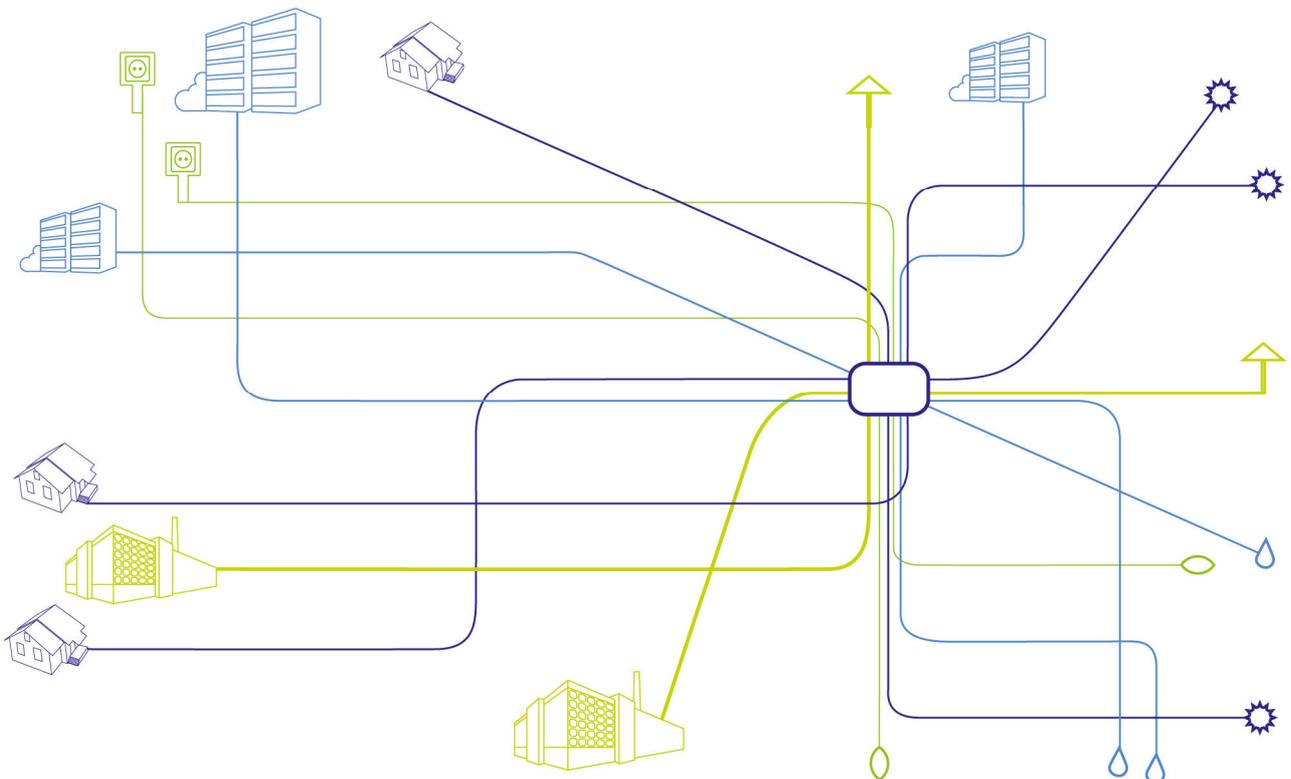




## Lastmanagement für solarthermische Fernwärmeunterstützung am Beispiel Wels



## VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at) zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Energie der Zukunft“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel  
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds



Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
1.1	Aufgabenstellung.....	4
1.2	Schwerpunkte des Projektes .....	5
1.3	Einordnung in das Programm .....	5
1.4	Verwendete Methoden.....	7
1.5	Aufbau der Arbeit.....	7
2.	Inhaltliche Darstellung .....	8
3.	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	13
4.	Ausblick und Empfehlungen .....	14
	Anhang.....	15

## Kurzfassung

Im vorliegenden Projekt wurde die Integration von solarthermischen Kraftwerken in Fernwärmenetze sowie die dazu notwendige Entwicklung eines entsprechenden Lastmanagements am Beispiel eines bestehenden Fernwärmenetzes behandelt. Mit dem Hintergrund eines wirtschaftlich darstellbaren Betrieb kommt der energieeffizienten Einbindung der Solaranlage (Kollektorfläche 3400m<sup>2</sup>) besondere Bedeutung zu. Die Kombination von bestehendem Fernwärmeerzeuger, der solarthermischen Anlage sowie eines thermischen Speicher machen das Lastmanagement, das die Energiekoordination unter Zuhilfenahme von Optimierungsverfahren und Globalstrahlungsvorhersagen steuert, zu einer wesentlichen Komponente.

Im Rahmen dieses Projektes wurden nach einer Analyse von verschiedenen Fernwärmenetzen unterschiedliche Varianten von Übergabestationen sowie Kollektoren untersucht und eine passende Form für den zu untersuchenden Anwendungsfall ausgewählt. Anschließend wird ein Lastmanagement auf Basis von Simulationsstudien entworfen und die Simulationsergebnisse durch Anlagenvermessung validiert. Nach Abschluss der Messphase wurde das Lastmanagement einer weiteren Optimierung unterzogen und auf andere Anwendungsfälle erweitert. Dadurch bestand die Möglichkeit, für ähnliche Wärmenetze die kostentechnische Auswirkung einer solarthermischen Einbindung vorab mittels Simulation abzuschätzen und gleichzeitig ein passendes Anlagenschema und das dazugehörige Lastmanagement vorzuschlagen.

## **Abstract (E)**

In the present project, the integration of a solar thermal plant into an existing district heating grids and the necessary development of a appropriate energy management system has been analysed on the example of an existing heating grid. By considering the economically efficient operation of the overall system, in particular the energy-efficient integration of the solar thermal plant (3.400m<sup>2</sup>) has been investigated.

The combination of an existing heat source, a solar thermal plant and a thermal storage tank made it necessary to develop a load management as fundamental component, which coordinates the energy distribution by using optimization methods and solar radiation forecast.

After the analysis of different district heating grids, different variants of hydraulic transmission stations have been checked and a suitable version for the considered plant has been chosen. Afterwards, the energy management was developed, which is based on simulation studies. The results of the simulation environment was compared to the outcomes of plant measurements.

After completing the measurement phase, the energy management was subject to an additional optimization has been extended to similar applications. This provided the opportunity to evaluate the economic potential of a solar thermal feed-in of similar heating grids and simultaneously generate a suitable hydraulic scheme and propose an appropriate energy management system.

# 1. Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Das Fernwärmenetz in Wels wurde bis vor Kurzem ausschließlich durch ein Kraft-Wärmekopplungssystem (GuD-Anlage), das zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme führt, gespeist. Es können damit mehr als 7500 Haushalte in Wels versorgt werden, der jährliche Wärmebedarf liegt bei ca. 160GWh.

Diese Anlage läuft prinzipiell wärmegeführt, d.h. der Wärmebedarf der Abnehmer muss zu jedem Zeitpunkt gedeckt werden.

Um eine zeitliche Entkopplung von Wärmebedarf und Wärmeerzeugung durch die GuD-Anlage zu ermöglichen, wurde das Fernwärmenetz um einen großen thermischen Wasser-Speicher erweitert. Dieser Pufferspeicher besitzt ein Volumen von rd. 5.000m<sup>3</sup> und ist in der Lage, thermische Energie von etwa 250MWh zu speichern.

Im Jahr 2007 erfolgte der Beschluss, dieses Fernwärmenetz um ein großes thermisches Solarkraftwerk mit einer Aperturfläche von etwa 3.400m<sup>2</sup> zu erweitern.

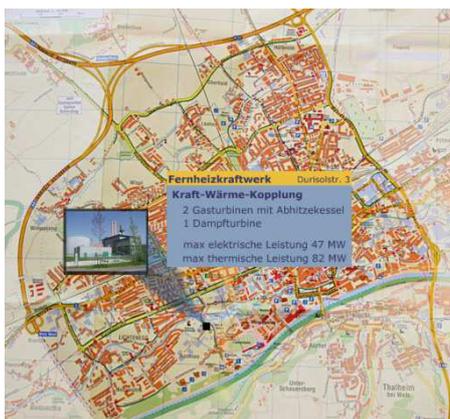


Abbildung 1: Übersicht Fernwärmenetz Wels

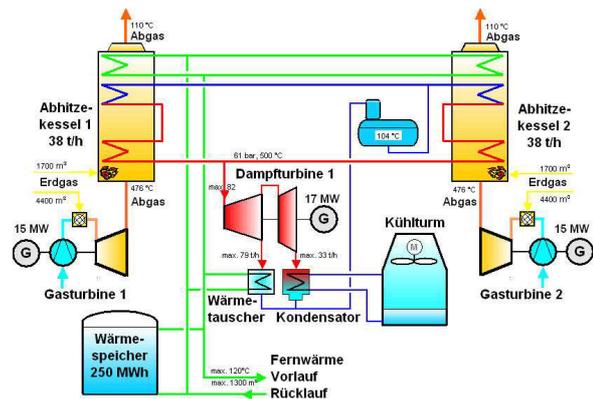


Abbildung 2: Struktur der Wärme- und Stromerzeugung

Ziel des hier abgehandelten Projektes war die Einbindung eines großen solarthermischen Kraftwerkes in das bestehendes Fernwärmenetz (Abbildung 2) in Wels und die Entwicklung eines die Energieflüsse innerhalb des Systems steuernden Lastmanagements, um einen betriebswirtschaftlich erfolgreichen Anlagenbetrieb zu ermöglichen.

Diese Zielsetzung war schon zum Zeitpunkt des Projektantrages ersichtlich. Nach der Inbetriebnahme im laufenden Betrieb zeigte sich, dass im Projektantrag noch nicht berücksichtigte dynamische Effekte beim Ein/Ausschalten des solarthermischen Kraftwerkes die ordnungsgemäße Funktion des Gesamtsystems beeinträchtigen können. Die Beseitigung dieser Auswirkungen ist ebenfalls als Zielsetzung innerhalb des gegenständlichen Projektes zu betrachten.

## 1.2 Schwerpunkte des Projektes

Um die Einbindung der solarthermischen Anlage in das Fernwärmenetz Wels im laufenden Betrieb zu konkurrenzfähigen Energiekosten im Vergleich zum existierenden erdgasbetriebenen Kraft/Wärme-Kopplungssystem (GuD-Anlage) zu ermöglichen, mussten mehrere kritische Punkte behandelt werden:

- Erstellen eines Kollektoranforderungsprofils, sowie anschließende Auswahl einer passenden Kollektortechnologie und eines geeigneten Solarkollektors.
- Effiziente Einbindung des Kollektorfeldes in das Gesamtsystem von Fernwärmenetz, Fernheizkraftwerk und thermischen Speichers.
- Mathematische Modellbildung der Systemkomponenten für die Anwendung der später folgenden Optimierung: Dies musste mit ausreichender Genauigkeit erfolgen, ohne jedoch die Systemkomplexität unnötig groß werden zu lassen. Dieser Umstand war vor allem für die spätere Lösung der numerischen Optimierung des Lastmanagements von Bedeutung.
- Einbinden von Wetterprognosen, um eine Voraussage über den zukünftigen Wärmebedarf sowie die zu erwartenden Erträge des solarthermischen Kraftwerkes zu erhalten.
- Erstellen und Lösen von großdimensionalen Optimierungsalgorithmen, um thermische Energie dem Fernwärmenetz zu geringstmöglichen Kosten (und somit betriebswirtschaftlich erfolgreich) zur Verfügung zu stellen.

## 1.3 Einordnung in das Programm

Das vorliegende Projekt stellt eine Kombination von Industrieller Forschung sowie Demonstration der Machbarkeit dar.

Im vorliegenden Projekt wird die Integration von solarthermischen Kraftwerken in ein (bestehendes) Fernwärmenetz und die dazu notwendige Entwicklung eines entsprechenden Lastmanagements behandelt.

Der energieeffiziente Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und die entsprechenden Implementierungsstrategien nehmen eine zentrale Stellung im Rahmen dieses Forschungsprojektes ein, da die solarthermische Energieeinspeisung in Konkurrenz zur derzeit fossilen Fernwärmeproduktion steht und neben dieser auch wirtschaftlich bestehen muss. So wurde in diesem Projekt die systemtechnische Einbindung des Solarkraftwerkes und das Zusammenspiel der beiden Energiequellen zusammen mit einem thermischen Speicher durch ein effizientes Lastmanagement koordiniert, um einen bestmöglichen Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu erzielen. Dieses Lastmanagement ist notwendig, da ein zeitlich variabler Energiebedarf einem veränderlichen Solarertrag gegenübersteht und dazu noch die Speicherung von thermischer Energie möglich ist. Dem veränderlichen Solarertrag wird durch die Einbindung einer Wettervorhersage Rechnung getragen, die auch eine Wärmebedarfs-Prognose ermöglicht.

Somit kann durchaus von einem „intelligenten Energiesystem“ gesprochen werden, das nicht nur auf die Bedürfnisse der Einzelkomponenten eingeht, sondern darüber hinaus die vernetzte Anlage in seiner Gesamtheit betrachtet und dafür (im Sinne von fossilen Energieverbrauch) optimale Betriebsstrategien findet.

Der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern zeigt sich durch die thermische Solarenergienutzung im vorliegenden Projekt, wodurch eine direkte Reduktion des bisher verwendeten fossilen Energieträgers erzielt wird. Durch die Ausnutzung des thermischen Speichers wird nicht nur der fossile durch einen erneuerbaren Energieträger substituiert, sondern durch Ausnutzung der Wirkungsgradvorteile bei der Wärmeerzeugung zusätzliche Verbrauchsvorteile gewonnen. Dies bedeutet eine auf die Wärmeerzeugung bezogene maximale Effizienz bezüglich des Primärenergieeinsatzes.

#### Sicherung des Wirtschaftsstandortes

Durch die im Rahmen des Projektes entwickelten Simulationswerkzeuge sowie durch den Erfahrungsaufbau durch die Systemvermessung sowie -optimierung werden die Projektpartner in die Lage versetzt, (außer-)universitäre Forschungsergebnisse direkt in marktfähige Innovationen zu übersetzen und sich dadurch einen Wettbewerbsvorteil im Bereich der kosteneffizienten Energiebereitstellung zu verschaffen. Dies dient auch der Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen, die auf Grund der Thematik als hoch qualifiziert einzustufen sind. Daneben bedeutet die Kooperation von 2 Großunternehmen, 1 Kleinunternehmen sowie 2 Forschungseinrichtungen eine Forcierung der Partnerschaft von Wissenschaft und (Energie-)wirtschaft.

Durch diese Entwicklungen wird die wirtschaftliche Einbindung einer erneuerbaren Energiequelle in ein von fossiler Energie dominiertem Sektor erst ermöglicht, somit zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger beigetragen und ein wertvoller Beitrag mit großem Potenzial im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Reduktion geleistet.

#### Erhöhung der F&E-Qualität

Das im Bereich der Energieversorger oftmals anzutreffende konservative Sicherheitsdenken ist meist durch ein ausgeprägtes Bemühen um Versorgungssicherheit begründet. Dies stellt üblicherweise nicht die idealen Bedingungen für neue F&E-Bestrebungen dar. Im gegenständlichen Projekt wurden im Gegensatz dazu aber innovative Forschungsansätze direkt an einem Referenzprojekt validiert und zusätzlich die Kooperation zwischen Forschungseinrichtung und Energieversorger ermöglicht. Im Rahmen des Projektes wurden Methoden entwickelt, die es ermöglichen, im Prinzip durch solare oder andere erneuerbare Energieträger unterstützte beliebige Nah- und Fernwärmenetze mit einem Lastmanagement zu versehen.

Bei anderen Netzen werden aber im Vergleich zum Demonstrationsobjekt zusätzliche forschungsrelevante Fragestellungen auftauchen, so dass durch das gegenständliche Projekt eine langfristig ausgerichtete F&E-Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft gestartet wurde.

#### Nachhaltiges Energiesystem

Durch die Ergebnisse des durchgeführten Projektes werden die Projektpartner in die Lage versetzt, Wärmenetze zusätzlich durch (erneuerbare) Energieträger zu versorgen. Dies schafft die Möglichkeit, einen Teil des Wärmebedarfs nicht durch meist fossile Energieträger abzudecken und erhöht dadurch die Optionenvielfalt und reduziert die Importabhängigkeit bei den fossilen Energieträgern. Durch das intelligente Lastmanagement mit Hilfe des Speichers wird zusätzlich der Einsatz von Primärenergie minimiert. Alle diese Maßnahmen gewährleisten eine effiziente Wärmeversorgung und erhöhen durch zusätzliche Wärmequellen die Robustheit der Versorgung (z.B. bei Ausfall der Primärwärmequelle).

## Reduktion der Klimawirkungen

Als direkte Auswirkung des durchgeführten Projektes wird eine Reduktion des Verbrauchs von fossilen Energieträgern und somit eine Senkung von klimarelevanten Emissionen bewirkt und durch erneuerbare Energieträger substituiert. Beim Demonstrationsprojekt wird nach Abschluss der Messphase eine fossile Energiereduktion von ca. 1.22 GWh erwartet.

## **1.4 Verwendete Methoden**

Die Auswahl des Kollektors für die thermische Solaranlage erfolgt durch die Erstellung eines Kollektor-Anforderungsprofils und einer darauf folgenden öffentlichen Ausschreibung.

Die betriebswirtschaftlich erfolgreiche Einbindung des solarthermischen Kraftwerks in das Fernwärmenetz und die Entwicklung des Lastmanagements erfolgte unter Einsatz von Simulationswerkzeugen und durch Verwendung von Optimierungssoftware im Programmpaket Matlab/Simulink mit Hilfe der Bibliothek „Carnot-Blockset“.

Zur Prognose des zukünftigen Wärmebedarfes und zur Abschätzung der zu erwartenden Solarerträge wurden Wetterprognosen, unterstützt durch Parameterschätzverfahren, eingesetzt.

## **1.5 Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit wurde in 10 Arbeitspakete unterteilt und kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Analyse des Fernwärmenetzes und mögliche solarthermische Einbindungsvarianten am Beispiel der Fernwärme Wels (Arbeitspakete 1,2)
- Anforderungen an das Kollektorprofil (AP 4)
- Entwickeln eines optimalen Energiemanagement-Systems unter Einbindung von Solarstrahlungs- und Temperaturprognosen. Überprüfung des Lastmanagement an Hand einer erstellten Simulationsumgebung in Matlab/Simulink (AP 3, 5)
- Planung und Installation von Messtechnik für die errichtete Anlage sowie deren Inbetriebnahme (AP 6, 7)
- Anlagenvermessung und Aussagen über Verbesserungspotenziale des Gesamtsystems (AP 8, 9)
- Dissemination (AP 10)

## 2. Inhaltliche Darstellung

### Analyse Fernwärmenetz

In einem ersten Arbeitsschritt wurde das Fernwärmenetz Wels sowie mögliche Einspeisevarianten einer Analyse hinsichtlich Struktur und zeitlichem Abnahmeprofil unterzogen. Dies war notwendig, um optimale Rahmenbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb und eine sinnvolle Einbindung eines solarthermischen Kraftwerkes überhaupt zu ermöglichen.

Aus den Analysen ergaben sich Erkenntnisse über Maximal- und Minimaltemperaturen sowie deren Auftreten im Jahresverlauf. Diese Ergebnisse waren wesentlich für die Dimensionierung und Auslegung der Einspeisung (Arbeitspaket AP2) sowie des Kollektor-Anforderungsprofils (AP4).

Ein weiterer Schritt innerhalb der Netzanalyse betraf die Bestimmung von Abhängigkeiten des Wärmebedarfes aus Größen wie Globalstrahlung und Umgebungstemperatur. Diese Bestimmung erfolgte durch die Parameteridentifikation von linearen, dynamischen Systemen. Es zeigte sich, dass die Qualität der Modelle durch das Einbringen der Tageszeit und der Jahreszeit deutlich gesteigert werden konnte. Dies ist auch plausibel, da der Wärmebedarf tageszeitlichen wiederkehrenden Schwankungen unterworfen ist.

Der Modellaufbau wird durch ein sogenanntes Output-Error-Modell mit einer Struktur von

$$W_{out}(t) = \sum_{i=1}^3 \frac{B_i(z)}{A_i(z)} u_i(t - nT_n) + e(t)$$

realisiert und beschrieben.

Ergebnisse der Systemidentifikation zeigt die folgende Abbildung 3, wobei der gemessene Wärmebedarf des Fernwärmenetzes in „schwarz“ dargestellt wird, in „rot“ der aus Außentemperatur, Einstrahlung und Tageszeit errechneter Wärmebedarf (aus Parameterschätzverfahren)

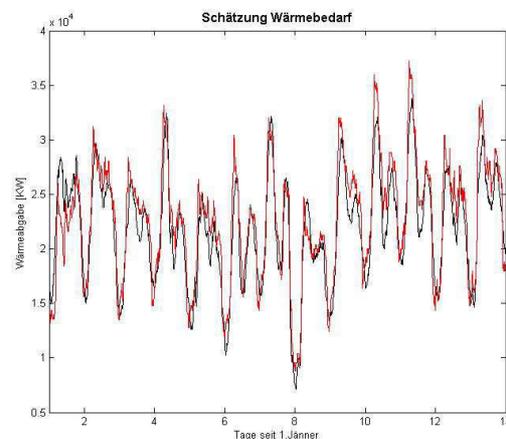


Abbildung 3: Messung und Schätzung des Wärmebedarfes

### Anforderungen an das Kollektorprofil

Die Erfordernisse an das Kollektorfeld für einen betriebswirtschaftlich erfolgreichen Betrieb der solarthermischen Fernwärmeeinspeisung wurden in einem eigenen Arbeitspaket entwickelt. Ergebnis dieses Arbeitspaketes war eine Kriterien-Matrix zur Absicherung des Anforderungsprofils sowie die Schaffung einer Bewertungsmöglichkeit für die Kollektorauswahl.

Folgendes Anforderungsprofil wurde festgelegt:

- Minimal geforderter, zu garantierender solarer Systemgesamtertrag: 430 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr
- Ganzjähriger Einspeisung in den Vorlauf des Fernwärmenetzes
- Wärmeträgermittel in der Solaranlage: Wasser ohne Zusätze
- hydraulische Auslegung und Gesamtplanung des Kollektorfeldes
- Planungsschnittstelle: Pufferspeicher (hydraulische Weiche) oder Wärmetauscher
- mindestens 5 Jahre Gesamtgewährleistung
- 10 Jahre Gewährleistung auf Vakuum in den Röhren
- 10 Jahre Gewährleistung auf Funktionsbeeinträchtigung durch Hagelschäden
- automatische Störungsfunktionskontrolle
- Die Kollektoren müssen ohne technische Änderung mindestens 2 Jahre markterprobt sein

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes wurden für eine öffentliche Ausschreibung verwendet, die der Hersteller Ritter GmbH & Co. KG. mit dem Vakuumröhrenkollektor „CPC Star azzuro“ gewonnen hat.

### Entwicklung eines optimalen Lastmanagements+

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine auf dem Programmpaket Matlab/Simulink basierende Software- Entwicklungsumgebung geschaffen. Dabei konnte die vereinfachte Grundstruktur des bestehenden Fernwärmenetzes, die GuD-Anlage, der thermische Energiespeicher sowie die neu hinzugefügte solarthermische Großanlage abgebildet werden.

Dies ermöglichte einerseits, verschiedene Kollektortypen, Verschaltungsvarianten und hydraulische Einbindungsmöglichkeiten zu testen und andererseits die Funktionsweise der entwickelten optimalen Lastmanagement-Strategien unter veränderlichen Rahmenbedingungen zu testen.

Das Ergebnis des Lastmanagements ist ein so genannter Moving-horizon Optimierungsalgorithmus, wie dieser in der Regelungstechnik in ähnlicher Weise als Model-Predictive-Controller eingesetzt wird.

Das Grundprinzip dabei ist ein kostenoptimales Vorgehen im Betrieb des Gesamtsystems über einen längeren Zeitraum – im Projekt liefert der Algorithmus für den „Prediction Horizon“ von 240 h (= 10 Tage) zufriedenstellende Ergebnisse. Das Lastmanagement versucht normalerweise, am Ende des „Prediction Horizon“ einen mit 100MWh gefüllten thermischen Speicher zu erzielen und versucht dabei, dies unter Berücksichtigung der vorausgesagten Wetterbedingungen (und somit mit zu erwartenden Solaranlagenergebnissen und bei der prognostizierten Wärmeabnahme) zu erzielen. Daraus liefert das Lastmanagement einen kostenminimalen Beitrag des Fernheizkraftwerkes in dem betrachteten Zeitraum zum Abdecken des vorausgesagten Wärmebedarfes.

Es stellte sich heraus, dass die Funktionsweise des Lastmanagements auf 2 grundsätzlichen Systemeigenschaften beruht:

- a) die Erzeugung von Wärme durch das Fernheizkraftwerk funktioniert mit unterschiedlichen Wirkungsgraden in unterschiedlichen Betriebspunkten
- b) Verluste des Speichers sind direkt proportional seines Speicherinhaltes

Das Lastmanagement nutzt diese Eigenschaften, um mehr als aktuell benötigte Wärme durch das Fernheizkraftwerk zu erzeugen (und das mit gutem Wirkungsgrad) und diesen Wärme-Überschuss im Speicher abzulegen. Es zeigte sich, dass das entwickelte Lastmanagement innerhalb des Prädiktionshorizonts den Speicher wieder auf die geforderten 100MWh Speicherinhalt auflädt und dabei die Kosten für den fossilen Brennstoff minimiert (siehe Abbildung 4)

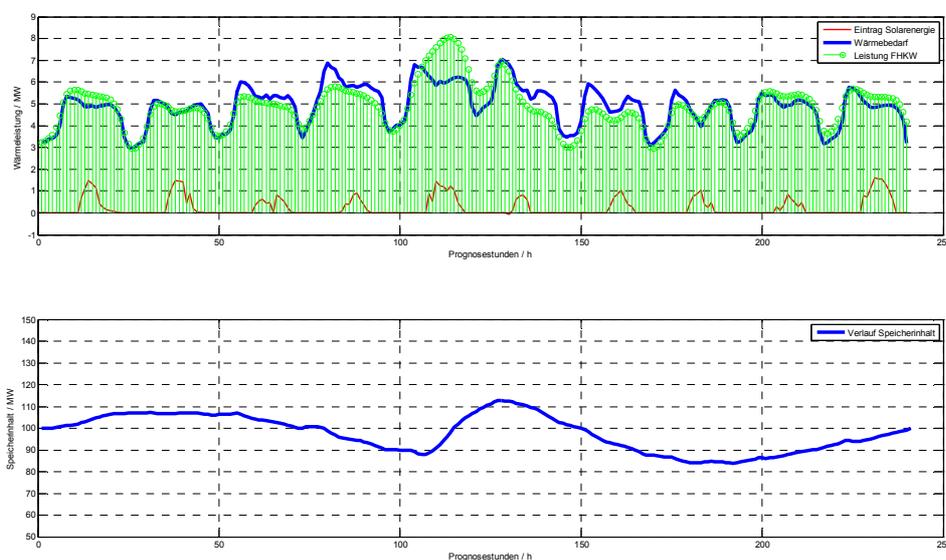


Abbildung 4: Berechnete optimale Strategie für den Betrieb (moving-horizon)

### Inbetriebnahme, Vermessung und Optimierung

In diesen Arbeitspaketen wurde die Planung für die Messtechnik der eingebunden solarthermischen Großanlage, die Inbetriebnahme sowohl von Lastmanagement als auch der Solaranlage und die Optimierung der Gesamtsystems unter realen Gesichtspunkten durchgeführt.

Die Ergebnisse der Inbetriebnahme des Lastmanagements zeigt Abbildung 5. Der 13.5.2011 war der erste Tag, an dem solare Wärme in das Fernwärmenetz eingespeist wurde. Zu Beginn der solaren Einspeisung wurde noch Energie aus dem Speicher entnommen (sichtbar am Sinken des Energieinhaltes des Speichers – unteres Teilbild in Abbildung 5), anschließend wurde aber durch Unterstützung der solarthermischen Großanlage sowie mit Hilfe des Fernheizkraftwerkes der Speicher geladen (Wärmebedarf geringer als die in das Netz eingespeiste thermische Leistung).

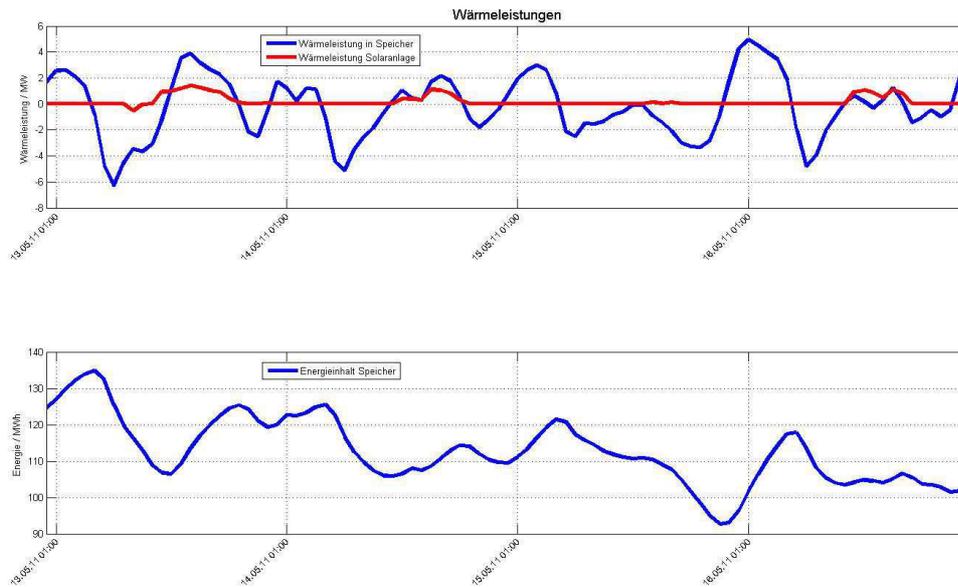


Abbildung 5: Messdaten aus der Inbetriebnahme

Das Ergebnis des abschließenden Optimierungsvorganges bezieht sich vor allem auf die Einbindung der solarthermischen Großanlage. Wie in Abbildung 6 zu sehen, „taktet“ die thermische Solaranlage, d.h. diese versucht, ein entsprechendes Temperaturniveau am einspeisenden Wärmetauscher zu erreichen. Daraus ergeben sich häufige Schaltfrequenzen mit stark variierenden Volumenströmen und dementsprechend sich ändernden Einspeiseleistungen. Das entwickelte Lastmanagement geht aber von einer (annähernd) konstanten Situation innerhalb des Abtastzeitraums aus, wobei vor allem beim Fernheizkraftwerk von einer konstanten Wärmelieferung über einen Zeitraum von 15min gerechnet wird. Als Ersatz für das Ausbleiben von solarthermischer Energie muss dann entweder das Fernwärmenetz ausgleichend eingreifen oder der thermische Energiespeicher als Puffer genutzt werden. Dieses Verhalten ist von Seite des Fernwärmenetzbetreiber sehr unzufrieden stellend, daher wurde die Regelung für das Einspeise-Verhalten dahingehend verändert, dass die solarthermischen Umwälzpumpen nicht schnellstmöglich, sondern über einen längeren Zeitraum von mehreren Minuten anlaufen.

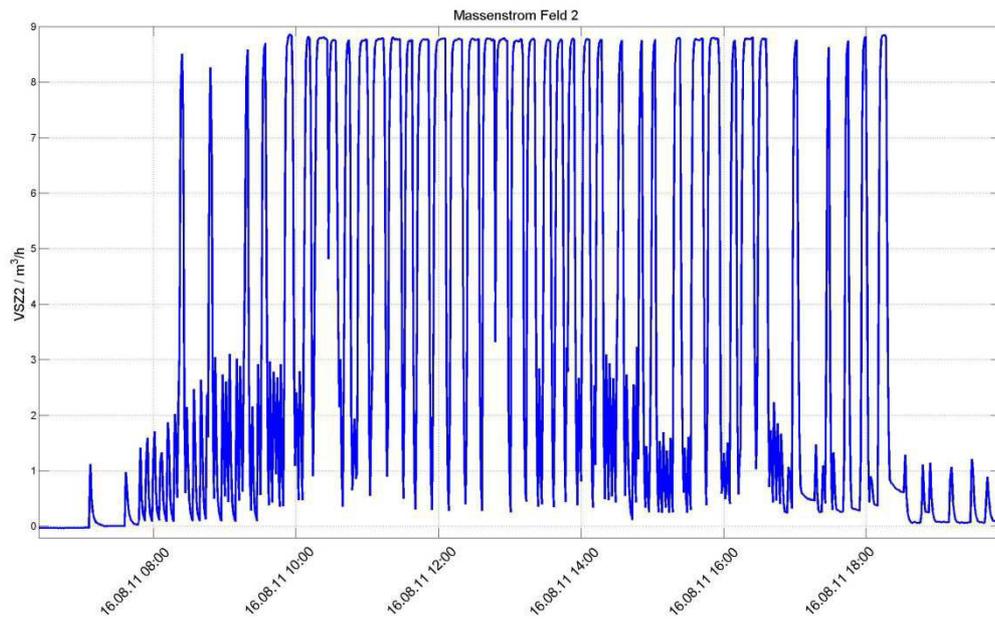


Abbildung 6: Taktendes Verhalten bei der solarthermischen Einspeisung

### 3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Einbindung von solarthermischen Großanlagen in Fernwärmenetze kann bei entsprechender Dimensionierung in Kombination mit einem thermischen Energiespeicher und einem Lastmanagement funktionieren.

Wesentlich dabei sind:

- Kenntnis der Rahmenbedingungen
- Für die Auslegung ist die Kenntnis des Abnahmeprofiles wichtig und für den wirtschaftlichen Erfolg ausschlaggebend
- Identifikationsalgorithmen ermöglichen die Voraussage der thermischen Abnahmeleistung durch Einbindung von Wettervorhersagen, gleiches gilt für Prognosen der Erträge der solarthermischen Großanlage
- Das Aneinanderstoppeln von mehreren (sinnvollen) Energiequellen ergibt noch kein erfolgreiches Gesamtsystem – erst eine optimierte Steuerung und somit koordinierte Beeinflussung der Energieflüsse ermöglicht einen energieeffizienten Gesamtbetrieb
- Die Auswahl eines passenden Kollektortyps sowie dessen hydraulische Einbindung in das Gesamtsystem ist essentiell

Wichtig für das Erzielen einer wirtschaftlich erfolgreichen solarthermischen Einspeisung in ein Fernwärmenetz ist auch die Priorisierung der (praktisch) kostenfreien Solarenergie. Im gegenständlichen Fall wurde nach Projektstart auch eine Müllverbrennungsanlage an das Welser Fernwärmenetz angeschlossen. Auch diese kann vor allem in den Sommermonaten wegen vorhandener Überschüsse thermische Energie fast zum Nulltarif in das Fernwärmenetz liefern. Diese Energiequelle konkurriert somit direkt mit der Solarenergie – es konnte aber vertraglich fixiert werden, dass Erträge der Solaranlage immer in das Fernwärmenetz eingespeist werden.

## 4. Ausblick und Empfehlungen

Mit steigenden Energiekosten fossiler Energieträger rücken erneuerbare Energietechnologien auch für netzgebundene thermische Energiesysteme in den Fokus und haben auch das Potenzial, die Energie zu vergleichbaren Kosten zur Verfügung zu stellen. Dabei müssen (wie auch in diesem Projekt) nichttechnische Barrieren beseitigt werden. Diese Hindernisse betreffen die Unwissenheit über die erneuerbare Energietechnologien und das Festhalten an „Altbewährtem“ sowie die konservative Vorgehensweise in energieintensiven Branchen und bei Energieversorgern.

Die Etablierung von solarthermischer Energie als Energieform in fossil oder erneuerbar befeuerten Wärmenetzen ist möglich - wirtschaftlich konkurrenzfähig wird diese unter den aktuellen Rahmenbedingungen aber nur sein, wenn:

- Das System von Wärmequelle(n), Verbraucher und eventuell vorhandenen thermischen Speichern effizient aufeinander abgestimmt und dimensioniert ist.
- Die Regelung des Gesamtsystems unter Einbindung der Kenntnis aller Systemkomponenten erfolgt. Bisher ist/war es üblich, jede Komponente einzeln und ohne Rücksicht auf den System-Gesamtwirkungsgrad zu regeln bzw. zu steuern. Dies gilt nicht nur für die Einbindung von solarthermischen Kraftwerken in Fernwärmenetze sondern betrifft praktisch alle komplexeren (Energieversorgungs-)Systeme.
- Das Temperaturniveau des Wärmenetzes nicht zu hoch ist, um eine entsprechende Effizienz der solarthermischen Anlage zu ermöglichen.
- Die thermische Solaranlage von der öffentlichen Hand finanziell unterstützt wird.

## Anhang

Folgende Publikationen entstanden direkt im Rahmen der Projektdurchführung:

G. Steinmaurer, H. Dehner, R. Mittasch: "Entwicklung des Lastmanagements für eine solarthermische Fernwärmeunterstützung am Beispiel Wels", 18. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 23. - 25. April 2008.

G. Steinmaurer: "The development of the simulation environment for the energy management of the solar assisted district heating grid in Wels ", EuroSun 2008, Lisboa.

G. Steinmaurer, H. Dehner, R. Mittasch: "Solarthermische Fernwärmeunterstützung Wels: Rahmenbedingungen, hydraulische Einbindung und Lastmanagement", Posterbeitrag Gleisdorf Solar 2008.

G. Steinmaurer, Dave Renné: "Solar Forecasting to Support District Heating in Austria" Newsletter of the International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme, November 2009

K. Leeb: „Einspeisung mit 3600 m<sup>2</sup> Vakuumröhrentechnologie ins Fernwärmenetz Wels. Marktimpuls und Erfahrungsbericht“, 18. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 13. Mai 2011.

Daneben wurde noch ein Artikel der „Kronen Zeitung“ vom 9. Juli 2006 angefügt.

# Entwicklung des Lastmanagements für eine solarthermische Fernwärmeunterstützung am Beispiel Wels

G. Steinmaurer, H. Dehner, R. Mittasch

ASIC – Austria Solar Innovation Center, Durisolstr. 7, A-4600 Wels

Tel.: +43/7242/9396/5561; Fax.: +43/7242/9396/495561; office@asic.at; [www.asic.at](http://www.asic.at)

## 1 Einleitung

Das bestehende Fernwärmenetz in Wels/OÖ mit fossiler Wärmequelle und einem thermischen Speicher wird im Jahr 2008 um eine solarthermische Netzeinspeisung mit einer Kollektorfläche von etwa 3.600m<sup>2</sup> erweitert. Der Vortrag behandelt die Ausgangssituation, die hydraulische Einbindung sowie den Entwurf des notwendigen Lastmanagements, der die Energiekoordination der einzelnen Elemente (Fernheizwerk, Speicher, Solarkraftwerk) unter Einbeziehung von Wettervorhersagedaten steuert und schlussendlich die solarthermische Energie zu konkurrenzfähigen Kosten zur Verfügung stellen soll.

Das Projekt „solare Fernwärmeunterstützung Wels“ unterstreicht den Willen der Stadt Wels, sich sukzessive von der Abhängigkeit der fossilen Energieversorgung zu lösen und nach innovativen und Ressourcen schonenden Möglichkeiten der Energieaufbringung zu suchen.

## 2 Ausgangssituation

### 2.1 Bestehendes Fernwärmenetz

Das bestehende Fernwärmenetz (Abbildung 1) wird von einer Kraft/Wärme-Kopplung versorgt. Dabei kommen 2 Gasturbinen mit Abhitzekeessel in Kombination mit einer Dampfturbine zum Einsatz. Die maximale elektrische Abgabeleistung beträgt 47KW, die maximale thermische Leistung beträgt 82MW. Als Besonderheit existiert dazu ein thermischer Speicher mit einem thermischen Speichervermögen von 250MWh. Gerade dieser Speicher ist in Hinblick auf ein Lastmanagement von großer Bedeutung, da dadurch eine zeitliche Entkopplung von Wärmeabnahme und –

lieferung ermöglicht wird. Die weiteren Daten zum Welsener Fernwärmenetz finden sich in Tabelle 1.

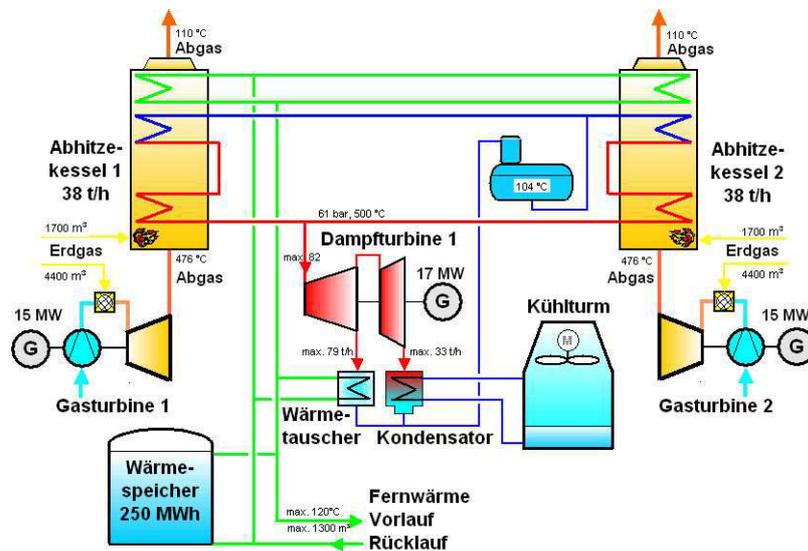


Abbildung 1: Bestehende Struktur des Fernwärmenetzes Wels

Daten Fernwärmenetz Wels	
Länge Versorgungsleitung	22.442m
Gesamtleitungslänge	34.220m
Flächendeckung	5 km <sup>2</sup>
Versorgungsgrad	25%
Ständige Abnehmer	Ca. 850
Versorgte Haushalte	7.505
Wärmebedarf /a	ca. 156GWh
Netzhöchstlast	ca. 72MW
Volumen Pufferspeicher	5.000m <sup>3</sup>

Tabelle 1: Daten des Fernwärmenetzes Wels

## 2.2 Verbrauchsprofil des Fernwärmenetzes

Die Dimensionierung der thermischen Solaranlage richtete sich nach dem Verbrauchsprofil des vorhandenen Fernwärmenetzes. Dabei wurde die sommerliche Schwachlastzeit als Grundlage herangezogen. **Abbildung 2** zeigt den Jahresverlauf der täglichen Wärmeabgabe sowie der Vor- und Rücklauftemperaturen im Fernwärmenetz. Im für das thermische Solarkraftwerk wesentlichen Sommerbetrieb (Mai bis September) stellt sich dabei eine mittlere Vorlauftemperatur von 77°C und eine mittlere Rücklauftemperatur von 54°C ein. In diesem Zeitraum von 5 Monaten

wurden etwa 10% der gesamten Jahreswärmemenge abgenommen. **Abbildung 3** zeigt die Wärmeabgabe in einer heißen Sommerwoche. Dabei ist zu beobachten, dass selbst an den heißesten Tagen der ständige Wärmebedarf nur kurzfristig unter 2GW zu liegen kommt.

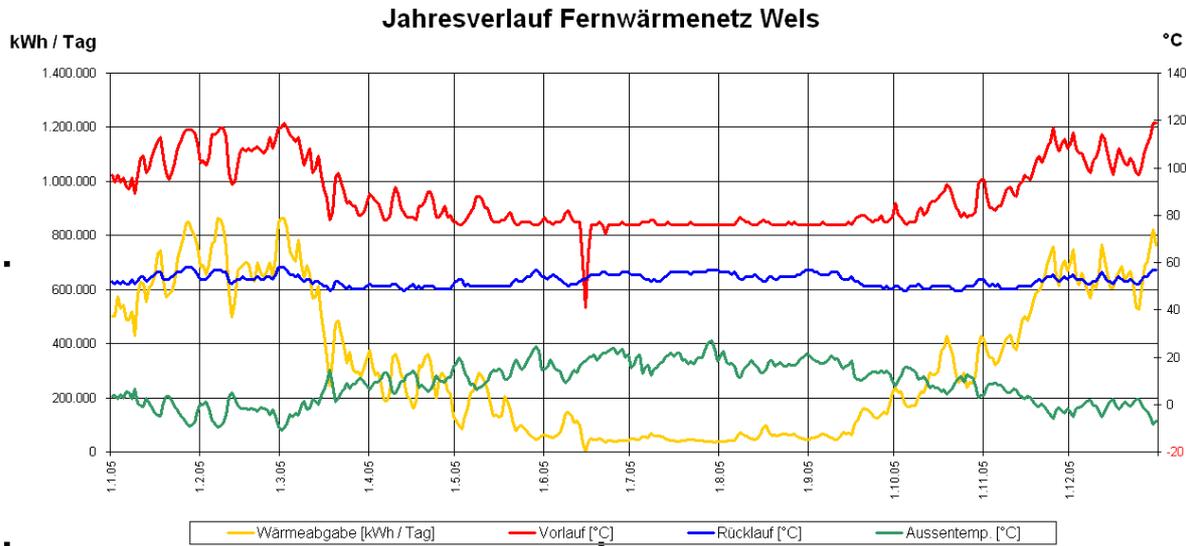


Abbildung 2: Jahresverlauf von Wärmeabgabe und relevanten Temperaturen

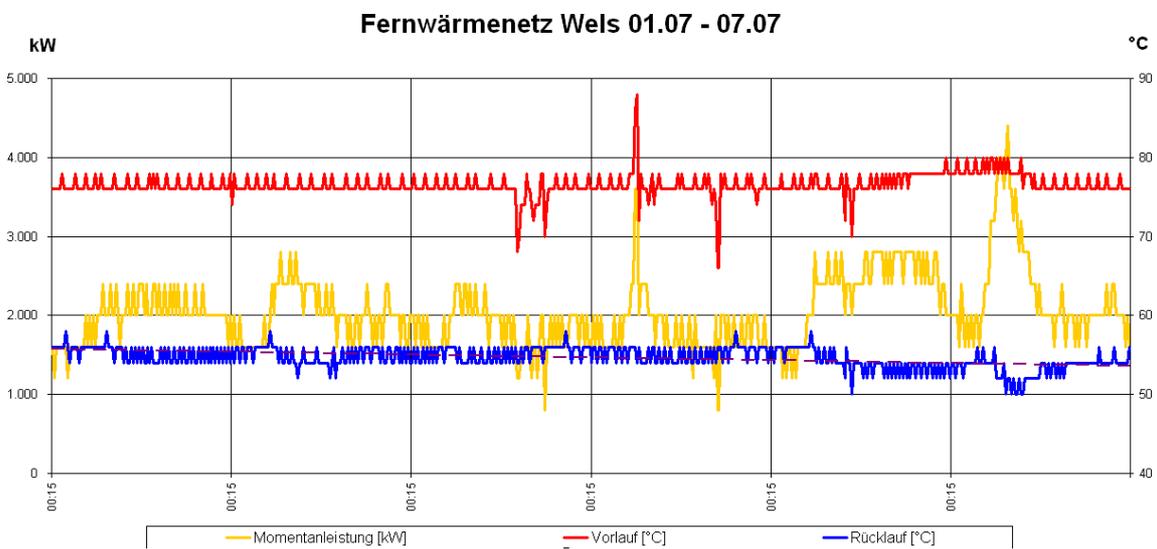


Abbildung 3: Wochenverlauf der Wärmeabgabe und Netztemperaturen

### 3 Das Solarkraftwerk

Damit die gelieferte Solarenergie auch durch das öffentliche Netz abgenommen werden kann, wurde eine Stichleitung zur Fernwärmeversorgung für das Messegelände Wels errichtet.

Pufferspeicher oder ähnliches in überdimensionaler Größe werden nicht benötigt, da durch die konstante Energieabnahme die Leistung der Solaranlage praktisch immer direkt genutzt werden kann. Die gewonnene Wärme wird über einen Wärmetauscher direkt in das Fernwärmenetz eingespeist, wobei die Entnahme im Fernwärmerücklauf und Einspeisung in den Fernwärmeverlauf erfolgt. Die Wärmeeinspeisung wird nach der benötigten Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz betrieben. Andere, auch für den Kollektorwirkungsgrad bessere, Einspeisungsvarianten finden sich z.B. in [1], kommen aber bei der gegenständlichen Anlage nicht zum Einsatz.

Das Kollektorfeld ist auf 3 Teilfelder aufgeteilt (Abbildung 4), die gesamte Netto-Absorberfläche beträgt 3.600m<sup>2</sup> mit einer installierten Leistung von ca. 2,7 MW (700 W/m<sup>2</sup>). Es wird von einem kalkulierten Anlagenenertrag von 350-380 kWh/m<sup>2</sup> ausgegangen.

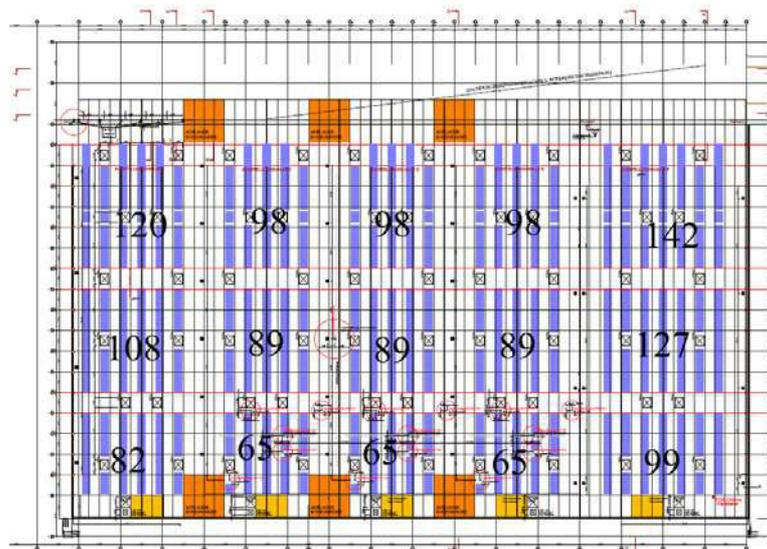


Abbildung 4: Aufteilung der Kollektorfelder

### 4 Lastmanagement

Die Kombination von bestehendem Fernwärmeerzeuger, der solarthermischen Anlage eines vorhandenen thermischen Speichers sowie die Verbrauchsprofile für die Fernwärmebereitstellung und der Stromlieferung machen das Lastmanagement, welches die Energiekoordination unter Zuhilfenahme von Optimierungsverfahren und

Globalstrahlungsvorhersagen steuert, zu einer wesentlichen Komponente in diesem Projekt.

Der Entwurf des Lastmanagements erfolgt mit Hilfe von Optimierungsverfahren, basierend auf einer einfachen Systemstruktur nach Abbildung 5.

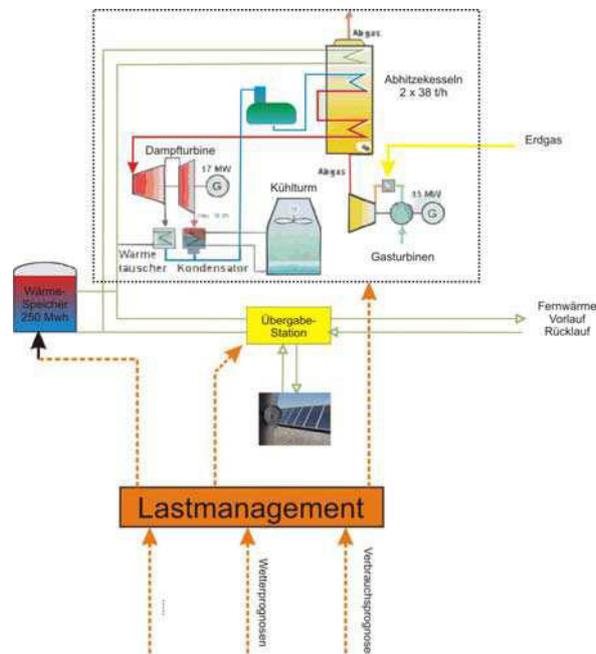


Abbildung 5: Einbindung des Solarkraftwerkes

Die notwendige Wärmeabgabe der fossilen Wärmequelle und somit deren Energieverbrauch ergibt sich in jedem Zeitpunkt aus dem Wärmebedarf auf Netzseite abzüglich der Erträge des Solarkraftwerkes sowie der Berücksichtigung der Wärmeabgabe oder –aufnahme des Speichers. Dem Lastmanagement obliegt nun die Entscheidung, ob der Speicher be- oder entladen wird, wodurch sich der Betriebspunkt der fossilen Wärmequelle und somit auch sein Wirkungsgrad verändert.

Über längere Zeiträume betrachtet muss im Speicher jeder Entladevorgang durch ein Beladen wieder kompensiert werden. Prinzipielles Ziel des Lastmanagements ist es nun, die möglichen Be- und Entladevorgänge im Speicher und somit die Verschiebung der Betriebspunkte der fossilen Wärmequelle so auszunützen, dass der fossile Verbrauch in einem betrachteten Zeitraum ein Minimum annimmt. Diese Aufgabenstellung lässt sich als ein allgemeines zeitkontinuierliches Optimierungsproblem unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen (wie z.B. Speicherlimits, Leistungsbereiche der Wärmequellen, usw.) formulieren.

Dieses Problem lässt sich aber nur bei einfachsten Aufgabenstellungen analytisch lösen, daher wird im vorliegenden Projekt durch eine zeitliche Unterteilung auf

Stundenwerte auf ein zeitdiskretes Optimierungsproblem übergegangen, dass sich deutlich einfacher lösen lässt. Zur Ordnungsreduktion kann, wie in diesem Fall, noch ein Verfahren der Konvexifizierung [2] angewendet werden.

Will man nun für einen langen Zeitraum (z.B. 1 Jahr) einen energieeffizienten Betrieb der Anlage mit Hilfe dieser Optimierungsverfahren erreichen, so müssten sowohl Solarerträge als auch Wärmebedarf für diesen Zeitraum vorab genau bekannt sein. Davon kann aber natürlich nicht ausgegangen werden, daher wird das Problem

- in eine kurzzeitige (short-term scheduling problem) und
- in eine langfristige (long-term scheduling problem)

Aufgabe zerlegt. Die kurzzeitige Optimierung besitzt einen Zeithorizont von wenigen Stunden bis zu einer Woche, die langfristige Optimierung berücksichtigt Zeiten von einer Woche bis hin zu mehreren Jahren unter Verwendung statistischer und meteorologischer Analysen. Die kurzzeitige Optimierung verwendet meistens diskrete Lastprofile, die sich stündlich ändern können, dort kommen dann auch die aktuellen Wetterprognosen im Projekt zum Einsatz.

Das Lastmanagement sowie Jahresertragsberechnungen werden am Simulationswerkzeug (Matlab/Simulink sowie Carnot-Blockset) abgestimmt und getestet sowie dann am realen Projekt angewandt.

## 5 Danksagung

Das vorliegende Projekt mit den Projektpartnern Elektrizitätswerke Wels AG, Wels Strom GmbH, ASiC-Austria Solar Innovation Center, Universität Linz und BlueSky Wetteranalysen wird vom Klima- und Energiefonds im Rahmen der Programmlinie „Energie der Zukunft“ unterstützt.

## 6 Literatur

[1]: Streicher, W. und Fink, C : „Einspeisung von Solaranlagen in (bestehende) FW-Netze, Gleisdorf Solar 2006.

[2] G. Steinmaurer, „Optimale Steuerung von Leistungsquellen mit Zwischenspeicher“, VDI-Verlag, ISBN-Nr.: 978-3-18-513008-3.

# The development of the simulation environment for the energy management of the solar assisted district heating grid in Wels

G. Steinmaurer

ASiC – Austria Solar Innovation Center, A- 4600 Wels, Roseggerstrasse 12, Austria.

[steinmaurer.gerald@asic.at](mailto:steinmaurer.gerald@asic.at)

## Abstract

In Wels, Austria, an existing district heating grid with a fossil main heat source and a thermal storage tank will be extended by a solar thermal feed-in. The combination of an existing heat source, a solar thermal plant and a thermal storage tank makes it necessary to develop a ‘load management’ as a fundamental component, which coordinates the energy distribution by using optimization methods and solar radiation forecast. To assess the possibilities and the capability of the load management it was necessary to design an appropriate simulation environment within the well known dynamical simulation software Matlab/Simulink and the Carnot-Blockset. The use of this simulation environment makes it necessary to build up new components, which has not been included so far in the Software-library. To evaluate the validity of new parts, system identification methods and parameter estimation procedures have been implemented.

Keywords: solar thermal power plant, energy management, energy coordination, optimal power flow, Matlab, Simulink, Carnot-Blockset.

## 1. Introduction

In Wels, Upper Austria, an existing district heating grid with a fossil main heat source and a thermal storage tank will be extended by a solar thermal feed-in. By considering the economic efficient operation of the overall system, the energy-efficient integration of the solar thermal plant (approx. 3.700m<sup>2</sup>) has to be investigated particularly [1]. The existence of different energy sources (the heat source and the solar thermal plant) and the possibility to store energy in a thermal storage tank produces the necessity of a so called “load management”. This essential component coordinates and distributes the thermal energy within the overall plant.

The load management system is developed using optimization methods and includes additionally solar radiation forecast to estimate the heat demand of the district heating grid as well as the expected solar thermal power.

## 2. Initial Situation

### 2.1. Existing district heating grid

The existing district heating grid with a total grid length of approx. 34 km is powered by a gas-fired power plant (Fig.1) and has an annual heat demand of 156 GWh, the peak heat load is in the amount of 72 MW. The power plant is joined with a water-based thermal storage tank with a total storage volume of 5000 m<sup>3</sup> and can store a heat quantity of 250 MWh in the operable temperature range.

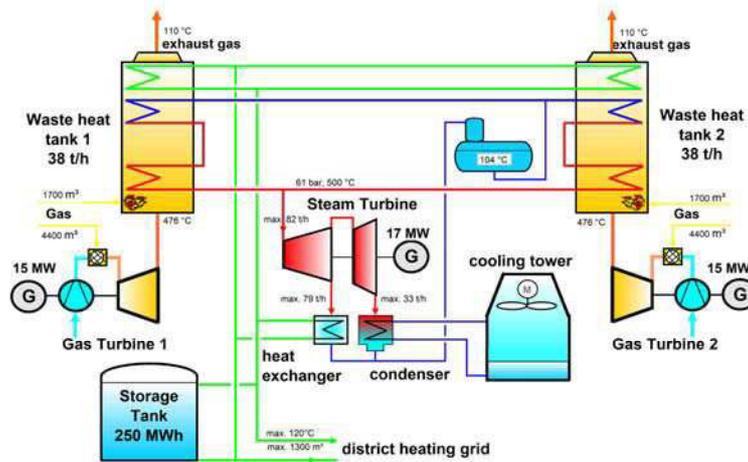


Fig. 1: Existing district heating with a combined gas and steam cogeneration plant

### 3. The solar thermal power plant

The existing district heating grid will now be extended by a solar thermal feed-in. The heating grid will be supplied by the produced energy of a solar thermal power plant (collector area: 3.700m<sup>2</sup>m, Fig. 2) via a heat exchanger. Since the solar thermal heat is almost always used immediately, no additional buffer storage are necessary, energy oversupply can be stored in the thermal storage tank in case of need.

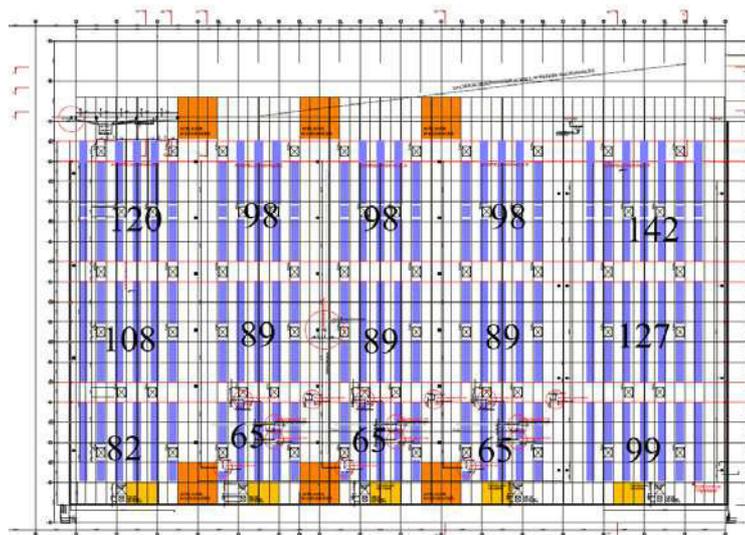


Fig. 2: Arrangement of the solar thermal collectors

#### 4. The energy management

The combination of an existing heat source, a solar thermal plant and a thermal storage tank makes it necessary to develop an 'energy management' as a fundamental component (Fig. 3). This energy coordination has to guarantee, that

- The overall system operates in economic efficient way, i.e. a minimum of fuel is used to meet the demand of the district heating grid
- Boundary conditions will be fulfilled. These general conditions are e.g. physical limits of the storage tank or the combined gas and steam cogeneration plant.

The necessary heat supply of the cogeneration plant can be calculated at any time instant from the heat demand of the heating grid, reduced by the actual power of the solar thermal plant and the contribution of the storage unit (which can be either positive or negative – depending on charging or discharging operation of the storage tank). Changing the contribution of the storage unit results in a changed operating point of the cogeneration plant and its associated degree of efficiency.

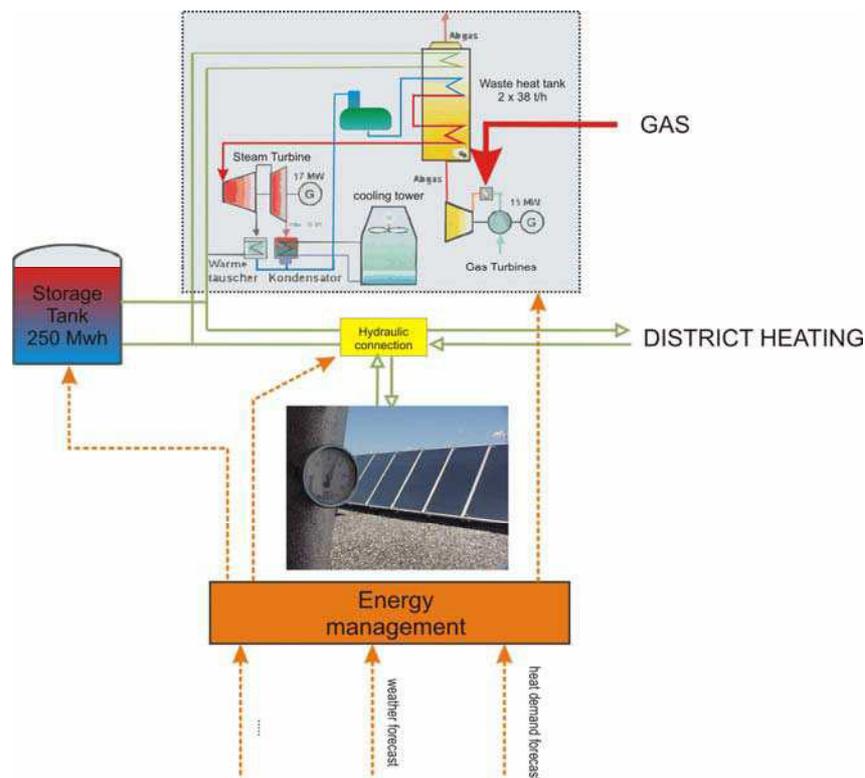


Fig. 3: Structure of the solar assisted district heating grid

The energy management has then to decide, if - at a certain heat demand - the storage tank has to be charged or discharged. This decision is based not only on actual values of the overall system but can also depend on future assumption of the plant behaviour. That means e.g., that the storage tank is not

charged, if the solar thermal plant can provide enough energy to the district heating grid in the next hours. To predict such an event, a weather forecast has to be implemented in the energy management tool. Since the heat demand is correlated strongly with the weather conditions, the weather forecast can also be used to predict the heat demand.

The concept of such an energy coordination unit is typically based on an enormous number of 'linguistic' rules, like

- "... if the heat demand is low, the 'state of charge' of the storage tank is low and the temperature forecast predicts 15°C in the next hour, then storage unit is charged with 780 kW heat power ..."

Within this project, a different approach for the design of the energy management was used. It is based on an analytical procedure [2, 3], where the development of the energy coordination unit is the result of an optimization task

$$\min_{u(t)} \int_{t=0}^T \phi(u(\tau), \dots) d\tau \cong \min_{u_k} \sum_{k=0} \phi(u_k, \dots)$$

s.t. boundary conditions are fulfilled,

where  $\phi(\cdot)$  is the instantaneous fuel consumption of the cogeneration plant and  $u(t)$  represents the charging/discharging level of the thermal storage tank. Boundary conditions have to guarantee, that the storage tank is not overcharged or discharged completely.

The basic principle of the 'load management' and the development of the underlying mathematical methods have been shown in [2]. The used optimization horizon was set to 1 year. Since one can not know exactly the weather conditions and solar radiation for such a long forecasting horizon, the optimization problem was split up into two tasks

- The long-term scheduling problem (with assumed average values within the optimization horizon) and
- The short-term scheduling problem (works as a correction of the long-term problem with actual values).

## 5. Simulation software

To test the energy management unit of chapter 4, the behaviour of the overall system has to be simulated dynamically. For this task, the software package Matlab/Simulink with the Carnot-Blockset Toolbox has been used and will be presented at the poster at the EuroSun2008.

## 6. Conclusions and Outlook

The presented project is supported financially by the Austrian "Klima- und Energiefonds in der Programmlinie 'Energie der Zukunft'", project partners are Elektrizitätswerke Wels AG, Wels Strom GmbH, ASiC - Austria Solar Innovation Center, University of Linz and BlueSky Wetteranalysen.

## References

- [1] G. Steinmaurer, H. Dehner, R. Mittasch: Solarthermische Fernwärmeunterstützung Wels: Rahmenbedingungen, hydraulische Einbindung und Lastmanagement“, ‘Gleisdorf Solar 2008’, 3.-5.9 2008.
- [2]: G. Steinmaurer, H. Dehner, R. Mittasch: "Entwicklung des Lastmanagements für eine solarthermische Fernwärmeunterstützung am Beispiel Wels", 18. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, 23. - 25. April 2008.
- [3] G. Steinmaurer, „Optimale Steuerung von Leistungsquellen mit Zwischenspeicher“, VDI-Verlag, ISBN-Nr.: 978-3-18-513008-3

# Solarthermische Fernwärmeunterstützung Wels

## Rahmenbedingungen, hydraulische Einbindung und Lastmanagement

Das bestehende Fernwärmenetz in Wels/OÖ mit Erdgas-betriebenen Gas- und Dampfturbinen und einem thermischen Speicher wird um eine solarthermische Netzeinspeisung mit einer Kollektorfläche von etwa 3.600m<sup>2</sup> erweitert. Als Besonderheit kann dieses Fernwärmenetz vor allem die bereits bestehende Einbindung eines großen thermischen Speichers aufweisen. Dieses Poster beschreibt die Ausgangssituation sowie den Entwurf des notwendigen Lastmanagements, der die Energiekoordination der einzelnen Elemente (Fernheizwerk, Speicher, Solarkraftwerk) unter Einbeziehung von Wettervorhersagedaten steuert und schlussendlich die solarthermische Energie zu konkurrenzfähigen Kosten zur Verfügung stellen soll.

### Bestehendes Fernwärmenetz

Das bestehende Fernwärmenetz (Abbildung 1) wird von einer Kraft/Wärme-Kopplung versorgt. Dabei kommen 2 Gasturbinen mit Abhitzekegel in Kombination mit einer Dampfturbine zum Einsatz. Die maximale elektrische Abgabeleistung beträgt 47KW, die maximale thermische Leistung beträgt 82MW. Als Besonderheit existiert dazu ein thermischer Speicher mit einem thermischen Speichervermögen von etwa 250MWh im betrachteten Temperaturniveau. Gerade dieser Speicher ist in Hinblick auf ein Lastmanagement von großer Bedeutung, da dadurch eine zeitliche Entkopplung von Wärmeabnahme und -lieferung ermöglicht wird.

### Verbrauchsprofil des Fernwärmenetzes

Die Dimensionierung der thermischen Solaranlage richtete sich nach dem Verbrauchsprofil des vorhandenen Fernwärmenetzes. Dabei wurde die sommerliche Schwachlastzeit als Grundlage herangezogen. Im für das thermische Solarkraftwerk wesentlichen Sommerbetrieb (Mai bis September) stellt sich dabei eine mittlere Vorlauftemperatur von 77°C und eine mittlere Rücklauftemperatur von 54°C ein. In diesem Zeitraum von 5 Monaten wurden etwa 10% der gesamten Jahreswärmemenge abgenommen. Es zeigt sich, dass selbst an den heißesten Tagen der ständige Wärmebedarf nur kurzfristig unter 2MW zu liegen kommt.

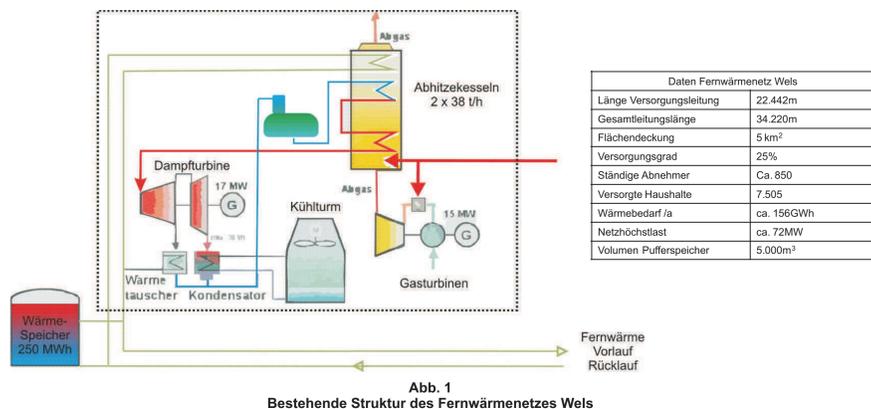


Abb. 1 Bestehende Struktur des Fernwärmenetzes Wels

### Das Solarkraftwerk

Die gewonnene Wärme wird über einen Wärmetauscher direkt in das Fernwärmenetz eingespeist, wobei die Entnahme im Fernwärmerücklauf und Einspeisung in den Fernwärmeverlauf erfolgt. Die Wärmeeinspeisung wird nach der benötigten Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz betrieben. Andere, auch für den Kollektorwirkungsgrad bessere, Einspeisungsvarianten kommen aber bei der gegenständlichen Anlage nicht zum Einsatz.

Das Kollektorfeld wird auf 3 Teilfelder aufgeteilt, die gesamte Netto-Absorberfläche beträgt 3.600m<sup>2</sup> mit einer installierten Leistung von ca. 2,7 MW (700 W/m<sup>2</sup>). Es wird von einem kalkulierten Anlagenertrag von 350-380 kWh/m<sup>2</sup> ausgegangen.

### Lastmanagement

Die Kombination von bestehendem Fernwärmeerzeuger, der solarthermischen Anlage sowie eines thermischen Speicher machen ein Lastmanagement, das die Energiekoordination unter Zuhilfenahme von Optimierungsverfahren und Globalstrahlungsvorhersagen steuert, zu einer wesentlichen Komponente. Dem Lastmanagement obliegt die Entscheidung, ob der Speicher be- oder entladen werden soll, wodurch sich der Betriebspunkt der fossilen Wärmequelle und somit auch deren Wirkungsgrad verändert. Als Folge lässt sich dadurch eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes und somit eine Kostenersparnis erzielen.

Die notwendige Wärmeabgabe der fossilen Wärmequelle und somit deren Energieverbrauch ergibt sich in jedem Zeitpunkt aus dem Wärmebedarf auf Netzseite abzüglich der Erträge des Solarkraftwerkes sowie der Berücksichtigung der Wärmeabgabe oder -aufnahme des Speichers.

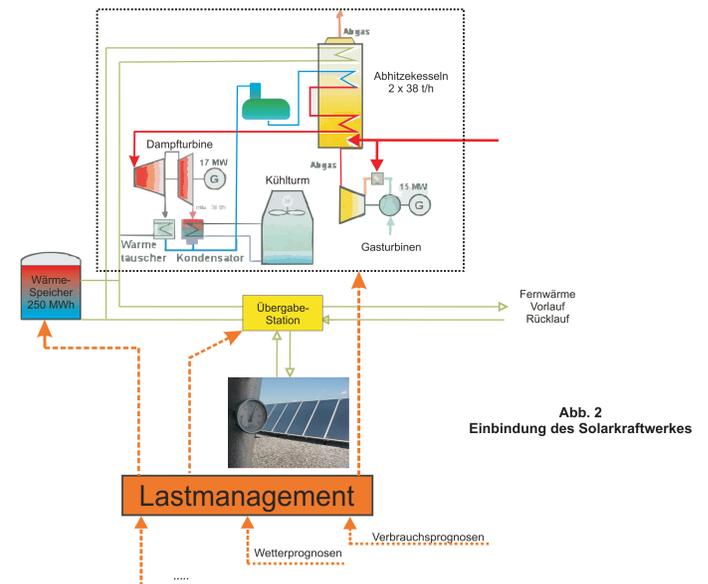


Abb. 2 Einbindung des Solarkraftwerkes

Über längere Zeiträume betrachtet muss im Speicher jeder Entladevorgang durch ein Beladen wieder kompensiert werden. Prinzipielles Ziel des Lastmanagements ist es nun, die möglichen Be- und Entladevorgänge im Speicher und somit die Verschiebung der Betriebspunkte der fossilen Wärmequelle so auszunützen, dass der fossile Verbrauch in einem betrachteten Zeitraum ein Minimum annimmt

Der Entwurf des Lastmanagements basiert auf mathematischen Algorithmen, die im Wesentlichen versuchen, Optimierungsprobleme unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen (wie z.B. Speicherlimits, Leistungsbereiche der Wärmequellen, usw.) zu lösen.

$$\min_{u(t)} \int_{t=0}^T \phi(u(\tau), \dots) d\tau \cong \min_{u_k} \sum_{k=0} \phi(u_k, \dots)$$

### Betriebsstrategie

Will man nun für einen langen Zeitraum (z.B. T = 1 Jahr) einen energieeffizienten Betrieb der Anlage mit Hilfe dieser Optimierungsverfahren erreichen, so müssten sowohl Solarerträge als auch Wärmebedarf für diesen Zeitraum vorab genau bekannt sein. Davon kann aber natürlich nicht ausgegangen werden, daher wird das Problem als 3-stufiger Prozess ausgeführt

- vorausberechnete Betriebsstrategie für 1 Jahr - mit Durchschnittswerten
- Korrektur der Jahresstrategie durch Wetterprognosen
- Tagesaktuelle Korrektur

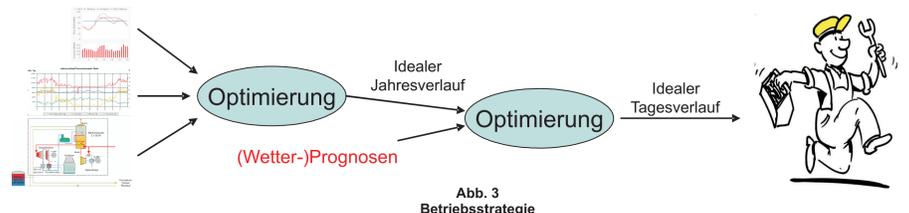


Abb. 3 Betriebsstrategie

### Simulation

Das Lastmanagement sowie Jahresertragsberechnungen werden am Simulationswerkzeug (Matlab/Simulink sowie Carnot-Blockset) abgestimmt und getestet sowie dann am realen Projekt angewandt.

### Danksagung

Das vorliegende Projekt mit den Projektpartnern Elektrizitätswerke Wels AG, Wels Strom GmbH, ASIC-Austria Solar Innovation Center, Universität Linz und BlueSky Wetteranalysen wird vom **Klima- und Energiefonds** im Rahmen der Programmlinie „Energie der Zukunft“ unterstützt.

# Solar Forecasting to Support District Heating in Austria

## task 36

Energy management is relatively straightforward until thermal storage is introduced, and then energy management becomes a predictive operation and solar forecasts of several parameters are needed to operate the overall system in the most efficient way.

In Wels, Austria, an existing district heating grid, consisting of a gas-fired main heat source and a thermal storage tank, will be extended with a solar thermal feed-in. The existing system supplies approximately 72MW of thermal power to meet a heating demand of 156 GWh. With the addition of the solar thermal plant, it will be necessary to build in 'load management' as a fundamental component to coordinate the energy distribution, which will include optimization methods and the forecast of solar radiation ambient temperature.

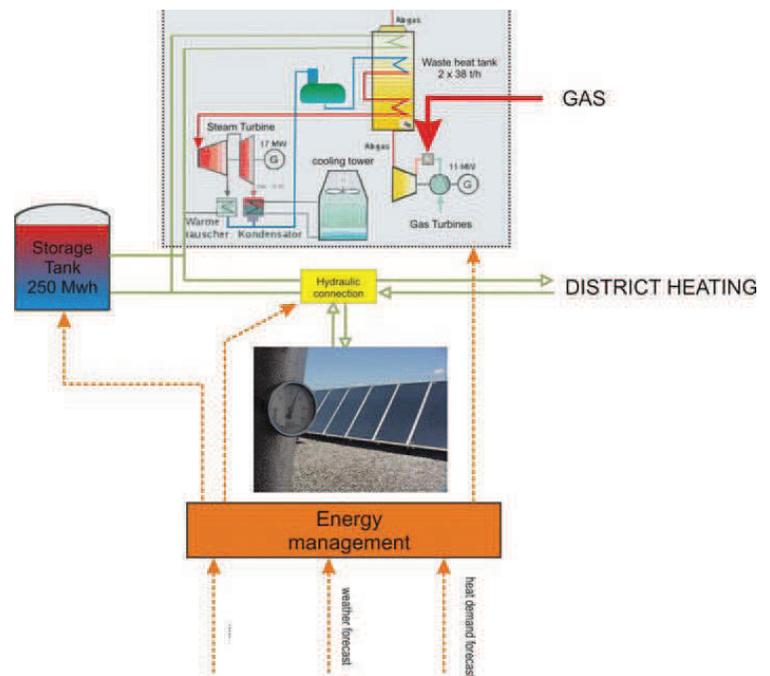
The Austria Solar Innovation Center (ASiC), in cooperation with BlueSky Wetteranalysen, Elektrizitätswerke Wels AG, Wels Strom GmbH and the University of Linz, is working to support this project. They are researching the types of solar forecasts available and which of these will be needed for the optimal operation of the system. BlueSky Wetteranalysen and ASiC are working within IEA SHC Task 36, *Solar Resource Knowledge Management*, to test various solar forecasting schemes that are either in use or under development by several SHC Task 36 participants.

The use of several energy sources and an energy storage unit requires a coordinated energy flow system. This system determines at every time instant the amount of energy coming from all of the energy sources. To operate the system most efficiently, one has to know which part of the needed heat can be covered by the solar thermal plant over the next few hours and days. SHC Task 36 is contributing to this analysis by investigating solar resource forecasting capabilities and determining their applicability to the Wels district heating system operations once the solar thermal panels and storage system are installed and implemented.

The reason for using such a system is to optimize the system's financial performance with minimum input. The optimization process involves a 3-step procedure: 1) to examine existing data on temperature, heat demand and solar radiation over the course of a year to establish a "precalculated" operating strategy, 2) to improve on this strategy on a daily basis by introducing solar forecast information, and 3) to further improve on system performance based on corrections to the system management by human operators according to actual conditions.

This plant is not yet in operation, but should start in a few months. Currently, a simulation of the operating environment is under development along with new optimizing algorithms. And, an assessment of forecast uncertainty is being performed by SHC Task 36.

*This article was contributed by Gerald Steinmaurer of ASiC, steinmaurer.gerald@asic.at and Dave Renné, Task 36 Operating Agent, David\_Renne@nrel.gov.*

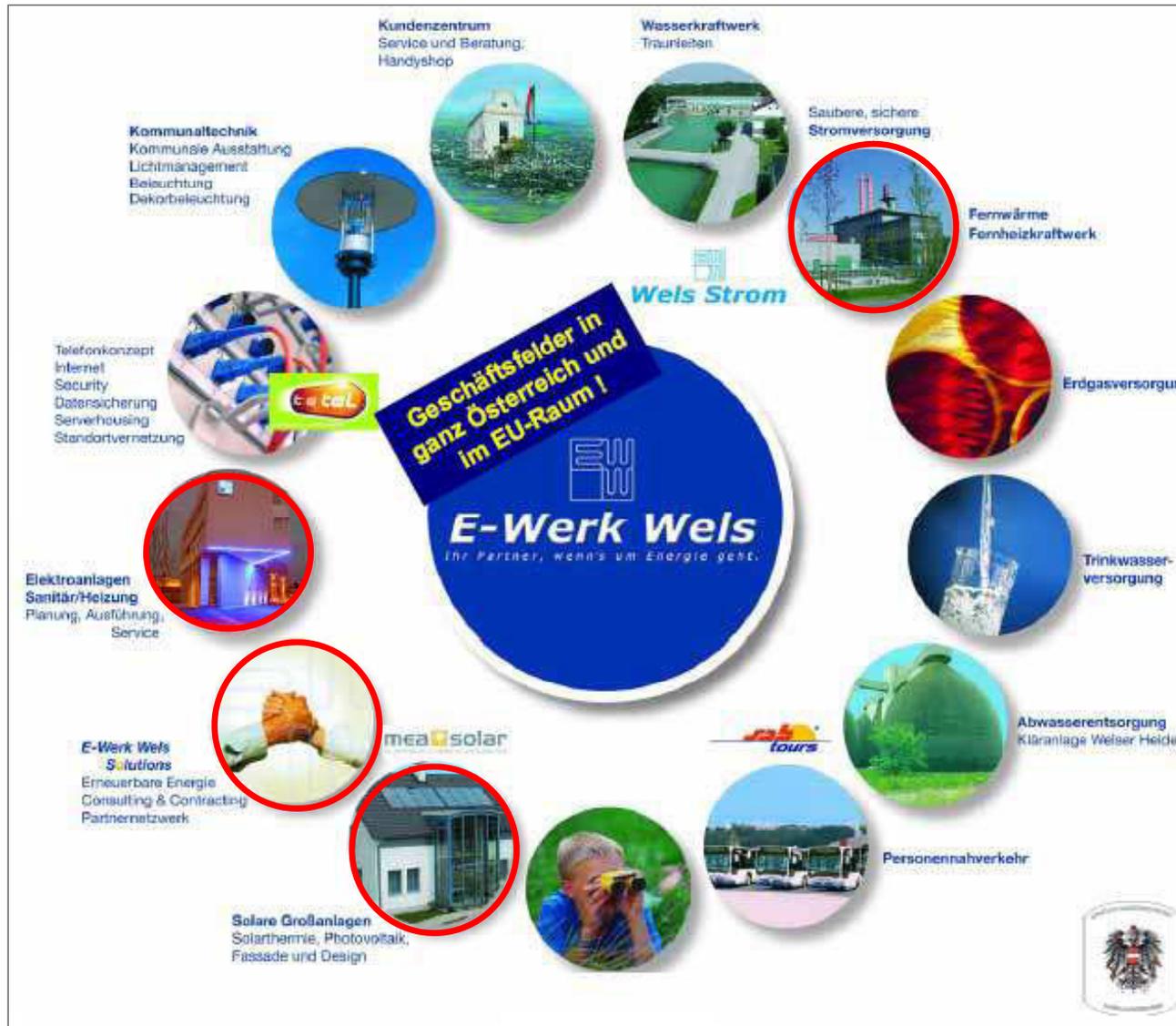


**A schematic of the solar assisted district heating grid in Wels. The solar collector field is envisioned to be about 3,600 m<sup>2</sup>. A storage tank with a capacity of approximately 250MWh is used to store the excess heat of the solar thermal plant.**



## Einspeisung mit solarthermischer Großanlage in das Fernwärmenetz von Wels

Dr. Kurt Leeb : Magazinstrasse 12a : 4600 Wels : [www.measolar.at](http://www.measolar.at)





- Ziele
- Planung und Kollektorauswahl
- Marktsituation in Österreich
- Technische Durchführung
- Kosten und Finanzierung





- Ziele
- Planung und Kollektorauswahl
- Marktsituation in Österreich
- Technische Durchführung
- Kosten und Finanzierung





- Errichtung eines Solarthermischen Kraftwerkes mit maximalen Output zur Einspeisung in das Fernwärmenetz von Wels
- Vorzeiganlage der Stadt Wels und weiterer Schritt Richtung Vorzeigeregion
- Substitution von fossilen Energieträgern
- CO<sub>2</sub> Reduktion im Sinne der EU und Land OÖ-Vorgaben
- Finanzierung durch Contracting - Modell





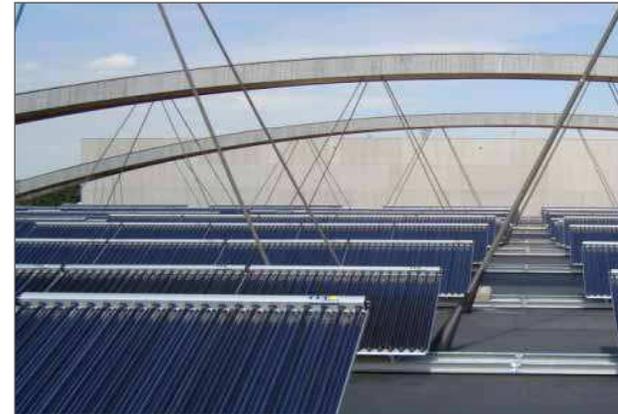
- Ziele
- **Planung und Kollektorauswahl**
- Marktsituation in Österreich
- Technische Durchführung
- Kosten und Finanzierung





## Betriebsvoraussetzungen

- Warmwasserbedarf im Sommer
- Einspeisung in den Vorlauf des bestehenden Netzes
- Wartungsarmer Betrieb
- Wirtschaftlich darstellbar



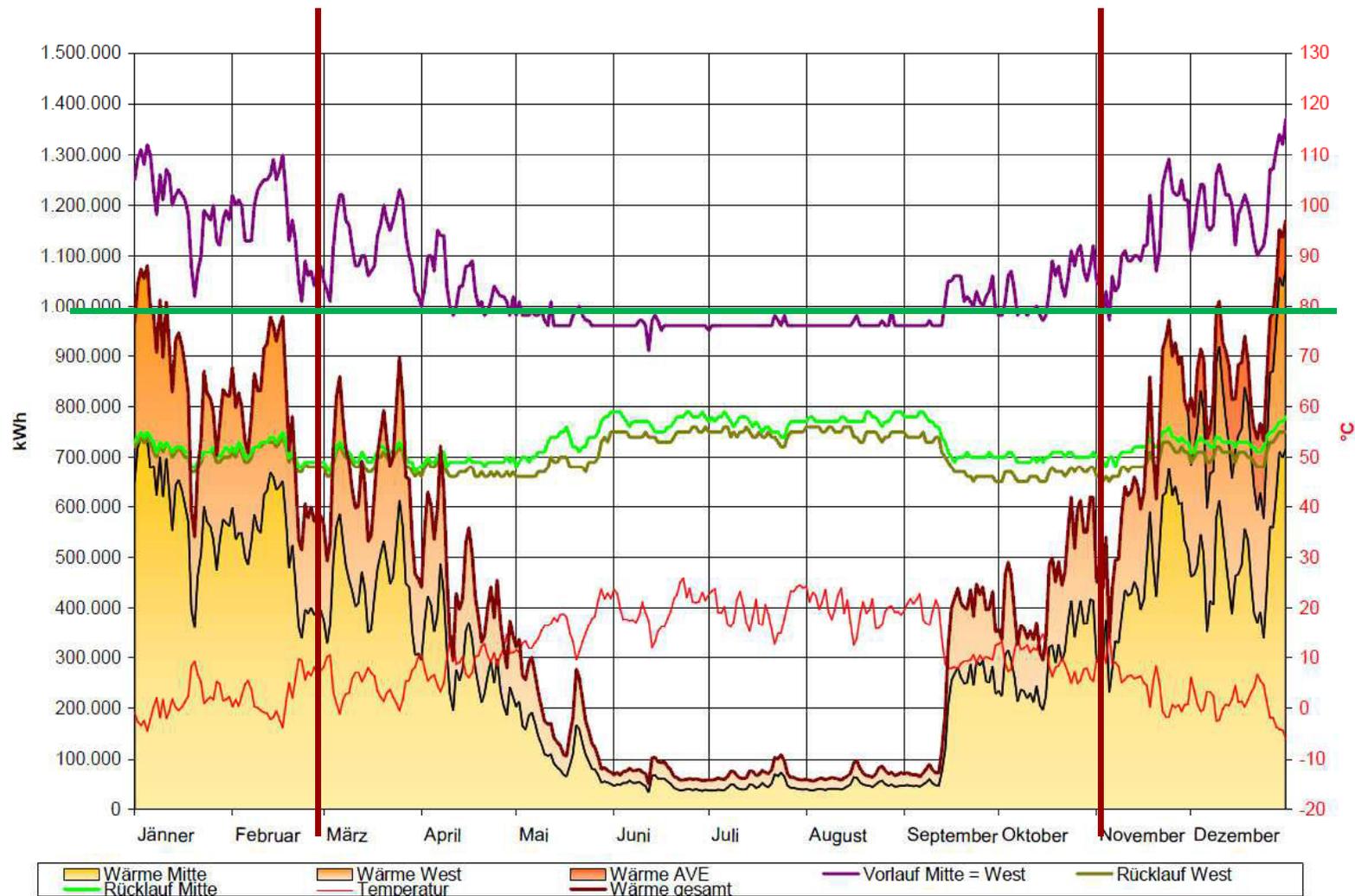
## Vorteile von solaren Großanlagen ins FW Netz

- Versorgungssicherheit und Planbarkeit
- Lebensdauer 25 Jahre +
- Minimale Betriebskosten
- geringe Speicherverluste und permanente Abnahme



Das Welser Fernwärmenetz besteht aus:	
Versorgungsleitungen	22.242 m
Anschlussleitungen	12.959 m
Gesamt	35.201 m
Flächendeckung	5 km <sup>2</sup>
Der Versorgungsgrad beträgt derzeit	über 25%
Die Fernwärmeversorgung in Ziffern	
Versorgte Haushalte	7.505
Wärmebedarf / Jahr	156 GWh
Tages - Netzhöchstlast	72,00 MW
Warmwasserspeicher	5.000.000 Liter

# Lastprofil Fernwärmenetz Wels

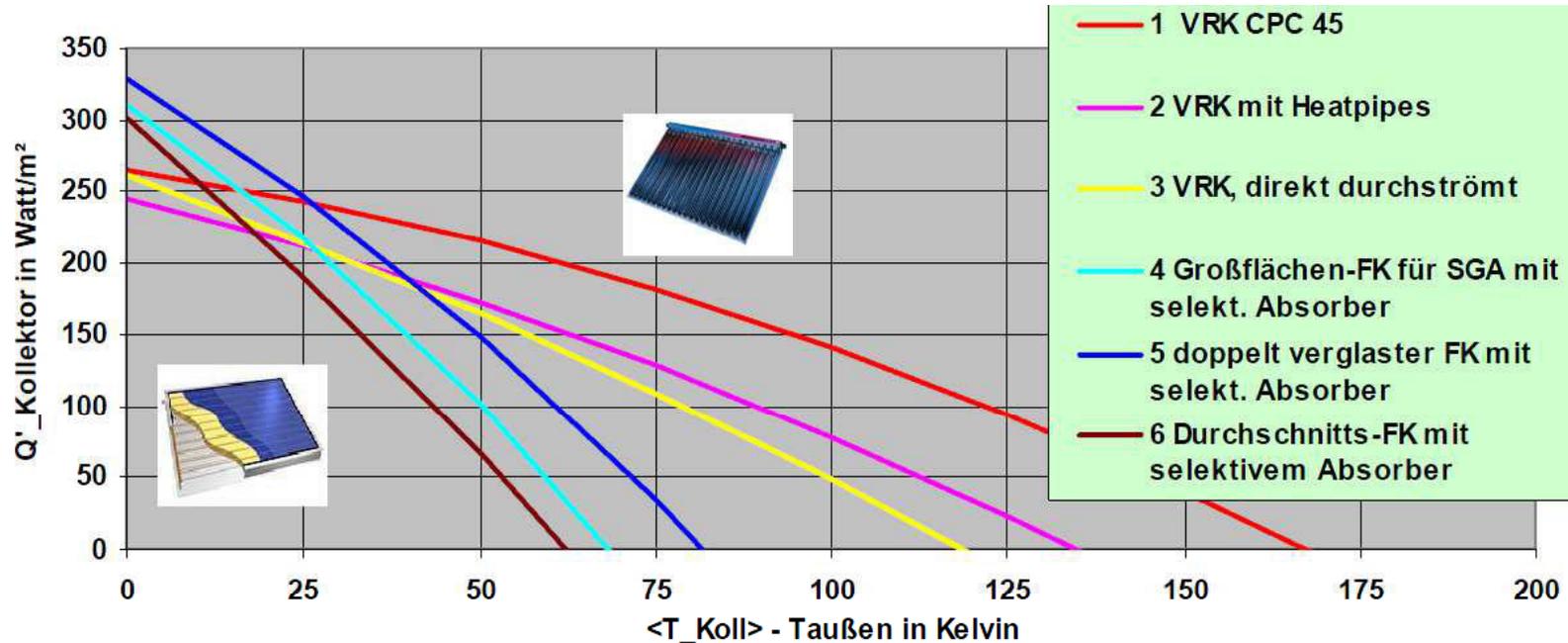


11.09.2009

H:\SLV\JJJJ\Strom\_F-tbj200812.xls Grafik

SLV - Ing.Gg/Frk

# Auswahl Kollektortyp



	Vakuurröhrenkollektoren (VRK)			Flachkollektoren (FK)		
	1 CPC-Vakuurröhrenkollektor, direkt durchströmt mit Edelstahlregister	2 VRK mit Heatpipes	3 VRK, direkt durchströmt	4 Großflächen- FK für SGA mit selektivem Absorber	5 doppelt verglaster FK mit selektivem Absorber	6 Durchschnitts- FK mit selektivem Absorber
<b>Kollektorertrag</b>	104,6 MWh bzw. 100%	85%	81%	53%	55%	37%
<b>Speichereintrag</b>	98,9 MWh bzw. 100%	84%	81%	39%	52%	33%
<b>Speicherentnahme 90/70</b>	58,3 MWh bzw. 100%	78%	75%	28%	45%	22%
<b>Speicherentnahme gesamt</b>	89,7 MWh bzw. 100%	80%	76%	40%	46%	34%
<b>Stillstandstage</b>	39 bzw. 100%	92%	87%	36%	49%	28%
<b>Pumpenlaufzeit</b>	768 h bzw. 100%	184%	178%	209%	266%	248%

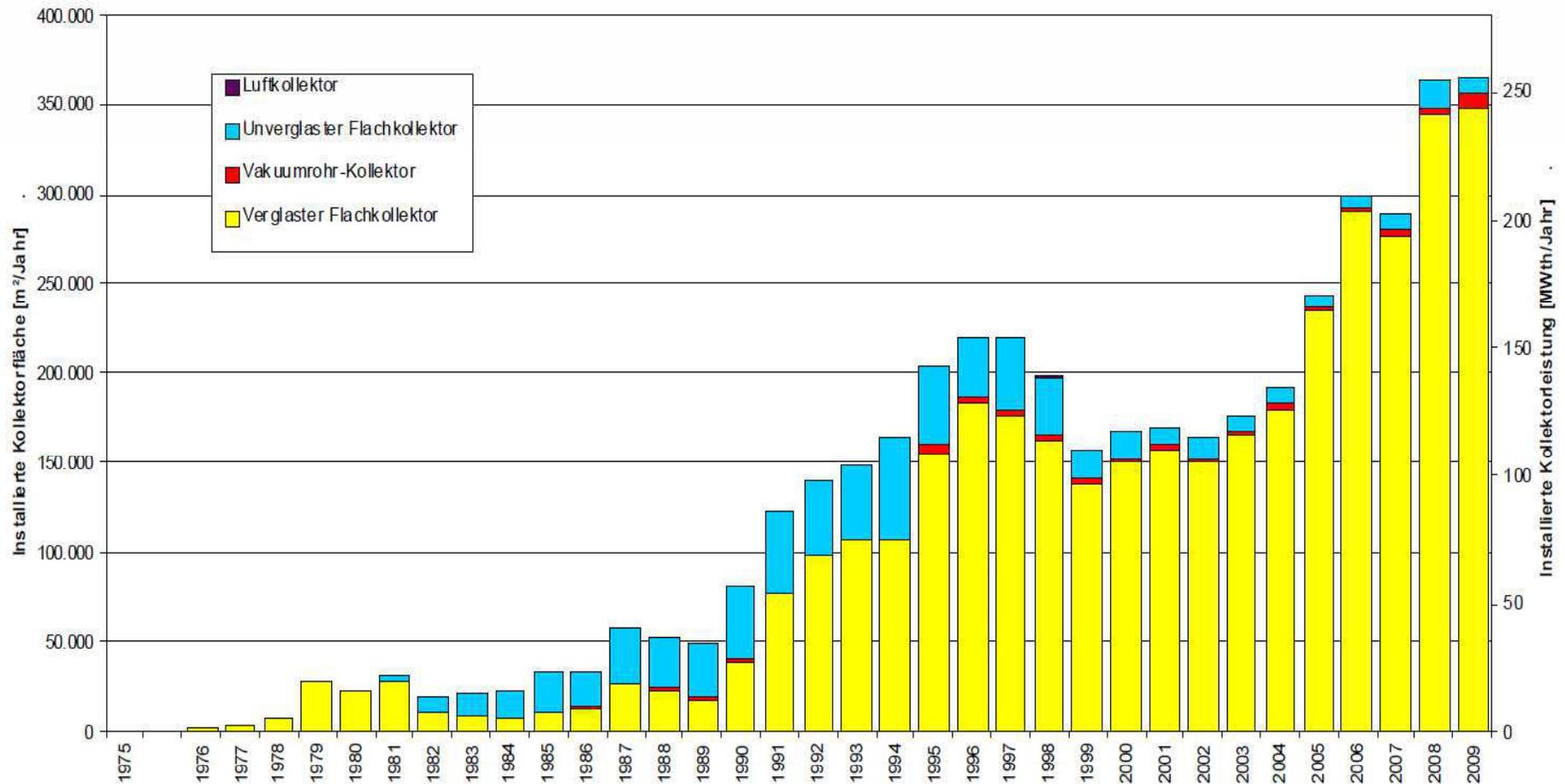
Quelle: Dr. Meissner / Fa. Paradigma



- Ziele
- Planung und Kollektorauswahl
- **Marktsituation in Österreich**
- Technische Durchführung
- Kosten und Finanzierung

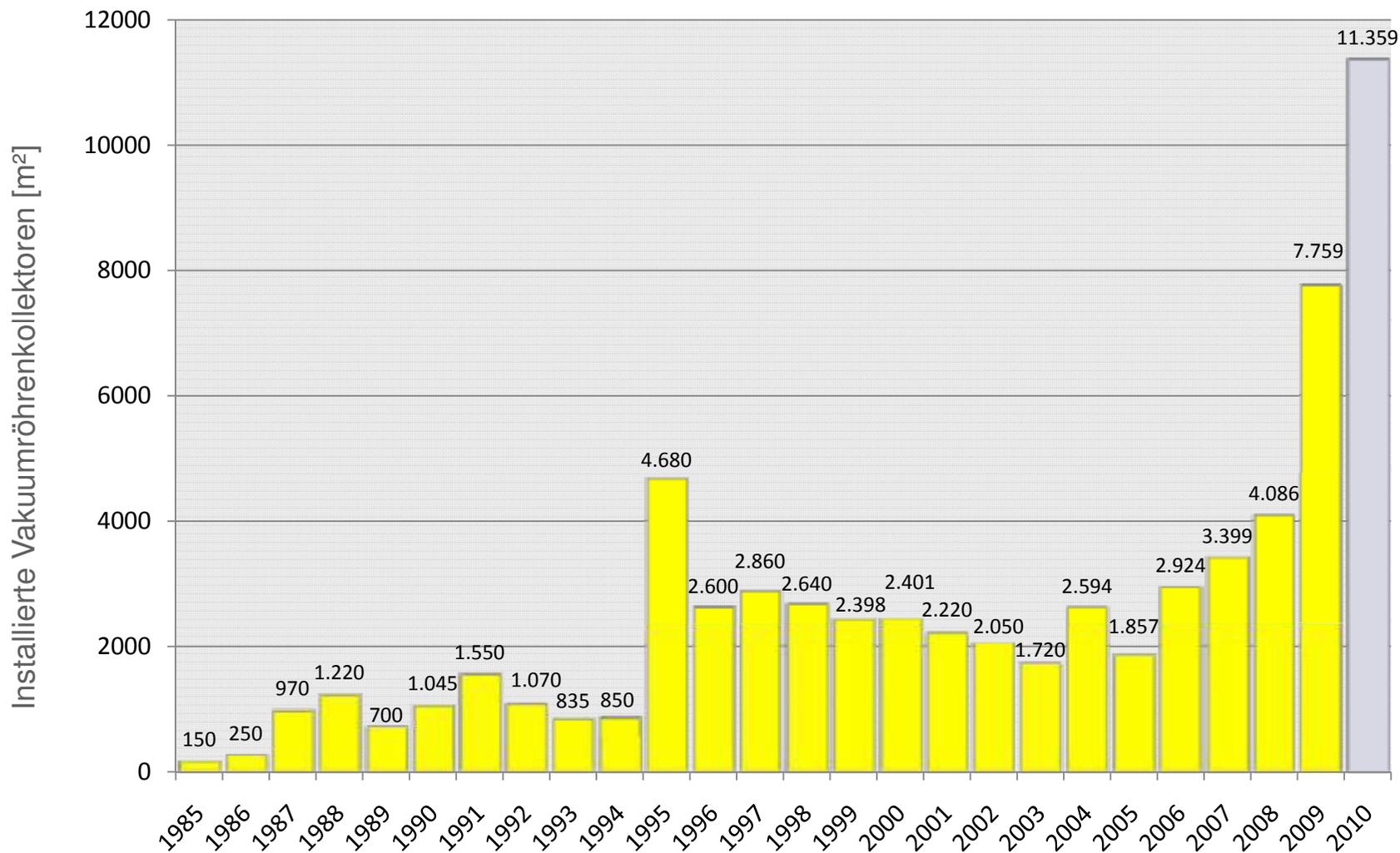


# Kollektormarkt Österreich 1976 - 2009



Installierte thermische Kollektorfläche (m²/Jahr und MWth/Jahr) in Österreich in den Jahren 1975 bis 2009 nach Kollektortyp; Quelle: bis 2006: Faninger (2007); Werte ab 2007: AEE INTEC.

# Vakuumpipenmarkt Österreich 1985 - 2010



Installierte thermische Kollektorfläche (m<sup>2</sup>/Jahr und MWth/Jahr) in Österreich in den Jahren 1975 bis 2009 nach Kollektortyp; Quelle: bis 2006: Faninger (2007); Werte ab 2007: AEE INTEC. Prognose Leeb MEA Solar



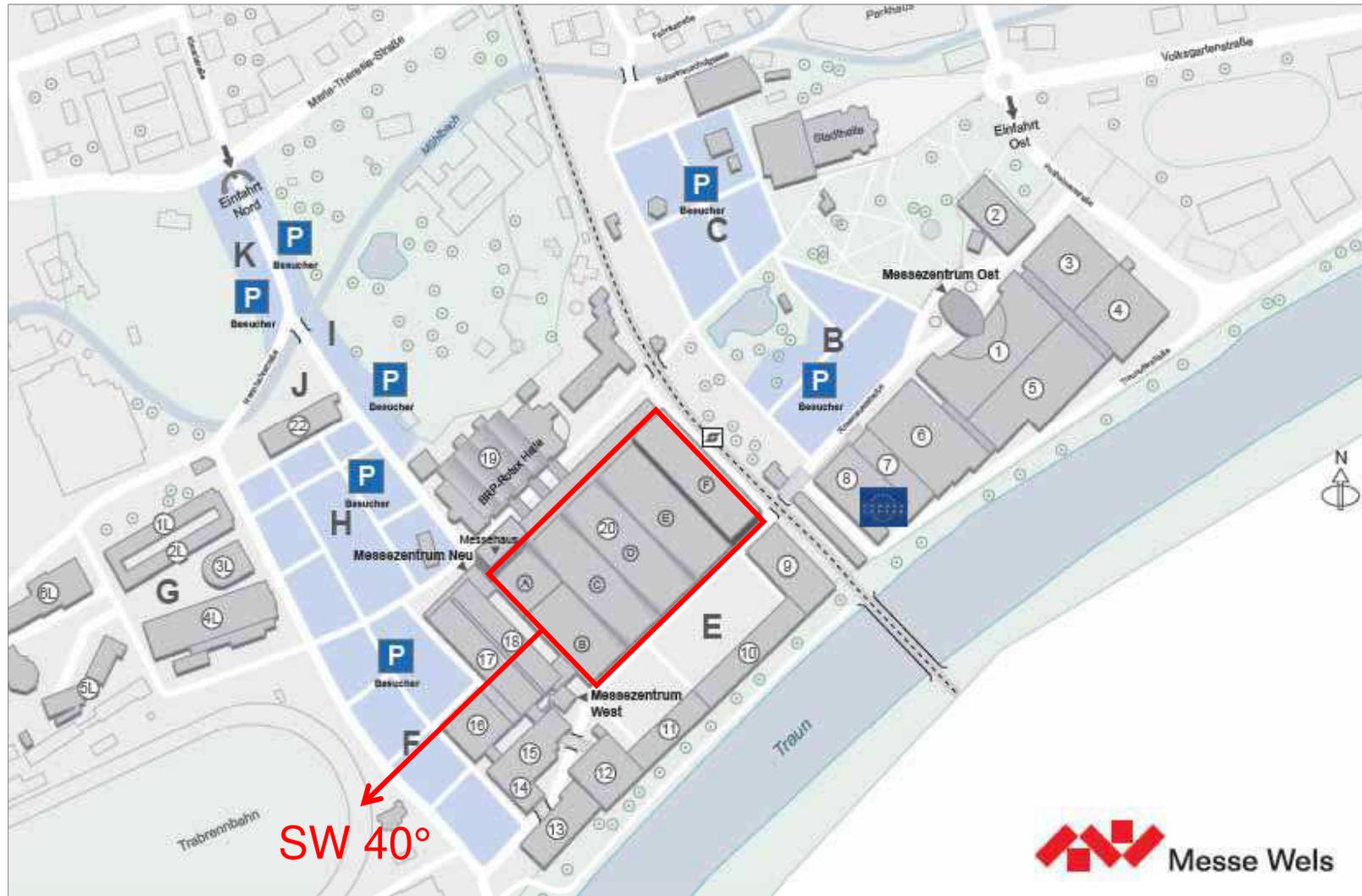
- Ziele
- Planung und Kollektorauswahl
- Marktsituation in Österreich
- Technische Durchführung
- Kosten und Finanzierung



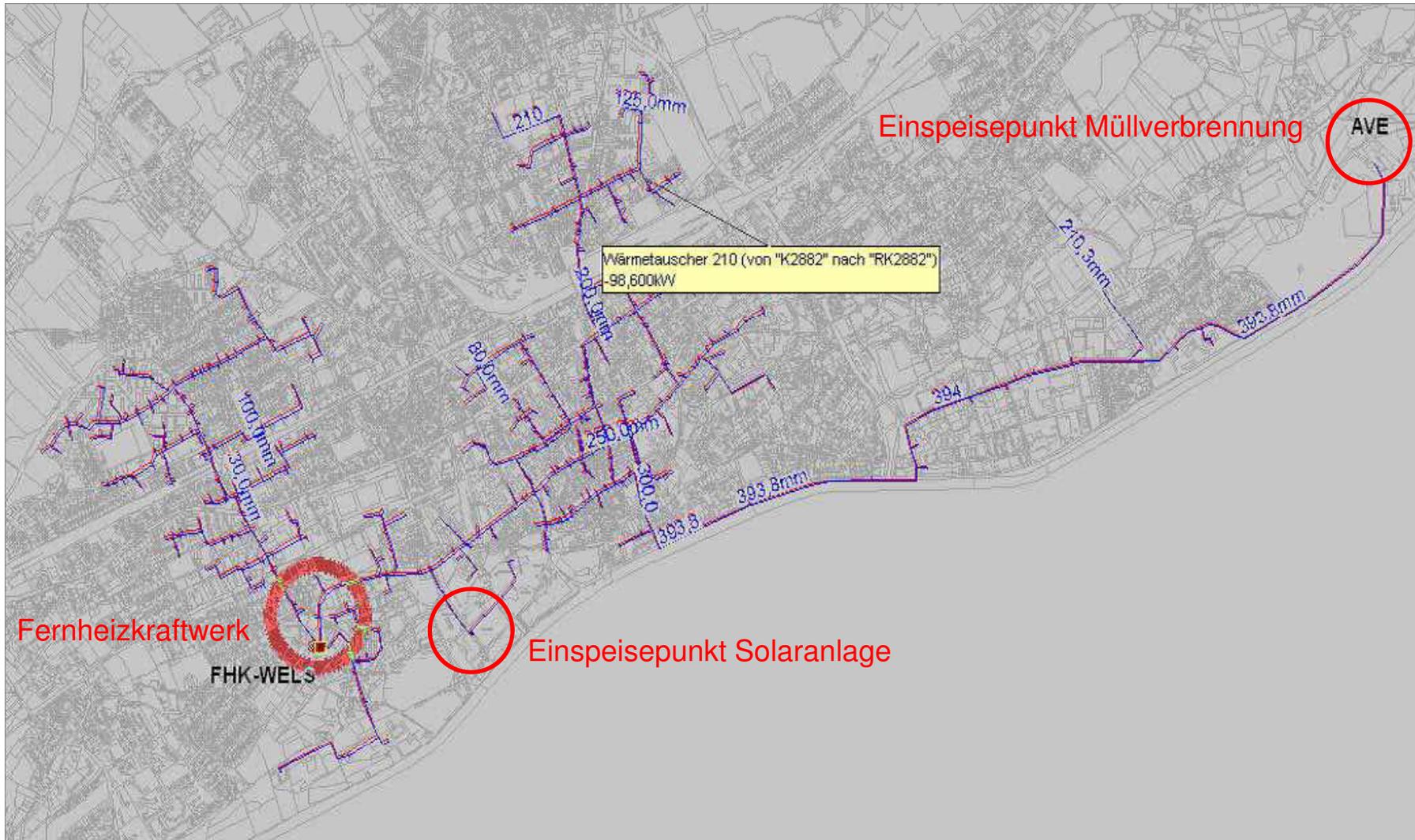
# Standort neue Messehalle 20



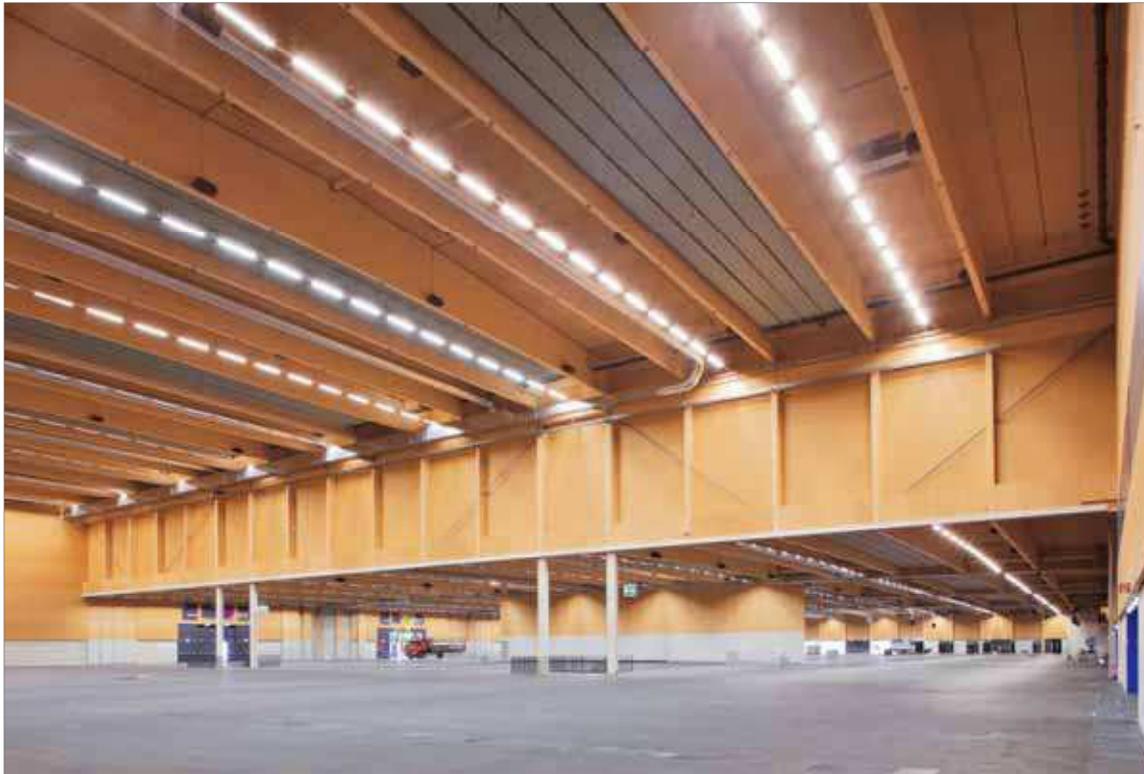
# Standort neue Messehalle 20



# Einspeisepunkt und Fernwärmenetz Wels



# Dach der neuen Messehalle

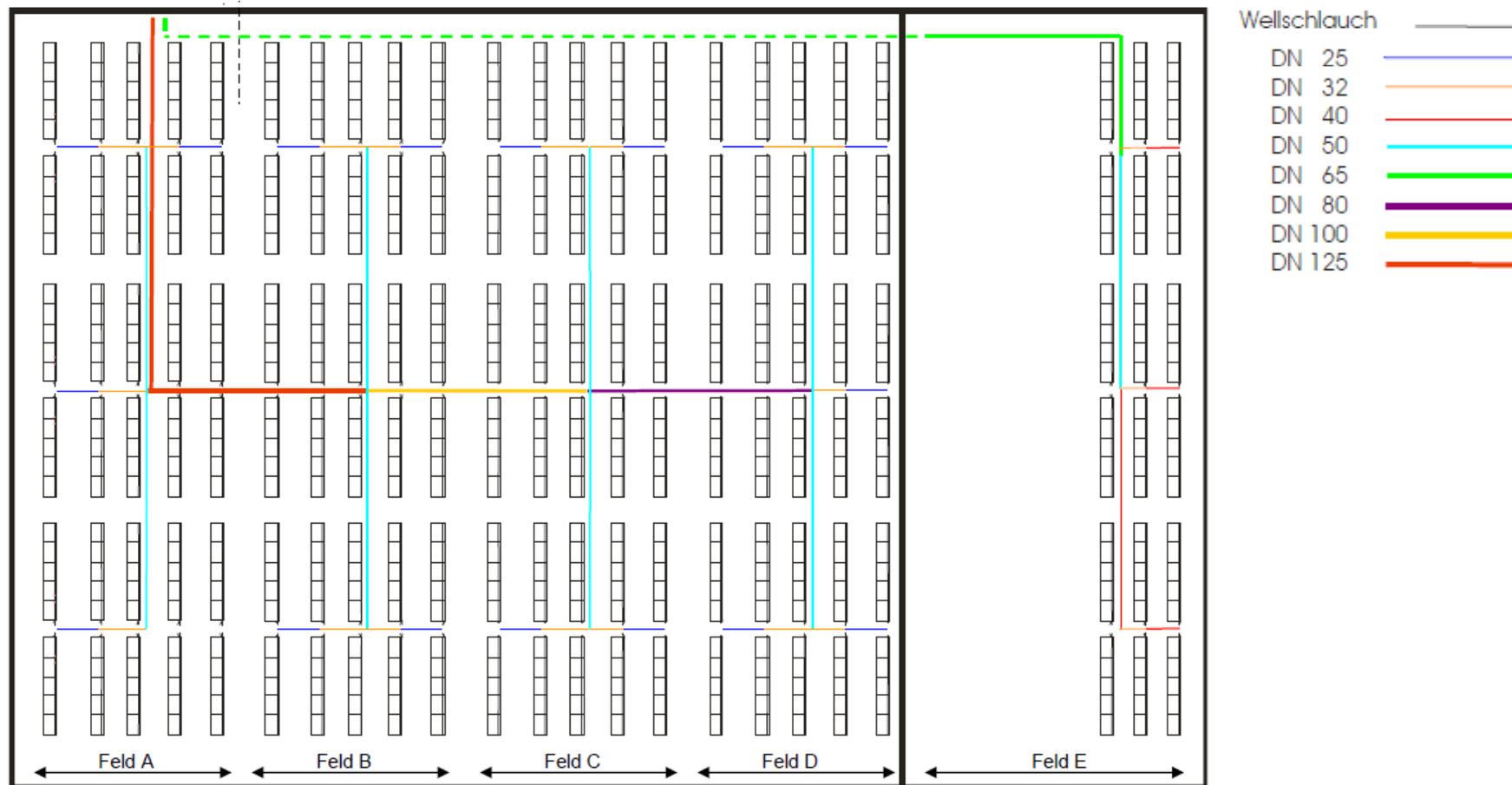




# Dach der neuen Messehalle



# Verrohrungsplan





# Leitungsführung hohes Dach



# Leitungsführung niederes Dach



# Überblick niederes Dach



# Betonballast und Auflagepunkte



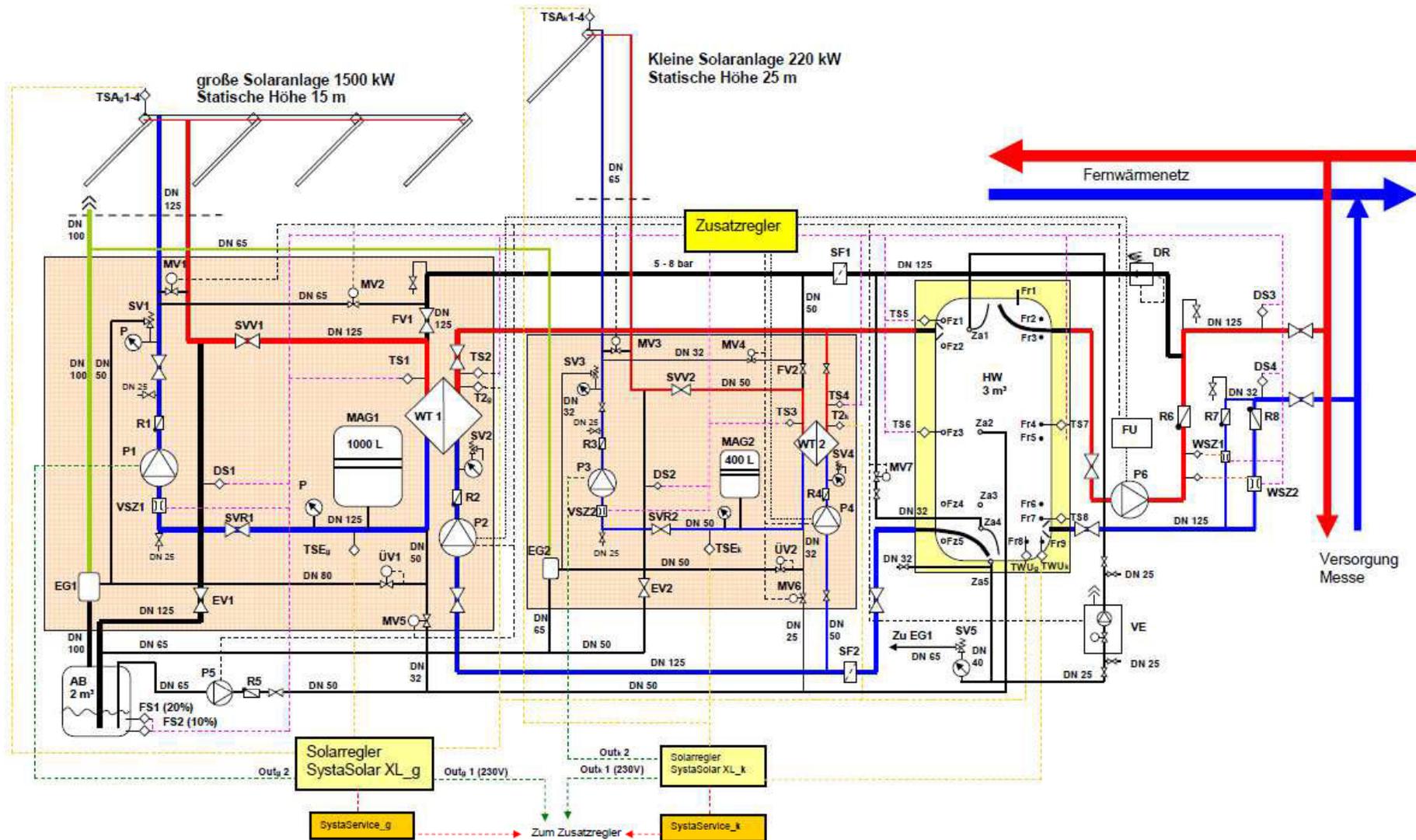




# Schildbürger? – Nein - gelebte Praxis!



# Hydraulikplan









BESTEN DANK für die Aufmerksamkeit!

## Menschlich betrachtet

VON  
PROFESSOR  
REINALD HÜBL



### Mit 99 auf ein Mittagessen nach Schönbrunn

EIN SCHÖNER Sonntag in Schönbrunn. Frau Rotraut F. ist gekommen. In ihrem Auto sitzt die 99-jährige Mutter, Frau Klementine M. Die Tochter will sie zu einem feinen Mittagessen einladen.

Frau Klementine ist auf einen Rollstuhl angewiesen, deshalb hat man der Tochter für das Auto, mit dem sie die Rollstuhlbefahrerin transportiert, einen dafür bestimmten Behindertenausweis genehmigt.

Ziel ist das Restaurant „Tirolergarten“. Um etwa ein Uhr mittags treffen die Damen ein. Frau Rotraut hofft, dass einer der drei Behindertenparkplätze frei sein könnte.

Es ist keiner frei. Auf zwei von diesen Plätzen stehen Autos ohne Ausweis...

Wenn sie den Wagen nicht in der Nähe abstellen können, müssten die zwei Damen wieder heimfahren.

In ihrer Not spricht die Tochter den Parkwächter der benachbarten Meierei an. Der führt ein kurzes Telefongespräch, dann fährt er mit seinem Privatauto in die Meierei ein und überlässt seinen Parkplatz – gegenüber der Behindertenzone – der Frau Dr. F.

Die zwei Damen können aussteigen und zum Restaurant gelangen. Sie essen dort und sind sehr zufrieden.

Anschließend gibt es noch einen „Ausflug“ zur Gloriette. Der Weg ist eben, Frau Rotraut kann die Mutter im Stuhl dorthin schieben.

Der Parkwächter hat dieses schöne Erlebnis ermöglicht. Trinkgeld lehnte er kategorisch ab. So etwas sei doch selbstverständlich.

Und menschlich obendrein.

Solarthermie-Anlage liefert Überschuss ins Fernwärmenetz

# Warmes Wasser von der Sonne für neues Messezentrum Wels

Wer „Energiehauptstadt Europas“ sein will, muss sich immer wieder Neues einfallen lassen. Wels überrascht daher die Besucher seiner international renommierten Energiesparmesse mit einer Solarthermie-Anlage, die aufs Dach des neuen Messezentrums kommt und es mit Warmwasser von der Sonne versorgen wird.

Mit 5000 Quadratmeter Solarkollektoren produziert die von der E-Werk-Tochter MEA Solar entwickelte Anlage mehr Warmwasser, als das Messezentrum selbst benötigt. Der Überschuss wird ins städtische Fernwärmenetz eingespeist und spart dadurch Erdgas, das in der heizungsfreien Zeit für die Warmwassererzeugung für die Haushalte eingesetzt werden muss. Bei den Errichtungskosten von 1,7 Millionen Euro hofft die Stadt auf Förderungen. „Dann rechnen sich solche Anlagen und können auch anderswo errichtet werden“, appelliert Bürgermeister Peter Koits an Bund und Land.

Baubeginn für das Messezentrum ist im September.



Die Energiesparmesse bekommt Warmwasser von der Sonne

## Interview des Tages

### Unter Nachbarn darf es keine Parteipolitik geben

Für ein halbes Jahr ist LH Josef Pühringer nun Vorsitzender der Landeshauptleutekonferenz. Er hat dieses turnusmäßige Amt bereits zum dritten Mal inne. Dieses Mal dürfte es aber schwieriger als sonst werden.

**Herr Landeshauptmann, was bedeutet es für Sie, gerade im Halbjahr der Nationalratswahl der „oberste LH der Republik“ zu sein?**

Eine Herausforderung an meine Koordinierungsfähigkeit. Wir haben nicht nur Wahlkampf, sondern erstellen vor allem auch nach der Wahl traditionell einen gemeinsamen Katalog von Vorschlägen und Forderungen der Länder an die neue Bundesregierung.

**Wie kommen Sie dabei mit den SP-Landeshauptleuten zurecht, speziell mit Franz Voves aus der Steiermark, wo es zwischen SP und VP gerade arg kracht?**

Mit Voves habe ich für die Summerauer Bahn und ihre Verlängerung nach Süden gut zusammengearbeitet, auch mit Gabi Burgstaller in Salzburg. Unter Nachbarn darf es keine Parteipolitik geben, in der Landeshauptleutekonferenz auch nicht. Dort braucht man Einstimmigkeit.

**Dazu muss auch die persönliche Chemie stimmen.**

Das ist soweit gegeben. Mit dem Kärntner LH Jörg Haider wird es aber Meinungsverschiedenheiten in der Asylfrage geben. Sie ist ein wichtiger Punkt, den ich angehen will. Auch bei der Verfassungsreform muss etwas weitergehen.

**Wollen Sie der LH-Vorsitzende sein, der dabei den Durchbruch bringt?**

Das wäre vermessen, weil dazu die Zeit nicht reichen wird. Ich will aber die Dinge auf den Weg bringen. Die mehr als einjährige Arbeit des Österreich-Konvents darf nicht ad acta gelegt werden.

**Bleibt bei soviel politischer Konferenztisch-Arbeit Zeit für andere Termine?**

Einer, der mir besonders wichtig ist, ist der Besuch bei den oberösterreichischen Soldaten im Kosovo. Ich kann die Probleme, die sie bei ihrer Friedensmission haben, nicht lösen, aber es hilft ihnen, wenn man ihnen zeigt, dass ihr Land hinter ihnen steht. Und ein paar kleine Geschenke bringe ich auch mit. FS

Foto: Chris Koller



LH Josef Pühringer hofft trotz Wahlkampf auf Zusammenarbeit der Landeshauptleute.

## IMPRESSUM

### **Verfasser**

Elektrizitätswerk Wels Aktiengesellschaft

Kurt Leeb  
Stelzhamerstraße 27, 4602 Wels  
E-Mail: kurt.leebe@mea-solar.at  
Web: [www.eww.at](http://www.eww.at)

### **Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber**

Klima- und Energiefonds  
Gumpendorfer Straße 5/22  
1060 Wien  
[office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)  
[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

### **Disclaimer**

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

### **Gestaltung des Deckblattes**

ZS communication + art GmbH