

Modellprojekt-Schule im Langzeitbetrieb

Energiecontrolling an der Gebhard-Müller-Schule in
Biberach a. d. Riß

Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff
Dr.-Ing. Stephan Heinrich
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Meinhard Ryba

Hochschule Biberach
Studiengänge Gebäudeklimatik & Energiesysteme
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

HBC.Hochschule Biberach | Karlstraße 11 | 88400 Biberach/Riß | www.hochschule-biberach.de

Gebhard-Müller-Schule (GMS) im Langzeitbetrieb

Inhalt

- Gebäude, Raumkonditionierung & Energiekonzept
- Energieverbräuche im Langzeitbetrieb
- Ergänzung der Verbrauchsauswertung durch EXCEL-Werkzeug
- Stand-By-Verluste der Anlagentechnik
- Retrofit: Einsatz effizienterer Geräte
- Zusammenfassung & Ausblick: Lessons Learned

Gebhard-Müller-Schule (GMS) in Biberach an der Riss

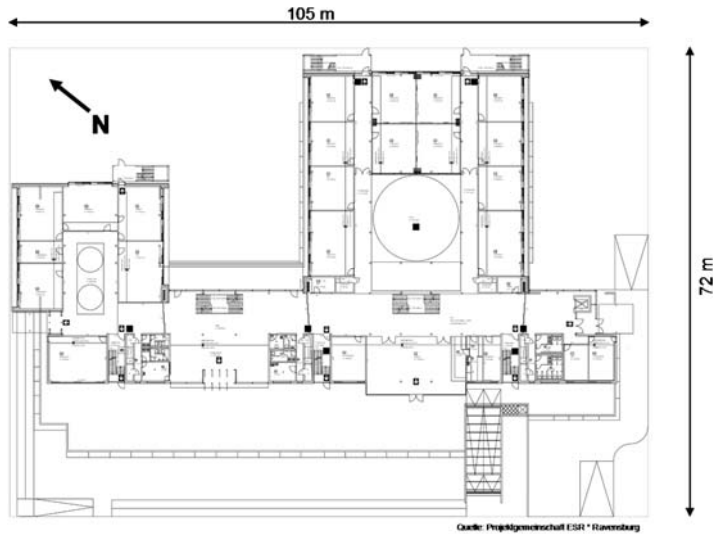
Gebäudedaten

Bruttogrundfläche: ca. 11.500 m² Nettogrundfläche: ca. 10.650 m² (EBF)

Bruttorauminhalt: ca. 44.000 m³ Gesamtkosten brutto: ca. 21 Mio. EUR



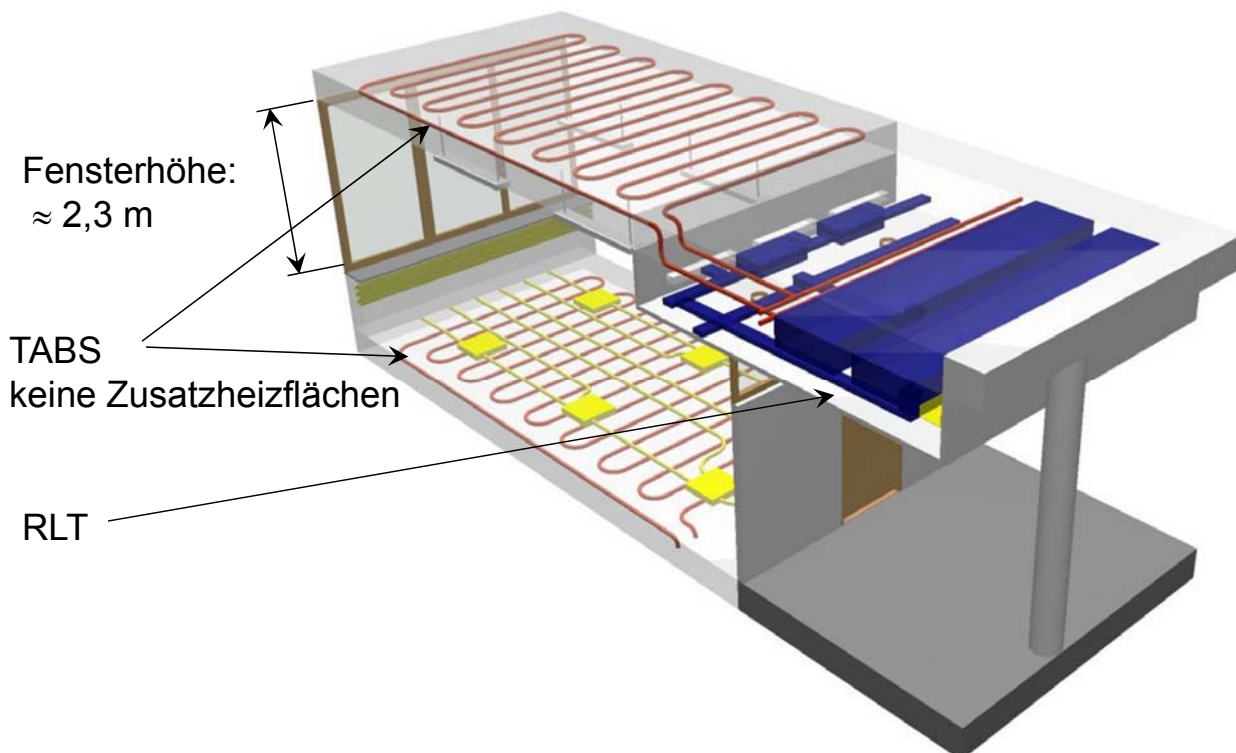
Fotos: HBC – Heinrich



Wärmepumpen: 2 x 120 kW (Grundlast)
Holzpelletkessel: 120 kW (Spitzenlast)
Grundwasserkälte: 300 kW

Raumkonditionierungskonzept der GMS

Flexibilität durch modulares Raumkonzept & modularisierte Installation



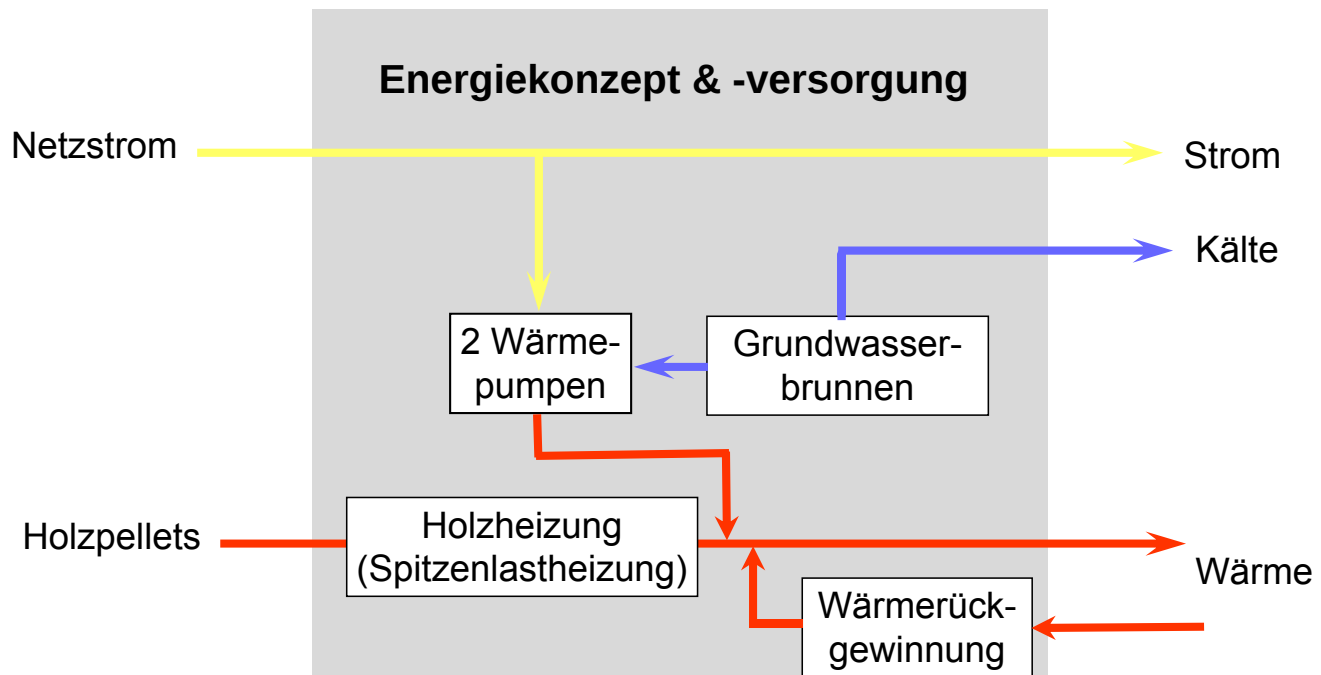
Quelle ©: Ebert-Ingenieure, München

Energiekonzept der GMS

Energieversorgung ohne fossile Brennstoffe

Endenergie

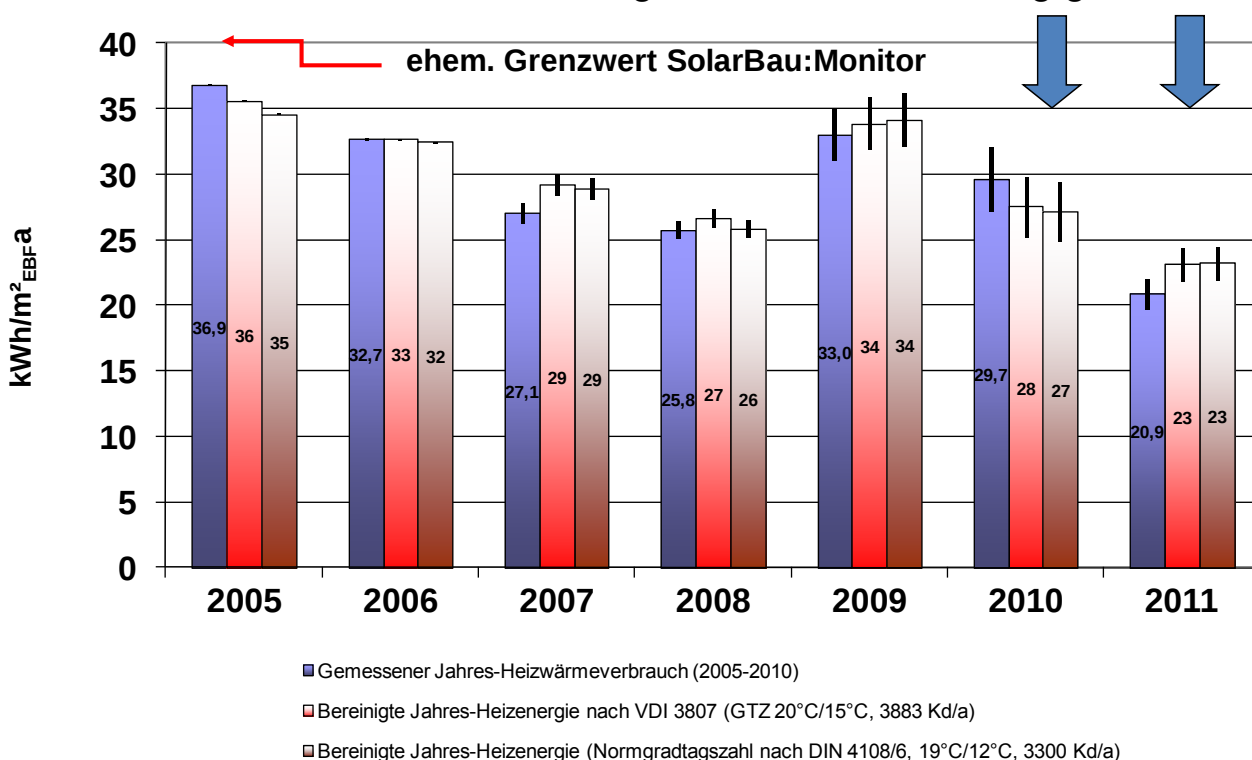
Nutzenergie



GMS: Energieverbräuche im Langzeitbetrieb

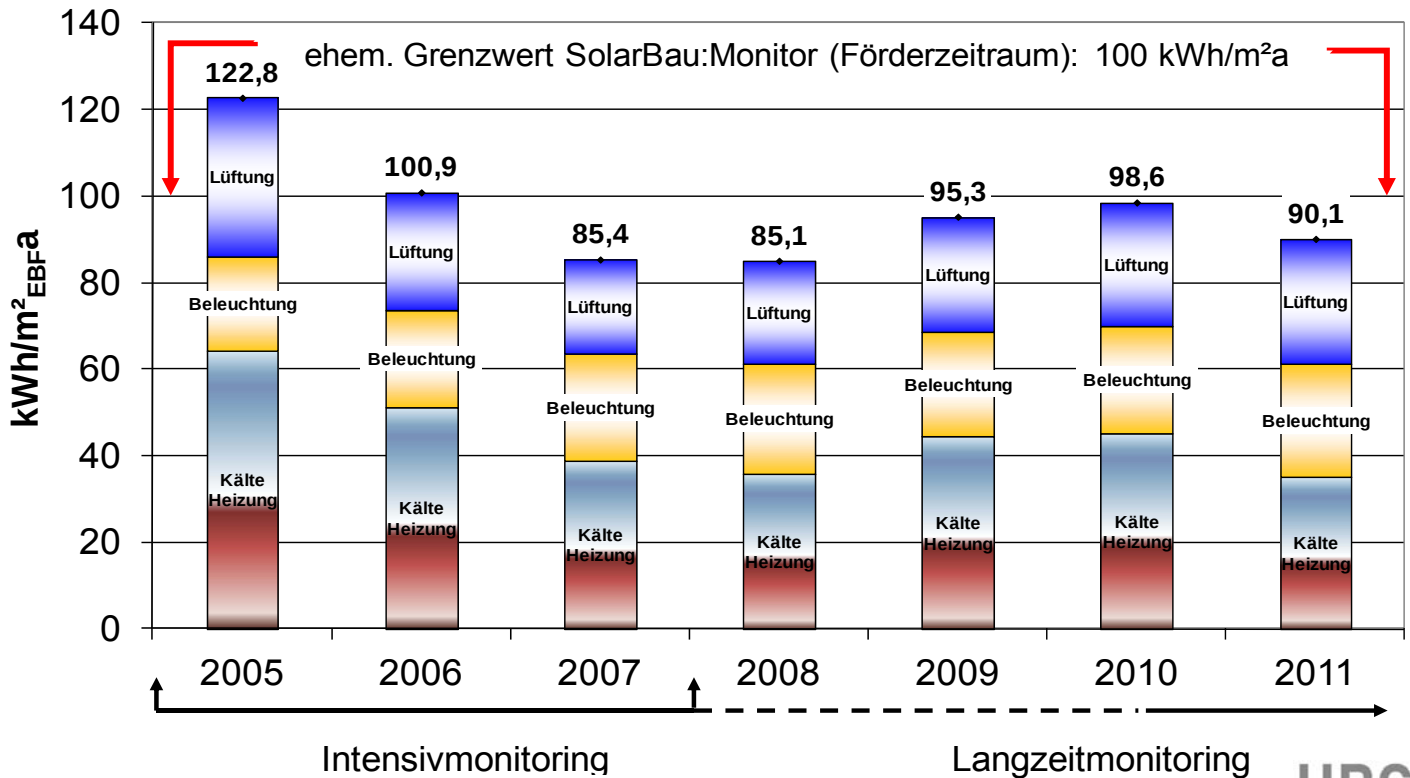
Entwicklung des Heizwärmeverbrauchs

→ Tendenz zu Verbrauchserhöhung wird durch Monitoring gebrochen



GMS: Energieverbräuche im Langzeitbetrieb

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs für die Raumkonditionierung



© Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff

Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

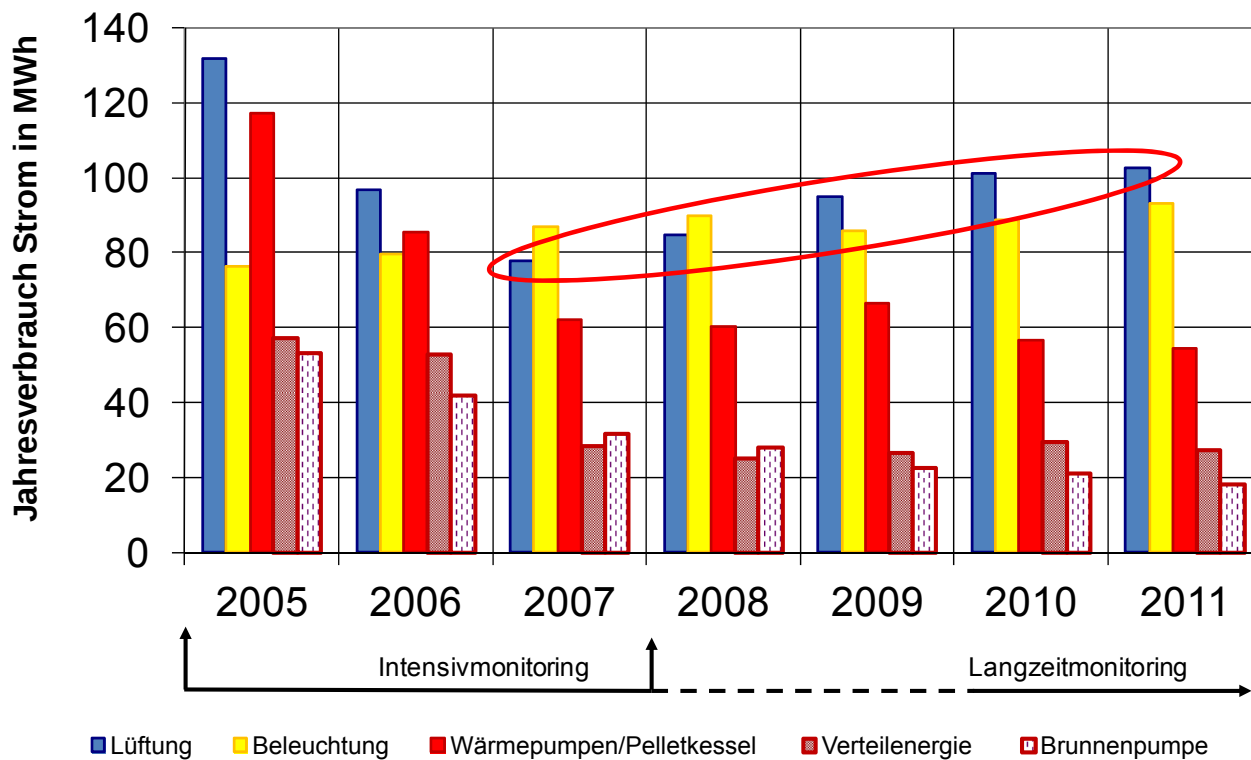
Eneff:Schule, Stuttgart 13.11.2013

Folie 7

HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

GMS: Energieverbräuche im Langzeitbetrieb

Einzelanteile des Stromverbrauchs der Raumkonditionierung



© Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff

Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

Eneff:Schule, Stuttgart 13.11.2013

Folie 8

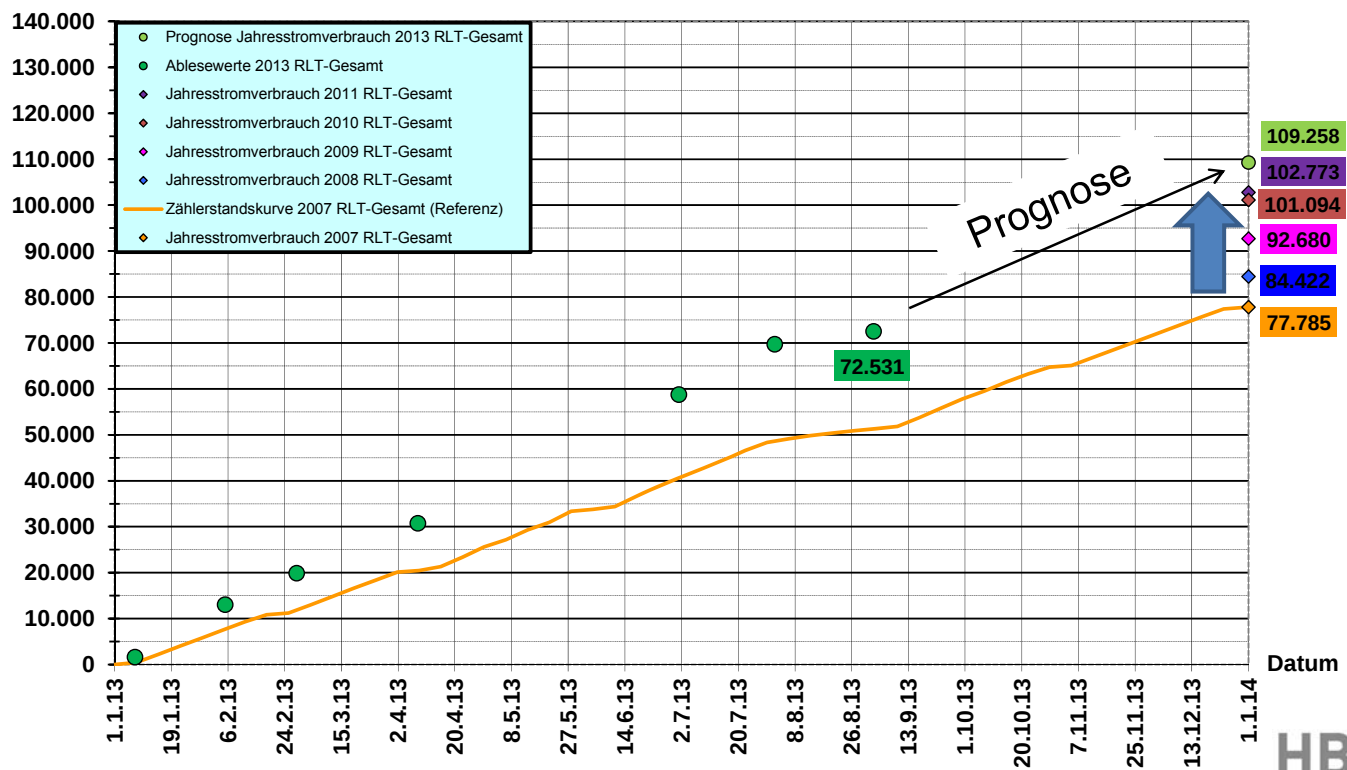
HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

GMS: Ergänzendes EXECL-Werkzeug: Zählerstandkurve

Anwendungsbeispiel: aktuelle Stromverbrauchsentwicklung der RLT

Strom [kWh]

Zählerstandsverlauf: RLT-Gesamt



© Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff

Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

Eneff:Schule, Stuttgart 13.11.2013

Folie 9

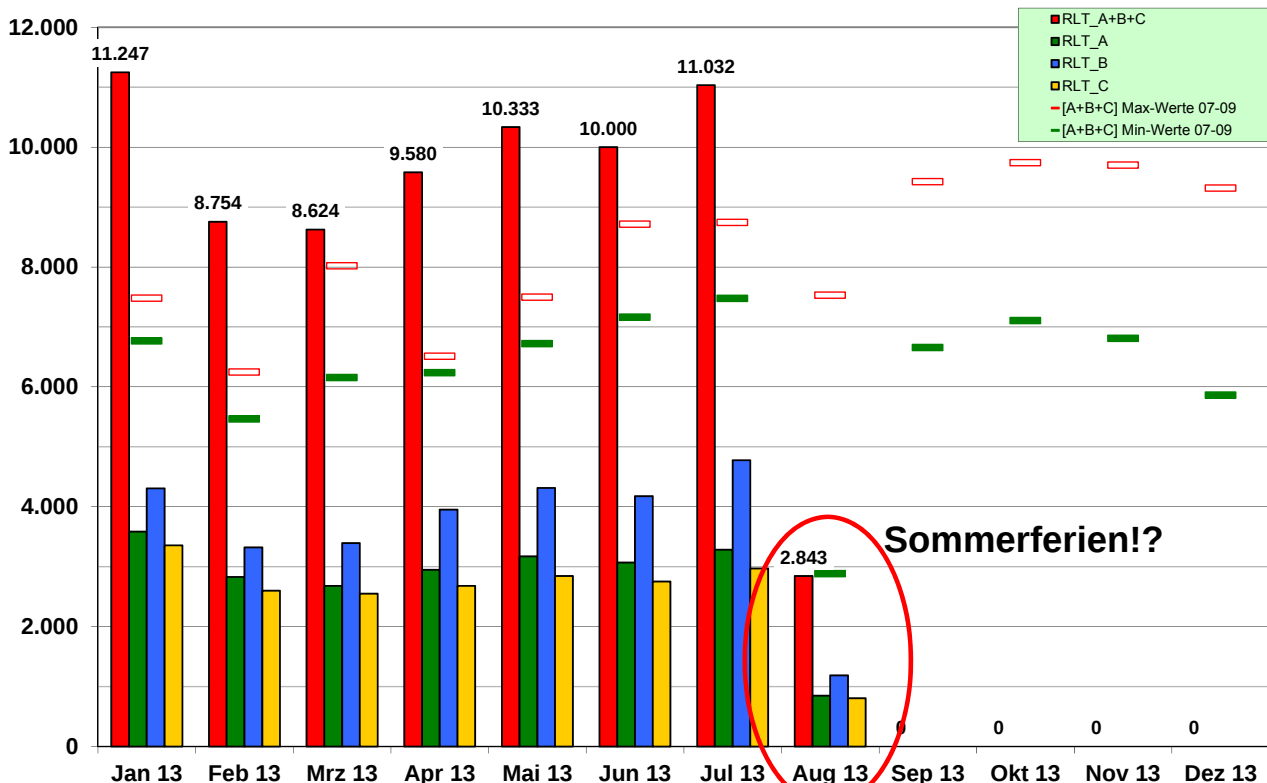
HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

GMS: Ergänzendes EXECL-Werkzeug: Zählerstandkurve

Anwendungsbeispiel: aktuelle monatliche Stromverbräuche RLT

Strom [kWh]

Monatsverbrauchswerte: RLT-Anlagen



© Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff

Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

Eneff:Schule, Stuttgart 13.11.2013

Folie 10

HBC.
HOCHSCHULE
BIBERACH
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

GMS: Standby-Verluste Anlagentechnik

RLT-Anlagen – Umbau Messtechnik & überflüssige Transformatoren

	RLT A	RLT B	RLT C	Summe
Ermittelt aus Messdaten (2009) [kW]	0,886	0,740	0,659	2,284
→ nach Ausbau der überflüssigen Transformatoren:				
temporäre manuelle Messung [kW]	0,657	0,641	0,708	2,006
Monitoring-Messdaten (2013) [kW]	0,581	0,618	0,500	1,699

mobile Messung



Impulszähler 2005
bis März 2012



M-Buszähler seit März
2012

GMS: Standby-Verluste Anlagentechnik

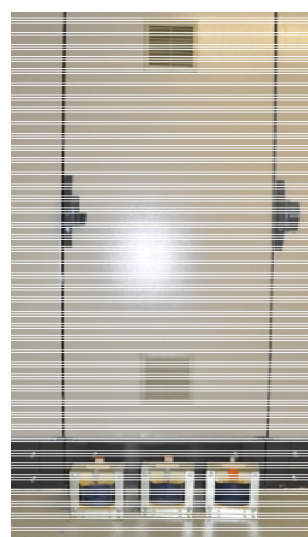
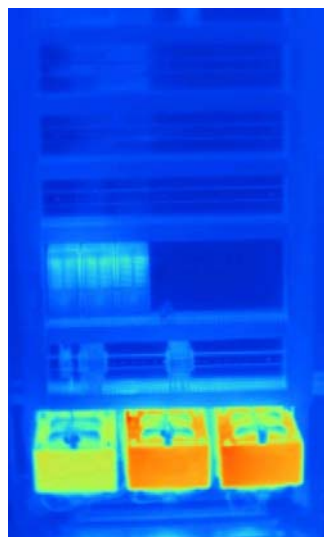
RLT-Anlagen – überflüssige Transformatoren

Transformatoren 400 V → 230 V trotz vorhandener 230 V Zuleitung!

Einsparung durch Ausbau mindestens: $3 \times 60 \text{ W} \times 8760 \text{ h/a} \approx 1.580 \text{ kWh/a}$



vorher



nachher

GMS: Standby-Verluste & Stromverbräuche Anlagentechnik

Weitere Stand-By-Verluste & überflüssige Stromverbräuche

- Stand-By-Verbrauch 16 weiterer Trafos: **1,32 kW**
- Stand-By-Verbrauch der 6 Frequenzumformer der 3 RLT-Anlagen: ca. **2.100 – 3.900 kWh/a** (Herstellerangabe / Momentanmessung)

- Geothermie-Anlage & Peripherie:

→ Stand-By-Verbrauch Brunnenpumpe: ca. **340 kWh/a**

→ unnötiger Betrieb Brunnenpumpe: ca. **480 kWh/a**

→ unnötiger Betrieb Umwälzpumpen WP: ca. **830 kWh/a**

→ Stand-By-Verbrauch Wärmepumpen : ca. **1.500 kWh/a**

(Ölvorheizung von 4 h eingehalten)

~ 3.150 kWh/a



GMS: Ersatz Bestandsgeräte durch neue & effizientere Geräte

GLT-Monitore in der Technikzentrale



Bestand: 1 Röhren- + 1 TFT-Monitor
Nutzungszeit: < 300 h/a

	Röhrenmonitor	TFT-Monitor
ausgeschaltet & eingesteckt	2,5 W	1 W
Bereitschaftsmodus	98 W	20 W
Nutzung	120 W	30 W

Einsparung bei zwei TFT-Monitoren mit konsequenter Abschaltung (Netztrennung):
→ knapp 1.000 kWh/a.

Zusammenfassung & Ausblick

- **Intensivmonitoring:** Wissenschaftliche Begleitung & Monitoring führten zu deutlicher Reduzierung des Energieverbrauchs & Erreichung der Ziele
- **Langzeitmonitoring:** Unbeeinflusster Betrieb zeigt zunächst den bekannten Trend zum Verbrauchsanstieg im Betrieb
- **Coaching:** Eingreifen der Begleitforschung im Dialog mit dem Betriebspersonal konnte den Trend brechen → Transferaufgabe!
- **Perspektive:** Verbräuche grundsätzlich stabil, „Sorgenkind“ Lüftung (RLT), weitere Stromverbräuche im Betrieb & im Stand-By-Modus vermeidbar
- **Werkzeuge:** Umrüstung von wissenschaftlicher Messtechnik auf GLT-basierte Energieerfassung ist aufwändig & zunächst fehleranfällig, Ergänzung durch EXCEL-Werkzeug für manuelle Erfassung & Auswertung
- **Retrofit:** Nach nahezu einem Jahrzehnt z. T. kann bereits Austausch von Verbrauchern durch effizientere Geräte lohnend sein

Wissenschaftl. Begleitung & Monitoring Gebhard-Müller-Schule

Quellen / Literatur / Informationen zum Projekt GMS

Abschlussbericht zur wissenschaftlichen Begleitung und zum Intensivmonitoring (2002 – 2007/2008):

[1] S. Heinrich, R. Koenigsdorff et al.: Wissenschaftliche Begleitung und messtechnische Evaluierung des Neubaus der Gebhard-Müller-Schule des Kreisberufsschulzentrums Biberach. Abschlussbericht zum Vorhaben im Förderprogramm „Solar optimiertes Bauen“ Teilkonzept 3: Solar optimierte Gebäude mit minimalem Energiebedarf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (Förderkennzeichen: 0335007P). Reihe „Wissenschaft und Praxis“ (Hrsg.: Bauakademie Biberach & Hochschule Biberach), Bd. 152 (2008), ISSN 1615-4266.

Leitfaden zu energieeffizienten Schulen:

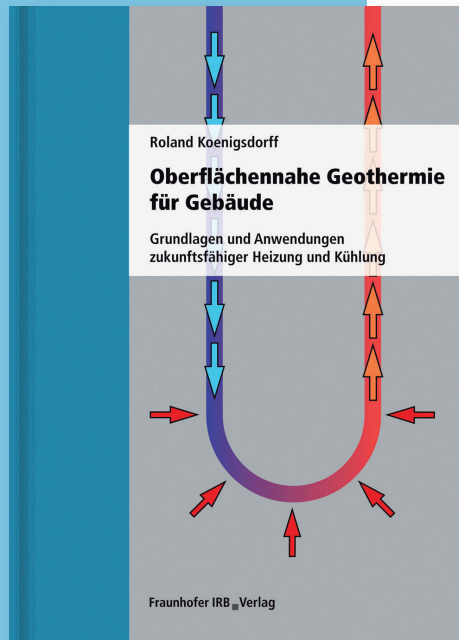
[2] Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart (Hrsg.): LEITFADEN – Besseres Lernen in energieeffizienten Schulen. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2010

Internet-Link zum Download von [1] & [2]:

<http://www.eneff-schule.de/index.php/Veroeffentlichungen/Veroeffentlichungen-Allgemein/veroeffentlichungen-allgemein.html>

Buch mit Projektbeschreibung der Gebhard-Müller-Schule in Kapitel 7.1:

[3] R. Koenigsdorff: Oberflächennahe Geothermie für Gebäude. Fraunhofer IRB Verlag, 2011



Roland Koenigsdorff

Oberflächennahe Geothermie für Gebäude

Grundlagen und Anwendungen einer
zukunftsfähigen Heizung und Kühlung

**Oberflächennahe Geothermie
für Gebäude**

Grundlagen und Anwendungen
einer zukunftsfähigen Heizung
und Kühlung

Roland Koenigsdorff

2011, 323 Seiten, 132 Abb.,

40 Tab., Gebunden

ISBN 978-3-8167-8271-1

€ 43,- | CHF 68,50*

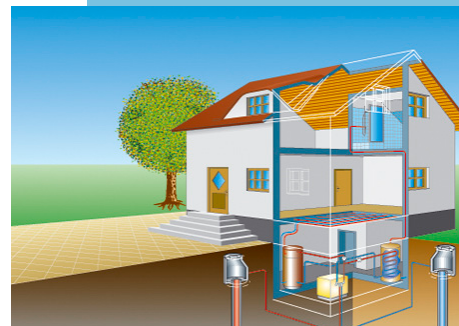
Unabhängig von Tages- und Jahreszeit oder Klimabedingungen, steht die Erdwärme immer zur Verfügung. Wie sie in Wohngebäuden, Nichtwohngebäuden und in der Industrie genutzt werden kann, beschreibt dieses Buch.

Grundlegendes zur geothermischen Energienutzung, zu Wärme- und Kältemaschinen, Gebäude- und Systemtechnik sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten, werden ausführlich behandelt und liefern fundierte Einblicke in die Systemzusammenhänge. Projektbeispiele und Betriebserfahrungen verdeutlichen das Erläuterte und dessen Umsetzung in die Praxis.

Der Autor befasst sich mit Rechen-, Simulations- und Auslegungsverfahren und dem erforderlichen Schutz des Grundwassers und des Untergrundes. Darüber hinaus kann die Wirtschaftlichkeit von geothermischen Systemen bewertet werden. Des Weiteren werden wertvolle Informationen zu Genehmigungen und zur praktischen Planung von Geothermieanlagen geliefert. Dieses Buch ist für alle, die sich mit der Planung, Ausführung und dem Betrieb solcher Anlagen befassen. Damit ist es für technisch interessierte Laien genauso informativ wie für den Architekten oder den Ingenieur.

Aus dem Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen der geothermischen Energienutzung
 - 2.1 Energiehaushalt der Erde und Geothermie
 - 2.2 Thermische und hydraulische Eigenschaften des Untergrundes
 - 2.3 Tiefe Geothermie
 - 2.4 Oberflächennahe Geothermie
- 3 Wärmepumpen und Kältemaschinen
 - 3.1 Physikalisches Funktionsprinzip
 - 3.2 Wärmepumpensysteme und Bauarten
 - 3.3 Bezeichnung, Kenngrößen und Einsatzbereiche von Wärmepumpen
- 4 Oberflächennahe geothermische Quellsysteme
 - 4.1 Genehmigungsfragen
 - 4.2 Brunnenanlagen
 - 4.3 Erdwärmesonden
 - 4.4 Erdwärmekollektoren
 - 4.5 Energiepfähle und sonstige erdberührte Bauteile
 - 4.6 Luft-Erdwärmetauscher
 - 4.7 Sondersysteme
- 5 Gebäude- und Systemtechnik für die Nutzung oberflächennaher Geothermie
 - 5.1 Aspekte der Systemplanung
 - 5.2 Betriebsweisen von Wärmepumpen
 - 5.3 Geothermie- und wärmepumpengerechte Wärme- und Kälteverbraucher
 - 5.4 Systemtechnik
 - 5.5 Betrieb, Regelung und Automatisierung, Überwachung und Monitoring
- 6 Berechnungs- und Simulationsverfahren für Erdwärmesonden
 - 6.1 Numerische Simulation geothermischer Quellsysteme
 - 6.2 Simulation auf Basis analytischer Lösungen (»g-functions«)
 - 6.3 Handrechenverfahren und Software GEO-HAND^{light}
 - 6.4 Auslegung von Erdwärmesonden mit GEO-HAND^{light}
 - 6.5 Berechnung und Simulation von Gesamtsystemen
- 7 Projektbeispiele
 - 7.1 Gebhard-Müller-Schule in Biberach a. d. Riß
 - 7.2 Bürogebäude der Drees & Sommer-Gruppe in Stuttgart-Vaihingen
 - 7.3 EnBW Zentrum Oberschwaben in Biberach a. d. Riß
 - 7.4 Wohnhaus mit Erdwärmesonden in Untersiggental (CH)
 - 7.5 Gebäude mit Erdwärmekörpern in Bad Schussenried
 - 7.6 Passivhausschule Günzburg
 - 7.7 Power Tower in Linz
 - 7.8 Jordanbad in Biberach a. d. Riß
- 8 Ökonomische und ökologische Bewertung
 - 8.1 Energieeffizienz oberflächennaher Geothermie- und Wärmepumpenanlagen
 - 8.2 Wirtschaftlichkeit der Nutzung oberflächennaher Geothermie
 - 8.3 Ökologische Aspekte von Wärmepumpen und Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie
 - 8.4 Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen



BESTELLUNG:
Fax 0711 970-2508

☐ **Oberflächennahe Geothermie für Gebäude**
ISBN 978-3-8167-8271-1
€ 43,- | CHF 68,50*

Preisstand März 2012

Änderungen und Irrtum vorbehalten | Preise inkl.

MwSt. zzgl. Versand | ab € 50,- versandkostenfrei

* Die angegebenen Euro-Preise gelten für Deutschland. Für Österreich und die Schweiz gelten die Preise als unverbindliche Preisempfehlung.

Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Fraunhofer IRB Verlag
Postfach 800469
70504 Stuttgart

Absender _____

E-Mail _____

Straße/Postfach _____

PLZ/Ort _____

Datum/Unterschrift _____