

Endbericht 2003, 15. Februar 2003

# Projekt

## Statistik Geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre 2000 und 2001

Autor und Koautoren	Dr. Thomas Kohl; Nathalie Andenmatten, Prof. Ladislaus Rybach
beauftragte Institution	Geowatt AG
Adresse	Dohlenweg 28
Telefon, E-Mail,	01 242 1454 – <a href="mailto:kohl@geowatt.ch">kohl@geowatt.ch</a>
Internetadresse	
BFE-Nummern	Projekt: 46174 Vertrag: 86294
Dauer des Projekts	vom 1.8.02 bis 15.2.03

### ZUSAMMENFASSUNG

In der Schweiz wird der überwiegende Teil der geothermischen Energie mit Hilfe von Wärmepumpen- (WP-) Systemen zu Heizzwecken, genutzt. Die nicht WP-abhängige Geothermie-Nutzung besteht hauptsächlich in Thermalbad-Anwendungen. Die vorliegende Erhebung für die geothermische Nutzung der Jahre 2000/2001 unterscheidet zwischen diesen beiden Kategorien. Gesamthaft ist ein Anstieg der geothermischen Wärmeproduktion auf >1 TWh zu verzeichnen, wobei der Anteil der geothermischen Energie bei 780 GWh liegt.

Aufgrund der Bedeutung von geothermischer WP-Nutzung (Wärmeproduktion >650 GWh in 2001) ist zukünftig eine genauere Erfassung dieses Bereiches von grossem Interesse. Bislang wurde hier auf die Verkaufsstatistik von Sole-Wasser und Wasser-Wasser WP zurückgegriffen. Da der Grossteil (~80%) dieser Nutzung auf Erdwärmesonden (EWS)-Systeme zurückgeht, ist nun eine geänderte Erfassung des Einbaus dieser Systeme initiiert worden. Um eine klare Einteilung entsprechend der Energiequelle vornehmen zu können, sollten die schweizerische Bohrfirmen zukünftig sowohl die jährlichen Bohrmeter wie auch die Grösse der Erdwärmesondenfelder bei grösseren Anlagen bekannt geben. Die weitere geothermische WP-Nutzung teilt sich auf in Grundwassernutzung (16%), Tiefe EWS, Geostrukturen und Tunnelwasser.

Mangels neuer Projekte stagniert die Nicht-WP Geothermie-Nutzung zur Zeit (~360 GWh in 2001). Erweiterungen bestehender Thermalbäder (~90% der Nicht-WP Nutzung) werden durch Stilllegung problematischer Anlagen der Aquifernutzung (~10%) kompensiert.

## 1. PROJEKTZIELE

Ziel dieser Arbeit ist eine Erhebung der geothermischen Nutzung in den Jahren 2000 und 2001. In der Schweiz wird der überwiegende Teil der geothermischen Energie mit Hilfe von Wärmepumpen- (WP-) Systemen zu Heizzwecken genutzt. Bei geothermischer Energienutzung ohne zwischengeschalteten Wärmepumpe liegen Thermalbad Anwendungen an erster Stelle. Die vorliegende Erhebungen unterscheidet zwischen diesen beiden Kategorien der "direkten" Geothermie-Nutzung. Zur Zeit existieren keine anderen Nutzungskategorien (wie etwa Stromproduktion) in der Schweiz.

In dieser Statistik wird unterschieden zwischen:

- gesamte Wärmeproduktion (oder Heizenergie) über den Zeitraum eines Jahres, die bei WP-Systemen den Stromanteil beinhaltet [Einheit Wh]
- reine geothermische Energie über den Zeitraum eines Jahres, die bei WP Systemen unter der Wärmeproduktion liegt, ansonsten aber identisch ist [Einheit Wh]
- die installierte Leistung, mit der entsprechend der jährlichen Laufzeit die Wärmeproduktion berechnet werden kann [Einheit W]

Eine Aufschlüsselung der einzelnen Nutzungssysteme erfolgt in diesem Bericht in den beiden genannten Kategorien. Im Einzelnen gliedern sich diese Systeme in:

- Erdwärmesonden (WP-System)
- Erdregister (WP-System)
- Grundwasser Pumpen (WP-System)
- Geostrukturen (WP-System)
- Tiefe-Erdwärmesonden (WP-System)
- Tunnelwasser (WP-System)
- Tiefe Aquifernutzung (Nicht WP-Nutzung)
- Thermalbäder (Nicht WP-Nutzung)

Von dieser Grobgliederung können im Einzelfall Abweichungen auftreten (z.B. Einsatz von WP bei Thermalbädern, bzw. Nicht-Nutzung von WP bei Tiefen EWS).

Diese Arbeit baut auf der Erfahrung der Geothermie-Statistik 1998/99 auf (GTR, 2000). Die in der Erhebungen für 1999 durchgeführte Kontaktaufnahme zu kantonalen Behörden lieferte unbefriedende Ergebnisse (GTR 2000). Die Kantone führen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, selber keine Daten und können die tatsächliche Nutzung aufgrund von maximalen Nutzungsbewilligungen nur abschätzen, die aber nicht über die tatsächliche Leistung der Anlagen Auskunft geben. Zusätzlich erwies sich dieses Vorgehen als zeitintensiv, da individuelle kantonale Sachbearbeiter kontaktiert und Rückfragen gestellt werden mussten.

Es hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass der überwiegende Teil der geothermischen Energie in der Schweiz mittels Erdwärmesonden (EWS) genutzt wird. Eine genaue Erfassung dieses Bereiches ist von grosser Bedeutung und soll zukünftig mit Hilfe von Bohrunternehmen genauer bestimmt werden.

Um eine klare Einteilung entsprechend der Energiequelle vorzunehmen, sollten die in diesem Bereich arbeitende Bohrfirmen einerseits von den Ergebnissen dieser Statistik unterrichtet werden, andererseits aber auch jährliche Bohrmeter wie auch die Grösse der Erdwärmesondenfelder bei grösseren Anlagen mitteilen. In diesem Bericht sollte noch auf die Verkaufsstatistik von WP zurückgegriffen werden. Daneben sollten die Angaben der Betreiber von Tiefen-EWS, Tiefe Aquifernutzung, Tunnelwasser und Thermalbäder in die Statistik miteinbezogen werden.

## **2. DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN / ERREICHTE ERGEBNISSE**

Die oben genannte Einteilung der Direkten Nutzung in

- geothermische WP-Systeme und
- Nicht-WP Nutzung

bildet die Grundlage dieser Erhebung. Zunächst werden die für geothermische Nutzung wesentlichen Sole-Wasser und Wasser-Wasser WP-Anlagen bewertet. Danach wird auf die Einzelsysteme (Geostrukturen, Tiefe EWS, Tunnelwasser) eingegangen, in denen die von Betreiberseite z.T. zur Verfügung stehenden Daten genutzt werden können. Der grosse Bereich Erdwärmesonden (incl. Erdregister) kann dann aus der Differenz der gesamten Sole-Wasser Nutzung zu den bekannten Einzelsystemen geschätzt werden. Die Direkte Nutzung durch Nicht-WP Systeme in Thermalbädern und Tiefe Aquiferen wird danach in den Abschnitten 2.6 und 2.7 vorgestellt.

### **2.1. Wärmepumpen – Anlagen**

Die den folgenden Angaben zugrundeliegenden Daten stammen aus der Verkaufsstatistik der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) und sind mit dem Berechnungsschema der Firma Basics (Zürich) bearbeitet worden. Dankenswerter Weise sind uns diese Dateien unkompliziert zur Verfügung gestellt worden. Die Erhebung der von der WP-Verkaufsstatistik wurde seit 1970 mehrmals geändert. Die letzte Änderung, die im Jahr 1999 wirksam wurde, betraf einerseits die Wärmepumpen (WP) unter 20 kW Leistung, die neu in drei Einzelkategorien (<5kW, 5-10kW, 10-20kW) aufgeschlüsselt wurden, sowie die grossen Wärmepumpenanlagen von >100kW Leistung, die in zwei Kategorien (100-300kW und >300kW) eingeteilt wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese genauere Einteilung auch zu einer besseren Abschätzung der Wärmeproduktion führt, da die Fehler durch die Mittelung dieser Zahlen geringer werden. Fig. 1 zeigt die Entwicklung der verkauften Sole-Wasser WP seit 1980. Die prozentual stärkste Steigung ist bei Kategorien <20kW und 50-100 kW zu verzeichnen.

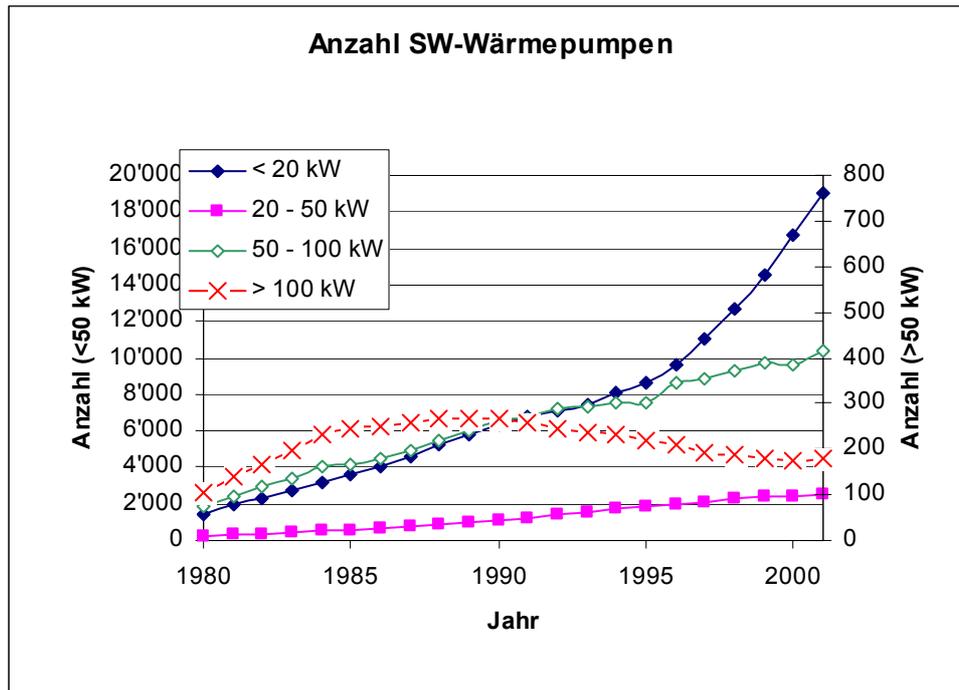


Fig. 1: Entwicklung der verkauften Sole-Wasser Wärmepumpen seit 1980. Zur besseren Darstellung sind die Kategorien <20 kW und 10-50 kW auf der linken und die zahlenmässig kleineren Kategorien (50-100 kW und >100 kW) auf der rechten y-Achse dargestellt.

Die Berechnung der Daten erfolgte in Übereinstimmung mit den bisher üblichen angewandten Verfahren aus Wärmepumpenstatistiken. Das von der Firma Basics (Zürich) entworfene Schema sieht die Eingabe der Verkaufszahlen in eine Excel-Tabelle vor, wobei die Betriebsdaten aufgrund früherer Erhebungen abgeschätzt werden (Basics, 1999). Die Bearbeitungsgrundlage wurde uns von Herrn W. Baumgartner (Fa. Basics, ZH) zur Verfügung gestellt. Die in Betrieb stehenden Wärmepumpen werden aus den akkumulierten Wärmepumpen-Verkäufe ermittelt, wobei die ausgefallenen Wärmepumpen (z.B. infolge Alterung,... ) mit Hilfe von typischen Ausfallverläufen abgeschätzt werden. In unserer Erhebung zeigt sich, dass diese Abschätzung bei einer Änderung der Datenaufnahme zu kleinen Variationen führen können (siehe z.B. die geförderte Energien in Fig. 3 und Fig. 4). Insgesamt scheinen die darin getroffenen Annahmen aber zu vernünftigen Ergebnissen zu führen. Das Schema berücksichtigt typische Normlaufzeiten von 1611 h/Jahr, bei Anlagen >300 kW von 2000 h/Jahr. Ausserdem wird eine fortlaufende Verbesserung der JAZ der einzelnen Hersteller berücksichtigt. Für Sole-Wasser WP wird eine Steigerung von 1990 bis 2001 von 2.5 auf 3.2 angenommen. Eine weitere Verfeinerung in der Datenbearbeitung ist die Berücksichtigung des jahreszeitlich bedingten Einflusses auf die Jahresarbeitszahl der WP-Anlagen. Die hier veröffentlichten Daten basieren auf den mit diesem Schema getroffen klimakorrigierten Annahmen. Alternativ stünde aber auch eine Berechnung mit typischem Normverhalten zur Verfügung, die nur mit mittleren Betriebszeiten durchgeführt werden (klimanormiert, s. Tabelle 11 und Tabelle 12 im Anhang).

Folgende zwei Typen von WP-Anlagen werden in dieser Statistik berücksichtigt:

- Sole-Wasser WP (SW-WP)
- Wasser-Wasser WP (WW-WP)

Bei den SW-WP ist die Nutzung geothermischer Energie evident, hier kann nahezu zu 100% davon ausgegangen werden, dass sie über Erdwärmesonden, Geostrukturen,... geothermische Energie dem Boden entziehen, bzw. über Kühlsysteme in den Erduntergrund einen Wärmeeintrag leisten. Hingegen ist die Situation bei den WW-WP weniger klar. Ein Vergleich kantonaler Angaben mit der Verkaufsstatistik wies auf deren unterschiedliche Erfassung hin (GTR 2000): die Kantone haben alle beantragten (aber nicht notwendigerweise eingebauten) Systeme aufgezählt, hingegen enthalten die Verkaufsstatistiken die effektiv eingebauten Systeme. In letzter Zeit werden aber auch verstärkt WW-WP zur Energiegewinnung aus Abwassersystemen, Seen und Flüssen eingesetzt. Wir gehen davon aus, dass letztere Energiegewinnung hauptsächlich durch grosse Systeme (>100 kW Leistung) realisiert wird, die kleineren Systeme aber eher für Grundwassernutzung eingesetzt werden. Als geothermisch relevante Systeme kann nur die Grundwassernutzung betrachtet werden. Mangels klarer Zahlen wird die Grenze bei Systemen von 100 kW angesetzt.

*Tabelle 1: Übersicht der geothermischen Energienutzung in den Jahren 2000 und 2001 durch Sole-Wasser und Wasser-Wasser WP-Anlagen*

	<b>SW WP</b>	<b>WW-WP (P&lt;100 kW)</b>	<b>Total</b>
<b>geothermische Energie [GWh]</b>			
<b>2000</b>	321	62	<b>383</b>
<b>2001</b>	364	66	<b>430</b>
<b>2002 (Prognose)</b>	392	68	<b>460</b>
<b>Wärmeproduktion [GWh]</b>			
<b>2000</b>	494	96	<b>590</b>
<b>2001</b>	556	102	<b>658</b>
<b>2002 (Prognose)</b>	593	104	<b>697</b>
<b>Installierte Leistung [MW]</b>			
<b>2000</b>	341	67	<b>408</b>
<b>2001</b>	371	69	<b>440</b>
<b>2002 (Prognose)</b>	397	71	<b>468</b>

Im Anhang (Tabelle 11 und Tabelle 12) sind Details der mit dem Basics-Schema berechneten Zahlen wiedergegeben. In Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 wird die rasante Entwicklung der Förderung durch SW- und WW-WP deutlich. Der Anstieg liegt in den letzten Jahren bei etwa 10% für SW-WP und 4% bei WW-WP (P<100 kW).

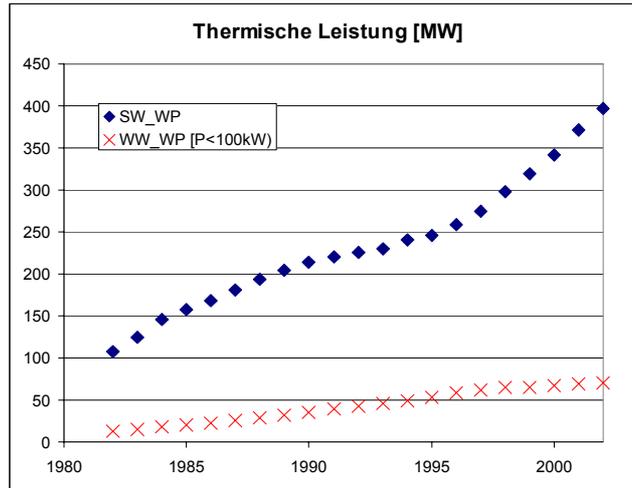


Fig. 2: Entwicklung der installierten (thermischen) Leistung [MW] für Sole-Wasser und hier relevanten Wasser-Wasser Wärmepumpen

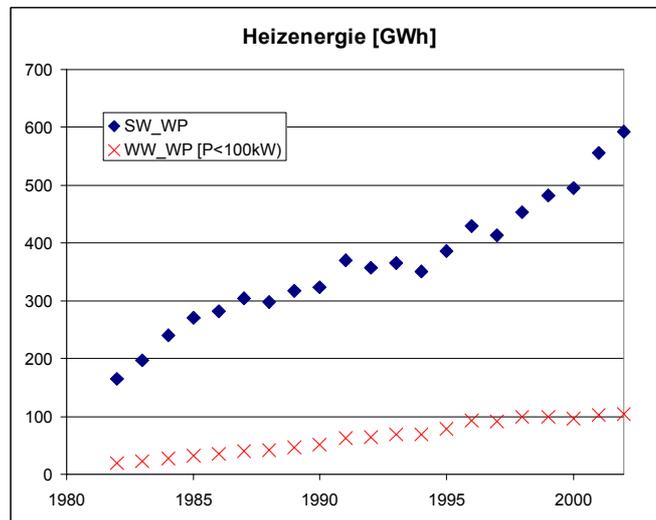


Fig. 3: Entwicklung der jährlich genutzten Heizenergie [GWh] durch Sole-Wasser und hier relevanten Wasser- Wasser Wärmepumpen

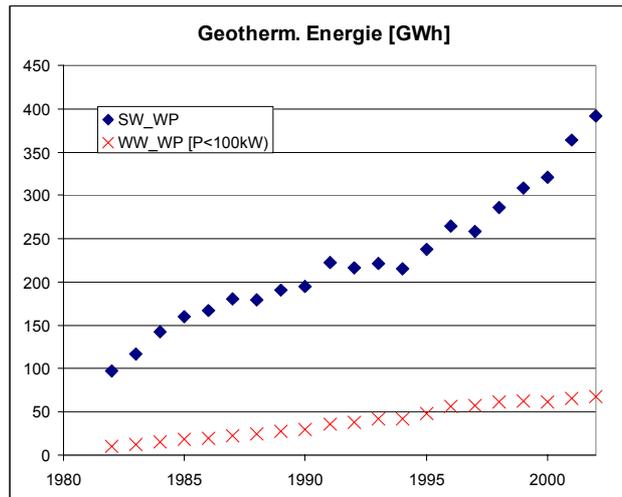


Fig. 4: Entwicklung der jährlich geförderten geothermischen Energie [GWh] mit Hilfe von Sole-Wasser und Wasser- Wasser Wärmepumpen

## 2.2. Geostrukturen

Die Nutzung durch Geostrukturen (Energiepfahlsysteme und Erdberührte Betonteile) lässt sich hauptsächlich nur aus früheren Erhebungen extrapolieren. Im Einzelfall wurden Ingenieure von grösseren neuen Systemen kontaktiert. Die vorhandenen Daten basieren meistens auf einer früheren Erhebung der Schweiz. Vereinigung für Geothermie, SVG, (J. Wilhelm, priv. Mitteilung 2002). Der Grossteil dieser erfassten Anlagen sind kleinere Systeme mit < 20 kW installierter Leistung. Die grössten Anlagen sind Grabs (330 kW), Kreuzlingen (176 kW), Müntschemier (175 kW), Alpnach-Dorf (100 kW), Tscherlach (96 kW), Fully (60 kW), Willerzell (38 kW), für die teilweise neue Referenzen erhalten werden konnten. Die Installation von Dock Midfield (ZH, Kloten) mit >1GW installierter Wärme- / Kälteleistung zeigt für die Prognose 2002 bereits eine grössere Änderung an.

Die in Tabelle 14 (Anhang) enthaltenen Einzelangaben der installierten Wärme- und teilweise Kälteleistung wurden durch eine mittlere angenommene Nutzungsdauer in Energie umgerechnet. Bei der Heizenergie wurden eine Nutzung von 2500 h und bei der Kälteenergie wurden 800 h angenommen. Insgesamt liessen sich somit eine Wärme-/Kälteproduktion von 5.1 GWh abschätzen. Da, wie erwähnt, die vorhandenen Daten aus einer im Jahr 1998 erstellten Erhebungen stammen, kann dieser Wert nur als eine untere Grenze betrachtet werden, der mögliche weitere Anlagen in neuen Bebauungen nicht enthält. Unter der Annahme eines 20% jährlichen Steigerung (J. Wilhelm, priv. Mitteilung 2002) sowie einer mittleren JAZ von 3.3 lässt sich die Produktion wie folgt abschätzen:

Tabelle 2: Übersicht der Energienutzung durch Geostrukturen

	1998	total 2000	total 2001	total 2002
<b>Inst. WL [kW]</b>	1.77	2.56	3.07	4.31
<b>Inst. KL [kW]</b>	0.91	1.31	1.57	2.29
<b>Wärme/Kälte-Energie [GWh]</b>	5.09	7.33	8.79	10.55
<b>Geotherm. Wärme/Kälte-Energie [GWh]</b>	3.55	5.11	6.13	7.36

### 2.3. Tiefe Erdwärmesonden

Tiefe Erdwärmesonden stellen einen Spezialfall von konventionellen EWS Systemen dar. In der Regel handelt es sich hier um verlassene Bohrungen, die mit einem Koaxial - System energetisch genutzt werden. Aufgrund der grösseren Tiefe ist die mittlere Entzugsleistung höher als die von konventionellen Systemen (Kohl et al, 2002). Im Falle des Systems Weggis werden sehr hohe Temperaturen (>40°C) gefördert, die ein WP System praktisch nur noch zur Warmwasseraufbereitung benötigen und sehr hohe Arbeitszahlen (JAZ > 7) besitzen (Eugster, 2001). In der Schweiz gibt es die beiden Systeme Weggis und Weissbad, deren Leistung jeweils überwacht wird. Aus Tabelle 3 ist die geförderte Energie, sowie die installierte WP-Leistung zu entnehmen.

Tabelle 3: Übersicht der Energienutzung durch Tiefe Erdwärmesonden

	Inst. Leistung [kW]	Energie 2000 [GWh]	Energie 2001 [GWh]	Prognose 2002 [GWh]	Referenz
<b>Weggis (LU)</b>	1.00	0.37	0.42		Eugster, 2002 (pers. Mitteilung)
<b>Weissbad (AI)</b>	80	0.43	0.43		nach Kohl (2000) extrapoliert
<b>Heizenergie</b>		0.80	0.85	0.90	
<b>davon geotherm. Energie</b>		0.67	0.71	0.75	

### 2.4. Tunnelwasser

Die Tunnelwassernutzung ist eine, in den letzten Jahren sehr populär gewordene Möglichkeit, das aus Tunneln ausfliessende Wasser energetisch weiter zu nutzen. Zur Zeit wird in 6 Tunneln eine Nutzung vorgenommen. In der Regel werden hier sehr hohe Fliessraten von über 1000 l/min erreicht. Aufgrund der niedrigen Ausflusstemperaturen müssen diese Systeme mit Wärmepumpen auf ein höheres Betriebsniveau gebracht werden. In Tabelle 4

wird sowohl die hypothetisch mögliche Nutzung bei Abkühlung auf 10°C wie auch die über WP-Systeme bewerkstelligte tatsächliche Nutzung angegeben. Da keine grössere Änderung in den letzten Jahren auftrat ist, können diese jährlichen Daten für den gesamten Zeitraum 2000- 2002 (Prognose) angenommen werden.

Tabelle 4: Übersicht der Energienutzung durch Tunnelwasser

	Schüttg. T [l/min]	T [°C]	Energie T <sub>10°C</sub> [GWh]	Inst. WP- Leistg [kW]	Heiz- energie [GWh]	Geoth. Energie [GWh]	Referenz
<b>Oberwald (VS), Furkatunnel <sup>1)</sup></b>	5400	16	19.87		5.00	3.57	Vuataz-Fehr (2000)
<b>Airolo (TI), Gotthard Str.tunnel <sup>2)</sup></b>	7200	12	8.83	1140	6.99	4.99	Talleri (1996)
<b>Kaltbrunn (SG), Rickentunnel</b>	690	12.3	0.97		0.25	0.18	Cotting (2001)
<b>Trimbach (SO), Hauenstein Basis</b>	2500	19	13.80		0.67	0.48	Zürcher (2000)
<b>Bourg st Pierre (VS), Grand-St-Bernard <sup>2)</sup></b>				36	0.22		Meldem (2001)
<b>Minusio/Tenero (TI) Mappo Morettina <sup>3)</sup></b>	250	11	0.15	95	0.58	0.42	De Carli (2001)
<b>Total</b>			<b>43.62</b>		<b>13.71</b>	<b>9.63</b>	

Folgende Bemerkungen müssen hier gemacht werden:

- 1) Energie wurde aus Schüttung/Temperatur geschätzt
- 2) Nutzung der warmen Tunnelluft (Luft-Wasser WP)
- 3) Energie wurde aus angenommener Nutzungsdauer von 6000h pro Jahr geschätzt

## 2.5. Erdwärmesonden

Die in den Kapiteln 2.2 - 2.4 erfassten Zahlen von geothermischer Nutzung mit installierten SW-WP-Systemen stellen nur einen geringen Teil der Angaben aus Kapitel 2.1 dar. Die verbleibende Nutzung spaltet sich somit in Erdwärmesonden (EWS), Erdregister oder neuerdings auch Erdwärmekörbe auf. Leider sind zur Zeit keine genauen Angaben zur Verteilung dieser Systeme vorhanden. Aktuelle Schätzungen gehen von einem Verhältnis EWS / Erdregister-Systeme von ~10 aus (GTR 2000). Da z.Zt. keine grösseren Verlegarbeiten von Erdregistersystemen bekannt sind, kann man annehmen, dass sich dieses Verhältnis Anteil in Zukunft sogar noch weiter erhöhen wird. Erdwärmekörbe sind noch sehr neu am Markt und können daher ebenfalls vernachlässigt werden. Hier sollten jedoch die Marktentwicklung abgewartet werden, um dann für zukünftigen statistischen Erfassungen genauere Daten zu erhalten. die Differenz der Energieproduktion von SW-WP aus Kapitel 2.1

zu den Geostrukturen, Tiefen-EWS und Tunnelwasser kann man daher in erster Näherung den EWS-Systemen zugeschlagen.

Die entsprechenden Energieproduktionszahlen für die Jahre 2000/01 sowie die prognostizierte Nutzung für 2002 sind in Tabelle 5 (gesamte Wärmeproduktion) und Tabelle 6 (Geotherm. Energie) für alle WP Systeme gezeigt. Hieraus wird ersichtlich, dass EWS Systeme (inkl. Erdwärmekörbe, Erdregister) einen ~80% Anteil (Basis 2001) besitzen. Die unterschiedlichen Jahresarbeitszahlen der einzelnen Systeme machen sich nicht signifikant bemerkbar. Die Anteile von Geostrukturen und Tiefe EWS Systemen ist relativ gering.

*Tabelle 5: Übersicht der Wärmeproduktion [GWh] durch WP-Anlagen*

	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002 [Prog]</b>	<b>Anteil 2001</b>
<b>EWS (inkl. Erdregister, ...)</b>	472.66	532.69	567.76	80.89%
<b>Tunnelwasser</b>	13.71	13.71	13.71	2.08%
<b>Tiefe-EWS</b>	0.80	0.85	0.90	0.13%
<b>Geostrukturen</b>	7.33	8.79	10.55	1.34%
<b>Grundwasser</b>	96.15	102.45	104.11	15.56%
<b>TOTAL (nur WP)</b>	<b>590.64</b>	<b>658.50</b>	<b>697.04</b>	<b>100%</b>

*Tabelle 6: Übersicht Produktion geothermischer Energie durch WP-Anlagen*

	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002 [Prog]</b>	<b>Anteil 2001</b>
<b>EWS (inkl. Erdregister, ...)</b>	305.63	347.59	374.20	80.83%
<b>Tunnelwasser</b>	9.63	9.63	9.63	2.24%
<b>Tiefe-EWS</b>	0.67	0.71	0.75	0.16%
<b>Geostrukturen</b>	5.11	6.13	7.36	1.43%
<b>Grundwasser</b>	61.63	65.98	67.56	15.34%
<b>TOTAL (nur WP)</b>	<b>382.67</b>	<b>430.05</b>	<b>459.50</b>	<b>100%</b>

Um zukünftig einen besseren Überblick über den Einbau von EWS Systemen zu erhalten, wird in Zusammenarbeit mit der FWS ein modifizierter Fragebogen an folgende Bohrfirmen verschickt:

- Alpin-Bohr AG, Molinis
- Arnold Beton-Trenn AG, Zuchwil
- Augsburger Forages, Bussy-sur-Moudon
- Bohr AG Surselva, Disentis/Mustér
- Broder AG, Sargans
- Foralith Erdwärme AG, St.Gallen
- Frutiger AG, Uetendorf
- Geotherm SA, Belfaux
- Greuter Grundbau AG, Hochfelden
- Grünenwald AG, Affoltern am Albis
- HASTAG, St. Gallen
- Hoppler Tiefbohrungen GmbH, Rottenschwil
- Jet Injectobohr AG, Bäch
- KWT Kälte-Wärme-Technik AG, Belp
- Reindl Tiefenbohrungen, Stäfa
- Otto Bohr AG, Thusis
- PBS Pump + Bohr AG Sursee, Rickenbach LU
- Tecfor SA, Collombey
- Zschokke Locher SA, Delémont

Diese Liste umfasst alle uns bekannten Bohrfirmen in der Schweiz, welche EWS Systeme verlegen. Der Fragebogen sollte mögliche unterschiedliche Systeme (Simplex, Duplex, 25, 32, 40, 50mm Durchmesser) berücksichtigen sowie die Grösse von EWS Feldern beinhalten. Das Ziel dieser Befragung ist es, zukünftig, anonymisierte Angaben über den jährlichen Zuwachs an geförderter geothermischer Energie zu erhalten. Die zurückkommenden Daten werden gesammelt und bei künftigen statistischen Erhebungen verarbeitet. Der genaue Wortlaut dieser Anfrage wird im März 2003 mit Herrn Beck, Geschäftsführer FWS, zusammen ausgearbeitet.

## 2.6. Thermalbäder

Eindeutige Angaben über die Schüttung und mittlere Quelltemperatur der Thermen sind nicht immer von den Betreibern der Schweizer Thermalbäder zu erhalten. Die Verantwortlichen der Bäder kennen ihre Nutzungszahlen nur sehr ungenau, da sie die relevanten Daten nicht aufzeichnen. Die Badetemperatur kann in keinem Fall als Referenz betrachtet werden, da bei zu geringer Thermentemperatur extern mit fossilen Brennstoffen geheizt und bei zu hoher Thermentemperatur mit zusätzlichem kaltem Wasser gekühlt wird. Ausserdem wird das Wasser, bevor es in oberflächennahe Vorfluter geleitet wird, häufig einer weiteren energetischen Nutzung zugeführt. Daher wird für unsere Betrachtungen nur die Temperaturdifferenz zwischen Therme und Vorfluter (=10°C) betrachtet. Die Schüttung der Thermen wird in einzelnen Publikationen ebenfalls nur ungenau behandelt. Ob die angegebene Zahl einer mittleren maximalen Schüttung oder einer über das Jahr gemittelten Rate entspricht, ist häufig nicht auszumachen. Im günstigsten Fall wird der gesamte geförderte jährliche Volumenstrom (Einheit m<sup>3</sup>/Jahr) angegeben. Aufgrund dieser Ungenauigkeit in der Datensammlung, werden die Zahlenangaben in der Regel als mittlere Schüttungsrate während des Badebetriebes gewertet (Ausnahme: jährliche Volumenstrom für Lavey les Bains ist bekannt). Die Betriebspausen werden auf 5% geschätzt.

Somit berechnet sich die Energienutzung von Thermalbädern nach folgender Formel:

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

mit E= thermischer Energie [Wh], Q = Schüttungsrate [m<sup>3</sup>/s], ΔT Temperaturdifferenz Therme-Vorfluter [K], ρ<sub>cP</sub> = Wärmekapazität von Wasser (i.d.R. 4.2x10<sup>6</sup>J m<sup>-3</sup>K<sup>-1</sup>), t Zeit (1 Jahr = 8760 h), f = Betriebsfaktor (i.d.R. 95%).

Für unsere Betrachtungen werden somit nur die Daten der Thermen hinzugezogen. Die Daten wurden aus der Geothermie-Erhebung von 1999 (GTR, 2000) sowie aus verfügbaren aktuelleren Publikationen entnommen. Mögliche weitere energetische Nutzungsszenarien mit Hilfe von WP-Systemen sind durch die Berechnungen in Kapitel 2.1 berücksichtigt.

Bedingt durch die Erhöhung der Produktion in Lavey-les-Bains ergibt sich eine Steigerung der produzierten Energie zu den vergangenen Jahren. Die einzelnen Angaben sind in Tabelle 13 (Anhang) aufgeführt. Es muss allerdings hier berücksichtigt werden, dass insbesondere die Schüttungsraten nur in älteren Publikationen veröffentlicht wurden und – wie erwähnt – nur ungenau beschrieben sind. Da ausser Lavey-les-Bains keine neuen Thermalbohrungen durchgeführt wurden, sollte sich der Wert von 2001 in naher Zukunft nicht wesentlich verändern.

Tabelle 7: Übersicht der Energienutzung durch Thermalbäder

Installierte Leistung [MW]	38.50
Jährl. Energieentzug [GWh]	322.4

## 2.7. Tiefe Aquifernutzung

Die höhere Temperatur bei der Energieförderung aus tiefen Aquiferen kann häufig direkt genutzt werden, wird aber auch mit Hilfe zusätzlicher Energiequellen (Solar, WP) weiter aufgewertet. Da diese Systeme international separat ausgewiesen werden und aufgrund der Bedeutung des 62°C heissen Förderung in Riehen (die eigentlich keine Weiterbehandlung benötigen würde), wird in diesem Bericht die Tiefe Aquifernutzung als "Nicht WP-Nutzung" eingestuft. Die vorliegenden Daten sind alle neueren Datums und grossteils in BfE Projekten aufgezeichnet. Für unsere Zielsetzungen ist eine Abschätzung der Energienutzung auf Temperatur des Vorfluters (T=10°C) ausreichend. Bei WP-Nutzung könnte aufgrund der niedrigeren Reinjektionstemperatur die mögliche Leistung dieser Systeme noch höher liegen. Die Energie wird entsprechend den Thermalbädern abgeschätzt, wobei ein Betriebsfaktor von "0.8" (=80%) für kombinierte Nutzung (Riehen, Seon und Saillon) und 0.3 für alle anderen Standorte angenommen wird. Die angegebenen Werte haben in dem betrachteten Zeitraum nicht variiert, auch für 2002 kann ein ähnlicher Wert angenommen werden.

Tabelle 8: Übersicht der Direkten Energieförderung durch Tiefe Aquifernutzung

	Schüttung [l/min]	T [°C]	Leistg <sub>T=10°C</sub> [MW]	Energie [GWh]			Referenz
				2000	2001	2002	
<b>Kloten (ZH), Siedlung Hohstrasse</b>	300	19	0.19	0.66	0.66	0.66	Vuataz-Fehr (2000) GTR-2000
<b>Riehen (BS), Wärmeversorgung</b>	1200	62	4.37	28.70	28.70	28.70	Gruneko (1997)
<b>Itingen BL, Wärme</b>	288	24	0.28	0.00	0.07	0.07	Häring et al. (2002)
<b>Kreuzlingen (TG), Schulgemeinde</b>	22.2	24.6	0.02	0.08	0.08	0.08	Tschuck (2000)
<b>Bassersdorf (ZH), Krankenhaus Bächli</b>	258	23	0.23	0.82	0.82	0.82	Vuataz-Fehr (2000)
<b>Seon (AG), Badeanlage + Wärme</b>	1500	20	1.05	6.90	6.90	6.90	Matousek-Graf (2000)
<b>Saillon (VS), Badeanlage + Wärme</b>	70	32	0.11	0.71	0.35	0.00	Bianchetti (1999)
<b>Total</b>			<b>6.25</b>	<b>37.87</b>	<b>37.58</b>	<b>37.23</b>	

Die angegebenen Werte haben in dem betrachteten Zeitraum nicht sehr stark variiert. Im 2001 kam das System Itingen (BL), zur Wärmenutzung in Wohnhäusern hinzu. Die Förderung in 2001 war mit ~65 MWh (6 Wohneinheiten) gering, soll aber in den nächsten Jahren stärker ausgebaut werden (Häring et al., 2002). Andererseits wurde in Saillon im Jahr 2001 die

Produktion aufgrund von Ausfällungen und Korrosion zurückgefahren (Bianchetti, persönl. Mitteilung 2002). Insgesamt wurde daher eine geringere Energie im Jahr 2001 als in 2000 gefördert.

Von den beiden Typen der Nicht-WP Nutzung macht die Tiefe Aquifernutzung einen Anteil von ~11% aus (Thermalbäder 89%).

## 2.8. Überblick Geothermie Nutzung der Schweiz

Die Einteilung in WP und Nicht-WP Systeme umfasst alle relevanten Nutzungsszenarien durch Grundwassernutzung, Geostrukturen, Tiefe-EWS, Tiefe Aquifernutzung, Tunnelwasser und Thermalbäder. Die Nutzung durch Erdwärmesonden (inkl. Erdregister, ...) konnte mangels Erhebung nicht direkt ausgewiesen werden und ist deshalb aus der Differenz der FWS - Verkaufsstatistik hergeleiteten Produktivitätszahlen und den bekannten Angaben (Kapitel 2.2-2.4) geschätzt werden. In den obigen Angaben ist, soweit möglich, ebenfalls die geförderte geothermische Energie angegeben worden, hier wird nur die totale Wärmeproduktion (inkl. Stromanteil) angegeben.

### Heizenergie

Tabelle 9: Heizenergie [GWh], aufgeschlüsselt in einzelne Kategorien

		2000	2001	2002 (Prog)	Anteil Basis 2001
<b>ohne WP</b>	Thermalbäder	322.40	322.40	322.40	31.7%
	Tiefe Aquifernutzung	37.87	37.58	37.23	3.7%
<b>mit SW-WP</b>	EWS (mit Erdregister)	472.66	532.69	567.76	52.3%
	Tunnelwasser	13.71	13.71	13.71	1.3%
	TiefeEWS	0.80	0.85	0.90	0.1%
	Geostrukturen	7.33	8.79	10.55	0.9%
<b>mit WW-WP</b>	Grundwasser WP	96.15	102.45	104.11	10.1%
<b>TOTAL</b>		<b>950.91</b>	<b>1018.41</b>	<b>1056.94</b>	<b>100%</b>

**Heizenergie 2000: 951 GWh**

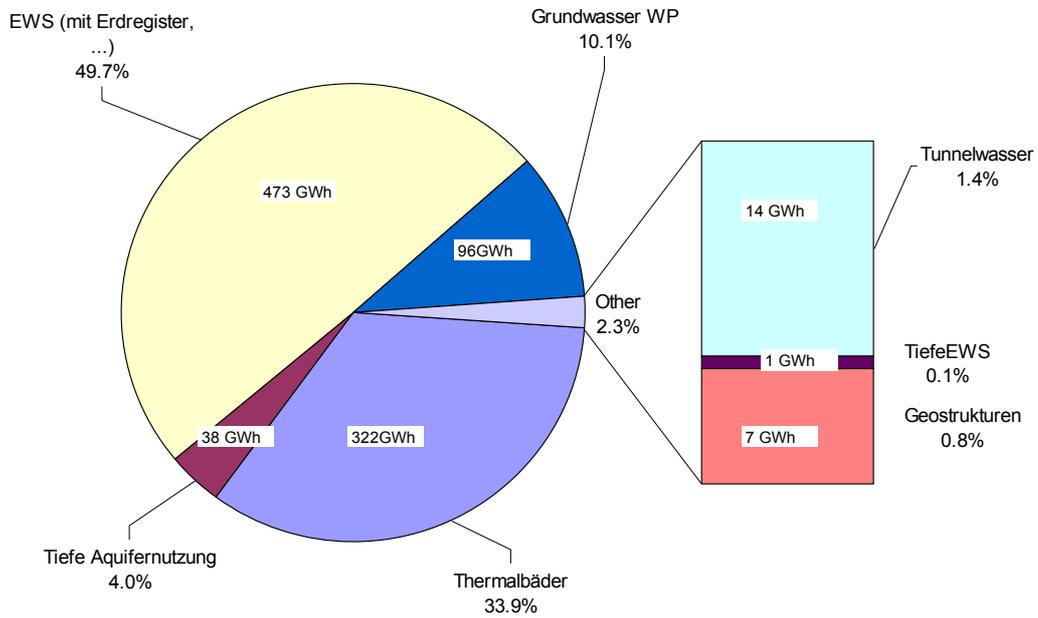


Fig. 5: Diagramm mit Anteil der jeweiligen Nutzung im Jahr 2000.

**Heizenergie 2001: 1018 GWh**

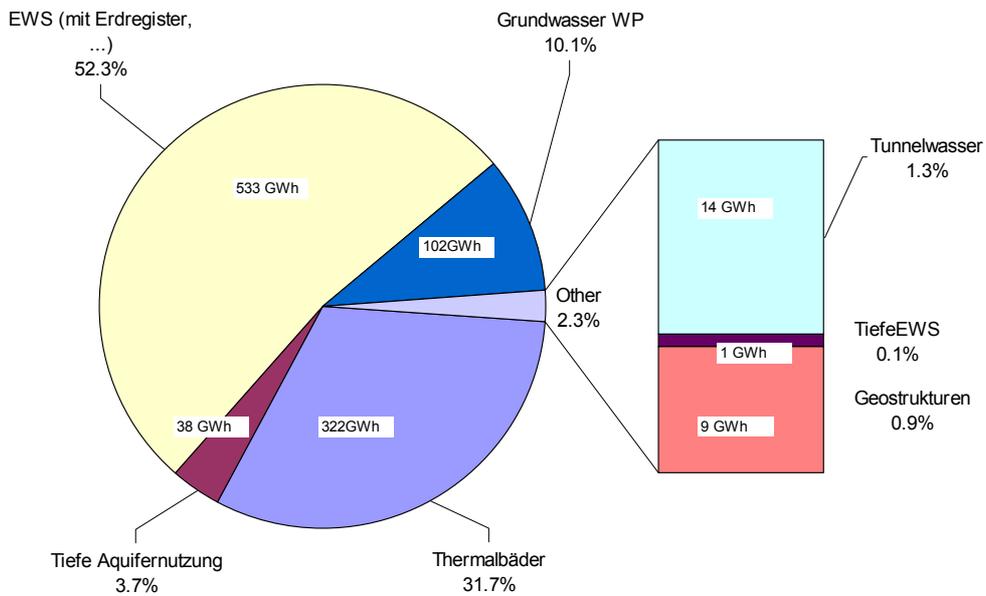


Fig. 6: Diagramm mit Anteil der jeweiligen Nutzung im Jahr 2001.

## Total installierte Leistung

Tabelle 10: Totale installierte Leistung [MW], aufgeschlüsselt in einzelne Kategorien

		2000	2001	2002 (Prog.)	% Anteil
<b>ohne WP</b>	Thermalbäder	38.50	38.50	38.50	7.5%
	Tiefe Aquifernutzung	5.97	5.97	5.97	1.2%
<b>mit SW-WP</b>	EWS (mit Erdregister, ...)	331.87	360.94	384.88	75.2%
	Tunnelwasser	5.23	5.23	5.23	1.0%
	TiefeEWS	0.18	0.18	0.18	0.0%
	Geostrukturen	3.87	4.64	6.60	1.3%
<b>mit WW-WP</b>	Grundwasser WP	67.03	68.82	70.59	13.8%
<b>TOTAL</b>		<b>452.65</b>	<b>484.28</b>	<b>511.95</b>	<b>100%</b>

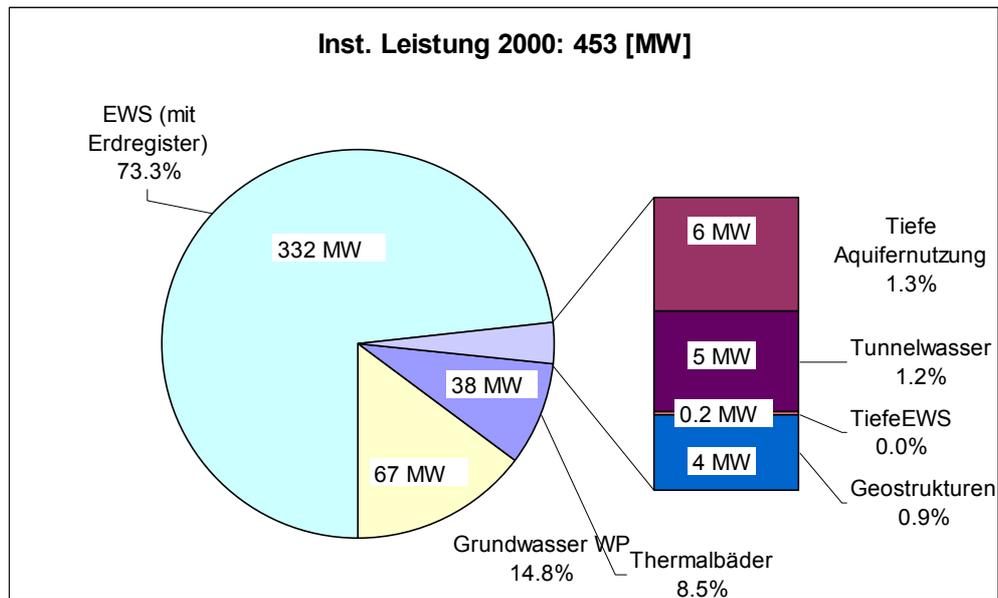


Fig. 7: Diagramm mit Anteil der installierten Leistung im Jahr 2000.

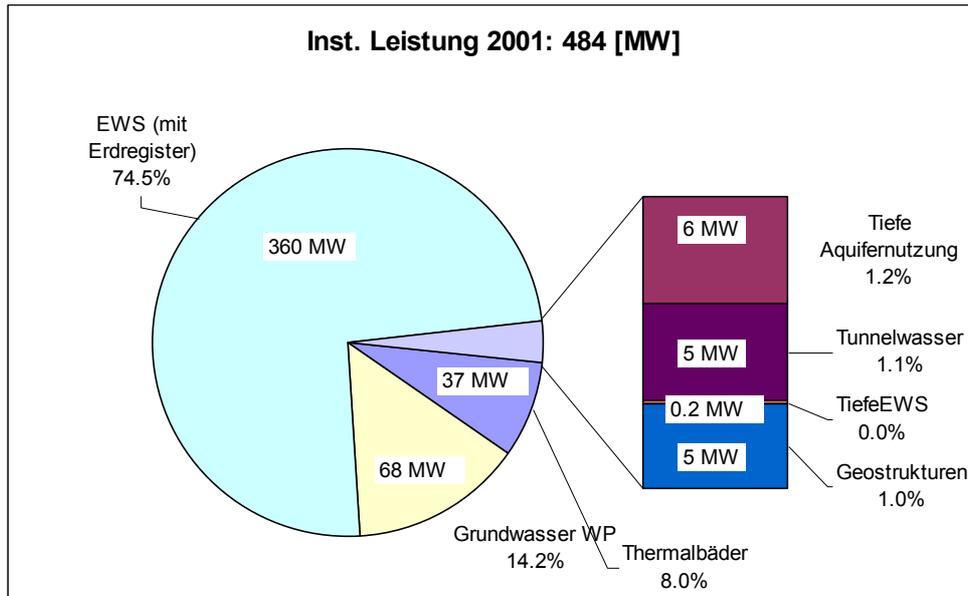


Fig. 8: Diagramm mit Anteil der installierten Leistung im Jahr 2001.

## 2.9. Verlauf ab 1990

Um einen besseren Vergleich mit den Daten für die Jahre 1998/1999 (GTR 2000) zu erhalten, wird die zahlenmässig geringe Nutzung der Kategorien Tiefe EWS, Geostrukturen, Tiefe Aquifere und Tunnelwasser zu der Kategorie "Tiefe/Unkonventionelle Nutzung" zusammengefasst. Ausserdem wurde in der vorliegenden Arbeit im Unterschied zu früheren Erfassungen die Grundwassernutzung nur für WW-WP < 100 kW gewertet. Der Verlauf für produzierte Heizenergie (Fig. 9) und geförderte geothermische Energie ( Fig. 10) zeigt den erwarteten Anstieg. Im Jahr 2001 wurde zum ersten Mal >1 TWh Heizleistung genutzt, wobei >780 MWh dem Untergrund entzogen wurden. Man kann weiterhin von einem ~5% Anstieg ausgehen.

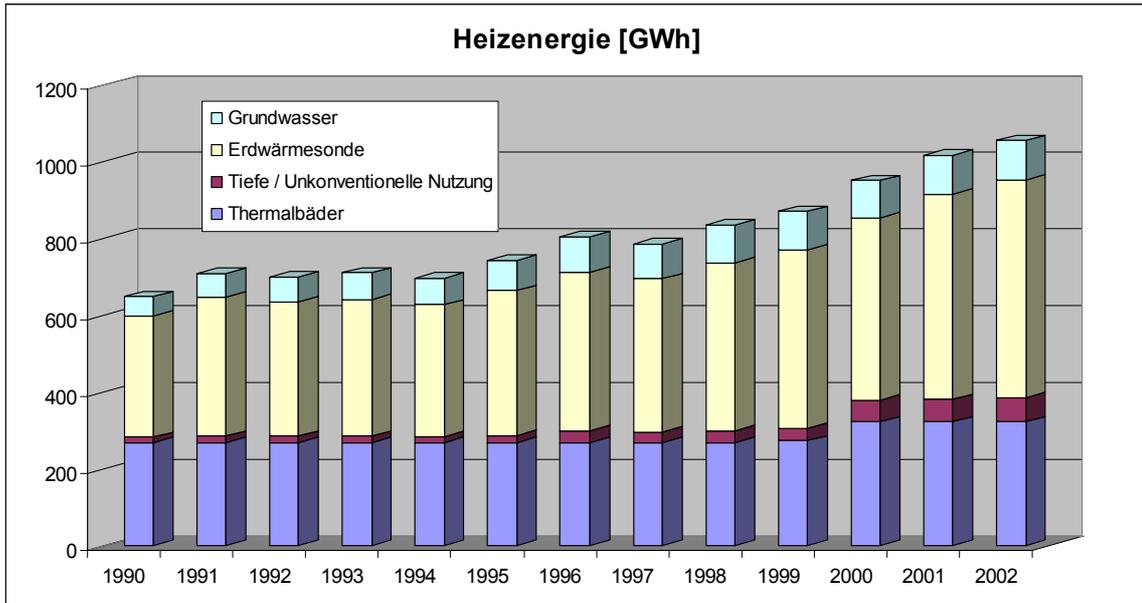


Fig. 9: Produzierte Heizenergie seit 1990. Die Zahlen für 1999 und früher wurden bestehenden Statistiken entnommen (GTR 2000).

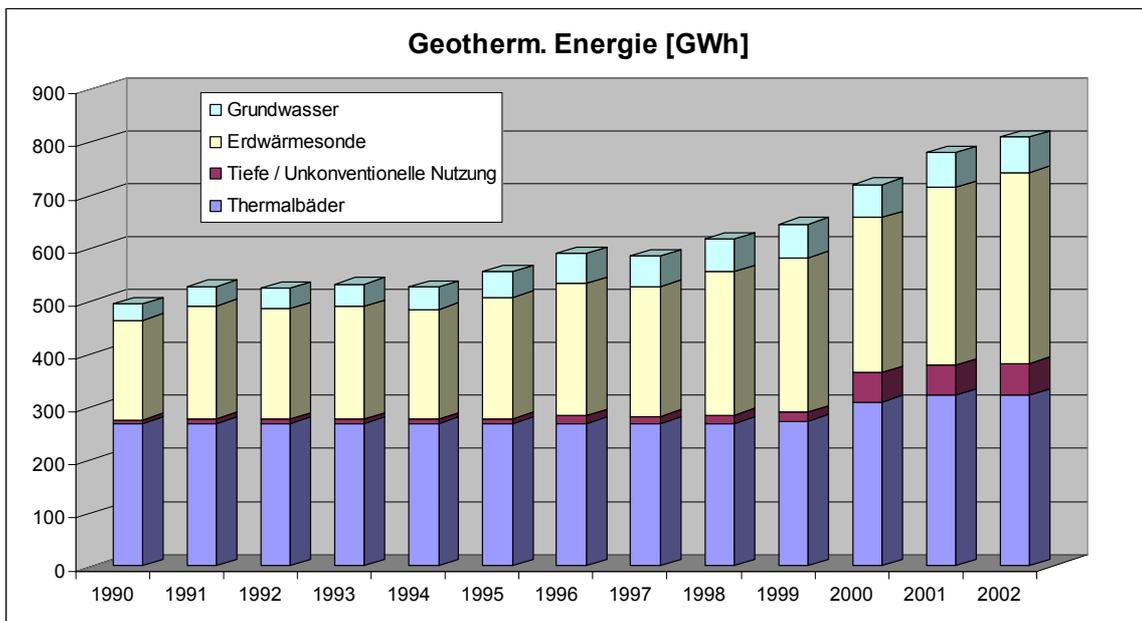


Fig. 10: Geförderte geothermische Energie seit 1990. Die Zahlen für 1999 und früher wurden bestehenden Statistiken entnommen (GTR 2000).

### **3. NATIONALE ZUSAMMENARBEIT**

Die vorliegende Arbeit wurde mit Unterstützung der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG), der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), sowie der Firma Basics (Zürich) erstellt.

### **4. BEWERTUNG UND AUSBLICK**

Die geothermische Wärmenutzung der Schweiz steht im internationalen Umfeld sehr gut da: bei >450 MW installierter Leistung belegt die Schweiz den 5. Platz weltweit. Bezieht man diese Zahlen auf die Einwohnerzahl, so belegt die Schweiz nach Neuseeland und Island den dritten Platz. Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen reduziert einerseits den CO<sub>2</sub> Ausstoss, andererseits wird hierdurch auch ein langfristiger Wettbewerbsvorteil der heimischen Industrie deutlich. Diese Überlegungen zeigen, dass hier Anstrengungen gemacht werden müssen, um diese Zahlen zukünftig einheitlich entsprechend der Energiequelle zu erfassen. Hierzu sind einerseits geplante Gespräche mit der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) zur Abfassung eines neuen Formulars sowie der Information von Vertretern der Bohrindustrie wichtig, andererseits sollten die Schlussfolgerungen aus diesem Bericht auch mit den entsprechenden Stellen des BfE besprochen werden. Die hier veröffentlichten Zahlen sollten auch stärker für Marketingstrategien im internationalen Bereich hinzugezogen werden.

Es bleibt abzuwarten, wie die Bohrfirmen auf die Aufforderung, genauere Zahlen über den Einbau ihrer Systeme weiterzuleiten, reagieren werden. Im Sinne einer oben beschriebenen Darstellung wäre dies sicherlich sinnvoll. Ausserdem sollten in zukünftigen Erfassungen genauere Zahlen von den Betreibern der Thermalbäder eingefordert werden. Notfalls sollten hierzu kleinere Studien in Auftrag gegeben werden. Es wird weiterhin empfohlen, die Nutzung weiterer geothermisch relevanter Systeme nach Markteinführung genauer erfassen zu können. Dazu sollten die entsprechenden Firmen (z.B. Calmotherm für Erdwärmekörbe, oder Nägelebau für Geostrukturen) kontaktiert werden.

Die positive Bilanz der geothermischen Energienutzung ist auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen. Zu nennen sind hier hohes Umweltbewusstsein, lokal verbreitetes Wissen über die Systeme und hohe Motivation / Innovationsfreudigkeit von Unternehmen und Interessenverbänden. Nur langfristig eingesetzte Fördermittel können auch einen langfristigen Erfolg weiterhin gewährleisten.

## REFERENZ

- Basics, 1999, Neue Wärmepumpenstatistik, interner Bericht, Firma Basics, Beckenhofstr. 16, 8035 Zürich
- Bianchetti G., 1999, Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon, rapport intermédiaire OFEN
- Bonvin M., Cordonier P., 2002, Pieux énergétiques avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure, rapport final BfE.
- Cotting R., 2001, Mehrzweckhalle Kaltbrunn: Wärmenutzung aus dem RickenTunnel, GeothermieCH 30/2001
- De Carli M., 2001, Sfruttamento dell'acqua proveniente dal Tunnel Mappo-Moretina, rapport final BfE
- Eugster, W.J., Füglistner, H., 1997. Tiefenerdwärmesonde Weggis 1, Final Report Swiss Bundesamt für Energie (BFE) und Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL), November 1997.
- Häring M., 1997, Geothermiebohrung Schinznach Bad S3 - Eine Erfolgsgeschichte der Geothermie, GeothermieCH 2/97
- Häring M., Leimer T., Wahl S., 2002, Wärme-Contracting - Geothermie-Doublette Siedlung Solar One, Itingen BL - Messungen Energieverbrauch, Schlussbericht BfE Nr. 26'745
- Flury S., 2002, Bad Schinznach: Wärmegewinnung aus Thermalwasser S3, SYTEG AG, Schlussbericht BfE.
- Graf O. & Bianchetti G., 2002, Exploitation des forages géothermiques de Lavey-les-Bains (VD) en 2001 et bilan énergétique, GeothermieCH 33/2002
- Gruneko, 1997, Geothermieanlage Wärmeverbund Riehen, Schlussbericht BfE.
- GTR, 2000, Geothermie-Statistik Schweiz 1990-1999, ausgearbeitet durch Forschungsgruppe Geothermie und Radiometrie – ETH Institut für Geophysik, 8093 Zürich, BfE Projekt Nr 24843, Bern
- Kohl, T., Salton, M., Rybach, L., 2000. Data analysis of the deep borehole heat exchanger plant Weissbad (Switzerland). In: Proc. World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, pp. 2671-2676.
- Kohl, T., R. Brenni, W.J. Eugster, System performance of a deep borehole heat exchanger, *Geothermics*, 31, 687–708, 2002.
- Matousek F.-Graf H., 2000, Trinkwasser und Wärme aus 300m Tiefe, GeothermieCH 27/2000
- Meldem, 2001, Tunnel du Grand St. Bernard, analyse du rendement de la production de chaleur, MeldemEnergie, Rapport final BfE
- Pahud D, 2002, Unterlagen Weiterbildungsseminar Burgdorf
- SVG 2001, 12 Fachtagung und Hauptversammlung der SVG: Geostrukturen zur Energiegewinnung, April 2001.
- Talleri ,1996, Gewinnung geothermischer Energie aus Tunneln: Gotthard, Schlussbericht, BfE
- Tschuck W., 2000, Geothermische Wärmepumpe Thermalbad Egelsee, Kreuzlingen, GeothermieCH, 28/2000
- Vuataz F.-D., Fehr A., 2000, 25 ans d'activités géothermiques en Suisse, GeothermieCH 26/2000.
- Zürcher D., 2000, Wärmenutzung Hauensteintunnel Trimbach, Durena AG, BfE

## APPENDIX

*Tabelle 11: Sole-Wasser Wärmepumpen*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Anzahl Wärmepumpen (-)	8'009	8'614	9'124	9'575	10'390	11'086	12'211	13'726	15'615	17'681	19'952	22'473
el. Leistung total Jahresende (MW)	72	74	75	76	78	79	82	86	92	96	101	107
therm. Leistung total Jahresende (MW)	214	220	225	230	240	246	259	274	298	319	341	371
Elektrizitätsverbrauch klimanormiert (GWh)	140	145	147	149	152	156	160	166	175	185	196	207
Wärmeproduktion klimanormiert (GWh)	349	362	370	377	389	402	416	439	471	510	549	595
Erneuerbare Wärme klimanormiert (GWh)	209	217	223	228	237	246	257	273	296	324	353	387
Elektrizitätsverbrauch (GWh)	128	149	142	143	135	149	166	154	167	174	173	192
Wärmeproduktion (GWh)	323	371	358	365	350	387	430	413	453	482	494	556
Erneuerbare Wärme (GWh)	195	222	216	221	215	238	264	258	286	308	321	364

*Tabelle 12: Wasser-Wasser Wärmepumpen (P<100 kW)*

Item	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Anzahl Wärmepumpen (-)	2'224	2'391	2'523	2'666	2'763	2'933	3'095	3'240	3'353	3'363	3'443	3'516
therm. Leistung total Jahresende (MW)	35	39	43	46	49	53	58	62	65	65	67	69
Elektrizitätsverbrauch (GWh)	21	26	26	28	27	31	36	34	37	36	35	36
Wärmeproduktion (GWh)	50	62	64	69	69	79	92	91	99	99	96	102
Erneuerbare Wärme (GWh)	30	36	38	42	42	48	57	57	62	63	62	66

Tabelle 13: Thermalbäder

Therme	Referenz	Schüttung [m <sup>3</sup> /s]	Temp. [°C]	Leistung 2000	Leistung 2001	W.-prod. 2000	W.-prod.
				[MW] 1)	[MW] 1)	[GWh] 1)	2001 [GWh] 1)
Andeer (GR)	GTR (2000)	1.67E-03	18	0.06	0.06	0.5	0.5
Aquarossa (TI)	GTR (2000)	3.00E-03	25	0.19	0.19	1.6	1.6
Baden (AG)	GTR (2000)	1.16E-02	45	1.70	1.70	14.1	14.1
Bad Ragaz (SG)	GTR (2000)	3.65E-02	36	3.98	3.98	33.1	33.1
Bad Schinznach S2 (AG)	Flury (2002)	2.62E-04	27	0.02	0.02	0.2	0.2
Bad Schinznach S3 (AG)	Flury (2002)	3.04E-03	44	0.43	0.43	3.8	3.8
Brigerbad (VS)	web	4.67E-02	42	6.27	6.27	52.2	52.2
Lavey-les-Bains (VD)	Graf & Bianchetti (2002)	1.81E-02	63	4.02	4.02	35.3	35.3
Leukerbad (VS)	web	3.33E-02	50	5.60	5.60	46.6	46.6
Lostorf (SO)	GTR (2000)	1.30E-02	28	0.98	0.98	8.2	8.2
Ovronnaz (VS)	GTR (2000)	2.83E-03	24	0.17	0.17	1.4	1.4
Saillon (VS)	GTR (2000)	2.00E-02	22	1.01	0.00	8.4	0.0
Saxon (VS)	GTR (2000)	6.10E-02	37	6.92	6.92	57.6	57.6
Stabio (TI)	Terme (pers. Mitteilg, 2000)	6.67E-04	13	0.01	0.01	0.1	0.1
Val d'Illiez (VS)	GTR (2000)	8.88E-03	30	0.75	0.75	6.2	6.2
Vals (GR)	GTR (2000)	4.17E-03	30	0.35	0.35	2.9	2.9
Yverdon-les-Bains (VD)	web	6.00E-02	29	4.79	4.79	39.8	39.8
Zurzach (AG)	web	1.00E-02	40	1.26	1.26	10.5	10.5
<b>Total</b>				<b>38.50</b>	<b>37.50</b>	<b>322.4</b>	<b>314.0</b>

1) Bei Abkühlung auf 10 °C

Tabelle 14: Geostrukturen

Ort	Name	Inst. WL [kW]	Inst. KL [kW]	Wärme-Kälte-Energie [GWh]	Referenz
Alpnach (OW)	Flughafen	51	40		0.16
Alpnach-Dorf (OW)	Durrer AG	100			0.25
Amriswil (TG)	Altersheim Egelmoos	42			0.10
Briez (GR)	H. von Opel	40			0.10
Chur (GR)	Paly-Bösch	16.8			0.04
Frauenfeld (TG)	Marktplatz Überbauung	(Speicher)			
Fully (VS)	Schulhaus	60			0.15 Bonvin-Cordonier (2002)
Grabs (SG)	Pago AG	330	580		1.32 Morath (priv. Mitteilung 2002)
Kreuzlingen (TG)	Photocolor AG	176	241		0.64
Lidwil/Altendorf (SZ)	Mächler AG	160			0.39
Müntschemier (BE)	Hunziker AG	175			0.43
Oetwil a. S. (ZH)	Zentrum Druckerei	-			
Rothenturm (SZ)	Jurgl-Murgole	13.4			0.03
Sargans (SG)	Tobler AG	50.6			0.12
Sargans (SG)	Malerva	51.8			0.13
Tscherlach (SG)	Meierriet	96			0.24
Unteriberg (SZ)	Zahler	16.5			0.04
Uznach (SG)	WA. Ziegelhof	46			0.11
Walenstadt (SG)	Klingler	13.5			0.03
Wangen (SZ)	H. Schättin	15.5			0.04
Wangen (SZ)	S. Vogt	15.5			0.04
Wangen (SZ)	S. Bruhin	14.5			0.04
Wangen (SZ)	W. Rothlin	18.5			0.05
Wangen (SZ)	P. Rothlin	18			0.04
Wangen (SZ)	Schnellmann	15.5			0.04
Wangs (SG)	Primarschulhaus	131			0.32
Werdenberg (SG)	Kinozentrum	70	50		0.22
Willerzell (SZ)	Wohn-und Geschäftshaus	37.5			0.03 SVG 2001
	<b>Total Stand 1998</b>	<b>1774.6</b>	<b>911</b>		<b>5.09</b>
<b>Installation im 2002</b>					
Kloten (ZH)	Dock Midfield	630	400	2.91 (Prognose) Pahud (2002)	