

# Die Kirchenheizung

## (K)ein Buch mit sieben Siegeln

Jahrestreffen  
der Mitwirkenden am „Grünen Gockel“  
Schloss Beuggen, 13. – 14. März 2015

Wolfgang Schubert, UB der Erlösergemeinde Mannheim-Seckenheim



# Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



14.03.2015



EKIBA-GG-Jahrestreffen 2015



2

# Übersicht

- 1 Hingucken!
- 2 Hydraulischer Abgleich
- 3 Heizungspumpen
- 4 Heizungsfühler
- 5 Heizungssteuerung
- 6 Brennwertnutzung
- 7 Wärmeleistung



# 1 Hingucken!



# 1 Hingucken! Datenerfassung

- Heizungsanlagen führen ein Eigenleben.
- Dieses muss man analysieren!
  
- Festhalten des Ist-Zustandes
- Vergleich bei Änderungen (organisatorisch, technisch)
- Erkennen von Besonderheiten
  
- Logger zum Ausleihen sind eine nette Geste →
- Besser ist langfristige Erfassung
- Bessere Vergleichsmöglichkeiten, z.B. Aufheizvorgänge, einmalige Auffälligkeiten

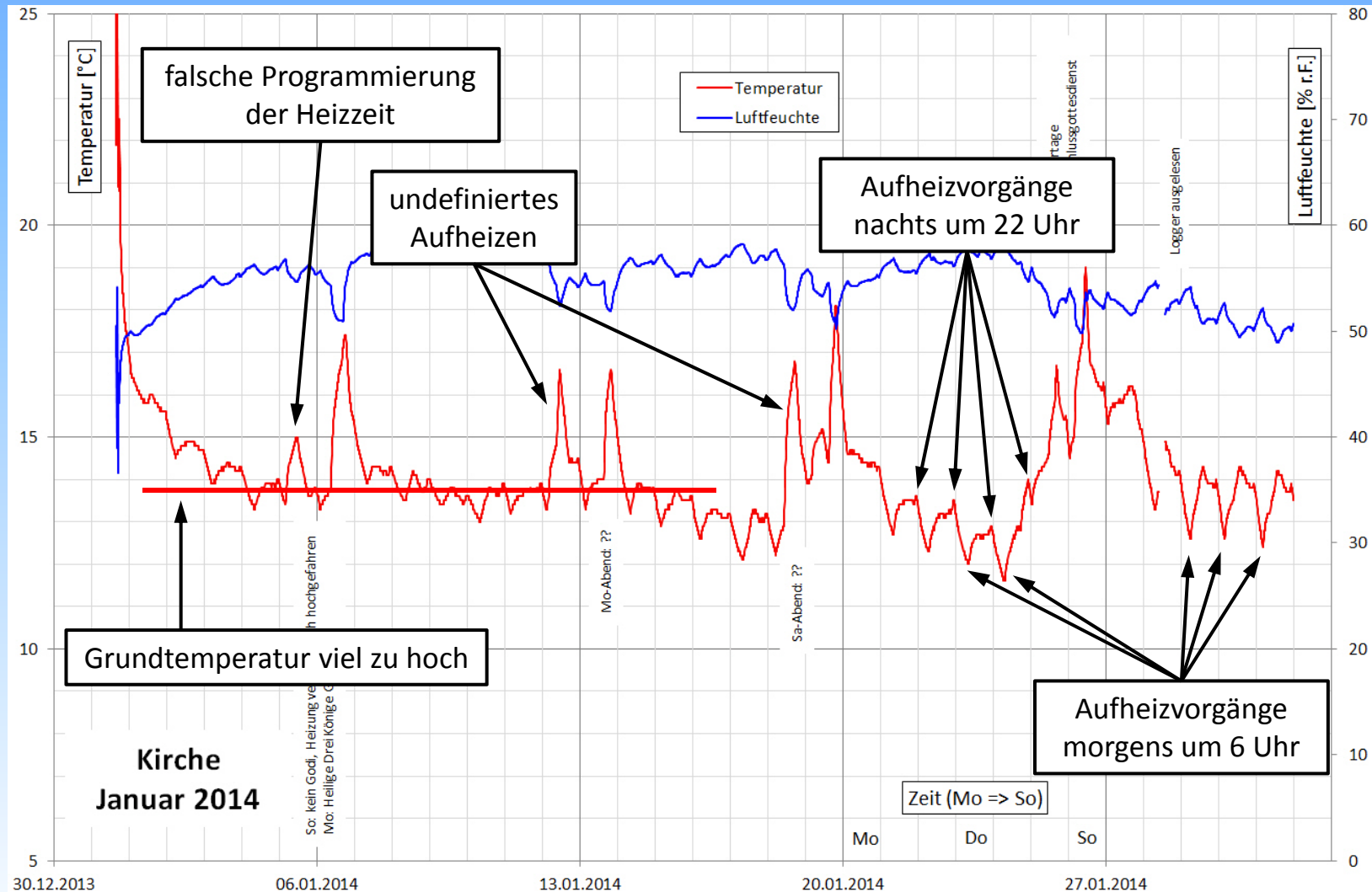


# 1 Hingucken! Logger für T, rF

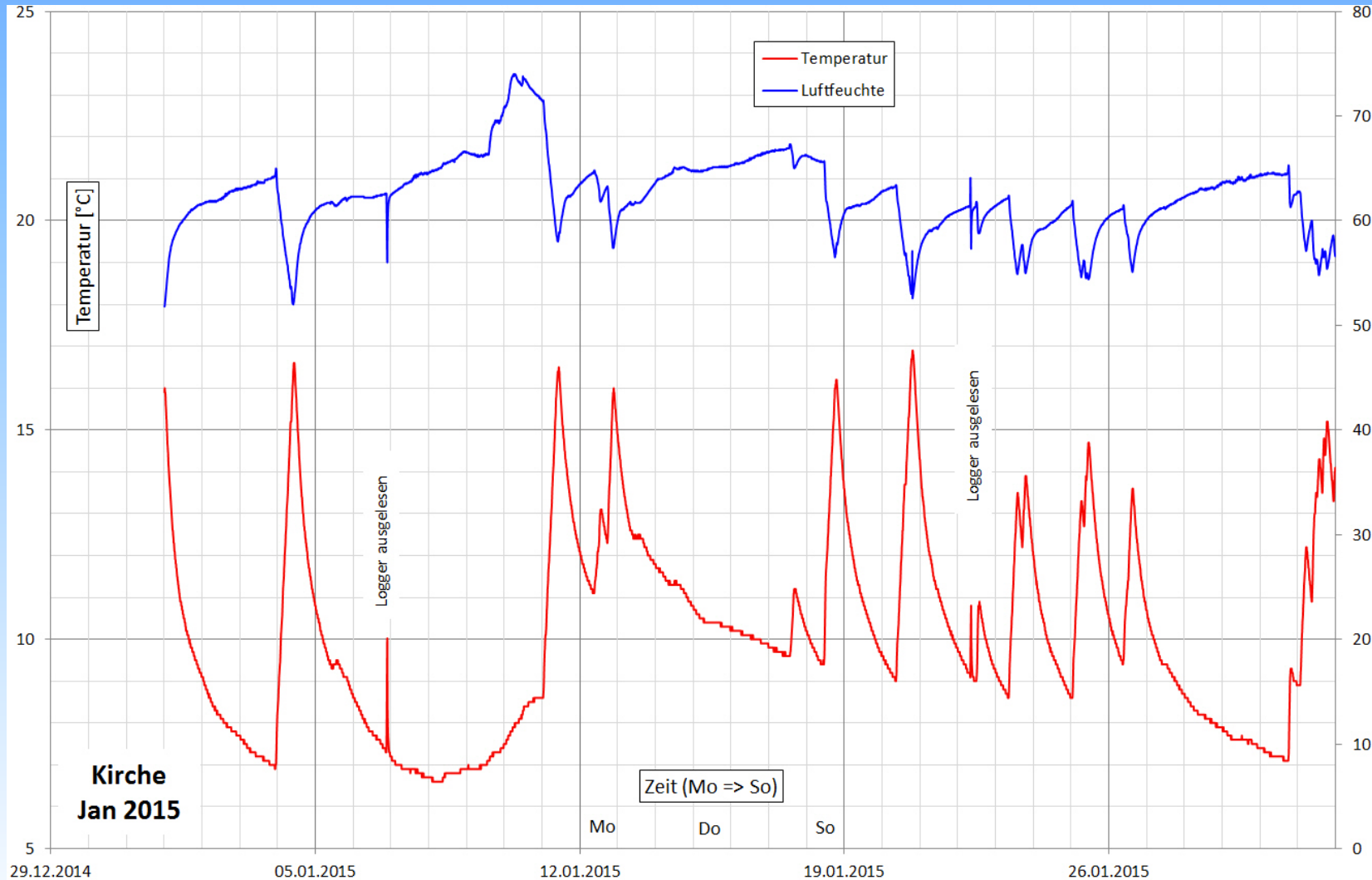
- Billig-Logger (Hobby-Elektronik-Versand)
  - geringe Daten-Kapazität
  - geringere Batterielebensdauer, Spezialbatterie
  - umständlich auszulesen, Rechner notwendig
- Besser: „Profi“-Modelle
  - Messwert-Anzeige
  - sehr lange Aufzeichnungsdauer
  - Standard-Batterien
  - einfach auszulesen, ohne Rechner



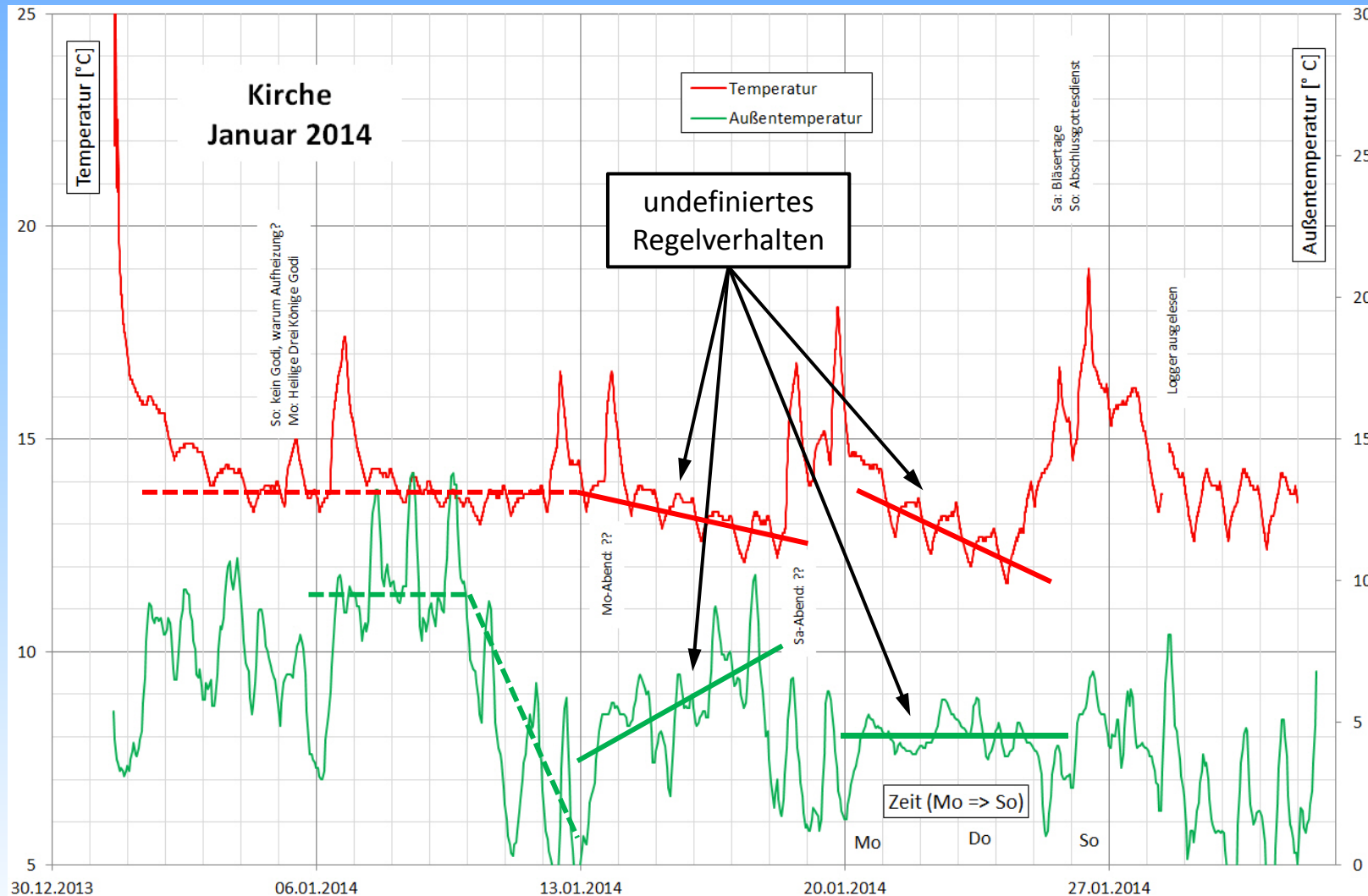
# 1 Hingucken! Datenauswertung



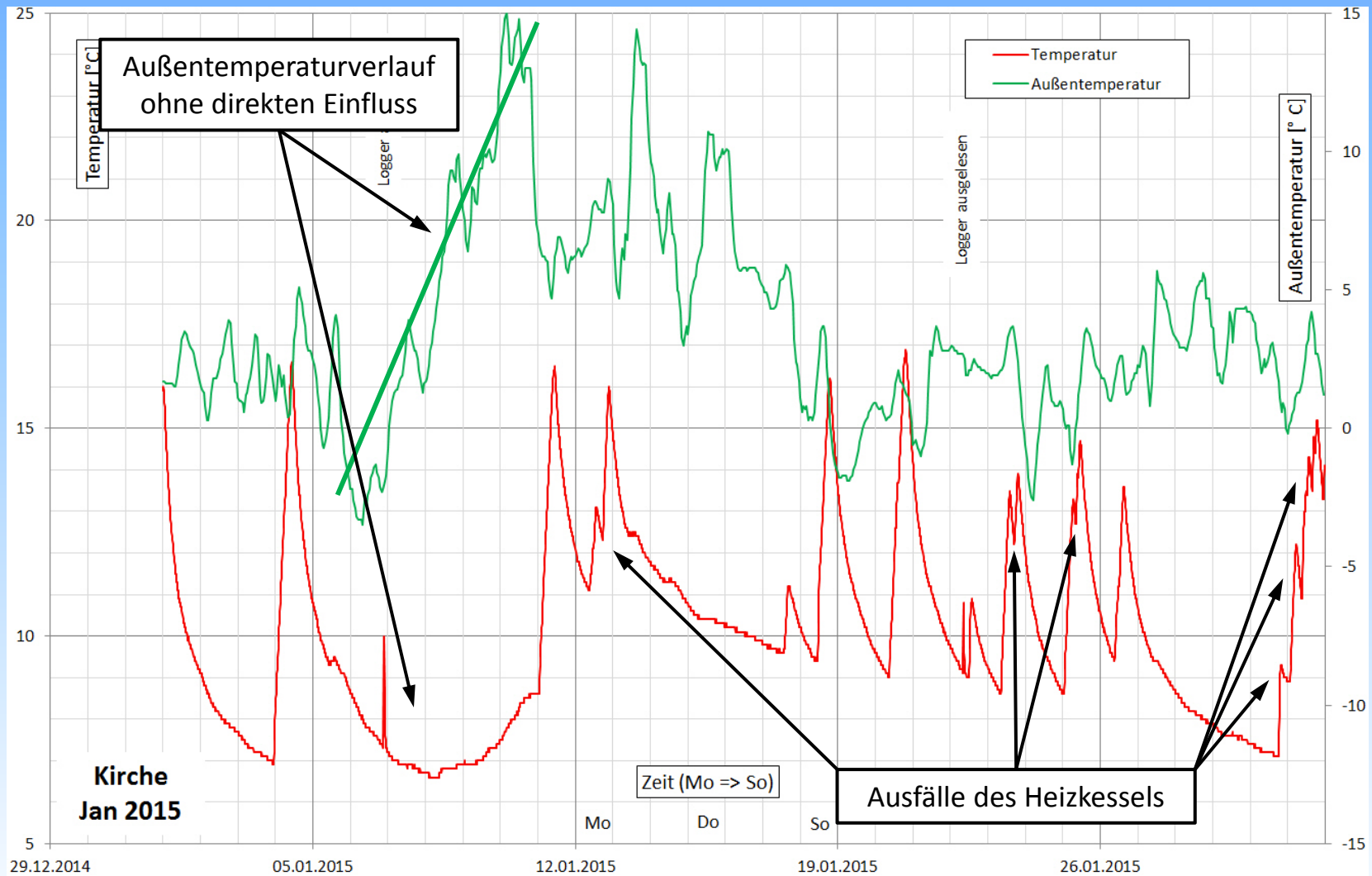
# 1 Hingucken! Datenauswertung



# 1 Hingucken! Datenauswertung

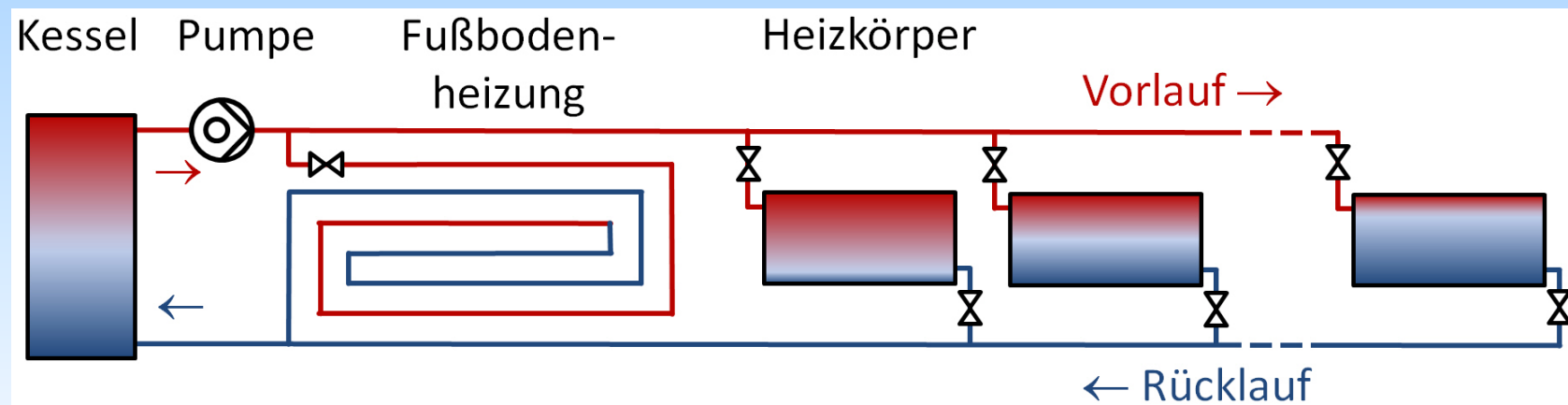


# 1 Hingucken! Datenauswertung



## 2 Hydraulischer Abgleich, Prinzip

- Heizungsanlagen haben unterschiedlich lange Wege zu den Heizflächen.
- Heizflächen haben unterschiedlich hohe Strömungswiderstände.
- Gesetzliche Pflicht seit 2009 bei Neubau oder Umbau einer Heizungsanlage, z.B. Kesseltausch



## 2 Hydraulischer Abgleich, falsche Abhilfe

- Heizflächen mit einem hohen Strömungswiderstand werden schlecht durchströmt und bleiben kalt.
- „Abhilfe“ sehr oft (!)
  - stärkere Pumpe
  - höhere Vorlauftemperatur
- Folge für die Anwender:
  - höhere Anschaffungskosten der Pumpe
  - nicht optimaler Betriebspunkt, schlechter Wirkungsgrad
  - dauerhaft höhere Energiekosten
  - Strömungsgeräusche

**Es ist also absolut falsch, die Pumpe aufgrund sogenannter Angstzuschläge größer als erforderlich zu dimensionieren.**

Quelle:: WILLO, Grundlagen der Pumpentechnik;  
[http://productfinder.wilo.com/repo/media/docs/00325313\\_0.pdf](http://productfinder.wilo.com/repo/media/docs/00325313_0.pdf)

## 2 Hydraulischer Abgleich, echte Abhilfe

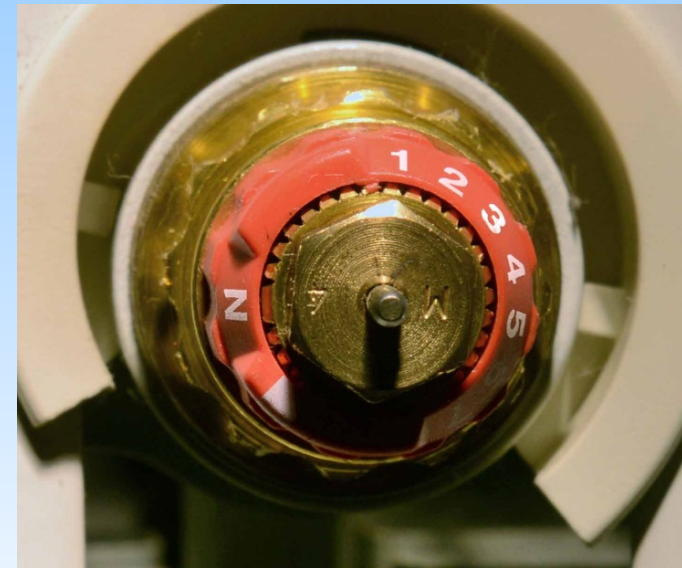
- Echte Abhilfe:
- Individuelle Einstellung des Strömungswiderstandes für jede einzelne Heizfläche
- Üblich sind Regulierventile an der Rücklaufverschraubung am Ausgang des Heizkörpers.



Innensechskant-Schlüssel zum Einstellen

## 2 Hydraulischer Abgleich, echte Abhilfe

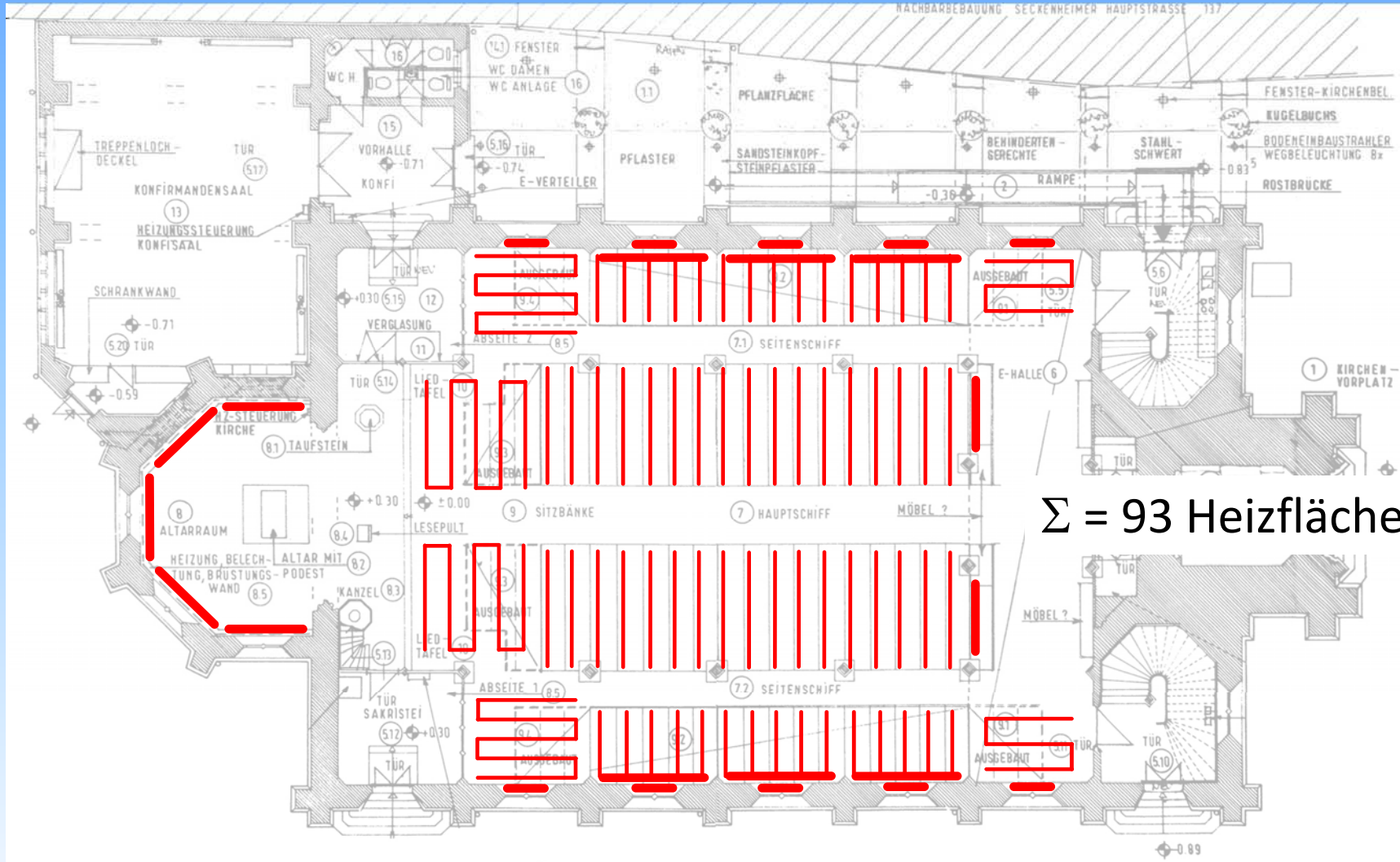
- Rücklaufverschraubungen mit Regulierventilen fehlen meist bei sehr alten Heizkörpern.
- Alternative: Thermostatventile mit eingebautem Regulierventil (Ventil mit Voreinstellung)



## 2 Hydraulischer Abgleich, Anleitung

- Mit etwas Geschick, Zeit und Mut selbst durchführbar:
  - Rücklaufventile ganz schließen und Anzahl der Umdrehungen für jeden Heizkörper notieren
  - Rücklaufventile ganz öffnen und dabei Anzahl der Umdrehungen zwischen „ganz auf“ und „ganz zu“ notieren
  - Alle Thermostatventile auf 20 °C stellen, meist Stellung „3“ und abwarten, bis sich die Anlage thermisch eingependelt hat
  - \* Erfassung aller Heizkörpertemperaturen, dazu Heizfläche mit der Hand abtasten, eleganter mit Wärmebildkamera
  - Einstellung der Rücklaufverschraubungen nach Gefühl und Erfahrung. Die Kessel-nahen Heizkörper zuerst androsseln, die weit entfernten ganz offen lassen
  - Dabei Umdrehungen zählen und für jeden Heizkörper notieren
  - Warten, bis sich die Anlage thermisch stabilisiert hat und Einstellrunde bei \* fortsetzen

# 2 Hydraulischer Abgleich, Erlöserkirche

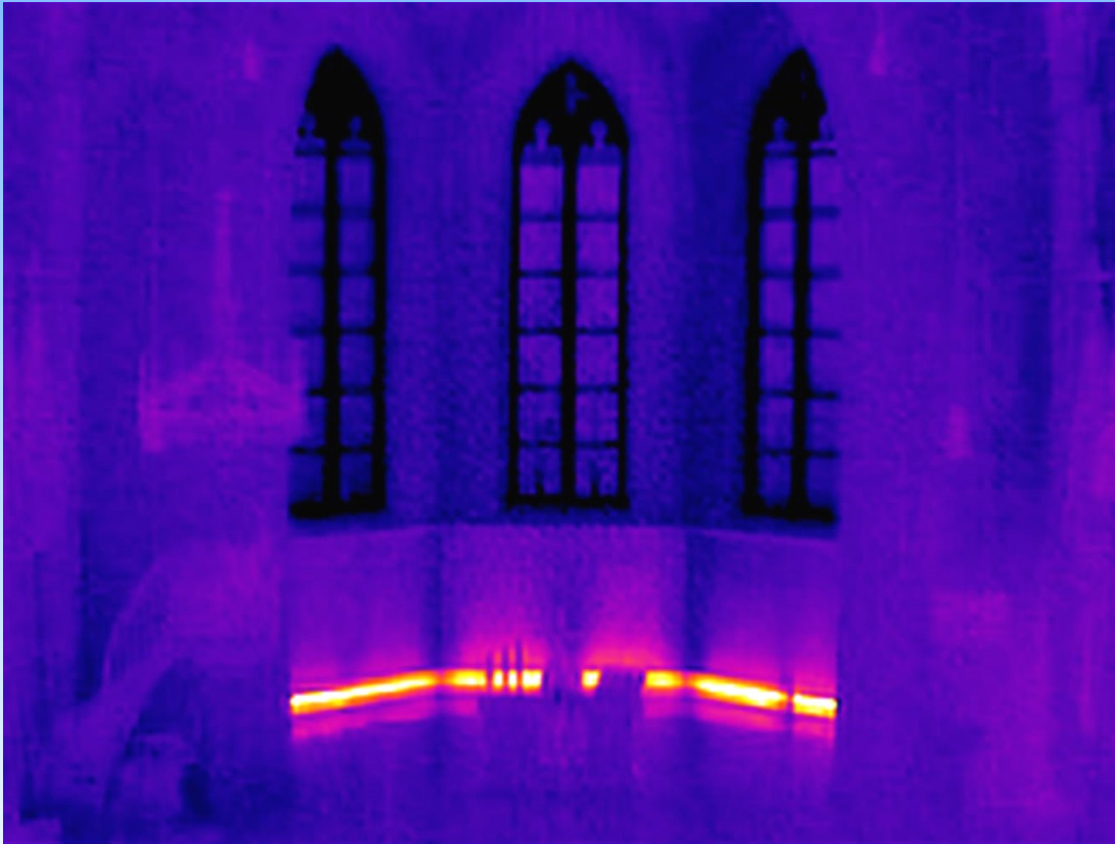


$\Sigma = 93$  Heizflächen

Quelle: Architekturbüro Hinterberger & Partner, Bernhard Hufnagel, Seckenheim

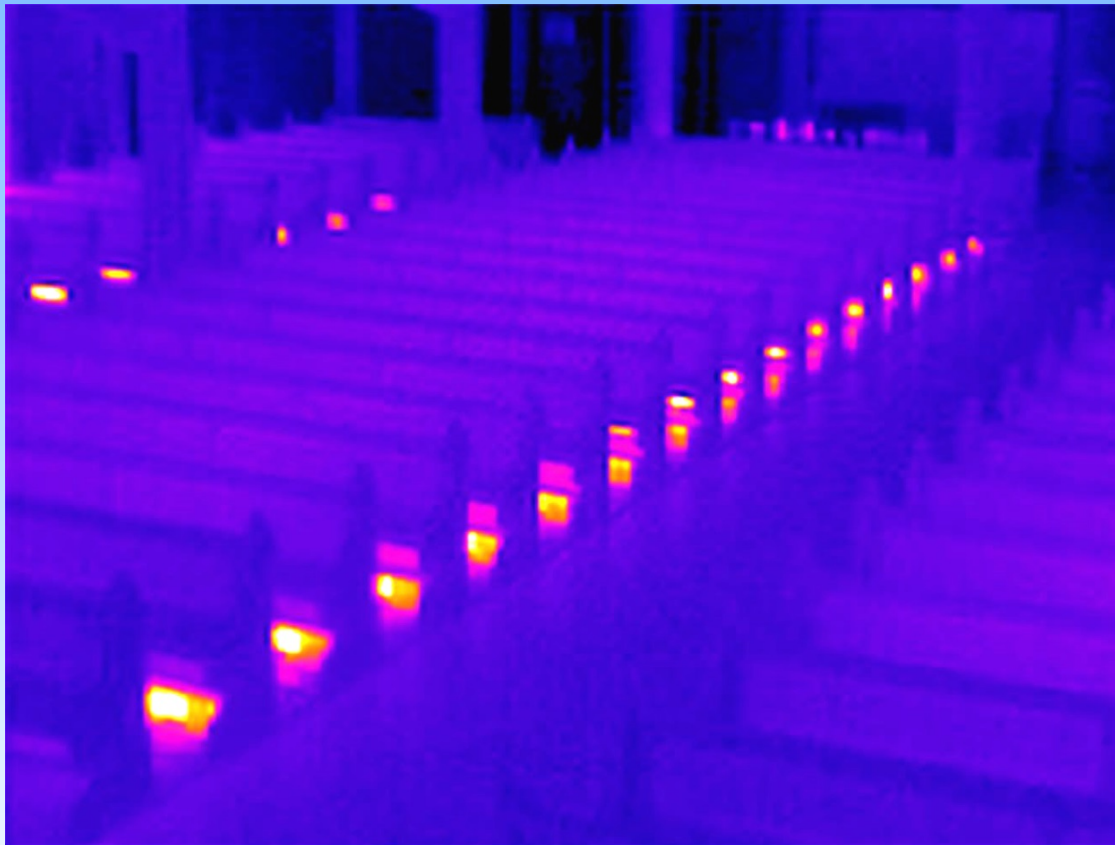
## 2 Hydraulischer Abgleich

- Kirchenheizung, Randleisten-Konvektoren



## 2 Hydraulischer Abgleich

- Kirchenheizung, Unterbank-Heizrohre



## 3 Heizungspumpen, ungerregelt

- Bis vor wenigen Jahren waren Heizungs-Umwälzpumpen die größten Energieverbraucher in Privathaushalten.



**Achtung:  
Stromfresser!**

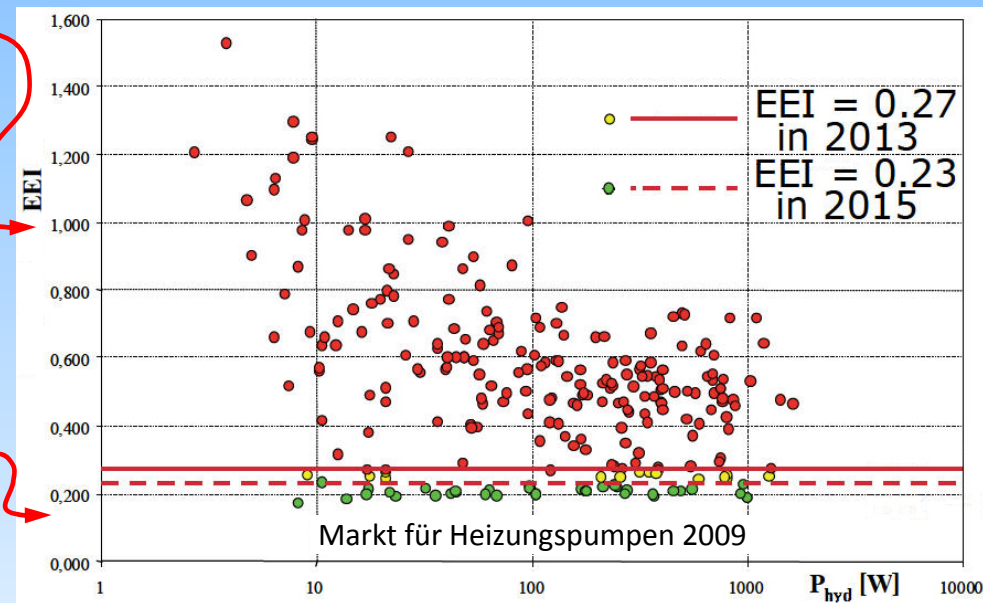
# 3 Heizpumpen, geregelt, Richtlinien

- EU-Richtlinien 2005/32/EG und EG 641/2009: Heizpumpen müssen weniger Energie verbrauchen.

- EU-Referenzpumpe 2005: **100 %** Energieverbrauch (EEI\*) für standardisiertes Lastprofil

\* EEI = Energie-Effizienz-Index

- Stand der Technik Juli 2012: **15 %** Energieverbrauch (EEI\*) bei gleichem Lastprofil



Quelle: Jens Schubert; Floris Akkerman: Umweltbundesamt (Hrsg.): Die EG-Verordnung für die umweltgerechte Gestaltung von Umwälzpumpen; Dessau (2009); <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3794.pdf> (24.03.2011)

# 3 Heizungspumpen, Evolution



- Evolution einer Heizungs-Umwälzpumpe
- v.r.n.l.
- Energie-Einsparung hier z.B. von 400 kWh/a auf 90 kWh/a also **78 % !**

Foto: Eugen Stein; Hochschule Mannheim

# 3 Heizpumpen, geregelt

- Motor
  - Permanentmagnete im Rotor (statt Spule)
  - engerer Spalt zwischen Stator und Rotor
- Pumpe
  - Strömungsgünstiges Gehäuse
  - besserer Eisenguss, mehr Formtreue, weniger Rauigkeit
  - strömungsgünstiges Laufrad durch ausgefeilte Fertigungstechnik
- Elektronik
  - Pumpe überwacht sich selbst
  - Pumpe kennt ihren momentanen Betriebspunkt und regelt sich selbst ein

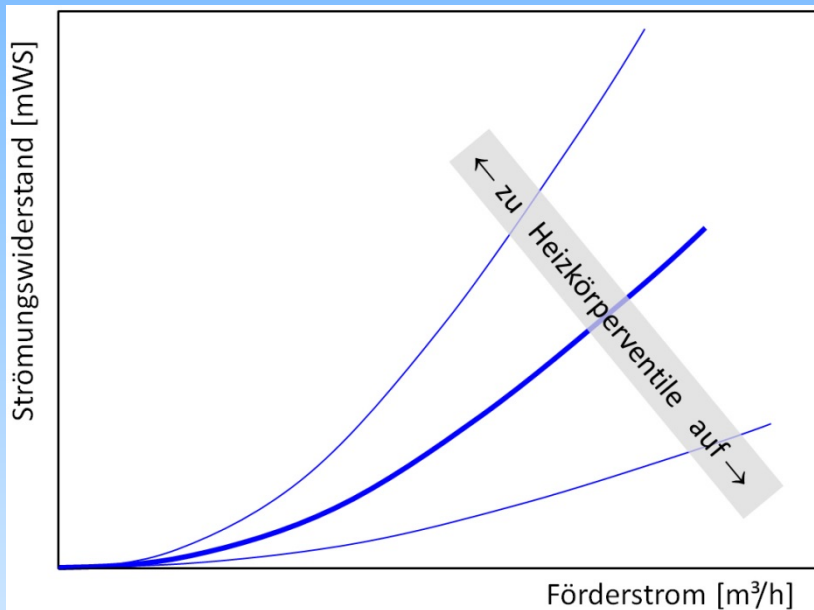


Energiesparer

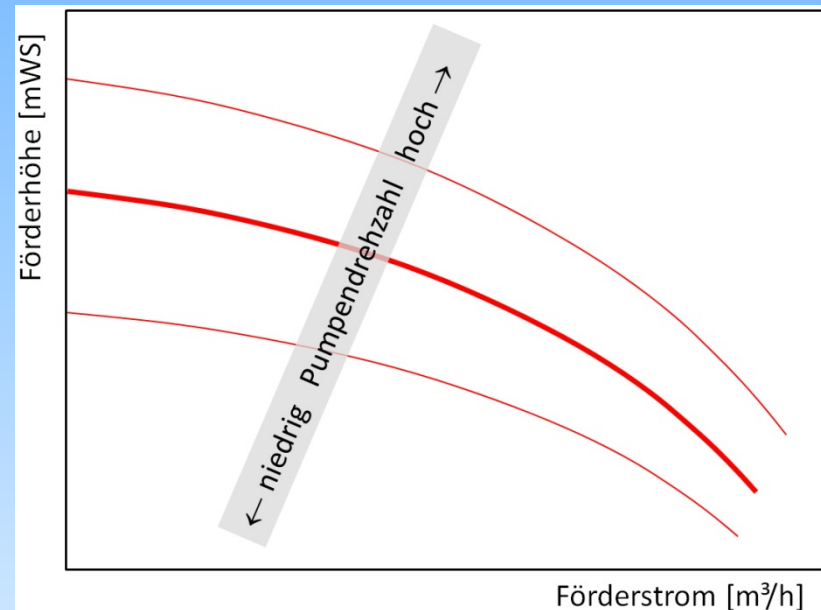


# 3 Heizungspumpen, Kennlinien

- Anlagenkennlinie



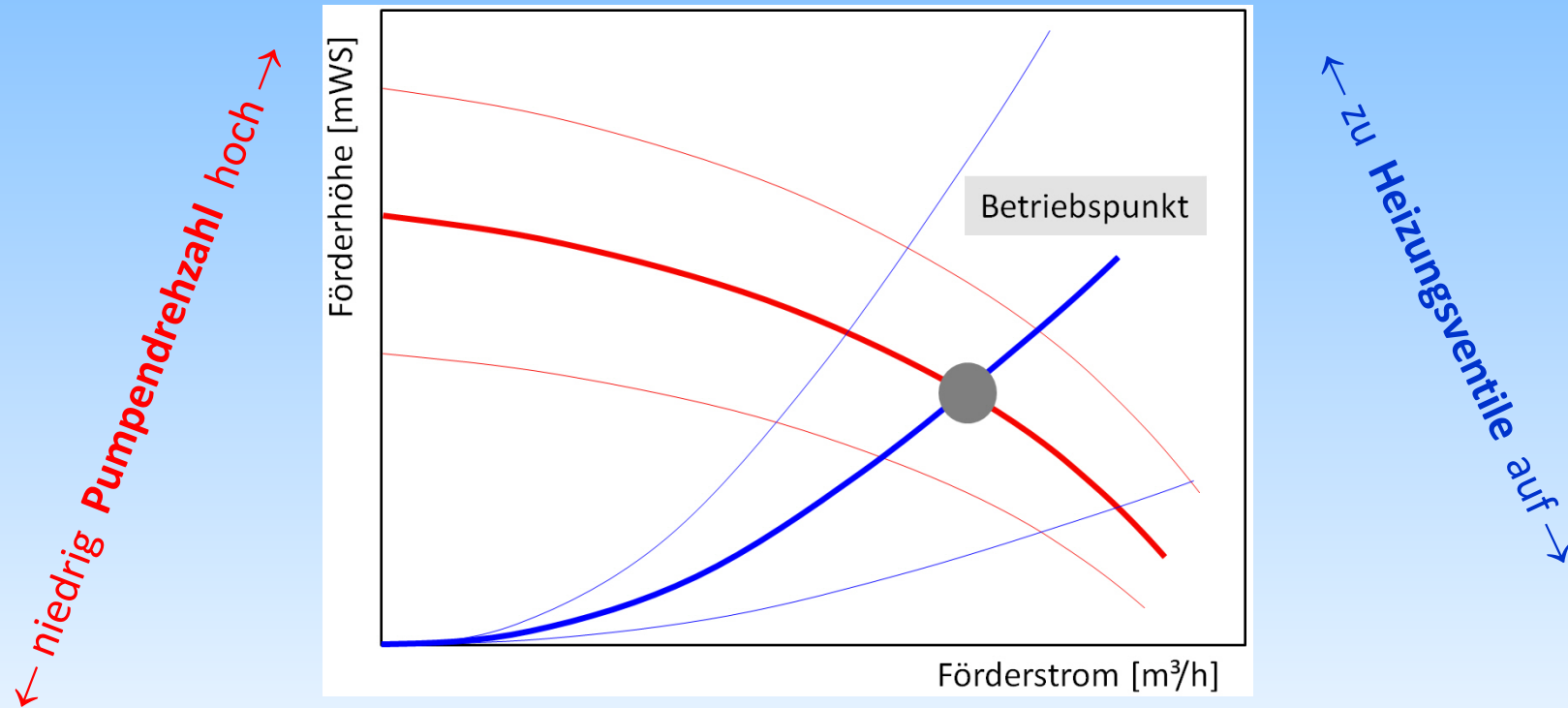
- Pumpenkennlinie



- Die Pumpe muss mit ihrem Druck den Strömungswiderstand der Anlage überwinden.

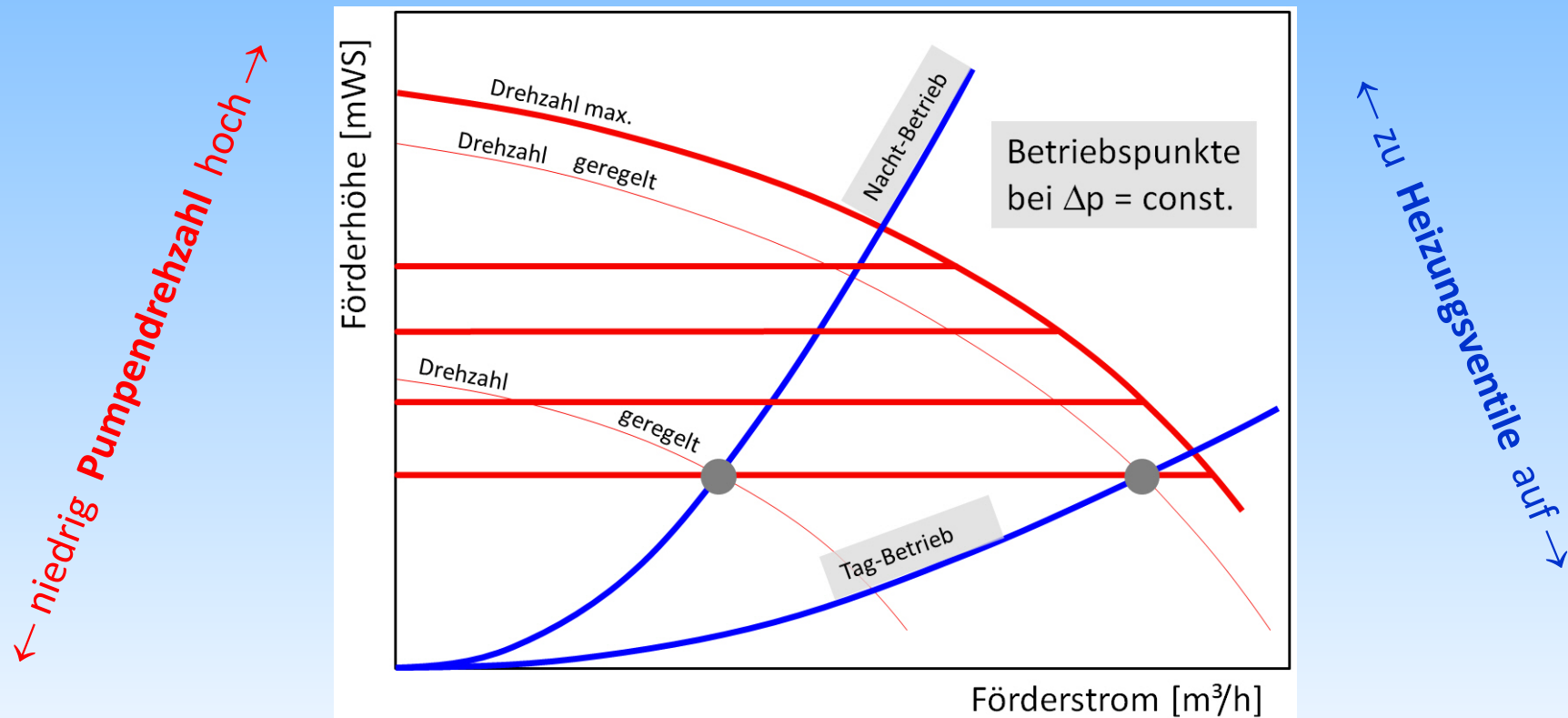
# 3 Heizpumpen, Betriebspunkt, ungerregelt

- Der Betriebspunkt einer Pumpe liegt immer auf dem Schnittpunkt der beiden Kennlinien



# 3 Heizungspumpen, Betriebspunkt, geregelt

- Die Elektronik der Pumpe passt den Betriebspunkt über die Drehzahl dem Bedarf an.



# 3 Heizpumpen, häufige Fehler

- Überdimensionierung
  - aus Angst vor einem kalten Heizkörper
  - dauerhafter Betrieb außerhalb des Wirkungsgrad-Optimums
- Einstellung auf „manuell, volle Leistung“
  - geht am einfachsten (Viel hilft viel!)
  - Strom zahlt ja der Kunde
- Falsche Regler-Charakteristik, z.B.:
  - $\Delta p$  konstant; oft falscher Wert gewählt (zu hoch!)
  - $\Delta p$  proportional; notwendig bei verzweigten Rohrsystemen
  - temperaturngeführt; Pumpe erkennt Nachtabenkung und fährt selbsttätig runter
  - manuell auf 100 %; die mit Sicherheit dümmste Variante



# 3 Heizungspumpen, Fehler-Praxisbeispiel

- Überdimensionierung
  - redundante Pumpen
  - gleiche Aufgabe
  - links WILO Stratos 80
  - Bj. Juni 2009
  - rechts WILO P 80
  - Bj. Jan. 1990

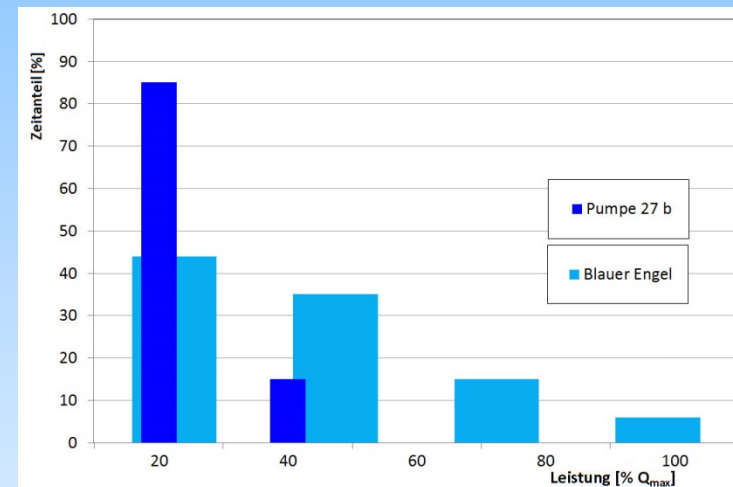
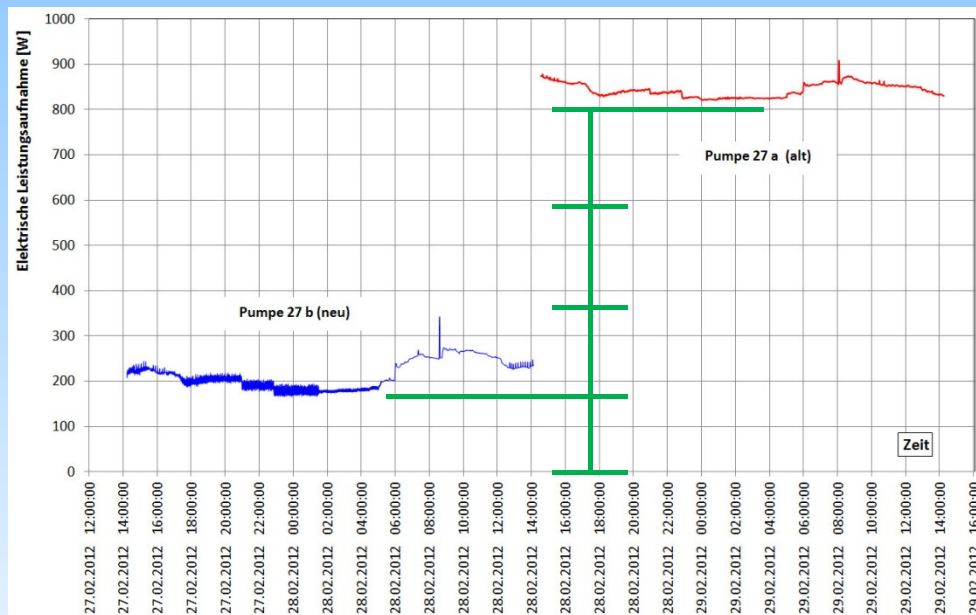


hochschule hamm



# 3 Heizungspumpen, Fehler-Praxisbeispiel

- Energie-Effizienz-Unterschied ca. Faktor 4
- Überdimensionierung ca. Faktor 2,5



## 4 Heizungsfühler

- Achtung! Installation der Fühler für die Raumtemperatur
  - Kombination von Steuerungen für mehrere Räume
  - Nähe von Heizkörpern oder Warmluftauslässen
- Situation in Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim:
  - Zwei Steuerungen: Kirche + Konfirmandensaal
  - Beide Steuerungen im Konfisaal montiert
  - Kirche wird nie richtig warm (2005 bis 2011)

• ????

## 4 Heizungsfühler

- Jahrelange (!) Fehlersuche durch Hausmeister, Heizungsmonteure, Gasversorger, Kesselhersteller, Elektriker, Schornsteinfeger, Pastor (!), ... **Ursache???**



- T-Fühler stecken im Kästchen der zugehörigen Steuerung!!!

# 4 Heizungsfühler

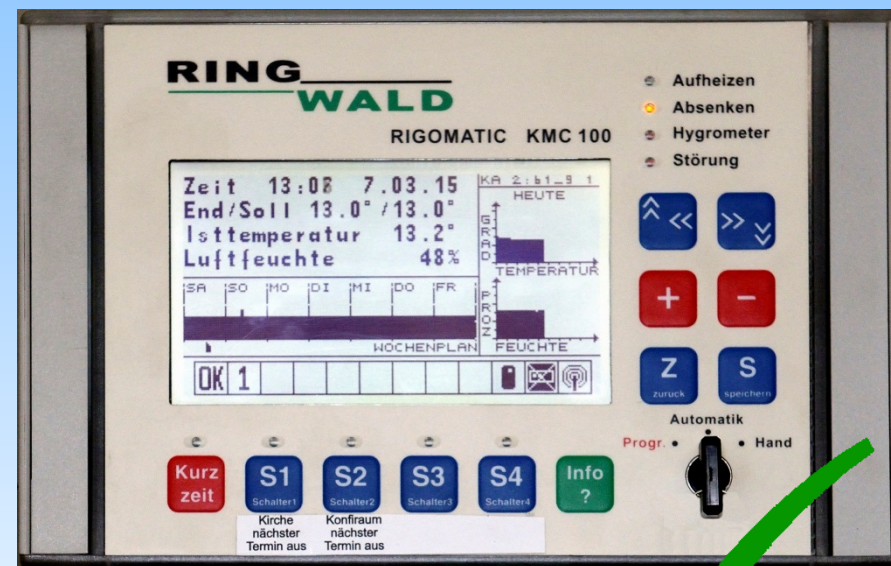
- Ergebnis:



- Kurioser Einzelfall? Nein!
- Analoge Situation im Ursulinen-Gymnasium, Mannheim:
- Zwei Säle, zwei vertauschte Steuerungen, ...

# 5 Heizungssteuerung

- Ein Kirchensaal ist kein Einfamilienhaus!
- Grundfläche, Raumhöhe, Wandstärke, Isolation, ...
- Steuerung muss sich diesen Eigenschaften anpassen können



# 5 Heizungssteuerung, Notwendigkeiten

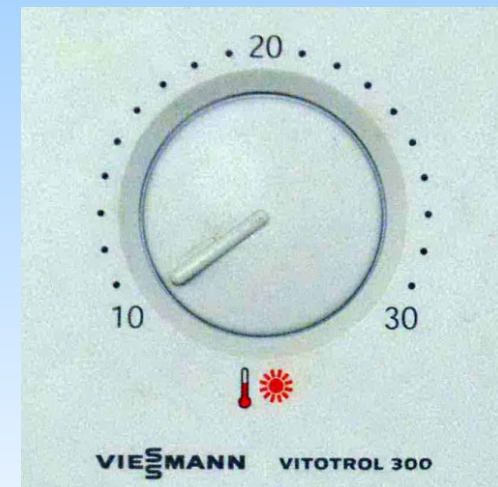
- Eine Nachtabsenkung ist sinnlos
  - Einschalten der Kirchenheizung jeden Morgen um 05:30 Uhr??
  - Aufheizvorgang dauert bis zu 11 h
- Orgelschutz
  - Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten begrenzen auf max. 1 °C/h
- Manipulationssicherheit
  - Kirche ist quasi öffentliches Gebäude, Zugriff durch viele Personen möglich
  - Jeder stellt ein, was er will. In jedem Fall aber wärmer!!



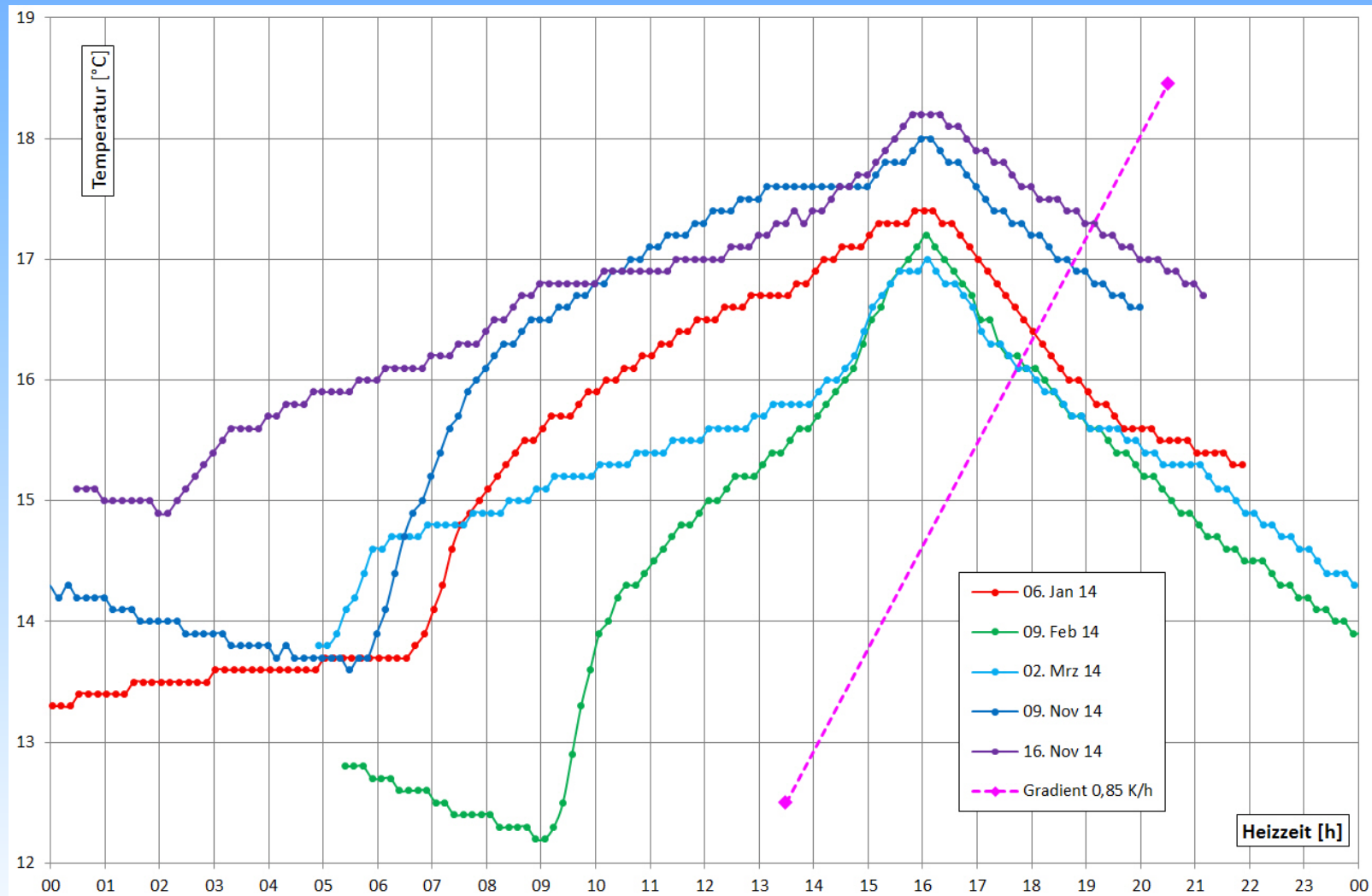
Temp.-Zeit-  
Diagramm

# 5 Heizungssteuerung, Notwendigkeiten

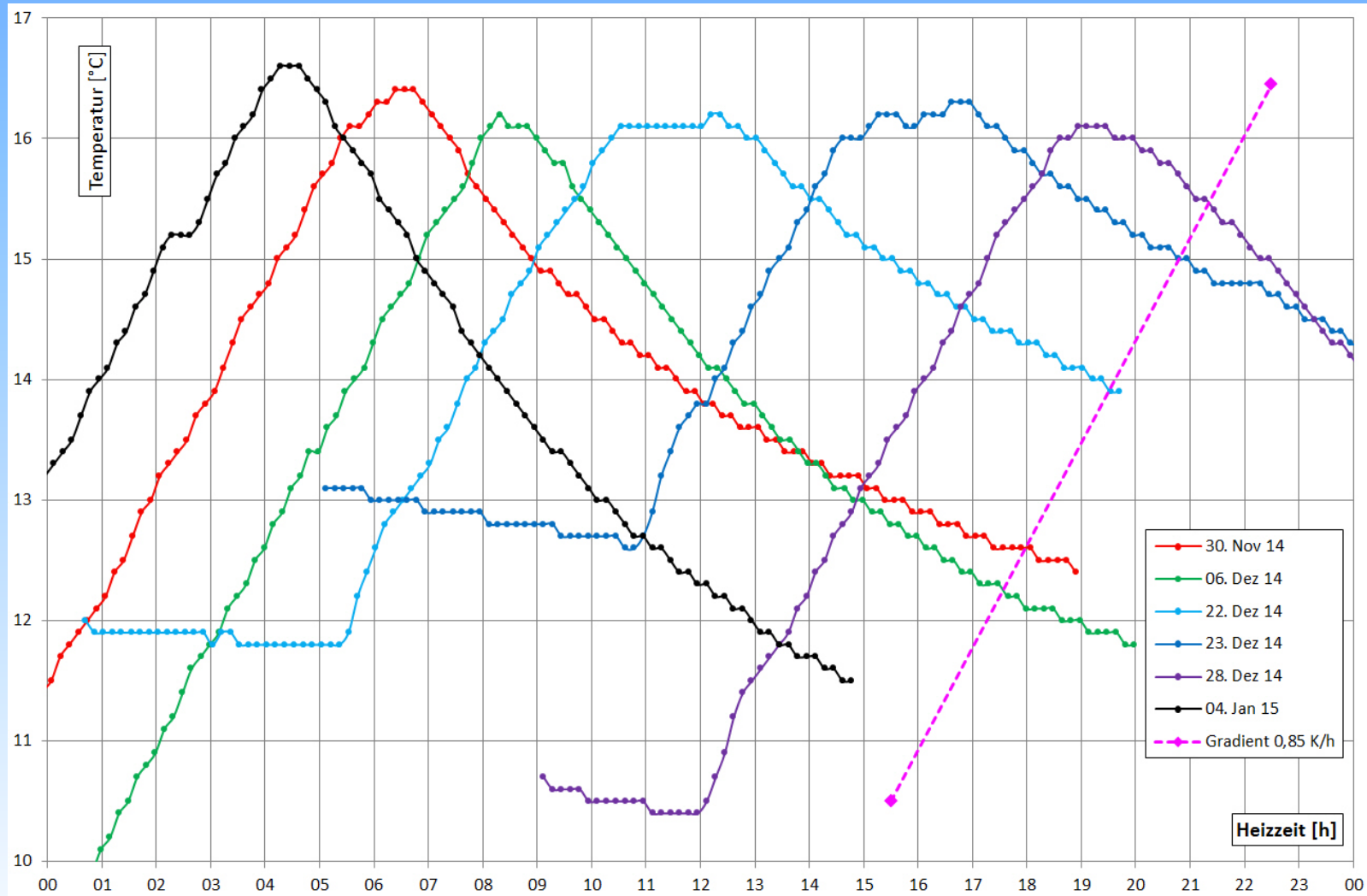
- Automatisierung
  - Heizungsstart oft nachts
  - Programmiermöglichkeit für mehrere Wochen sinnvoll/notwendig
- Außentemperatursteuerung nicht. notw.
  - AT-Fühler und Heizkurve sind überflüssig
  - AT-Fühler nur bei automatischer Lüftung zur Feuchtereulation notwendig
- Absenk-/Ruhetemperatur
  - In Wohnungen findet man selten  $< 15\text{ °C}$
  - Ruhetemperatur in Kirchen:  $6\text{ °C}$  bis  $8\text{ °C}$



# 5 Heizungssteuerung, Aufheizvorgang, alt



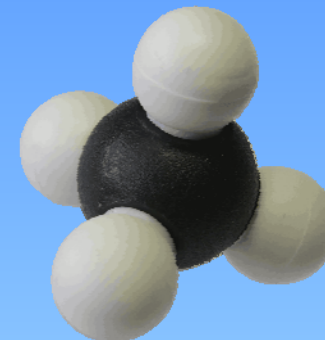
# 5 Heizungssteuerung, Aufheizvorgang, neu



# 5 Heizungssteuerung, Erlöserkirche



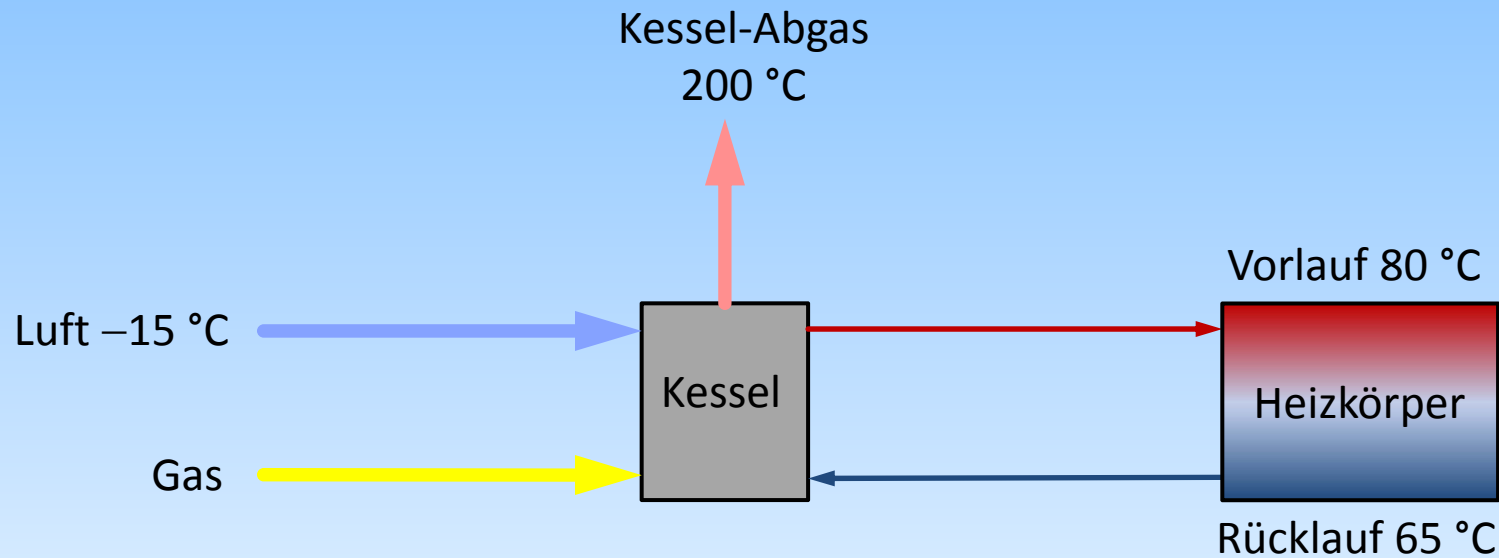
## 6 Brennwertnutzung



- Beim Verbrennen von Gas, Heizöl entsteht Wasser, z.B. bei Erdgas (Methan):
- $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  (1,5 kg Wasser pro m<sup>3</sup> Erdgas-E)
- Abgastemperatur 200 °C bei atmosphärischen Kesseln
- Wasser liegt im Abgas dampfförmig vor.
- Verdampfung von Wasser kostet 0,655 kWh/kg.
- Kondensation von Dampf liefert (!) 0,655 kWh/kg. (@ 60 °C)
- Abkühlung der Rauchgase unter den Taupunkt notwendig  
57 °C bei Erdgas, 47 °C bei Heizöl-EL
- Brennwertnutzung **spart 8 % bis 9 %** Energie.

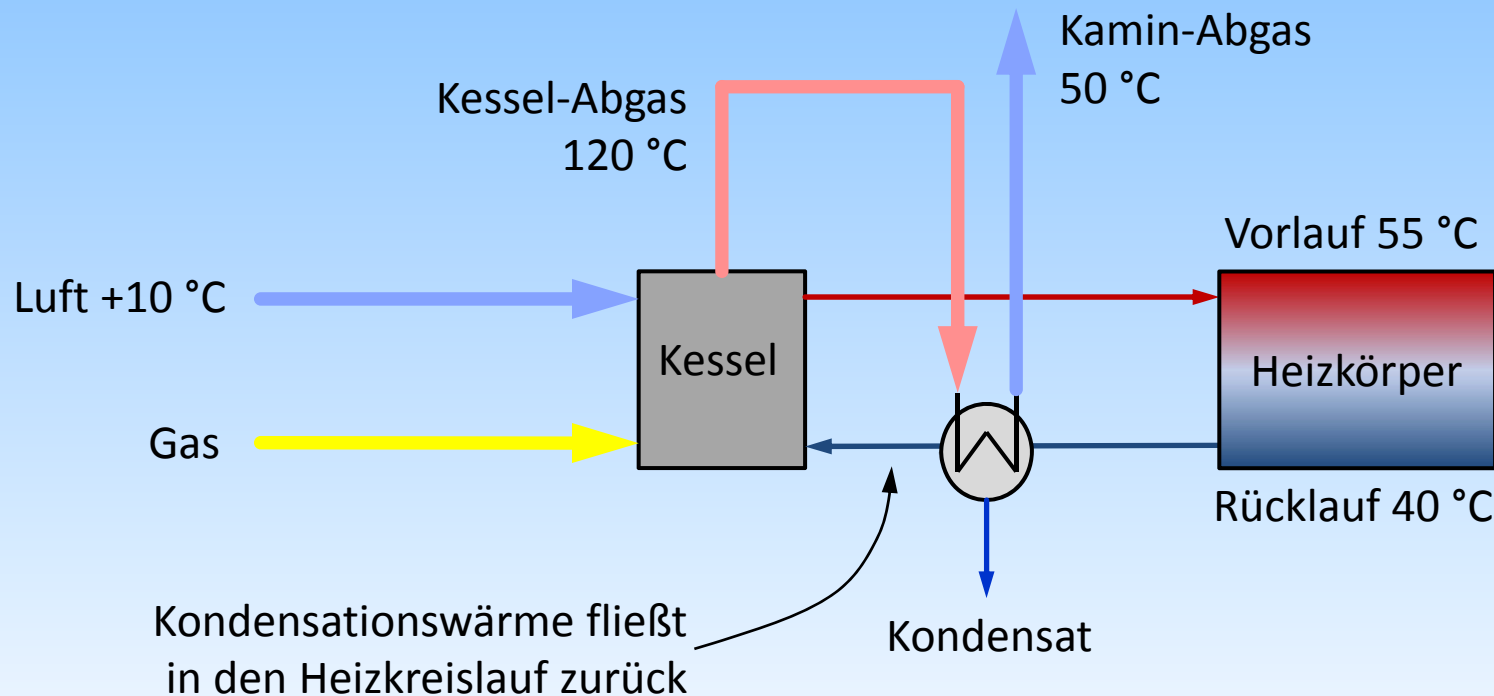
## 6 Brennwertnutzung

- Atmosphärischer Kessel, veraltete Technik (Naturzug im Kamin, ohne Gebläse)
- Keine Kondensation von Wasserdampf im Abgas, **keine** Brennwertnutzung



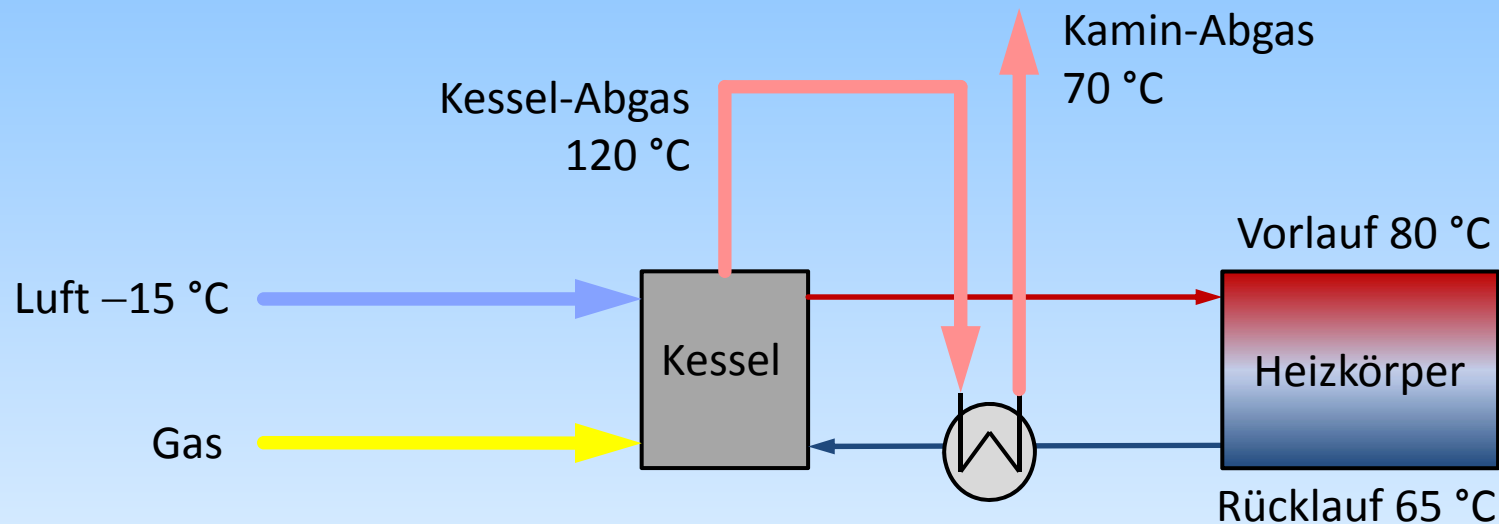
## 6 Brennwertnutzung, herkömmlich

- Brennwertkessel, häufige Bauart. **Notwendig:** Große Heizflächen, niedrige RL-Temp.
- moderate Außentemperatur, z.B. +10 °C, Heizleistung klein, niedrige Vorlauftemp.
- Kühlung der Abgase mit dem Heizungsrücklauf, gute Brennwertnutzung möglich



## 6 Brennwertnutzung, herkömmlich

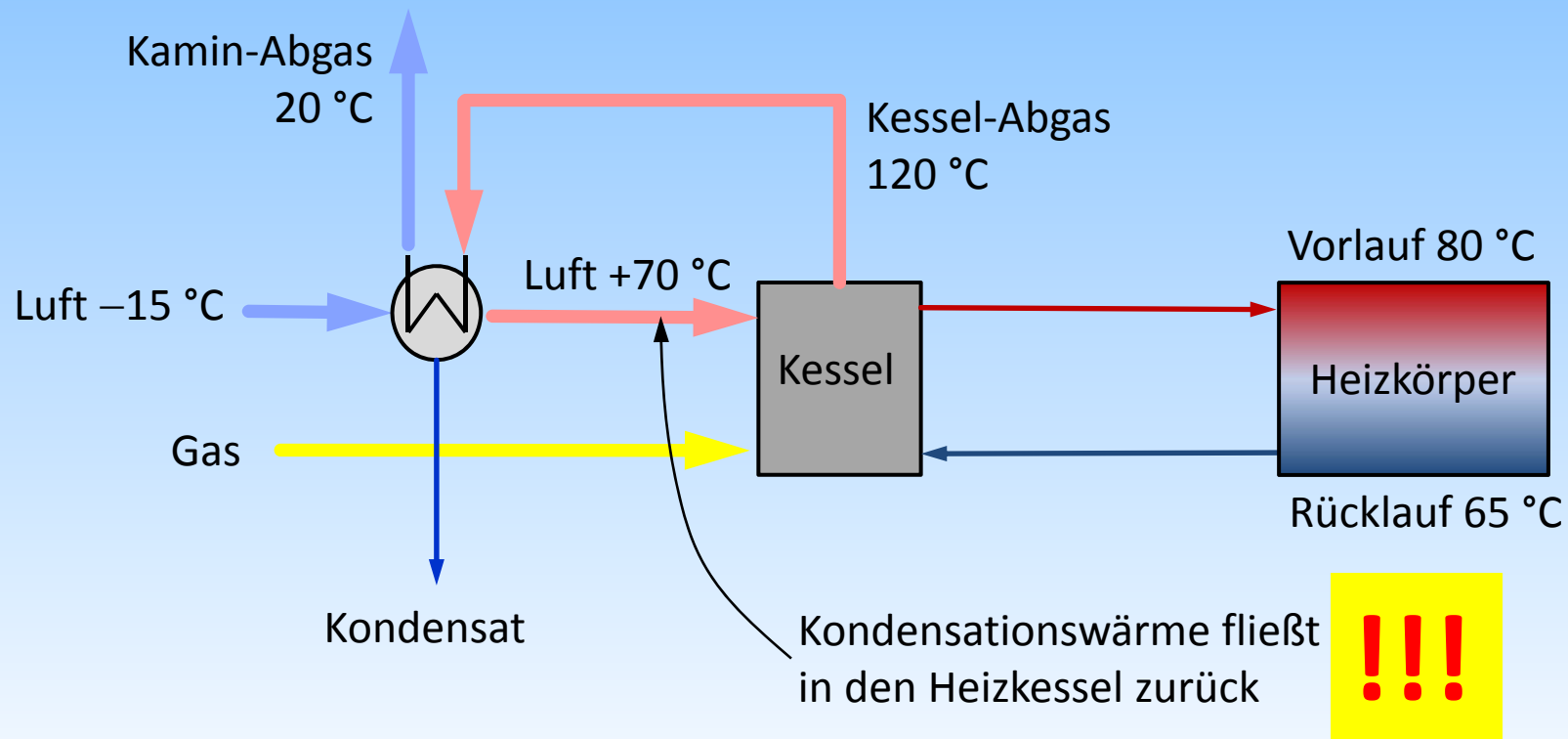
- Brennwertkessel, häufige Bauart, Nutzung im Altbau problematisch
- tiefe Außentemperatur, z.B.  $-15\text{ °C}$ , Heizleistung hoch, hohe Vor-/Rücklauftemp.
- Kühlung der Abgase mit dem Heizungsrücklauf, **keine** Brennwertnutzung



keine Kondensation,  
keine Brennwertnutzung !!

# 6 Brennwertnutzung, Voll-Brennwerttechnik

- Voll-Brennwertkessel, dauerhafte Brennwertnutzung **bei allen Betriebszuständen**
- Kühlung der Abgase mit der Zuluft (!!)
- tiefe Außentemperatur, z.B.  $-15\text{ °C}$ , Heizleistung hoch, hohe Vorlauftemp.

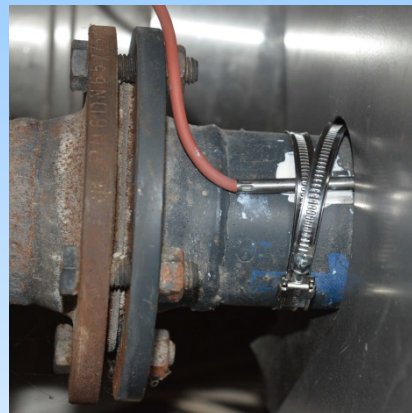


## 6 Brennwertnutzung, Überprüfung

- Überprüfen der Brennwertnutzung
- Messung der Vorlauf- und Rücklauf-Temp.
- Messung der Abgastemperatur



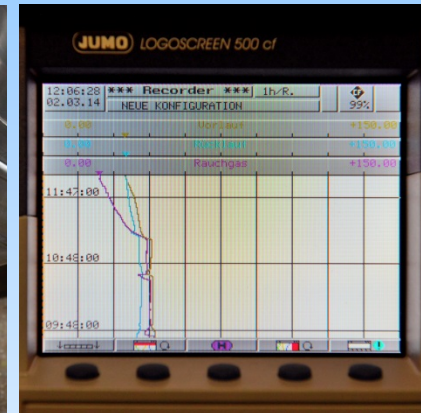
Vorlauf-Temp.



Rücklauf-Temp.

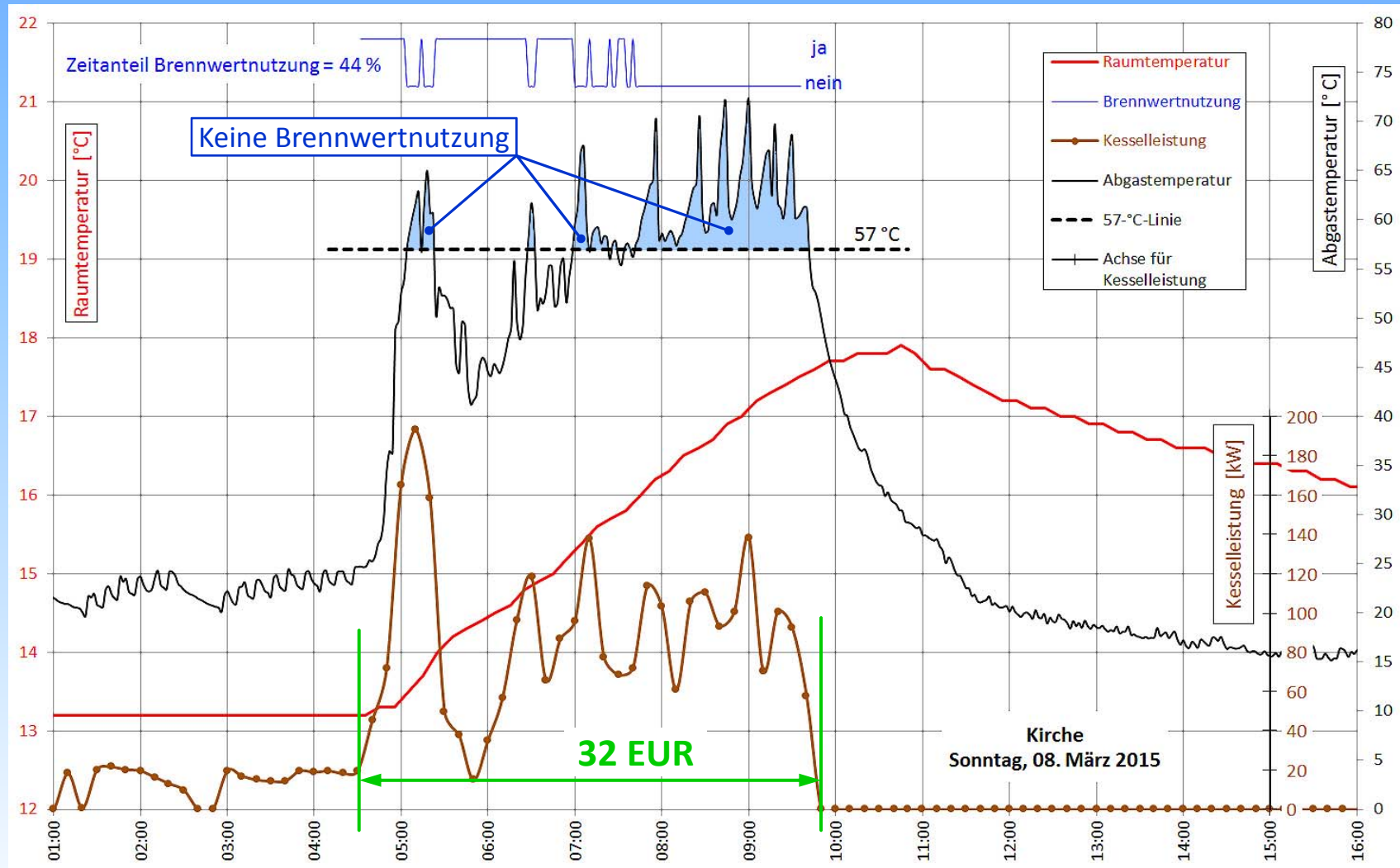


Abgas-Temp.



Digitaler Schreiber

# 6 Brennwertnutzung, Überprüfung



## 6 Brennwertnutzung, Ergebnis

- Potential der Brennwertnutzung:  
8 % bis 9 % Brennstoff-Einsparung
- Kessel arbeitet nur < 50 % der Zeit im Brennwertbereich
- Abgastemperatur kaum unter 50 °C  
→ Es wird nur wenig Wasser kondensiert.
- Sparpotential wird im vorliegenden Fall max. zu ¼ genutzt.
- ¾ des Potentials, also absolut ca. 6 % Brennstoff, gehen verloren.
- Besser: Nutzung von **Voll-Brennwerttechnik** mit  
Dauerkondensation bei allen Heizsystemen!

# 7 Wärmeleistung, Überdimensionierung

- Heizkessel sind oft überdimensioniert
  - Auslegung auf den absoluten Maximalfall + Reserve
  - Angst vor kalten Heizkörpern
  - Viel hilft viel!
- Folgen
  - höhere Anschaffungskosten
  - höhere Stillstandsverluste
  - höherer Stromverbrauch
  - schnellere Ein-Aus-Taktung
  - größerer Verschleiß



## 7 Wärmeleistung, Kesseltausch


- Ermittlung der tatsächlichen Wärmelast eines Gebäudes vor Kesseltausch notwendig

- Und wenn Sie so etwas vorfinden:

Besser heute als morgen austauschen gegen Voll-Brennwerttechnik!



## 7 Wärmeleistung ermitteln

- Vor Kesseltausch und zur Optimierung der Fahrweise der Heizanlage tatsächliche Leistung ermitteln
  - Gaszählerstände und Heizzeit notieren, zweckmäßig durch Digitalfotos
  - besonders einfach bei Gaskesseln/Gaszählern
  - bei Ölkesseln Ölzähler einbauen
- Problem: Regelmäßige Ablesung des Zählers
- Abhilfe:  Logger (= Zähler-Logger)



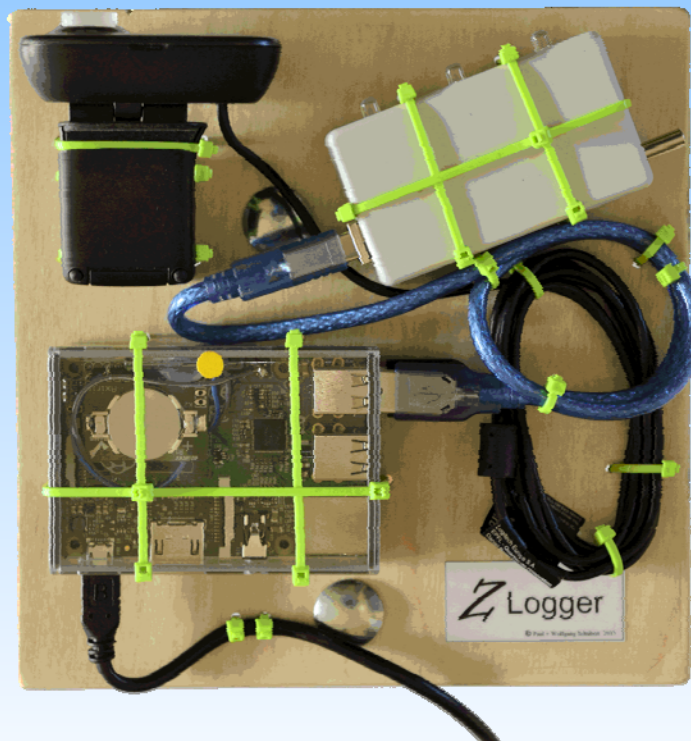
# 7 Wärmeleistung, Z Logger, Aufbau

- Raspberry Pi Minicomputer
- Echtzeituhr, Batteriepuffer
- HD-Digitalkamera („webcam“)

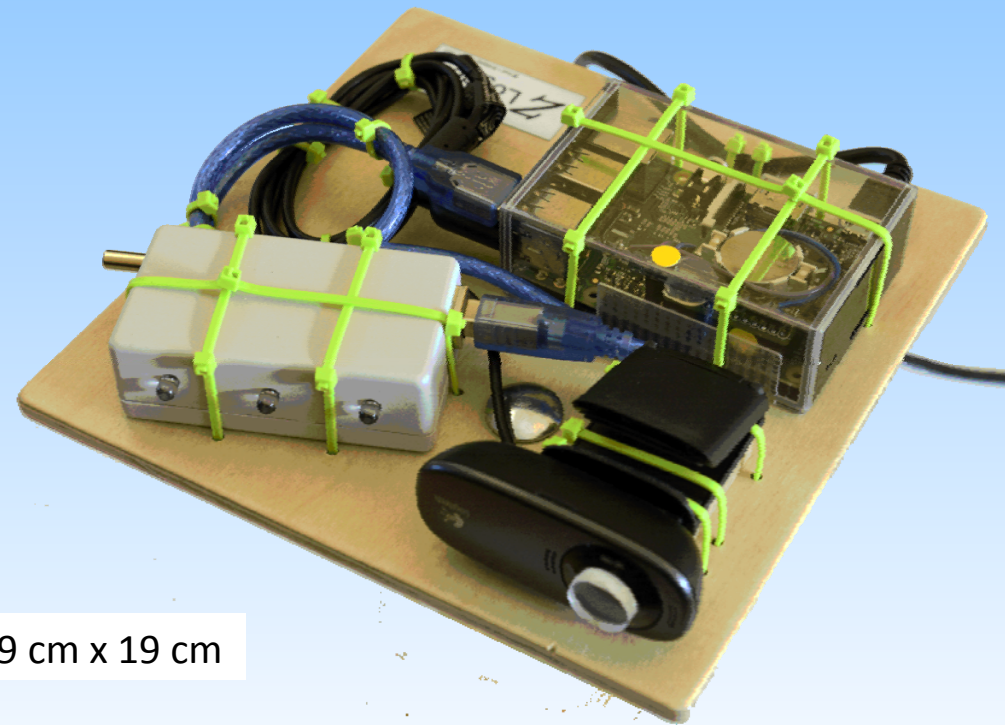


RaspberryPi

- LED-Beleuchtung
- USB-Speicher
- USB-Steckernetzteil



19 cm x 19 cm



# 7 Wärmeleistung, Z Logger im Einsatz



14.03.2015



EKIBA-GG-Jahrestreffen 2015



50

## 7 Wärmeleistung, ⚡ Logger, Fotos



# 7 Wärmeleistung berechnen

- Leistungsberechnung mit Brennwertangabe aus Gasrechnung

| Zählernummer<br>Zählpunkt / Code                   | Zeitzone<br>Netzbetreiber | Abrechnungszeitraum      | Zählerstand              | Zustandszahl | Faktor/<br>Brennwert | Verbrauchsmenge |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|-----------------|
| Erdgas<br>10530016 ✓                               |                           | 01.01.2012<br>31.12.2012 | 69.192 ✓<br>82.325 (✓)   |              | <u>10,90062</u>      |                 |
| DE7001766823900000000000000212791<br>9870111300008 |                           |                          |                          |              |                      |                 |
| Verbrauch  |                           |                          | 13.133                   | 0,95990      | 11,356               | 143.158 kWh     |
|  |                           |                          | gesamter Erdgasverbrauch |              |                      | 143.158 kWh     |

Brennwert  
in kWh/m<sup>3</sup>

allgemeine Formeln:

$$W_1 = V \cdot H_o$$

$$W_2 = W_1 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J / kWh}$$

$$P = \frac{W_2}{t}$$

Zahlenbeispiel:

Messzeit  $t = 10' 11'' = 611 \text{ s}$   
 Gasvolumen  $V = 0,740 \text{ m}^3$   
 Brennwert  $H_o = 10,8757 \text{ kWh/m}^3$

$$W_1 = 0,740 \text{ m}^3 \cdot 10,8757 \text{ kWh/m}^3 = 8,0480 \text{ kWh}$$

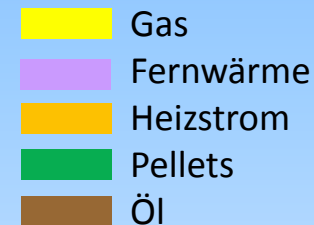
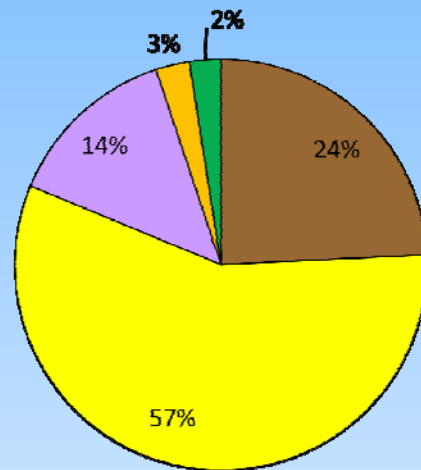
$$W_2 = 8,0480 \text{ kWh} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J / kWh} = 28\,972\,800 \text{ J}$$

$$P = \frac{28\,972\,800 \text{ J}}{611 \text{ s}} = 47419 \text{ J/s} = 47,4 \text{ kW}$$

|                             |                       |                    |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Gasvolumen                  | V                     | m <sup>3</sup>     |
| Zeit                        | t                     | s                  |
| Brennwert = Oberer Heizwert | H <sub>o</sub>        | kWh/m <sup>3</sup> |
| Wärmemenge                  | W <sub>1</sub>        | kWh                |
| Wärmemenge                  | W <sub>2</sub>        | J                  |
| Faktor kWh → J              | 3,6 · 10 <sup>6</sup> | J/kWh              |
| Wärmestrom                  | P                     | J/s = W            |

# Warum das alles?!

- Klimaziel der Ev. Landeskirche in Baden –40 % CO<sub>2</sub> bis 2020
- Heizenergieträger in den Kirchengemeinden der EKIBA 2013:



Verteilung der Heizenergieträger

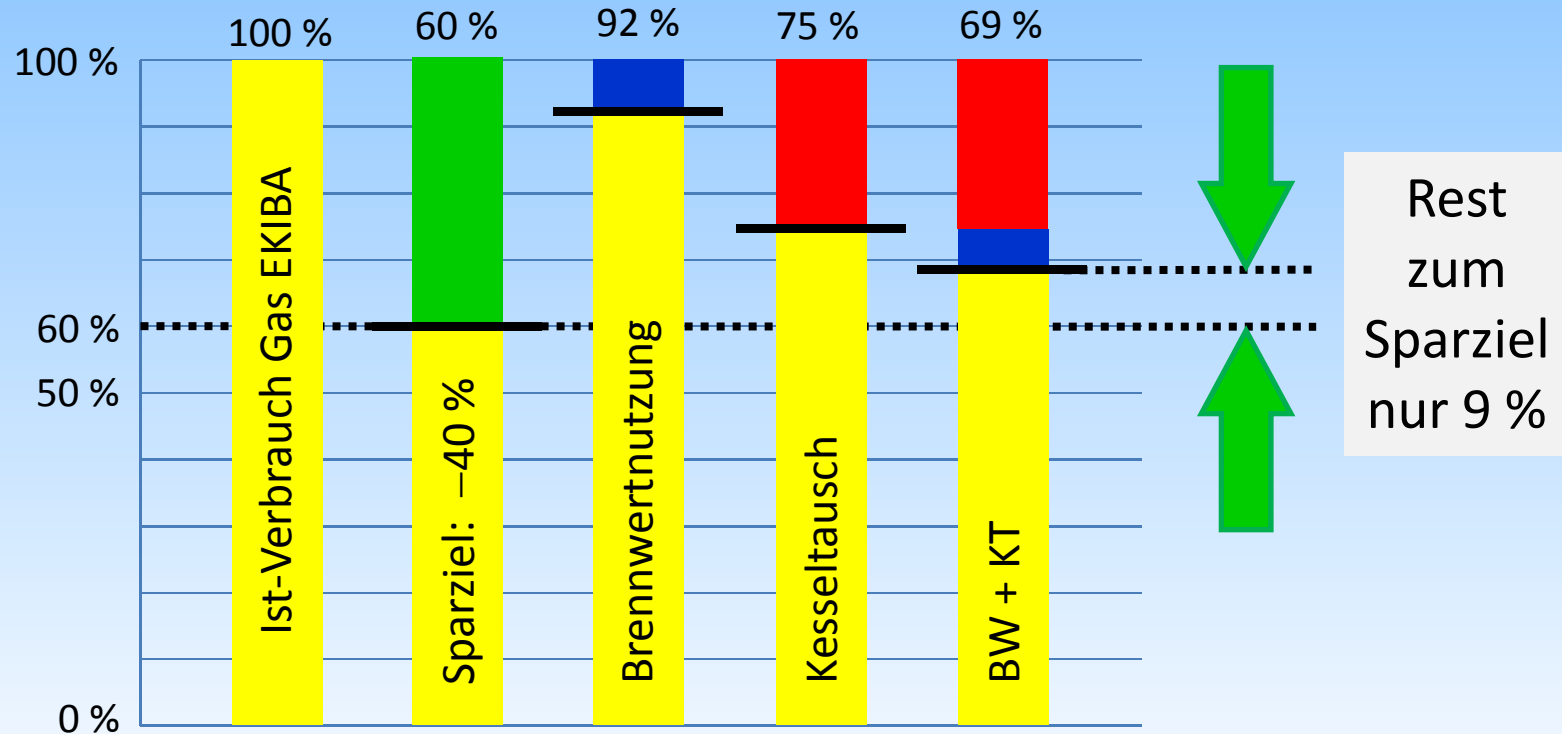
Quelle: BUE (13.02.2015)

- Witterungsbereinigter Gasverbrauch 2013:

**62.249.734 kWh** ca. 62 GWh

# Warum das alles?! Einsparpotentiale bei Gas

- Konsequente Nutzung des Brennwertes ■ 8 %
- Kesseltausch ■ 25 %
- Weiteres Potential: Heizungs-Steuerung 10 % (?)

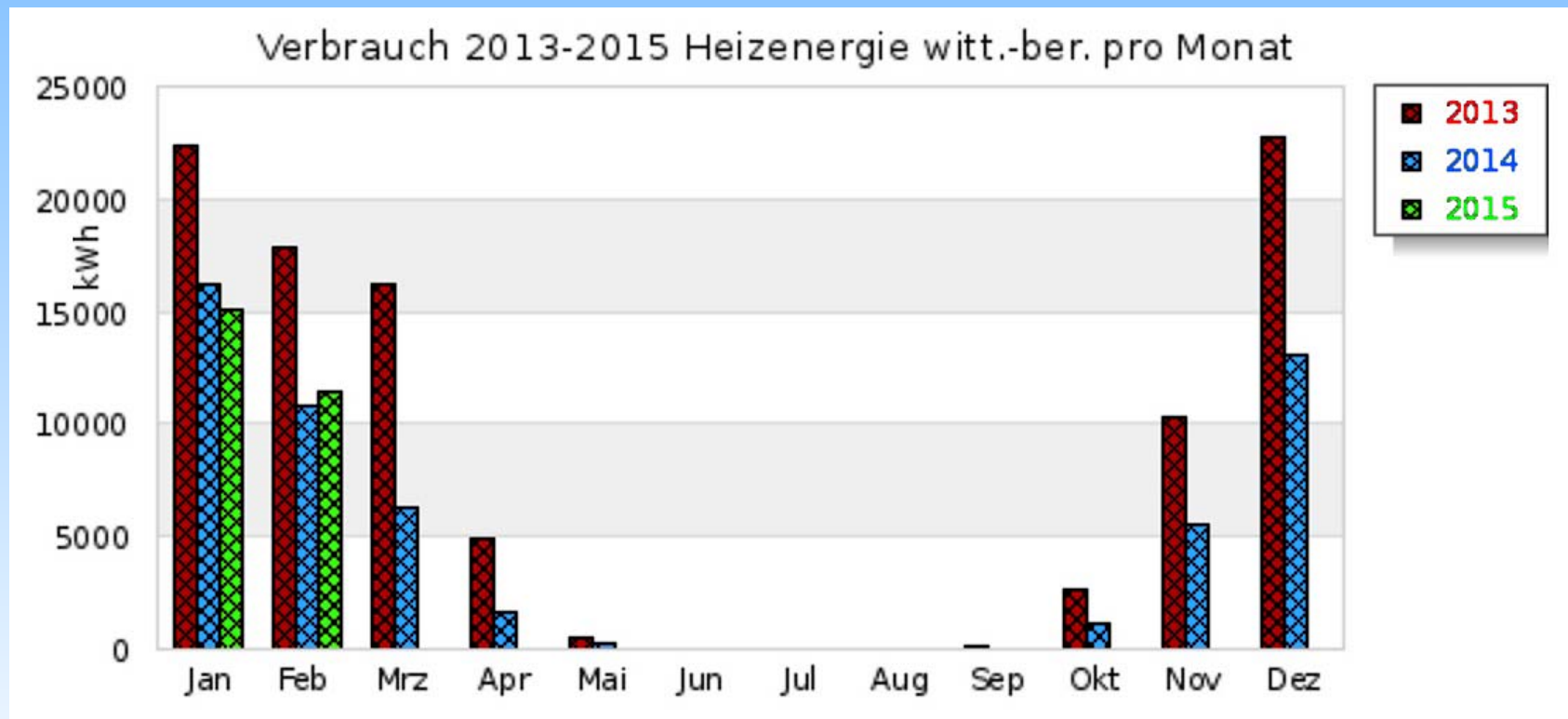


# Warum das alles?! Umsetzung in Erlöserkirche

- Kesseltausch (10/2005)
- Einbau von Kirchentüren mit Dichtmechanik (08/2011)
- Umsetzen der alten Steuerung in die Kirche (10/2011)
- Pumpentausch 2012 und 2013
- Überwachung der Raumtemperatur (12/2013)
- Absenkung der Grundtemperatur auf 10 °C (02/2014)
- Neue Steuerung, definiertes (Auf-) Heizen (11/2014)
- Absenkung der Grundtemperatur auf 7 °C (11/2014)
- Absenken der Vorlauftemperatur (12/2014)
- Absenkung der Pumpenleistung (12/2014)

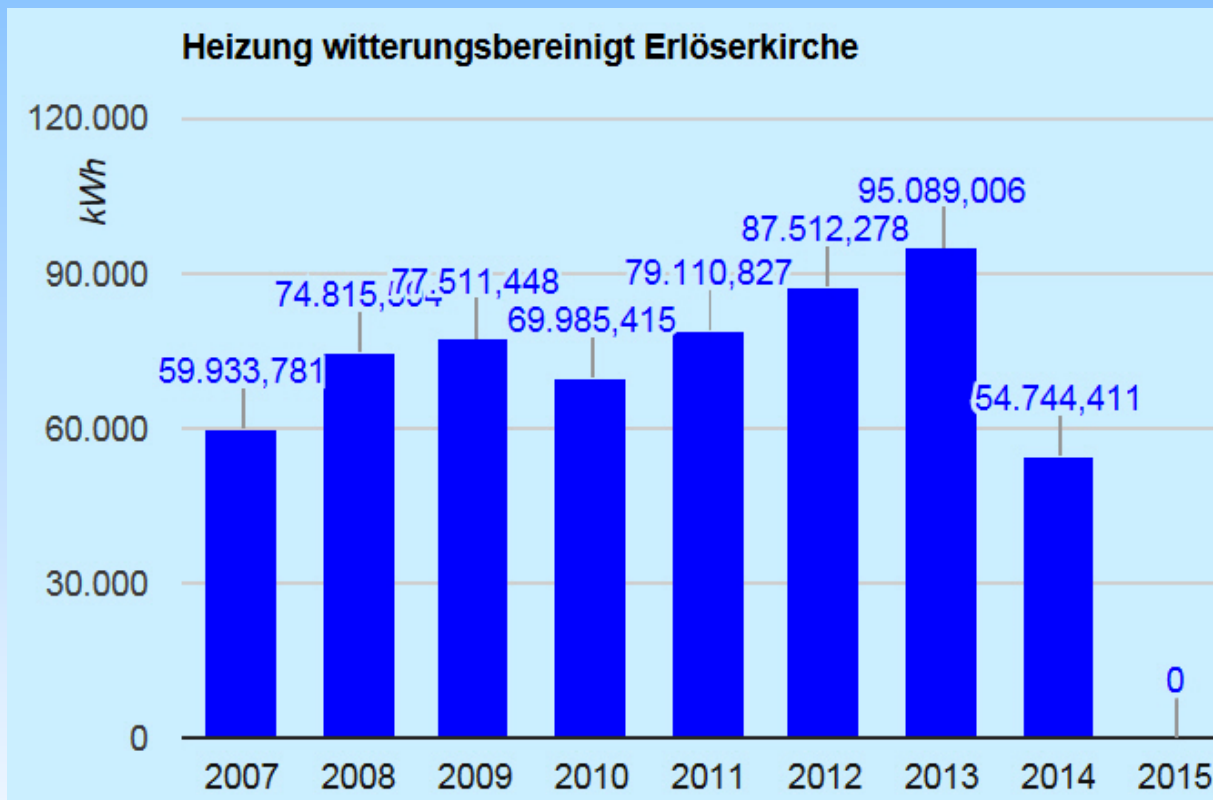
# Warum das alles?! Umsetzung in Erlöserkirche

- Kurzfristige Beobachtung
- Avanti-Monatsdaten 2013 – 2015 (witterungsbereinigt)



# Warum das alles?! Umsetzung in Erlöserkirche

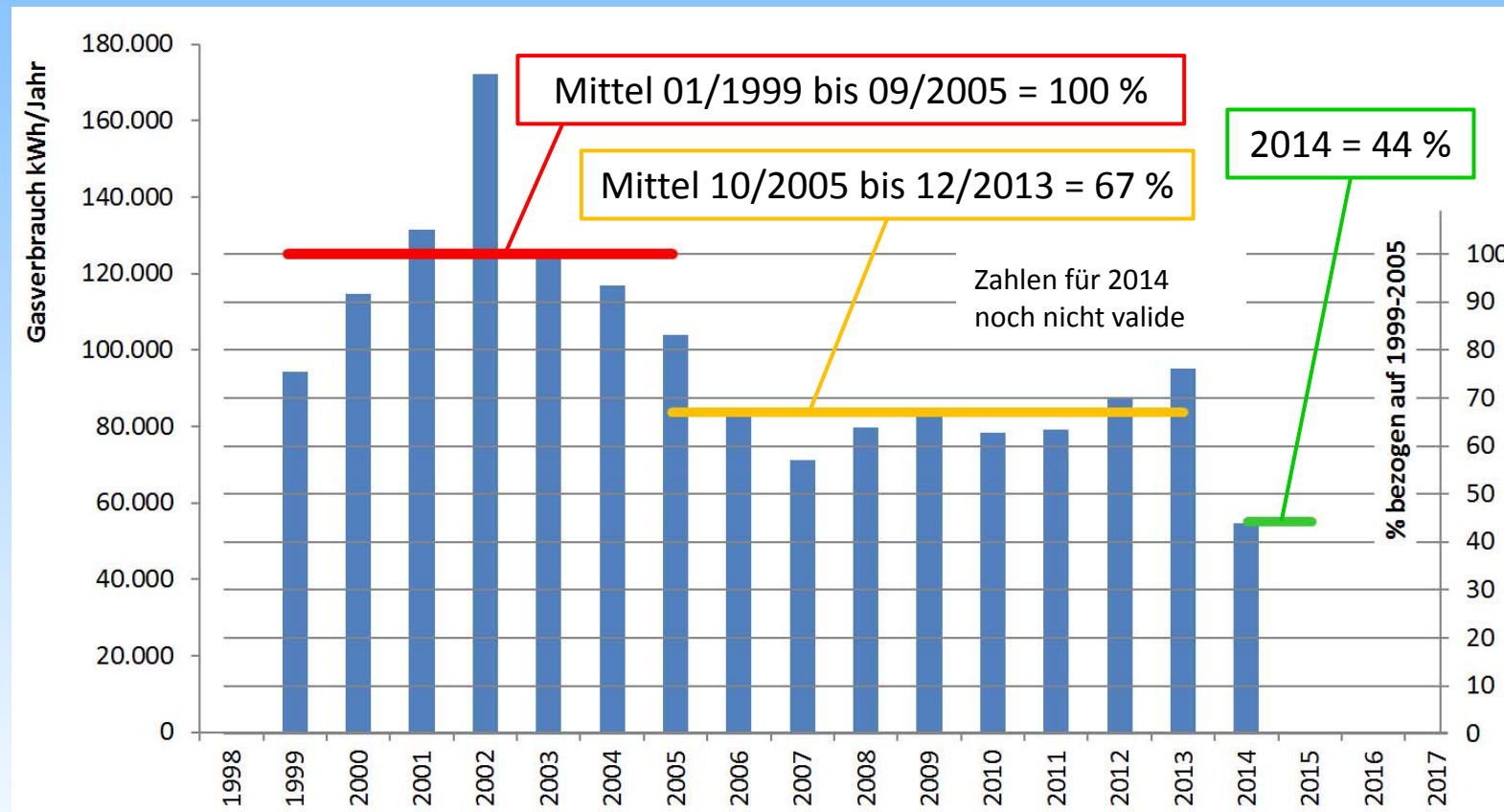
- Mittelfristige Beobachtung
- Avanti-Jahresdaten 2007 – 2014 (witterungsbereinigt)



# Warum das alles?! Umsetzung in Erlöserkirche

- Langfristige Beobachtung
- Gasverbrauch 1999 – 2014 (witterungsbereinigt\*)

\* Avanti zeigt teilweise kleinere Werte  
Unschärfen durch Daten aus Versorger-Rechnungen



## Das Wichtigste in Kürze

- **Gebäude und Heizsystem scharf beobachten**
- **Vollbrennwerttechnik nutzen**
- **Exakt dann heizen, wenn Wärme benötigt wird**
- Hydraulischen Abgleich durchführen
- Hocheffizienzpumpen richtig einstellen

# Die Kirchenheizung

Kein Buch mit sieben Siegeln!



Danke für's  
Zuhören 😊