



# EnEff:Schule — Externes Monitoring

- Abschlussbericht -

Stuttgart, 30. Juni 2017

## **Auftraggeber**

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart

## **Auftragnehmer**

Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz

## Kurzfassung

Im Zuge des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungsvorhaben „Energieeffiziente Schulen – EnEff:Schule“, werden an fünf verschiedenen Schulen Messdatenerfassungssysteme eingesetzt. Die Datenauswertung erfolgt bei drei Systemen mit Softwareprogrammen, die in der Vergangenheit im Zuge staatlich geförderter Forschungsprogramme entwickelt wurden. Für jede Schule wird ein anderes System eingesetzt. Das Amt für Umweltschutz bewertet als Anwender von Energiemanagementsystemen die Hard- und Softwareprodukte.

Alle untersuchten Datenerfassungs- und Auswertesysteme sind für ihren Zweck als Energiemanagementsysteme prinzipiell geeignet. Jedes System weist darüber hinaus eigene Vor- und Nachteile auf. Aus dem Forschungsprojekt geht hervor, dass jedes System in Abhängigkeit der Anforderungen des Anwenders besser oder schlechter geeignet ist. Eine pauschale Empfehlung für ein einzelnes System, das jeder Anforderung entspricht, gibt es nicht.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>Bildverzeichnis.....</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Einführung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Vorstellung der untersuchten Systeme .....</b>	<b>3</b>
2.1 deZem.....	3
2.1.1 Einsatzbedingungen.....	3
2.1.2 Hardware .....	4
2.1.3 Software.....	5
2.2 Ennovatis .....	5
2.2.1 Einsatzbedingungen.....	5
2.2.2 Hardware .....	7
2.2.3 Software.....	8
2.3 Relay Weblog und Monisoft .....	8
2.3.1 Einsatzbedingungen.....	8
2.3.2 Hardware .....	10
2.3.3 Software.....	10
2.4 SEKS .....	11
2.4.1 Einsatzbedingungen.....	11
2.4.2 Hardware .....	12
2.4.3 Software.....	13
2.5 Synavision.....	14
2.5.1 Einsatzbedingungen.....	14
2.5.2 Hardware .....	15
2.5.3 Software.....	16
<b>3 Kostenvergleich .....</b>	<b>17</b>
<b>4 Hardwarevergleich.....</b>	<b>18</b>
4.1 Untersuchte Aspekte.....	18
4.2 Einzelergebnisse.....	18
4.2.1 deZem.....	18

---

4.2.2	Ennovatis Smartbox .....	19
4.2.3	Relay Weblog.....	20
4.2.4	SEKS .....	22
4.3	Übersicht.....	23
<b>5</b>	<b>Softwarevergleich .....</b>	<b>25</b>
5.1	Untersuchte Aspekte.....	25
5.2	Einzelergebnisse.....	25
5.2.1	deZem.....	25
5.2.2	Ennovatis .....	27
5.2.3	Monisoft .....	28
5.2.4	SEKS .....	30
5.2.5	Synavision.....	33
5.3	Übersicht.....	34
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit.....</b>	<b>36</b>

## Bildverzeichnis

<b>Bild 1</b> Luftbild der Bismarckschule mit Anbau und Turnhalle (Quelle: Google).....	3
<b>Bild 2</b> geöffneter deZem-Schaltkasten mit Hutschienennetzteil, iPCX, UMTS-USB-Modem, Relay-Impulsadaptern und Anschlussklemmen für die Spannungsversorgung und die Zählimpulse.....	4
<b>Bild 3</b> Luftbild Solitude-Gymnasium mit Hauptgebäude, Fachklassenbau, großer Pavillon, kleiner Pavillon und Sporthalle .....	6
<b>Bild 4</b> Schaltkasten „Smartbox“ der Firma Ennovatis .....	8
<b>Bild 5</b> Luftbild von Fritz-Leonhardt-Realschule, Albschule, Turn- und Versammlungshalle Degerloch und Wilhelmsgymnasium .....	9
<b>Bild 6</b> Schaltkasten Relay Weblog 250.....	10
<b>Bild 7</b> Luftbild Neckarrealschule (Bildquelle: Google).....	11
<b>Bild 8</b> SEKS-Unterstation .....	12
<b>Bild 9</b> Übersicht SEKS-Funktionen (Quelle: FKS Ingenieurbüro) .....	14
<b>Bild 10</b> Luftbild Schulzentrum auf der Prag mit Alexander-Fleming-Schule (Langbau links), Hedwig-Dohm-Schule (quadratischer Bau rechts) und Zwischenbau (Bildquelle: Google) .....	15
<b>Bild 11</b> geöffneter Weblog mit fixiertem Verbindungskabel .....	22
<b>Bild 12</b> Stromaufnahme der Bismarckschule eines Tages in der zweiten Osterferienwoche (blau) und eine Woche (rot) bzw. zwei Wochen (grün) davor .....	26
<b>Bild 13</b> sich verkleinerndes Diagramm bei 90 % Zoomeinstellung im Ausgangszustand (links) und nach ca. 5 Minuten (rechts) .....	27
<b>Bild 14</b> Beispiele verschiedener Diagrammartentypen bei Monisoft (Liniendiagramm auf Zeitbasis, Carpet-Plot, X,Y-Diagramm und Dauerlinie) .....	30
<b>Bild 15</b> Messdatentabelle bei SEKS .....	31
<b>Bild 16</b> Darstellung von Kennwertverläufen bei SEKS .....	32
<b>Bild 17</b> Darstellung von Viertelstundenverbräuchen bei SEKS.....	33

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b> Schulen und Systeme .....	1
<b>Tabelle 2</b> Zähler im Solitude-Gymnasium.....	6
<b>Tabelle 3</b> Zähler in der Albschule .....	9
<b>Tabelle 4</b> Zähler Neckarrealschule .....	11
<b>Tabelle 5</b> Kostenzusammenstellung.....	17
<b>Tabelle 6</b> Übersicht Hardwareeigenschaften .....	23
<b>Tabelle 7</b> Format einer .mon-Datei .....	29
<b>Tabelle 8</b> Übersicht Softwareeigenschaften .....	35

## Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CD-ROM	Compact Disc Read-Only Memory
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DDC	Direct Digital Control
DNS	Domain Name System
EnBW	Energie Baden-Württemberg AG
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FTP	File Transfer Protocol
FW	Fernwärme
GFR	Gesellschaft für Regelungstechnik und Energieeinsparung mbH
GLT	Gebäudeleittechnik
GSM	Global System for Mobile Communications
http	Hypertext Transfer Protocol
IBP	Fraunhofer Institut für Bauphysik
IP	Internet Protocol
iPC	Industriecomputer
ISP	Installationsschwerpunkt
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
LAN	Local Area Network (Lokales Netzwerk)
M-Bus	Meter-Bus
NRS	Neckarrealschule
OPC	Open Platform Communications
PIN	Persönliche Identifikationsnummer
RL	Rücklauf
RLT	Raumluftechnik
SEKS	Stuttgarter-Energie-Kontroll-System
SIM	Subscriber identity module, Chipkarte für Mobiltelefone
SQL	Structured Query Language
TVH	Turn- und Versammlungshalle
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
UV	Unterverteilung
VL	Vorlauf
WMZ	Wärmemengenzähler
WP	Wärmepumpe

WSS	Werner-Siemens-Schule
WWB	Warmwasserbereitung

## 1 Einführung

Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) übernimmt im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungsvorhaben „Energieeffiziente Schulen – EnEff:Schule“ die Begleitforschung. Dabei soll der Einsatz unterschiedlicher Messdatenerfassungssysteme und die Anwendung unterschiedlicher Auswertetools im praktischen Betrieb bewertet werden. Um die Bewertung vorzunehmen, wurden an fünf Schulen unterschiedliche Systeme eingerichtet. Die Erfahrungen mit der Installation und dem Betrieb dieser Systeme sind Gegenstand des vorliegenden Berichts.

Untersucht werden

- die in den jeweiligen Schulen eingebauten Geräte zur Messdatenerfassung und –weiterleitung an das Amt für Umweltschutz (nachfolgend als „Hardware“ bezeichnet) sowie
- die Computerprogramme für die Messdatenanalyse (nachfolgend als „Software“ bezeichnet).

**Tabelle 1** gibt eine Übersicht über die fünf Schulen und die eingesetzten Systeme.

**Tabelle 1** Schulen und Systeme

Schule	Schulart	Hardware	Software	Übertragung
<b>Bismarckschule</b>	Werkrealschule	deZem iPCX	dezem.de	UMTS / http
<b>Solitude-Gymnasium</b>	Gymnasium	Ennovatis Smartbox	Ennovatis Controlling	Telefon (analog)
<b>Albschule</b>	Grundschule	Relay Weblog	Monisoft	GSM / FTP
<b>Neckarrealschule</b>	Realschule	SEKS- Unterstation	SEKS	Telefon (analog)
<b>Schulzentrum Prag</b>	Berufsschule, Abendgymnasium	GLT der Firma GFR <sup>1</sup>	Synavision Energienavigator	E-Mail

<sup>1</sup> Die GLT ist nicht im Untersuchungsumfang enthalten

Die Produkte der Firmen Ennovatis und Synavision sowie das Programm Monisoft des KIT wurden im Rahmen staatlich geförderter Forschungsprojekte entwickelt.

Zunächst werden in Kapitel 2 die untersuchten Systeme und die jeweiligen Einsatzbedingungen vorgestellt. Die für die Systeme anfallenden Kosten sind in Kapitel 3 erläutert.

Daran anschließend werden die Erfahrungen mit den Hardwaresystemen in Kapitel 4 und die Erfahrungen mit den Softwaresystemen in Kapitel 5 beschrieben.

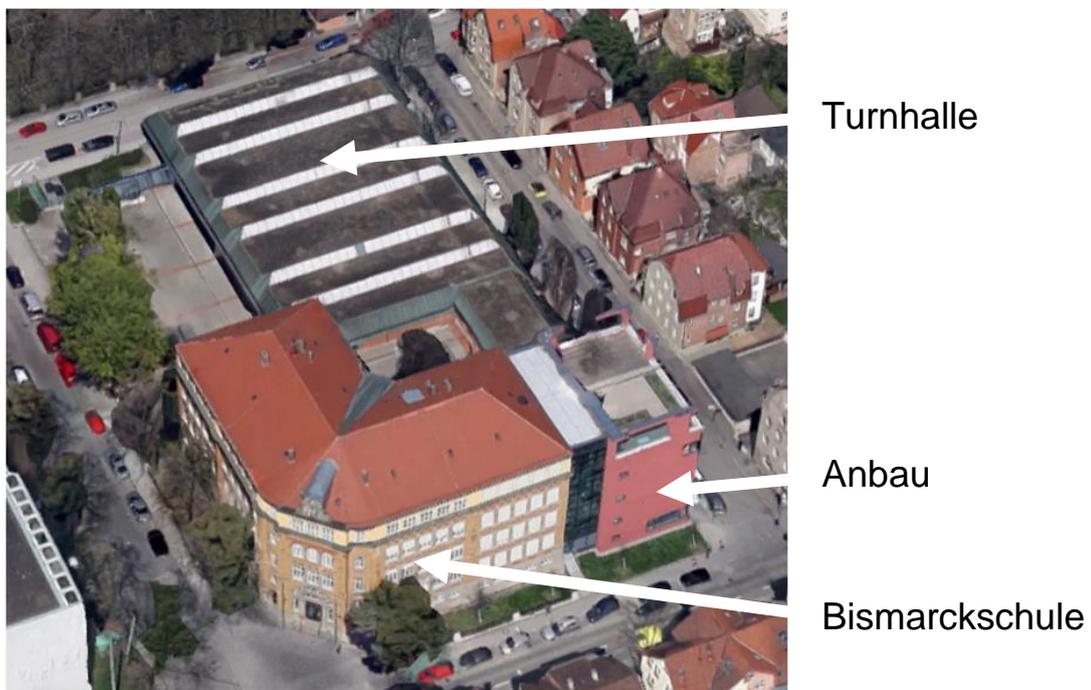
In Kapitel 6 werden schließlich die Ergebnisse zusammengefasst und ein Fazit aus der Untersuchung gezogen.

## 2 Vorstellung der untersuchten Systeme

### 2.1 deZem

#### 2.1.1 Einsatzbedingungen

Das System der Firma deZem wird für die Bismarckschule in Stuttgart-Feuerbach eingesetzt. **Bild 1** zeigt das Luftbild der historischen Bismarckschule mit Anbau und Turnhalle.



**Bild 1** Luftbild der Bismarckschule mit Anbau und Turnhalle (Quelle: Google)

Die gesamte Liegenschaft wird durch zwei Gaskessel mit Wärme versorgt. Die Kessel befinden sich im Erdgeschoss des historischen Gebäudeteils. Zur Erfassung der Wärmemenge Turnhalle, ist ein Wärmemengenzähler als Unterzähler installiert. Die Strom- und Wasserversorgung erfolgt ausschließlich aus dem öffentlichen Netz. Im Zuge des Projekts werden die Messdaten der Zähler

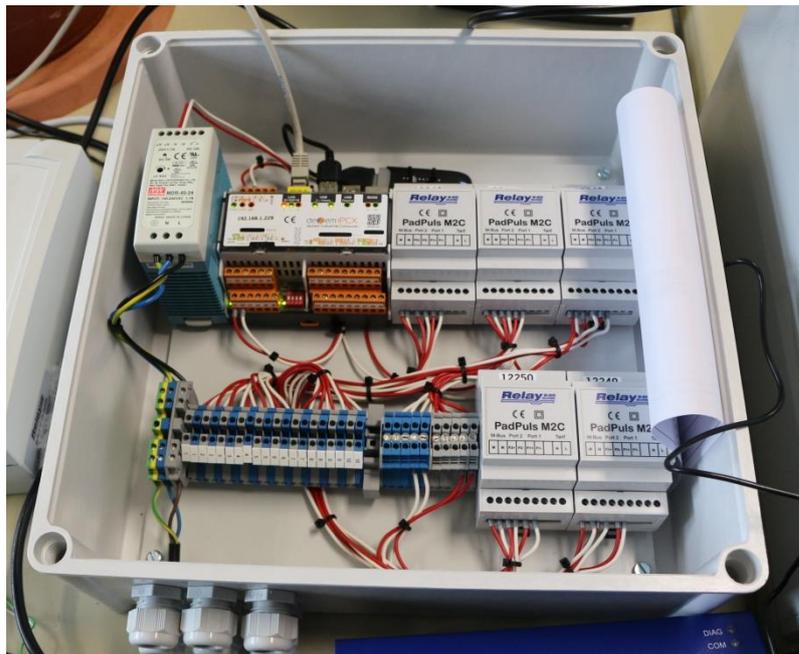
- Hausanschlusszähler Strom,
- Hausanschlusszähler Gas,
- Wärmemengenzähler Turnhalle und
- Hausanschlusszähler Wasser

übermittelt.

Die Zählimpulse der Zähler werden zunächst an Optokoppler übertragen, die sich im Schaltkasten der SEKS-Unterstation befinden. Durch die Optokoppler werden die SEKS-Anlage und die deZem-Anlage mit den gleichen Impulsen versorgt.

### 2.1.2 Hardware

Der geöffnete Schaltkasten der Firma deZem im Ausgangszustand ist in **Bild 2** dargestellt.



**Bild 2** geöffneter deZem-Schaltkasten mit Hutschienennetzteil, iPCX, UMTS-USB-Modem, Relay-Impulsadaptern und Anschlussklemmen für die Spannungsversorgung und die Zählimpulse

Das Kernelement des Schaltkastens ist der Industriecomputer „iPCX“, der sich links oben neben dem Netzteil befindet. In dieser Einheit werden alle Signale verarbeitet, gespeichert und über das UMTS-Modem an den deZem-Server gesendet. Durch den iPCX können auf diese Weise mehrere hundert Datenreihen unterschiedlicher Übertragungstechnologien verarbeitet werden. Demgegenüber wurden im Zuge des Forschungsprojekts lediglich die Daten von 4 Zählern mit insgesamt 6 Datenpunkten als Zählimpulse übertragen.

DeZem bietet für Anwendungen mit maximal 8 Datenreihen mit Zählimpulsen auch eine kleinere und günstigere Hardware. DeZem ist damit im Vergleich die einzige Firma, bei der die Möglichkeit besteht, für Gebäude mit geringem Erfassungsumfang eine günstigere Hardwarekomponente zu bestellen. Zur Ermitt-

lung der Leistungsfähigkeit wurde für das Forschungsprojekt dennoch die Realisierung mit einem IPCX gewählt.

### 2.1.3 Software

Die Software der Firma deZem ist eine browserbasierte Software. Der Zugriff erfolgt über die Internetseite „dezem.de“ mit von deZem zur Verfügung gestellten Zugangsdaten. Je nach gebuchtem Softwarepaket können mehrere Zugänge administriert werden. Im Zuge des Forschungsprojekts wurde das Softwarepaket „ISO 50001“ mit fünf Zugängen beauftragt.

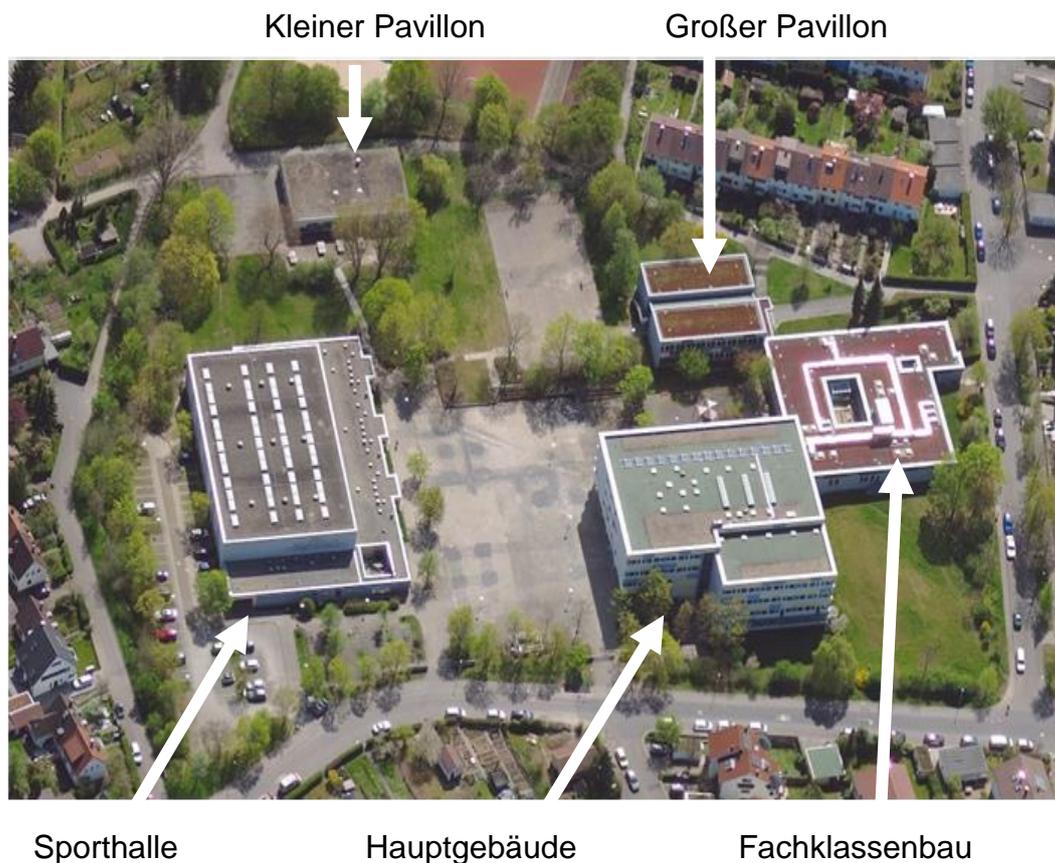
Ebenfalls abhängig von dem gebuchten Softwarepaket sind unterschiedliche Bedienungsmodule verfügbar. Im vorliegenden Fall sind dies die folgenden:

- „deZemAd“: Verwaltung von Alarmen, Messungen, Metadaten und Nutzern
- „deZemVis“: Visualisierung der Energieverbrauchsdaten
- „deZemReport“: Konfiguration von Berichten

## 2.2 Ennovatis

### 2.2.1 Einsatzbedingungen

Durch die Hardware- und Softwaresysteme von Ennovatis werden die Energieverbräuche im Solitude-Gymnasium erfasst. Das Solitude-Gymnasium in Stuttgart-Weilimdorf wurde in den Jahren 2012 bis 2014 aufgrund hoher Energieverbräuche umfassend saniert. Die Schule wurde in Massivbauweise erstellt und besteht aus dem Hauptgebäude, dem Fachklassenbau, dem großen Pavillon, dem kleinen Pavillon und der Sporthalle. Ein Luftbild der Liegenschaft ist in **Bild 3** dargestellt.



**Bild 3** Luftbild Solitude-Gymnasium mit Hauptgebäude, Fachklassenbau, großer Pavillon, kleiner Pavillon und Sporthalle

In den Jahren 2004 bis 2006 wurden bereits die Heizkessel ausgetauscht sowie die Südfenster im großen Pavillon und die Dächer von Hauptgebäude und Sporthalle saniert. Im Zuge der neueren Sanierung in 2015 wurden die Gaskessel mit einem Blockheizkraftwerk kombiniert. In der Aula des Hauptgebäudes wird eine zentrale Lüftungsanlage zur Be- und Entlüftung mit einer Wärmerückgewinnung eingesetzt. In den Klassenräumen sind dezentrale CO<sub>2</sub>-geregelte Lüftungsanlagen eingebaut.

Mit dem eingesetzten System werden die Zählerstände von insgesamt 43 Strom-, Wärme-, Wasser- und Gaszähler erfasst. **Tabelle 2** stellt die erfassten Zähler zusammen.

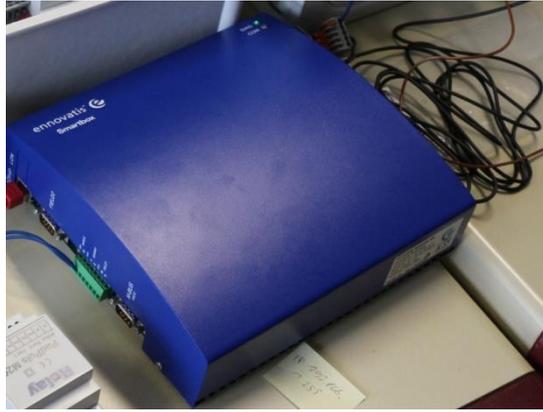
**Tabelle 2** Zähler im Solitude-Gymnasium

Nr.	Bezeichnung	Messgröße	Einheit
1	EVU Bezug HT	el. Energie	Wh
2	EVU Bezug NT	el. Energie	Wh
3	EVU Ruecksp.HT	el. Energie	Wh

Nr.	Bezeichnung	Messgröße	Einheit
4	EVU Ruecksp.NT	el. Energie	Wh
5	EVU Gas Bezug	Erdgas	m <sup>3</sup>
6	EVU Wasser gr.	Wasser	m <sup>3</sup>
7	EVU Wasser kl.	Wasser	m <sup>3</sup>
8	Pavillon.Gr.	el. Energie	kWh
9	Pavillon.Gr. WMZ	Wärme	kWh
10	FachKB	el. Energie	kWh
11	FachKB WMZ	Wärme	kWh
12	FachKB Lueft zent.	el. Energie	kWh
13	FachKB HM-WHG1 WMZ	Wärme	kWh
14	FachKB HM-WHG1	Wasser	m <sup>3</sup>
15	Heizkr.ZeichnenWMZ	Wärme	kWh
16	Heizkr.Verwalt.WMZ	Wärme	kWh
17	Heizkr. Nord WMZ	Wärme	kWh
18	Heizkr. Sued WMZ	Wärme	kWh
19	RLT EG Aula WC UV8	el. Energie	kWh
20	BHKW Gas	Erdgas	l
21	BHKW Waerme WMZ	Wärme	kWh
22	BHKW Strom Erzeugung	el. Energie	kWh
23	BW- Kessel WMZ	Wärme	MWh
24	NT- Kessel WMZ	Wärme	MWh
25	PV-Anlage Ertrag	el. Energie	kWh
26	SPH Sporthalle	el. Energie	kWh
27	SPH Sporthalle WMZ	Wärme	MWh
28	SPH Sporthalle	Wasser	m <sup>3</sup>
29	SPH HM-WHG2 WWB WM	Wärme	kWh
30	SPH HM-WHG2	Wasser	m <sup>3</sup>
31	Pavillon kl.	el. Energie	kWh
32	Pavillon kl.	Erdgas	m <sup>3</sup>
33	Pavillon kl.	Wasser	l
34	RLT 2OG UV1	el. Energie	kWh
35	RLT 1OG UV4	el. Energie	kWh
36	RLT 1OG UV3	el. Energie	kWh
37	RLT 2OG UV2	el. Energie	kWh
38	RLT ZG UV5	el. Energie	kWh
39	NSHV_P5_Gr_KI_Pav.	el. Energie	kWh
40	NSHV_P8_HeizungSRU	el. Energie	kWh
41	NSHV_P10_BHKW	el. Energie	kWh
42	NSHV_Trafo_1	el. Energie	kWh
43	NSHV_Trafo_2	el. Energie	kWh

### 2.2.2 Hardware

Der Schaltkasten für die Messdatenerfassung und –weiterleitung der Firma Ennovatis wird „Smartbox“ genannt. **Bild 4** zeigt die eingesetzte Smartbox bei Untersuchungen im Amt für Umweltschutz.



**Bild 4** Schaltkasten „Smartbox“ der Firma Ennovatis

Der im Solitude-Gymnasium installierte M-Bus verbindet 43 Zähler mit der Smartbox. Vor der Installation der Smartbox waren die Zähler mit einer SEKS-Unterstation verbunden. Die Smartbox ist in diese Anbindung eingeschleift. Das SEKS-System funktioniert weitgehend uneingeschränkt weiter.

Die Messdatenübertragung und die Parametrierung der Smartbox erfolgt im vorliegenden Fall mit einer Telefonverbindung über ein internes Analogmodem.

### 2.2.3 Software

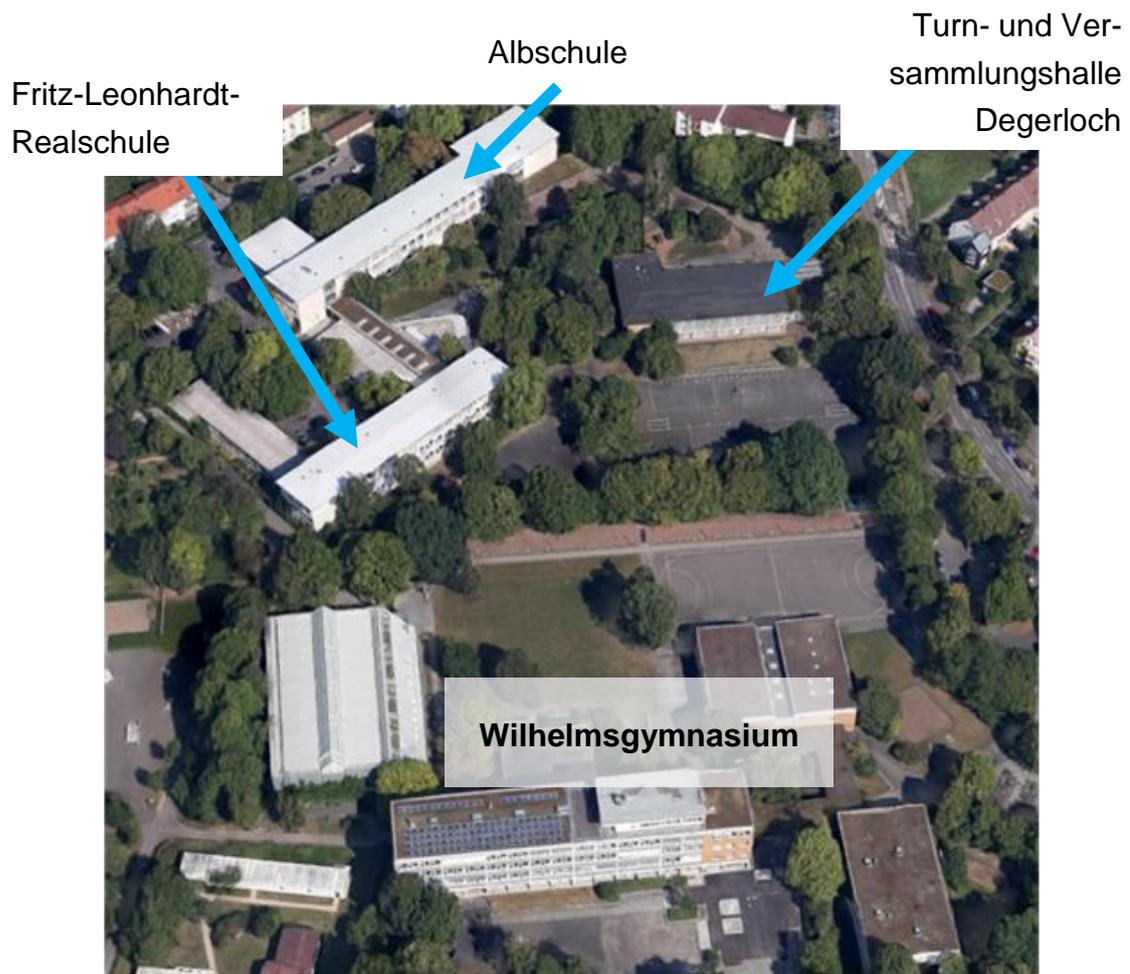
Für die Parametrierung und die Konfiguration der Smartbox steht dem Kunde die Software „Smartbox Manager“ zur Verfügung. Das Programm ist für die Inbetriebnahme der Smartbox unentbehrlich und ist beim Kauf einer Smartbox im Preis enthalten.

Die Messdatenanalyse erfolgt mit der Software „Ennovatis Controlling“. Die zu analysierenden Messdaten müssen nicht zwingend von einer Smartbox erfasst worden sein. Analog müssen die Messdaten einer Smartbox nicht zwingend durch „Ennovatis Controlling“ ausgewertet werden.

## 2.3 Relay Weblog und Monisoft

### 2.3.1 Einsatzbedingungen

Im Zuge des Forschungsprojekts wurde ein „Weblog 250“ der Firma Relay in der Albschule in Stuttgart Degerloch installiert. Die Albschule und die betroffenen Gebäude der Umgebung sind als Luftbild in **Bild 5** dargestellt.



**Bild 5** Luftbild von Fritz-Leonhardt-Realschule, Abschule, Turn- und Versammlungshalle Degerloch und Wilhelmsgymnasium

Das System erfasst und übermittelt die in **Tabelle 3** aufgelisteten Zähler der Abschule, der Fritz-Leonhardt-Realschule und der Turn- und Versammlungshalle.

**Tabelle 3** Zähler in der Abschule

Nr.	Bezeichnung	Messgröße	Einheit
1	Gas EVU	Erdgas	m <sup>3</sup>
2	Gas TVH Degerloch	Erdgas	m <sup>3</sup>
3	Strom Abschule	el. Energie	kWh
4	Strom EVU Bezug HT	el. Energie	kWh
5	Strom EVU Bezug NT	el. Energie	kWh
6	Strom EVU Einsp. HT/NT	el. Energie	kWh
7	Strom Realschule	el. Energie	kWh
8	Strom TUV Halle	el. Energie	kWh
9	Wasser gross	Wasser	m <sup>3</sup>
10	Wasser klein	Wasser	m <sup>3</sup>

Nr.	Bezeichnung	Messgröße	Einheit
11	WMZ Albschule	Wärme	MWh
12	WMZ TVH Degerloch	Wärme	MWh

### 2.3.2 Hardware

Der Weblog 250 der Firma Relay ist ein M-Bus Datenlogger für 250 Zähler mit Bedienungsdisplay. **Bild 6** zeigt das Gerät bei Untersuchungen im Büro des Amts für Umweltschutz.



**Bild 6** Schaltkasten Relay Weblog 250

Die Bedienung erfolgt entweder über den Touchscreen oder über einen Webbrowser via USB, Ethernet, RS232C, W-LAN oder Modem. Im Forschungsprojekt wurde das Gerät über das Display und Ethernet bedient, nach Ausfall des Displays (vgl. Kapitel 4.2.3) ausschließlich über Ethernet.

Die Messdatenübertragung erfolgt wahlweise vor Ort über USB, per Email oder als Upload auf einen ftp-Server, jeweils in den Formaten .xlsx, .csv oder .xml. Im Zuge des Forschungsprojekts wurde die Messdatenübertragung als .csv-Datei über ftp realisiert.

### 2.3.3 Software

Die Messdaten aus der Albschule werden in das Softwareprogramm „Monisoft“ importiert. „Monisoft“ wurde in einer Kooperation des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) mit der Hochschule Rosenheim entwickelt und wird vom KIT vertrieben. Für Forschungszwecke stehen kostenlose Lizenzen zur Verfügung.

Die Software ermöglicht die Pflege und die Analyse großer Mengen an Messdaten. Dafür sind die Installation einer Datenbanksoftware und die Einrichtung einer Datenbank erforderlich. Die Datenbanksoftware ist nicht Teil von Monisoft.

## 2.4 SEKS

### 2.4.1 Einsatzbedingungen

Die Messdaten aus der Neckarrealschule werden durch das Stuttgarter-Energie-Kontroll-System (SEKS) erfasst und analysiert. **Bild 7** zeigt die Neckarrealschule am Ende der Bauzeit 2013.



**Bild 7** Luftbild Neckarrealschule (Bildquelle: Google)

Die Neckarrealschule in Stuttgart Nord ist ein Ersatzneubau, der 2013 in Betrieb genommen wurde. Der Altbau in Stuttgart Mitte musste aufgrund eines Tunnelbaus der Deutschen Bahn abgerissen werden.

Die Wärme- und Stromversorgung erfolgt aus dem Fernwärmenetz der EnBW bzw. dem Stromnetz der Stuttgart Netze GmbH. Auf dem Dach der Schule ist eine Photovoltaikanlage mit einer Nennleistung von 50,75 kW<sub>p</sub> installiert. Ausgenommen weniger Nebenräume wird die Schule maschinell be- und entlüftet.

Die von SEKS erfassten Zähler der Neckarrealschule sind in **Tabelle 4** aufgeführt.

**Tabelle 4** Zähler Neckarrealschule

Nr.	Bezeichnung	Messgröße	Einheit
1	FW Haupt	Wärme	MWh
2	FW Menge	Wasser	m <sup>3</sup>
3	WMZ Heizung	Wärme	MWh

Nr.	Bezeichnung	Messgröße	Einheit
4	WMZ Lüftung	Wärme	MWh
5	WSS-Abgang nach NRS	el. Energie	kWh
6	Bezug NRS von WSS	el. Energie	kWh
7	PV NRS Erzeugung	el. Energie	kWh
8	Rücksp.-PV NRS => WSS	el. Energie	kWh
9	ISP01	el. Energie	kWh
10	Sonnenschutz und Hebeanlage	el. Energie	kWh
11	Aufzug	el. Energie	kWh
12	Computerraum UV6	el. Energie	kWh
13	Computerraum Steckdosen	el. Energie	kWh
14	Lehrküche UV11	el. Energie	kWh
15	NRS Wasser groß	Wasser	m <sup>3</sup>
16	NRS Wasser klein	Wasser	m <sup>3</sup>

### 2.4.2 Hardware

SEKS-Unterstationen werden von der Firma Panasonic im Auftrag des Amts für Umweltschutz der Stadt Stuttgart montiert. Ein Exemplar ist in **Bild 8** dargestellt.



**Bild 8** SEKS-Unterstation

SEKS-Unterstationen können mit verschiedenen Schnittstellen für den Dateneingang bestellt werden. Standardmäßig stehen drei verschiedene Ausführungsvarianten zur Verfügung:

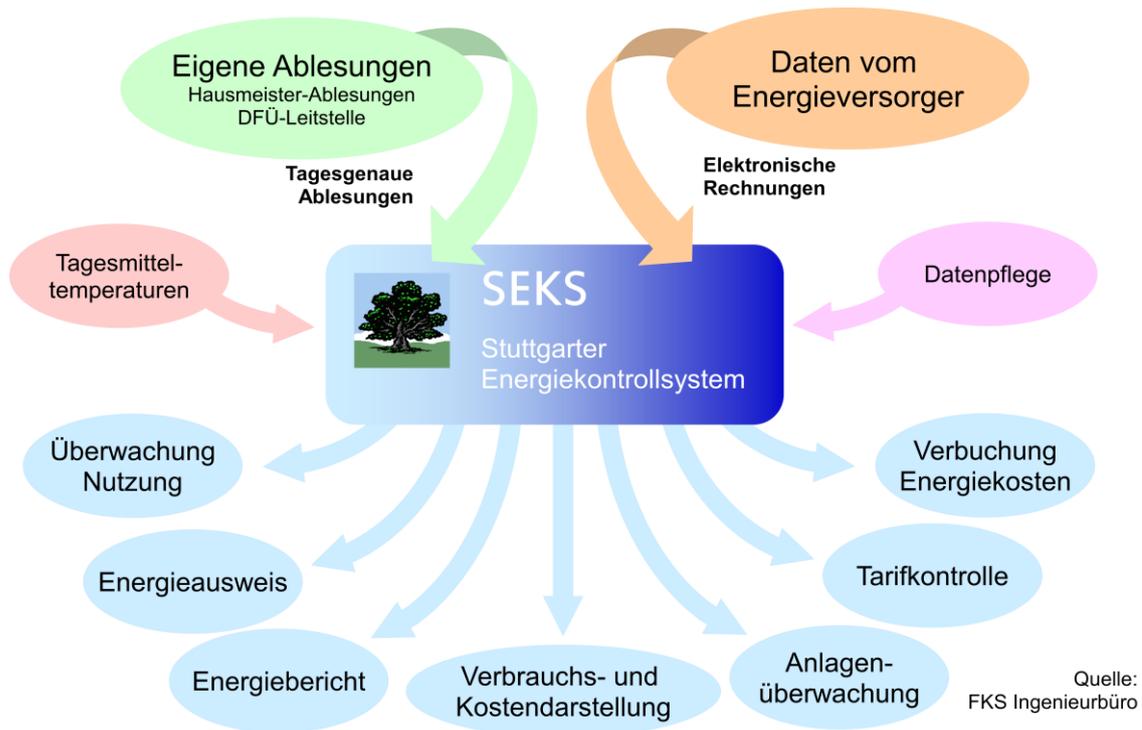
- Variante mit 16 Impulseingängen für potentialfreie Kontakte, erweiterbar auf maximal 32 Impulseingänge
- Variante für bis zu 40 M-Bus-Zähler
- Variante zur Anbindung an eine Gebäudeleittechnik über eine OPC-Kopplung

In jeder Variante erfolgt die Datenaufzeichnung in 15-Minuten-Intervallen. Die Datenübertragung an das Amt für Umweltschutz erfolgt über in die Unterstation eingebaute Analogmodems.

In der Neckarrealschule ist eine Unterstation für Impulseingänge installiert. Die Messdaten werden von einem im Amt für Umweltschutz befindlichen zentralen Computer jede Nacht über ein Analogmodem abgerufen und in einer Datenbank gespeichert.

### 2.4.3 Software

Das Ingenieurbüro FKS hat in Kooperation mit der Landeshauptstadt Stuttgart eine Energiemanagementsoftware entwickelt, die neben der Zählerstandserfassung und –analyse weitere Funktionen aufweist. Eine schematische Übersicht über die Funktionen der SEKS-Software ist in **Bild 9** dargestellt.



**Bild 9** Übersicht SEKS-Funktionen (Quelle: FKS Ingenieurbüro)

Im Zuge des Forschungsprojekts wird ausschließlich die Datenerfassung und -auswertung betrachtet, um eine Vergleichbarkeit mit den anderen Systemen zu gewährleisten.

Die Messdatenanalyse erfolgt an den Arbeitsplatzrechnern im lokalen Netzwerk mit der SEKS-Software im Softwaremodul „Verbrauchserfassung“. Dort können neben den automatisch bezogenen Messdaten der SEKS-Unterstationen auch manuell Zählerwerte eingetragen und bearbeitet werden.

## 2.5 Synavision

### 2.5.1 Einsatzbedingungen

Der „Energienavigator“ der Firma Synavision wird für die Gebäudeleittechnik im „Schulzentrum auf der Prag“ eingesetzt. Das Schulzentrum ist auf dem Luftbild (**Bild 10**) dargestellt.



**Bild 10** Luftbild Schulzentrum auf der Prag mit Alexander-Fleming-Schule (Langbau links), Hedwig-Dohm-Schule (quadratischer Bau rechts) und Zwischenbau (Bildquelle: Google)

Das Schulzentrum beherbergt die Alexander-Fleming-Schule für Gesundheit und Pflege sowie die Hedwig-Dohm-Schule für Ernährung und Soziales. Zusätzlich ist das Abendgymnasium in Räumen der Alexander-Fleming-Schule untergebracht. Der Zwischenbau wird von beiden Schulen genutzt. Hier sind eine Cafeteria und Veranstaltungsräume untergebracht. Das Schulzentrum wurde von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) mit einer Platin-Auszeichnung prämiert.

Die gesamte Liegenschaft wird heizungstechnisch mit Fernwärme und Strom aus den jeweiligen öffentlichen Netzen versorgt. Zusätzlich ist eine Solarthermieanlage mit einer Fläche von 48 m<sup>2</sup> in der Süd-Ost-Fassade der Alexander-Fleming-Schule integriert.

Mit Ausnahme weniger untergeordneter Räume wird die gesamte Liegenschaft durch acht zentrale Lüftungsanlagen versorgt. Steuerungs- und Regelungsaufgaben erfolgen durch eine umfangreiche Gebäudeleittechnik, hauptsächlich anhand von Temperatur- und CO<sub>2</sub>-Messwerten aus den einzelnen Räumen.

### 2.5.2 Hardware

Die Analysesoftware von Synavision ist, die Herkunft der zu analysierenden Daten betreffend, weitgehend herstellerneutral. Im Zuge des Projekts wurden die betreffenden 182 Datenpunkte der GLT als Trends mit Messintervallen zwischen einer und 60 Minuten angelegt und über den Onlinezugriff als csv-Dateien exportiert. Die GLT der Firma GFR hatte diese Funktionalität bereits

vor dem Projektbeginn enthalten. Entsprechend waren vonseiten der Firma GFR keine Anpassungen notwendig.

Die Untersuchung und die Bewertung der GLT und der Hardware ist nicht Teil des Projekts.

### 2.5.3 Software

Die Firma Synavision hat sich zum Ziel gesetzt, die Funktion von GLT-Systemen zu überprüfen. Dafür wird zunächst die Funktionsbeschreibung der Regelung digital abgebildet. Damit ergeben sich für jede Anlage sinnvolle Betriebszustände, welche von verschiedenen messbaren Randbedingungen abhängen. Beispielsweise ist der Betriebszustand „EIN“ einer Heizung nur sinnvoll, wenn die Außentemperatur unter einem bestimmten Wert liegt.

Nachdem die Funktionsbeschreibung im Programm hinterlegt ist, werden die Messdaten eingelesen und mit den Datenpunkten der Funktionsbeschreibung verknüpft. Das Programm ermittelt daraufhin, zu welchen Zeiten die Messdaten der Funktionsbeschreibung entsprechen bzw. dieser widersprechen.

Im Zuge des Projekts wurde Synavision einerseits beauftragt, den digitalen Prüfstand mit maximal 200 Datenpunkten zu erstellen und einen Prüfbericht vorzulegen. Andererseits wurde auch die Software erworben um die Prüfungen selbst vorzunehmen.

### 3 Kostenvergleich

Die Kosten für jedes System setzen sich zusammen aus den Kosten, die an den jeweiligen Systemanbieter direkt zu entrichten sind und den zusätzlichen Kosten für die Leistungen dritter, beispielsweise für Handwerkerleistungen. **Tabelle 5** stellt die Kosten, die im Zuge des Projekts anfallen, zusammen.

**Tabelle 5** Kostenzusammenstellung

	direkte Kosten	zusätzliche Kosten	Summe
Dezem	16.100 Euro	2.000 Euro	18.100 Euro
Ennovatis	11.800 Euro	0 Euro	11.800 Euro
Relay Weblog	2.100 Euro	3.500 Euro	5.600 Euro
Monisoft	0 Euro		
SEKS	2.000 Euro	0 Euro	2.000 Euro
Synavision	23.000 Euro	0 Euro	23.000 Euro

Dargestellt sind die externen Kosten zum Ende des Projekts, wie sie im Projekt angefallen sind. Es ist daher unter anderem zu berücksichtigen,

- dass die Personalkosten des Amts für Umweltschutz als interne Kosten nicht enthalten sind,
- dass die Lizenzgebühren für die SEKS-Software nicht enthalten sind, da sie im Amt für Umweltschutz ohnehin anfallen und
- dass keine Lizenzgebühren für Monisoft enthalten sind, da Monisoft für Forschungszwecke kostenlos verfügbar ist. Nach Aussage des KIT wird, entgegen der bisherigen Praxis, langfristig auch für kommerzielle Verwender eine Open-Source-Lizenzregelung angestrebt.

Außer bei SEKS wurde mit jedem System jeweils nur eine Liegenschaft ausgerüstet. Energiemanagementsysteme werden in der Praxis dagegen für eine Vielzahl von Liegenschaften gleichzeitig eingerichtet. Die Kosten je Liegenschaft senken sich dann aufgrund von Mengenrabatten und Synergien, zum Beispiel für die Auswertesoftware. Dazu gibt die Firma an, die Umsetzung der in der Bismarckschule gegebenen Datenerfassungs- und Auswerteaufgabe in 50 Schulen könne mit einer Investition von insgesamt 46.495 Euro netto realisiert werden. Das entspricht mit rund 1.100 Euro brutto je Schule etwa 7 % der im Projekt für deZem angefallenen Kosten.

## 4 Hardwarevergleich

### 4.1 Untersuchte Aspekte

Bei der Untersuchung der Hardware wurde zunächst der Installationsaufwand geprüft. Insbesondere wurde betrachtet, wie viel Zeit und Fachwissen notwendig ist, um die Installation zu realisieren. Die Hardwareinstallationen nahm für alle Systeme derselbe, beim Amt für Umweltschutz angestellte, Elektroniker für Automatisierungstechnik vor.

Ein weiterer Aspekt sind technische Fehler, wie beispielsweise ein defektes Display. Sie sind Indizien für die technische Qualität der Hardware.

Die Betreuung während der Installation und dem Betrieb der Hardware stellt den dritten untersuchten Aspekt dar. Der Aspekt beinhaltet die Erreichbarkeit von Mitarbeitern des technischen Services und die Qualität der Hilfestellung für den Umgang mit der Hardware.

### 4.2 Einzelergebnisse

#### 4.2.1 deZem

Der Schaltkasten der Firma deZem in der Bismarckschule beinhaltet

- einen Industriecomputer „iPCX“,
- Impulsmodule zum Wandeln der Zählimpulse in M-Bus-Signale für 10 Impulseingänge,
- einen UMTS-USB-Modem-Stick inklusive SIM-Karte,
- Klemmen zur Anbindung der Zählimpulsleitungen sowie
- die Verdrahtung innerhalb des Schaltkastens.

Die gesamte Installation war vorkonfektioniert und weitgehend parametrierbar.

Vor der Installation in der Bismarckschule wurden im Amt für Umweltschutz Versuche mit den verbauten Elementen durchgeführt, die Parametrierung der Impulsmodule geringfügig geändert und der M-Bus neu gescannt. Damit sollte die Anpassungsfähigkeit des Systems an geänderte Randbedingungen im M-Bus untersucht werden. Nach der Einbindung an die Messtechnik der Bismarckschule wurden dann die Zähler nicht mehr zuverlässig erkannt. Nach

mehreren Telefonaten mit deZem und Ortsterminen, wurde die Parametrierung der Impulsmodule zurückgestellt und die ursprüngliche Konfigurationsdatei für den iPCX wieder eingespielt. Damit konnte das Problem behoben werden.

Die Anpassungsschwierigkeiten des iPCX an die geänderten M-Bus-Teilnehmer stellen eine Schwachstelle des Systems dar. Insgesamt gestaltete sich die Installation des deZem-Schaltkastens von allen untersuchten Hardwaresystemen am aufwendigsten. Der Aufwand entstand aber hauptsächlich durch den durchgeführten Versuch.

Die Datenübertragung war zweimal unterbrochen. Ein dauerhafter Datenverlust ist dadurch nicht entstanden, da der Datenspeicher des iPCX mit einem Speichervolumen von ca. einem Monat nach Wiederherstellung der Verbindung die Daten zuverlässig nachträglich übermittelte. Hintergrund der ersten Unterbrechung war ein nicht nachvollziehbarer PIN-Fehler der SIM-Karte.

Hintergrund der zweiten Unterbrechung war ein Einbruch in den Büroräumen der Firma deZem, bei dem die dort lagernden SIM-Karten gestohlen wurden. Aus Sicherheitsgründen wurden daraufhin alle SIM-Karten des Rahmenvertrags zwischen deZem und dem Netzbetreiber gesperrt, die bei deZem ohne festen Standort gelistet waren. Zu diesen gehörte auch die SIM-Karte in der Bismarckschule. deZem schickte unmittelbar nach dem Vorfall eine neue SIM-Karte zu.

Die telefonische Betreuung war jederzeit verfügbar und kompetent.

#### 4.2.2 Ennovatis Smartbox

Die Smartbox ist gegenüber den anderen untersuchten Systemen relativ klein und konnte dadurch in den Schaltkasten der SEKS-Unterstation integriert werden. Das ersparte Bohrungen an der Wand und vereinfachte so die Installation.

Die Smartbox konnte problemlos in das bestehende M-Bus-System eingeschleift werden, obwohl durch die SEKS-Unterstation bereits ein M-Bus-Master vorhanden ist. Diese Funktionalität ist beispielsweise für M-Bus-Systeme mit einem zentralen Leitreechner interessant. In einem solchen System können mit der Smartbox Zählerdaten exportiert werden, ohne in die Software der Leittechnik eingreifen zu müssen.

Die Planung für die Datenübertragung aus der Smartbox an das Amt für Umweltschutz sah zunächst vor, Router mit UMTS-Internetverbindung im Solituddegymnasium und im Amt für Umweltschutz einzurichten. Die Smartbox sollte die Daten über LAN an den Router, weiter über das Internet zum Router im Amt für Umweltschutz und an den Computer dort im LAN übertragen. Dies hätte das Vorhandensein fester IP-Adressen oder eines dynamischen DNS vorausge-

setzt. Eine feste IP-Adresse ist mit einer langen Bearbeitungszeit und hohen Bereitstellungskosten verbunden, dynamisches DNS wird vom Netzbetreiber der UMTS-Verbindung nicht unterstützt. Ennovatis war im Vorfeld über die Planung informiert. Ein Hinweis auf die Hürden wäre hilfreich gewesen.

Nachdem die beschriebene Problematik klar wurde, sandte Ennovatis ein Analogmodemmodul zum Einbau in die Smartbox zu. Zusammen mit einem von Ennovatis programmierten Relais-Zeitprogramm auf der Smartbox kann seitdem die analoge Telefonverbindung des SEKS-Systems verwendet werden.

Die Parametrierung der Smartbox erfolgt mit der Software „Smartbox Manager“. Mit der Software werden der M-Bus auf Zähler gescannt und Speicherintervalle festgelegt. Die Bedienung dieser Software ist nicht intuitiv. Mit Hilfe von Bedienungsanleitung und heuristischen Methoden sind dennoch mit vertretbarem Zeiteinsatz akzeptable Ergebnisse zu erzielen.

Das zeitintensivste Hindernis bei der Einrichtung der Smartbox war die instabile Modemverbindung zwischen dem Amt für Umweltschutz und der Smartbox im Solitude-Gymnasium. Es waren in der Regel mehrere Wählversuche notwendig, um eine Verbindung zur Smartbox herstellen zu können. Teilweise war der Verbindungsaufbau einen ganzen Tag lang nicht möglich. Dieses Problem ist mutmaßlich ein Fehler der Smartbox, da durch die selbe Telefonverbindung die SEKS-Unterstation fehlerfrei abrufbar ist.

Der mangelhafte Verbindungsaufbau ist in der Praxis während der Inbetriebnahmephase ein Problem, wenn die Parametrierungen nicht durchgängig erfolgen können und immer wieder Arbeitsunterbrechungen stattfinden müssen, bis wieder eine Verbindung besteht. Sobald die Einrichtung der Smartbox abgeschlossen und automatisiert ist, ist die Anzahl der Versuche, bis eine Verbindung aufgebaut und Messdaten übertragen sind, von untergeordneter Bedeutung, sofern die Verbindung besteht bevor der interne Messwertspeicher der Smartbox ausgereizt ist. Ennovatis konnte den Fehler zwar bei sich reproduzieren aber nicht beheben.

Die technische Betreuung war stets verfügbar.

### 4.2.3 Relay Weblog

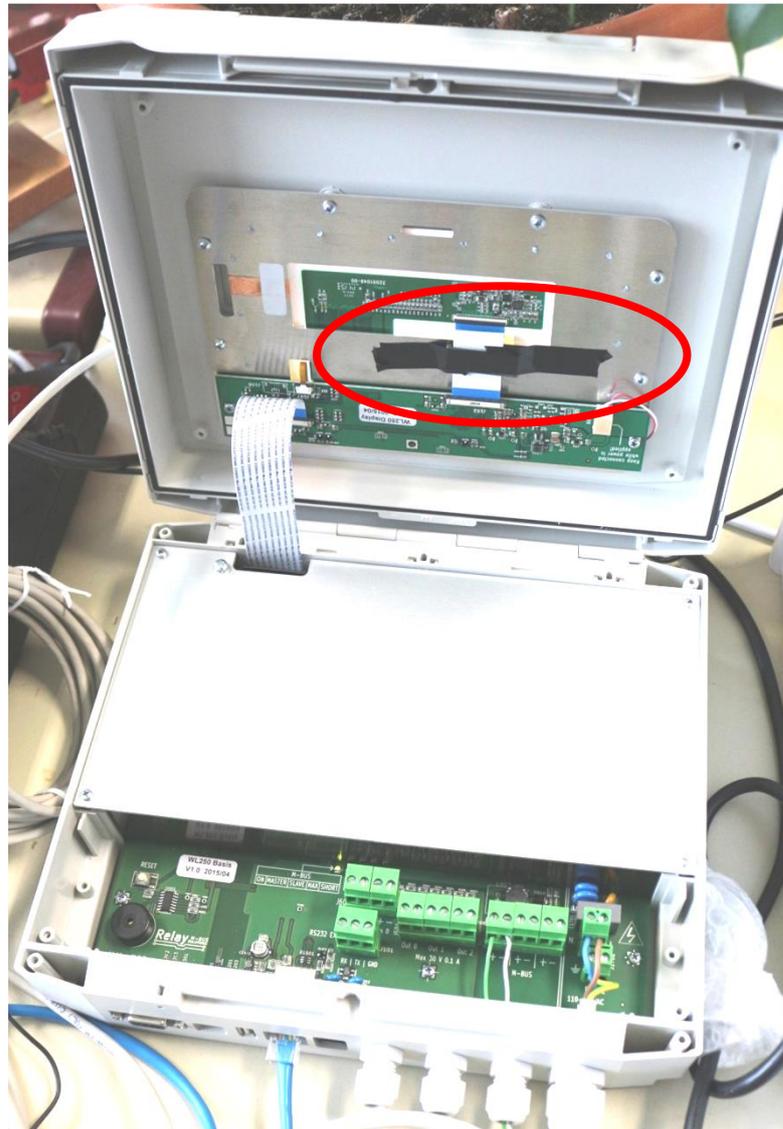
Der Weblog wurde durch das Amt für Umweltschutz an den örtlichen M-Bus angebunden und parametrierd. Der M-Bus-Scan erkennt problemlos alle Geräte und speichert die Daten zuverlässig.

Der Weblog ist per LAN über einen UMTS-Router mit dem Internet verbunden. Die ursprüngliche Planung sah vor, die Messdaten automatisch per Email in

das Amt für Umweltschutz zu übertragen. Aus ungeklärten Gründen war diese Übertragung nicht erfolgreich. Deswegen werden die Daten täglich auf einen ftp-Server übertragen und können von dort im Amt für Umweltschutz abgerufen werden.

Die Bedienung des Weblogs kann wahlweise über den Touchscreen oder browserbasiert über LAN erfolgen. Auch wenn die Bedienung nicht selbsterklärend ist, so sind doch die Funktionen in der Bedienungsanleitung ausreichend beschrieben. Eine telefonische Beratung war nicht notwendig.

Bereits bei anfänglichen Untersuchungen im Amt für Umweltschutz waren Probleme mit dem Display zu beanstanden. Es stellte sich heraus, dass ein Wackelkontakt an der Platine hinter dem Display der Grund für die Probleme ist. Nachdem das Verbindungskabel an dieser Stelle notdürftig mit Klebeband fixiert wurde, war die Bedienung eingeschränkt wieder möglich (**Bild 11**).



**Bild 11** geöffneter Weblog mit fixiertem Verbindungskabel

Die Einschränkungen durch den Wackelkontakt verschärfen sich jedoch mit der Zeit, sodass inzwischen die Bedienung ausschließlich über LAN erfolgen muss.

Die Firma Relay hat zugesichert, das Gerät nach Ablauf des Forschungsprojekts zu ersetzen. Eine sofortige Ersetzung wäre ebenfalls möglich, wurde aber seitens des Amts für Umweltschutz abgelehnt, um die Messungen nicht unterbrechen zu müssen.

Aus ungeklärter Ursache fiel der Upload aus dem Relay Weblog auf den ftp-Server mehrmals aus. Zurücksetzen der Verbindungseinstellungen des Weblogs sowie Löschen alter Messdaten auf dem Server lösten das Problem.

#### 4.2.4 SEKS

Für die Parametrierung der SEKS-Unterstation wird über ein Tabellenkalkulationsprogramm mit einem Makro eine Konfigurationsdatei erzeugt und auf die

Station übertragen. Alternativ können alle notwendigen Parameter auch über das Display an der Station direkt eingegeben werden.

Die Mitarbeiter des Amtes für Umweltschutz haben bereits mehrere SEKS-Anlagen installiert und daher Erfahrungen im Umgang mit dem System. Durch diesen Vorteil verliefen Installation, Parametrierung und Datenübertragung problemlos. Externe Hilfe war dabei nicht notwendig und wurde daher auch nicht eingefordert.

Während der Projektlaufzeit kam es zu einem Ausfall der Messdatenübertragung. Hintergrund dafür war ein kurzzeitiger Wegfall der Spannungsversorgung an der Unterstation. Die Pufferbatterie, die in solchen Fällen für den Erhalt von gespeicherten Parametern und Systemzeit sorgt, war aufgrund ihres Alters dazu jedoch nicht in der Lage. Die tägliche Modemverbindung konnte danach zwar aufgebaut werden, wodurch im Amt für Umweltschutz keine Fehlermeldung angezeigt wurde, eine Messdatenübertragung fand aber nicht statt. Die Implementierung einer Fehlermeldung für solche Fälle ist wünschenswert.

### 4.3 Übersicht

**Tabelle 6** gibt eine Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften und Ergebnisse des Hardwarevergleichs.

**Tabelle 6** Übersicht Hardwareeigenschaften

	<b>deZem</b>	<b>Ennovatis</b>	<b>Relay</b>	<b>SEKS</b>
<b>Bezeichnung des Herstellers</b>	Industrie PC iPCX	ennovatis Smartbox IP20	WebLog 250	SEKS- Unterstation
<b>Aufwand Inbetriebnahme</b>	Hoch wg. Anpassungs- versuch	Erhöht wg. Umstellung UMTS -> Ana- logtelefon	Gering	Sehr gering wg. Erfah- rung
<b>Support</b>	Gut erreich- bar und kom- petent	Gut erreich- bar, geringe Schwäche bei Kompetenz	Gut erreich- bar, Kompe- tenz nicht getestet	k. A.
<b>Technische Mängel</b>	Probleme mit SIM-Karte	Verbindungs- probleme	Defektes Display, Ausfall des Uploads	Ausfall der Übertragung wg. Puffer- batterie
<b>Zähleranbindung</b>	Standard- mäßig viele Schnittstellen	Standard- mäßig viele Schnittstellen	M-Bus	Impulse, M-Bus, OPC

	<b>deZem</b>	<b>Ennovatis</b>	<b>Relay</b>	<b>SEKS</b>
<b>Datenübertragung</b>	Standardmäßig viele Schnittstellen	Standardmäßig viele Schnittstellen	USB, E-Mail, ftp	Telefon (analog)
<b>Abmessungen (HxBxT) [cm]</b>	27 x 27 x 17	22,5 x 21 x 7	26,4 x 23,4 x 8,6	38 x 38 x 21
<b>Internetseite</b>	dezem.de	ennovatis.com	relay.de	k. A.

## 5 Softwarevergleich

### 5.1 Untersuchte Aspekte

Analog zur Betrachtung der Hardware, wird auch bei der Software zunächst der Aufwand für die Installation der Software inklusive der Parametrierung der Dateneingänge und der Verbindungseinstellungen betrachtet. Werden für die zu untersuchende Software weitere Computerprogramme benötigt, ist auch dieser Aufwand einbezogen.

Als zweiter Aspekt wird die Betreuung bei der Installation, d. h. die Erreichbarkeit von Mitarbeitern des technischen Services und die Qualität der Hilfestellung für die Installation der Software, beschrieben. Neben persönlichen Gesprächen und Telefonaten werden auch Hilfestellungen wie Schulungen, Bedienungsanleitungen oder Onlinehilfen berücksichtigt.

Zuletzt wird die Bedienungsfreundlichkeit der Software beschrieben und bewertet. Dies beinhaltet den Aufwand, der betrieben werden muss, um bei der Arbeit mit der Software zu den gewünschten Ergebnissen zu gelangen. Insbesondere ist in diesem Aspekt enthalten, wie einfach sich Grafiken erzeugen lassen.

### 5.2 Einzelergebnisse

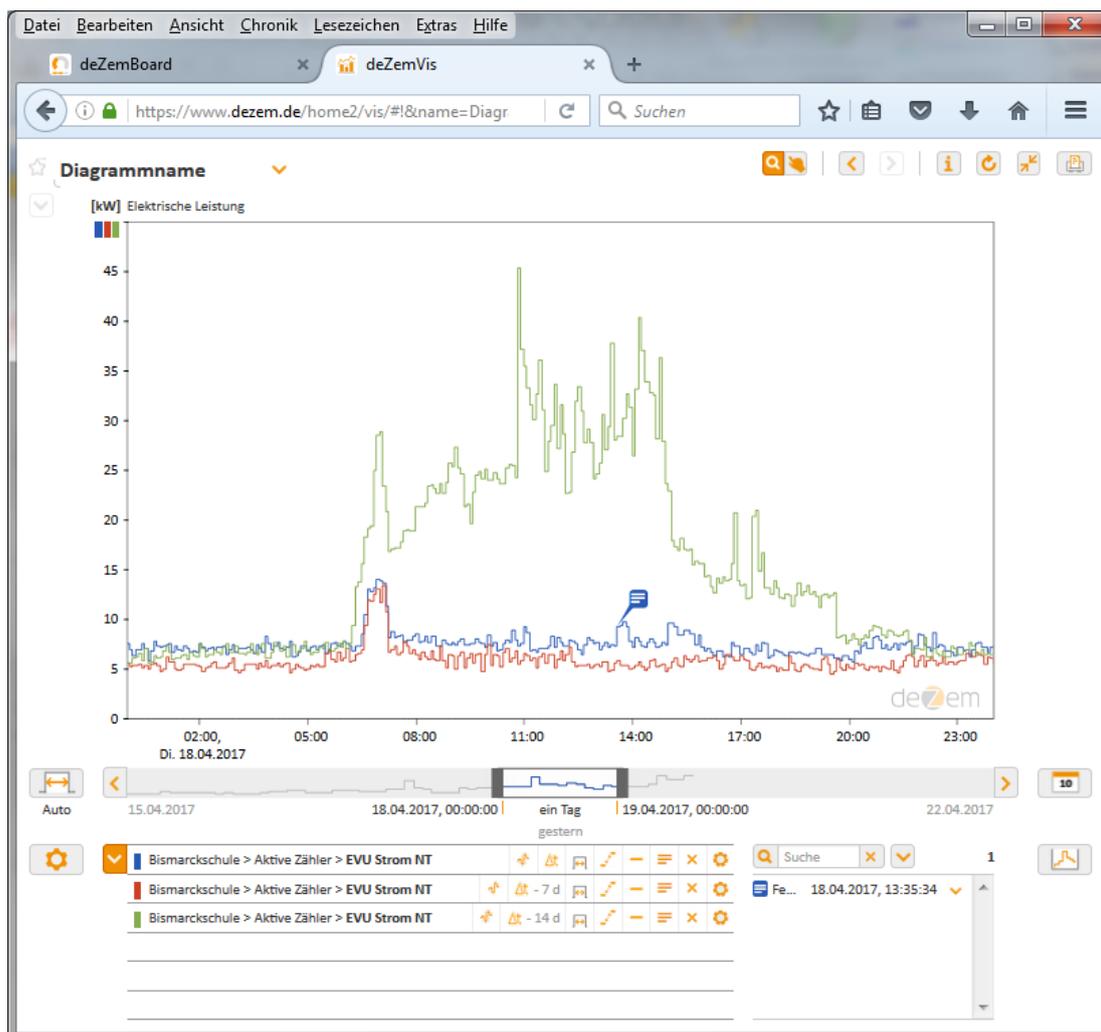
#### 5.2.1 deZem

Die Analyse- und Bedienungssoftware, bei deZem „Energiecontrollingsoftware“ genannt, ist webbasiert und mit jedem Browser bedienbar, der über eine Internetverbindung verfügt. Die Daten werden zentral auf einem von deZem gehosteten Server gespeichert und verwaltet. Die Installation von Software ist nicht notwendig. Ein weiterer Vorteil in diesem System besteht darin, dass Datenverluste durch die Bedienungssoftware weitgehend ausgeschlossen werden können. Die Daten werden fortlaufend in Echtzeit übertragen und stehen nach wenigen Minuten online zur Auswertung bereit. Sie werden ereignisbasiert aufgezeichnet, d. h. nur bei Änderung eines Wertes wird der neue Wert gespeichert. Dadurch lassen sich auch kurzfristige Änderungen nachvollziehen ohne große Datenmengen zu produzieren.

DeZem bietet Anwenderschulungen wahlweise beim Kunden oder in den eigenen Räumen in Berlin an. Im Forschungsprojekt wurde ein Schulungstag in Ber-

lin gewählt. Zusammen mit zwei späteren kurzen Telefonaten war das dort vermittelte Wissen ausreichend für den Einstieg in das Softwaresystem.

DeZem ist bestrebt, eine weitgehend selbsterklärende und intuitive Bedienung zu ermöglichen. Dies gelingt bei der Erzeugung von Grafiken sehr gut. Mit dem gewählten Softwarepaket stehen Kurven-, Säulen- und Streudiagramme zur Verfügung. Des Weiteren lassen sich Kurven mit Zeitversatz einblenden, wie **Bild 12** veranschaulicht.

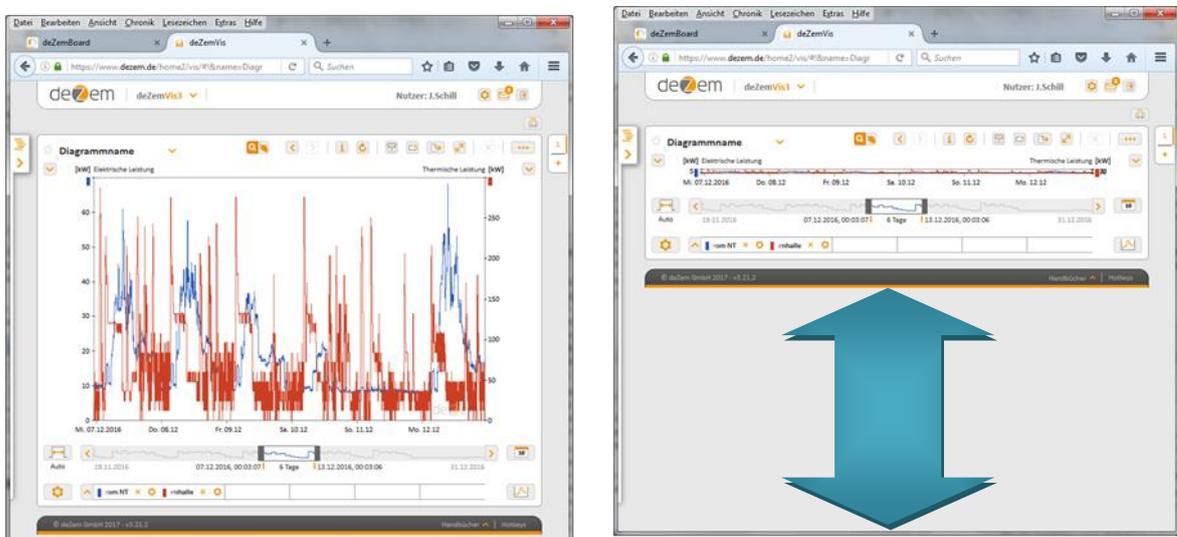


**Bild 12** Stromaufnahme der Bismarckschule eines Tages in der zweiten Osterferienwoche (blau) und eine Woche (rot) bzw. zwei Wochen (grün) davor

An jedem Punkt der dargestellten Kurven können Kommentare angeheftet werden. Dies kann beispielsweise zur Dokumentation von Ereignissen eingesetzt werden.

Die erzeugten Diagramme können mit ihren Einstellungen gespeichert und auf zwei Arten exportiert werden. Einerseits ist ein Export als csv-Datei möglich, andererseits kann auch ein Link auf das Diagramm an andere Nutzer weitergegeben werden.

Alle genannten Funktionen der Software funktionierten in der Projektlaufzeit fehlerfrei. Der einzige festgestellte Softwarefehler ist ein Darstellungsfehler im Softwaremodul „deZemVis“. Sofern die Zoom-Einstellung des Browsers unter 100 % beträgt, wird das Diagramm langsam in der Höhe reduziert, bis es schließlich ganz verschwunden ist. **Bild 13** stellt ein Diagramm im Ausgangszustand und nach ca. fünf Minuten dar. Die Größenänderung wird durch einen Blockpfeil verdeutlicht.



**Bild 13** sich verkleinerndes Diagramm bei 90 % Zoomeinstellung im Ausgangszustand (links) und nach ca. 5 Minuten (rechts)

Nachdem deZem telefonisch nach einer Erklärung für das Problem sich verkleinernder Diagramme angefragt wurde, kam die Rückmeldung mit der Lösung, die Zoom-Einstellung auf 100 % zu setzen, noch am selben Tag.

### 5.2.2 Ennovatis

Der Installationsaufwand für die Ennovatis Controlling Software ist überdurchschnittlich. Die Software wird auf einer CD-ROM geliefert. Da der Laptop, auf dem die Software installiert werden sollte, kein CD-Laufwerk besitzt, musste die Installationssoftware zunächst mit einem weiteren Computer auf einen USB-Stick übertragen werden. Außerdem ist nach der Installation die Eingabe eines Lizenzschlüssels notwendig, der in den zugesandten Unterlagen nicht enthalten ist. Erst auf Nachfrage und mehreren Tagen Bearbeitungszeit wurde der Lizenzschlüssel durch Ennovatis übermittelt.

Die zuverlässige Funktion der Controlling Software setzt eine fehlerfreie Parametrierung der Smartbox über den Smartbox Manager voraus. Werden beispielsweise die Kontrollkästchen bei den Zählereinstellungen „Aktiv“ und „Flash“, die jeweils keine genauere Beschreibung besitzen, im Smartbox Manager nicht aktiviert, ist der jeweilige Zähler in der Controlling Software nicht zu finden. Eine engere Verzahnung beider Programme ist wünschenswert. Dadurch könnte auf Fehleinstellungen in der einen Software in der jeweils anderen Software durch Meldungen hingewiesen werden.

Die telefonische Betreuung während der Installationsphase war stets verfügbar und kompetent. Im Auftrag an Ennovatis ist eine Softwareschulung enthalten. Aus terminlichen Gründen wurde die Schulung aber nicht durchgeführt. Eine Bewertung über die Schulung kann daher nicht abgegeben werden.

Zur Auswertung der Messdaten stehen Kurven-, Säulen- und Streudiagramme zur Verfügung. Das Erstellen der Diagramme ist nicht intuitiv und im Vergleich zu den anderen untersuchten Programmen komplizierter. Um die Darstellung von Diagrammen zu ändern, sind die erforderlichen Einstellungen zum Teil in einem separaten Softwarefenster vorzunehmen und gemeinsam zu übernehmen. Die Auswirkung von Änderungen sind dadurch schlecht nachvollziehbar. Wünschenswert ist es, dass Änderungen an Diagrammeinstellungen sofort umgesetzt werden.

### 5.2.3 Monisoft

Die Installationsdatei für Monisoft wird vom KIT auf Nachfrage zum Download bereitgestellt. Für Forschungszwecke ist die Vollversion kostenlos. In jedem Fall ist eine Lizenzvereinbarung zu schließen, welche für das Forschungsprojekt aber bequem nachträglich geschlossen wurde.

Monisoft setzt das Vorhandensein einer SQL-Datenbank voraus. Das erforderliche Datenbankmanagementsystem ist nicht Teil von Monisoft und muss eigenständig installiert werden.

Für die Installation eines Datenbanksystems sowie für die Bedienung von Monisoft stellt die Hochschule Rosenheim im Internet Schulungsfilm, sogenannte „Screencasts“, zur Verfügung. Insgesamt stehen vierzehn Screencasts mit einer Länge von insgesamt über 90 Minuten zur Verfügung. Die Bedienung der Software ist damit möglich.

Vor dem Forschungsprojekt wurden regelmäßig kostenlose Softwareschulungen für Monisoft in Rosenheim angeboten. Während der Projektlaufzeit wurde jedoch keine Schulung durchgeführt. Die nächste Schulung wird voraussichtlich im Jahr 2017 stattfinden.

Organisatorische Anfragen, wie beispielsweise nach der Installationsdatei, wurden in der Regel innerhalb eines Tages beantwortet. Technische Betreuung wurde seitens des Amtes für Umweltschutz nicht eingefordert.

Für den Messdatenimport in die SQL-Datenbank wurden zunächst die csv-Dateien, welche jeweils die Messdaten eines Tages umfassen, mit einem Tabellenkalkulationsprogramm zusammengefasst und in das Format einer sogenannten „.mon-Datei“ umformatiert. Dieses Format ist eine Erfindung der Monisoftentwickler, bei dem jede Zeile nur aus Zeitstempel, Datenpunktbezeichnung und Zählerwert besteht. **Tabelle 7** zeigt ein Beispiel für dieses Format.

**Tabelle 7** Format einer .mon-Datei

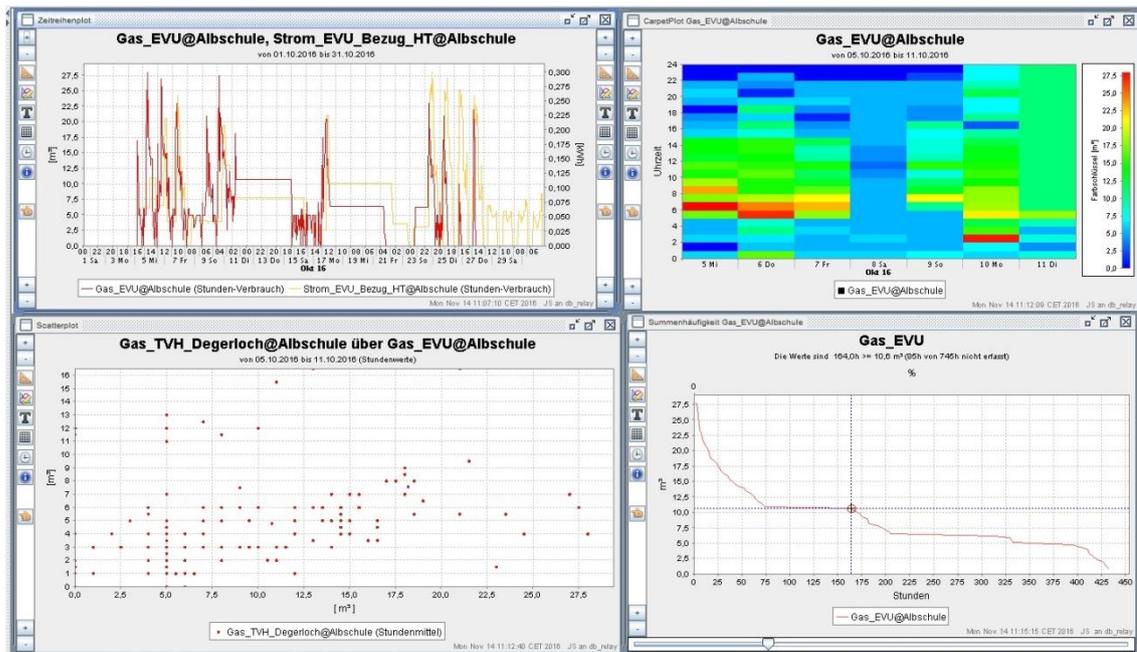
2016-10-24 00:00:00	Strom_EVU_Bezug_HT	1164,79
2016-10-24 00:00:01	Strom_EVU_Bezug_NT	427,529
2016-10-24 00:00:02	Strom_EVU_Einsp._HT/NT	4,259
2016-10-24 00:00:03	Strom_Albschule	3564,99
2016-10-24 00:00:03	Strom_Realschule	103,625
2016-10-24 00:00:04	Strom_TUV_Halle	889,915
...	...	...

Da die csv-Dateien aus dem Weblog einen ähnlichen Aufbau haben, ist die Formatierungsänderung einfach möglich. Ein Problem ergab sich daraus, dass die Zählerbezeichnungen bei Monisoft keine Leerzeichen enthalten dürfen. Ein Hinweis oder eine Fehlermeldung, aus der diese Vorgabe hervorgeht, ist wünschenswert.

Bei einer langfristigen Nutzung von Monisoft kann und sollte der Datenimport automatisiert sein. Dies ist nach Angaben von Monisoft möglich, war im Forschungsprojekt aber nicht enthalten.

Monisoft ist nicht auf das .mon-Format angewiesen. Ebenso können konventionelle csv-Dateien importiert werden, bei denen für jeden Zeitstempel mehrere Zählerwerte und die Zählpunktbezeichnung in einer höher liegenden Zeile stehen. In Kombination mit dem Relay Weblog als Hardware ist das .mon-Format jedoch praktikabler.

Das Erzeugen von Grafiken ist durch die Screencasts einfach möglich. Neben den üblichen Liniendiagrammen mit Zeitbasis stehen auch X,Y-Diagramme, Carpet-Plots, Dauerlinien und Zeitraumvergleiche zur Verfügung. **Bild 14** zeigt verschiedene Diagrammart, die von Monisoft erzeugt werden können.



**Bild 14** Beispiele verschiedener Diagrammarten bei Monisoft (Liniendiagramm auf Zeitbasis, Carpet-Plot, X,Y-Diagramm und Dauerlinie)

Monisoft bietet eine komfortable Datenpflege. Datenreihen können dabei als Diagramm angezeigt und einzelne Messwerte oder Messwertbereiche für ungültig erklärt werden. Die ungültigen Werte werden daraufhin bei Auswertungen missachtet, bleiben aber gespeichert und können wieder für gültig erklärt werden.

#### 5.2.4 SEKS

Das Gebäude mit Kenndaten und Zählern muss zunächst im Softwaremodul „Gebäudemanagement“ angelegt werden. Darauf folgt die Zuordnung der Zähler aus der Unterstation mit den in der Software angelegten Zählern. Die Arbeitsschritte sind nicht intuitiv und nur mit einer Schulung oder anhand der Erfahrung im Amt für Umweltschutz problemlos zu verstehen.

Sobald die Messdaten in der Datenbank erfasst sind, können sie von jedem Mitarbeiter im Softwaremodul „Verbrauchserfassung“ eingesehen und bearbeitet werden. Sie werden standardmäßig tabellarisch aufgeführt. **Bild 15** zeigt einen Ausschnitt aus den Zählerdaten im Energiebereich Heizung der Neckarrealschule.

Neckar-Realschule [006220] Heilbronner Str. 159												
Wt	Verbrauchsdatum	Ablesedatum	Energiejahr	VB(z) [kWh]	VB(la) [kWh]	HKW(z) [kWh/m²a]	HKW(la) [kWh/m²a]	HKW(ge) [kWh/m²a]	[+] Fw_Haupt [13]	[N/A] Fw_Menge [14]	[N/A] WMZ_Heizung...	[N/A] WMZ_Lüftung...
Sa	08.10.2016	09.10.2016	2016	216	96.484	18,2	46,5		721.842	14.082.400	261.111	138.183
So	09.10.2016	10.10.2016	2016	383	96.867	30,4	46,4		722.225	14.089.840	261.282	138.347
Mo	10.10.2016	11.10.2016	2016	548	97.415	41,9	46,3		722.773	14.098.790	261.556	138.574
Di	11.10.2016	12.10.2016	2016	472	97.887	36,3	46,3		723.245	14.107.530	261.842	138.704
Mi	12.10.2016	13.10.2016	2016	455	98.342	36,5	46,2		723.700	14.116.030	262.123	138.824

**Bild 15** Messdatentabelle bei SEKS

Für die Energiebereiche „Heizung“, „Strom“ und „Wasser“ existieren jeweils getrennte Messdatentabellen. In jeder Tabelle stehen links das Datum, rechts die Zählerwerte und dazwischen die daraus errechneten Verbräuche und Kennwerte.

SEKS legt einen Fokus auf die Betrachtung von flächenspezifischen Verbrauchskennwerten. Um verschiedene Gebäude bei unterschiedlicher Witterung miteinander vergleichen zu können, werden die Verbräuche witterungsbereinigt und durch die Energiebezugsfläche dividiert. Es können Sockelverbräuche vorgegeben werden, die von der Witterungsbereinigung ausgenommen werden, beispielsweise für Prozesswärme oder Warmwasserbereitung.

SEKS stellt unter den betrachteten Softwareprogrammen das einzige Programm dar, das zwischen Verbrauchs- und Ablesedatum unterscheidet. Hintergrund dafür ist, dass der Verbrauch bei einer täglichen Ablesung um 0 Uhr am jeweiligen Vortag stattgefunden hat. Dabei ist zu beachten, dass die anderen Systeme in der Regel nicht mit Tagen, sondern mit kürzeren Erfassungszyklen arbeiten. Eine derartige Unterscheidung ist in solchen Fällen zwecklos.

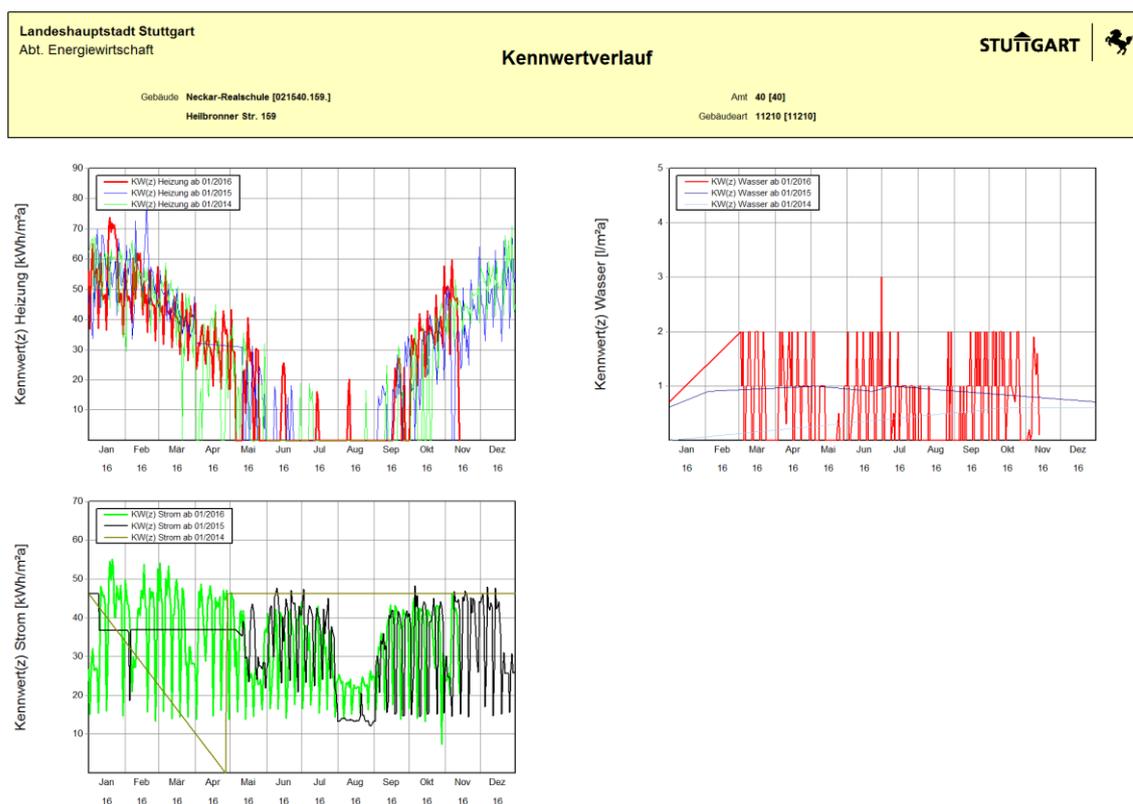
Die Zählerwerte werden so dargestellt, wie sie tatsächlich am Zähler vor Ort anstehen. Wandlerfaktoren und ähnliches werden erst bei der Verbrauchsrechnung berücksichtigt.

Für jeden Zähler muss im Softwaremodul „Gebäudemanagement“ definiert werden, ob der Verbrauch für den Verbrauch des Gebäudes relevant ist oder es sich um einen Unterzähler handelt. In der Neckarrealschule ist in dieser Hinsicht für den Heizwärmeverbrauch ausschließlich der Fernwärmehäher „FW\_Haupt“ relevant.

Der Verbrauch des Gebäudes ist in der Spalte „VB(z) [kWh]“ berechnet. Diese Zahl stellt die Summe aller verbrauchsrelevanten Zähler seit der letzten Ableseung dar. In der nächsten Spalte „VB(la) [kWh]“ ist der kumulierte Verbrauch seit Jahresbeginn eingetragen. Die Spalten „HKW(z) [kWh/m²a]“ und „HKW(la) [kWh/m²a]“ beziehen diese Verbräuche witterungsbereinigt auf die energierelevante Fläche, die wiederum im Softwaremodul „Gebäudemanagement“ definiert wurde.

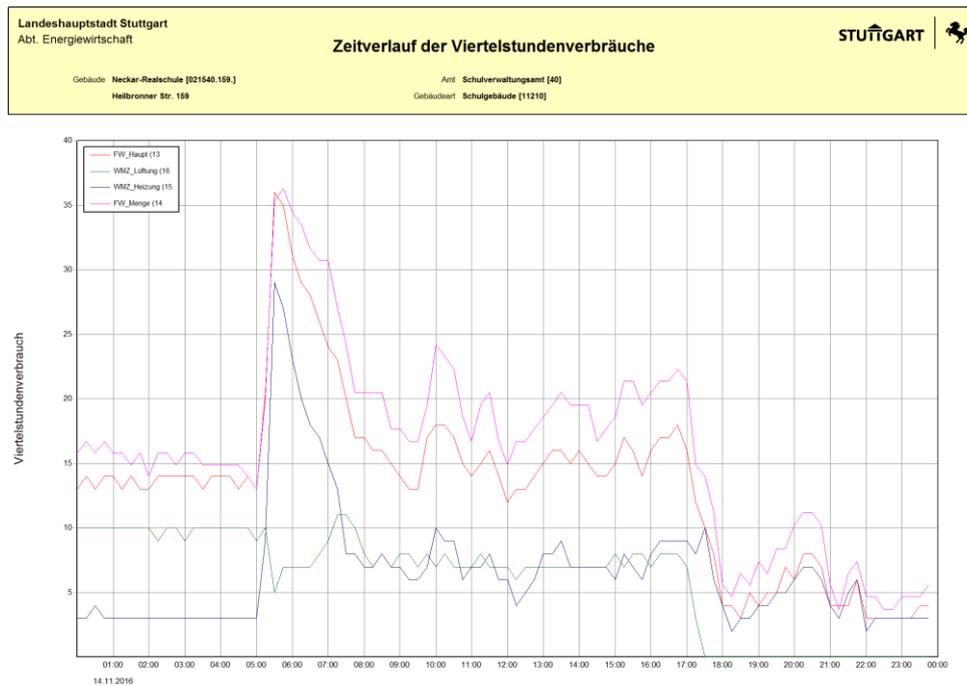
Die tabellarische Darstellung von Zählerwerten und der daraus errechneten Größen, ermöglicht bei Unstimmigkeiten eine schnelle Nachprüfbarkeit. Dagegen steht der Nachteil, dass Unstimmigkeiten ausschließlich anhand der Zählerwerte nicht erkannt werden können. Eine Visualisierung ist für ein sinnvolles Energiemanagement unabdingbar.

Die Visualisierung der Gebäudeverbräuche und der flächenspezifischen Verbrauchskennwerte ist mit geringem Aufwand möglich. **Bild 16** zeigt exemplarisch die Darstellung der Kennwertverläufe für Heizung, Strom und Wasser.



**Bild 16** Darstellung von Kennwertverläufen bei SEKS

Der Aufwand, den Viertelstundenverbrauch einzelner Zähler darzustellen, ist in der Handhabung weniger komfortabel aber einfach möglich. **Bild 17** zeigt hierfür ein Beispiel.



**Bild 17** Darstellung von Viertelstundenverbräuchen bei SEKS

Bei SEKS werden die Verbräuche der einzelnen Zähler nicht als Leistung, sondern als Viertelstundenverbräuche dargestellt. Daraus ergibt sich für die Skalierung, dass die Einheiten der Ordinate keine allgemein üblichen Einheiten wie „kW“ oder „m<sup>3</sup>/h“ sind, sondern beispielsweise „kWh/0,25h“ bzw. „m<sup>3</sup>/0,25h“. Außerdem werden generell alle Zähler einer Energieart im selben Diagramm dargestellt. Eine Abwahl einzelner Zähler oder die Darstellung von Zählern unterschiedlicher Energiearten ist Teil der aktuellen Entwicklung, in der Projektlaufzeit aber noch nicht möglich.

Technischer Support durch die Softwarefirma war im Zuge des Projekts nicht erforderlich.

### 5.2.5 Synavision

Der Auftrag an die Firma Synavision teilt sich in drei Bereiche:

1. Einrichten eines GLT-Prüfstands mit online-Zugriff (sog. „Dashboard“)
2. Erstellen eines Prüfberichts mit Empfehlungen für Optimierungsmaßnahmen
3. Lieferung der Prüfstandssoftware, um zukünftige Auswertungen selbst durchführen zu können

Der Prüfstand wurde von Synavision auf Basis der Regelbeschreibung aus den Revisionsunterlagen der Planung programmiert. Für die Auswertung mussten die Messdaten als csv-Dateien mit einem definierten Dateiaufbau an Synavision übermittelt werden. Der Formatierungsaufwand für diese Dateien war gegen-

über den anderen Systemen des Projekts umfangreicher. In diesem Punkt ist eine größere Flexibilität beim Format der einzulesenden Quelldatei wünschenswert.

Ein zusätzlicher Aufwand entstand durch unvollständige und fehlerhafte Revisionsunterlagen, sodass hier Klärungen durchgeführt werden mussten. Dieser Aufwand kann allerdings nicht Synavision angelastet werden. Synavision plant, den Energienavigator derart weiterzuentwickeln, dass mit Erstellen des Prüfstands auch die Regelungsbeschreibung in Textform ausgegeben werden kann. Dadurch wird zumindest im Neubau der doppelte Aufwand für die Erstellung von Regelbeschreibung und Prüfstand minimiert.

Der Prüfbericht wird durch Synavision in weitgehender Eigenverantwortung erstellt. Hier wäre eine Abstimmung über den auszuwertenden Zeitraum sinnvoll.

Der von Synavision erstellte Prüfbericht basiert auf dem Abgleich zwischen der Regelbeschreibung aus den Revisionsunterlagen und den aktuellen Messdaten. Die Regelungseinstellungen wurden jedoch seit der Erstellung der Revisionsunterlagen geändert. Beispielsweise war zum Zeitpunkt der Unterlagenerstellung noch nicht bekannt, dass das Abendgymnasium ebenfalls im Schulzentrum Prag einziehen und Räumlichkeiten außerhalb der ursprünglich vorgesehenen Betriebszeit nutzen würde. Diese Änderungen sind in den Revisionsunterlagen nicht dokumentiert und ergeben damit Abweichungen im Prüfbericht. Diese Begebenheit zeigt, dass der Nutzen des Prüfstands bei schlecht dokumentierter Regelungstechnik gemindert wird. Vor dem Einsatz des Prüfstands ist die Regelungsbeschreibung zu aktualisieren.

Für die Bedienung der Prüfstandssoftware wurde eine dreistündige Schulung im Amt für Umweltschutz durch Synavision angeboten. Die Bedienung der Software setzt eine solche Schulung voraus.

Für die Erstellung des Prüfstands sind Betriebszustände durch logische Ausdrücke zu definieren. Dies bedingt Kenntnisse in mathematischer Logik beim Anwender. Synavision übermittelte den Prüfstand „Schulzentrum Prag“ als Datei, sodass im Amt für Umweltschutz kein Prüfstand programmiert werden musste.

### 5.3 Übersicht

In **Tabelle 8** sind die wichtigsten Ergebnisse des Softwarevergleichs und Eigenschaften der Softwaretools zusammengestellt. Synavision ist von dem Ver-

gleich ausgenommen, da es sich beim Energienavigator nicht um ein klassisches Energiemanagementsystem handelt.

**Tabelle 8** Übersicht Softwareeigenschaften

	<b>deZem</b>	<b>Ennovatis</b>	<b>Monisoft</b>	<b>SEKS</b>
<b>Bezeichnung der Software</b>	dezem.de, Softwarpaket „ISO 50001“	ennovatis Controlling 50	MoniSoft	SEKS.Windows
<b>Installationsaufwand</b>	webbasiert, keine Installation	überdurchschnittlich (Software auf CD-Rom, Lizenzschlüssel)	überdurchschnittlich (Datenbank erstellen)	gering (bereits installiert)
<b>Support</b>	kompetent und verfügbar	kompetent und verfügbar	kompetent und verfügbar (Screencasts)	kein Support erforderlich
<b>Bedienungsfreundlichkeit</b>	intuitive und selbsterklärende Bedienung	Aufwand für Erstellung und Anpassung von Diagrammen überdurchschnittlich	durchschnittlicher Aufwand für Diagrammbearbeitung	eingeschränkte Funktionalität beim Anzeigen von Verbrauchskurven
<b>Verbrauchs-darstellung</b>	Kurven-, Säulen-, Streudiagramme	Balken-, Linien-, Treppendiagramme	Kurven-, Säulen-, Streudiagramme, Carpet-Plots	Liniendiagramme
<b>minimale Speicherrate</b>	ereignisbasiert	ereignisbasiert	vonseiten Monisoft keine Einschränkung	Viertelstundenwerte

## 6 Zusammenfassung und Fazit

Alle untersuchten Datenerfassungs- und Auswertesysteme sind für ihren Zweck als Energiemanagementsysteme prinzipiell geeignet. Jedes System weist darüber hinaus eigene Vor- und Nachteile auf.

Die Unterschiede bei den Anschaffungskosten (Kapitel 3 Kostenvergleich) liegen unerwartet hoch.

Der Installations- und Inbetriebnahmeaufwand ist für alle Systeme, außer der SEKS-Anlage, höher als vorab erwartet. Dabei liegt die Ursache für zusätzlich angefallene Arbeiten nicht immer in der Verantwortung der jeweiligen Systemanbieter.

Die Kundenbetreuung ist in allen Fällen zufriedenstellend, sowohl hinsichtlich der Antwortgeschwindigkeit auf Anfragen als auch der Nutzbarkeit der Antworten.

Die größten Unterschiede zwischen den Systemen liegen in deren Preisen und in der Handhabung der Software. Die ermittelten Preisunterschiede sind dabei auch dem Umstand geschuldet, dass jeweils nur eine Schule ausgerüstet wurde. Die Bedienung der Software ist nur bei deZem intuitiv und selbsterklärend.

Bei allen Systemen gibt es noch Potenziale für Verbesserungen. Häufig liegen diese Potenziale in der Anwendungsfreundlichkeit, teilweise aber auch in der technischen Qualität der Produkte.

Aus dem Forschungsprojekt wird klar, dass jedes System in Abhängigkeit der Anforderungen des Anwenders besser oder schlechter geeignet ist. Eine pauschale Empfehlung für ein einzelnes System, das jeder denkbaren Anforderung entspricht, kann nicht gegeben werden.