

Jahresbericht 1999, z.Hd. des Bundesamtes für Energie

Projekt Nr. 27006

November 99

SERSO, Sonnenenergierückgewinnung aus Strassenoberflächen, Messkampagne und Simulation des saisonalen Erdspeichers

Zusammenfassung:

Der kalte und schneereiche Winter 98/99 prägte die Anlage deutlich. So wurden dem Speicher in diesem Winter 88% mehr Energie entnommen als in den vorhergehenden Jahren. Es wurde erstmals im Winter mehr Energie entnommen als im Sommer davor eingelagert wurde.

Dies hatte auch merkliche Auswirkungen auf die mittlere Fellspeichertemperatur, sie sank knapp unter die Temperatur des Ausgangswertes. Dass heisst die Energiebilanz ist über die fünf Betriebsjahre ausgeglichen - es findet weder eine Erwärmung noch eine Abkühlung des Fellspeichers statt.

In der Folge der tieferen Speichertemperatur steigt der Wirkungsgrad bzw. die Belags- oder Kollektoreffizienz im Sommer, da die Temperaturdifferenz zwischen Belag und Speicher grösser wird. So kann mit kürzeren Laufzeiten mehr Energie in den Speicher gepumpt werden.

Der strenge Winter 98/99 bedeutete auch sehr hohe Laufzeiten der Anlage. Weit aussagekräftiger ist jedoch die Anlageleistung, dass heisst der durchschnittliche Energieumsatz pro Betriebsstunde. Diese wurde im Winter 95/96 deutlich gesteigert und liegt seither im Winter konstant bei ca. 100 kW, im Sommer konstant bei ca. 180 kW.

Geht man davon aus, dass diese ersten fünf Betriebsjahre bezüglich Klima dem langjährigen Mittel entsprechen, so darf der Anlagebetrieb als ideal bezeichnet werden. Daher ist die Optimierung in Richtung kürzere Laufzeiten mit höherer Belags- oder Kollektoreffizienz während dem Betrieb richtig.

Berichterstatter: Jürg Meschter

Institut: Berner Fachhochschule
HTA Burgdorf
Abteilung Energietechnik
3400 Burgdorf
Tel. 034 426 43 70

Internet: <http://www.hta-bu.bfh.ch>

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG / PROJEKTZIELE	2
<hr/>		
2	DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN	3
<hr/>		
3	RESULTATE	4
3.1	Energiebilanzen	4
3.2	Laufzeiten und Anlageleistung	6
3.3	Verhalten Felsspeicher	7
3.4	Belags- oder Kollektoreffizienz	9
3.5	Schlussfolgerung	10
<hr/>		
4	AUSBLICK 2000	10
<hr/>		
5	PUBLIKATIONEN 1999	10
<hr/>		

1 EINLEITUNG / PROJEKTZIELE

Die Idee SERSO

Im Sommer heizen sich die Strassenbeläge in unseren Breitengraden durch die Sonneneinstrahlung z.T. auf über 60°C auf. Die Grundidee von SERSO ist es, diese anfallende Wärme zu sammeln, zu speichern und im Winter wieder zu nutzen.

In den Jahren 1991 bis 1994 hat das Tiefbauamt des Kantons Bern in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strassenbau an einer Brücke der Nationalstrasse N8 bei Därligen ein Projekt realisiert. Dabei wird die im Sommer dem Brückenbelag entzogene Wärme in einem Felsspeicher zwischengelagert und im Winter zur Eisfreihaltung dieser Brücke wieder verwendet.

Details über die grundlegende Idee, über die Funktionsweise und über den Bau der Anlage sind im technischen Bericht *SERSO - Pilotprojekt zur Sonnenenergieückgewinnung aus Strassenoberflächen (Tiefbauamt Kt. Bern, 1994)* zu finden. Die Idee «SERSO» wurde 1988 von W. Hess, Polydynamics LTD. Zürich, patentiert.

Welche Zielsetzungen hat SERSO?

Aus energietechnischer Sicht interessiert die Frage, wie sich thermische Sonnenenergie aus Strassenbelägen gewinnen, im Untergrund speichern und im Winter wieder nutzen lässt - saisonale Speicherung.

Neben bautechnischen Fragen wie z.B. das Langzeitverhalten von Strassenbelägen mit eingebauten Rohrregistern, wird der praktische Nutzen konkret aufgezeigt. Die Unfallgefährdung auf der Autobahnbrücke soll reduziert werden, indem der Fahrbahn bei Glatteisgefahr Wärmeenergie aus dem Felsspeicher zugeführt wird.

Projektstand SERSO

SERSO wurde in den Jahren 1991 bis 1994 unter der Federführung der Firma Polydynamics LTD. Zürich realisiert. Aus der anschliessenden, ausführlichen Messkampagne - sie dauerte bis Ende 1997 - gingen alle relevanten Bilanzen, Kennzahlen und Wirkungsgrade der Anlage hervor. Die Funktionalität konnte aufgezeigt werden.

Im Februar 1998 wurde die Anlage von der Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Architektur (HTA) Burgdorf, Abteilung Energietechnik übernommen.

Die Aufgabe ist nun, den einwandfreien Anlagebetrieb sicherzustellen und die Messkampagne weiterzuführen, mit dem Ziel, langfristige Auswertungen und Interpretationen zu ermöglichen. Auch soll die Anlage weiter optimiert und ein Simulations-Modell erstellt werden.

Womit befasst sich der vorliegende Jahresbericht?

Im vorliegenden Bericht sind im wesentlichen die Messergebnisse vom Oktober 1998 bis September 1999 (also je eine Entlade- und Ladeperiode) zusammengefasst. Zusätzlich werden die Grössen und Kennzahlen mit den vorangegangenen Jahren verglichen.

Die ausführlichen Messresultate der Betriebsjahre 1994 bis 1997 sind in den Halbjahresberichten (J.W.Eugster 1994 - 1997) zu finden.

2 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Hauptaufgabe war die Betreuung der Messdatenerfassung mit der Sicherstellung des lückenlosen Messbetriebes.

Als Folge eines Zwischenfalles Anfang November 98, bei welchem eine technische Störung von der Anlage nicht alarmiert wurde, wurde nachträglich ein Zusatzalarm eingebaut. Damit wird die Temperatur des Brückenbelages zusätzlich überwacht und im Störfall ein Alarm ausgelöst.

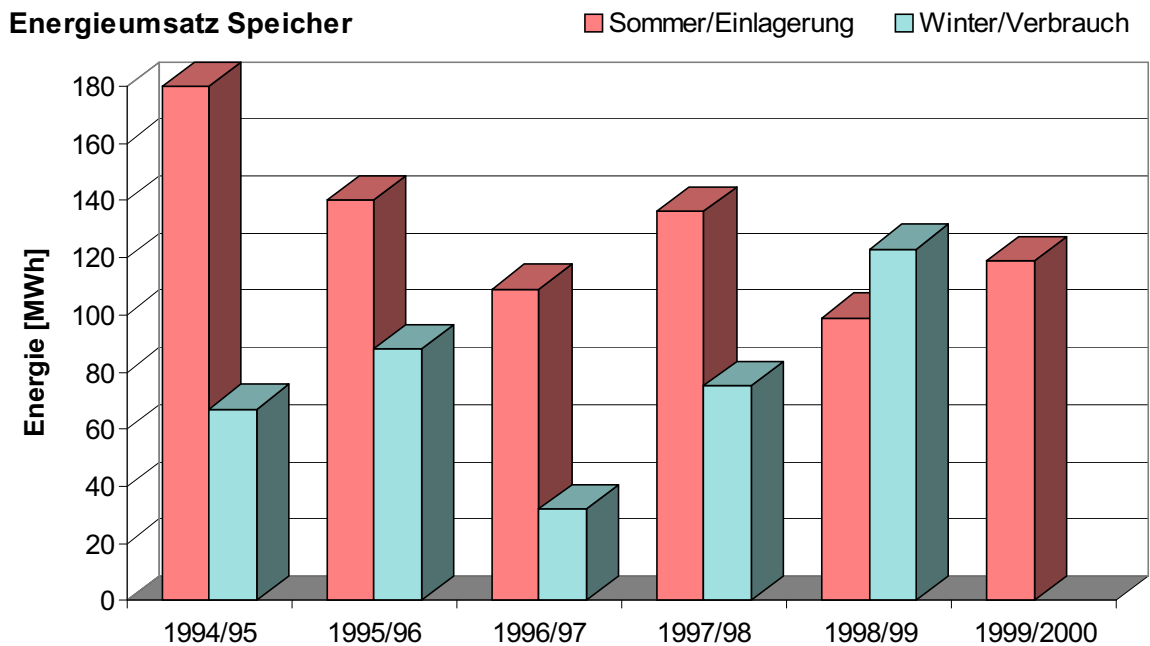
Zur Zeit wird ein Konzept für die Speichersimulation erstellt, in welchem die Ziele und Randbedingungen definiert werden.

3 RESULTATE

Nachfolgend sind die wesentlichen Messergebnisse und Kennzahlen des Betriebsjahres 1998/99 (1. Oktober 1998 bis 30. September 1999) dargestellt. Um einen Langzeitvergleich machen zu können, werden die wichtigsten Grössen aus den Jahren 1994 bis 1998 ebenfalls mit einbezogen.

3.1 ENERGIEBILANZEN

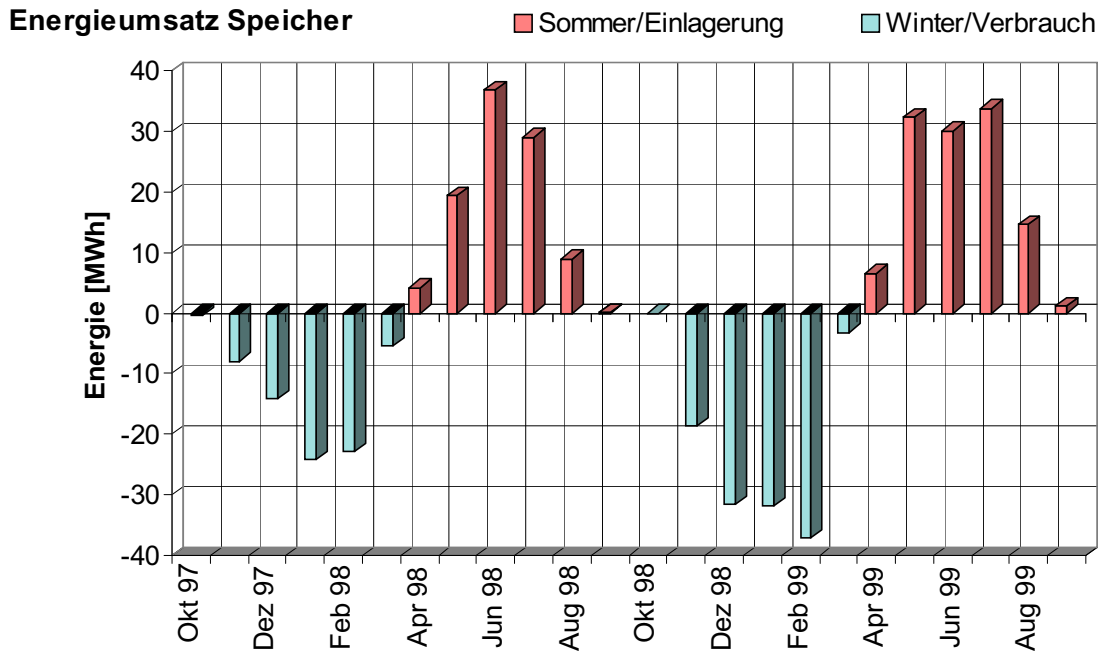
In der folgenden Energiebilanz werden die gesamten in den Felspeicher eingelagerten respektive aus dem Speicher bezogenen Wärmemengen pro Halbjahr (Sommer/Einlagerung oder Winter/Verbrauch) dargestellt:



Der strenge, kalte und schneereiche Winter 98/99 schlägt sich in dieser Energiebilanz deutlich nieder. Im Vergleich zum durchschnittlichen Verbrauch der vier vorhergehenden Jahren wurde im Winter 98/99 dem Speicher 88% mehr Energie dem Speicher entnommen.

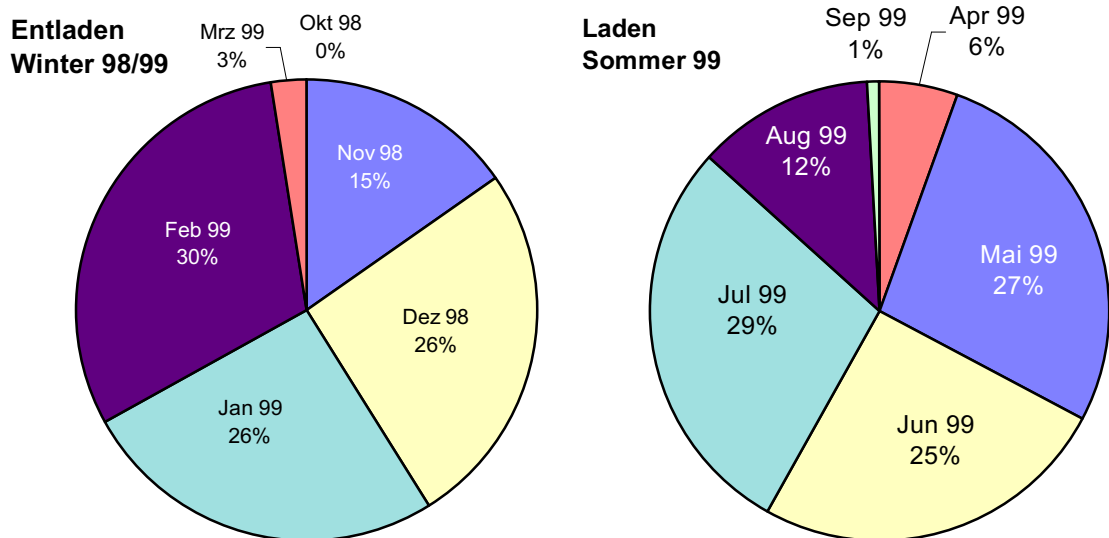
Es ist das erste mal, dass dem Speicher im Winter mehr Energie entzogen wurde als im Sommer davor eingelagert wurde.

Wenn der Energieumsatz der letzten zwei Jahre auf die verschiedenen Monate aufgeteilt wird präsentiert sich folgende Grafik:



Der strenge Winter 98/99 zeigt sich auch in dieser Grafik, wo im Februar 99 der schon hohe Verbrauch noch ansteigt.

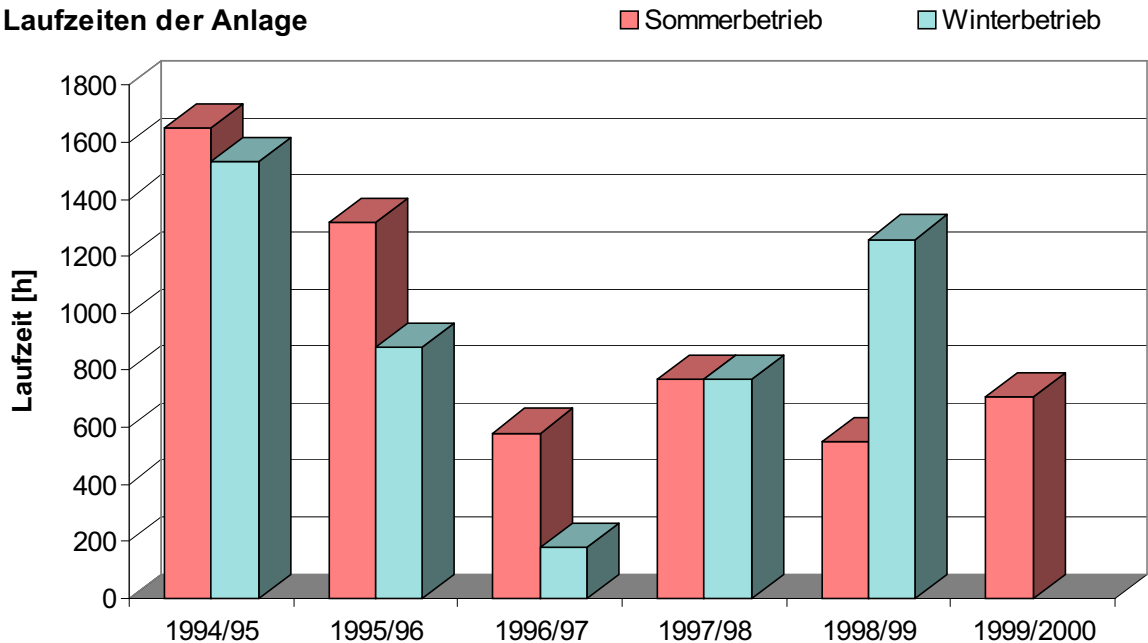
Deutlich wird auch, dass in den Übergangsmonaten im Frühling und Herbst nicht viel Energie umgesetzt wird. Über 80% der Einlagerung/Verbrauch findet in drei Monaten statt.



3.2 LAUFZEITEN UND ANLAGELEISTUNG

Der aussergewöhnliche Winter 98/99 wirkt sich mit sehr langen Laufzeiten und somit einem erhöhten Pumpenenergieverbrauch aus.

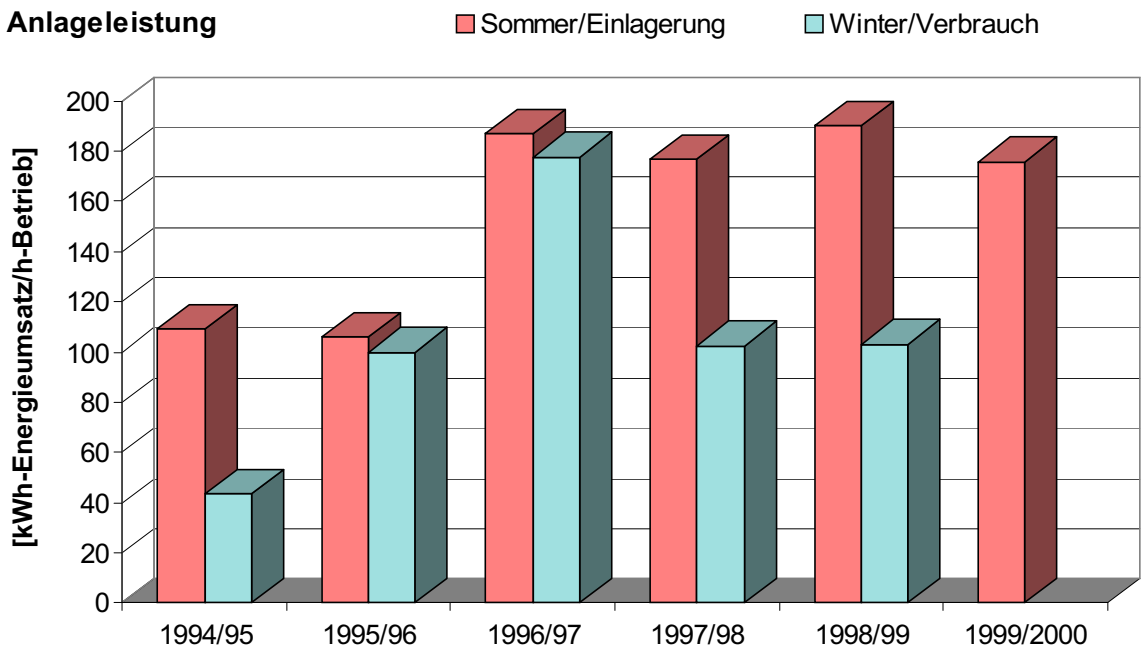
Laufzeiten der Anlage



Betrachten wir nun die Anlageleistung, das heisst der durchschnittliche Energieumsatz pro Betriebsstunde, kann eine differenziertere Aussage gemacht werden.

Die Anlageleistung wurde im Winter 95/96 deutlich gesteigert - ca. 100%, und dies für den Sommer und Winterbetrieb. Die Leistungsspitze im Winter 96/97 ist durch die sehr kurze Betriebszeit zu erklären. Da sich der Speicher in dieser kurzen Zeit weniger abkühlte, konnte bei einem hohen Temperaturniveau in kurzer Zeit viel Energie umgesetzt werden.

Anlageleistung

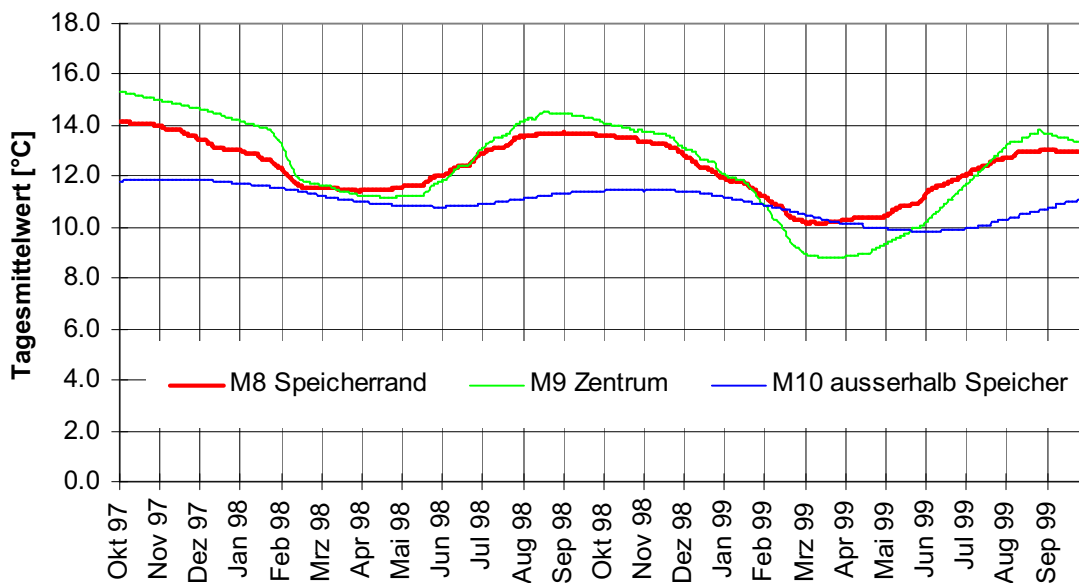


Dass der der kalte Winter 98/99 in dieser Grafik nicht auffällt und die Leistung trotzdem konstant geblieben ist, spricht für den guten Betrieb und die Dimensionierung der Anlage.

3.3 VERHALTEN FELSSPEICHER

Nachfolgend ist der Verlauf der Speichertemperatur über die letzten zwei Jahre der Temperatursonde M8 am Rand des zylinderförmigen Felsspeichers aufgezeichnet. Über 18 Monate sind auch die Temperatursonden M9 - im Zentrum - und M10 - ausserhalb des Speichers - aufgezeigt. Pro Sonde sind jeweils die Fühler in den Tiefen 15m, 32m und 50m zu Tagesmittelwerten zusammengefasst worden.

Verlauf Speichertemperatur

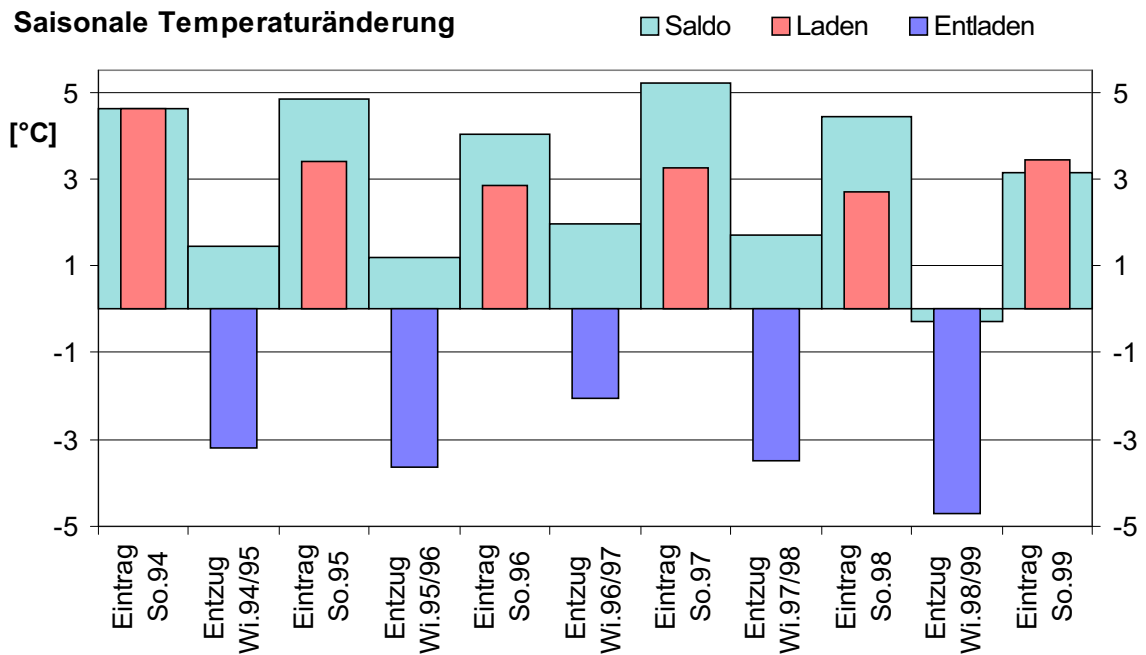


Die Temperaturschwankungen sind im Zentrum am stärksten und schwächen sich gegen Aussen ab. Die Sonde ausserhalb des Felsspeichers erfährt die Temperaturänderungen mit deutlicher Verzögerung.

Über die zwei Jahre sind die Kurven, also die Temperaturen leicht am sinken. Für die Sonde M8 heisst dies, am 1. Oktober 97 betrug die Temperatur noch 14.2 °C, am 1. Oktober 99 nur noch 12.9 °C. Im Gegensatz zur Erwärmung der mittleren Speichertemperatur in den ersten zwei Jahren, fand also in der zweiten Hälfte der Betrachtungsperiode eine Absenkung auf den Ausgangswert statt.

Eine weitere wichtige Grösse für die Beurteilung des Speicherverhaltens ist die saisonale Änderung der mittleren Speichertemperatur. Sie berechnet sich aus dem Mittelwert aller im Speicher verteilten Temperaturfühler (52 Stück).

Die Änderungen der mittleren Speichertemperatur während den bisherigen Lade- und Entladephasen gegenüber dem Ausgangszustand im April 94 zeigen folgendes Bild:



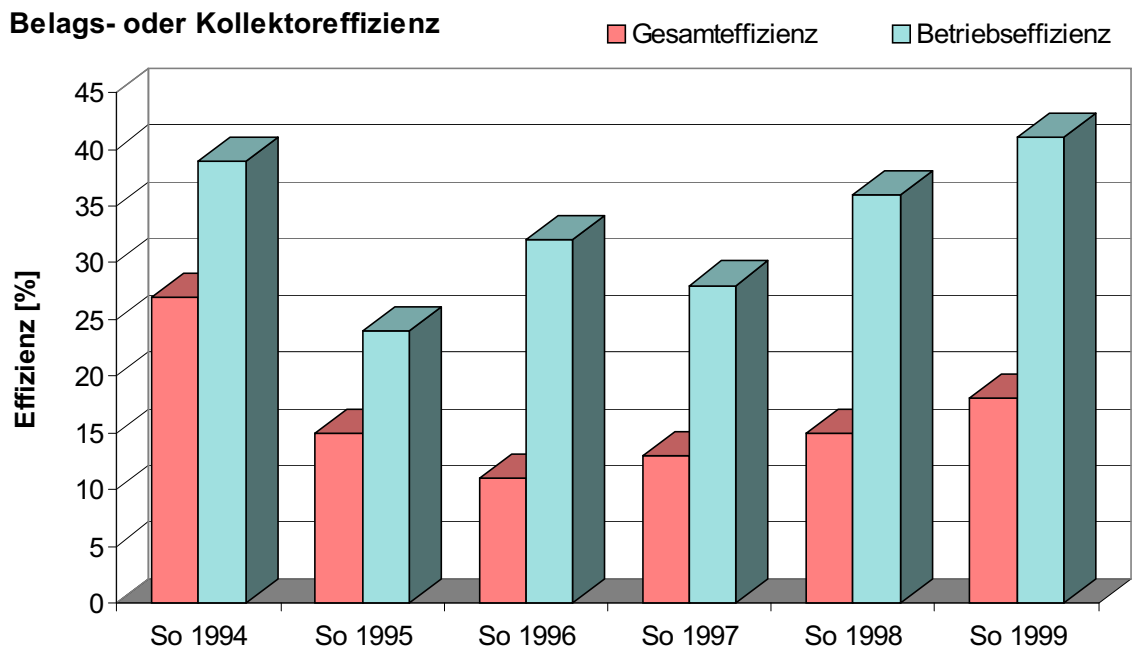
Diese Grafik zeigt, dass der Speicher am Ende der Winter 94/95 bis 97/98 immer noch einen positiven Saldo aufweist, ausser nach dem strengen Winter 98/99.

Dies bedeutet, in den vergangenen Jahren musste im Sommer die Energie auf einem höheren Temperaturniveau als zu Beginn im Sommer 94 eingebracht werden. Erst im Sommer 99 hatte die Anlage wieder die Möglichkeit beim beinahe gleichen Temperaturniveau wie zu Beginn zu arbeiten.

3.4 BELAGS- ODER KOLLEKTOREFFIZIENZ

Die Auswirkungen des Speichertemperaturniveaus auf den Wirkungsgrad der Anlage im Sommer ist anhand der Belags- oder Kollektoreffizienz ersichtlich.

Diese Belags- oder Kollektoreffizienz ist das Verhältnis von gewonnener Energie aus dem Strassenregister zur eingestrahelten Sonnenenergie. Dabei wird unterschieden zwischen der Gesamteffizienz, welche die Einstrahlung während der ganzen Sommerperiode berücksichtigt und der Betriebseffizienz, welche nur die Einstrahlung während der Betriebszeit betrachtet.



Diese Grafik zeigt wie die Belags- oder Kollektoreffizienz in den letzten Jahren stetig gestiegen ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Temperaturniveau im Speicher ständig leicht gesunken ist. Dadurch wird die Temperaturdifferenz zwischen Belagstemperatur und Speichertemperatur grösser, wodurch eine grössere Energiemenge in den Speicher abgeführt werden kann.

Da im Sommer 94 möglichst viel Energie in den Felspeicher gebracht wurde, diese aber im Winter 94/95 nicht zur Hälfte gebraucht wurde (Grafik s. 4), hatte die Anlage im Sommer 95 eine sehr schlechte Belags- oder Kollektoreffizienz, denn der Speicher war schon auf einem relativ hohen Temperaturniveau.

3.5 SCHLUSSFOLGERUNG

Aus den vorangehenden Grafiken wird deutlich, wie wichtig es ist den Felsspeicher nicht übermässig zu erwärmen, sondern einen möglichst gleichmässigen Betrieb zu haben. Dass heisst, die im Sommer eingelagerte Energie sollte durch die Verluste und die Entladung im Winter möglichst wieder aufgebraucht werden, beziehungsweise der Temperatur-Saldo im Speicher sollte nach dem Winter immer wieder Null sein.

Mit dem fünften Betriebsjahr wird die Tendenz des leicht steigenden Temperatur-Saldos gestoppt. Durch die relativ geringe Einlagerung im Sommer 98 und durch den anschliessenden grossen Bezug im Winter 98/99 wird die Speichertemperatur wieder auf den Ausgangswert vom Projektstart zurückgesetzt. Dies bedeutet also, dass der Speicher über die fünf Betriebsjahre eine ausgeglichene Bilanz aufweist. Er wird weder langfristig aufgeheizt noch ausgekühlt. Geht man davon aus, dass diese ersten fünf Betriebsjahre bezüglich Klima dem langjährigen Mittel entsprechen, so darf der Anlagebetrieb als ideal bezeichnet werden.

Daher ist die Optimierung in Richtung kürzere Laufzeiten mit höherer Belags- oder Kollektoreffizienz während dem Betrieb richtig. Auch wenn dadurch die gesamte Belags- oder Kollektoreffizienz nicht so gut wird wie im Sommer 94, denn wie sich gezeigt hat wird im Winter nicht soviel Energie benötigt, wie wir im Maximum speichern könnten.

4 AUSBLICK 2000

Neben der laufenden lückenlosen Datenerfassung, -auswertung und -archivierung wird ein Schwergewicht die Optimierung der Anlage sein. Die Strom- und Betriebskosten sollen dabei auf ein Minimum reduziert werden. Weiter wird die Bewirtschaftung des Felsspeichers behandelt werden. Eine ausgeglichene Bilanz ist das Hauptbestreben - der Speicher darf, langfristig weder aufgeheizt noch ausgekühlt werden. Für den vorhandenen Felsspeicher soll ein Simulationsmodell erstellt werden.

Das übergeordnete Ziel für das Betriebsjahr 2000 ist jedoch, den fehlerfreien Anlagebetrieb sicherzustellen und die Fahrbahn sicher vor Vereisung zu schützen.

Weiter muss jährlich eine Überprüfung der Steuerung und wichtigsten Fühler stattfinden.

5 PUBLIKATIONEN 1999

- Zwischenbericht Winter 1998/99
- Jahresbericht 1999