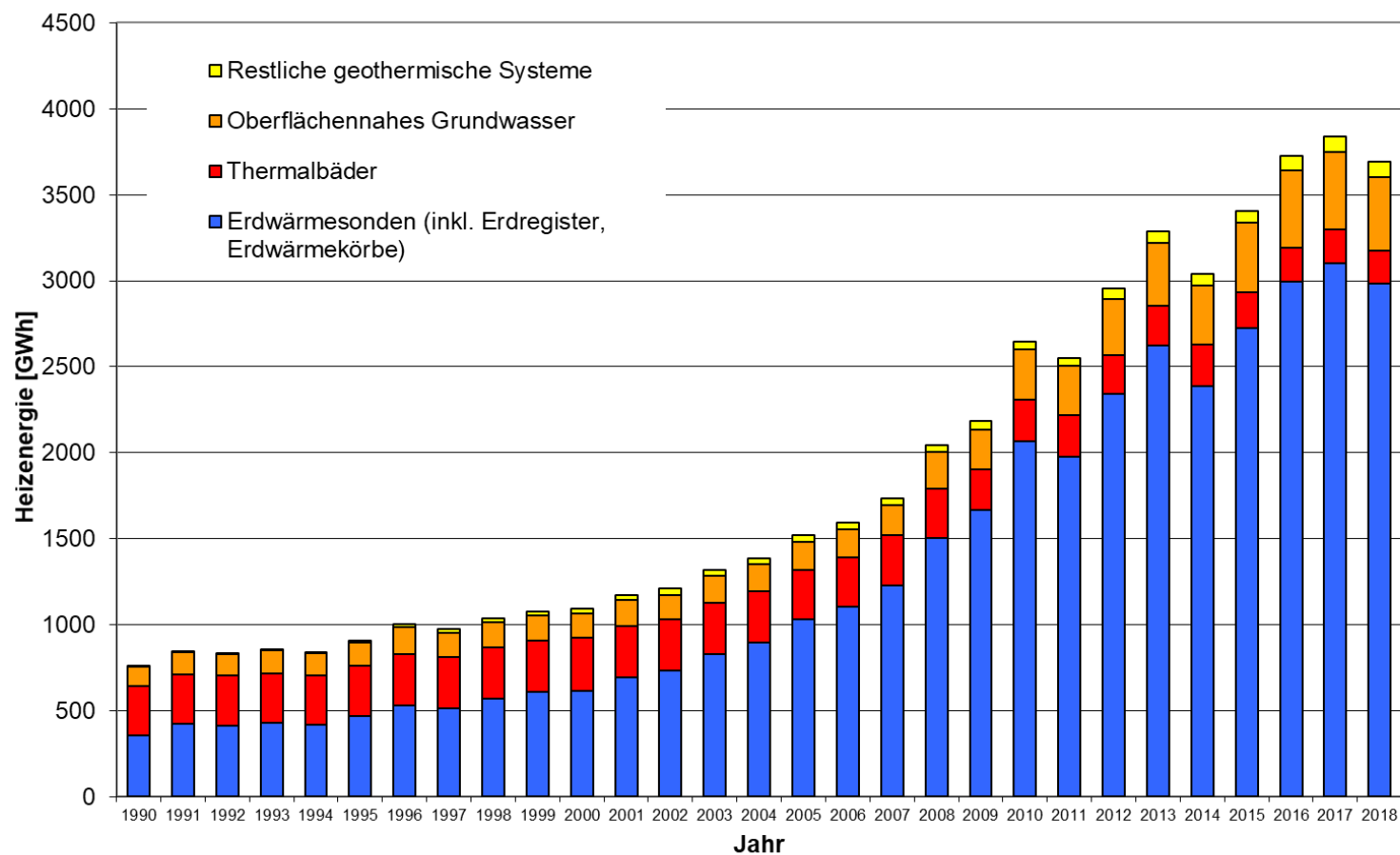
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	%-Anteil 2018
Erdwärmesonden (inkl. Erdregis- ter, Erdwärmekörbe)	1'063.9	1'176.1	1'477.6	1'430.1	1'688.5	1'893.5	1'739.5	1'983.1	2'182.9	2'266.4	2'192.1	79.5 %
Oberflächennahes Grundwasser	145.8	158.9	206	204	234.4	261.4	248.8	293.2	324.8	326.0	306.5	11.1 %
Thermalbäder	290.4	238.3	240.2	240.2	225.5	228.7	242.1	209.7	192.9	192.8	193.8	7.0 %
Geostrukturen (Energiepfähle)	14.8	16.9	17.3	20.9	21.4	22.9	26.8	28.6	34.9	35.3	36.8	1.3 %
Tiefe Aquifere	9.3	10.8	9.1	4.2	12.1	14.7	9.9	10.2	13.5	15.0	15.5	0.6 %
Tunnelwasser	2.9	2.8	3.1	4.2	4	4.5	4.1	4.1	4.6	4.6	4.6	0.2 %
Tiefe Aquifere (Direktnutzung)	2.1	1.8	0.7	0.3	1.8	2.4	3.1	4.2	5.2	4.8	5.2	0.2 %
Tunnelwasser (Direktnutzung)					2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.1 %
Tiefe Erdwärmesonden	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	1.5	1.2	1.1	1.2	1.8	1.7	<0.1 %
Total	1'529.8	1'606.1	1'954.5	1'904.4	2'191.1	2'431.5	2'277.5	2'536.1	2'762.1	2'848.7	2'758.2	

Tabelle 10: **Geförderte geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]**, aufgeschlüsselt nach geothermischen Systemen für die Jahre 2008 bis 2018.

Die Werte repräsentieren effektive Betriebsdaten, abhängig von den Heizgradtagen in einem Jahr. Deshalb sind Schwankungen von Jahr zu Jahr möglich. Bei Nicht-WP-Systemen entspricht die geothermische Energie der Heizenergie. 2018 war mit 2'891 Heizgradtagen über die letzten 20 Jahre gesehen ein sehr mildes Heizjahr. Im Vergleich dazu waren die Winter 2015-2017 merklich kälter. Der Winter 2014 war mit 2'782 Heizgradtagen der mildeste Winter seit 1990.

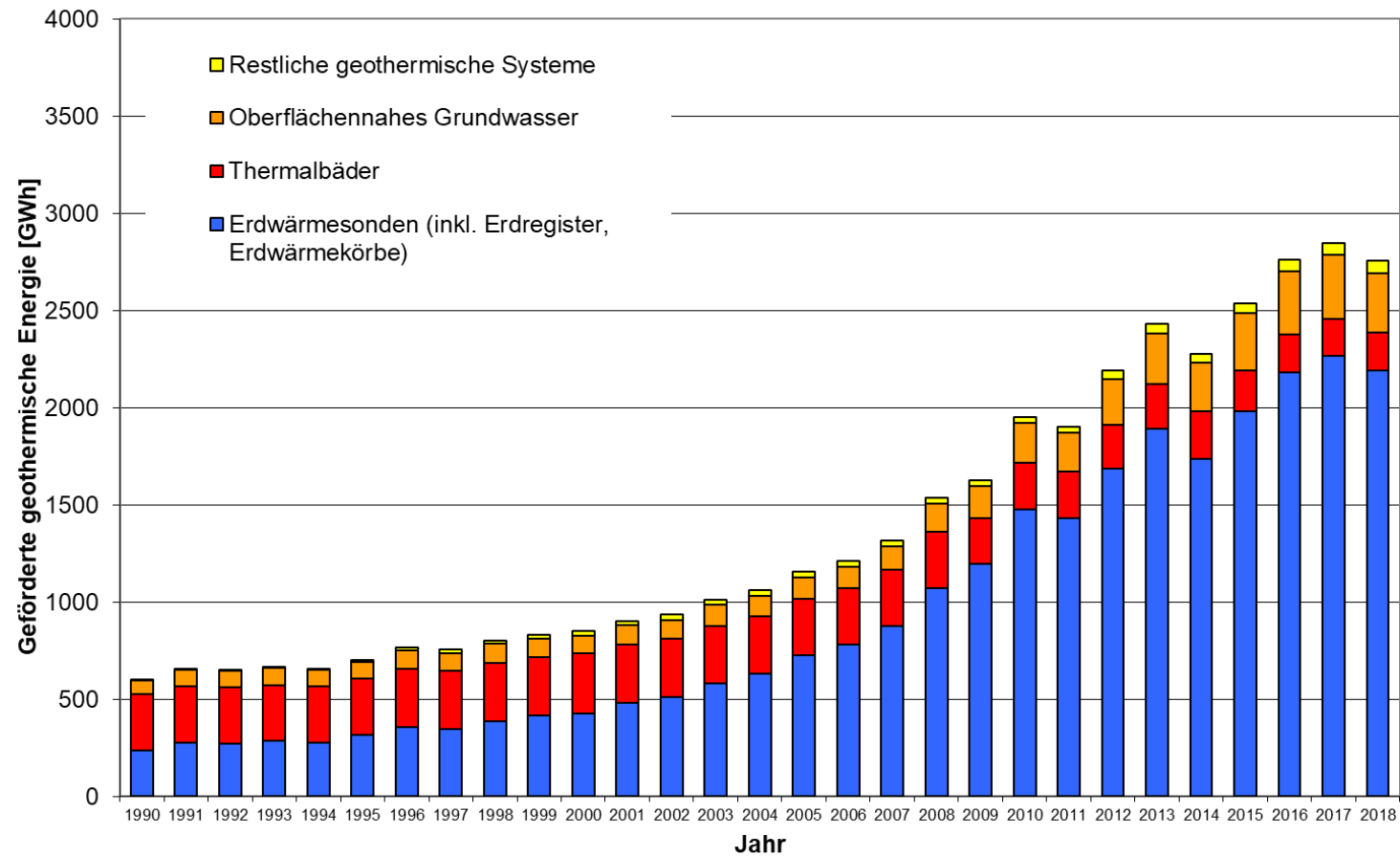


Figur 8: Diagramm mit Anteilen der geförderten **geothermischen (erneuerbaren) Energie** aller geothermischen Systeme im Jahr 2018.



Figur 9: **Heizenergie (Wärmeproduktion)** aller geothermischen Systeme seit 1990, basierend auf den Daten der Elektro-Wärmepumpen-Statistik und auf Angaben von Anlagebetreibern.

Die Werte repräsentieren effektive Betriebsdaten, abhängig von den Heizgradtagen in einem Jahr. Deshalb sind Schwankungen von Jahr zu Jahr möglich. 2018 war mit 2'891 Heizgradtagen über die letzten 20 Jahre gesehen ein sehr mildes Heizjahr. Im Vergleich dazu waren die Winter 2015-2017 merklich kälter. Der Winter 2014 war mit 2'782 Heizgradtagen der mildeste Winter seit 1990.



Figur 10 **Geothermische (erneuerbare) Energie** (vor der WP) aller geothermischen Systeme seit 1990, basierend auf den Daten der Elektro-Wärmepumpen-Statistik und auf Angaben von Anlagebetreibern.

Die Werte repräsentieren effektive Betriebsdaten, abhängig von den Heizgradtagen in einem Jahr. Deshalb sind Schwankungen von Jahr zu Jahr möglich. 2018 war mit 2'891 Heizgradtagen über die letzten 20 Jahre gesehen ein sehr mildes Heizjahr. Im Vergleich dazu waren die Winter 2015-2017 merklich kälter. Der Winter 2014 war mit 2'782 Heizgradtagen der mildeste Winter seit 1990.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz für das Jahr 2018 wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erarbeitet. Die Ermittlung der Kennzahlen basiert analog zu den vorangehenden Jahren auf dem Berechnungsschema für die Elektro-Wärmepumpenstatistik (Basics, 2007) und auf Anlagenbetriebsdaten, die von den Betreibern zur Verfügung gestellt wurden. In der Elektro-Wärmepumpenstatistik werden die von der FWS erhobenen Verkaufszahlen für WP verwendet, um die installierte Heizleistung, die Heizenergie und die geothermische (erneuerbare) Energie zu berechnen. Die Geothermie-Statistik ist ihrerseits Bestandteil der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien, die im Auftrag des Bundesamtes für Energie jährlich erstellt wird. Ebenfalls benötigt wird diese Statistik für die Datenerhebungen der IEA Geothermal, der International Geothermal Association (IGA), des ERA-NET der EU und anderen mehr.

Da neue Geostruktur-Anlagen, wie Energiepfahl-Systeme, an keiner Stelle zentral erfasst werden, ist eine Dokumentation grundsätzlich schwierig. Es werden deshalb ausgewählte Firmen nach ausgerüsteten Bohrmetern befragt und der jährliche Zuwachs anhand einer Annahme über deren geschätzten Marktanteil bestimmt.

Die Betriebsdaten von Tiefen Erdwärmesonden und Anlagen zur Nutzung von Tiefen Aquiferen werden von den Anlagebetreibern zur Verfügung gestellt. Nicht alle Anlagen sind gut dokumentiert. Zum Teil sind nur Daten für ein Betriebsjahr vorhanden. In diesen Fällen wird angenommen, dass die Angaben für jedes Betriebsjahr identisch sind.

Die Angaben zur Tunnelwasser-Nutzung basieren auf einer Studie von Février und Rybach (2007). Die darin ausgewiesenen Kennzahlen werden jährlich durch persönliche Kontakte zu den Anlagenbetreibern aktualisiert. Es zeigte sich eine ähnliche Situation wie bei den anderen Anlagentypen. Oft sind die Anlagen nicht mit Zählern ausgerüstet und die Produktion der Anlage kann nur geschätzt werden.

Die Angaben zu den Thermalbad-Nutzungen beruhen auf einer Erhebung von Geothermie-Schweiz aus dem Jahr 2010, welche für 2018 weiter aktualisiert wurde. Die einzelnen Thermalbäder wurden kontaktiert und die bereits vorhandenen Angaben überprüft und falls notwendig aktualisiert.

Aufgrund einer grossen Anzahl an EWS-Systemen (inkl. Erdregister, Energiekörbe) und oberflächennahen Grundwasser-Anlagen können diese Kategorien nicht direkt erfasst werden. Die Kennzahlen der EWS-Nutzung werden deshalb aus der Differenz zwischen den aus der WP-Verkaufsstatistik hergeleiteten Produktivitätszahlen für SW-WP und den bekannten Angaben für die anderen beiden SW-WP-Anwendungen Tiefe Erdwärmesonden und Geostrukturen (Kapitel 3.2.2 und 3.2.3) geschätzt. Für die Nutzung aus Oberflächennahem Grundwasser mussten

ebenfalls Annahmen getroffen werden. Hier wird davon ausgegangen, dass 80 % der WW-WP-Anlagen auf Nutzungen des Grundwassers zurückgehen (siehe Kapitel 3.3.2).

Das Kühlen von Gebäuden stellt eine immer bedeutendere Nutzung des Untergrundes dar und zeigt eine vielversprechende Entwicklung. Eine Einzelerfassung dieser Anlagen ist aufgrund der steigenden Anzahl und der vielen Planungsbüros nicht möglich.

Die Anzahl der EWS-Systeme wächst nach wie vor von Jahr zu Jahr. Das Wachstum hat sich jedoch in den letzten Jahren deutlich verringert. Waren bis 2010 jährliche Wachstumsraten von über 10 % der Normalfall, wurde 2018 noch ein Wachstum von 2.5 % verzeichnet. Aufgrund des milden Winters 2018 ist die durch EWS-Systeme produzierte Heizenergie im Vergleich zum Vorjahr um 3.9 % auf insgesamt 2'981.6 GWh gefallen. Der Anteil der EWS-Systeme an der gesamten geothermischen Heizenergie beträgt 80.8 %. Der Anteil der geothermischen und somit erneuerbaren Energie der EWS-Systeme liegt bei etwa 2'192.1 GWh (79.5 %).

Die weitere geothermische WP-Nutzung teilt sich auf in Oberflächennahes Grundwasser (425.9 resp. 306.5 GWh), Tiefe Erdwärmesonden (2.5 resp. 1.7 GWh), Geostrukturen (54.5 resp. 36.8 GWh), Tiefe Aquifere (20.1 resp. 15.5 GWh) und Tunnelwasser (6.5 resp. 4.6 GWh). Angegeben ist die Heizenergie resp. der geothermische (=erneuerbarer) Anteil. Nicht WP-abhängige Geothermie-Nutzungen sind mehrheitlich Thermalbad-Anwendungen (193.8 GWh). Neben der Thermalbad-Nutzung erfolgt auch ein Anteil der Tiefen Aquifer-Nutzung in der Anlage Riehen (5.2 GWh) sowie bei der Tunnelwassernutzung am Lötschbergbasistunnel (Fischzucht) direkt ohne Wärmepumpe (2.0 GWh).

2018 betrug der Stromverbrauch aller geothermischer WP ca. 934 GWh. Der gesamte Stromverbrauch der Schweiz lag gemäss dem Bundesamt für Energie bei 57'600 GWh. Der Anteil der geothermischen Wärmepumpen am gesamten Stromverbrauch war mit 1.6 % gering.

Der Anteil der mit allen geothermischen Systemen produzierten Heizenergie (inkl. Stromanteil und Thermalwasser) am gesamten Energieverbrauch der Schweiz für Raumwärme und Warmwasser liegt derzeit bei 4.9 %. Im Jahr 2000 lag er bei rund 1.3 %.

Im internationalen Vergleich steht die Geothermienutzung in der Schweiz gut da: Die Schweiz hat die höchste Flächendichte von Geothermie-Anlagen (Anzahl Anlagen pro km²) weltweit (Lund and Boyd, 2015).

Die positive Bilanz der geothermischen Energienutzung ist auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen, wie hohes Umweltbewusstsein, lokal verbreitetes Wissen über die Systeme sowie hohe Motivation und Innovationsfreudigkeit von Bauherren, Unternehmen und Interessenverbänden. Viele Kantone unterstützen geothermische Wärmepumpenanlagen durch finanzielle Zuschüsse für die Wärmepumpen, insbesondere beim Ersatz konventioneller Heizsysteme. Zusätzliche Fördermassnahmen durch z. B. Gemeinden oder Energieanbieter sind ergänzend möglich.

Die Nutzung der geothermischen Ressourcen führt einerseits zu einer Einsparung beim CO₂-Ausstoss, andererseits wird hier eine heimische, erneuerbare Ressource verwendet. Im Jahr 2018 konnten dank der geothermischen Anlagen in der Schweiz rund 324'000 Tonnen Heizöl eingespart werden, was einer Einsparung beim CO₂-Ausstoss von ca. 1'023'850 Tonnen entspricht.

6 Literaturverzeichnis

Basics, 2007, Erweiterung der schweizerischen Elektrowärmepumpenstatistik. Dokumentation der Arbeiten, Bundesamt für Energie.

Bianchetti G., 2003, Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon, rapport intermédiaire, OFEN.

Bundesamt für Energie, 2019: Elektrizitätserzeugung und -verbrauch 2018, Mitteilungsblatt vom 18. April 2019.

Bundesamt für Energie, 2018: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2017 nach Verwendungszwecken, Bericht vom Oktober 2018.

Eugster, W.J., Füglister, H., 2003, Tiefe Erdwärmesonde Weggis. Messkampagne zur Dokumentierung der neuen Einflüsse beim Ausbau der Abnehmerleistung. Schlussbericht, Bundesamt für Energie.

Février, S., Rybach, L., 2007. Aktualisierung des Potenzial Tunnelgeothermie. Schlussbericht zuhanden GEOTHERMIE.CH. Nr. 202 980 001.

Geowatt, 2010. Langzeiterfahrung mit Erdwärmesonden-Systemen in der Schweiz, Schlussbericht Bundesamt für Energie.

Kohl, T., R. Brenni, W.J. Eugster, 2002, System performance of a deep borehole heat exchanger, *Geothermics*, 31, 687–708.

Kohl, T., Andenmatten, N., Rybach L., 2003, Statistik geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre 2000 und 2001. Schlussbericht, Bundesamt für Energie.

Lund, J.W., Boyd, T.L., 2015. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review, Proceedings of World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.

Rybach, L., Signorelli, S., Salton, M., 2000, Geothermie-Statistik Schweiz 1990-1999, ausgearbeitet durch Forschungsgruppe Geothermie und Radiometrie – ETH Institut für Geophysik, 8093 Zürich, Bundesamt für Energie, Projekt Nr. 24843, Bern.

Signorelli, S., Andenmatten Berthoud, N., Kohl, T., Rybach, L., 2004. Statistik geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre 2002 und 2003. Schlussbericht, Bundesamt für Energie.

Signorelli, S., Wagner, R., Kohl, T., L. Rybach, 2007. Statistik geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre, Ausgabe 2006 - Überarbeitung der Geothermiestatistik von 1990 bis 2006. Schlussbericht, GEOTHERMIE.CH.

Signorelli, S., Sonnenfroh, F., Imhasly, S., Kohl, T., Rybach, L., 2009. Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz, Ausgabe 2008 - Überarbeitung der Geothermiestatistik von 1990 bis 2008. Schlussbericht, GEOTHERMIE.CH.

7 Beilagen

Beilage 1: Kennzahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpen, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.1. Die Energiewerte sind nicht-klimanormiert und repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr. Die angegebenen JAZ sind die Mittelwerte für alle betriebenen Anlagen, unabhängig von der Inbetriebnahme. In den Stückzahlen sind die Tiefen Erdwärmesonden (TEWS) jedoch nicht die Geostrukturen enthalten.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	55'343	62'535	68'663	74'178	79'403	84'141	88'218	91'542	94'269	96'722	99'132
Installierte Heizleistung [MW]	871.7	993.3	1'135.2	1'252.3	1'354.8	1'450.9	1'551.5	1'639.3	1'719.9	1'796.5	1'871.2
Wärmeproduktion [GWh]	1'515.8	1'667.6	2'094.1	2'010.4	2'375	2'661.9	2'426.5	2'766.7	3051.4	3'158.4	3'038.7
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	1'079.2	1'193.5	1'495.4	1'451.5	1'711.4	1'917.9	1'767.5	2'012.7	2'219.1	2'303.5	2'230.6
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	71 %	72 %	71 %	72 %	72 %	72 %	73 %	73 %	73 %	73 %	73%
Jahresarbeitszahl JAZ	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8

Beilage 2: Kennzahlen der Wasser-Wasser-Wärmepumpen, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.1. Die Energiewerte sind nicht-klimanormiert und repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr. Die angegebenen JAZ sind die Mittelwerte für alle betriebenen Anlagen, unabhängig von der Inbetriebnahme.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	4'192	4'494	4'825	5'187	5'319	5'418	5'575	5'783	5'814	5'814	5'796
Installierte Heizleistung [MW]	150.3	167.0	191.5	211.5	226.6	242.5	265.3	286.18	288.67	291.7	300.8
Wärmeproduktion [GWh]	227.5	243.7	308.5	297.1	350.7	392.6	363.7	425.70	474.66	480.9	452.4
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	158.1	172.4	218.2	212.5	250.5	280.6	262.8	377.55	342.9	345.7	326.6
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	69 %	71 %	71 %	72 %	71 %	71 %	72 %	72.2 %	72 %	72 %	72 %
Jahresarbeitszahl JAZ	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6

Beilage 3: Kennzahlen der Nutzung mit Tiefen Erdwärmesonden, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.2.2. Die Angaben repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr, geliefert von Anlagebetreibern.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Anlagen	2	2	2	3	3	3	3	3	4 ^{*)}	4 ^{*)}	4 ^{*)}
Installierte Heizleistung [MW]	0.18	0.18	0.18	0.18	0.78	0.78	0.78	0.78	1.08	1.08	1.08
Wärmeproduktion [GWh]	0.84	0.72	0.72	0.54	2.12	2.19	1.69	1.53	2.08	2.60	2.50
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	0.59	0.52	0.51	0.41	1.5	1.5	1.15	1.05	1.25	1.83	1.72
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	70 %	72 %	71 %	76 %	71 %	68 %	68 %	69 %	60 %	70 %	69 %
Jahresarbeitszahl JAZ	3.3	3.6	3.5	4.2	3.4	3.1	3.1	3.2	2.5	3.4	3.2

^{*)} Pontresina neu in Betrieb: Arbeitet noch mit Problemen und weist daher einen schlechten Wirkungsgrad auf.

Beilage 5: Kennzahlen der Nutzung mit Erdwärmesonden (EWS), inkl. Erdwärmekörbe und Erdregister, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.2.4. Die Energiewerte sind nicht-klimanormiert und repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr. Die angegebenen JAZ sind die Mittelwerte für alle betriebenen Anlagen, unabhängig von der Inbetriebnahme.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	Da die Anzahl Geostruktur-Anlagen nicht bekannt ist, kann die Anzahl nur geschätzt werden. Die Anzahl liegt in der Grössenordnung von Beilage 1										
Installierte Heizleistung [MW]	749.5	861.2	981.2	1'122.8	1'237.3	1'339.5	1'434.5	1'531.7	1'618.2	1'770.2	1'843.8
Wärmeproduktion [GWh]	1'229.8	1'493.4	1'642.2	2'068.1	1'979.1	2'341.5	2'626.1	2'385.3	2'723.0	3'103.5	2'981.6
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	876.0	1'063.9	1'176.1	1'477.6	1'430.1	1'688.5	1'893.5	1'739.5	1'983.1	2'266.4	2'192.1
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	71 %	71 %	72 %	71 %	72 %	72 %	72 %	73 %	73 %	73 %	74%
Jahresarbeitszahl JAZ	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.8

Beilage 6: Kennzahlen der WP-Nutzung von Oberflächennahem Grundwasser, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.3.2. Die Energiewerte sind nicht-klimanormiert und repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr. Die angegebenen JAZ sind die Mittelwerte für alle betriebenen Anlagen, unabhängig von der Inbetriebnahme.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	4'181	4'483	4'814	5'175	5'307	5'406	5'562	5'771	5'802	5'802	5'784
Installierte Heizleistung [MW]	143.0	159.7	183.2	203.1	218.1	232.9	256.5	277.0	279.3	282.4	291.5
Wärmeproduktion [GWh]	209.8	224.1	290.7	285.4	328.8	367.3	344.3	405.2	450.2	454.6	425.9
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	145.8	158.9	206	204.1	234.4	261.4	248.9	292.7	324.8	326.0	306.5
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	69 %	71 %	71 %	71 %	71 %	71 %	72 %	72 %	72 %	72 %	72%
Jahresarbeitszahl JAZ	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.5	3.6

Beilage 7: Kennzahlen der Tunnelwasser-Nutzung, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.3.3. Die Werte repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr abgeschätzt anhand von Betreiberangaben (Février und Rybach, 2007).

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	6 ¹⁾	6 ¹⁾	6 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾	7 ¹⁾
Installierte Heizleistung [MW]	2.4	2.4	3.5 ¹⁾	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9
Wärmeproduktion [GWh]	4.3	4.1	4.6	5.7	5.6	6.5	5.8	5.8	6.5	6.5	6.5
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	2.9	2.8	3.1	4.2	3.9	4.5	4.1	4.1	4.6	4.7	4.6
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	68 %	68 %	68 %	75 %	71 %	69 %	70 %	70 %	71 %	71 %	71 %
Jahresarbeitszahl JAZ	3.1	3.1	3.1	3.9	3.4	3.2	3.3	3.3	3.5	3.5	3.4

¹⁾ Davon nutzt eine Anlage Tunnelluft.

Beilage 8: Kennzahlen der Nutzung von Tiefen Aquiferen, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.3.4. Die Werte repräsentieren die effektiven Produktionsdaten pro Jahr gemäss Betreiberangaben. Die Schwankungen in der Produktion gehen neben unterschiedlich strengen Winter auf technische Probleme bei den Anlagen Riehen und Kloten zurück.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	5	5	5	5	5	5	6 ¹⁾	5 ⁷⁾	5	5	5
Installierte Heizleistung [MW]	4.95	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.97	5.41 ⁸⁾	5.41	5.41	5.41
Wärmeproduktion [GWh]	13.37	15.52	13.28 ⁶⁾	6.06 ⁶⁾	16.4	18.85	13.47	13.93	17.91	19.80	20.07
Geothermische (erneuerbare) Energie [GWh]	9.30	10.78	9.12	4.19	12.13	14.69	9.92	10.23	13.48	15.04	15.54
Geothermischer (erneuerbarer) Wärmeanteil	70 %	69 %	69 %	69 %	74 %	78 %	74 %	73 %	75 %	76 %	77 %
Jahresarbeitszahl JAZ	3.3	3.3	3.2	3.2	3.8	4.5	3.8	3.8	4.0	4.2	4.4

¹⁾ Wieder Inbetriebnahme Anlage Itingen

²⁾ Vorübergehende Einstellung des Betriebes Anlage Itingen

³⁾ Technische Probleme bei der Anlage Riehen

⁴⁾ Erhöhung der Produktion Anlage Kloten durch Ersatz der WP

⁵⁾ Technische Probleme bei der Anlage Kloten

⁶⁾ Revision der Anlage Riehen

⁷⁾ Die Anlage in Kreuzlingen wird ab 2015 unter den Thermalbädern erfasst

⁸⁾ Die installierte Leistung in Riehen wurde vom Betreiber nach oben korrigiert (3.5 anstatt 3.0 MW_{th})

Beilage 9: Kennzahlen der Direktnutzung von Tiefen Aquiferen durch die Anlage Riehen, Jahre 2008–2018

Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.4.2. Bei der Nutzung ohne WP entspricht die reine geothermische Energie der Wärmeproduktion.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Anzahl Wärmepumpen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmetauscher genutzt ²⁾	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Installierte Heizleistung [MW]	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Wärmeproduktion [GWh]	2.13	1.81	0.7 ¹⁾	0.3 ¹⁾	1.76	2.43	3.1	4.18	5.4	4.8	5.2

¹⁾ Revision der Anlage Riehen

²⁾ Ein weiterer dritter Wärmetauscher mit 0.750 MW ist als Redundanz vorhanden

Beilage 10: Kennzahlen der Thermalbad-Nutzung im Jahr 2018

¹⁾ Bei Abkühlung auf 10 °C. Detaillierte Beschreibung siehe Kapitel 3.4.3.

Thermalbad	Referenz	Schüttung [m ³ /s]	Temperatur [°C]	Leistung ¹⁾ [MW]	Wärmeproduktion ¹⁾ [GWh]
Andeer (GR)	Schamser Heilbad Andeer AG / Addi van Gent 2019	1.17·10 ⁻³	19	0.04	0.37
Baden (AG)	Stäuble (Dr. Heinrich Jäckli AG) 2015	Betrieb vorübergehend eingestellt. Bad befindet sich in Revision.			
Bad Ragaz (SG)	Technische Betriebe / Schwengeler 2015	2.38·10 ⁻²	36.5	2.65	22.01
Bad Schinznach (AG)	Bad Schinznach AG / Karras 2019	7.44·10 ⁻³	41	0.97	8.07
Brigerbad (VS)	Geothermie Brigerbad AG / Schnidrig 2014	3.33·10 ⁻²	36.5	3.71	30.85
Kreuzlingen (TG)	Thermalbad Egelsee / Ehrbar 2019	4.28 10 ⁻⁴	28.5	0.03	0.28
Lavey-les-Bains (VD)	Bianchetti 2019	1.98·10 ⁻²	51.6 P201) / 64.1 (P600)	4.19	34.89
Leukerbad (VS)	Claus Wittel (Leukerbad Therme) 2019	4.62·10 ⁻²	42/51.8	7.17	59.69
Lostorf (SO)	Bauverwaltung Lostorf (pers. Mitteilg, 2008)	Betrieb seit 2005 eingestellt. Zukunft ungewiss.			
Ovronnaz (VS)	Thermalp les Bains d'Ovronnaz/Foro 2013	2.66·10 ⁻³	24	0.16	1.30
Saillon (VS)	Bains de Saillon/ Holenweg 2019	5.83·10 ⁻²	18-24	2.51	20.87
Stabio (TI)	SUPSI / Marco Belliardi 2019	6.67·10 ⁻⁴	13	0.01	0.07
Val d'Illiez (VS)	Bianchetti 2019	6.66·10 ⁻³	30	0.56	4.66
Vals (GR)	Valsler Mineralquellen/Hanimann 2016	4.11·10 ⁻³	27	0.29	2.44
Yverdon-les-Bains (VD)	Centre Thermal Yverdon les Bains/Wyss 2016	3.01·10 ⁻³	28	0.23	1.89
Zurzach (AG)	Thermalquelle AG Zurzach/ Schäubli 2019	6.97·10 ⁻³	39.7	0.78	6.45
Total				23.23	193.84