

# Vorstudie zum Thema JAZ Monitoring

Auftraggeber: Förderverein Energiesysteme

Autor: Christian Seitz

Datum: 30. Oktober 2014

## Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Problematik .....	3
1.2	Idee.....	3
1.3	Ziel .....	4
2	Messkonzept .....	4
2.1	Systemgrenzen .....	4
2.2	Messprinzip .....	5
2.3	Messgrößen.....	7
3	Monitoring System .....	8
3.1	Datentransfer .....	8
3.2	Datenverarbeitung .....	10
3.3	Datenbank .....	10
3.4	Datenanalyse.....	11
3.5	Fernwartung.....	14
4	Komponenten.....	15
5	Kostenrechnung .....	17
5.1	Messeinrichtung.....	17
5.2	Datenverkehr.....	19
5.3	Gesamtkosten.....	20
6	Finanzieller Anreiz .....	20
7	Installationsablauf .....	20
8	Fazit .....	21
9	Verzeichnisse.....	22
10	Quellen .....	23

# 1 Einleitung

## 1.1 Problematik

Wärmepumpen und andere Wärmeerzeuger bringen im Betrieb oft nicht die versprochene Heizleistung aus der Planung. Messwerte aus dem Prüfblatt werden somit nicht erreicht. Diese Abweichungen sind oftmals darauf zurückzuführen, dass Wärmepumpen nicht ideal in das System eingebunden werden oder andernfalls Installationsfehler auftreten. Wärmepumpen mit inbegriffener Messüberwachung sind nur wenige auf dem Markt erhältlich.

Ebenfalls problematisch sind die Nutzungsgrade, welche als Vergleichsgrößen dienen. Je nachdem wo die Messpunkte (Systemgrenze) gewählt werden, berechnen sich verschiedene Werte. Ein einheitlicher Nutzungsgrad ist bis anhin noch keiner definiert worden.

## 1.2 Idee

Dieses Dokument befasst sich mit verschiedenen Methoden, wie eine Heizanlage komplett überwacht werden kann.

Ein Kernpunkt liegt darin, dass die Messdaten, bzw. die daraus resultierenden Kennzahlen der Anlage, über eine online Datenbank dem Nutzer, Hersteller und weiteren Interessenten in (anonymisierter) zur Verfügung stehen.

Wer soll die Daten nutzen und wofür?

WPZ	BFE / Staat	Kunde	Hersteller / Installateur
Ursachen für Abweichungen der Effizienz zwischen Betrieb im Feld und Prüfunterlagen finden	Hilfe für Fördermodelle (nur gut funktionierende Anlagen sollen gefördert werden)	Übersicht über Heizbedarf und Stromverbrauch (Kosten)	Ursachen für Störungen schneller finden
Verbesserungspotential erkennen	Bessere Informationen für Statistiken (Energieverteilung im Gebäude)	Gegenüberstellung der eigenen Anlage mit anderen vergleichbaren Anlagen	Überwachung der Effizienz der Anlage
Vergleich und Bewertung von verschiedenen Anlagentypen	Aussagen über Gebäude-Energiebedarf	Beurteilung vom Gebäude	Erübrigen von jährlichen Servicebesuchen und Ermöglichen von Fernwartung
	Erkennen von „Schwarzen Schafen“ (Beispielsweise schlechte Installationen)		

Tabelle 1: Datennutzung

### 1.3 Ziel

Die Absicht dieses Systems ist an erster Stelle, das Betriebsverhalten der Wärmepumpe so gut wie möglich zu optimieren. Ebenfalls sollen Störungen frühzeitig erkannt und behoben werden.

Des Weiteren bringt dies folgende Vorteile mit sich:

- Kontrolle über den Nutzungsgrad
- Höhere Kundenzufriedenheit
- Druck auf Installateure bezüglich fehlerfreiem Anlagenbau
- Energieverbrauch vom Gebäude (Heizung und Warmwasser) veranschaulichen

## 2 Messkonzept

### 2.1 Systemgrenzen

Eine Schwierigkeit beim Wärmepumpen Monitoring liegt darin, eine Grösse zu finden um die Effizienz der Anlagen konkret zu vergleichen. Das heisst, die Messpunkte müssen so gewählt werden, dass ein reproduzierbares, aussagekräftiges und vergleichbares Messresultat folgt. Es entstehen grosse Unterschiede ob Zusatzheizungen, Umwälzpumpen, Speicherverluste oder andere Verbraucher und Verluste miteinbezogen werden oder nicht.

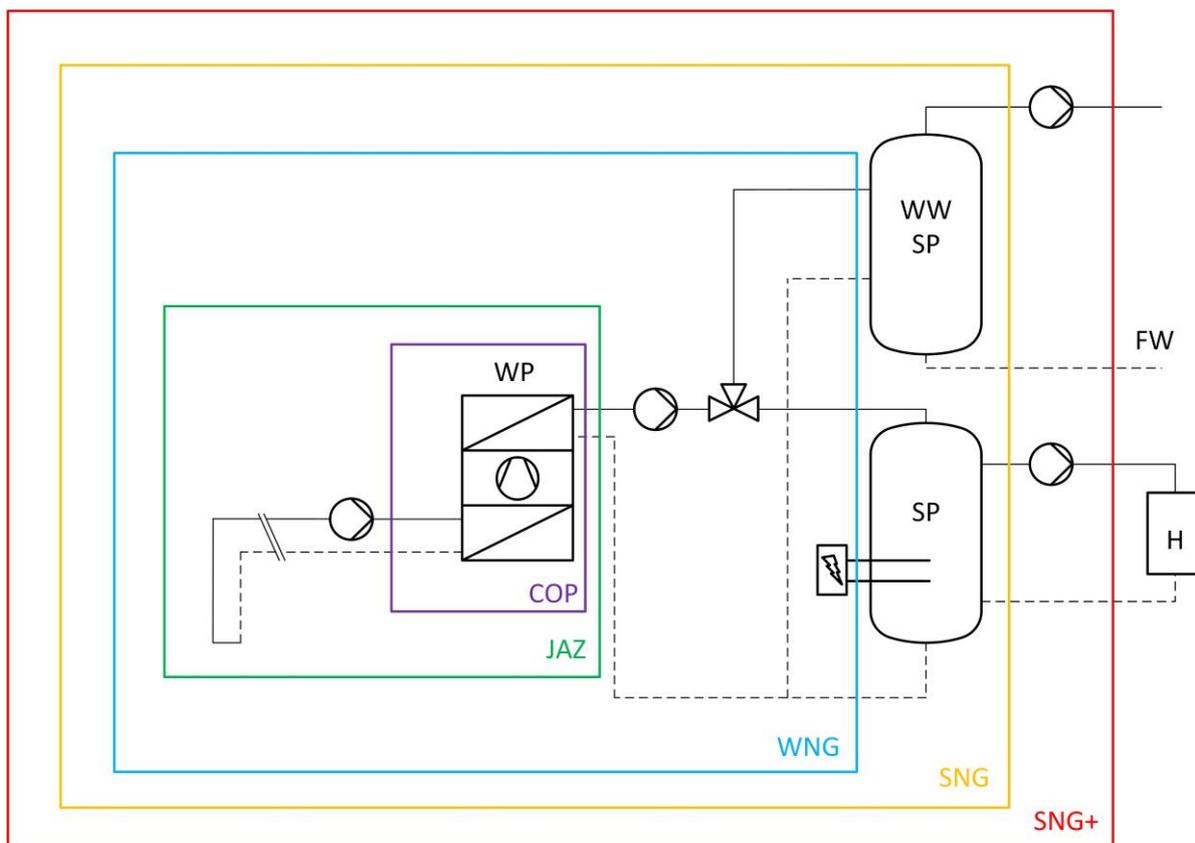


Abbildung 1: verschiedene Nutzungsgrade (Quelle: BFE)

In obiger Grafik sind verschiedene Nutzungsgrade mit ihren Systemgrenzen aufgezeigt. Sie werden folgendermassen definiert:

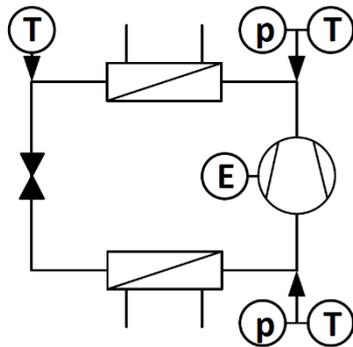
COP	<b>Coefficient of Performance</b> Der COP ist eine Leistungszahl und beschreibt den Wirkungsgrad der Wärmepumpe unter Standardbedingungen. Somit wird die erzeugte Wärmeleistung mit der Leistungsaufnahme des Verdichters, Ventilator und Steuerung verglichen.
JAZ	<b>Jahresarbeitszahl</b> Bei der JAZ steht die erzeugte Wärmeenergie im Verhältnis zum Stromverbrauch für Wärmepumpe und quellenseitige Pumpen und Verbraucher. Der Beurteilungszeitraum beträgt ein Jahr. Dabei ist die JAZ abhängig von System, Einbindung und Klima.
WNG	<b>Wärmeerzeugernutzungsgrad</b> Hier wird die Wärme von der gesamten Wärmepumpe und weiteren Wärmeerzeuger mit dem Stromverbrauch für jegliche Verbraucher zwischen Quelle und Wärmespeicher oder Verteiler gegenübergestellt
SNG	<b>Systemnutzungsgrad</b> Als Erweiterung zum WNG werden beim SNG Speicherverluste miteinbezogen. Der Stromverbrauch ist aber derselbe.
SNG+	<b>Systemnutzungsgrad+</b> Die vom Nutzer effektiv verwendete Wärme im Verhältnis zum gesamten Stromverbrauch. Wärmeverteilung und somit Leitungsverluste sind auch berücksichtigt.

Tabelle 2: Nutzungsgrade Definition (Quelle: BFE)

## 2.2 Messprinzip

Der Nutzungsgrad, bzw. Wirkungsgrad einer Wärmepumpe kann auf zwei verschiedene Varianten ermittelt werden. Zum einen, kann die Messung innerhalb der Wärmepumpe erfolgen, direkt im Kältekreislauf. Auf diese Weise lässt sich der COP bestimmen. Zum anderen, können die Nutzungsgrade berechnet werden indem eine externe Messung angewendet wird. Je nachdem welcher Nutzungsgrad gefragt ist, müssen die Messpunkte dementsprechend gewählt werden.

Die interne Messung erfolgt lediglich durch Temperatur- und Drucksensoren. Die Messung muss dabei direkt im Kältemittel Kreislauf erfolgen, wodurch sich mittels einem entsprechenden p-h Diagramm die Effizienz berechnen lässt. Dieses Verfahren bestimmt die nötigen thermodynamischen Zustände im Kreislauf durch fünf Sensoren. Dadurch lässt sich auf interne Modellierung verzichten und eine Verschlechterung des Verdichters kann detektiert werden.

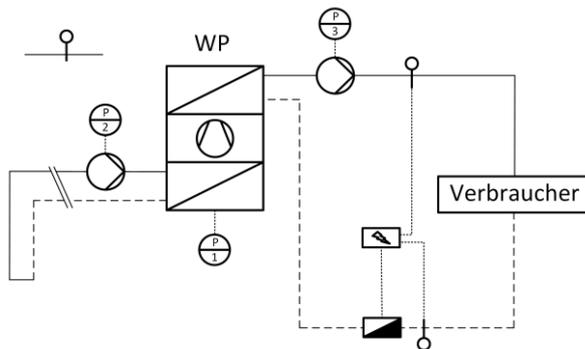


Genauigkeit	*1,	*2,	*3,	*4
T 0.5°C, p 0.8%	3.1,	2.9,	2.7,	2.7
T 1.5°C, p 0.8%	3.6	3.2,	3.3,	3.1
T 0.5°C, p 1.2%	4.0,	3.7,	3.3,	3.2
T 1.5°C, p 1.2%	4.4,	3.9,	3.8,	3.6

\*1: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Sauggasüberhitzer, \*2: Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Sauggasüberhitzer  
 \*3: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Zwischeneinspritzung, \*4: Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Zwischeneinspritzung

Abbildung 2: Interne Messung (Quelle: JAZ Monitoring Wärmepumpen-interne Messung der JAZ)

Die Tabelle in Abbildung 2 zeigt die Messgenauigkeit (%) in Bezug auf die Fühlertoleranzen (Druck- und Temperatursensoren) bei einem Messfehler des Stromzählers von 2 %.



Hingegen bei der externen Messung sind anstelle der Druck- und Temperatursensoren teurere Wärmezähler im Einsatz. Diese können dafür näher am Verbraucher montiert werden. Die Messresultate sind dadurch transparenter.

Abbildung 3: Externe Messung

	Vorteile	Nachteile
Interne Messung	Günstige Messgeräte (nur Temperatur- und Drucksensoren nötig)	Wärmeverluste ausserhalb der Wärmepumpe werden vernachlässigt
Externe Messung	Messpunkte können näher am Verbraucher gewählt werden.	COP kann nur als Annäherung für einen Nutzungsgrad verwendet werden
	Keinen Eingriff in Kältemittel Kreislauf	Teure Messinfrastruktur (Wärmezähler, Energiezähler)

Tabelle 3: Messprinzipien

## 2.3 Messgrößen

Die Einrichtung umfasst die nötigen Instrumente, um folgende Betriebseigenschaften zu messen:

- Stromverbrauch
- Wärmebedarf
- Laufzeit und Einschaltfrequenz
- Umgebungsumstände
- Evtl. Wärmequelle

Stromverbrauch und Wärmebedarf sind ausschlaggebend für den Nutzungsgrad und sollten im Haushalt möglichst gering gehalten werden. Dabei umfasst der Stromverbrauch jegliche elektrische Verbraucher innerhalb der Systemgrenze. Der Wärmebedarf umfasst den Heizbedarf sowie, falls vorhanden, den Energiebedarf für Brauchwarmwasser.

Laufzeit und Einschaltfrequenz des Verdichters sind notwendig zur Überwachung der Betriebsweise. Zu häufiges Ein- und Ausschalten sowie kurze Laufzeiten sind wesentliche Merkmale für eine ungünstige Einbindung der Wärmepumpe. Auch die Ausnutzung (Volllaststunden pro Tag) lässt sich damit bestimmen.

Die Umgebungsumstände müssen bekannt sein, damit ersichtlich ist, bei welchen Randbedingungen (Wetterdaten) die Anlage arbeitet. So können beispielsweise durch die Aussentemperatur die Heizkurve ermittelt werden oder Heizbedarfsspitzen erklärt werden. Als Alternative können Wetterdaten bei Meteoschweiz bezogen werden.

Die Differenz zwischen Stromverbrauch und Heizbedarf muss gemäss thermofluidodynamischen Grundlagen dem Energiebezug aus der Wärmequelle entsprechen. Andernfalls sind Verluste vorhanden. Durch Messen vom Energieentzug aus der Quelle kann dies überprüft werden.

### 3 Monitoring System

#### 3.1 Datentransfer

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Daten aus den Messgeräten in eine Datenbank zu bringen, wo verschiedene Parteien darauf zugreifen können. Die folgende Abbildung zeigt die wichtigsten Varianten:

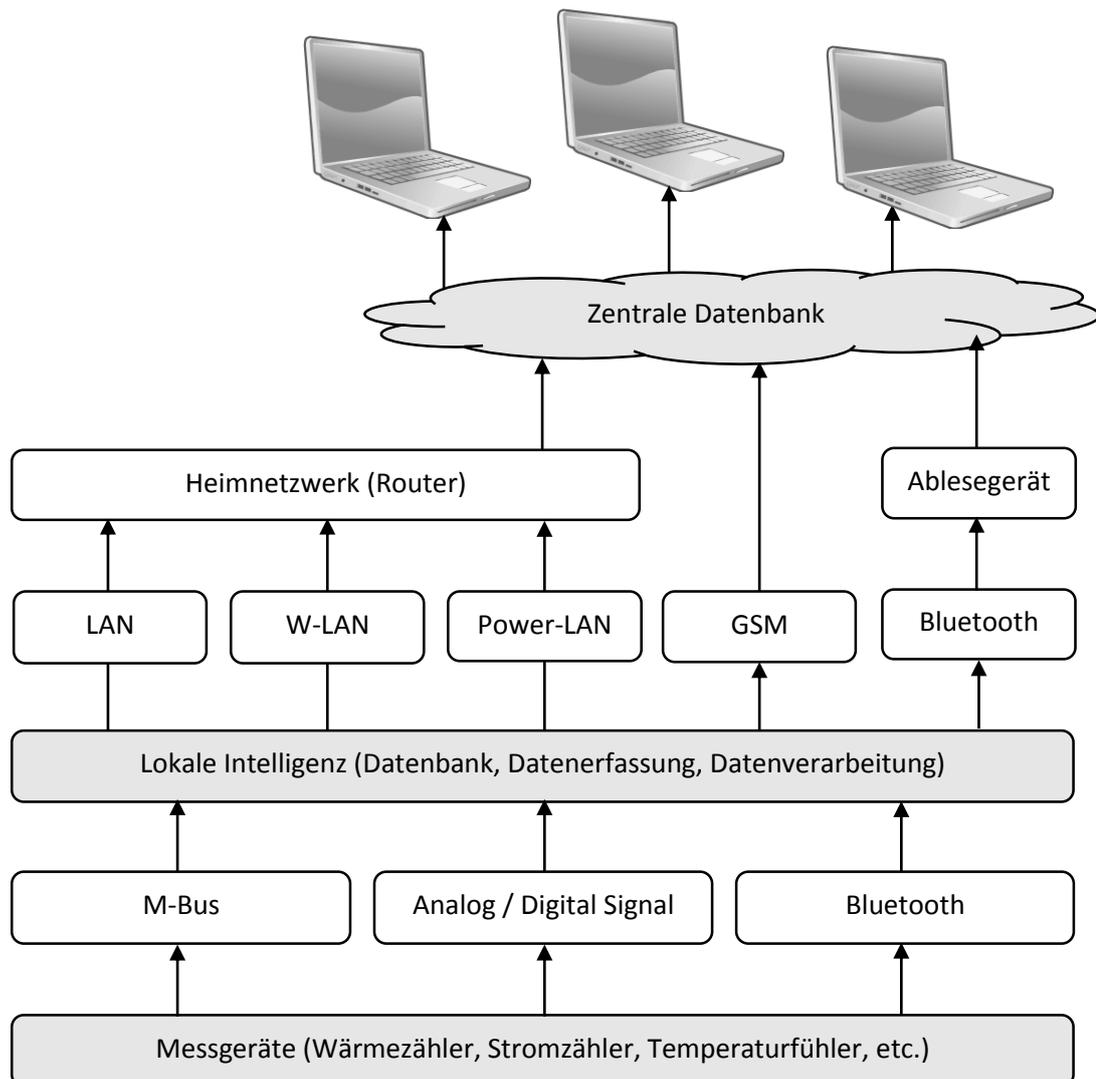


Abbildung 4: Möglichkeiten zum Datentransfer

	Funktionsweise	Bemerkungen
USB 	Konventionelle Art und Weise um die Rohdaten bei der Datenerfassung zu holen und extern weiter auszuwerten. Daten müssen periodisch von Hand abgeholt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günstige Variante</li> <li>• Schlecht geeignet für die Auswertung mehrerer Anlagen</li> <li>• Hohe Auflösung</li> </ul>
Telefon, Email 	Installateur fragt telefonisch bei dem Kunden nach den Messdaten. Der Kunde kann diese an seiner Anlage ablesen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostengünstig</li> <li>• Beim Ablesen können (absichtlich) Fehler entstehen</li> <li>• Schlechte Auflösung</li> </ul>
GSM  	Datenübertragung über digitales Mobilfunknetz. Automatisches Uploaden der Messdaten zu gewünschtem Zeitpunkt (täglich, bei Ausfall nachsenden).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Anschaffungskosten aber jährliche Zusatzkosten</li> </ul>
Bluetooth 	Über ein Funksystem werden die Daten mit Hilfe eines Auslesegeräts abgerufen. Funktioniert ausserhalb vom Gebäude, jedoch muss ein maximaler Abstand eingehalten werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird beispielsweise bei NeoVac für Wasser- und Wärmehähler eingesetzt</li> </ul>
Heimnetzwerk vom Kunden 	Hierbei wird die lokale Intelligenz (Mini-Computer) über eine gewisse Verbindung mit dem privaten Netzwerk Anschluss des Kunden gekoppelt. Dabei befindet sich der Mini-Computer bei der Heizungsanlage im Keller, hingegen der Router normalerweise im Wohnbereich. Mögliche Verbindungen zum Router sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Über ein LAN Kabel (Ethernet)</li> <li>• Über ein bereits vorhandenes W-LAN</li> <li>• Oder über Power-LAN (PLC)</li> </ul> Wiederum automatisches Uploaden der Messdaten zu gewünschtem Zeitpunkt (täglich, bei Ausfall nachsenden).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu bevorzugende Variante (wenig Aufwand und kostengünstig)</li> <li>• Kunde muss einen Internetanschluss besitzen und das automatische Versenden von Messdaten erlauben</li> <li>• W-LAN Empfang im Keller eher kritisch.</li> <li>• Für Power-LAN ist Steckdose notwendig</li> <li>• Wichtiges Kriterium ist die Sicherheit des Netzwerkes vom Kunden (Vertraulichkeit)</li> <li>• Könnte bei Mehrfamilienhäuser problematisch sein</li> <li>• Hohe Datenmenge möglich</li> </ul>

Tabelle 4: Möglichkeiten zur Datenübertragung

### 3.2 Datenverarbeitung

Diverse Messreihen werden durch Rechner weiter verarbeitet, um aussagekräftige Kennwerte zu erhalten. Dies kann auf zwei verschiedene Varianten geschehen. Erstens, können die Messwerte durch passende Mikrorechner oder SPS direkt im Haushalt bei der Heizanlage verarbeitet werden (lokale Datenbank). Oder zweitens, die Messwerte werden vorerst über das Internet in eine Cloud gesendet, wo sie dann der weiteren Verarbeitung unterzogen werden (zentrale Datenbank).

	Vorteile	Nachteile
Lokale Datenbank	Messwerte sind für den Nutzer sofort ersichtlich (auch im offline Modus ohne Internet Zugang)	Mehr elektronische Bauteile im Haushalt, wo der Nutzer unerwünschte Änderungen vornehmen kann
	Geringe Kosten durch rasche Entwicklung in der IT-Branche	Pflege vor Ort aufwändig
Zentrale Datenbank	Zugriff auf alle Daten von überall (Internet, App, etc.)	Deutlich mehr Daten (Messwerte) im Datentransfer und grössere zentrale Server notwendig
	Günstiger bei mehreren überwachten Anlagen	Falls Internet Verbindung über längere Zeit unterbrochen ist, sammeln sich lokal haufenweise Daten an

Tabelle 5: lokale und zentrale Intelligenz

### 3.3 Datenbank

Die nachfolgende Grafik zeigt grundsätzlich den Aufbau der Datenbank:

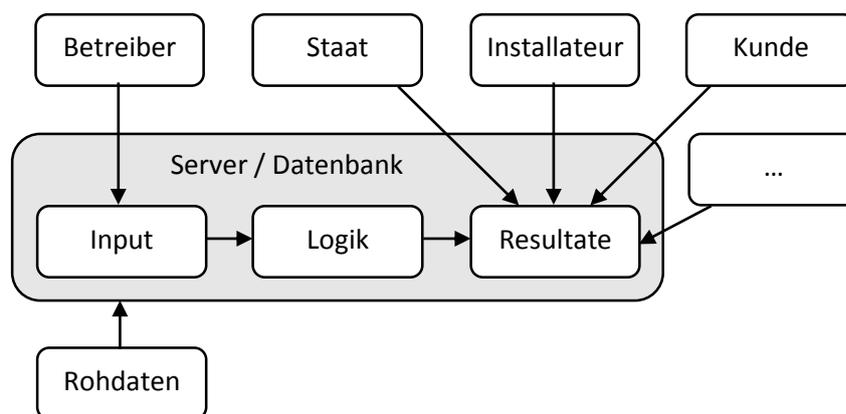


Abbildung 5: Aufbau der Datenbank

Der Server (Bsp. am NTB oder BFE, falls zentrale Logik) fasst die Daten aller Messstationen zusammen. Über den ETL-Prozess (Extract, Transform, Load) werden die Daten regelmässig eingelesen, normiert und transformiert. Sie bilden die Grundlage für weitere Berechnungen.

Über eine Logik werden die Rohdaten in Anlagenkennwerte und Gebäudeeigenschaften umgewandelt. Bei den Resultaten sind lediglich die konsolidierten Auswertungen gespeichert. Der Vorteil dieser Architektur liegt im Datenschutz, da die Resultate allen Ansprüchen des Datenschutzes genügen und die Kunden nur darauf Zugriff bekommen.

Durch das Anschliessen der Messeinrichtung am Internet oder Mobilfunknetz können die Daten über verschiedene Wege zum Nutzer, Installateur, oder andere Personen gelangen:

- SMS Nachricht
- E-Mail Nachricht
- Selbstständiges Abrufen auf einer Homepage
- App für Smartphones

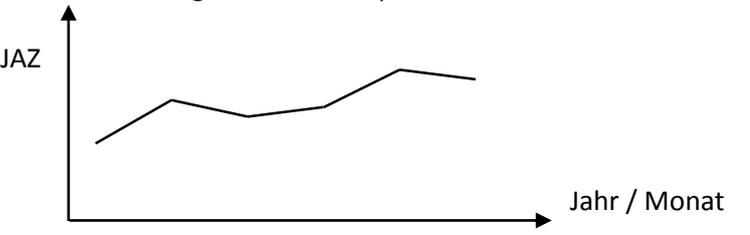
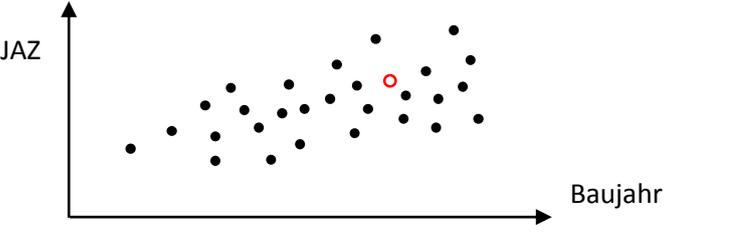
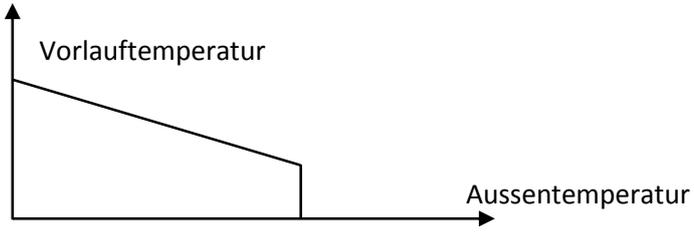
Es ist wichtig, dass der Zugang nur durch eine entsprechende Bewilligung erfolgt. Diese werden so entworfen, dass jede Partei die nötigen Daten ansehen kann. Das heisst, dass beispielsweise der Installateur andere Leserechte an den Daten hat als der Kunde.

### 3.4 Datenanalyse

Die Messdaten sollen so ausgewertet werden, dass sie den verschiedenen Parteien die nötigen Informationen liefern. Auf einem Display im Gebäude sind die nützlichen Daten veranschaulicht.

Was soll wie dargestellt werden?

Was	Beschreibung / Veranschaulichung	Für wen
Energiekosten	Sämtliche Kosten zur Deckung vom Strombedarf der Heizanlage (inkl. Warmwasser). Der Wert soll innerhalb eines Monats aufsummiert werden und als aktuellen Wert sowie als Durchschnittswert der vergangenen Monaten angezeigt werden. Es sollen ebenfalls Vergleiche mit anderen Gebäude gemacht werden können (Wetternormiert durch Heizgradtage).	Kunde
Wärmeverbrauch / Heizbedarf	Der Wärmeverbrauch soll bei der Auswertung eingeteilt werden in Heizwärme und Warmwasserwärme. Daraus soll der flächenspezifische Heizbedarf vom Gebäude bestimmt werden. Die Messung vom Heizbedarf soll möglichst nahe am Verbraucher erfolgen, damit Verluste nicht den Wert verfälschen.	Kunde, BFE, Installateur, Bauunternehmer
Gebäudebeurteilung	Durch das Ermitteln vom flächenspezifischen Heizbedarf ist eine Kontrolle bezüglich Minergie Standard ohne zusätzliche Messinfrastruktur möglich. Somit kann eine Beurteilung des Gebäudes hinsichtlich Gebäudehülle gemacht werden.	Installateur, BFE, Staat, Bauunternehmer, Kunde

<p>Vorlauf- temperaturen</p>	<p>Vorlauftemperaturen sollen permanent gemessen werden, so dass Mittel-, Minimal-, Maximal und Momentan- Wert ausgewertet werden können. Zu den Vorlauftemperaturen gehören diejenige der Heizung, vom Warmwasser und von der Quelle.</p>	<p>Installateur</p>
<p>Nutzungsgrad</p>	<p>Als Aufzeichnung über eine Zeitperiode</p>  <p>Kann genutzt werden, um eine Einteilung zu machen bezüglich Fördergelder. (Schlechte Nutzungsgrade sollen nicht belohnt werden)</p>	<p>Kunde, Installateur, Staat</p>
	<p>Als anonymisierte Übersicht verschiedener Anlage</p>  <p>Die eigene Wärmepumpen Anlage soll mit anderen verglichen werden können bezüglich Effizienz. Dabei ist eine richtige Gruppierung wichtig: Sole / Wasser oder Luft / Wasser, Neubau oder Sanierung, Standorthöhe und auch Installateure sollen identifiziert werden können.</p>	<p>Kunde, Installateur, BFE</p>
<p>Heizkurve</p>	<p>Mit den Messdaten soll die Heizkurve als Gebäudeeigenschaft aufgezeichnet werden.</p> 	<p>Installateur, evtl. Kunde</p>

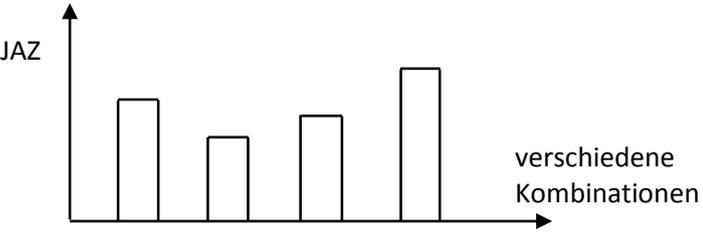
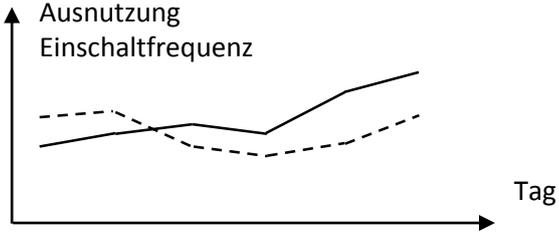
<p>Vergleich von Anlagentypen</p>	<p>Bis anhin liegen noch keine Vergleiche vor, in welchen Kombinationen Wärmepumpen am besten funktionieren. JAZ Monitoring soll diese Lücke füllen und die Effizienz verschiedener Anlagen veröffentlichen.</p>  <p>Verschiedene Kombinationen sind Heizung und / oder Warmwasser, mit / ohne Solarthermie, etc.</p>	<p>WPZ, BFE</p>
<p>Ausnutzung und Einschaltfrequenz</p>	<p>Es soll aufgezeichnet werden, wie lange (pro Tag) die Anlage in Betrieb ist und wie viel Mal der Verdichter eingeschalten worden ist.</p> 	<p>WPZ, Installateur</p>

Tabelle 6: Datenanalyse

### 3.5 Fernwartung

Durch Zugriff auf die Regelungstechnik der Wärmepumpen Anlage kann Fernwartung für Installateure und Hersteller ermöglicht werden. Störungen können so in kürzester Zeit behoben werden, im Optimalfall sogar bevor der Nutzer davon Kenntnis bekommt.

Vor allem während der Inbetriebnahme-Phase einer Anlage, wenn noch einige Anpassungen gemacht werden müssen, kann dies viel Zeit ersparen.

Der Hauptunterschied zur reinen JAZ Monitoring liegt darin, dass nun eine bidirektionale Kommunikation vorliegt. Deshalb sollte auch die Sicherheit bezüglich Eingriff in das Netzwerk erhöht werden. Dies gilt vor allem dann, wenn der Datenaustausch über das private Heimnetzwerk (Router) des Kunden folgt.

Des Weiteren, kann ein Servicevertrag vereinfacht, bzw. kostengünstiger gestaltet werden.

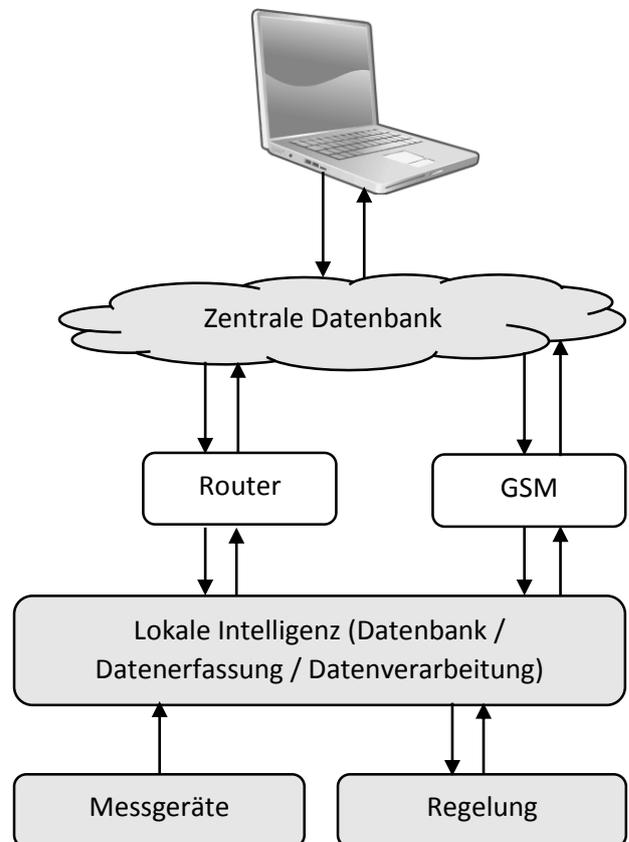


Abbildung 6: Fernwartung

## 4 Komponenten

Um die Funktionsweise des Monitoring Systems zu gewährleisten, können folgende Bauteile eingesetzt werden:

- Wärmehähler
- Energiezähler (Betriebsstundenzähler und Zähler für Einschaltfrequenz)
- Temperaturfühler
- Volumenstrommessgerät (Alternativ für Wärmehähler)
- Mikrorechner oder SPS
- GSM-Stick

Dabei kann bei Verwendung von Energiezähler mit hoher Abtastfrequenz auf den Betriebsstundenzähler und Zähler für Einschaltfrequenz verzichtet werden.

Mögliche Hardwarekomponenten sind: (Liste nicht abschliessend)

	Hersteller Typ Schnittstellen	Messgenauigkeit Zulassung	Preis (in CHF)
JAZ-Zähler (Schwingstrahl)	NeoVac SC 479 SPF M-Bus	Klasse 2 EN 1434 / MID	620.- (+ ca. 200.-)
Wärmehähler (Mechanisch)	NeoVac SC 739 BU M-Bus	Klasse 3 EN 1434 / MID	410.-
Wärmehähler (Schwingstrahl)	NeoVac SC 749 BU M-Bus	Klasse 2 EN 1434 / MID	480.-
Wärmehähler (Ultraschall)	NeoVac US 2WR6-Bus-NF M-Bus	Klasse 2 EN 1434 / MID	500.-
Wärmehähler (Mechanisch)	Diener und Tobler Zelsius M-Bus M-Bus		425.-
Wärmehähler (Ultraschall)	GWF CF-Echo II M-Bus	Klasse 2 EN 1434 / MID	555.-
Wärmehähler (Ultraschall)	Ista ultego III eco 2.5 M-Bus M-Bus	Klasse 3 EN 1434 / MID	570.-
Energiezähler (1-phasig)	Saia ALD1D5FM00 A3A00S0 M-Bus	Klasse B MID	205.-
Energiezähler (1-phasig)	EMU EMU11 S0 (2'000 Impuls pro kWh)	Klasse B	99.- (MID 110.-)
Energiezähler (1-phasig)	EMU EMU DHZ 5/63 M-Bus M-Bus	Klasse B (1 %)	308.-

Energiezähler (3-phasig)	Saia ALE3B5FM00 C2A00 M-Bus	Klasse B Ohne	339.-
Energiezähler (3-phasig)	Saia ALE3D5FM10 C3A00 M-Bus	Klasse B MID	349.-
Energiezähler (3-phasig)	EMU EMU Allrounder 3/75 S0	Klasse B (1 %) MID	323.-
Energiezähler (3-phasig)	EMU EMU Professional 3/75 TCP/IP Ethernet	Klasse B (1 %) MID	676.-
Energiezähler (3-phasig)	EMU EMU Allrounder 3/75 M-Bus M-Bus	Klasse B (1 %) MID	482.-
Wasserzähler (mechanisch)	Ista istameter m M-Bus	Klasse A, B	135.-
Durchflussmessgerät (Untraschall)	Ista ultego III flow sensor	EN 1434 / MID	420.-
Temperaturfühler	NeoVac 2-Leiter Fühler PT500	EN 1434 / MID	88.-
Temperaturfühler	NeoVac 4-Leiter Fühler PT500	EN 1434 / MID	144.- (Alu 245.-)
Temperaturfühler	Danfoss AKS 21 PT1000	± 0.5 °C	100.-
Temperaturfühler	Elreha TF201 PTC	± 0.5 °C	40.-
Drucksensor	Danfoss NSK (ratio)	± 2.5 % FS	125.-
Mikrorechner	Tridium Jace Diverse		
Mikrorechner	Raspberry Pi		ca. 50.-
SPS	Diverse Siemens Logo Ethernet, 8 Digital (4 Analog)		262.-
M-Bus Pegelwandler	GWF M-Bus-Pegelwandler (CMeXxxS) 32 M-Bus / RS232		510.-

M-Bus Master	GWF M-Bus GSM Master (CMe2100) 8 M-Bus-Endgeräte	620.-
GSM-Stick	Schätzung	ca. 100.- (+ 60.- jährlich)
Kommunikations-schnittstellen	Schätzung	ca. 200.-
	Diverse	

Abbildung 7: Komponenten

## 5 Kostenrechnung

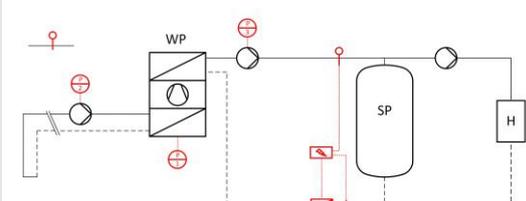
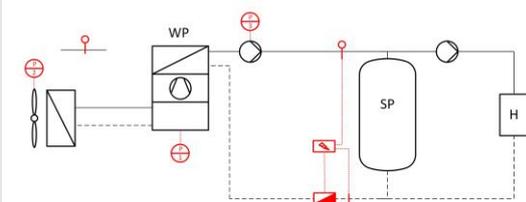
### 5.1 Messeinrichtung

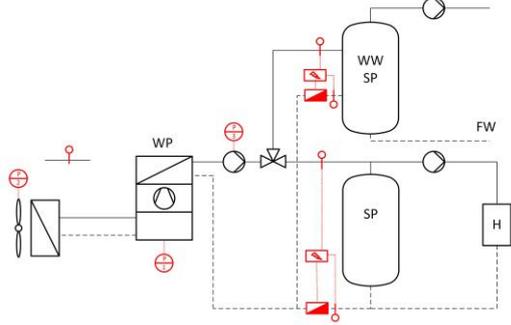
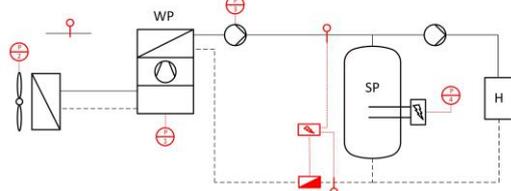
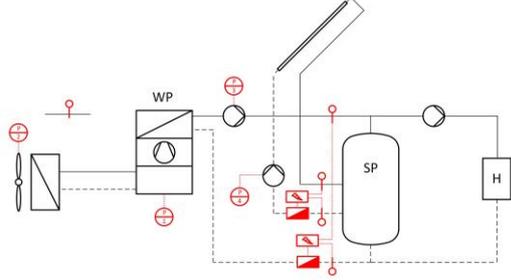
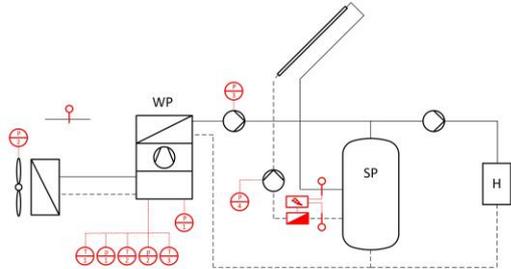
Ein Grossteil der Anschaffungskosten muss für die Messinstrumente verwendet werden. Vor allem, wenn Geräte gefordert sind, die MID konform sein sollen.

Da die Beliebtheit von Kombianlagen am Zunehmen ist, sollten auch solche kein Problem sein.

Durch das Überwachungssystem soll auch Kenntnis gewonnen werden, inwiefern Solarthermie als unterstützende Wärmequelle lohnenswert ist.

Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die Kosten der Messeinrichtung (ohne Aussenelektronik).

Kombination	Schema	Komponenten	Kosten
S/W WP Pufferspeicher Radiator	 <p>Abbildung 8: Anlage 1 externe Messung</p>	<b>Externe Messung:</b> 1x Wärmezähler 1x Energiezähler 3-phasig 1x Energiezähler 1-phasig 1x Temperaturfühler  <b>Interne Messung:</b> 4x Temperaturfühler 2x Drucksensor 1x Energiezähler 3-phasig 1x Energiezähler 1-phasig	<u>1'000.-</u> 500.- 300.- 150.- 50.-  <u>850.-</u> 200.- 200.- 300.- 150.-
L/W WP Pufferspeicher Radiator	 <p>Abbildung 9: Anlage 2 externe Messung</p>	<b>Externe Messung:</b> 1x Wärmezähler 1x Energiezähler 3-phasig 1x Energiezähler 1-phasig 1x Temperaturfühler  <b>Interne Messung:</b> 4x Temperaturfühler 2x Drucksensor 1x Energiezähler 3-phasig 1x Energiezähler 1-phasig	<u>1'000.-</u> 500.- 300.- 150.- 50.-  <u>850.-</u> 200.- 200.- 300.- 150.-

<p>L/W WP            Pufferspeicher            Radiator            Warmwasser</p>	 <p>Abbildung 10: Anlage 3 externe Messung</p>	<p>Externe Messung:            1x Wärmehähler            1x Energiezähler 3-phasig            1x Energiezähler 1-phasig            1x Temperaturfühler</p> <p>Interne Messung:*</p> <p>4x Temperaturfühler            2x Drucksensor            1x Energiezähler 3-phasig            1x Energiezähler 1-phasig</p>	<p><u>1'500.-</u>            1'000.-            300.-            150.-            50.-</p> <p><u>850.-</u>            200.-            200.-            300.-            150.-</p>
<p>L/W WP            Pufferspeicher            Radiator            Zusatzheizung</p>	 <p>Abbildung 11: Anlage 4 externe Messung</p>	<p>Externe Messung:            1x Wärmehähler            1x Energiezähler 3-phasig            1x Energiezähler 1-phasig            1x Temperaturfühler</p> <p>Interne Messung:</p> <p>4x Temperaturfühler            2x Drucksensor            1x Energiezähler 3-phasig            1x Energiezähler 1-phasig</p>	<p><u>1'000.-</u>            500.-            300.-            150.-            50.-</p> <p><u>850.-</u>            200.-            200.-            300.-            150.-</p>
<p>L/W WP            Solarthermie            Pufferspeicher            Radiator</p>	 <p>Abbildung 12: Anlage 5 externe Messung</p>  <p>Abbildung 13: Anlage 5 interne Messung</p>	<p>Externe Messung:            2x Wärmehähler            1x Energiezähler 3-phasig            1x Energiezähler 1-phasig            1x Temperaturfühler</p> <p>Interne Messung:</p> <p>1x Wärmehähler            4x Temperaturfühler            2x Drucksensor            1x Energiezähler 3-phasig            1x Energiezähler 1-phasig</p>	<p><u>1'500.-</u>            1'000.-            300.-            150.-            50.-</p> <p><u>1'350.-</u>            500.-            200.-            200.-            300.-            150.-</p>

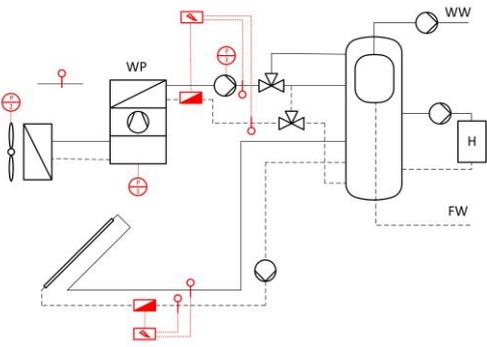
L/W WP Solarthermie Pufferspeicher Radiator Warmwasser		Externe Messung: * 2x Wärmehähler 1x Energiezähler 3-phasig 1x Energiezähler 1-phasig 1x Temperaturfühler	<u>1'500.-</u> 1'000.- 300.- 150.- 50.-
		Interne Messung: * 1x Wärmehähler 4x Temperaturfühler 2x Drucksensor 1x Energiezähler 3-phasig 1x Energiezähler 1-phasig	<u>1'350.-</u> 500.- 200.- 200.- 300.- 150.-

Abbildung 14: Anlage 6 externe Messung

Tabelle 7: Kosten für Messinfrastruktur verschiedener Anlagen

\* Die Unterscheidung zwischen Warmwasser und Heizungswasser bei der Messung erfolgt über das Drei-Wege-Ventil.

## 5.2 Datenverkehr

Nebst den Kosten für die Messeinrichtung sind zusätzliche fixe Kosten für den gesamten Datenaustausch zwischen Messinstrument und dem Nutzer der Messdaten vorhanden.

Variante	Komponenten	Kosten	Total	Jährlich
Heimnetzwerk Mikrorechner	Mikrorechner Schnittstellen Gehäuse	50.- 200.- 100.-	<u>350.-</u>	
Heimnetzwerk SPS	SPS Schnittstellen	262.- 200.-	<u>462.-</u>	
GSM Mikrorechner	Mikrorechner GSM-Stick Schnittstellen Gehäuse	50.- 100.- 200.- 50.-	<u>400.-</u>	ca. 60.-
GSM Ohne lokale Intelligenz	M-Bus GSM Master Schnittstellen	620.- 200.-	<u>820.-</u> *	ca. 60.-

Tabelle 8: Kosten für Datenverarbeitung verschiedener Anlagen

\* Kosten für die zentrale Intelligenz sind nicht inbegriffen.

### 5.3 Gesamtkosten

Die Kosten für ein komplettes Monitoring System bei einer einfachen Wärmepumpen-Heizanlage liegen im Bereich von 1'200.- Fr bis 1'500.- Fr (Hardware), bei komplexeren Anlagen mit Solarthermie zwischen 1'700.- Fr und 2'000.- Fr.

Dem ist aber hinzuzufügen, dass bei Wärmepumpen Anlagen 3-phasige Energiezähler sowieso vorgeschrieben sind. Auch Temperatur- und Drucksensoren sind bei einer Wärmepumpe grösstenteils bereits vorhanden.

Ausserdem besitzt jede Wärmepumpe eine interne Logik, wobei meist noch Eingänge frei sind, oder durch Module leicht erweiterbar sind. Diese Logik kann auch beim JAZ Monitoring System verwendet werden.

Wenn man die in der Anlage sowieso benötigten Sensoren nicht einkalkuliert, belaufen die Mehrkosten bei einfachen Anlagen mit interner Messung auf etwa 300.- Fr bis 500.- Fr (1x 1-phasiger Stromzähler, 1x Temperatursensor, 1x Drucksensor)

## 6 Finanzieller Anreiz

Durch ein Monitoring System entstehen zusätzlich zu den Grundkosten einer Wärmepumpen-Heizanlage weitere Kosten für die Messeinrichtung und die notwendige Elektrik. Diese Kosten müssen vom Nutzer der Anlage (vom Kunden) gedeckt werden.

Als Motivation für den Kunden diese zusätzlichen Kosten in Kauf zu nehmen, können einige Kriterien und Ideen geltend gemacht werden:

- Spezifisches Verbesserungspotential der Heizanlage wird aufgezeigt
- Fördergelder werden nur ausbezahlt, wenn die Anlage ein Monitoring System besitzt
- Günstiger Servicevertrag
- System wiedergibt ein ausführlicher Bericht über Funktionsweise der Anlage

## 7 Installationsablauf

Der Arbeitsablauf zur Installation eines Monitoring Systems könnte folgendermassen aussehen:

- 1) Heizanlage aufbauen (inkl. diverse Messinstrumente)
- 2) Inbetriebnahme der Anlage und Aufnahme der wichtigen Anlageneigenschaften durch eine Energiefachstelle
- 3) Abspeicherung und Hinterlegung der Anlageneigenschaften in der Datenbank (Server)
- 4) Anlage ist nun in Betrieb und wird durch das Monitoring System stetig überwacht, wobei die Messdaten auf dem Server abgespeichert werden
- 5) Die ausgewerteten Messresultate sind jetzt für den Nutzer, Installateur, etc. jederzeit abrufbar
- 6) Regelmässiges Datenabrufen durch die Energiefachstelle und Erstellen von Statistiken sowie Auswertungen

## 8 Fazit

Ein Monitoring System kann durch relativ wenig Kostenaufwand realisiert werden. Hingegen die dadurch entstehenden Chancen und Möglichkeiten für Verbesserungen sowie Vereinfachungen in der Kommunikation sind immens und zeigen für mehrere Parteien Potential.

Wie im Kapitel 5.3 beschrieben, belaufen sich die Mehrkosten im Optimalfall auf weniger als 500.- Fr. Im Vergleich dazu liegen die Anschaffungskosten durchschnittlich bei 18'000.- Fr für eine L/W-Wärmepumpe, bzw. 24'000.- Fr für eine S/W-Wärmepumpe.

## 9 Verzeichnisse

Tabelle 1: Datennutzung .....	3
Tabelle 2: Nutzungsgrade Definition (Quelle: BFE) .....	5
Tabelle 3: Messprinzipien.....	6
Tabelle 4: Möglichkeiten zur Datenübertragung .....	9
Tabelle 5: lokale und zentrale Intelligenz.....	10
Tabelle 6: Datenanalyse .....	13
Tabelle 7: Kosten für Messinfrastruktur verschiedener Anlagen.....	19
Tabelle 8: Kosten für Datenverarbeitung verschiedener Anlagen .....	19
Abbildung 1: verschiedene Nutzungsgrade (Quelle: BFE).....	4
Abbildung 2: Interne Messung (Quelle: JAZ Monitoring Wärmepumpen-interne Messung der JAZ) ....	6
Abbildung 3: Externe Messung.....	6
Abbildung 4: Möglichkeiten zum Datentransfer .....	8
Abbildung 5: Aufbau der Datenbank.....	10
Abbildung 6: Fernwartung.....	14
Abbildung 7: Komponenten .....	17
Abbildung 8: Anlage 1 externe Messung.....	17
Abbildung 9: Anlage 2 externe Messung.....	17
Abbildung 10: Anlage 3 externe Messung.....	18
Abbildung 11: Anlage 4 externe Messung.....	18
Abbildung 12: Anlage 5 externe Messung.....	18
Abbildung 13: Anlage 5 interne Messung .....	18
Abbildung 14: Anlage 6 externe Messung.....	19

## 10 Quellen

FAWA	Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996-2003
JAZ-Monitoring	Projektarbeit Jahresarbeitszahl Monitoring für Wärmepumpen-Anlagen
JAZ Monitoring	Wärmepumpen-interne Messung der JAZ
Fraunhofer Studie	Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpen-Anlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb
Projektarbeit	Wärmepumpen in der Praxis: Analyse von Feldtests
NeoVac	<a href="http://www.neovac.ch/de/ProductOverview.aspx?ctgyName=Arbeitskatalog_Preisliste&amp;path=Neovac.ch%2fContent%2fWaermemessung-Wassermessung%2fArbeitskatalog_Preisliste&amp;menuID=3">http://www.neovac.ch/de/ProductOverview.aspx?ctgyName=Arbeitskatalog_Preisliste&amp;path=Neovac.ch%2fContent%2fWaermemessung-Wassermessung%2fArbeitskatalog_Preisliste&amp;menuID=3</a>
GWF	<a href="http://www.gwf.ch/fileadmin/allg_download/PL_Gebaeudetechnik_2014_DE.pdf">http://www.gwf.ch/fileadmin/allg_download/PL_Gebaeudetechnik_2014_DE.pdf</a>
Diener und Tobler	<a href="http://www.diener-tobler.ch/Preisliste%20D.+T.%202013.pdf">http://www.diener-tobler.ch/Preisliste%20D.+T.%202013.pdf</a>
Ista	<a href="http://www.ista-swiss.ch/produkte/waermezaehler/index.html">http://www.ista-swiss.ch/produkte/waermezaehler/index.html</a>
Saia	<a href="http://www.saia-pcd.com/fileadmin/assets/german_editorial_office/pdf/Startseite_Deutschland/Preisliste_2014_V5_inkl_Inhaltsverzeichnis_Web.pdf">http://www.saia-pcd.com/fileadmin/assets/german_editorial_office/pdf/Startseite_Deutschland/Preisliste_2014_V5_inkl_Inhaltsverzeichnis_Web.pdf</a>
EMU	<a href="http://www.emuag.ch/energiezaehler-shop/index.php">http://www.emuag.ch/energiezaehler-shop/index.php</a>
Siemens	<a href="http://w1.siemens.ch/home/ch/de/cc/Ineltec/Documents/Preisliste_06_2011_LOGO_plus_DE.pdf">http://w1.siemens.ch/home/ch/de/cc/Ineltec/Documents/Preisliste_06_2011_LOGO_plus_DE.pdf</a>
Raspberry Pi	<a href="http://www.raspberrypi.org/">http://www.raspberrypi.org/</a>