

Heizungs-Krimi

Tatort: Heizungsanlage



Energie

Schulung für Umweltbeauftragte des Grünen Gockels

EKIBA-Workshop Kirchenheizungen

Karlsruhe, 27. Sept. 2014

Wolfgang Schubert, UB der Erlösergemeinde Mannheim-Seckenheim



Quelle: www.für-männers.de (15.08.2014)

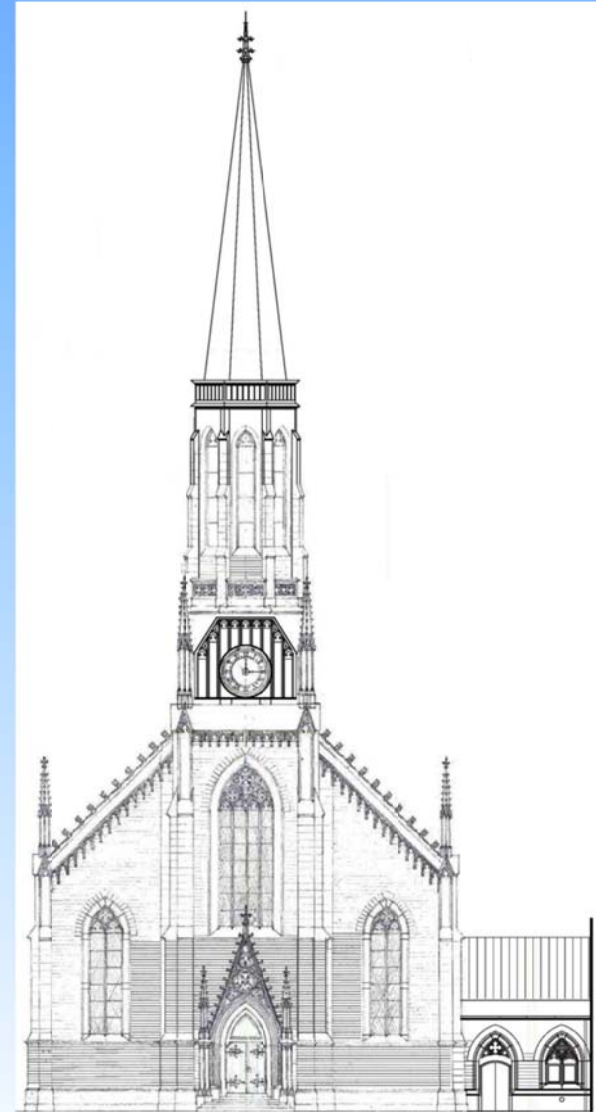
Übersicht

- Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim
- Warum Krimi?
- Logger für Temperatur und Luftfeuchte
- Heizungspumpen
- Heizungssteuerung
- Hydraulischer Abgleich
- Brennwertnutzung
- Kessel-Leistung



Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim

- Hermann Behagel
- 1867-1869
- Neugotischer Baustil
- Sandstein
- hoher Kirchensaal
- Heizungstechnik
 - Erdgas-Brennwert-Kessel
 - Moderne, geregelte Pumpen
 - Heizflächen: Unter-Bank-Rohre, Radiatoren, verschiedene Bauarten von Konvektoren, Fußbodenheizung



Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014

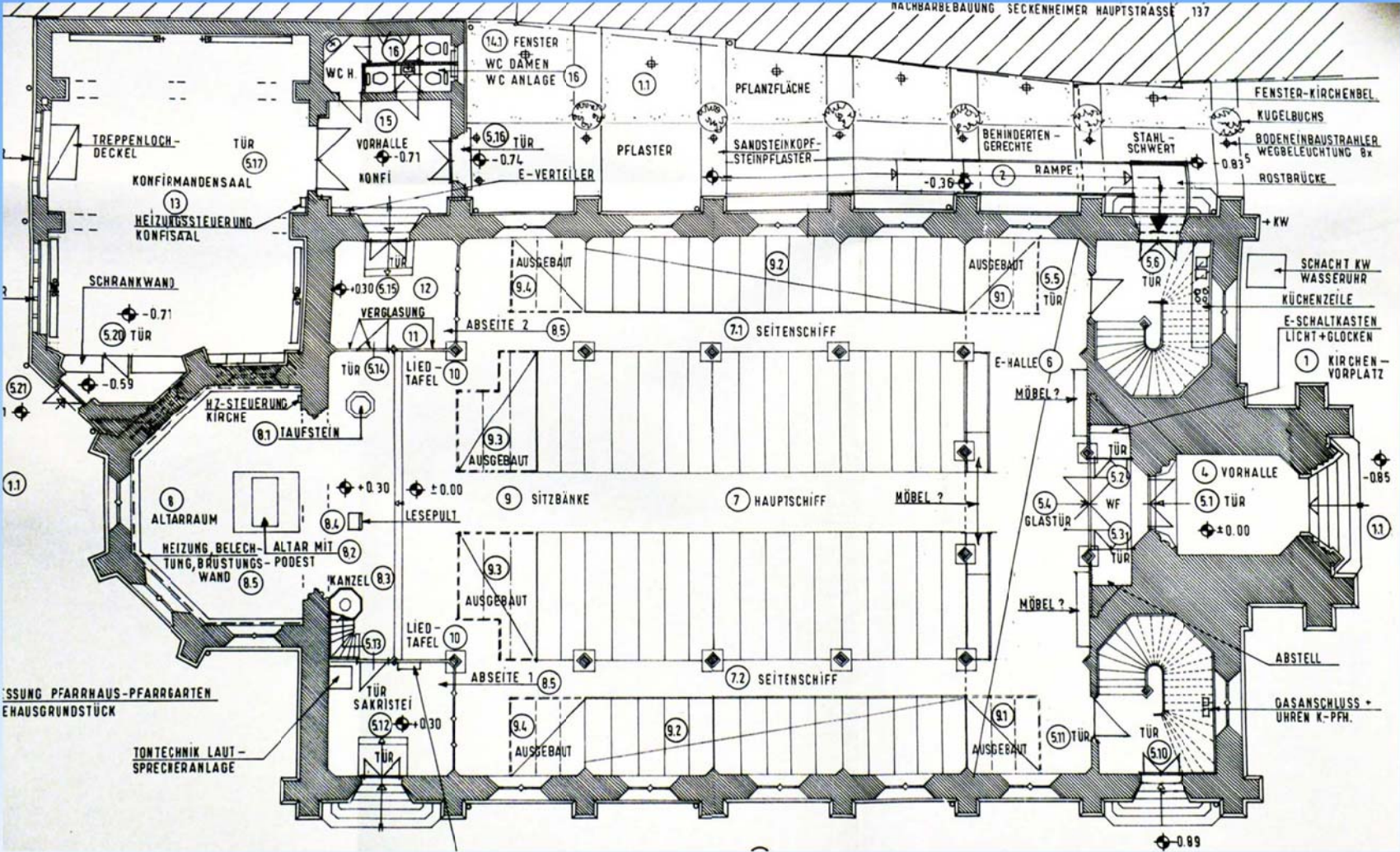


EKIBA-Workshop Kirchenheizung



4

Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



Quelle: Architekturbüro Hinterberger & Partner, Bernhard Hufnagel, Seckenheim

Warum Krimi?

- Heizungstechnik sehr fortgeschritten
 - Auslegung und Einstellung erfordern fundiertes Fachwissen ...
 - ... und eine Menge Zeit und Arbeit!
 - Auslegungs-Aufwand geringer durch Überdimensionierung
 - Einstellungen der Anlage oft sehr großzügig (viel hilft viel!)
 - Folgekosten dauerhaft beim Anwender
-
- Fehlersuche oft sehr komplex
 - → ähnlich kriminologischer Untersuchung

Krimi !!!



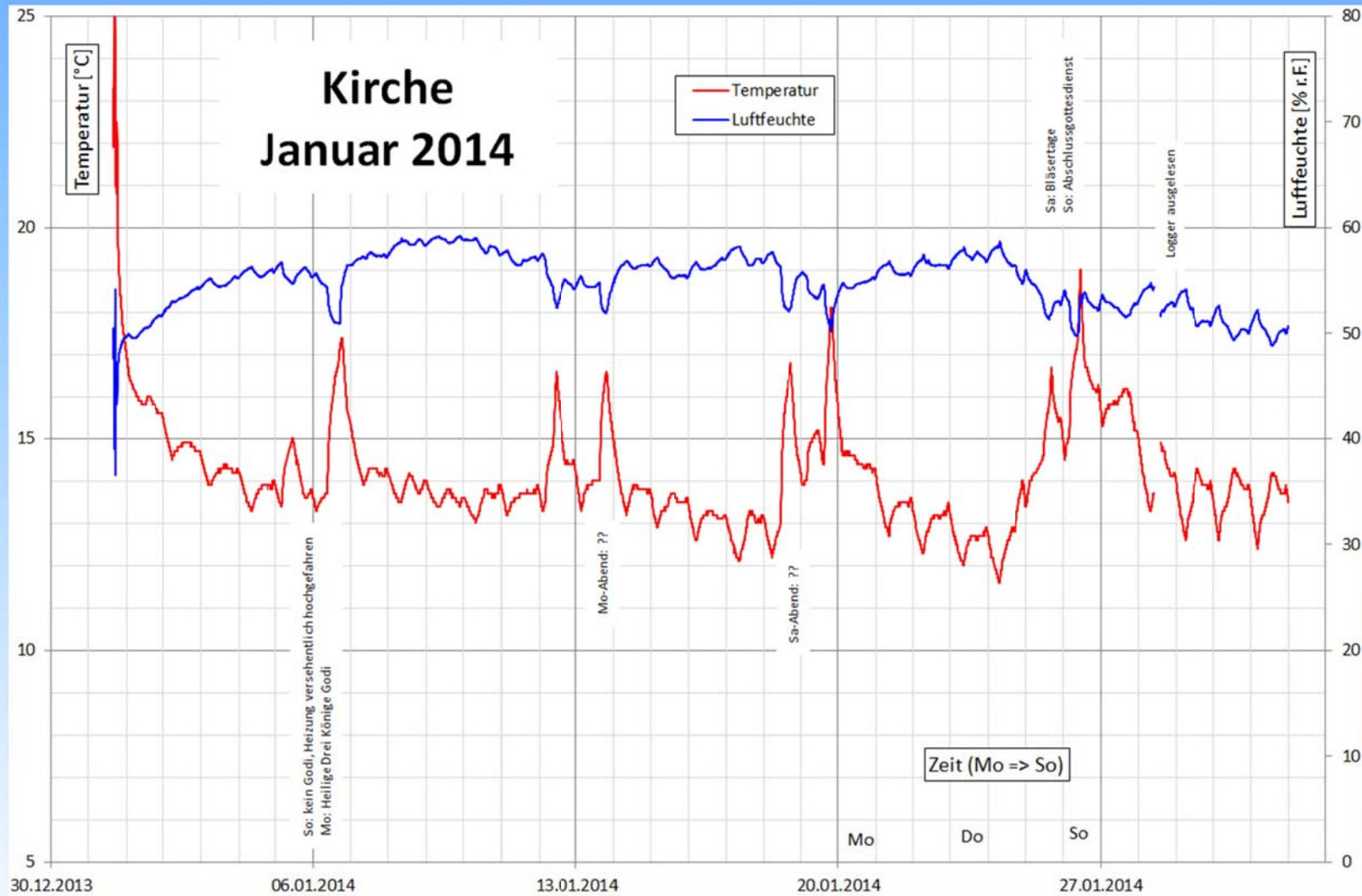
Logger für Temperatur und Luftfeuchte

- Heizungsanlagen führen ein Eigenleben
- Dieses muss man analysieren!
- Festhalten des Ist-Zustandes
- Vergleich Renovierung vorher vs. nachher
- Billig-Logger (z.B. Conrad) umständlich, geringe Daten-Kapazität, geringe Batterielebensdauer, Spezialbatterie
- Besser: „Profi“-Modelle (z.B. Testo), lange Aufzeichnungsdauer, Standard-Batterie/-Akku

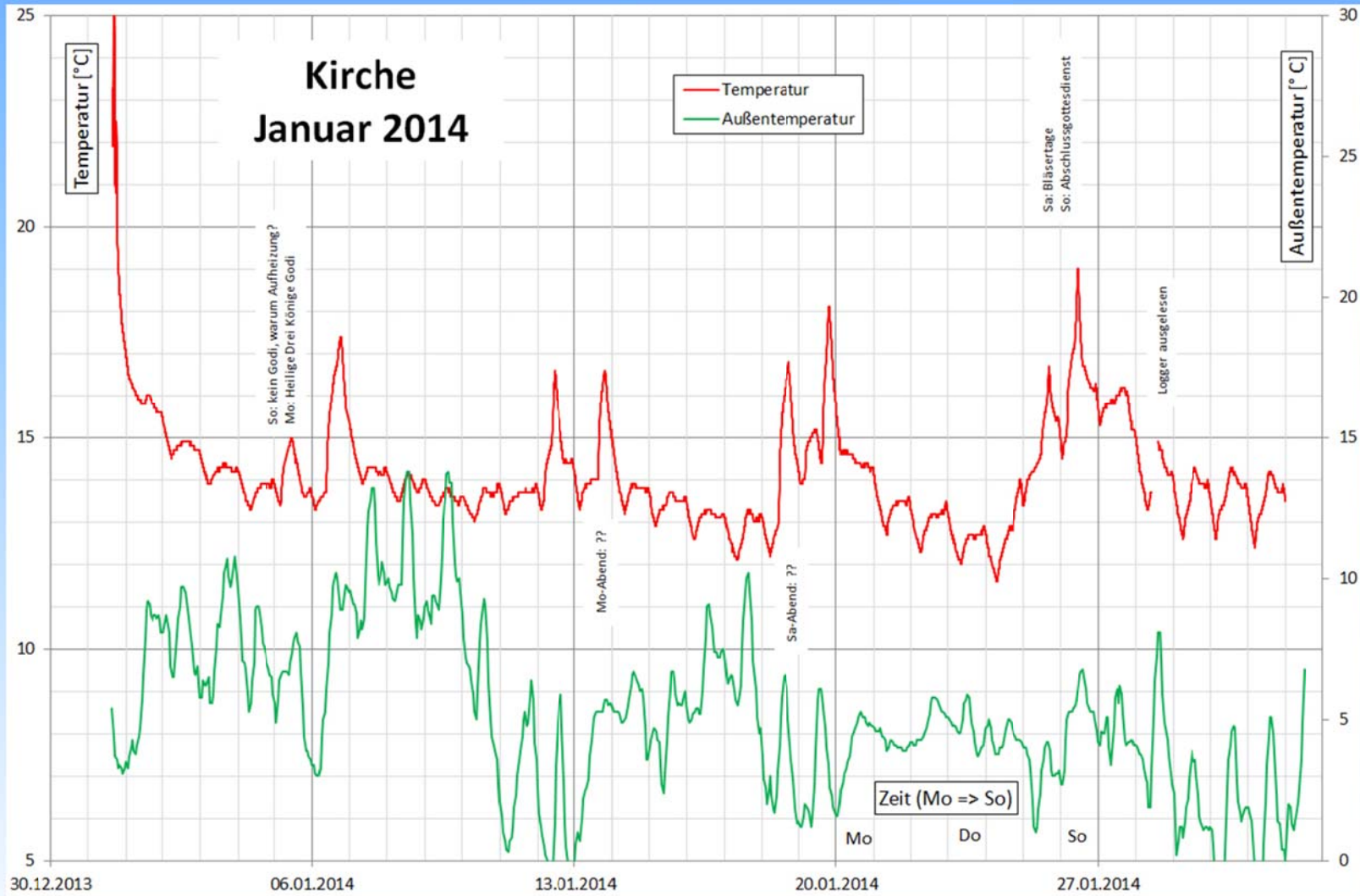


Quellen:
www.conrad.de (15.08.2014)
www.testo.de (15.08.2014)

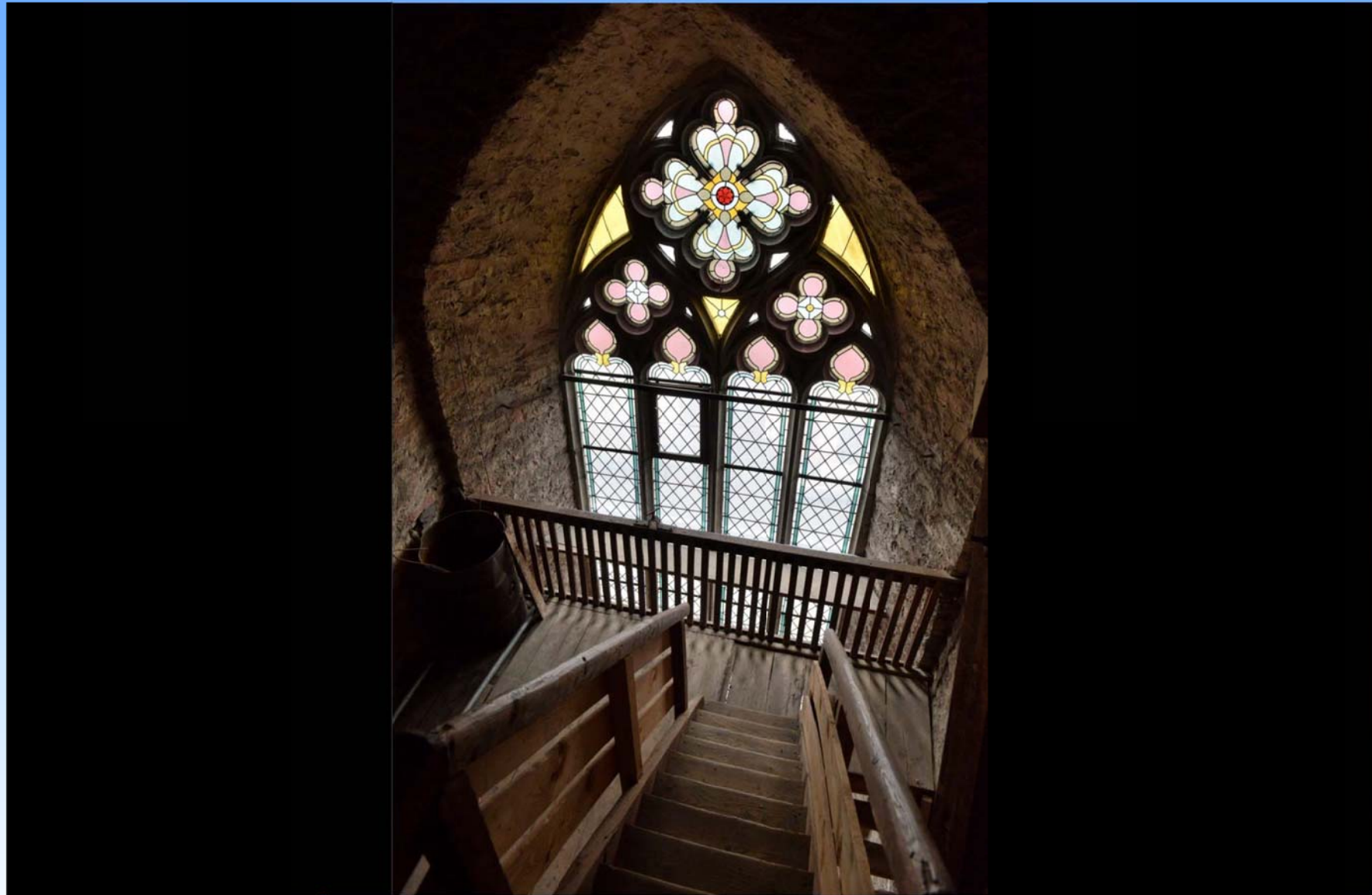
Loggerdaten (T_i, %rF)



Loggerdaten (T_i , T_a)



Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014



EKIBA-Workshop Kirchenheizung



10

Heizungspumpen, ungerregelt

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



**Achtung:
Energiefresser!**



Quellen: www.nothingbutsauriers.com (16.08.2014)
www.pumpendiscounter.de (16.08.2014)

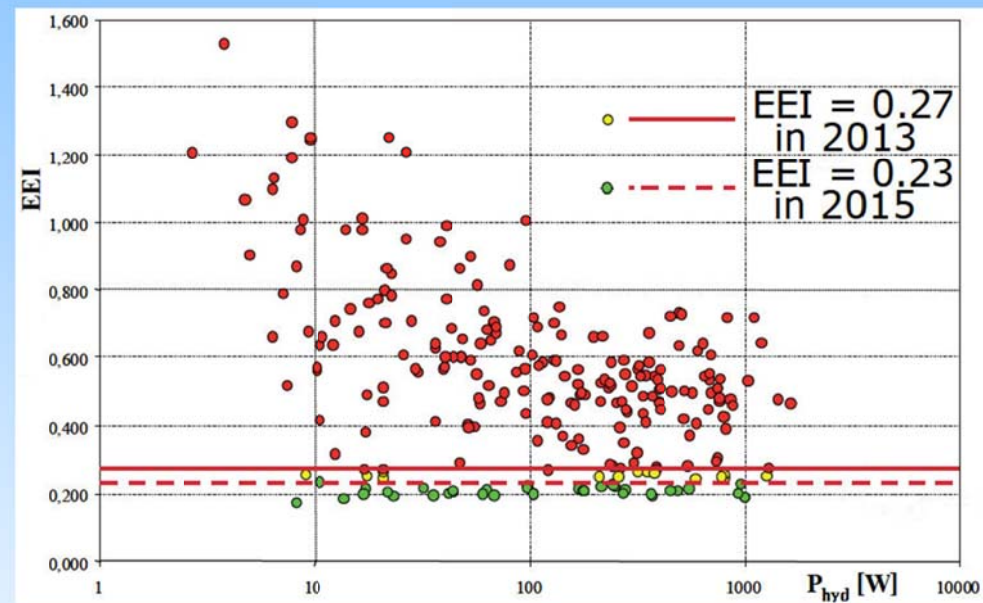
Heizungspumpen, geregelt

- Bis vor wenigen Jahren waren Heizungs-Umwälzpumpen die größten Energieverbraucher von Privathaushalten.
- EU-Richtlinie: Heizungspumpen müssen weniger Energie verbrauchen.

- EU-Referenzpumpe 2005: **100 %** Energieverbrauch (EEI*) für standardisiertes Lastprofil
- Stand der Technik Juli 2012: **15 %** Energieverbrauch (EEI*) bei gleichem Lastprofil

* EEI = Energie-Effizienz-Index

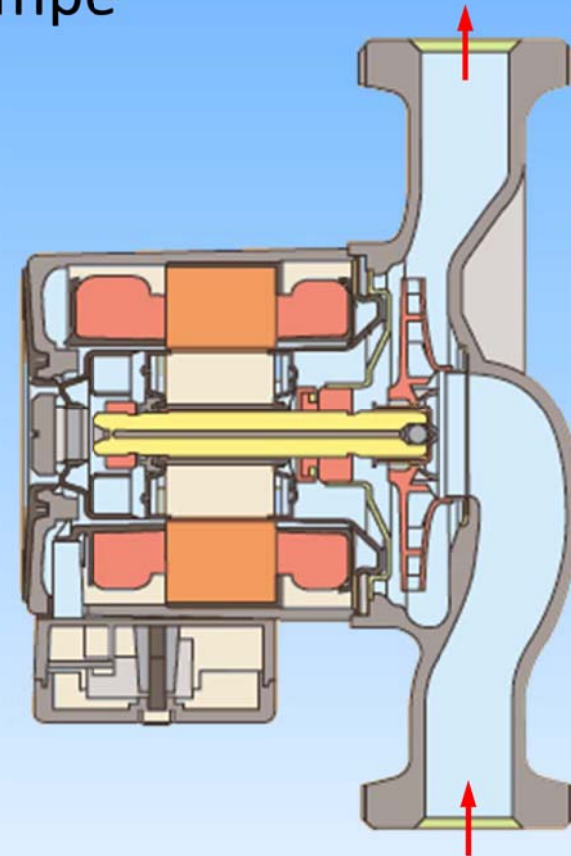
- **Wie macht die Pumpe das?!**



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)

Heizungspumpen, geregelt

- Evolution einer Heizungs-Umwälzpumpe



Quellen:
Mark-Andre Schneider, Corbian Soodtmann, Eugen Stein; Hochschule Mannheim
<http://www.ecopumpen.de/heizung-ww/solarpumpen/grundfos-ups-solar-25-120-180mm.htm> (24.09.2014)

Wie macht die Pumpe das?

→ Hardware

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



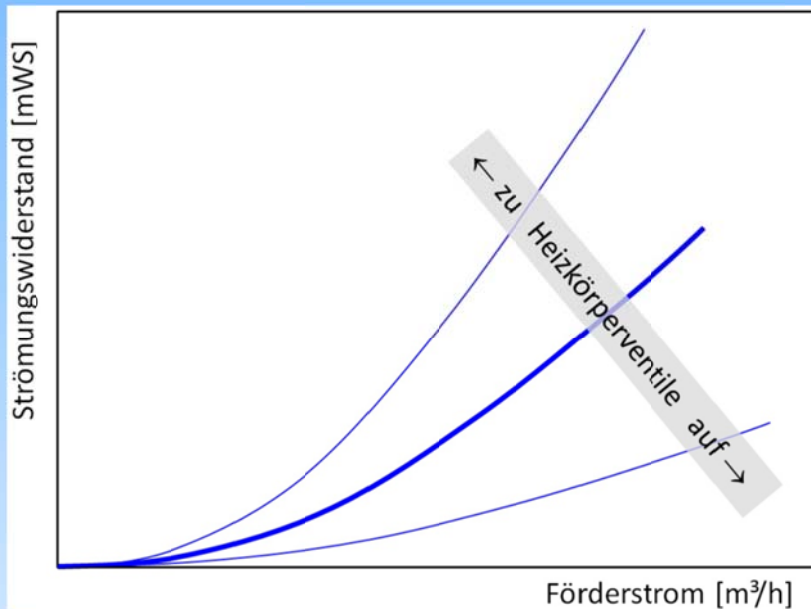
Energiesparer



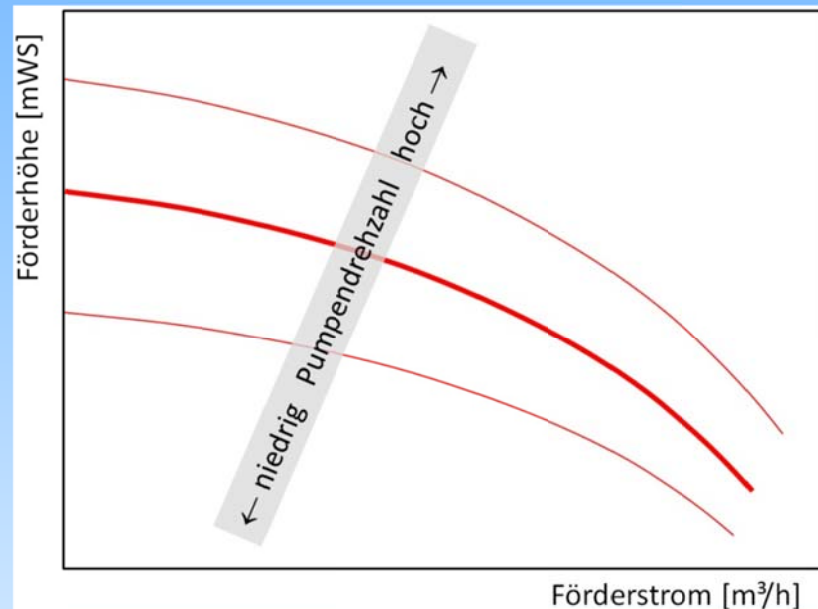
Quelle:n: www.pumpendiscouter.de (16.08.2014)
www.eco-institut.de (16.08.2014)

Kennlinien

- Anlagenkennlinie



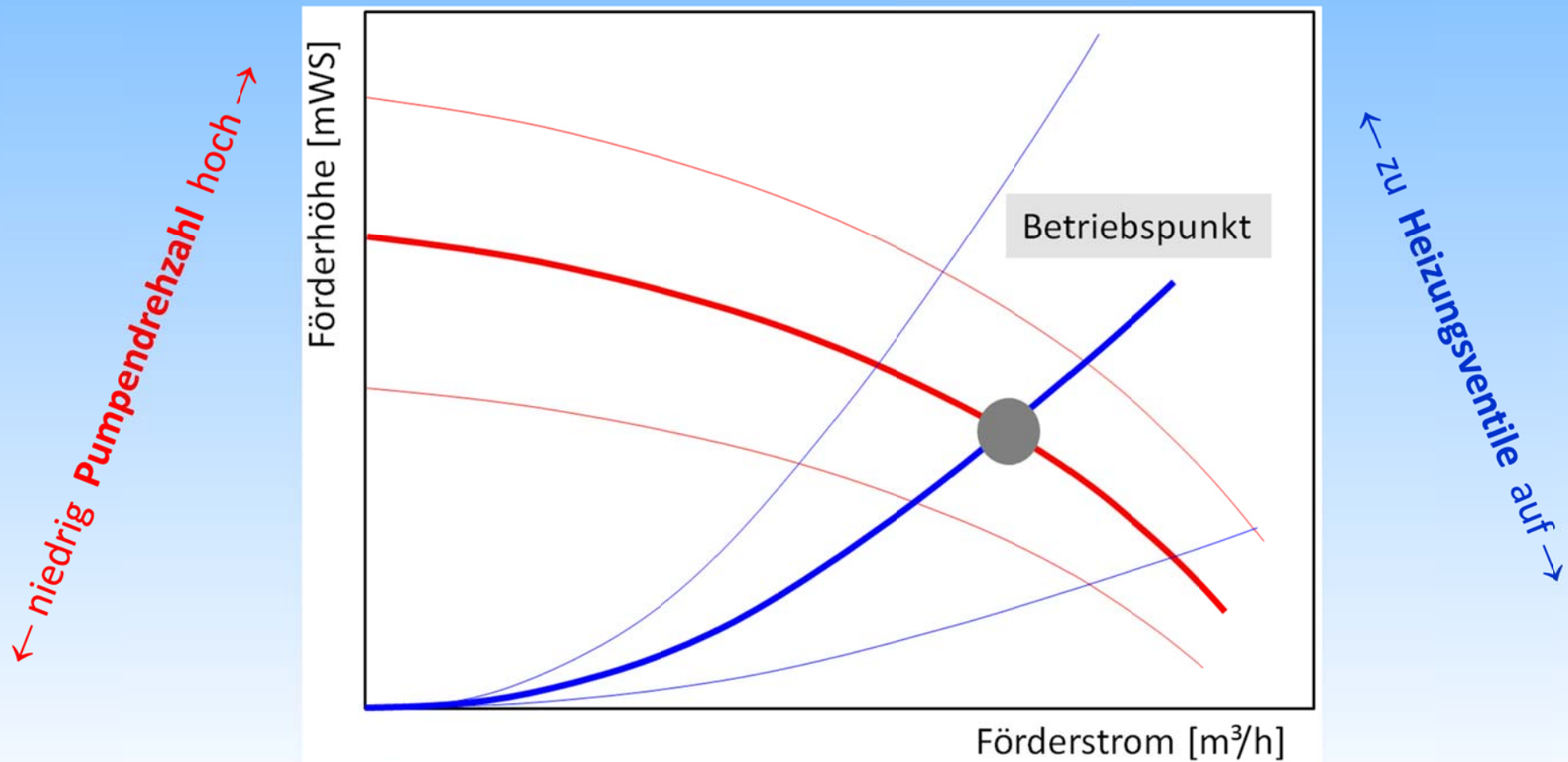
- Pumpenkennlinie



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

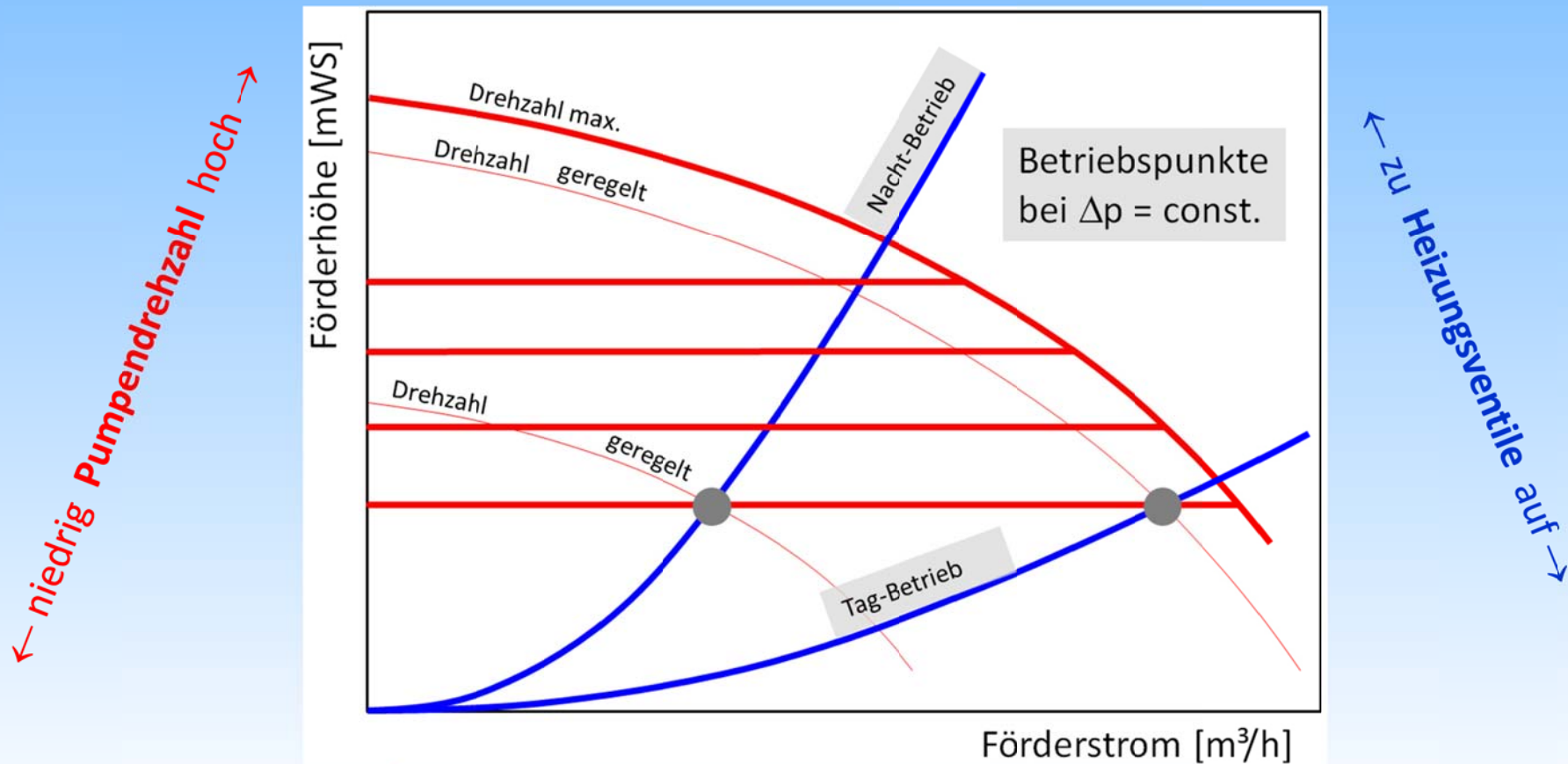
Betriebspunkt, ungeregelte Pumpe

- Der Betriebspunkt der Pumpe entsteht aus der Überlagerung der Kennlinien von Anlage und Pumpe.



Wie macht die Pumpe das? → Software

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



Heizungspumpen, geregelt

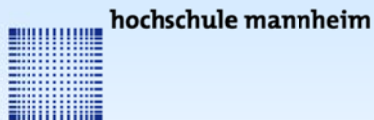
Häufige Fehler

- 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-Einstellung. Möglich sind z.B.:
 - Δp konstant
 - Δp proportional
 - temperaturgeführt
 - manuell

Heizungspumpen, geregelt

Häufige Fehler, Praxisbeispiel

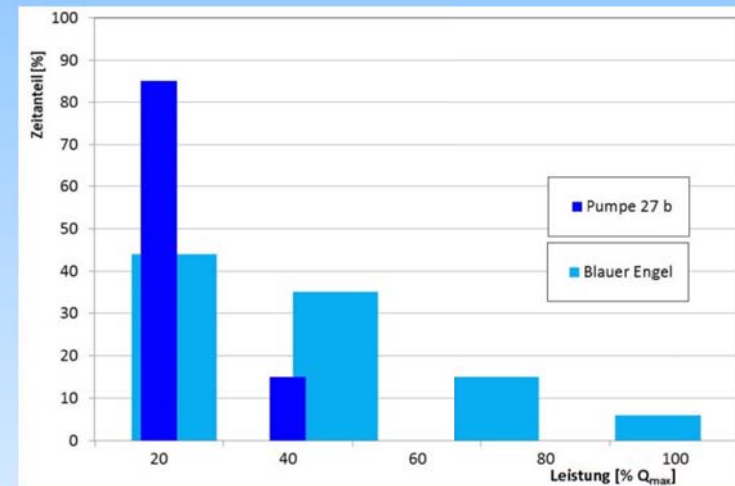
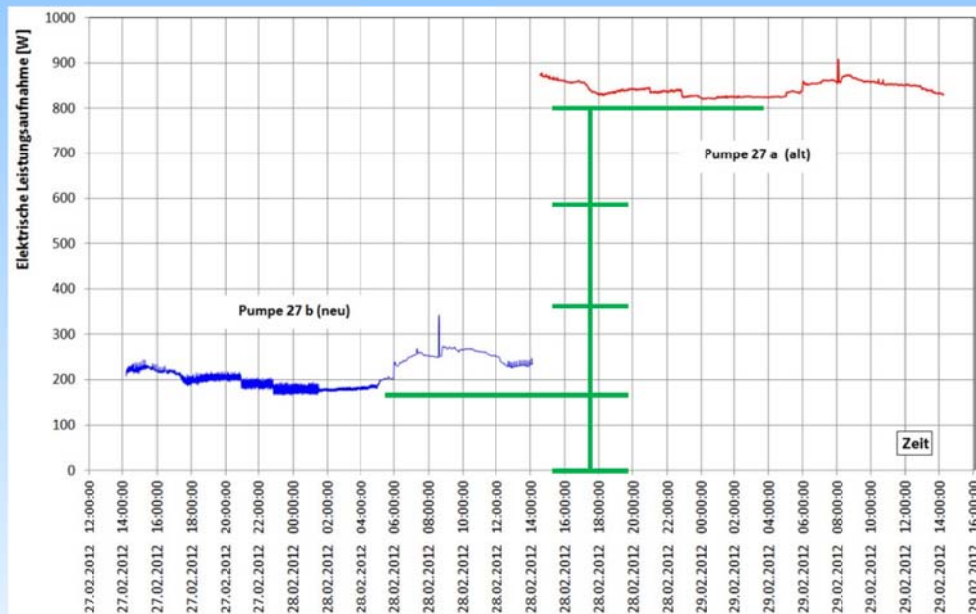
- Überdimensionierung
 - redundante Pumpen
 - gleiche Aufgabe
- links WILO Stratos 80
- Bj. Juni 2009
- rechts WILO P 80
- Bj. Jan. 1990



Heizungspumpen, geregelt

Häufige Fehler, Praxisbeispiel

- Energie-Effizienz-Unterschied ca. Faktor 3 - 4
- Überdimensionierung ca. Faktor 2,5



Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014



EKIBA-Workshop Kirchenheizung



21

Heizungssteuerung

- Ein Kirchensaal ist kein Einfamilienhaus!
- Grundfläche, Raumhöhe, Wandstärke, Isolation, ...
- Steuerung muss diesen Eigenschaften angepasst sein
- **Beispiel 1: Eine Nachtabsenkung ist sinnlos**
 - Einschalten der Kirchenheizung jeden Morgen um 05:30 Uhr??
 - Aufheizvorgang dauert 12 h
- **Beispiel 2: Orgelschutz**
 - Aufheizgeschwindigkeit begrenzen auf max. 1 °C/h
- **Beispiel 3: Manipulationssicherheit**
 - Quasi öffentliches Gebäude, Zugriff durch viele Personen möglich
 - Jeder stellt ein, was er will. In jedem Fall aber wärmer!!
- **Beispiel 4: Automatisierung**
 - Heizungsstart oft nachts
 - Programmiermöglichkeit für mehrere Wochen sinnvoll/notwendig



Heizungssteuerung

- Installation der Steuerung, Achtung:
- Lage des Fühlers für die Raumtemperatur
- Kombination von Steuerungen für mehrere Räume

- Situation in Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim:
- Zwei Steuerungen: Kirche + Konfirmandensaal
- Beide Steuerungen im Konfisaal montiert
- Kirche wird nie warm ...
- ???

Heizungssteuerung

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



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

Heizungssteuerung

- Ergebnis:



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

Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014



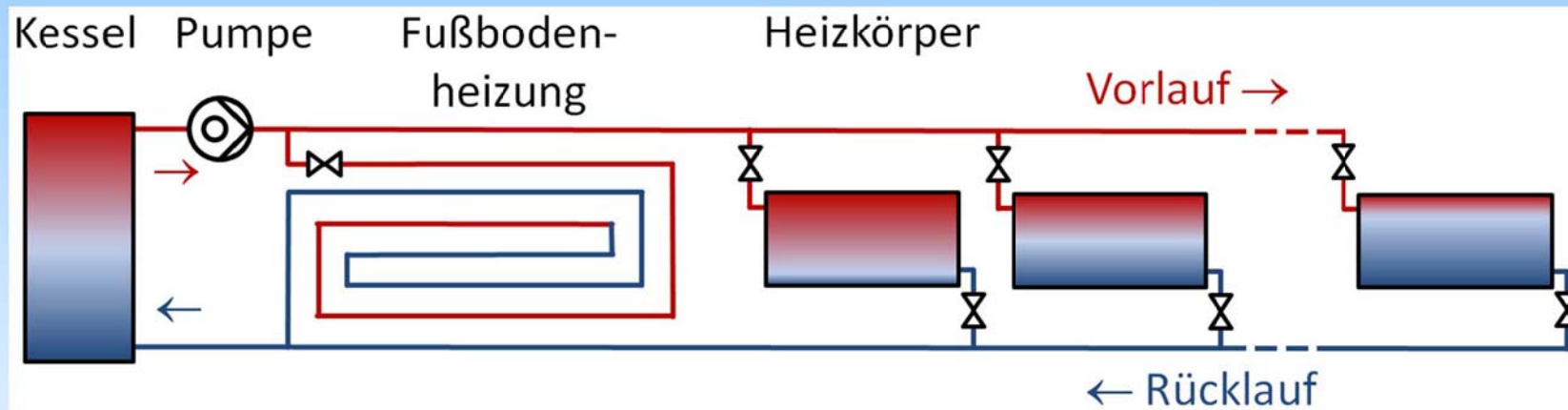
EKIBA-Workshop Kirchenheizung



26

Hydraulischer Abgleich

- Heizungsanlagen haben unterschiedlich lange Wege zu den Heizflächen.
- Heizflächen haben unterschiedliche hohe Strömungswiderstände.



Hydraulischer Abgleich

- Folge: Heizflächen mit einem hohen Gesamt-Strömungswiderstand werden schlecht durchströmt und bleiben kalt.
- „Abhilfe“: Oft (sehr oft!) werden einfach eine stärkere Pumpe eingebaut und die Vorlauftemperatur erhöht.

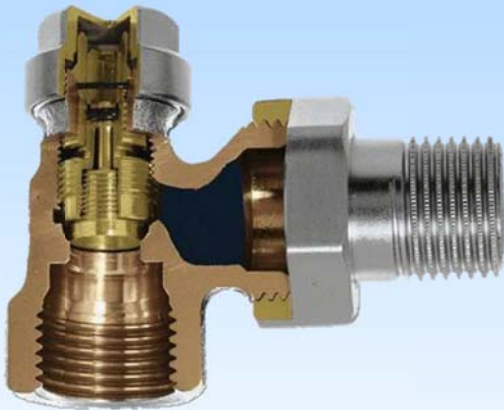
Es ist also absolut falsch, die Pumpe aufgrund sogenannter Angstzuschläge größer als erforderlich zu dimensionieren.

Quelle:: WIL0, Grundlagen der Pumpentechnik;
http://productfinder.wilo.com/repo/media/docs/00325313_0.pdf

- Folge für die Anwender:
 - höhere Anschaffungskosten
 - nicht optimaler Betriebspunkt, schlechter Wirkungsgrad
 - dauerhaft höhere Energiekosten
 - Strömungsgeräusche

Hydraulischer Abgleich

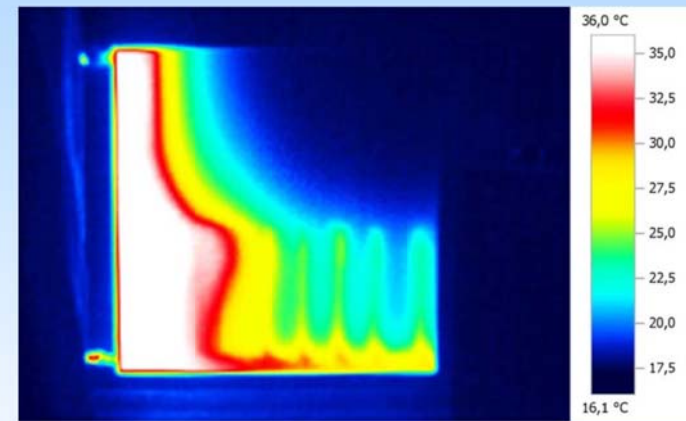
- Echte Abhilfe:
 - Individuelle Einstellung des Strömungswiderstandes für jede einzelne Heizfläche
 - Üblich sind Regulierventile an der Rücklaufverschraubung am Ausgang des Heizkörpers.
 - Diese Ventile fehlen meist bei alten Heizkörpern.
 - Alternative: Thermostatventile mit eingebautem Regulierventil



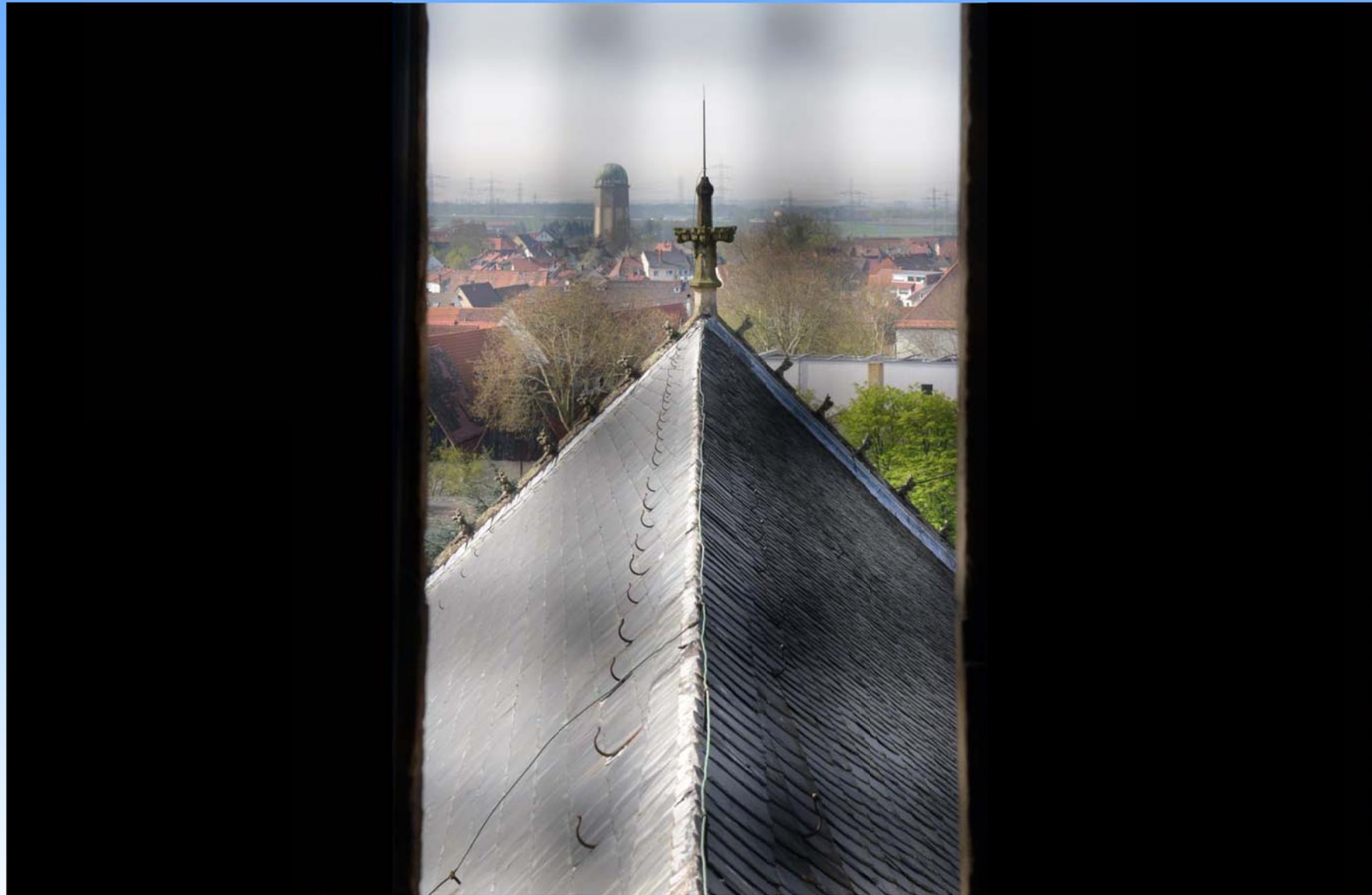
Quellen: www.haustechnik-binder.de (17.08.2014)
<http://www.baupraxis-blog.de/wp-content/uploads/2013/07/Thermostatventil-für-hydraulischen-Abgleich.jpg> (24.09.2014)

Hydraulischer Abgleich

- Notwendige Aktionen bei Neuauslegung der Heizungsanlage:
 - Wärmebedarfsermittlung für jeden einzelnen Raum
 - Auslegung aller Heizkörper mit Leistungs- und Ventildaten
 - Berechnen der Strömungswiderstände
 - Einstellung des Strömungswiderstandes für jede einzelne Heizfläche
- Im Altbau oft einfacher: Einstellung im Betrieb
 - Erfassung aller Heizkörpertemperaturen
 - Einstellung der Rücklaufverschraubungen nach Gefühl und Erfahrung
 - Mit etwas Geschick selbst durchführbar
 - Kontrolle der resultierenden Temperaturen durch Handauflegen, elegant mit Wärmebildkamera



Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014



EKIBA-Workshop Kirchenheizung



31

Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014

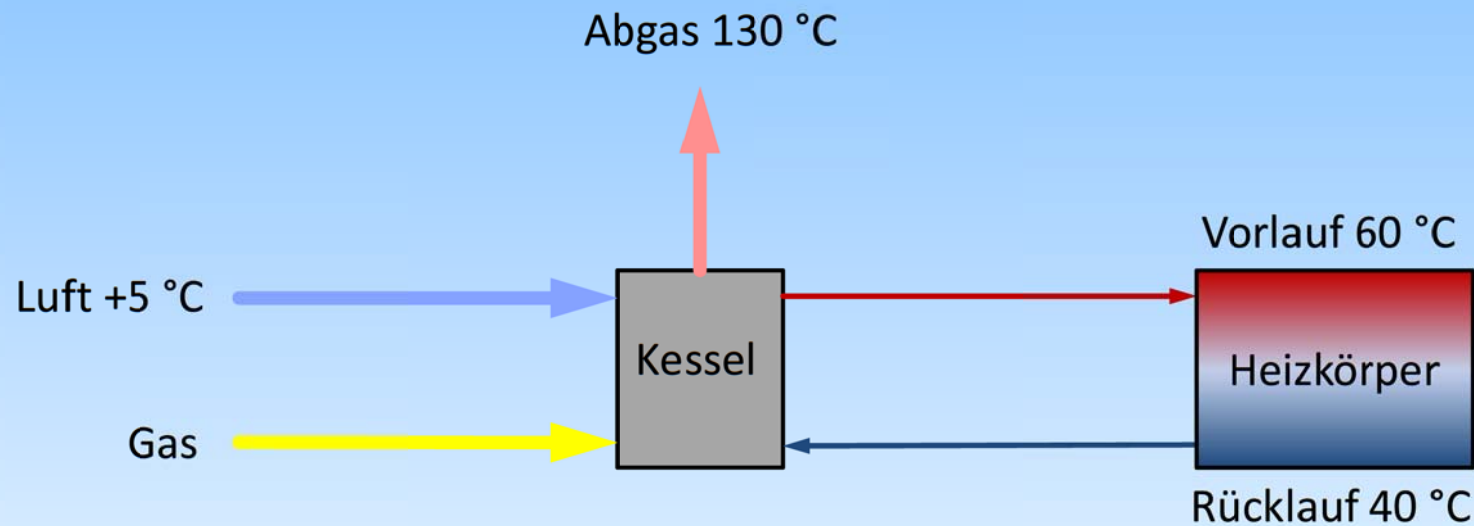
Brennwertnutzung

- Beim Verbrennen von Gas, Heizöl entsteht Wasser, z.B. bei Erdgas (Methan):
- $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ (1,6 kg Wasser pro m³ Erdgas E)
- Abgastemperatur 130 °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 57 °C bei Erdgas (47 °C Öl-EL) (Brennwertnutzung) spart 8 % bis 9 % Energie.



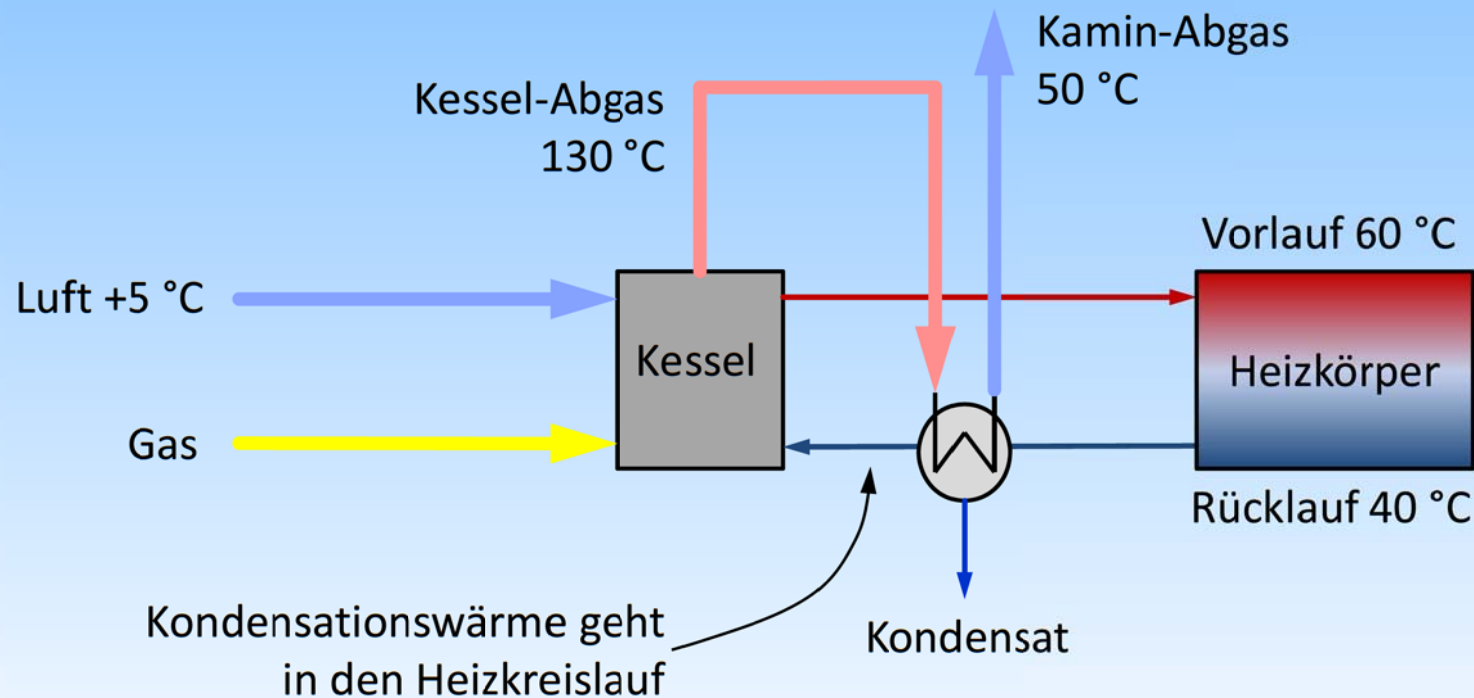
Brennwertnutzung

- Atmosphärischer Kessel, veraltete Technik
- moderate Außentemperatur, z.B. +5 °C
- Keine Kondensation von Wasserdampf im Abgas, **keine** Brennwertnutzung



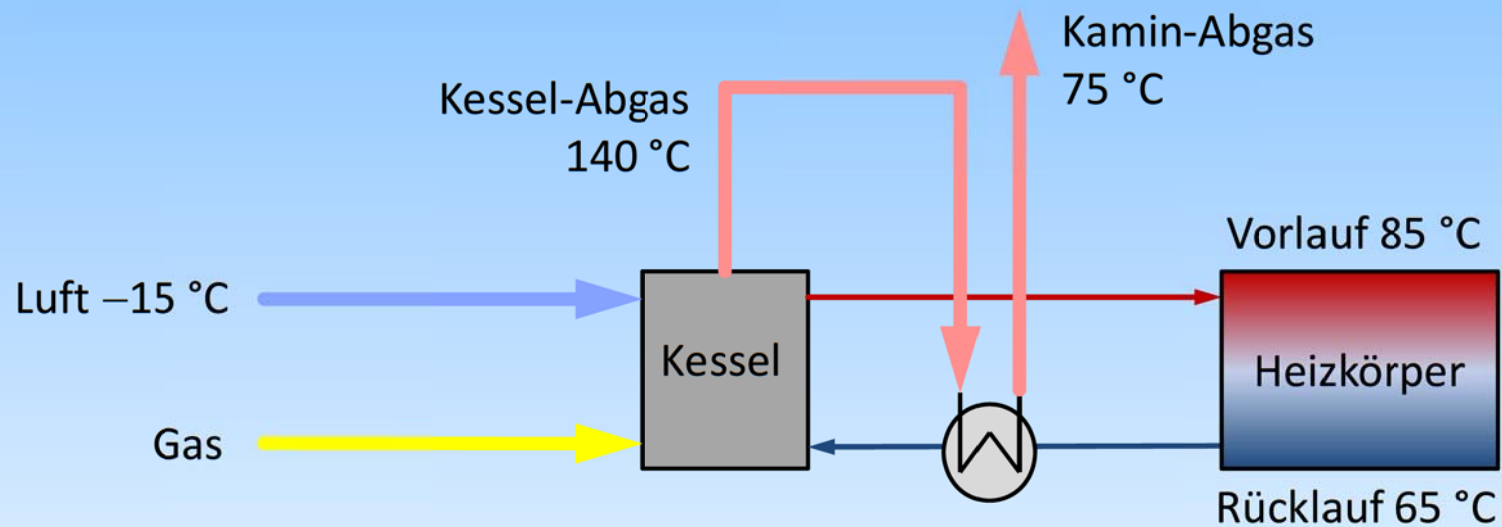
Brennwertnutzung

- Brennwertkessel, häufige Bauart. Notwendig: Große Heizflächen, niedrige RL-Temp.
- moderate Außentemperatur, z.B. +5 °C
- Kühlung der Abgase mit dem Heizungsrücklauf, Brennwertnutzung



Brennwertnutzung

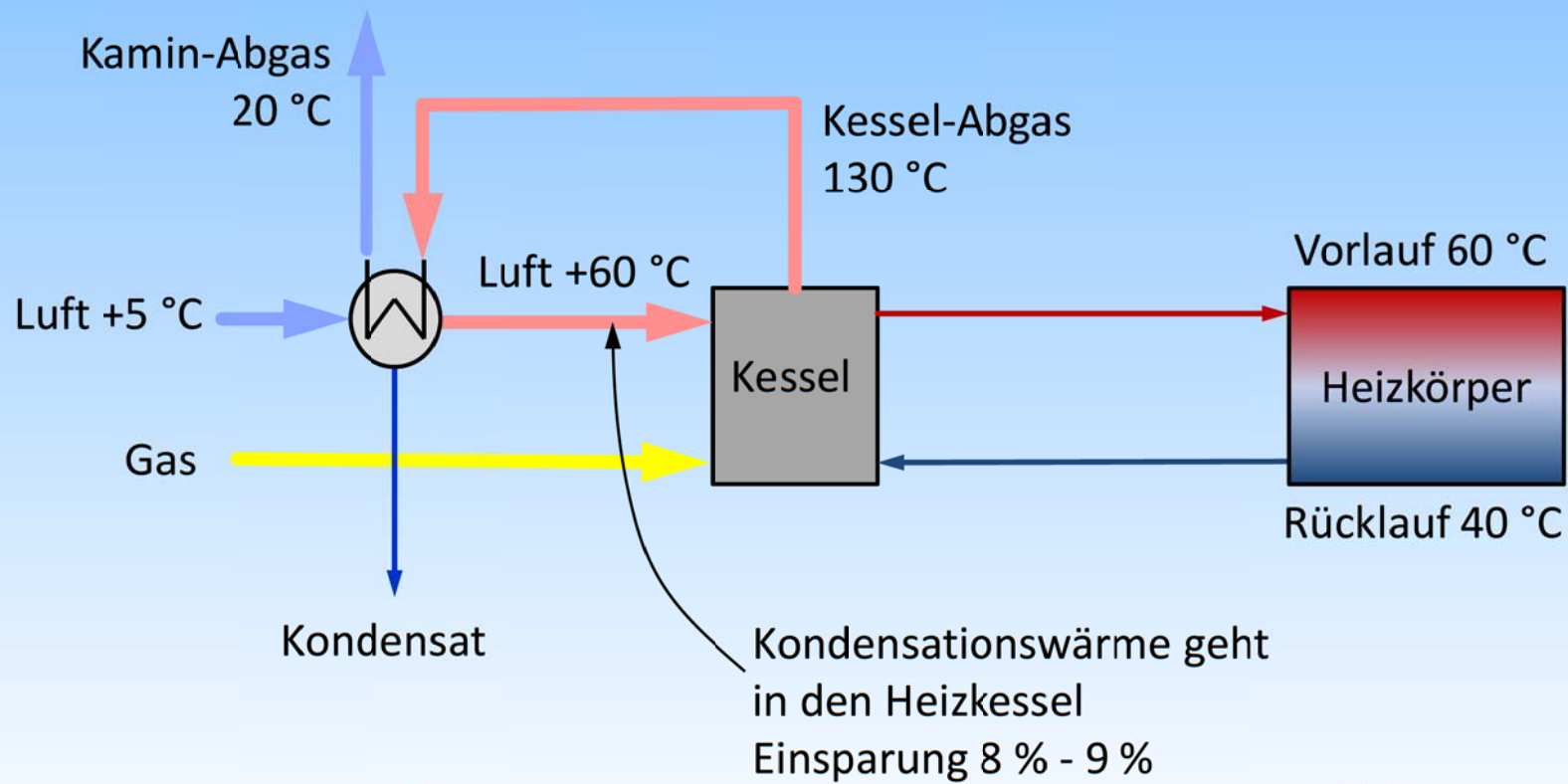
- Brennwertkessel, häufige Bauart
- tiefe Außentemperatur, z.B. -15 °C
- Kühlung der Abgase mit dem Heizungsrücklauf, **keine** Brennwertnutzung



keine Kondensation,
keine Brennwertnutzung !!

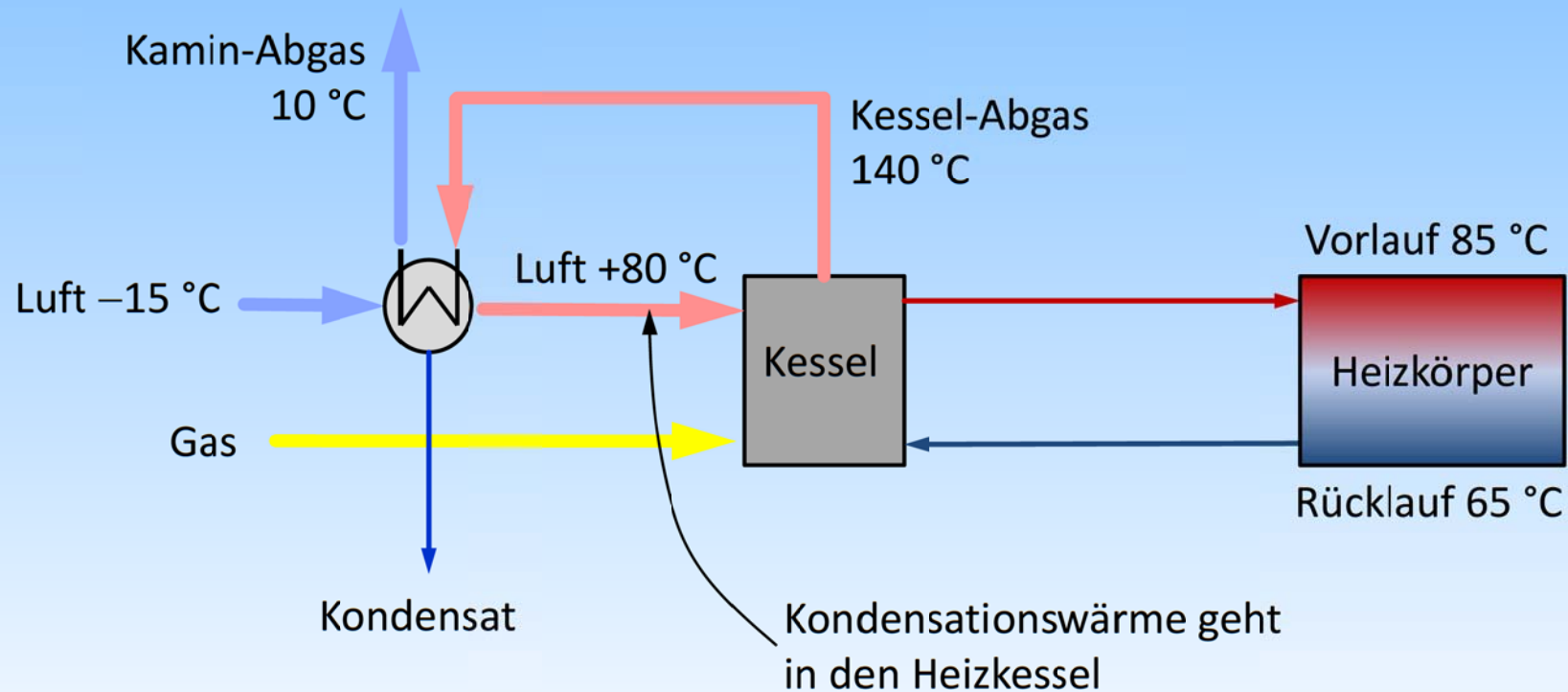
Brennwertnutzung

- Brennwertkessel, dauerhafte Brennwertnutzung
- Kühlung der Abgase mit der Zuluft
- moderate Außentemperatur, z.B. +5 °C



Brennwertnutzung

- Brennwertkessel, dauerhafte Brennwertnutzung
- Kühlung der Abgase mit der Zuluft
- tiefe Außentemperatur, z.B. -15 °C



Brennwertnutzung

- Überprüfen der Brennwertnutzung
- Messung der Abgastemperatur
- Messung der Vorlauf- und Rücklauf-Temperatur



Vorlauf-Temp.



Rücklauf-Temp.



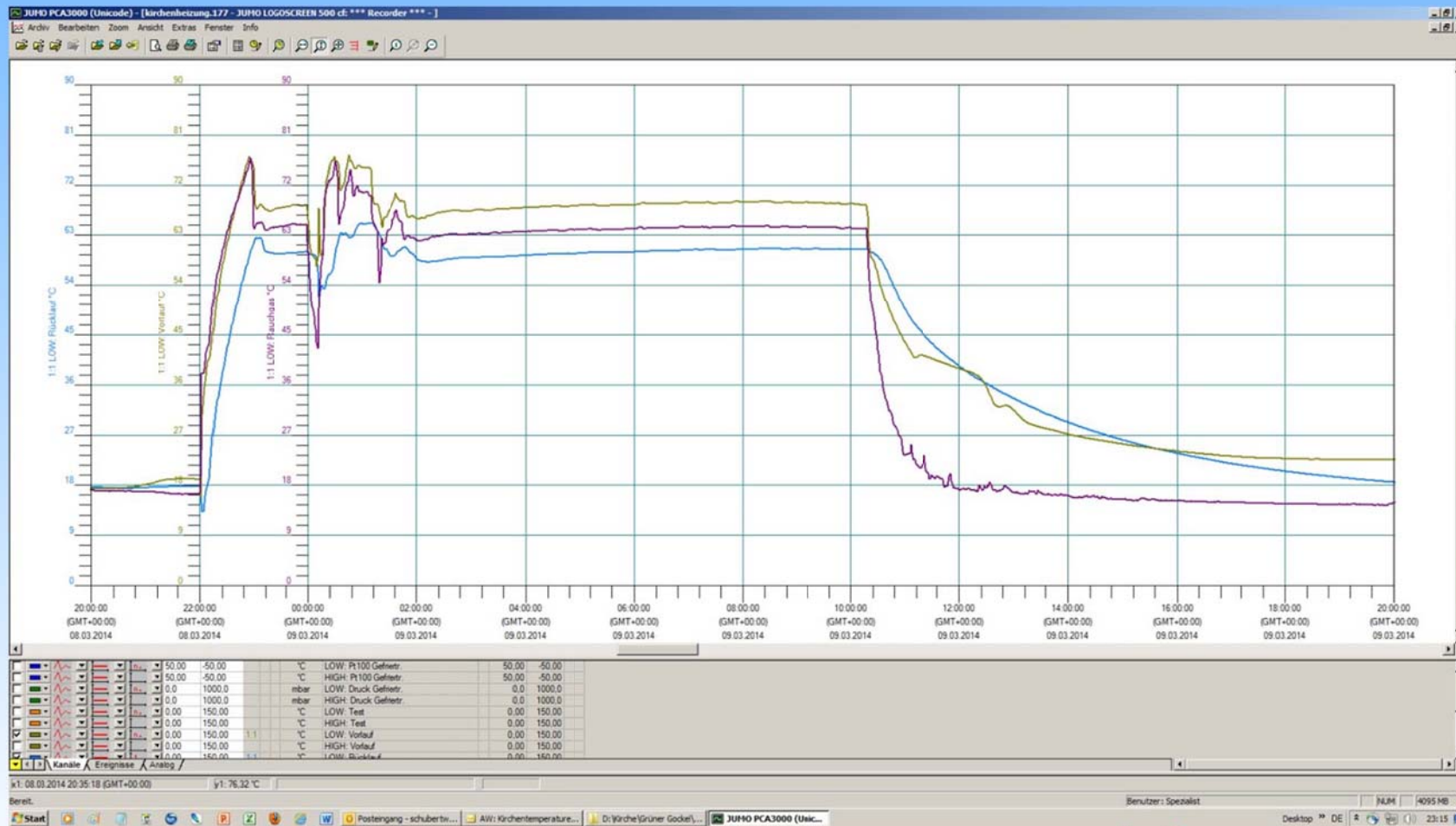
Rauchgas-Temp.



Digitaler Schreiber

Brennwertnutzung

- Sonntag nach Ostern 2014



Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim



27.09.2014



EKIBA-Workshop Kirchenheizung



42

Kessel, Leistung

- 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



Heiztechnik
anno 1869

Kessel, Leistungsmessung

- vor Kesseltausch tatsächliche Leistung ermitteln
 - Gaszählerstände und Heizzeit notieren (durch Digitalfoto)
 - besonders einfach bei Gaskesseln
 - bei Ölkesseln Zähler einbauen



19:03 Uhr



19:13 Uhr



23:18 Uhr



23:28 Uhr



03:41 Uhr



03:51 Uhr



07:30 Uhr



07:40 Uhr

Kessel, Leistungsmessung

- Leistungsberechnung mit Brennwertangabe aus Gas-Rechnung

Verbrauchsermittlung						
Zählernummer	Zeitzone	Abrechnungszeitraum	Zählerstand	Zustandszahl	Faktor/ Brennwert	Verbrauchsmenge
Zählpunkt / Code Netzbetreiber						
Erdgas						
10530016 ✓		01.01.2012	69.192 ✓			
		31.12.2012	82.325 (v)		10,80062	
DE7001766823900000000000000000000212791						
9870111300008						
		Verbrauch	13.133	0,95990	11,356	143.158 kWh
gesamter Erdgasverbrauch						143.158 kWh

Brennwert
in kWh/m³

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 $H_o = 10,8757 \text{ kWh/m}^3$

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

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

$$P = \frac{28\,972\,800 \text{ J}}{611 \text{ s}} = 47\,419 \text{ J/s} = 47,4 \text{ kW}$$

Gasvolumen	V	m ³
Zeit	t	s
Brennwert = Oberer Heizwert	H _o	kWh/m ³
Wärmemenge	W ₁	kWh
Wärmemenge	W ₂	J
Faktor kWh → J	3,6 · 10 ⁶	J/kWh
Wärmestrom	P	J/s = W

Kessel, Leistungsmessung

- Leistungsberechnung mit Brennwertangabe aus Rechnung des Versorgers
- Tabellenkalkulation, z.B. mit MS-Excel

7									
8		Zeit Zählerablesung	Volumen	Δ -Zeit	Δ -Zeit	Δ -Volumen	Energie- menge	(*) Energie- menge	Wärme- leistung
9		[Datum, Uhrzeit]	[m ³]	[hh:mm:ss]	[s]	[m ³]	[kWh]	[J]	[kW]
10									
11	Sa	01.03.2014 12:35:57	14.703,733						
12	Sa	01.03.2014 20:03:51	14.704,310	07:27:54	26.874	0,577	6,27526	22.590.935	0,8
13	So	02.03.2014 02:20:19	14.729,528	06:16:28	22.588	25,218	274,26257	987.345.253	43,7
14	So	02.03.2014 02:21:47	14.729,643	00:01:28	88	0,115	1,25070	4.502.526	51,2
15	So	02.03.2014 02:25:45	14.729,960	00:03:58	238	0,317	3,44759	12.411.311	52,1
16	So	02.03.2014 02:26:11	14.729,996	00:00:26	26	0,036	0,39152	1.409.486	54,2
17	So	02.03.2014 02:35:20	14.730,702	00:09:09	549	0,706	7,67822	27.641.595	50,3
18	So	02.03.2014 02:45:31	14.731,442	00:10:11	611	0,740	8,04799	28.972.777	47,4
19	So	02.03.2014 02:56:31	14.732,244	00:11:00	660	0,802	8,72228	31.400.226	47,6
20	So	02.03.2014 07:12:15	14.748,503	04:15:44	15.344	16,259	176,82747	636.578.891	41,5
21	So	02.03.2014 07:20:35	14.749,132	00:08:20	500	0,629	6,84079	24.626.860	49,3
22	So	02.03.2014 09:52:05	14.761,353	02:31:30	9.090	12,221	132,91153	478.481.495	52,6
23	So	02.03.2014 09:57:52	14.761,952	00:05:47	347	0,599	6,51452	23.452.288	67,6
24	So	02.03.2014 10:57:52	14.766,936	01:00:00	3.600	4,984	54,20432	195.135.568	54,2

Kessel, Leistungsmessung

- Erlöserkirche Mannheim-Seckenheim:
- Benötigte Leistung (größzügig): ca. 80 kW

Typ/Type		CT37
AT: OVGW-Reg.-Nr.		G2.089
Nenn-Wärmeleistung	P_n bei 80/60 °C	170 kW
Wärmeleistung	P bei 40/30 °C	187,5 kW
Nenn-Wärmebelastung	Q_n	177 kW
DE, AT, CH:	Cat. III Gas-Daten siehe Typenschild Gasbrenner	
BE; FR:	Cat. III Caractéristiques gaz, voir plaque signalétique brûleur gaz	
BE, NL:	Cat. III Gasgegevens, zie kenplaatje v/d gasbrander	
DK:	Kat. III Gasdata, se typeskilt på gasbrænderen	
ES:	Cat. III Tipo de gas, véase Placa de características quemador a gas	
GB:	Cat. III Gas data, see nameplate gas burner	
IT:	Cat. III Dati gas, vedi targhetta tecnica bruciatore a gas	
SE:	Kat. III Gasvärden, enligt typskylt för gasbrännare	
Kesselwasserinhalt		270 l

- Installierte Leistung: ca. 180 kW (!)



27.09.2014



EKIBA-Workshop Kirchenheizung



48