

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 107 (1989)  
**Heft:** 45

**Artikel:** Energetisches Verhalten von Wärmepumpen: Beurteilung von 5 Anlagen der SBB  
**Autor:** Keller, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77200>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

günstigere wurde vom Architekten Ruedi Fraefel schon mehrmals realisiert. Hier wird die Aussenluft zwischen der isolierten Kelleraussenwand und dem durch Welleternitplatten abgetrennten Erdreich in die Sickerleitung und von dort in die Wärmerückgewinnung gesogen. Bei dieser Lösung kann aus dem Erdreich aufsteigendes radonhaltiges Gas entlang der Fundamentplatte gesammelt werden und in die Zuluft gelangen.

Bei der zweiten Lösung wird die Zuluft durch 10 bis 15 parallele, 20 m lange,

im Garten in 1.5 m Tiefe eingegrabene Kunststoffschläuche angesogen. Diese Lösung kostet rund 5000 Franken mehr, eine Zufuhr von radonhaltigem Gas aus dem Erdreich ist aber nicht möglich.

Durch Radonmessungen an den bereits von R. Fraefel ausgeführten Häusern wird jetzt abgeklärt, ob das einfachere System hier wiederholt werden kann. Zusätzlich wird aber ein Haus mit beiden Systemen ausgeführt, um die Wirkung auf die Luftqualität messen zu können.

Die Gruppe KWH der EMPA-Dübendorf hat ein sehr umfassendes Messkonzept zur Untersuchung der energetischen Eigenschaften der Häuser ausgearbeitet und vom NEFF auch bewilligt erhalten. Damit soll zur Ermittlung des Benutzerverhaltens der Energieverbrauch aller 10 Häuser grob und zur Analyse der einzelnen Massnahmen ein Haus sehr detailliert ausgemessen werden.

Adresse des Verfassers: Dr. R. Kriesi, ATAL, Energiefachstelle, 8090 Zürich.

## Energetisches Verhalten von Wärmepumpen

Beurteilung von 5 Anlagen der SBB

**Die Schweizerischen Bundesbahnen, vertreten durch die Bauabteilung der Generaldirektion Bern, beauftragten im November 1987 die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, alternative Wärmeerzeugungsanlagen im Hochbaubereich der SBB zu untersuchen und zu beurteilen.**

Dieser Auftrag steht in Zusammenhang mit einem Rahmenkredit für Pilot- und Demonstrationsanlagen des Bundesam-

wurden auch die Betriebserfahrungen, welche das für den Betrieb der Anlagen verantwortliche Wartungspersonal gewonnen hatte.

Grundlage der Untersuchung bildeten umfangreiche Messungen, welche die SBB über mehrere Jahre in periodischen Abständen durchführten, sowie Pläne, Revisionsunterlagen und Betriebshandbücher. Die Arbeiten wurden in engem Kontakt mit dem Auftraggeber, d.h. der Sektion Heizung/Lüftung der Bauabteilung der SBB, durchgeführt.

### Allgemeine Resultate

Im Rahmen des SBB-Auftrages wurden bisher sieben Wärmepumpenanlagen ausgewertet. Die Auswertung dreier weiterer Objekte (Aufnahmegebäude Konolfingen, Aufnahmegebäude Ruppelswil und Stellwerk Luzern) werden erfolgen, sobald entsprechende Messdaten vorliegen. Alle Wärmepumpenanlagen werden mit Gas-, Diesel- oder Elektromotor betrieben und nutzen, meist in bivalenter Betriebsweise, entweder Luft, Abwärme, Grundwasser, Seewasser, ARA-Wasser oder Erdwärme als Wärmequelle.

Alle untersuchten Wärmepumpenanlagen mit Ausnahme der dieselmotorisch

betriebenen, welche heute wegen der Luftreinhalte-Vorschriften (LRV) vermutlich nicht mehr realisiert würde, haben positive Betriebserfahrungen gezeigt. In jedem Fall wurden, verglichen mit einer konventionellen Heizanlage, bedeutende Mengen an Primärenergie eingespart. Die bei einzelnen Anlagen anfänglich aufgetretenen Störungen konnten in den meisten Fällen nach kurzer Zeit behoben werden, so dass heute ein problemloser Betrieb möglich ist.

Andererseits deckte die Auswertung auch Schwachpunkte auf und lieferte Erkenntnisse, welche für die Planung von zukünftigen Anlagen wertvolle Hinweise geben können. Beispielsweise hat es sich gezeigt, dass bereits die Auslegung der Wärmepumpe problematisch ist, weil der Wärmeleistungsbedarf des zu beheizenden Gebäudes im allgemeinen nur ungenau bekannt ist. Da der effektive Wärmeleistungsbedarf meist erheblich unter dem berechneten Wert liegt, besteht die Tendenz, die Wärmepumpenanlage zu gross zu dimensionieren. Damit kann sie zwar einen grösseren Anteil des gesamten Energiebedarfs decken, verfehlt aber die geplante Volllaststundenzahl und damit die angestrebte Wirtschaftlichkeit.

Die Arbeitszahlen der Elektrowärmepumpen bzw. die Heizzahlen der Gas- und Dieselmoterpumpen unterscheiden sich je nach Einsatzbereich (Wärmequellentemperatur, Vorlauftemperatur, Betriebsart) beträchtlich. Die gemessenen Werte liegen jedoch grösstenteils im Rahmen der in der Literatur aufgeführten Werte. Vereinzelt ergaben aber auch Nutzungsgrade, welche die bei guter Planung und Ausführung möglichen Werte deutlich unterschreiten.

VON MAX KELLER,  
ZÜRICH

tes für Energiewirtschaft, mit dem die öffentliche Hand mithelfen soll, die Einführung neuer Produkte und Verfahren zu beschleunigen. Insbesondere können der Bund und seine Regiebetriebe in eigenen Gebäuden solche Pilot- und Demonstrationsprojekte realisieren und damit Kantonen, Gemeinden und Privaten den Weg für zukunftsweisende Lösungen aufzeigen. Die Erfahrungen mit solchen Anlagen sollen breit gestreut werden und damit den Bau weiterer, noch verbesserter Anlagen ermöglichen.

Ausschlaggebend für die Realisierung der alternativen Wärmeerzeugungsanlagen waren in den meisten Fällen nicht die Wirtschaftlichkeit, sondern langfristige Postulate wie verbesserte Nutzung der Energieressourcen, Reduktion der Umweltbelastung und Diversifikation in der Energieversorgung. Dementsprechend standen in der Untersuchung nicht so sehr Kostenüberlegungen im Vordergrund als vielmehr das energetische Verhalten der Wärmeerzeugungsanlagen. Ausgewertet



Auffallend ist bei allen Anlagen der relativ grosse Energieverbrauch der Hilfsbetriebe (Umwälzpumpen, Ventilatoren), was zu einer wesentlichen Verringerung des Gesamtnutzungsgrades führt. Ebenso ist auch der Aufwand für Wartung und Unterhalt im allgemeinen beachtlich und wird oft unterschätzt. Beiden Punkten sollte in zukünftigen Wirtschaftlichkeitsrechnungen vermehrt Beachtung geschenkt werden.

Die Messdatenauswertung hat auch bestätigt, dass komplexe Anlagen (z.B. eine Wärmepumpe, die zusätzlich als Kältemaschine betrieben wird oder eine Anlage, die Heizenergie auf verschiedenen Temperaturniveaus abgibt), nur mit sehr grossem Aufwand einen energieoptimalen Betrieb erlauben. Derartige Wärmeerzeugungssysteme sollten künftig einfacher konzipiert werden.

Mit Vorteil werden Wärmepumpenanlagen in der Nähe der Verbraucher aufgestellt. Die Wärmeverluste, welche in Fernwärmeleitungen zwischen dem Ort der Wärmeerzeugung und dem Ort des Verbrauchs auftreten, sind im allgemeinen hoch und reduzieren zusammen mit Speicherverlusten den Nutzungsgrad der Anlage beträchtlich.

Der von der Wärmepumpe gelieferte Grundlastanteil am Gesamtwärmebedarf deckt sich weitgehend mit dem theoretischen Deckungsgrad aufgrund der Temperaturhäufigkeit. Infolge unnötigen Einschaltens des Spitzenkessels bei hohen Aussentemperaturen ergaben sich bei vereinzelt Anlagen jedoch auch tiefere Deckungsgrade. Dies ist primär eine Folge einer nicht optimalen Funktion der Heizungsregelung.

Bei verschiedenen Anlagen traten Freonverluste auf, verursacht durch Undichtigkeiten im Kältekreislauf. Zur Vermeidung von Leckagen ist den mechanischen Vibrationen deshalb in Zukunft grössere Aufmerksamkeit zu schenken.

Auch das Ansprechen des Hochdruck- und Niederdruckpressostaten führte oft zu Betriebsstörungen. Zum Schutz der Wärmepumpen sind Sicherheitspressostaten eingebaut, die bei zu hohem Kondensator- bzw. zu tiefem Verdampferdruck den Kompressor ausschalten.

Diese können nur manuell wieder eingeschaltet werden, was Betriebsunterbrüche mit entsprechenden Kosten und Unsicherheiten zur Folge hat. Die Ursachen für diese Störungen sind vielfältig und oft in unzuverlässigen hydraulischen Schaltungen, zu trägen Regelventilen, falsch platzierten Temperaturfühlern oder auch falsch bemessenen Pumpen zu suchen.

Richtige Dimensionierung, Einbindung in das Gesamtsystem sowie auch koordiniertes Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten geben den Ausschlag für das Funktionieren alternativer Systeme. Wärmepumpenanlagen sind komplexe Gebilde, welche wegen ihrer oft bivalenten Betriebsweise (Spitzenkessel) auch von der Regelung her eine sorgfältigere Planung verlangen als konventionelle Anlagen.

Nur unter Beachtung all dieser Kriterien ist es möglich, hohe Deckungsgrade und Arbeitszahlen zu erreichen und so einerseits Primärenergie einzusparen und andererseits einen aktiven Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

Wie sich die fünf Wärmeanlagen in energetischer Hinsicht verhalten haben und welche Erfahrungen und Erkenntnisse im einzelnen gewonnen wurden, wird im folgenden für jede Anlage separat dargestellt.

## Kraftwerk Amsteg

### Ausgangslage

Im Kraftwerk Amsteg sind sechs luftgekühlte Generatoren mit einer Leistung von je 11 000 kW installiert, deren erwärmte Fortluft grösstenteils ungenutzt ins Freie strömt. Da die bestehende Kesselanlage ohnehin sanierungsbedürftig war, wurde 1982 eine Wärmepumpe installiert, welche die benötigte Heizenergie aus der Generatorenabwärme gewinnt. Dadurch wurde es möglich, etwa 30 t Öl pro Jahr zu substituieren und so einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Eine Gegenüberstellung der Kosten für beide Varianten zeigte zudem, dass bei den damaligen Ölpreisen die Wärmepumpe nur leicht höhere Jahreskosten aufwies als die Ölheizung und so auch von der Wirtschaftlichkeit her zu verantworten war.

### Erkenntnisse und Betriebserfahrungen

Die Auswertung der Messergebnisse hat gezeigt, dass die Heizleistung der Elektrowärmepumpe infolge Unterschätzung der Wärmequellentemperatur der Generatorenabwärme höher liegt, als bei der Auslegung angenommen wurde. Ebenso wurde festgestellt, dass der Wärmeleistungsbedarf bedeutend niedriger ist als ursprünglich berechnet. Aufgrund dieser Tatsachen wäre die Wärmepumpe leistungsmässig in der Lage, den gesamten Wärmebedarf alleine zu decken. Wegen der erforderlichen Vorlauftemperatur der bestehenden Heizungsanlage von 75 °C ist dies aber nicht möglich, so dass der

Heizkessel bei Aussentemperaturen unter -3 °C zugeschaltet werden muss.

Gemäss Temperaturhäufigkeit entfallen auf Perioden mit Aussentemperaturen unterhalb -3 °C etwa 5% des Jahresenergiebedarfs. Somit könnte die anteilige Wärmelieferung der Wärmepumpe etwa 95% betragen. Der gemessene Deckungsgrad liegt deutlich tiefer und erreichte 83%. Ein möglicher Grund könnten extreme Temperaturschwankungen bei Föhnlagen sein, welche zu einem unnötigen Einschalten des Brenners bereits bei Aussentemperaturen um 9 °C führten.

Die Arbeitszahlen liegen mit 3,3 im Jahresdurchschnitt relativ hoch. Dies ist in Anbetracht der hohen Wärmequellentemperatur jedoch zu erwarten. Ebenso ist auch der Nutzungsgrad der Wärmeerzeugungsanlage hoch. Die jährlich eingesetzte Endenergie in Form von Strom und Öl kann zu 209% in Nutzungsenergie für die Raumheizung umgewandelt werden. Damit können bedeutende Mengen an Primärenergie gespart werden.

Was die Betriebserfahrungen betrifft, so sind hauptsächlich drei Probleme aufgetreten: Freonverlust, unnötiges Ansprechen des Hochdruck-Pressostaten und nicht optimale Funktion der Regelung des Heizkessels.

## Bahnhof Schwyz

### Ausgangslage

Im Jahre 1981/82 wurde das alte Bahnhofgebäude Schwyz abgebrochen. Für den Neubau wurden Ölfeuerung, Gasfeuerung, Luftwärmepumpe und Grundwasserwärmepumpe untersucht. Die Grundwasserwärmepumpe erwies sich als nicht möglich, weil es sich im betreffenden Gebiet um stehendes Grundwasser handelt. Weiter kam auch eine Gasfeuerung wegen des damals hohen Gaspreises nicht in Frage. Und schliesslich musste auch die Ölfeuerung fallen gelassen werden, weil für den Öltank ein separater Raum im Grundwasserbereich hätte erstellt werden müssen. Als einzige Lösung blieb eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Gaskessel als Spitzendeckung.

### Erkenntnisse und Betriebserfahrungen

Gemäss Messauswertung deckt die Wärmepumpe etwa 60% des maximalen Wärmeleistungsbedarfs und ist somit vernünftig ausgelegt.

Ihre Heizleistung stimmt gut mit den Herstellerangaben überein. Die elektrische Leistungsaufnahme des Kompress-



sors inklusive Hilfsaggregate ist dagegen grösser als vom Hersteller spezifiziert. Diese erhöhte Stromaufnahme ist vor allem im Sommer gross und führt zu entsprechend tiefen Arbeitszahlen in diesen Monaten. Als mögliche Ursachen für dieses Verhalten kommen die Carterheizung, immer hohe Vorlauftemperaturen, die Zylinderabhebungssteuerung und prozentual hohe Anfahr- und Auskühlverluste in Frage.

Der Deckungsgrad der Wärmepumpe liegt mit 93% (Jahre 85–87) hoch und stimmt gut mit dem aufgrund der Temperaturhäufigkeit zu erwartenden Wert überein. Infolge des Einschaltens des Gaskessels auch bei relativ hohen Aussentemperaturen war die Wärmelieferung der WP in der Periode 84/85 jedoch deutlich tiefer und betrug lediglich 86,7%.

Gesamthaft betrachtet erfüllt die Wärmepumpenanlage die Erwartungen gut. Die Laufzeit pro Einschaltimpuls, die jährlichen Betriebsstunden von 2350 bis 2400 h sowie der Deckungsgrad stellen typische Werte für solche bivalenten Anlagen dar.

Ebenso lag auch die Arbeitszahl im ersten Auswertungsjahr mit 2,5 erfreulich hoch, fiel in den folgenden zwei Jahren dann aber aus unbekannten Gründen auf 2,2 ab. Dieser Wert ist für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eher an der unteren Grenze.

Die Betriebserfahrungen werden nach anfänglichen Startschwierigkeiten heute im allgemeinen als positiv beurteilt. Probleme ergaben sich vor allem mit der Aufladeregulierung und der relativ tiefen Warmwassertemperatur von durchschnittlich 47 °C. Weitere Schwachpunkte waren Lärm des Kompressors, Freonverlust und HD- und ND-Störungen. Ansonsten läuft die Anlage gut.

## Depot Rorschach

### Ausgangslage

Die Wärmeversorgung des Depots Rorschach erfolgte bis 1983 mit zwei erneuerungsbedürftigen ölbefeuerten Heizkesseln aus dem Jahre 1961. Zudem waren beide Kamine stark versotet und benötigten dringend eine Sanierung. Dies führte dazu, dass man sich überlegte, ob der Wärmebedarf auch in Zukunft mit Öl gedeckt werden sollte oder ob Bodenseewasser als Wärmequelle verwendet werden kann. Für den Einsatz einer Seewasserwärmepumpe sprachen vor allem die unmittelbare Nähe des Bodensees sowie die Möglichkeit, Seewasser für drei verschiedene Verbraucher gemeinsam zu fassen. An-

dere Energieträger, wie Fernheizung, Gas, Kohle und Elektrizität, wurden ebenfalls näher untersucht. Sie waren aber entweder nicht vorhanden, brauchten zuviel Platz oder waren von der Wirtschaftlichkeit her nicht vertretbar. Die Wahl fiel deshalb auf eine Seewasser-Wärmepumpe. Als Antrieb wurde ein Dieselmotor gewählt, um auch mit dieser Technik Erfahrungen sammeln zu können.

### Erkenntnisse und Betriebserfahrungen

Die Auswertung der Messdaten zeigt, dass der Primärenergieverbrauch der Wärmepumpe gut korreliert ist mit der von ihr gelieferten Heizenergie. So wurden pro kWh Dieselöl in den Jahren 84–87 etwa 1,48 kWh Nutzenergie bereitgestellt. Dies entspricht einer Heizzahl ohne Berücksichtigung der Hilfsbetriebe von 1,48. Verglichen mit dem vom Hersteller angegebenen Wert (ohne An- und Abfahrverluste) von 1,74 im Auslegungsfalle liegt die erreichte Jahres-Heizzahl deutlich tiefer. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit der gemessenen Heizleistung der Wärmepumpe, welche ebenfalls deutlich geringer ist als vom Hersteller angegeben.

Der Energiebedarf der Hilfsbetriebe (Seewerpumpe, Rührwerk, Motor-kühlpumpe und Heizwasserpumpe) beträgt etwa 6% des Primärenergieverbrauchs, womit sich netto im Durchschnitt über 3 Jahre eine Heizzahl von 1,40 ergibt.

Die Wärmepumpe weist eine hohe Vollbetriebsstundenzahl von über 3000 h auf und ist damit gut ausgelastet. Sie war in der Lage, in den ersten Betriebsjahren 76% und in den Jahren 86–87 infolge Anschlusses eines neuen Gebäudes noch 69% des Energiebedarfs zu decken. Dieser Deckungsgrad stimmt gut mit dem theoretischen Deckungsgrad gemäss Temperaturhäufigkeit überein.

Gesamthaft wird die eingesetzte Endenergie (Dieselöl, Strom) in der Wärmeerzeugungsanlage zu 125% in Nutzenergie umgewandelt. Dadurch wird Primärenergie gespart. Trotz dieser Einsparungen stellt die Dieselmotorwärmepumpe jedoch eine beträchtliche Belastung für die Umwelt dar (NO<sub>x</sub>, Russ).

Neben dem Problem der Luftverschmutzung sind auch die Betriebserfahrungen generell eher negativ, weil immer wieder verschiedene Störungen auftraten, welche wesentliche Unterbrechungen zur Folge hatten. So sind z.B. an der Wärmepumpe überall kleine Undichtigkeiten aufgetreten (Wassereinbruch in Zylindern, Spannungsrisse in der Freonleitung).

Ein weiteres Problem ist die Verschmutzung der Abgaswärmetauscher, welche durchschnittlich ein- bis zweimal pro Monat gereinigt werden müssen.

## Bahnhof Sargans

### Ausgangslage

Das bestehende Aufnahmegebäude ist mit einer Heizzentrale mit zwei Ölkesseln versehen, welche die Wärme für die Raumheizung liefern.

Im Jahre 1981 wurde im Zusammenhang mit der Bahnhofserweiterung untersucht, ob der steigende Wärmebedarf teilweise mit einer Wärmepumpe gedeckt werden kann.

Aufgrund einer Studie wurde eine Elektrowärmepumpe mit Grundwasser als Wärmequelle gewählt. Diese liefert die Grundlast und wird bei tiefen Aussentemperaturen im bivalent-parallelen Betrieb von den bestehenden Heizkesseln unterstützt.

### Erkenntnisse und Betriebserfahrungen

Die Messdatenauswertung zeigt, dass die Wärmepumpe in der Lage ist, nahezu 100% der benötigten Heizenergie zu liefern. Lediglich 2% der Wärme müssen noch von den Heizkesseln bereitgestellt werden. Dieser hohe Deckungsgrad der Wärmepumpe bedeutet, dass die Wärmepumpe zu gross dimensioniert wurde. Ursache für die Überdimensionierung war eine Fehleinschätzung des Wärmeleistungsbedarfs, welcher nicht wie angenommen 350 kW, sondern lediglich etwa 220 kW beträgt.

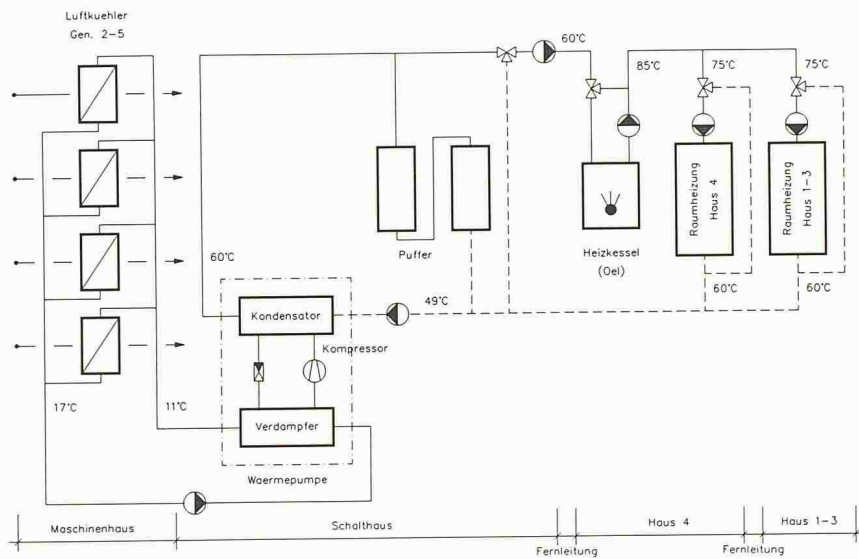
Weil die Wärmepumpe vier getrennte Kreisläufe aufweist und diese lastabhängig zu- und abgeschaltet werden können, kann jedoch trotz der Überdimensionierung auch bei geringem Wärmebedarf eine gute Auslastung erreicht werden.

Die Regelung des Heizkessels scheint bei dieser Anlage nicht optimal zu funktionieren, indem beispielsweise im Oktober vom Spitzenkessel Wärme verlangt wird, während in den Monaten November und Dezember, mit deutlich tieferen Aussentemperaturen, der Wärmebedarf allein von der Wärmepumpe gedeckt wird. Die Gründe dafür sind unbekannt.

Die Arbeitszahl der Wärmepumpe erreichte in der zweijährigen Messperiode im Durchschnitt einen Wert von 2,5. Für eine Wärmepumpe mit Grundwasser als Wärmequelle ist dies schlecht. Die Arbeitszahl ist am höchsten bei Aussentemperaturen zwischen +3 und



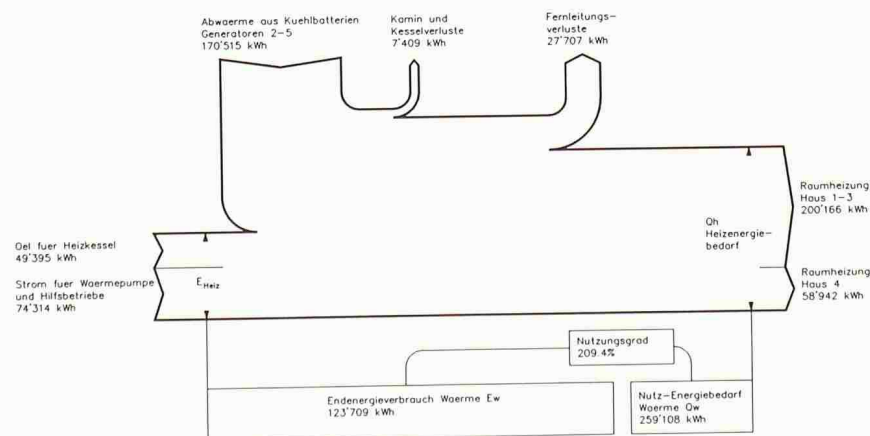
## KW-AMSTEG



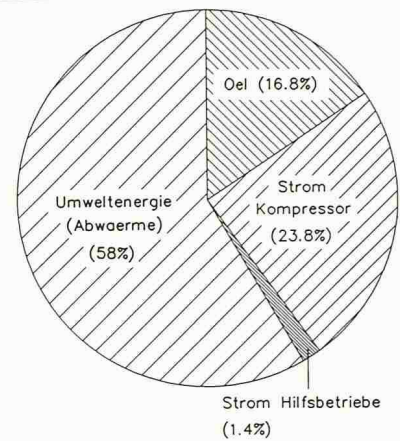
Prinzipschema der Anlage: Elektrowärmepumpe mit Generatorenabwärme als Wärmequelle, bivalent parallel ( $-3^{\circ}\text{C}$ ), Heizleistung 169 kW ( $60/49^{\circ}\text{C}$ ,  $17/11^{\circ}\text{C}$ ), Leistungsziffer 3.02

| PERIODE  | ANTRIEBS-<br>ENERGIE<br>KOMPR.<br>1 + 2<br>(KWH) | ANTRIEBS-<br>ENERGIE<br>HILFS-<br>BETRIEBE<br>(KWH) | WÄRME-<br>LIEFER-<br>WAERME-<br>PUMPE<br>(KWH) | MITTLERE<br>HEIZ-<br>LEISTUNG<br>WP<br>(KW) | VOLLST-<br>BETRIEBS-<br>STUNDEN<br>MP<br>(H) | LAUFZEIT<br>KOMPR.<br>1+2 PRO<br>IMPULS<br>(MIN) | ARBEITS-<br>ZAHL<br>OHNE<br>HILFSBT.<br>(-) | ARBEITS-<br>ZAHL<br>(-) | WÄRME-<br>LIEFER-<br>HEIZ-<br>KESSEL<br>(KWH) | PROZENT.<br>WÄRME-<br>LIEFER.<br>WP<br>(%) |
|----------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| JULI 84  | 722                                              | 50                                                  | 2847                                           | 211,7                                       | 13,5                                         | 21,8                                             | 3,94                                        | 3,69                    | 0                                             | 100,0                                      |
| AUGUST   | 610                                              | 24                                                  | 2685                                           | 238,7                                       | 11,3                                         | 23,3                                             | 4,40                                        | 4,23                    | 0                                             | 100,0                                      |
| SEPTEMB. | 3264                                             | 232                                                 | 12641                                          | 203,7                                       | 62,1                                         | 16,8                                             | 3,87                                        | 3,62                    | 0                                             | 100,0                                      |
| OKTOBER  | 5862                                             | 412                                                 | 22225                                          | 202,0                                       | 110,1                                        | 21,8                                             | 3,79                                        | 3,54                    | 160                                           | 99,3                                       |
| NOVEMB.  | 6530                                             | 441                                                 | 23260                                          | 194,2                                       | 119,8                                        | 30,4                                             | 3,56                                        | 3,34                    | 428                                           | 98,2                                       |
| DEZEMB.  | 12356                                            | 659                                                 | 38281                                          | 173,3                                       | 220,9                                        | 55,7                                             | 3,10                                        | 2,94                    | 3690                                          | 91,2                                       |
| JANUAR   | 8762                                             | 438                                                 | 30788                                          | 204,3                                       | 150,7                                        | 47,2                                             | 3,51                                        | 3,35                    | 25686                                         | 54,5                                       |
| FEBRUAR  | 10610                                            | 578                                                 | 35451                                          | 192,5                                       | 184,2                                        | 48,1                                             | 3,34                                        | 3,17                    | 6405                                          | 84,7                                       |
| MÄRZ     | 9404                                             | 509                                                 | 31300                                          | 192,7                                       | 162,4                                        | 45,4                                             | 3,33                                        | 3,16                    | 3998                                          | 88,7                                       |
| APRIL    | 6422                                             | 414                                                 | 23329                                          | 204,3                                       | 114,2                                        | 32,0                                             | 3,63                                        | 3,41                    | 762                                           | 96,8                                       |
| MAI      | 3338                                             | 206                                                 | 12803                                          | 225,8                                       | 56,7                                         | 32,9                                             | 3,84                                        | 3,61                    | 816                                           | 94,0                                       |
| JUNI 85  | 2320                                             | 150                                                 | 9219                                           | 230,2                                       | 40,1                                         | 29,5                                             | 3,97                                        | 3,73                    | 40                                            | 99,6                                       |
| 84 - 85  | 70200                                            | 4114                                                | 244829                                         | 196,5                                       | 1245,7                                       | 35,6                                             | 3,49                                        | 3,29                    | 41986                                         | 85,4                                       |
| 85 - 86  | 67800                                            | 3746                                                | 236638                                         | 200,1                                       | 1182,4                                       | 35,9                                             | 3,49                                        | 3,31                    | 53217                                         | 81,6                                       |
| 86 - 87  | 68048                                            | 3856                                                | 245625                                         | 211,1                                       | 1163,6                                       | 20,7                                             | 3,61                                        | 3,42                    | 50343                                         | 83,0                                       |

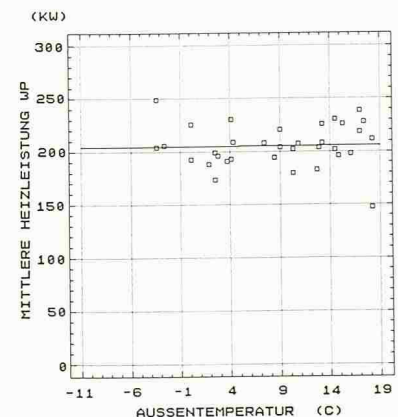
Messresultate und daraus abgeleitete Größen



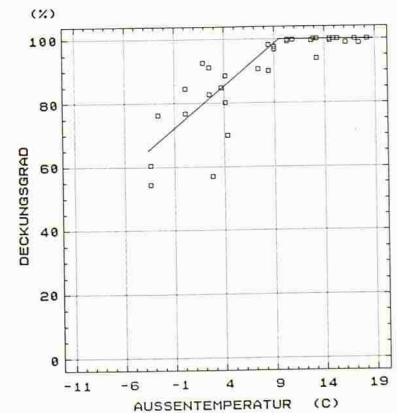
Energie-Flussdiagramm 1984-1985



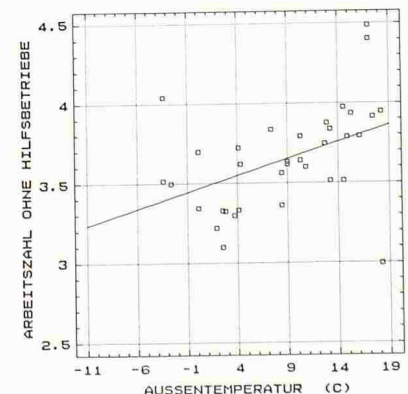
Energie-Einsatz 1984-1985



Heizleistung der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1987

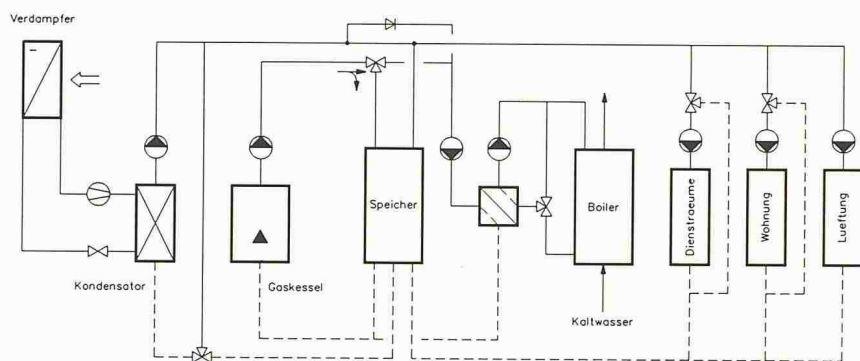


Anteil Wärmelieferung der WP am Gesamtwärmebedarf, Messdaten 1984-1987



Arbeitszahl der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1987

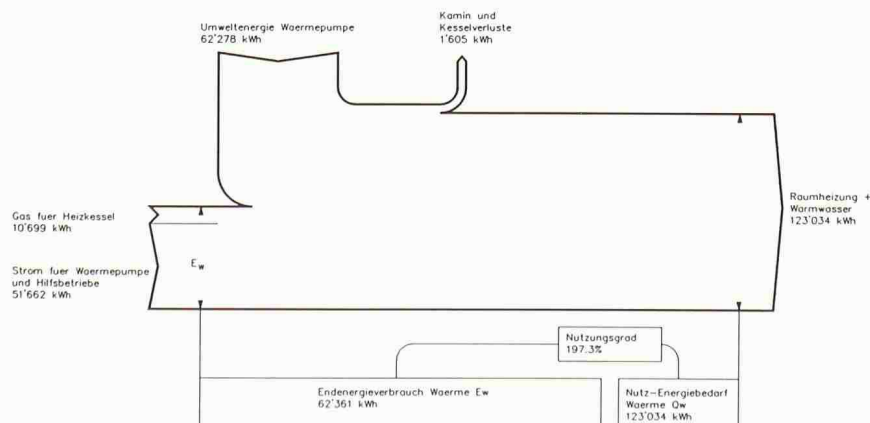
# BAHNHOF SCHWYZ



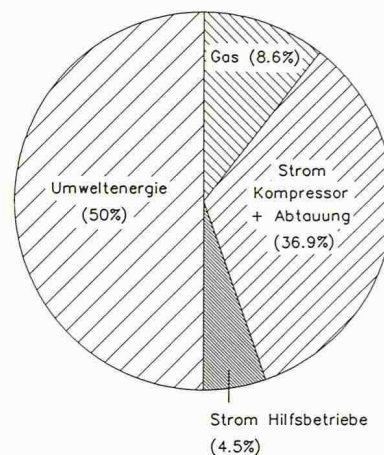
Prinzipschema der Anlage: Elektrowärmepumpe mit Luft und teilweiser Abwärme als Wärmequelle, bivalent alternativ ( $-3^{\circ}\text{C}$ ), Heizleistung 43.2 kW (50/45  $^{\circ}\text{C}$ ,  $-1.5/-7.3^{\circ}\text{C}$ ), Leistungsziffer 2.8

| PERIODE  | ANTRIEBS<br>ENERGIE<br>KOMPR. +<br>ABTAUUNG<br>(KWH) | ANTRIEBS<br>ENERGIE<br>HILFS-<br>BETRIEBE<br>(KWH) | WÄRME-<br>LIEFER.<br>WÄRME-<br>PUMPE<br>(KWH) | MITTLERE<br>HEIZ-<br>LEISTUNG<br>WP<br>(KW) | VOLLST-<br>BETRIEBS<br>STUNDEN<br>WP<br>(H) | LAUFZEIT<br>KOMPR.<br>PRO<br>IMPULS<br>(MIN) | ARBEITS-<br>ZAHL<br>OHNE<br>HILFSBT.<br>(-) | ARBEITS-<br>ZAHL<br>(-) | WÄRME-<br>LIEFER.<br>HEIZ-<br>KESSEL<br>(KWH) | PROZENT.<br>WÄRME-<br>LIEFER.<br>WP<br>(%) |
|----------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| JULI 86  | 888                                                  | 70                                                 | 1720                                          | 58,7                                        | 29,3                                        | 35,2                                         | 1,94                                        | 1,80                    | 0                                             | 100,0                                      |
| AUGUST   | 933                                                  | 74                                                 | 1810                                          | 58,2                                        | 31,1                                        | 38,1                                         | 1,94                                        | 1,80                    | 0                                             | 100,0                                      |
| SEPTEMB. | 915                                                  | 78                                                 | 1800                                          | 54,9                                        | 32,8                                        | 48,0                                         | 1,97                                        | 1,81                    | 0                                             | 100,0                                      |
| OKTOBER  | 2090                                                 | 250                                                | 5310                                          | 50,5                                        | 105,2                                       | 63,1                                         | 2,54                                        | 2,27                    | 0                                             | 100,0                                      |
| NOVEMB.  | 5324                                                 | 697                                                | 14670                                         | 50,0                                        | 293,6                                       | 71,0                                         | 2,76                                        | 2,44                    | 13                                            | 99,9                                       |
| DEZEMB.  | 7341                                                 | 919                                                | 18990                                         | 49,1                                        | 386,8                                       | 88,6                                         | 2,59                                        | 2,30                    | 426                                           | 97,8                                       |
| JANUAR   | 8572                                                 | 1075                                               | 19880                                         | 43,9                                        | 452,5                                       | 170,8                                        | 2,32                                        | 2,06                    | 6463                                          | 75,5                                       |
| FEBRUAR  | 6962                                                 | 864                                                | 17420                                         | 47,9                                        | 363,6                                       | 101,9                                        | 2,50                                        | 2,23                    | 262                                           | 98,5                                       |
| MÄRZ     | 7461                                                 | 960                                                | 18690                                         | 46,2                                        | 404,2                                       | 131,1                                        | 2,51                                        | 2,22                    | 1931                                          | 90,6                                       |
| APRIL    | 2806                                                 | 357                                                | 7470                                          | 49,7                                        | 150,4                                       | 79,2                                         | 2,66                                        | 2,36                    | 0                                             | 100,0                                      |
| MAI      | 1792                                                 | 206                                                | 4270                                          | 49,2                                        | 86,8                                        | 59,2                                         | 2,38                                        | 2,14                    | 0                                             | 100,0                                      |
| JUNI 87  | 946                                                  | 82                                                 | 1910                                          | 55,0                                        | 34,7                                        | 35,9                                         | 2,02                                        | 1,86                    | 0                                             | 100,0                                      |
| 86 - 87  | 46031                                                | 5631                                               | 113940                                        | 48,1                                        | 2371,0                                      | 90,7                                         | 2,48                                        | 2,21                    | 9094                                          | 92,6                                       |
| 85 - 86  | 45143                                                | 5591                                               | 112740                                        | 47,9                                        | 2354,2                                      | 68,9                                         | 2,50                                        | 2,22                    | 8030                                          | 93,4                                       |
| 84 - 85  | 40679                                                | 5443                                               | 115830                                        | 50,5                                        | 2291,8                                      | 63,0                                         | 2,85                                        | 2,51                    | 17722                                         | 86,7                                       |

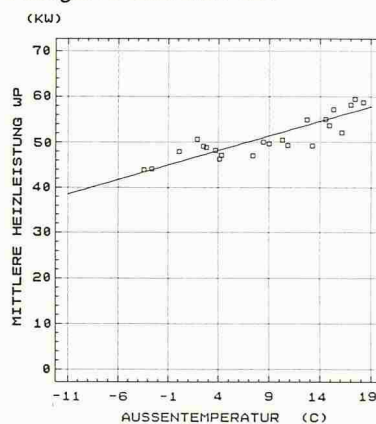
Messresultate und daraus abgeleitete Grössen



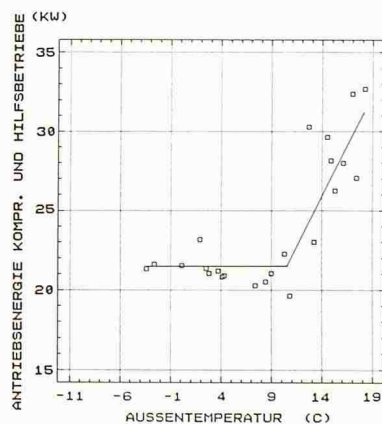
Energie-Flussdiagramm 1986-1987



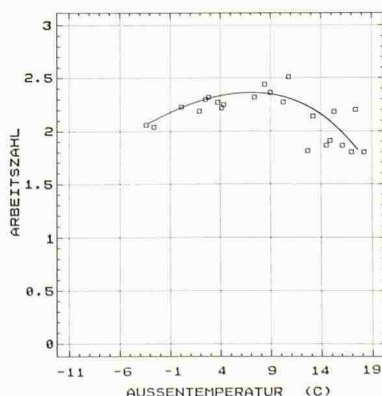
Energie-Einsatz 1986-1987



Heizleistung der Wärmepumpe, Messdaten 1985-1987



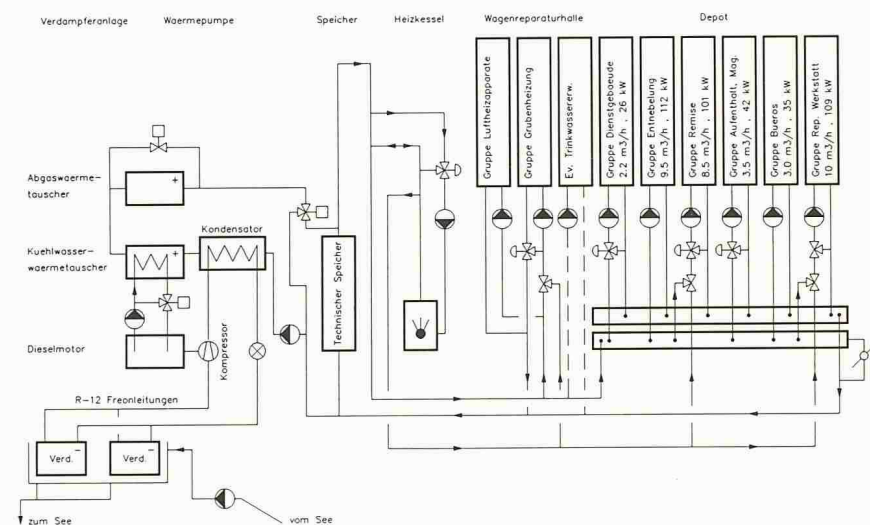
Elektrische Leistungsaufnahme Kompressor und Hilfsbetriebe, Messdaten 1985-1987



Arbeitszahl der Wärmepumpe, Messdaten 1985-1987

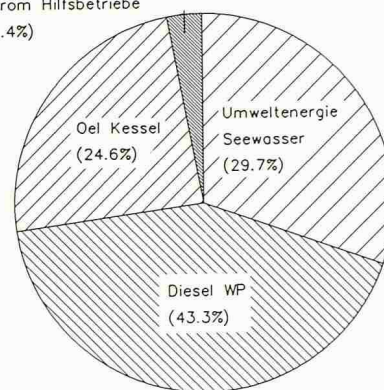


## DEPOT RORSCHACH

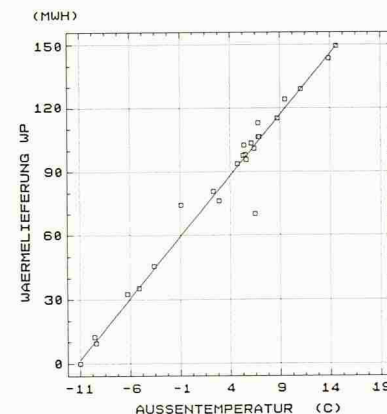


Prinzipschema der Anlage: Dieselmotorwärmepumpe mit Seewasser als Wärmequelle, bivalent parallel ( $-2^{\circ}\text{C}$ ), Heizleistung 251.5 kW ( $64/50^{\circ}\text{C}$ ,  $4/2^{\circ}\text{C}$ ), Leistungsziffer 3.14, Heizziffer 1.74

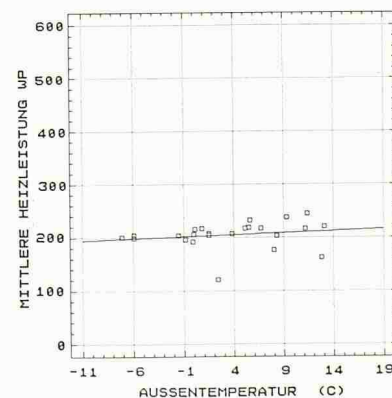
Strom Hilfsbetriebe  
(2.4%)



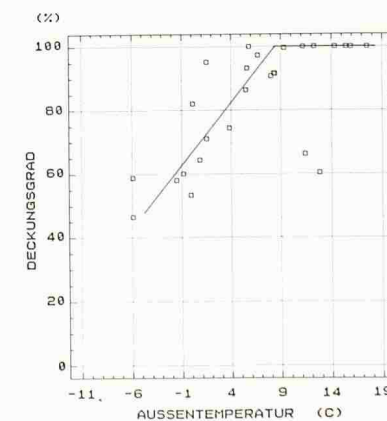
Energie-Einsatz 1984-1985



Wärmelieferung und Primärenergieverbrauch der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1987



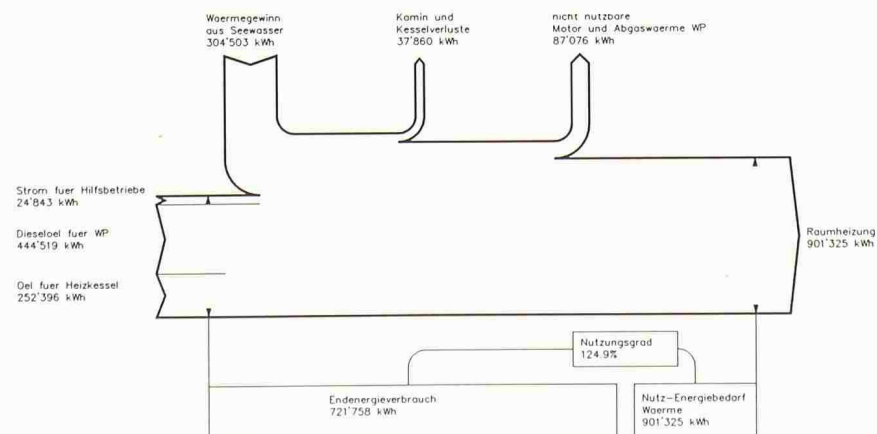
Heizleistung der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1987



Anteil Wärmelieferung der WP am Gesamtwärmebedarf, Messdaten 1984-1987

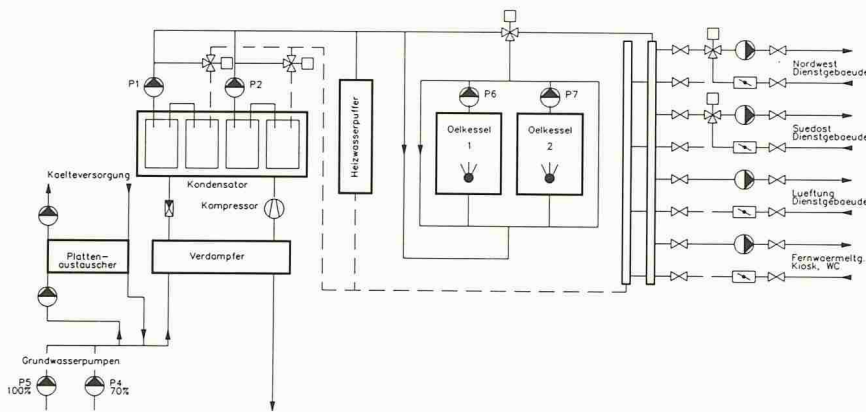
| PERIODE  | PRIMAER-ENERGIE-WÄRME-PUMPE (KWH) | ANTRIEBS-ENERGIE-HILFS-BETRIEBE (KWH) | WÄRME-LIEFER.-WÄRME-PUMPE (KWH) | MITTLERE HEIZ-LEISTUNG WP (KW) | VOLLST-BETRIEBS-STUNDEN WP (H) | LAUFZEIT KOMPR. PRO IMPULS (MIN) | HEIZ-ZAHL OHNE HILFSBT. (-) | HEIZ-ZAHL (-) | WÄRME-LIEFER.-HEIZ-KESSEL (KWH) | PROZENT. WÄRME-LIEFER. WP (%) |
|----------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|
| JULI 84  | 0                                 | 0                                     | 0                               |                                |                                |                                  |                             |               | 0                               |                               |
| AUGUST   | 0                                 | 0                                     | 0                               |                                |                                |                                  |                             |               | 0                               |                               |
| SEPTEMB. | 5679                              | 315                                   | 8998                            | 243,8                          | 37                             | 84                               | 1,58                        | 1,50          | 0                               | 100                           |
| OKTOBER  | 29651                             | 1645                                  | 45697                           | 237,1                          | 193                            | 96                               | 1,54                        | 1,46          | 168                             | 100                           |
| NOVEMB.  | 65060                             | 3206                                  | 97599                           | 231,4                          | 422                            | 114                              | 1,50                        | 1,43          | 6972                            | 93                            |
| DEZEMB.  | 71649                             | 3486                                  | 106300                          | 216,8                          | 490                            | 156                              | 1,48                        | 1,41          | 58732                           | 64                            |
| JANUAR   | 68385                             | 3871                                  | 103504                          | 204,1                          | 507                            | 360                              | 1,51                        | 1,43          | 72717                           | 59                            |
| FEBRUAR  | 62814                             | 3605                                  | 93688                           | 203,4                          | 461                            | 258                              | 1,49                        | 1,41          | 67689                           | 58                            |
| MÄRZ     | 81939                             | 4550                                  | 124149                          | 207,5                          | 598                            | 1392                             | 1,52                        | 1,44          | 6257                            | 95                            |
| APRIL    | 40435                             | 2891                                  | 74345                           | 216,5                          | 343                            | 258                              | 1,84                        | 1,72          | 2001                            | 97                            |
| MAI      | 18907                             | 1274                                  | 32509                           | 215,7                          | 151                            | 276                              | 1,72                        | 1,61          | 0                               | 100                           |
| JUNI 85  | 0                                 | 0                                     | 0                               |                                |                                |                                  |                             |               | 0                               |                               |
| 84 - 85  | 444519                            | 24843                                 | 686789                          | 214,5                          | 3202                           | 216                              | 1,55                        | 1,46          | 214536                          | 76                            |
| 85 - 86  | 496619                            | 26705                                 | 708554                          | 210,9                          | 3360                           |                                  | 1,43                        | 1,35          |                                 |                               |
| 86 - 87  | 551608                            | 30254                                 | 810247                          |                                |                                |                                  | 1,47                        | 1,39          | 361123                          | 69                            |

Messresultate und daraus abgeleitete Grössen



Energie-Flussdiagramm 1984-1985

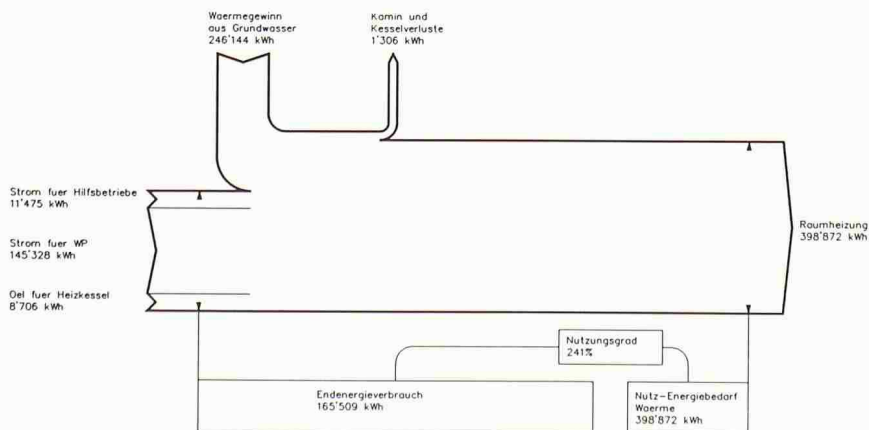
# BAHNHOF SARGANS



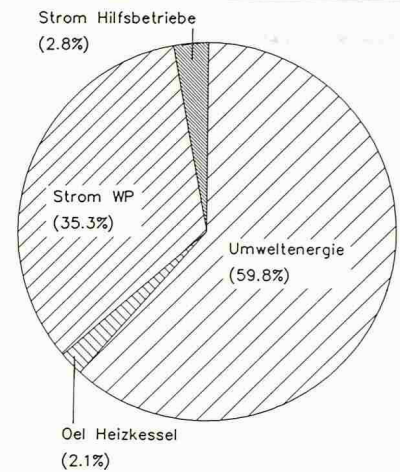
Prinzipschema der Anlage: Elektrowärmepumpe mit Grundwasser als Wärmequelle, bivalent parallel ( $-3^{\circ}\text{C}$ ), Heizleistung 217 kW ( $55/45^{\circ}\text{C}$ ,  $9/5^{\circ}\text{C}$ ), Leistungsziffer 2.86

| PERIODE  | ANTRIEBS<br>ENERGIE<br>KOMPR.<br>1 - 4<br>(KWH) | ANTRIEBS<br>ENERGIE<br>HILFS-<br>BETRIEBE<br>(KWH) | WÄRME-<br>LIEFER.<br>WÄRME-<br>PUMPE<br>(KWH) | MITTLERE<br>HEIZ-<br>LEISTUNG<br>WP<br>(KW) | VOLLST-<br>BETRIEBS<br>STUNDEN<br>WP<br>(H) | LAUFZEIT<br>KOMPR. 4<br>PRO<br>IMPULS<br>(MIN) | ARBEITS-<br>ZAHL<br>OHNE<br>HILFSBT.<br>(-) | ARBEITS-<br>ZAHL<br>(-) | WÄRME-<br>LIEFER.<br>HEIZ-<br>KESSEL<br>(KWH) | PROZENT.<br>WÄRME-<br>LIEFER.<br>WP<br>(%) |
|----------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| JULI 84  | 1034                                            | 82                                                 | 2407                                          | 218,8                                       | 11,0                                        | 126                                            | 2,33                                        | 2,16                    | 84                                            | 96,6                                       |
| AUGUST   | 4868                                            | 593                                                | 13427                                         | 205,8                                       | 65,3                                        | 54                                             | 2,76                                        | 2,46                    | 841                                           | 94,1                                       |
| SEPTEMB. | 8946                                            | 883                                                | 24679                                         | 203,1                                       | 121,5                                       | 54                                             | 2,76                                        | 2,51                    | 1261                                          | 95,1                                       |
| OKTOBER  | 15236                                           | 1121                                               | 41206                                         | 199,8                                       | 206,3                                       | 60                                             | 2,70                                        | 2,52                    | 0                                             | 100,0                                      |
| NOVEMB.  | 22448                                           | 1405                                               | 60458                                         | 196,3                                       | 308,0                                       | 60                                             | 2,69                                        | 2,53                    | 0                                             | 100,0                                      |
| DEZEMB.  | 27180                                           | 1929                                               | 72377                                         | 194,3                                       | 372,5                                       | 72                                             | 2,66                                        | 2,49                    | 3448                                          | 95,5                                       |
| JANUAR   | 24176                                           | 1780                                               | 65079                                         | 194,4                                       | 334,8                                       | 42                                             | 2,69                                        | 2,51                    | 1261                                          | 98,1                                       |
| FEBRUAR  | 16906                                           | 1143                                               | 45548                                         | 195,3                                       | 233,3                                       | 126                                            | 2,69                                        | 2,52                    | 168                                           | 99,6                                       |
| MÄRZ     | 13236                                           | 971                                                | 35968                                         | 199,0                                       | 180,8                                       | 96                                             | 2,72                                        | 2,53                    | 84                                            | 99,8                                       |
| APRIL    | 6898                                            | 770                                                | 19034                                         | 203,0                                       | 93,8                                        | 78                                             | 2,76                                        | 2,48                    | 252                                           | 98,7                                       |
| MAI      | 3962                                            | 796                                                | 11289                                         | 214,0                                       | 52,8                                        | 108                                            | 2,85                                        | 2,37                    | 0                                             | 100,0                                      |
| JUNI 85  |                                                 |                                                    |                                               |                                             |                                             |                                                |                                             |                         |                                               |                                            |
| 84 - 85  | 145328                                          | 11475                                              | 391472                                        | 197,7                                       | 1979,8                                      | 72                                             | 2,69                                        | 2,50                    | 7400                                          | 98,1                                       |
| 85 - 86  | 140712                                          | 11289                                              | 381658                                        | 211,9                                       | 1800,8                                      | 66                                             | 2,71                                        | 2,51                    | 8326                                          | 97,9                                       |

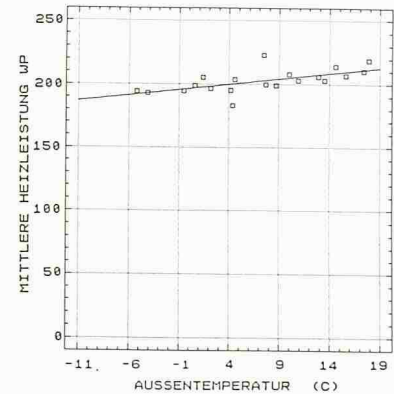
Messresultate und daraus abgeleitete Grössen



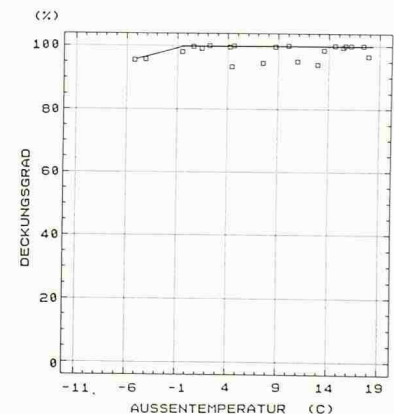
Energie-Flussdiagramm 1984-1985



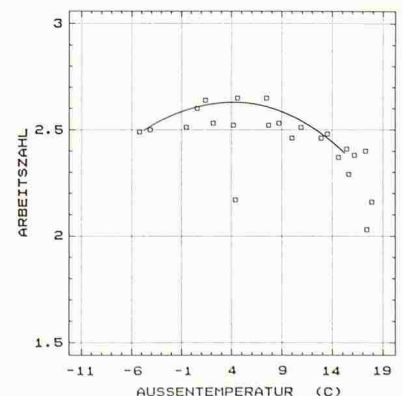
Energie-Einsatz 1984-1985



Heizleistung der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1986



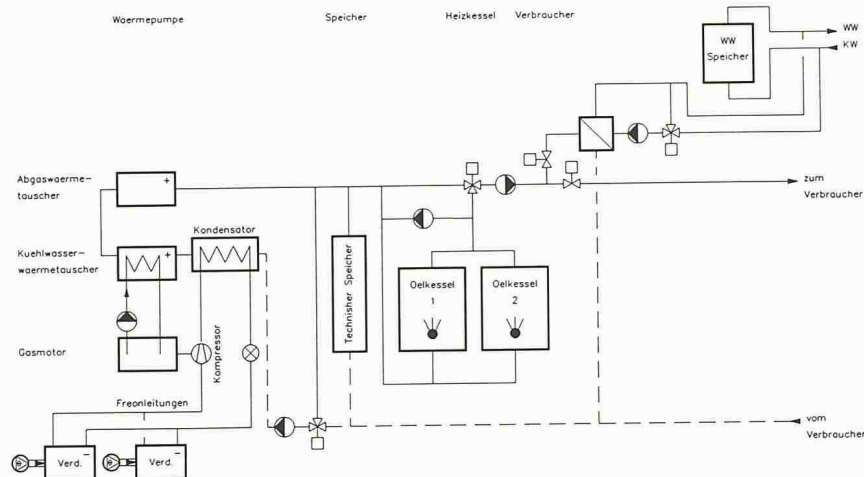
Anteil Wärmelieferung der WP am Gesamtwärmebedarf, Messdaten 1984-1986



Arbeitszahl der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1986



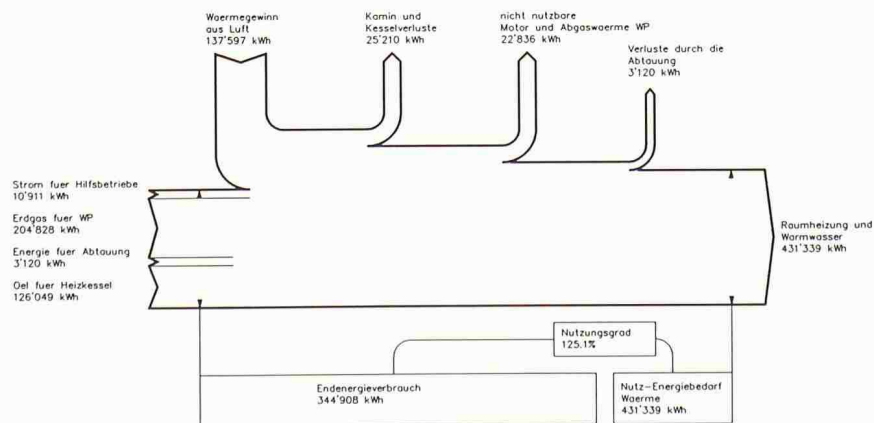
## BRÜNIGDEPOT



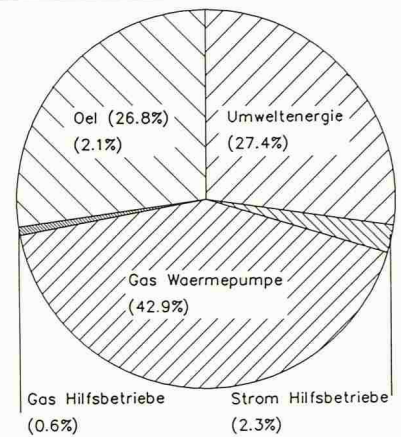
Prinzipschema der Anlage: Gasmotorwärmepumpe mit Luft als Wärmequelle, bivalent alternativ ( $-3^{\circ}\text{C}$ ), Heizleistung 143.2 kW ( $T_A = -5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{VORL.} = 54^{\circ}\text{C}$ ), Heizziffer 1.4, Heizleistung 189.4 kW ( $T_A = +5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{VORL.} = 43^{\circ}\text{C}$ ), Heizziffer 1.79

| PERIODE  | PRIMAER-ENERGIE<br>WÄRME-<br>PUMPE<br>(KWH) | ANTRIEBS-ENERGIE<br>HILFS-<br>BETRIEBE<br>(KWH) | WÄRME-<br>LIEFER.<br>WÄRME-<br>PUMPE<br>(KWH) | MITTLERE<br>HEIZ-<br>LEISTUNG<br>WP<br>(KW) | VOLLST-<br>BETRIEBS-<br>STUNDEN<br>WP<br>(H) | LAUFZEIT<br>WP<br>PRO<br>IMPULS<br>(MIN) | HEIZ-<br>ZAHL<br>OHNE<br>HILFSBT.<br>(-) | HEIZ-<br>ZAHL<br>(-) | WÄRME-<br>LIEFER.<br>HEIZ-<br>KESSEL<br>(KWH) | PROZENT.<br>WÄRME-<br>LIEFER.<br>WP<br>(%) |
|----------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| JULI 84  | 4279                                        | 226                                             | 6000                                          | 127,7                                       | 47                                           | 102                                      | 1,40                                     | 1,33                 | 0                                             | 100                                        |
| AUGUST   | 5308                                        | 274                                             | 8800                                          | 154,4                                       | 57                                           | 108                                      | 1,66                                     | 1,58                 | 0                                             | 100                                        |
| SEPTEMB. | 4146                                        | 230                                             | 6700                                          | 139,6                                       | 48                                           | 30                                       | 1,62                                     | 1,53                 | 0                                             | 100                                        |
| OKTOBER  | 12151                                       | 680                                             | 19100                                         | 134,5                                       | 142                                          | 48                                       | 1,57                                     | 1,49                 | 0                                             | 100                                        |
| NOVEMB.  | 24006                                       | 1282                                            | 40200                                         | 149,4                                       | 269                                          | 60                                       | 1,68                                     | 1,59                 | 3031                                          | 93                                         |
| DEZEMB.  | 35652                                       | 1897                                            | 53000                                         | 130,2                                       | 407                                          | 78                                       | 1,51                                     | 1,41                 | 7441                                          | 88                                         |
| JANUAR   | 25235                                       | 1369                                            | 37300                                         | 124,3                                       | 300                                          | 72                                       | 1,53                                     | 1,40                 | 66693                                         | 36                                         |
| FEBRUAR  | 30877                                       | 1641                                            | 46900                                         | 131,4                                       | 357                                          | 90                                       | 1,56                                     | 1,44                 | 20925                                         | 69                                         |
| MÄRZ     | 32088                                       | 1689                                            | 49600                                         | 136,6                                       | 363                                          | 108                                      | 1,58                                     | 1,47                 | 1929                                          | 96                                         |
| APRIL    | 15496                                       | 793                                             | 28800                                         | 173,5                                       | 166                                          | 66                                       | 1,86                                     | 1,77                 | 276                                           | 99                                         |
| MAI      | 10302                                       | 556                                             | 21600                                         | 186,2                                       | 116                                          | 96                                       | 2,10                                     | 1,99                 | 269                                           | 99                                         |
| JUNI 85  | 5289                                        | 274                                             | 12500                                         | 219,3                                       | 57                                           | 60                                       | 2,36                                     | 2,25                 | 276                                           | 98                                         |
| 84 - 85  | 204828                                      | 10911                                           | 330500                                        | 141,9                                       | 2329                                         | 78                                       | 1,64                                     | 1,53                 | 100839                                        | 77                                         |
| 85 - 86  | 201169                                      | 10918                                           | 318800                                        | 136,0                                       | 2349                                         | 96                                       | 1,62                                     | 1,48                 | 85246                                         | 79,0                                       |
| 86 - 87  | 191077                                      | 10040                                           | 295600                                        | 136,0                                       | 2172                                         | 78                                       | 1,58                                     | 1,44                 | 91765                                         | 76,0                                       |

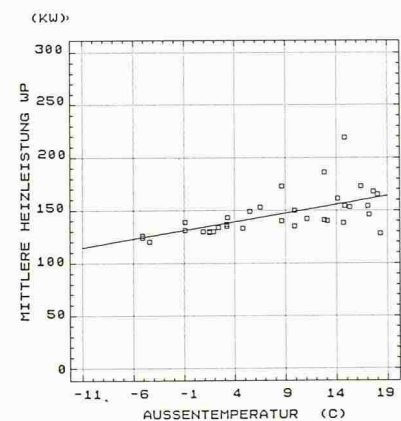
Messresultate und daraus abgeleitete Grössen



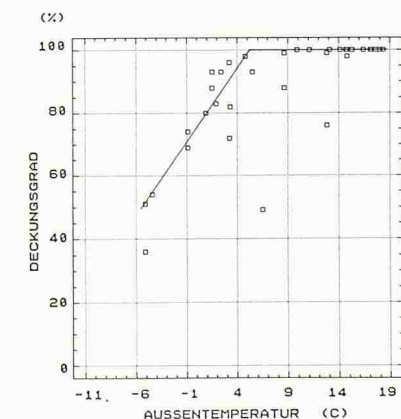
Energie-Flussdiagramm 1984-1985



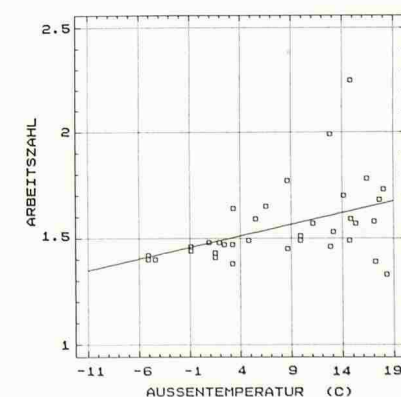
Energie-Einsatz 1984-1985



Heizleistung der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1987



Anteil Wärmelieferung der WP am Gesamtwärmebedarf, Messdaten 1984-1987



Heizzahl der Wärmepumpe, Messdaten 1984-1987

**Literatur**

- [1] Auswertung von alternativen Wärmeerzeugungsanlagen  
Hauptbericht und Anhang Band I, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich, Juli 1988  
Beide Berichte können bei Herrn Däppen, Generaldirektion der SBB, Bauabteilung, Sektion Heizung/Lüftung, Mittelstr. 43, 3012 Bern, bezogen werden.

+8 °C und sinkt vor allem bei höheren Aussentemperaturen als Folge grösserer An- und Abfahrverluste stark ab.

Der Energieaufwand für den Antrieb der Hilfsbetriebe liegt bei etwa 8% der Kompressorenenergie und stellt für eine Grundwasserpumpe einen guten Wert dar.

Bezüglich Betriebserfahrungen wird die Anlage als positiv beurteilt. Bis auf einige wenige Störungen läuft die Anlage gut.

### Brünigdepot und Lokomotivabspritzstand Luzern

**Ausgangslage**

Die Erneuerung der Bahnhofanlage Luzern erforderte den Abbruch des alten

Lokomotivdepots der Brünigbahn am Inseliquai. Es bot sich nun die Gelegenheit, die Heizanlage des neuen Brünigdepots an die nahegelegene Heizzentrale der Lokomotivwaschanlage anzuschliessen. Die Heizzentrale der Lokomotivwaschanlage wurde 1973 erstellt und umfasste 2 Heizkessel und 3 Warmwasserboiler. Durch den Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage sowie durch die Änderung des Waschvorgangs konnte genügend Wärmeleistungsreserve freigestellt werden, um das neue Gebäude an die bestehende Zentrale anzuschliessen. Durch Senkung der Wassertemperatur von 80 °C auf 50 °C stand dem Einsatz einer Gasmotor-Wärmepumpe nichts mehr im Wege.

### Erkenntnisse und Betriebserfahrungen

Die Messergebnisse zeigen, dass die Wärmepumpe richtig dimensioniert ist. Sie deckt 40% des max. Wärmeleistungsbedarfs sowie knapp 80% des Heizenergiebedarfs eines Jahres ab. Dabei erreicht sie eine Vollbetriebsstundenzahl von 2300 h pro Jahr, was typisch für eine solche bivalent betriebene Anlage ist.

In Anbetracht dessen, dass als Wärmequelle nur kalte Aussenluft zur Verfügung steht, stellen die erreichten Heizzahlen von durchschnittlich 1,48 gute Werte dar. Bei sehr kalten Aussentemperaturen vereist der Verdampfer und

muss häufig abgetaut werden. Dies hat zur Folge, dass die Wärmepumpe nicht die maximal mögliche Wärme liefern kann. Aus den zur Verfügung stehenden monatlichen Messdaten war es jedoch nicht möglich, einen Zusammenhang zwischen Aussentemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Abtauenergie aufzuzeigen.

Die von der Wärmepumpe gelieferte Heizleistung liegt tiefer als vom Hersteller spezifiziert. Die Abweichungen zwischen Messwerten und Herstellerangaben sind dabei besonders bei hohen Aussentemperaturen gross. Die Gründe dafür sind nicht bekannt.

Der Energieaufwand für die Hilfsbetriebe (Ventilatoren, Abtauung) beträgt etwa 5% des Primärenergieverbrauchs der Wärmepumpe. Dieser Wert ist für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe eher hoch.

Ansonsten sind die Betriebserfahrungen mit dieser Anlage gut. Abgesehen von einzelnen wenigen Störungen läuft die Wärmepumpe problemlos.

Adresse des Verfassers: M. Keller, dipl. Bauing. ETH, M.Sc. Mech. Eng. CSU, Projektbereich Alternativenenergie, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8034 Zürich.

## Concours: Logements aux Cornes-Morel à La Chaux-de-Fonds

Le Conseil communal de la ville de La Chaux-de-Fonds, en collaboration avec la société simple «groupement des quatre Fonds» a organisé, par l'intermédiaire de la Direction des Travaux publics, un concours de projets pour la construction de 200 logements aux Cornes-Morel. Ce concours a été ouvert aux urbanistes et architectes neuchâtelois ou domiciliés dans le canton avant le 1er janvier 1988, inscrits au registre neuchâtelois A ou B des architectes, ainsi qu'aux architectes originaires du canton de Neuchâtel. Par ailleurs, quatre bureaux ont été invités à participer au concours: ARB, Arbeitsgruppe à Berne; P. Mestelan et B. Gachet à Lausanne; M. Borges à Carouge; et Architrave à Delémont.

24 projets ont été remis dans les délais exigés. Trois projets ont été écartés de la répartition des prix. Résultats:

**1er prix (25 000 Fr.):** C. Schelling, Wangen; collaborateurs: R. Barth, T. Frei, W. Handschin, B. Kruck, U. Schelling

**2e prix (15 000 Fr.):** SRA Genève, P. Koessler, M. C. Koessler, C. Morel; collaborateur: D. Bürki

**3e prix (11 000 Fr.):** P. Cornu, P. Estoppey, Fontaines; collaborateur: M. Colomb

**4e prix (10 000 Fr.):** N.C.L., La Chaux-de-Fonds, G.M. Triponez, P.A. Maire, F. Steiger, S. Horni; collaborateurs: M. Decosterd, J.L. Baume

**5e prix (8000 Fr.):** A. Burnier, P. Lorenz, A. Robert-Tissot, R. Ruada, Genève

**6e prix (6000 Fr.):** Architrave, Delémont, H. Robert-Charrue, G. Wuthrich, A. Calpe; collaborateurs: P. Ruegg, C. Crevoiserat

**7e prix (5000 Fr.):** L. Chenu, P. Jequier, Genève; collaborateurs: H. Dufour, A. Poussièrre, N. Pradervand

**8e prix (4000):** ARB Arbeitsgruppe, Bern, K. Aellen, F. Biffiger, P. Keller, T. Keller

**9e prix (3000 Fr.):** Mestelan et P. Gachet, Lausanne; collaborateurs: M.P. Zufferey, F. Baldi, I. Rossi, M. Villard

*Achat (7000 Fr.):* P. Graber, Le Locle

A l'unanimité le jury déclare, que la qualité du projet classé au premier rang justifie l'attribution du mandat d'exécution à son auteur.

Le jury était composé comme suit: A. Brin-golf, conseiller communal; Mme S. Moser, architecte, urbaniste communale, La Chaux-de-Fonds; les architectes prof. T. Carloni, Genève/Rovio; P. Feddersen, Zumikon; prof. Ph. Joye, Fribourg; Mme. M. de Lattre-Wiesel, Blonay; P.E. Monot, Lausanne; suppléants: E. Galley, agent immobilier, Genève; Mme prof. G. von Wyss, représentante d'une association coopérative.

### Extrait du programme

Ce concours de projets a pour but la réalisation de logements sociaux par étapes. La première étape comprendra entre 40 et 50 logements, les étapes suivantes sont à définir par les concurrents.

Le concurrent proposera une solution tenant compte de l'adaptation de l'habitat urbain aux besoins des futurs utilisateurs par:

- une bonne adéquation du logement locatif au mode de vie actuel,
- une recherche de solutions constructives