

Hydraulischer Abgleich und Pumpentausch in der Evangelischen Landeskirche 2013 bis 2019

Evaluation

1.) Austausch von Heizungspumpen

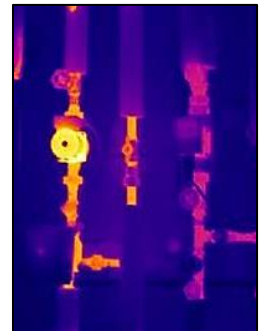
Die *Heizungspumpe* sorgt dafür, dass das durch die Heizung im Keller erwärmte Wasser durch die Heizkörper oder Heizflächen gepumpt wird. Solange die Heizung für Wärme im Haus sorgt, so lange wälzt die Heizungspumpe das Wasser im Rohrnetz um. Damit ist sie in vielen Haushalten der größte Stromverbraucher.

Dank verbesserter Technologie und Regelbarkeit verbrauchen moderne Hocheffizienz-Heizungspumpen nur noch einen Bruchteil der Energie; es handelt sich beim Austausch der Pumpen daher um eine sehr lohnende Energiesparmaßnahme.

Um Überdimensionierungen der Pumpen zu reduzieren, wurde die Auswahl der neuen Pumpe beim Projekt der Evangelischen Landeskirche in Baden nicht einfach dem Handwerksbetrieb überlassen, sondern von den Energieberatern vorgenommen. In Fällen größerer und offensichtlich überdimensionierter Pumpen wurden benötigte Förderhöhe und Volumenstrom auch detaillierter errechnet. Ausgetauscht wurden alle Pumpen, die nicht den Effizienzklassen A oder B entsprechen und nicht nur ein Kirchengebäude versorgen.

Die Energieeinsparung lässt sich relativ einfach berechnen. Während die bisher eingebauten Heizungspumpen konstant bei einer bestimmten Wattzahl liefen, kann bei den neuen Hocheffizienzpumpen die aufgenommene Leistung entsprechend dem Belastungsprofil „Blauer Engel“ angesetzt werden. Das entspricht einer Durchschnittsleistung der neuen Pumpe.

Entscheidend für den Umfang der Energieeinsparung ist neben der reduzierten Leistung in Watt die Zahl der Betriebsstunden. Nach Schätzungen von Christian Dahm (Energieagentur Nordrhein-Westfalen) laufen in etwa der Hälfte der Kirchengemeinden die Pumpen das ganze Jahr durch (8.760 Stunden), in den übrigen 50 % werden diese von Mai oder Juni bis September abgeschaltet (5.080 - 5.800 h). Somit ist in kirchlichen Liegenschaften mit einer höheren Laufzeit (etwa 6.920 h - 7.300 h) zu rechnen als zum Beispiel in Privathaushalten. Sicherheitshalber wurden zur Berechnung der Energieeinsparung dennoch nur 6.000 Betriebsstunden im Jahr angenommen.



Wärmebildvergleich einer
alten (links, 52°C) und neuen
(rechts, 22°C) Pumpe;
Quelle: GENO GmbH

Insgesamt wurden 945 Heizungspumpen getauscht. Dabei sank die Leistungsaufnahme der getauschten Pumpen von 98.447 W auf 20.787 W. Dies entspricht einer Einsparung von durchschnittlich 79 % bzw. 82 W oder 624 kWh je Pumpe. Es handelte sich also im Schnitt um größere Pumpen als in Privathaushalten.

Insgesamt ergeben sich folgende Einsparungen:

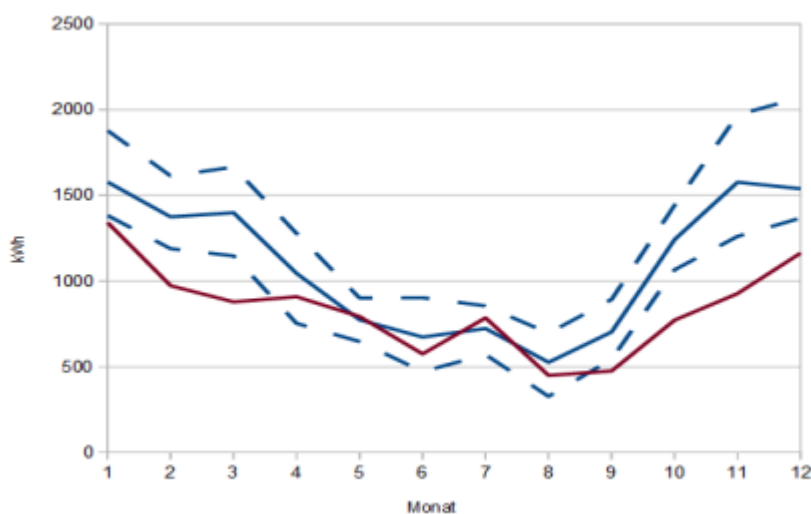
- Energie: 465.239 kWh pro Jahr
- Geld: 116.310 € pro Jahr bei einem Strompreis von 0,25 €
- CO₂: 262,9 t CO₂ pro Jahr bei einem CO₂-Äquivalent von 565 g / kWh

Die Investitionskosten inklusive der Pumpenauslegung in einigen Fällen durch den Energieberater betragen 542.836 €, also im Schnitt 574 € pro Pumpe.

Die statische Amortisationszeit (ohne Zinsen) für den Pumpentausch beträgt damit 4,7 Jahre.

Zusätzlich zur Reduzierung des Strombedarfs wird davon ausgegangen, dass durch neue Pumpen etwa 2 % an Heizenergie eingespart wird, da deutlich weniger Heizungswasser unnötig permanent mit den entsprechenden Abstrahlungsverlusten durch die Heizkörper gepumpt wird.

Beispielhaft kann man anhand des Pumpentausches in der Stephanusgemeinde Neckargemünd sehen, dass die Strom-Einsparungen nicht nur theoretisch errechnet werden können, sondern sich auch vor Ort nachweisen lassen. So schreibt die Gemeinde in ihrem Umweltbericht, dass „durch den Austausch der Pumpen für die drei Heizkreisläufe [...] der Stromverbrauch signifikant gesenkt werden [konnte]“¹. Dass der gesunkene Stromverbrauch auf die drei getauschten Pumpen zurückgeht, deren Leistung von je 320 W auf je 107 W gesenkt werden konnte, kann man an den Monatswerten sehr gut ablesen.

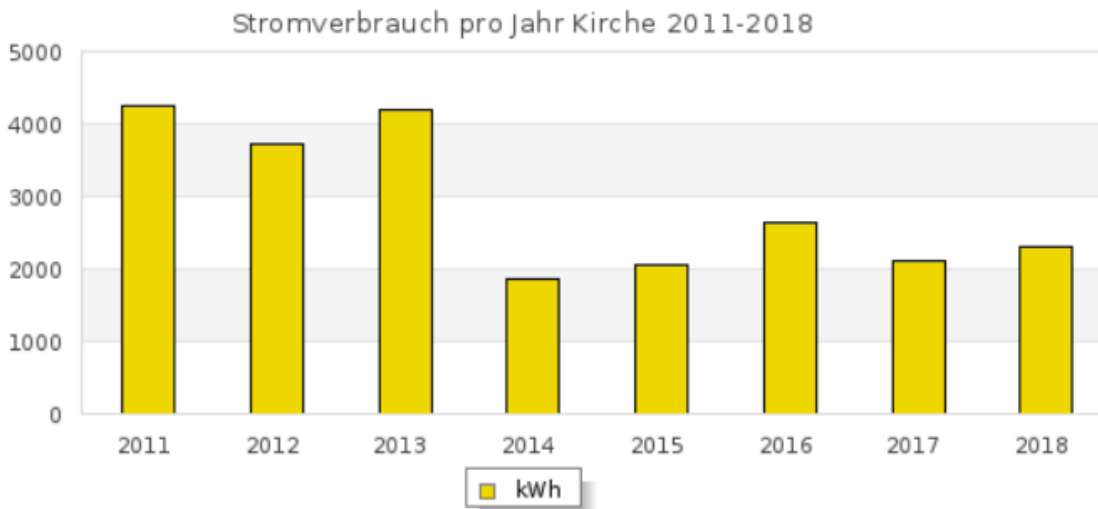


Veränderung des Stromverbrauchs nach dem Pumpentausch in Neckargemünd

¹ Umwelterklärung 2014 der Stephanusgemeinde Neckargemünd
http://arche-neckargemuend.de/gruppen/ArcheGockel/UE_Arche_final_mit_unterschrift.pdf

Während der Verbrauch nach dem Tausch (rote Kurve) im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt (durchgezogene blaue Kurve) in den Sommermonaten relativ unverändert geblieben ist, ist er während der Heizperiode deutlich zurückgegangen.

Auch in der Kirchengemeinde Gemmingen zeigen die monatlich erhobenen Verbrauchsdaten den Effekt des Pumpenaustauschs.



Veränderung des Stromverbrauchs nach dem Pumpentausch in Gemmingen

Nach dem Austausch der Pumpe im Herbst 2013 sieht man ab diesem Zeitpunkt in den Folgemonaten und den Folgejahren einen starken Rückgang im Energieverbrauch. Die berechnete Einsparung entspricht etwa 70% der im Diagramm abgebildeten Energieeinsparung.

Dass die realen Einsparungen durch den Pumpentausch sogar noch eher höher sind als dargestellt, sieht man durch die Auslesung einer Grundfos-Magna-Pumpe im Gemeindezentrum Lauda. Auch nach über 100 Stunden Laufzeit war die Pumpe bisher noch nie im Bereich über 100 Watt gelaufen und verbraucht daher deutlich weniger als es laut dem Belastungsprofil „Blauer Engel“ angenommen würde.

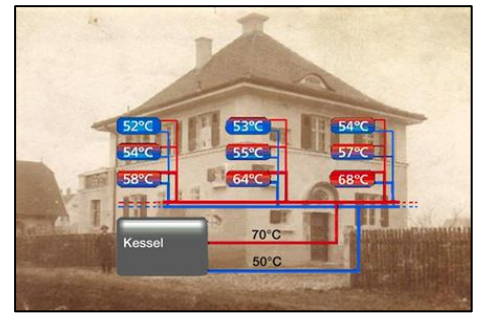
	T (°C)					
	10	30	50	70	90	110
P / T	10	30	50	70	90	110
100	0	24	461	559	29	0
200	0	0	0	0	0	0
290	0	0	0	0	0	0
390	0	0	0	0	0	0

Anzahl der Stunden, in der die Pumpe in Lauda mit einer bestimmten Leistung P (in Zeilen) und Vorlauftemperatur T (in Spalten) gelaufen ist.

2.) Hydraulischer Abgleich

Der Hydraulische Abgleich stellt sicher, dass jeder Heizkörper mit der erforderlichen Heizwassermenge durchströmt wird.

Als Folge sinkt der Gesamt- Energieverbrauch, da die Wärme gleichmäßig und in ausreichender Form im Gebäude verteilt wird. Ohne Hydraulischen Abgleich werden Räume, die nahe an der Heizungsanlage liegen (z.B. Erdgeschoss) mit zu viel, und Räume, die weiter von der Heizungsanlage entfernt liegen (z.B. Dachgeschoss) mit zu wenig Wärme versorgt. Nach dem Hydraulischen Abgleich können die Temperaturen im Heizungssystem reduziert werden, wodurch die Brennwertnutzung ermöglicht oder verbessert wird.



**Wärmeverteilung ohne
Hydraulischen Abgleich; Quellen: IWO, BdE**

Im Falle des Hydraulischen Abgleichs ist eine Kalkulation der erzielten Energie-Einsparungen deutlich schwieriger, weil sich neben der Maßnahme „Hydraulischer Abgleich“ noch eine Vielzahl anderer Faktoren auf den Heizwärmebedarf auswirkt, insbesondere die Nutzungsintensität und das Nutzerverhalten, und man nicht wie an der Heizungspumpe den aktuellen Verbrauch direkt ablesen kann. Den Einfluss von warmen und kalten Wintern kann man mit Hilfe der Witterungsbereinigung hingegen sehr gut herausrechnen.

Zu Schwierigkeiten führt weiter, dass bei Ölheizungen in der Regel kein Zähler vorhanden oder keine rückschauende Verbrauchsentwicklung möglich ist, aber auch bei etlichen anderen Gebäuden keine historischen Verbrauchswerte bekannt waren. Schließlich erschweren in etlichen Fällen Nutzungsänderungen (z.B. Mieterwechsel im Pfarrhaus, Leerstand im Gemeindehaus) einen Vorher-Nachher-Vergleich. Gebäude mit unplausiblen Verbrauchsverläufen, bei denen eine Nutzungsänderung bekannt war, wurden daher aus der Untersuchung herausgenommen.

Dennoch konnten immerhin 197 Gebäude in die Evaluation des Hydraulischen Abgleichs einbezogen werden. Dies entspricht einer größeren Stichprobe als sie die bislang weltweit wichtigsten Studien zum Hydraulischen Abgleich von FH Braunschweig / Wolfenbüttel (31 Gebäude)² und CO2 Online (20 Gebäude)³ aufweisen.

Datenquellen für die Evaluation waren Rechnungsdaten sowie Zählerstände, die von den Energieberatern bei den Vor-Ort-Terminen aufgenommen wurden sowie Zählerstände, die am Ende der Heizperiode nach dem Abgleich bei den Gemeinden erfragt wurden.

Die durchschnittliche Energie-Einsparung bei den evaluierten Gebäuden liegt bei **6,6 %**. Unter diesen Gebäuden sind sowohl Gebäude, deren Energieverbrauch zurückging als auch solche deren Energieverbrauch (warum auch immer)

² Dr. Kati Jagnow, Prof. Dr. Dieter Wolff, Abschlussbericht der Optimus-Studie, 2005 (<http://www.optimus-online.de>)

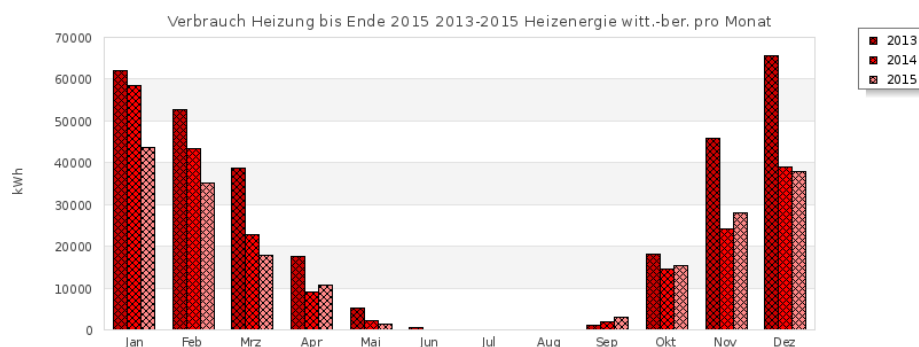
³ Dr. Johannes Hengstenberg (2016): Wirkung der wärmetechnischen Modernisierung von Wohngebäuden auf Heizenergieverbrauch und -kosten

angestiegen ist. Da allerdings auch bei den Gebäuden mit Einsparungen positive Effekte enthalten sein können, die nicht auf den Hydraulischen Abgleich zurückgehen, wurden auch die Gebäude mit angestiegenen Verbräuchen (die natürlich auch nicht durch den Abgleich bedingt sein können) für die Berechnung der durchschnittlichen Einsparung berücksichtigt. Um keine Verzerrungen durch zu starke Ausreißer zuzulassen, wurden dabei Gebäude ausgeschlossen, die eine Einsparung oder einen Mehrverbrauch von 30 % hatten und bei denen diese erhebliche Abweichung nicht plausibel war.

Bei etlichen Gebäuden, die aufgrund gestiegener Verbrauchswerte nochmals begangen wurden, wurden technische Mängel, Eingriffe in die eingestellten Parameter oder Änderungen im Nutzerverhalten festgestellt, die zum Mehrverbrauch geführt haben.

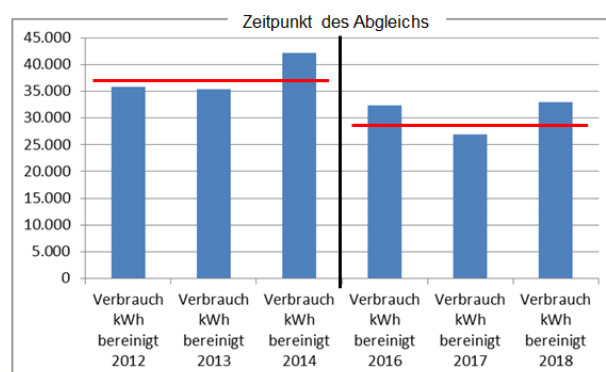
Insgesamt ist festzustellen, dass Einsparungen durch den Hydraulischen Abgleich neben anderem Nutzungsverhalten gedämpft werden durch (1) steigenden Komfort (nach der Maßnahme werden mehr Räume ausreichend warm als bislang bzw. die Räume werden insgesamt gleichmäßiger, aber auch stärker beheizt), (2) noch weiterhin vorhandene hydraulische Probleme (insbesondere Hydraulische Weichen), welche die Brennwertnutzung nach wie vor verhindern, (3) defekte Regelungen, wegen denen keine Neueinstellung der Heizkurve möglich ist, (4) aus Hygienegründen erhöhte Heißwassertemperaturen.

Ganz deutlich sieht man den Effekt der Maßnahme im Lutherhaus in Schwetzingen. Nach der Abnahme des Hydraulischen Abgleichs Anfang 2014 gingen die Verbrauchswerte deutlich zurück.



Energieverbrauchsentwicklung im Lutherhaus Schwetzingen

Im Kindergarten Walldürn wurden zusätzlich zum Hydraulischen Abgleich zwei externe Pumpen entfernt, zwei Heizkreise zusammengefasst und vor allem die Hydraulische Weiche entfernt. Es ergibt sich dadurch eine Einsparung von über 20%.



Energieverbrauchsentwicklung im Kindergarten Walldürn

Rechnet man die durchschnittlichen Einsparungen auf alle abgeglichenen Gebäude hoch, ergeben sich folgende Einsparungen:

- Abgegliche Gebäude: 555
- Energie: 2.754.465 kWh pro Jahr
- Geld: 220.357 € pro Jahr bei einem Energiepreis von 0,08 €
- CO₂: 675 t CO₂ bei einem gewichteten durchschnittlichen CO₂-Äquivalent von 245 g / kWh

Die statische Amortisationszeit (ohne Zinsen) für den Hydraulischen Abgleich (3.500€ pro Gebäude) beträgt damit 9 Jahre.

Nicht berücksichtigt bei diesen Einsparungen ist die Einsparung an Strom, die dadurch möglich wird, dass die Pumpen deutlich weniger Wasser durchs Rohrnetz pumpen müssen. Angesichts der Tatsache, dass nun überall Hocheffizienzpumpen eingebaut sind, liegt dieser Wert allerdings vermutlich auch nur bei einigen tausend kWh Strom pro Jahr.

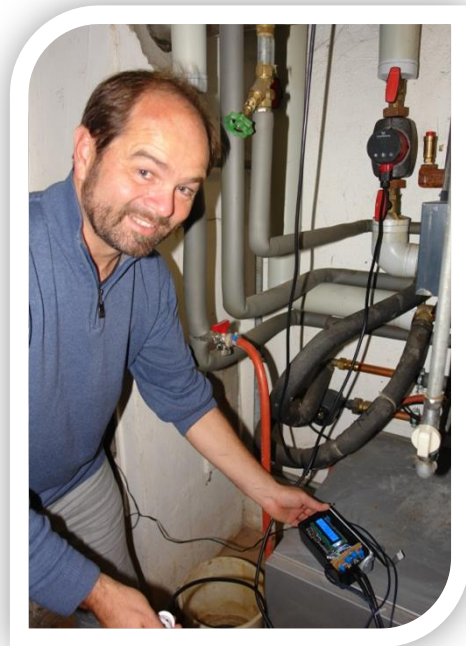
Um jenseits der oben vorgestellten Ergebnisse - die natürlich stark vom Nutzerverhalten abhängig sind - noch genauer zu untersuchen, ob und wie der Hydraulische Abgleich wirkt, wurden verschiedene Messungen am Heizungssystem durchgeführt.

Das **Gemeindezentrum der Paulusgemeinde Ettlingen** wurde als Beispiel für ein älteres, energetisch nicht saniertes Gebäudenäher untersucht. Dadurch sollte überprüft werden, ob sich die Aussagen der bereits mehrfach zitierten Optimus-Studie auch hier bestätigen lassen; sich der Hydraulische Abgleich in diesem Gebäude also nicht rechnet.

Dazu wurde eine so genannte EnergyCam installiert, um den Gasverbrauch alle fünf Minuten zu messen; jeweils eine Woche vor und eine Woche nach dem Abgleich.

Ergebnis ist eine witterungsbereinigte Einsparung von mehr als 15 % des Gasverbrauchs, obwohl das Gebäude in der zweiten Messperiode mehr genutzt wurde als vor dem Abgleich.

Durch die Messung von verschiedensten Parametern mit einem auch im Rahmen des Projekts vom Energieberater Horst Billes mit Ralf Altherr entwickelten Wärme-Smart-Meters (Prototyp) konnten zudem die folgenden Daten erhoben werden.



**Horst Billes mit seinem
Wärme-Smart-Meter**

	Vor dem Abgleich	Nach dem Abgleich
Durchschnittlicher Volumenstrom (l/h)	776	829
Durchschnittliche Heizleistung (W)	11.199	8.430
Durchschnittliche Pumpenleistung (W)	10,9	11,8
Durchschnittliche Vorlauftemperatur (°C)	57,1 °C	43,9 °C
Durchschnittliche Rücklauftemperatur (°C)	43,5 °C	33,4 °C

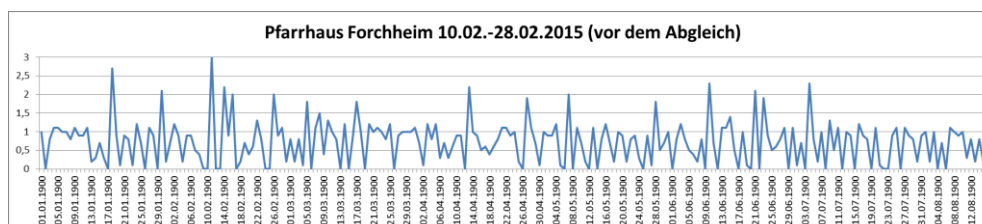
Veränderungen durch den Hydraulischen Abgleich

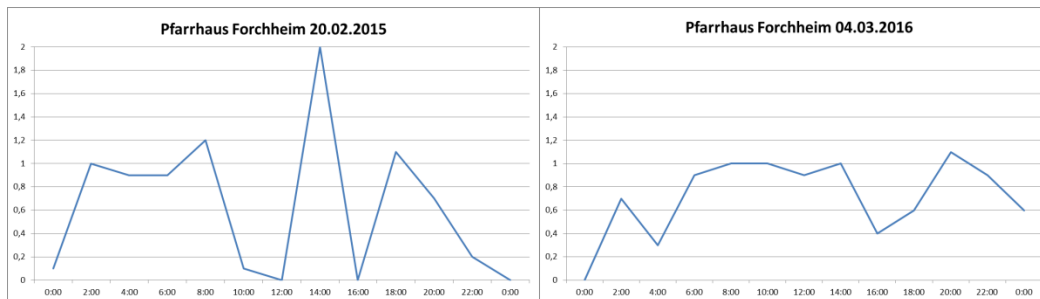
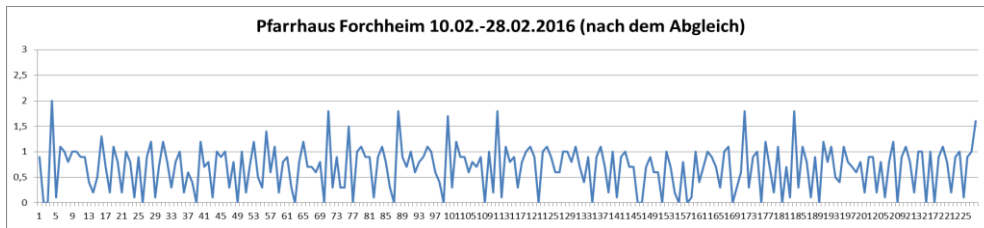
Ganz klar sieht man hier den „Fingerabdruck“ des Hydraulischen Abgleichs. Durch die viel niedrigeren Vorlauftemperaturen steigt der Volumenstrom an, um die gleiche Wärmeabgabe wie zuvor sicherzustellen, was mit einer geringfügig höheren Pumpenleistung einhergeht. Jedoch ist die ins System fließende Heizleistung nach dem Abgleich dennoch deutlich geringer. Hier liegt dann auch der Grund für die Energieeinsparungen.

Die Witterungsverhältnisse waren in den beiden Messperioden übrigens fast identisch.

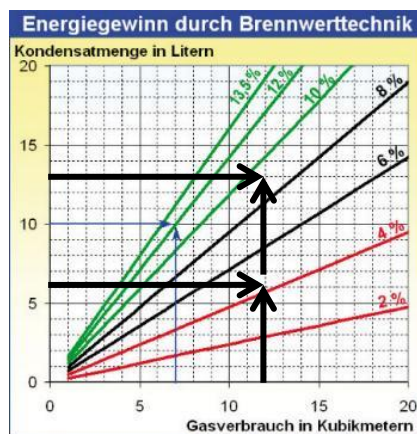
Es zeigt sich also, dass sich durchaus auch in einem nicht sanierten Gebäude offensichtlich größere Einsparungen durch einen Abgleich realisieren lassen.

Im **Pfarrhaus Forchheim** wurden mit der EnergyCam von Energieberater Frank Ost am Gaszähler alle zwei Stunden Messwerte aufgezeichnet. Während in diesem Fall keine Einsparung durch den Abgleich sichtbar ist, vermutlich weil die Heizkurve schon zuvor im Rahmen des ersten Vor-Ort-Termins stark reduziert worden ist, kann man deutlich erkennen, dass die Maximum-Werte der Zwei-Stunden-Gas-Verbräuche deutlich von bis zu 3 m³ in zwei Stunden auf unter 2 m³ in zwei Stunden zurückgegangen sind. Dies sieht man in den Diagrammen von jeweils 18 Tagen im Februar genauso wie in den Schaubildern vom 20.02.2015 bzw. 04.03.2016, an denen es exakt gleich warm war, der Verlauf des Gasverbrauchs aber deutlich unterschiedlich war.

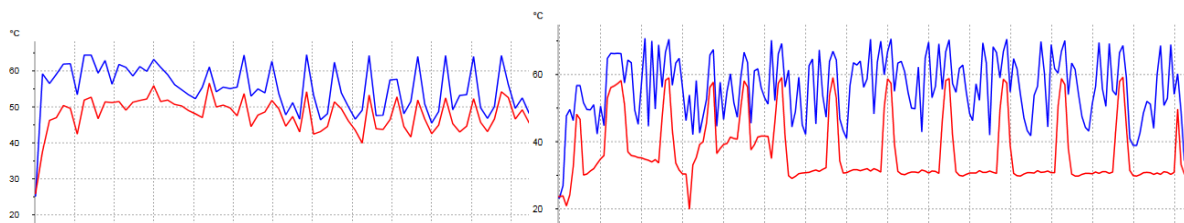




Im **Pfarrhaus Büchig** wurde hingegen für die Auswertung der Weg beschritten den Brennwertnutzen vor und nach dem Abgleich zu ermitteln. Die Messung der ausgetretenen Kondensatmenge ergab, dass der Brennwertnutzen von 4 % auf 9 % angestiegen ist.



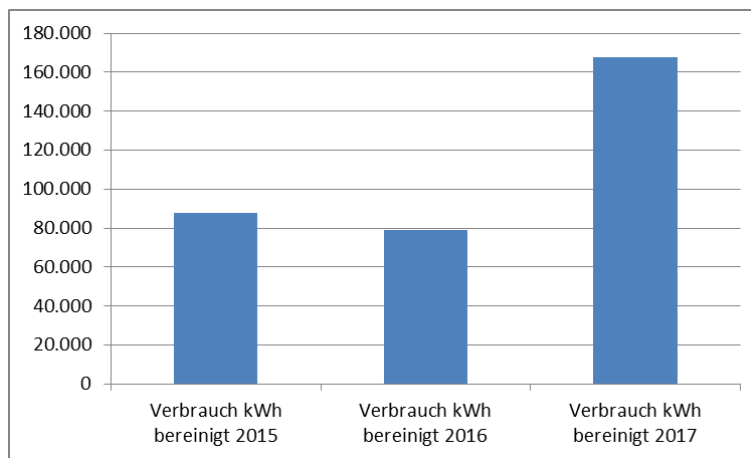
Ebenso stieg im **Gemeindehaus Hochstetten** der Brennwerteffekt durch den Hydraulischen Abgleich von 1 auf 6 %. An den mitgeloggten Vor- und Rücklauftemperaturen sieht man, dass die Rücklauftemperatur (rot) vor dem Abgleich (links) deutlich höher war als nach (rechts) dem Abgleich.



Dennoch zeigt die parallele Messung und Speicherung der Raumtemperaturen im Gebäude, dass es beispielsweise im Großen Saal dennoch problemlos möglich ist 22°C Raumtemperatur zu erreichen, wenn gewünscht.

An mehreren Beispielen sieht man, wie wichtig ein kontinuierliches Energiemanagementsystem sowie die Einweisung von Wartungsfirma und Nutzern ist, damit Fehleinstellungen vermieden oder korrigiert und Einstellungen im Zuge des Hydraulischen Abgleichs nicht leichtfertig zurückgenommen werden. Insgesamt besteht die Herausforderung darin eine möglichst optimale Einstellung zu finden, die für den Nutzer gerade noch akzeptabel ist. Diese Annäherung erfordert auf jeden Fall mehrere Termine vor Ort oder einen Energiebeauftragten, der diese Optimierung eigenständig in die Hand nimmt.

Im Stephanus-Haus Mannheim ist beispielsweise der Energieverbrauch nach einem Rückgang in Folge des Abgleichs im Folgejahr extrem angestiegen, da die Regelung ausgefallen ist und die Heizung seitdem durchläuft. An diesem Verbrauch kann man auch ablesen, wie wichtig eine funktionierende Regelung ist.



Energieverbrauchsentwicklung im Stephanus-Haus Mannheim

Zum Schluss sollen nun noch die wesentliche Ergebnisse der Optimus-Studie mit den Ergebnissen des HAPT-Projekts verglichen werden. Zentrales Ergebnis jener Studie, an dem sich dieses Projekt auch maßgeblich orientiert hat, war, dass sich der Hydraulische Abgleich nur in neueren oder sanierten Gebäuden lohnt, in Gebäuden mit Kessel deutlich mehr als in Gebäuden mit Fernwärme und in Gebäuden mit geringerem Energieverbrauch mehr als in Gebäuden mit höherem Energieverbrauch.

	Optimus-Studie	HAPT-Projekt
Abgegliche Gebäude	31	555
Evaluierte Gebäude	30	197
Energie-Einsparung Wärme gesamt	90.000 kWh	2.754.465 kWh
CO₂-Einsparung Wärme gesamt	28,3 t	675 t
Prozentuale Einsparung	- 5 %	- 6,6 %

Wie die untenstehende Tabelle zeigt, können diese Zusammenhänge durch dieses Projekt nicht bestätigt werden. Hinsichtlich des Gebäudealters ist zu beachten, dass beim Vergleich der Einsparungen in der Optimus-Studie bei dieser Kategorisierung eine nachträgliche energetische Sanierung der Gebäude

unberücksichtigt blieb. Dementsprechend finden sich bei den Gebäuden bis 1977 beim Vergleich der Studien eine unterschiedliche Zahl an sanierten Gebäuden. Um sich trotzdem der Frage zu nähern, ob sich der Abgleich in energetisch besseren Gebäuden mehr lohnt, wurden daher auch die Einsparungen in Gebäuden verschiedener Heizlasten pro Fläche verglichen.

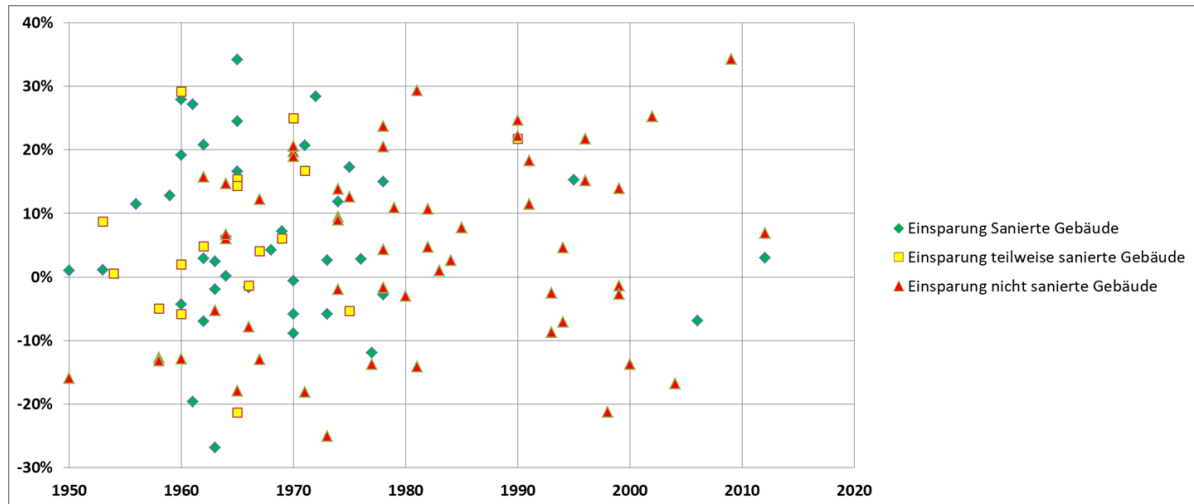
Vergleich der Einsparungen in verschiedenen Gebäude-Klassen

	Optimus-Studie	HAPT-Projekt
Gebäude bis 1977	- 4 % (N=18)	- 7 % (N=132)
Gebäude 1978 - 1994	- 6 % (N=9)	- 6 % (N=31)
Gebäude ab 1995	- 11 % (N=3)	- 8 % (N=22)
Gebäude mit theoretischer Heizlast > 84 W/m²	- 4 % (N=18)	- 5 % (N=20)
Gebäude mit theoretischer Heizlast 62 bis 84 W/m²	- 6 % (N=9)	- 7 % (N=78)
Gebäude mit theoretischer Heizlast < 62 W/m²	- 11 % (N=3)	- 7 % (N=73)
Gebäude mit Kessel	- 7 % (N=22)	- 6 % (N=165)
Gebäude mit Fernwärme	- 4 % (N=8)	- 20 % (N=3)
Gebäude mit Energieverbrauch < 130 kWh / m²	- 7 % (N=16)	- 6 % (N=101)
Gebäude mit Energieverbrauch > 130 kWh / m²	- 6 % (N=14)	- 7 % (N=85)
Einfamilienhäuser / Pfarrhäuser	- 2,5 % (N=20)	- 3 % (N=69)
Gemeindehäuser	-	- 8 % (N=57)
Kindergärten	-	- 8 % (N=54)
Gebäude mit Fußboden- / Wandheizung		- 8 % (N=6)
Gebäude mit Heizkörpern		- 7 % (N=156)
Gebäude mit Erdgas		- 6 % (N=141)
Gebäude mit Pellets		- 10 % (N=6)
Gebäude mit Heizöl		- 11 % (N=15)
Gebäude mit Brennwertkessel		- 6 % (N=101)
Gebäude mit Niedertemperaturkessel		- 9 % (N=61)
Gebäude mit Konstanttemperaturkessel		-11 % (N=5)

Das HAPT-Projekt kann den Zusammenhang zwischen Baujahr und Einsparung aus der Optimus-Studie nicht bestätigen. Entsprechend des HAPT-Projekts lohnt sich der Hydraulische Abgleich in Gebäuden aller Baujahre. Auch bezüglich der Heizlast, der Größe von Gebäuden und dem Energieverbrauch ergibt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Ein erheblicher Unterschied besteht jedoch in der Einsparung von Pfarrhäusern im Vergleich zu Nichtwohngebäuden. Dieser Zusammenhang ist mindestens bei einem Konfidenzniveau von 90% signifikant.

Besonders erstaunlich ist auch, dass Gebäude mit Brennwertkesseln deutlich schlechtere Einsparungen zeigen als Gebäude mit älteren Kesseln.



Zusammenhang zwischen Einsparung (y-Achse) und Baujahr (x-Achse)

3.) Gesamtergebnis

In allen Projektbereichen konnten zufriedenstellende Einsparungen erzielt werden. Auch die hier nicht ausführlicher dargestellten Projektelemente Gebäudebegehung, Messung von Vor- und Rücklauftemperaturen / Erstellung von Anlagenschemas und Installation von Einzelraumregelungen haben sich gelohnt.

Es zeichnet sich ab, dass durch den in der letzten Projektphase gewählten umfassenderen Ansatz mit vor- und nachlaufenden Messungen durch den Energieberater deutlich höhere Einsparungen erzielt werden konnten.

Einsparung Energie pro Jahr: 3,8 Mio. kWh

Einsparung Geld pro Jahr: 408.000 €

Einsparung CO2 pro Jahr: 1.100 t

Wir danken allen Projektbeteiligten für die hervorragende Zusammenarbeit, Christoph Thomsen, Hans-Friedrich Roth und dem VSA Rhein-Neckar für die Unterstützung in der Vorbereitung des Projekts, unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Anita Quicker, Selina Große, Jonas Luther, Rebekka Mandler, Julia Solar und Ulrich Klein, unserer Landessynode und der Evangelischen Stiftung Pflege Schönau für die Ermöglichung des Vorhabens und allen umweltengagierten Haupt- und Ehrenamtlichen in den Kirchengemeinden vor Ort bei der Mitwirkung der Umsetzung.

Kontakt für Rückfragen und Beratung für eigene Projektvorhaben:
Felix Schweikhardt, Felix.Schweikhardt@ekiba.de, 0721/9175-826