

9. Anhang

9.1. ERGÄNZUNGEN ZU SYNTHESE OBJEKT 1

9.1.1 Energiekosten

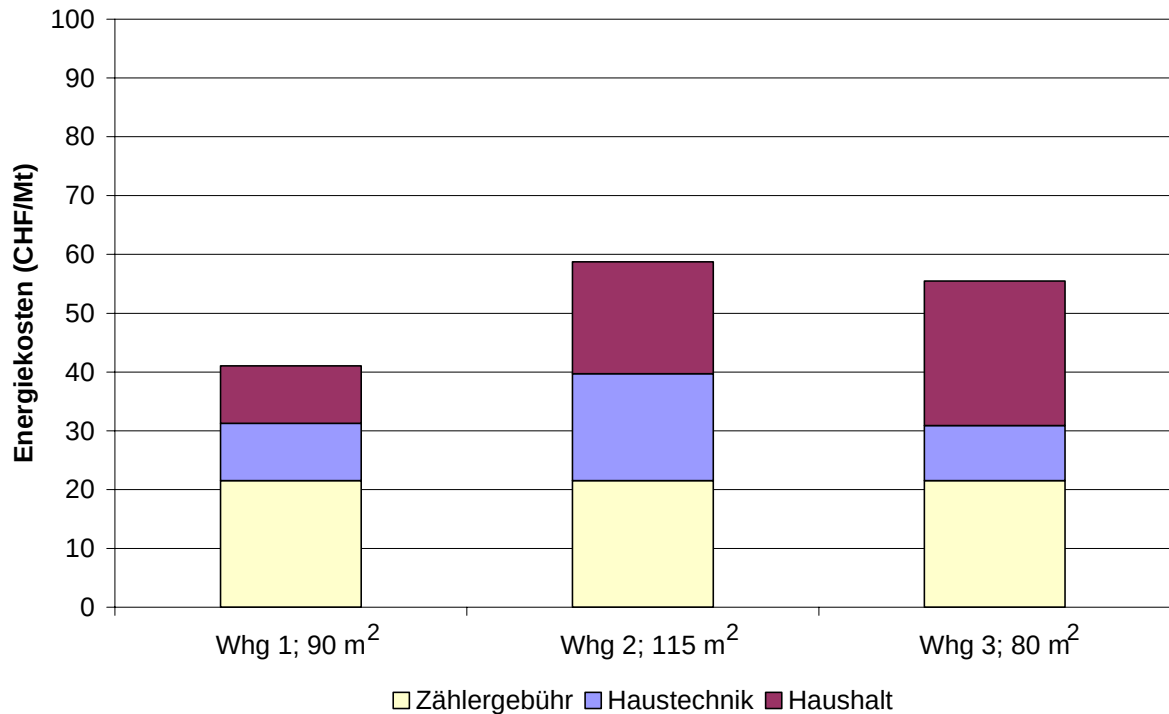


Abbildung 9.1 durchschnittliche monatliche Energiekosten während den 6 Monaten des Winterhalbjahres (1. Oktober bis 31. März) in den verschiedenen Wohnungen von Objekt 1

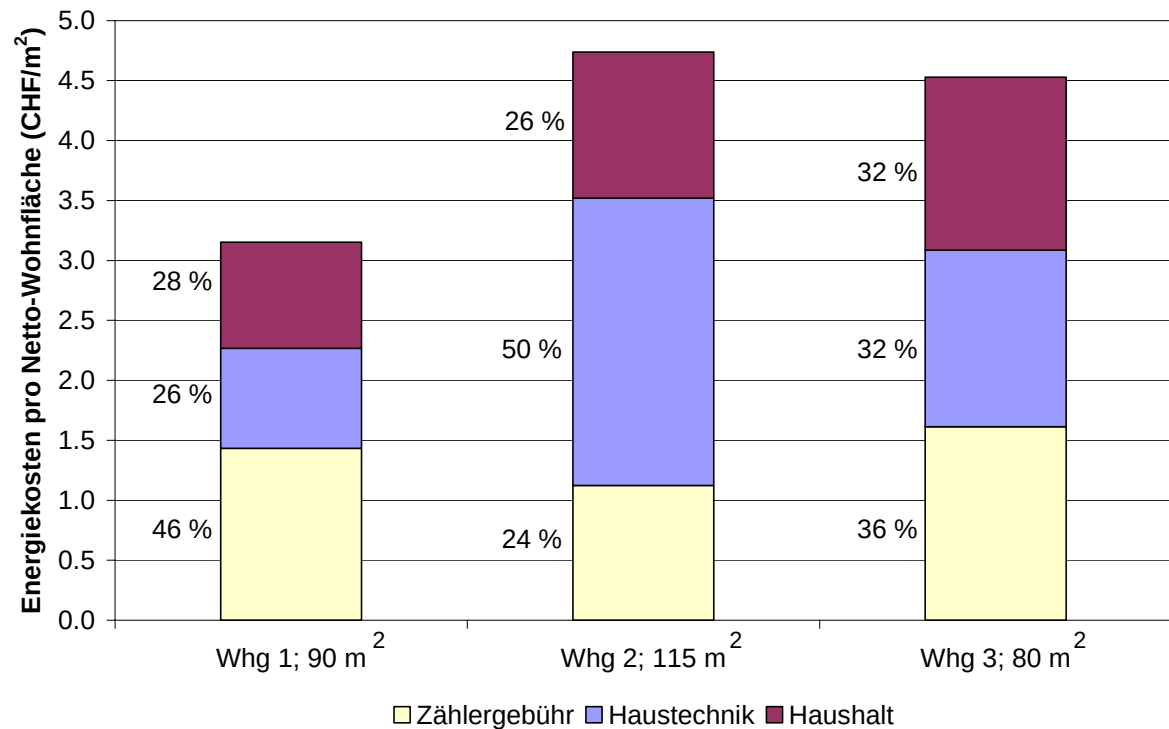


Abbildung 9.2 totale Energiekosten pro Netto-Wohnfläche für das gesamte Winterhalbjahr (1. Oktober 2007 bis 31. März 2008) in den drei Wohnungen von Objekt 1

9.2. OBJEKT 1, WOHNUNG 1

9.2.1 Komfort und Behaglichkeit (1/1)

Um einen Gesamtüberblick zu bekommen sind zunächst die Raumluf-, die Abluft- und die Aussenlufttemperaturen über das gesamte Winterhalbjahr dargestellt.

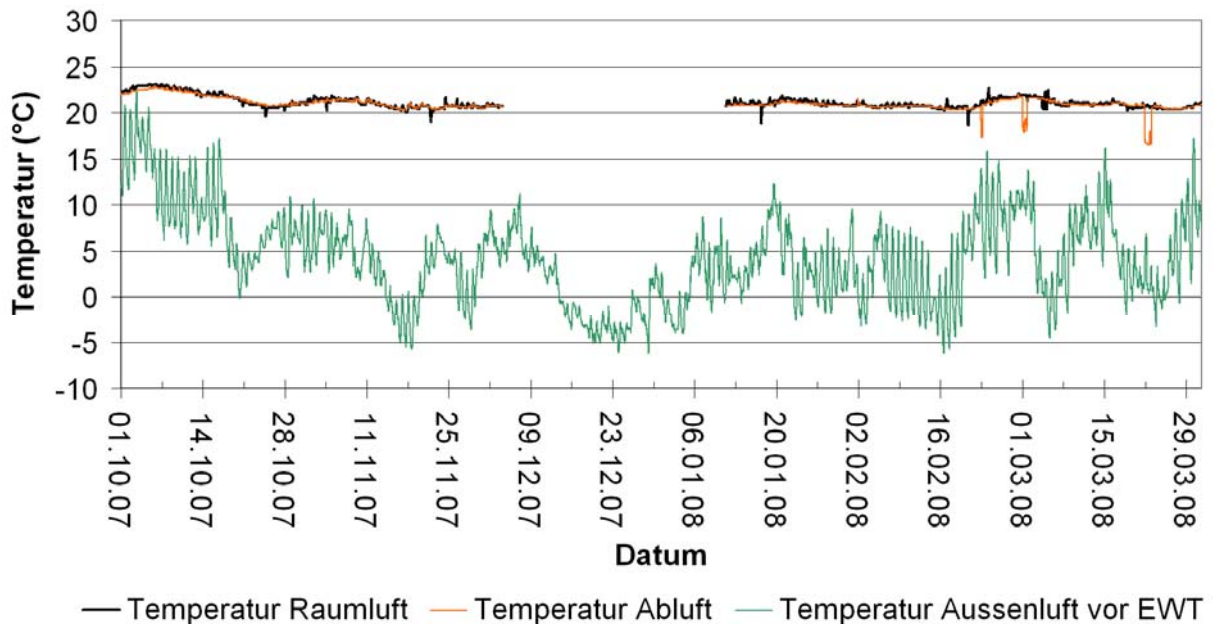


Abbildung 9.3 Temperaturverläufe über das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 1/Wohnung 1

Es fällt auf, dass während des gesamten Winterhalbjahres, selbst bei Aussenlufttemperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt, die Raumlufttemperatur nur vereinzelt unter 20 °C gesunken ist. Die wenigen Raumlufttemperatureinbrüche sind auf Fensteröffnungen zurückzuführen. Zwischen dem 4. Dezember und dem 11. Januar fehlen die Messdaten aufgrund eines Computerproblems.

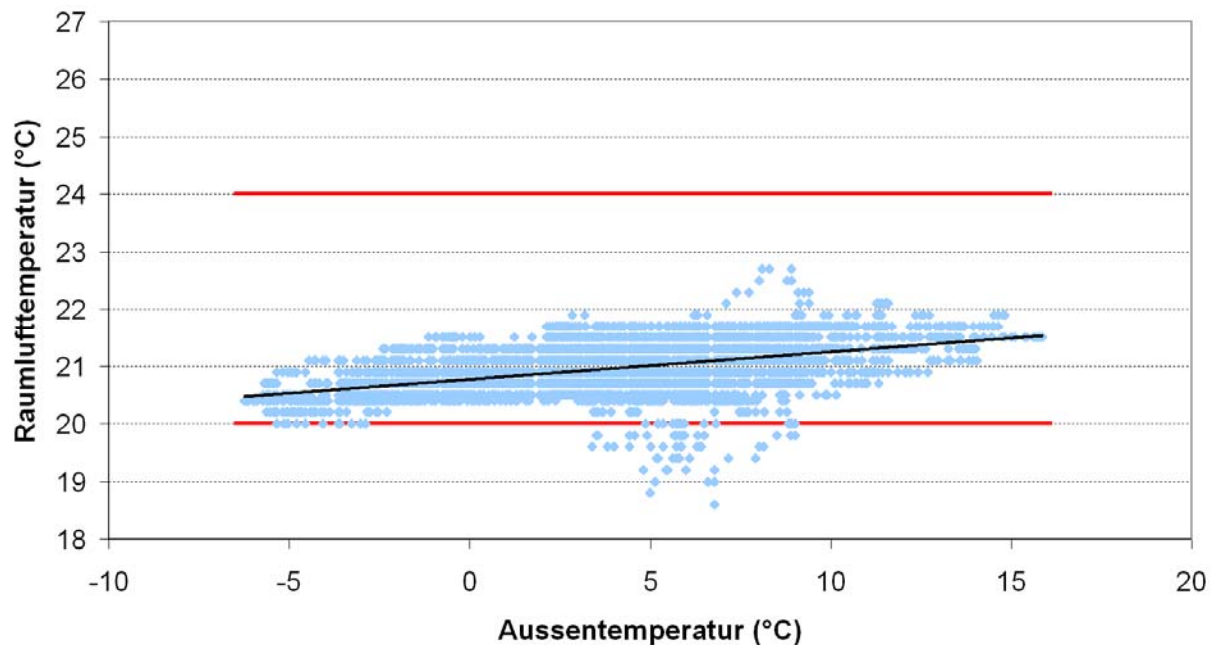


Abbildung 9.4 Raumlufttemperatur in Objekt 1/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Abbildung 9.4 verdeutlicht, dass die Raumlufttemperatur während des gesamten Winterhalbjahres in einem optimalen Bereich liegt. Die einzelnen Messwerte, die unterhalb 20 °C liegen könnten auf ein offenes Fenster zurückzuführen sein und sind daher von geringer Bedeutung.

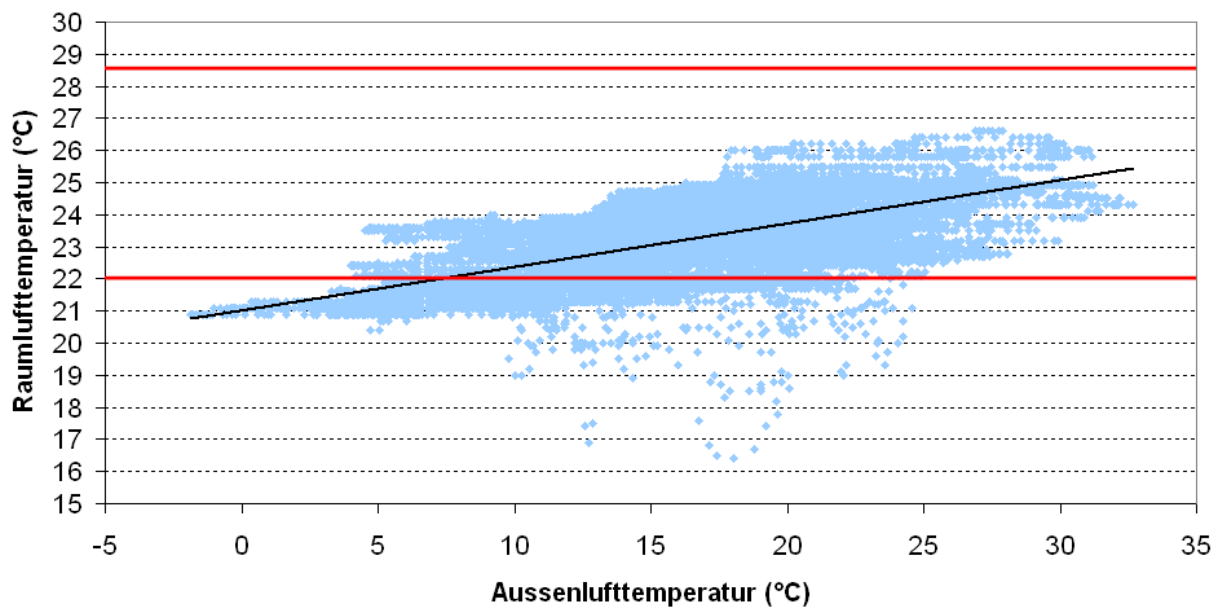


Abbildung 9.5 Raumlufttemperatur in Objekt 1/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während dem Sommerhalbjahr (1. April - 30. September 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Überhitzungssituationen sind keine Aufgetreten. Die zum Teil tiefen Temperaturen sind auf offene Fenster zurückzuführen.

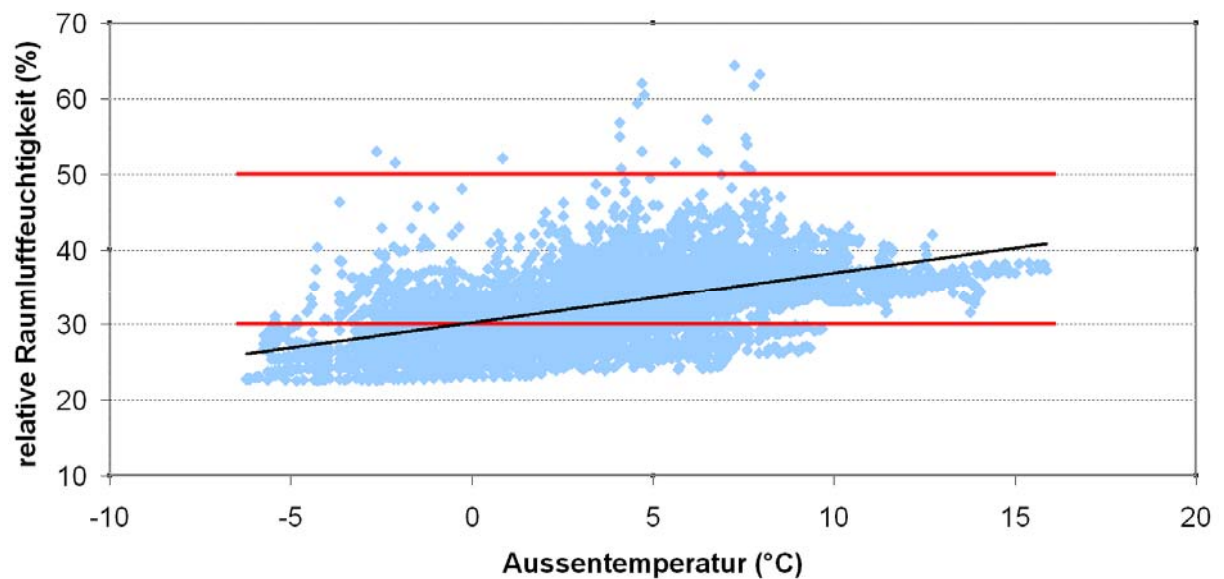


Abbildung 9.6 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 1/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15min

Abbildung 9.6 liefert die Erkenntnis, dass die relative Raumlufffeuchtigkeit in Wohnung 1 tendenziell zu niedrig ist. Insgesamt liegen 29% der Messwerte unter 30 % relativer Feuchte. Eine detailliertere Auseinandersetzung mit dieser Problematik ist in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt.

9.2.2 Energieverbrauch (1/1)

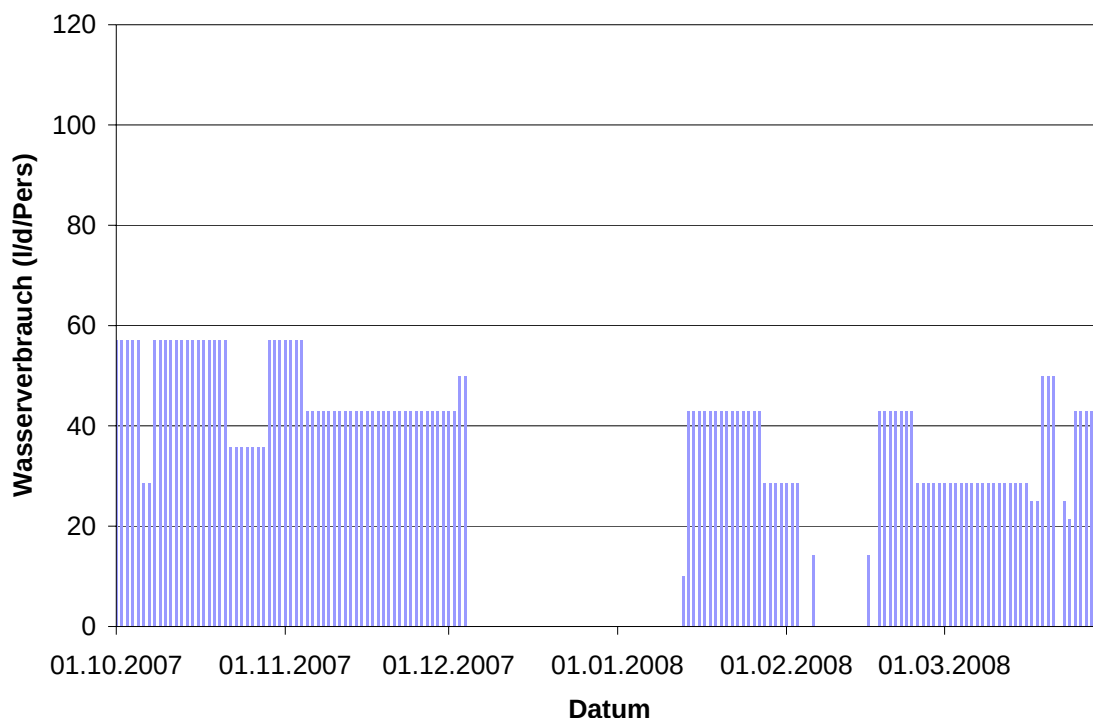


Abbildung 9.7 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während des gesamten Winterhalbjahres (1. Oktober 2007 bis 30. März 2008) in Objekt 1/1

Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch ist mit einem Mittelwert von 38.9 l/d/Pers über das gesamte Winterhalbjahr eher gering. Wiederum ist der Datenverlust zwischen dem 4. Dezember und dem 11. Januar nicht zu übersehen. Die anderen Einbrüche sind auf Ferien der Bewohner von Wohnung 1 zurückzuführen.

9.3. OBJEKT 1, WOHNUNG 2

9.3.1 Komfort und Behaglichkeit (1/2)

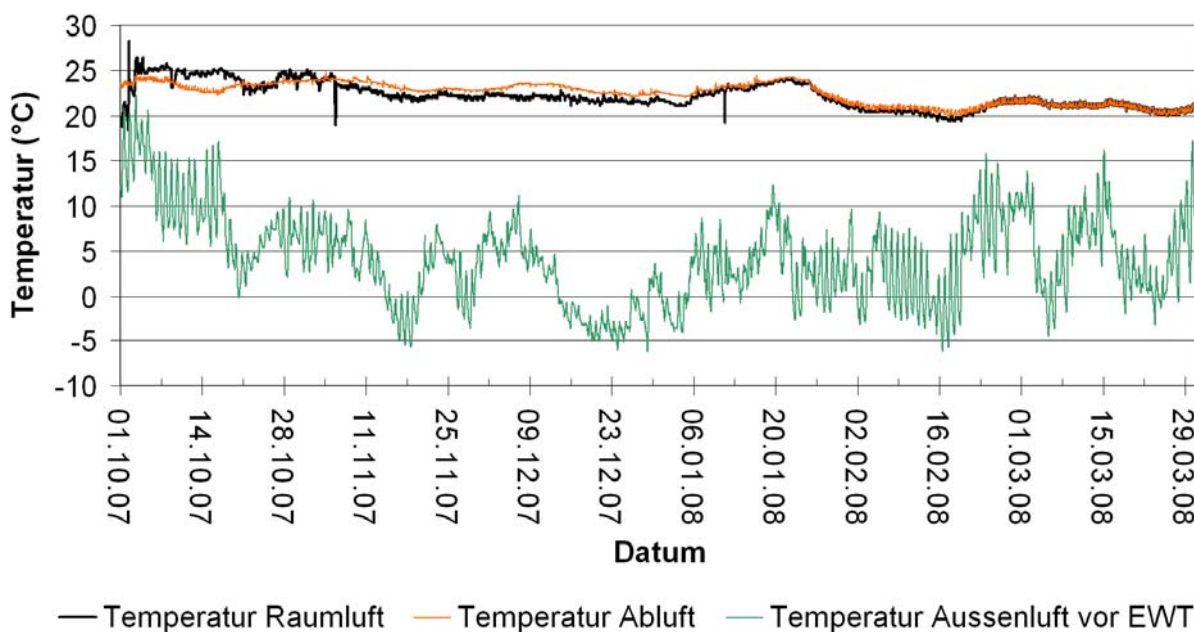


Abbildung 9.8 Temperaturverläufe über das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 1/Wohnung 2

In Wohnung 2 sind die Raumluft- und Ablufttemperaturschwankungen grösser als in den beiden anderen detailliert gemessenen Wohnungen von Objekt 1. Trotzdem bleibt die Raumlufttemperatur über das gesamte Winterhalbjahr in einem angenehmen Bereich. Deutlich erkennbar ist, dass zweimal die Raumtemperatur stark abfällt. Die Bewohner haben erwähnt, täglich die Fenster zu

öffnen. Dies erklärt weshalb die Raumtemperatur stärker schwankt als in den anderen Wohnungen und legt die Vermutung nahe, dass die Raumlufthtemperatureinbrüche auf über längere Zeit geöffnete Fenster zurückzuführen sind. Bemerkenswert ist zudem der Knick des Raumlufthtemperatur- und des Ablufthtemperaturverlaufs am 25. Januar 2008. Zu diesem Zeitpunkt könnte beispielsweise die gewünschte Raumtemperatur am Kompaktgerät von den Bewohnern geändert worden sein. Anfangs November und Ende Februar sind die Aussenlufttemperaturen vergleichbar, die Raumlufthtemperatur ist Ende Februar aber deutlich tiefer. In den weiteren Auswertungen sind weitere Hinweise für diese Gerätesteuerungsänderung aufgetreten. Diese werden im Verlauf dieses Kapitels noch vermehrt diskutiert.

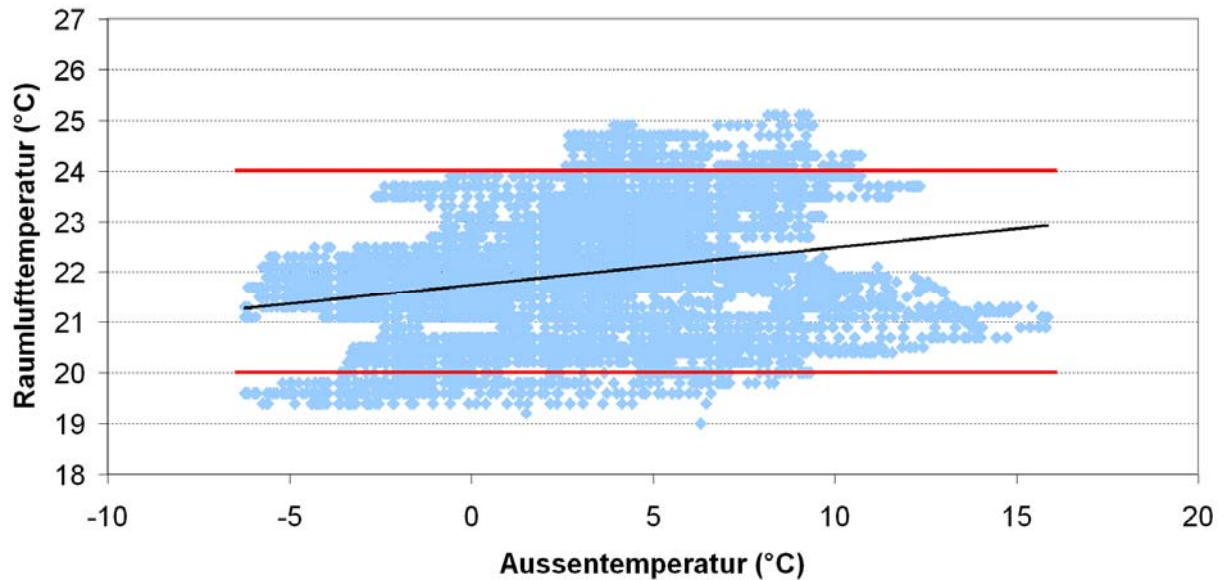


Abbildung 9.9 Raumlufthtemperatur in Objekt 1/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Abbildung 9.9 zeigt die bereits beschriebene erhebliche Temperaturschwankung im Vergleich zu den beiden anderen Wohnungen. Insgesamt liegen die Messwerte aber in einem angenehmen Bereich. Die Werte oberhalb von 24 °C sind vor den Änderungen, die möglicherweise am 25. Januar an der Gerätesteuerung vorgenommen wurden, aufgetreten.

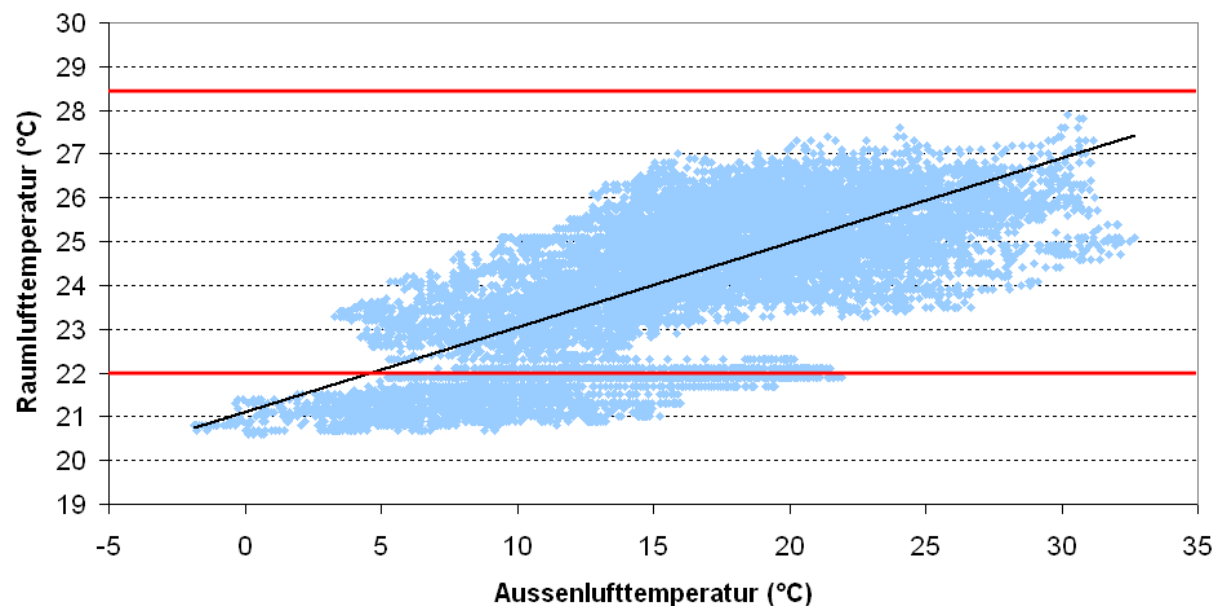


Abbildung 9.10 Raumlufthtemperatur in Objekt 1/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während dem Sommerhalbjahr (1. April – 30. September 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

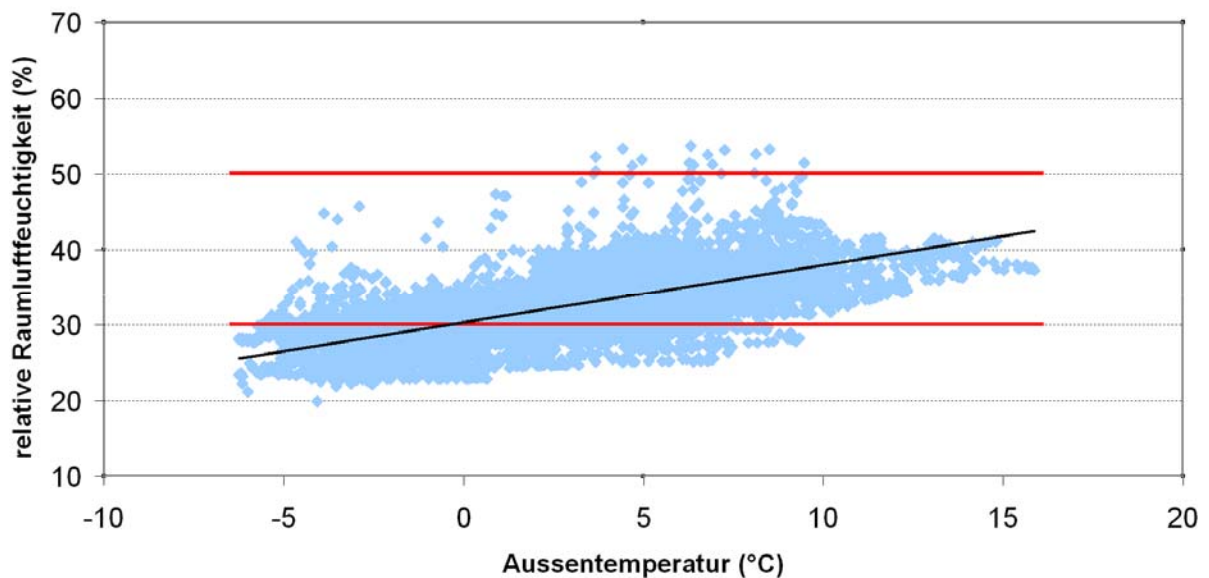


Abbildung 9.11 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 1/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15min

Die relative Raumlufffeuchtigkeit in Wohnung 2 lag in einem ähnlichen Bereich wie die in Wohnung 1. Insgesamt liegen 31% aller Messwerte unterhalb des SIA Komfortbereichs. Eine Interpretation dieses Umstandes ist in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt.

Um die Raumluffqualität von Wohnung 2 noch besser überprüfen zu können, wurden während des Herbstes 2007 im Wohnbereich punktuelle CO₂-Messungen durchgeführt.

9.3.2 Energieverbrauch (1/2)

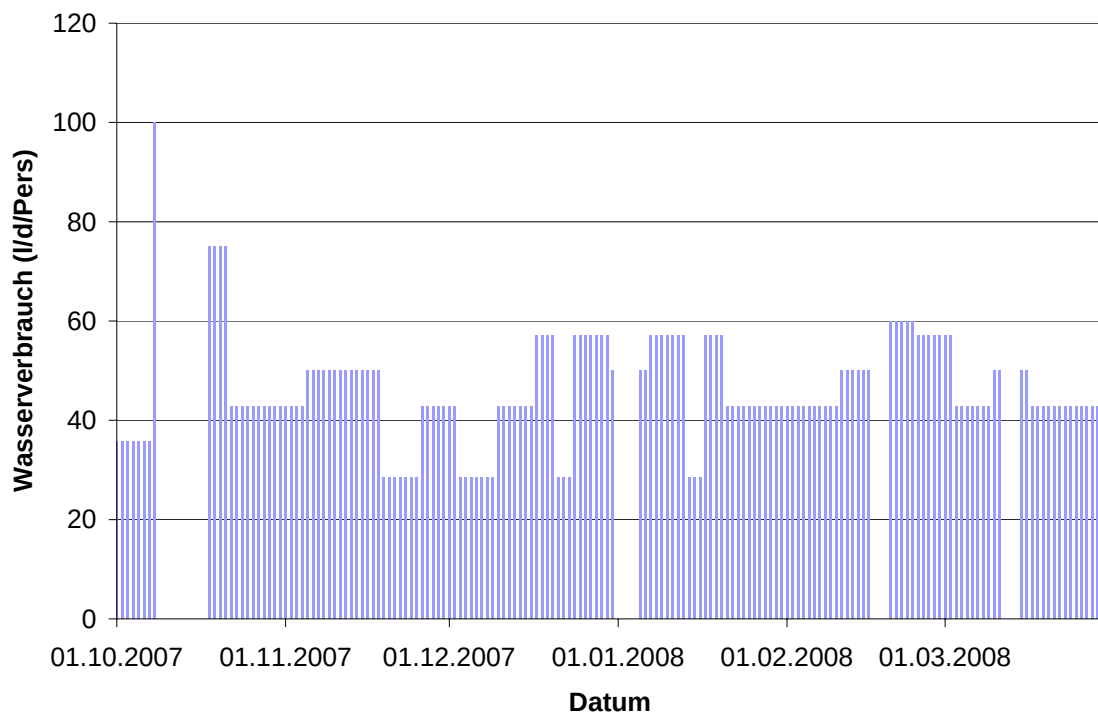


Abbildung 9.12 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während des gesamten Winterhalbjahres (1. Oktober 2007 bis 30. März 2008) in Objekt 1/2

Abbildung 9.12 zeigt den kompletten Warmwasserverbrauch während des Winterhalbjahres 2007/2008. Die Lücken sind auf Tage zurückzuführen, an denen die Bewohner nicht anwesend waren. Der durchschnittlich tägliche Pro-Kopf-Verbrauch liegt bei 46.9 l/d/Pers.

9.4. OBJEKT 1, WOHNUNG 3

9.4.1 Komfort und Behaglichkeit (1/3)

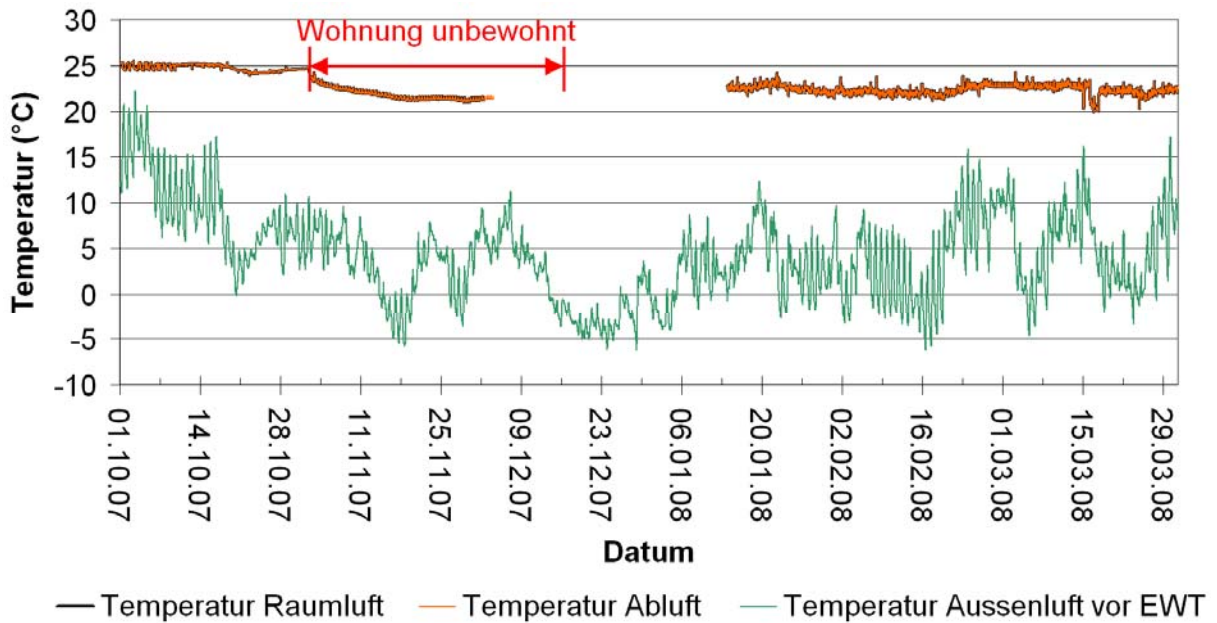


Abbildung 9.13 Temperaturverläufe über das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 1/Wohnung 3

Während der gesamten Messperiode wurde die Raumlufttemperatur entsprechend der Ablufttemperatur eingesetzt, da kein Zugang zu dieser Wohnung möglich war. Im Oktober waren beide stets um 25 °C. Wie bereits erwähnt, ist die Mieterin dieser Wohnung am 1. November verstorben. Die Nachmieter, welche am 16. Dezember eingezogen sind, weisen ein markant anders Nutzungsverhalten auf, was sich unter anderem auch im Raumlufttemperaturverlauf zeigt. Ab dem Moment, wo die Wohnung leer steht ist im Raumlufttemperaturverlauf ein deutlicher Knick erkennbar (02.11.2007). Ab dem 16. Januar ist die Raumtemperatur konstant in einem sehr angenehmen Bereich zwischen 20 und 24 °C (Siehe auch Abbildung 9.14).

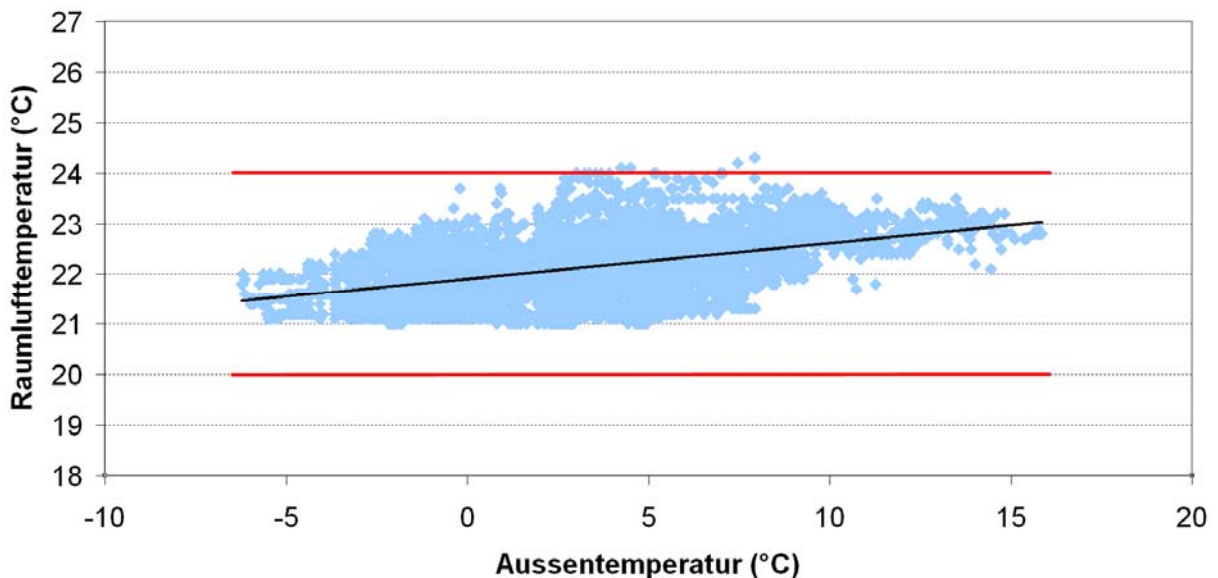


Abbildung 9.14 Raumlufttemperatur in Objekt 1/3 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Insgesamt befand sich die Raumlufttemperatur während des gesamten Winterhalbjahres fast ausschliesslich innerhalb der Komfortzone. Tendenziell liegen alle Werte im oberen Teil des Behaglichkeitsbereichs

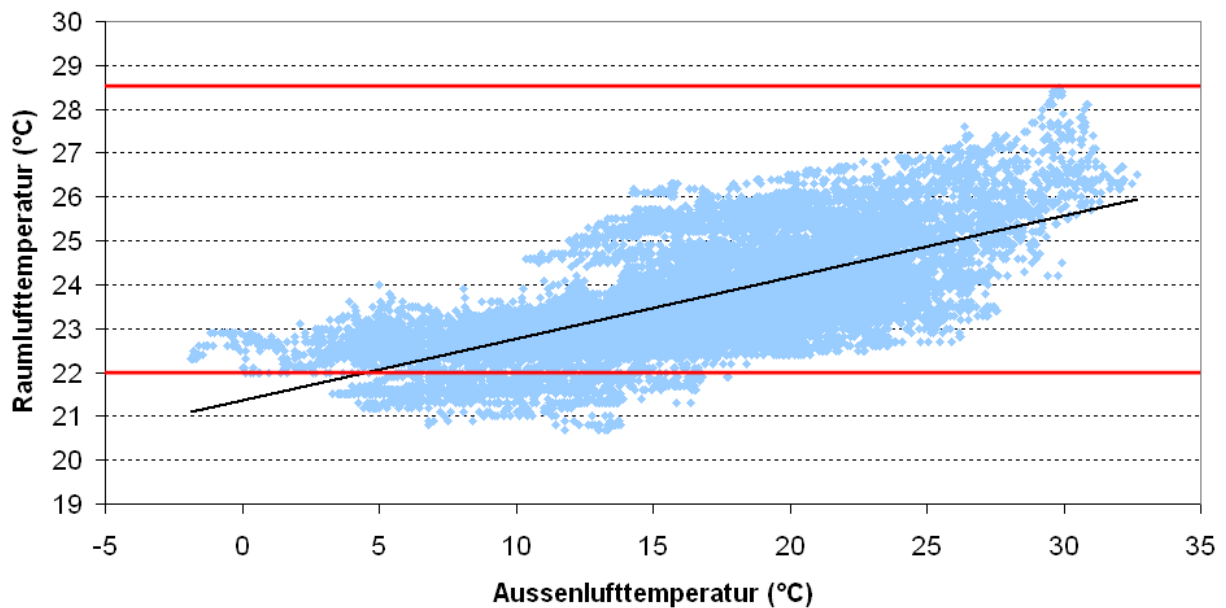


Abbildung 9.15 Raumlufttemperatur in Objekt 1/3 bei verschiedenen Aussentemperaturen während des Sommerhalbjahres (1. April – 30. September)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

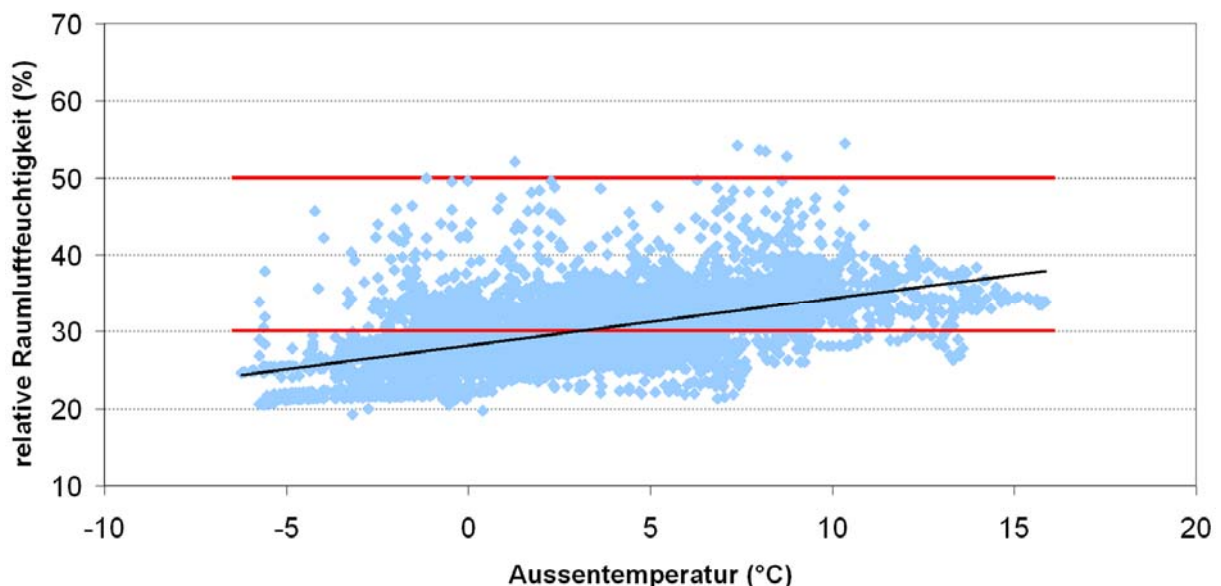


Abbildung 9.16 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 1/3 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Wie bei den anderen Wohnungen von Objekt 1 war auch in Wohnung 3 die relative Raumlufffeuchtigkeit eher etwas zu gering. Vor allem bei Aussenlufttemperaturen unterhalb des Gefrierpunktes sind die registrierten Messungen mehrheitlich ausserhalb der Behaglichkeitszone. Insgesamt sind 38 % aller Messwerte tiefer als 30 % relative Raumlufffeuchte. Weitere Erläuterungen zu den Auswirkungen der relativen Raumlufffeuchtigkeit sind im Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt.

9.4.2 Energieverbrauch (1/3)

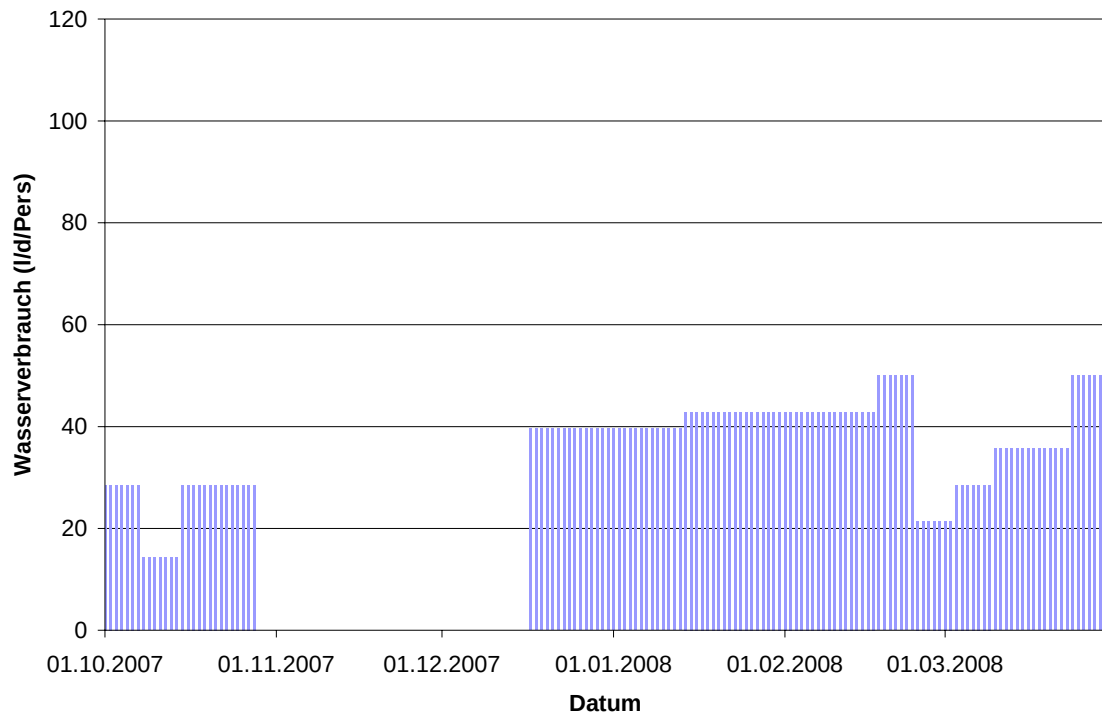


Abbildung 9.17 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während des gesamten Winterhalbjahres (1. Oktober 2007 bis 30. März 2008) in Objekt 1/3

Der durchschnittliche tägliche Warmwasserbezug liegt in Wohnung 3 bei 37.9 l/d/Pers. Zwischen dem 1. November und dem 16. Dezember war diese Wohnung unbewohnt. Es fällt auf, dass der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch der Nachmieter erheblich grösser ist.

9.5. ERGÄNZUNGEN ZU SYNTHESE OBJEKT 2

9.5.1 Energieverbrauch

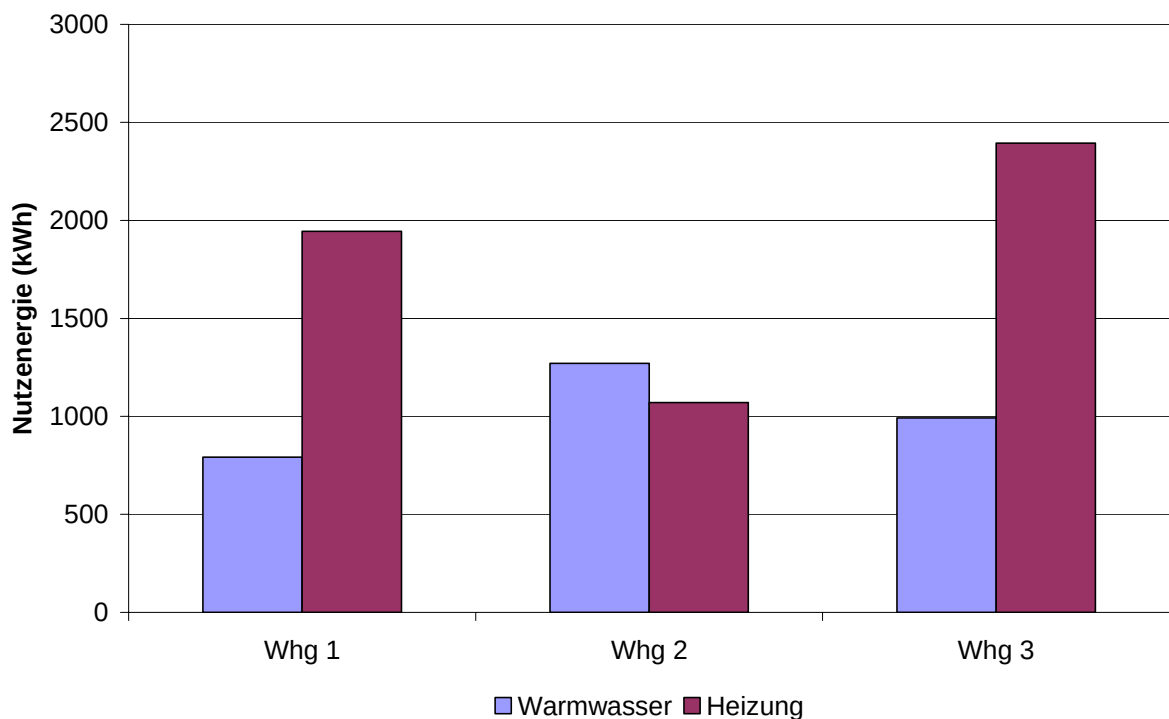


Abbildung 9.18 totale Nutzenergien während des gesamten Winterhalbjahres (1. Oktober bis 30. März) in den verschiedenen Wohnungen von Objekt 2

Die Nutzenergie für die Heizung ist in Wohnung 1 nur wegen der defekten Klappensteuerung so hoch. Wohnung 3 liegt im Dachgeschoss und braucht deshalb im Vergleich zu zwei Wohnungen aus dem Mittelgeschoss mehr Heizenergie. Die prozentualen Anteile des Warmwasser an den gesamten Nutzenergien betragen 29 %, 54 % und 29 % für die Wohnungen 1 – 3. Im Mittel 38 %.

9.5.2 Energiekosten

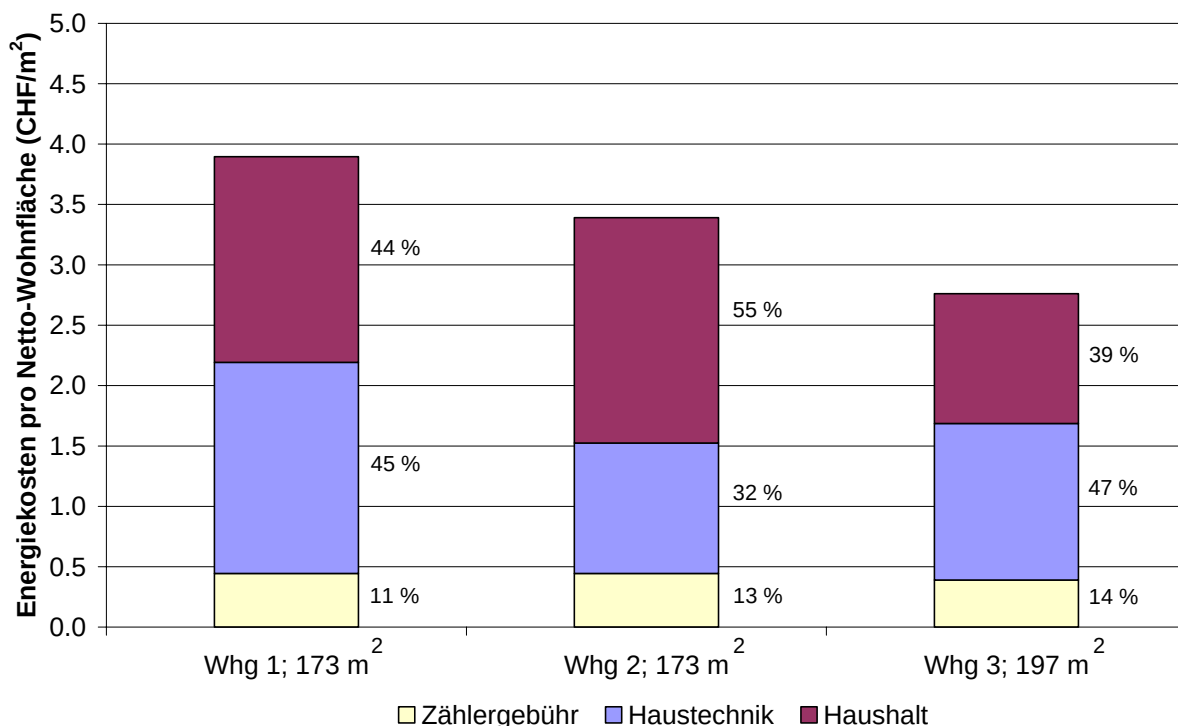


Abbildung 9.19 Totale Energiekosten pro Netto-Wohnfläche für das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 2
Messperiode: 1. Oktober 2007 bis 30. März 2008

Aus Abbildung 9.19 wird deutlich ersichtlich, dass die Energiekosten für die gesamte Haustechnik auch im Winter unter 50 Prozent der gesamten Energiekosten liegen. Auffallend ist, dass Wohnung 2 eine relativ einseitige Kostenverteilung aufweist und dass der gesamte Stromverbrauch von Wohnung 1 deutlich höher ist als der von Wohnung 3. Dies ist jedoch ausschliesslich auf das Benutzerverhalten der Bewohner zurückzuführen.

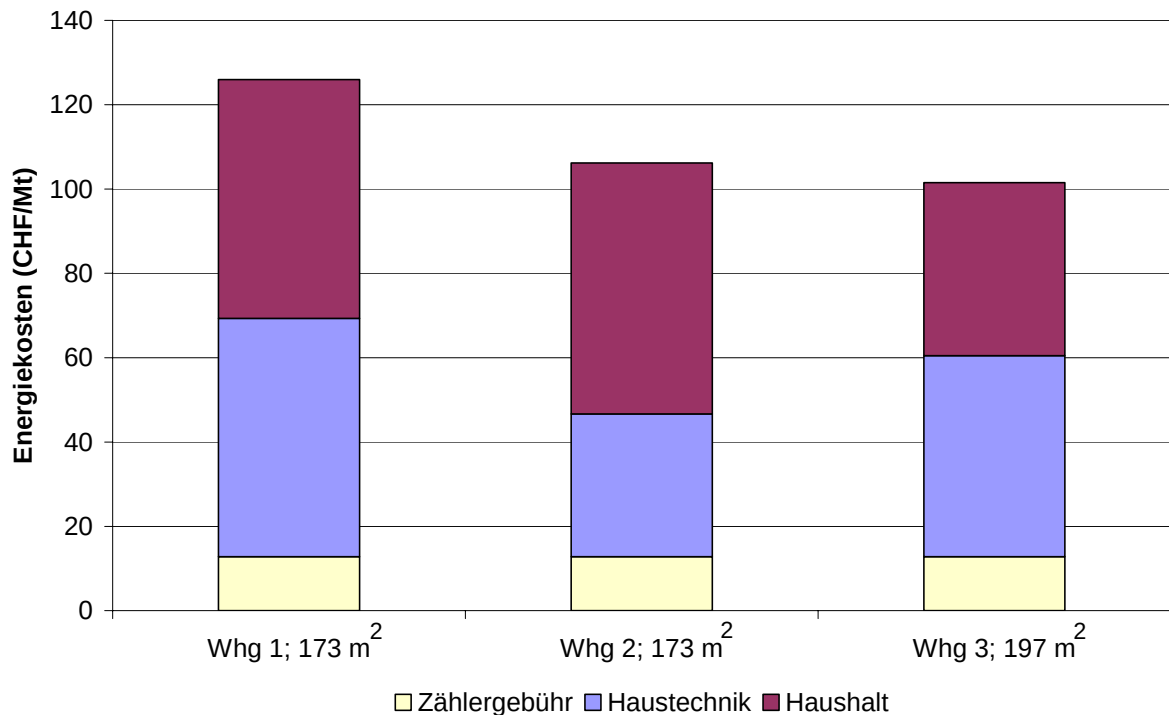


Abbildung 9.20 durchschnittliche monatliche Energiekosten während dem Winterhalbjahr (1. Oktober bis 30. März) in den verschiedenen Wohnungen von Objekt 2

9.6. OBJEKT 2, WOHNUNG 1

9.6.1 Komfort und Behaglichkeit (2/1)

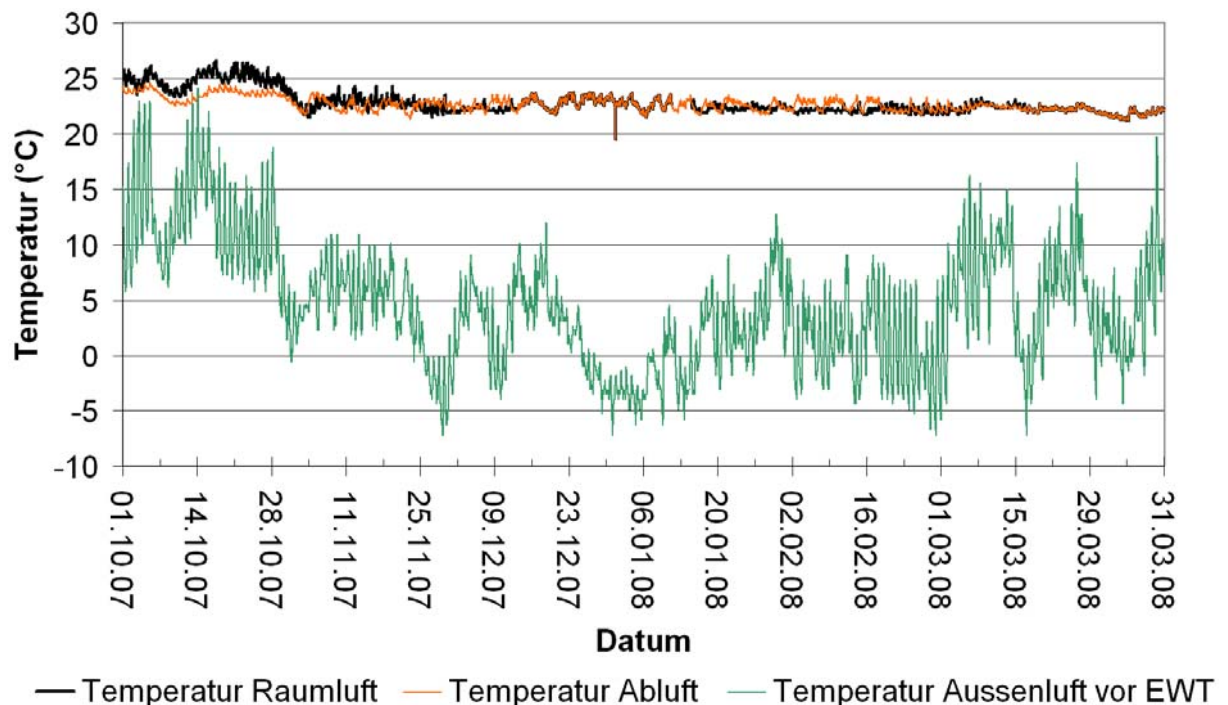


Abbildung 9.21 Temperaturverläufe über das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 2/Wohnung 1

Abbildung 9.27 verdeutlicht, dass zu Beginn der Messreihe die Raumlufttemperatur stark von der Ablufttemperatur abweicht. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Abluft aus verschiedenen Zimmern stammt und die Ablufttemperatur somit ein Durchschnittswert ist. Die Raumlufttemperatur hingegen wird nur an einem Ort gemessen. Dadurch ist die Raumlufttemperatur Schwankungen, die zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung entstehen, stärker ausgesetzt. Weiter wird klar ersichtlich,

dass die Raumlufthtemperatur über den ganzen Winter sehr konstant bleibt und selbst bei tiefen Aussentemperaturen nicht Werte unter 20°C erreicht.

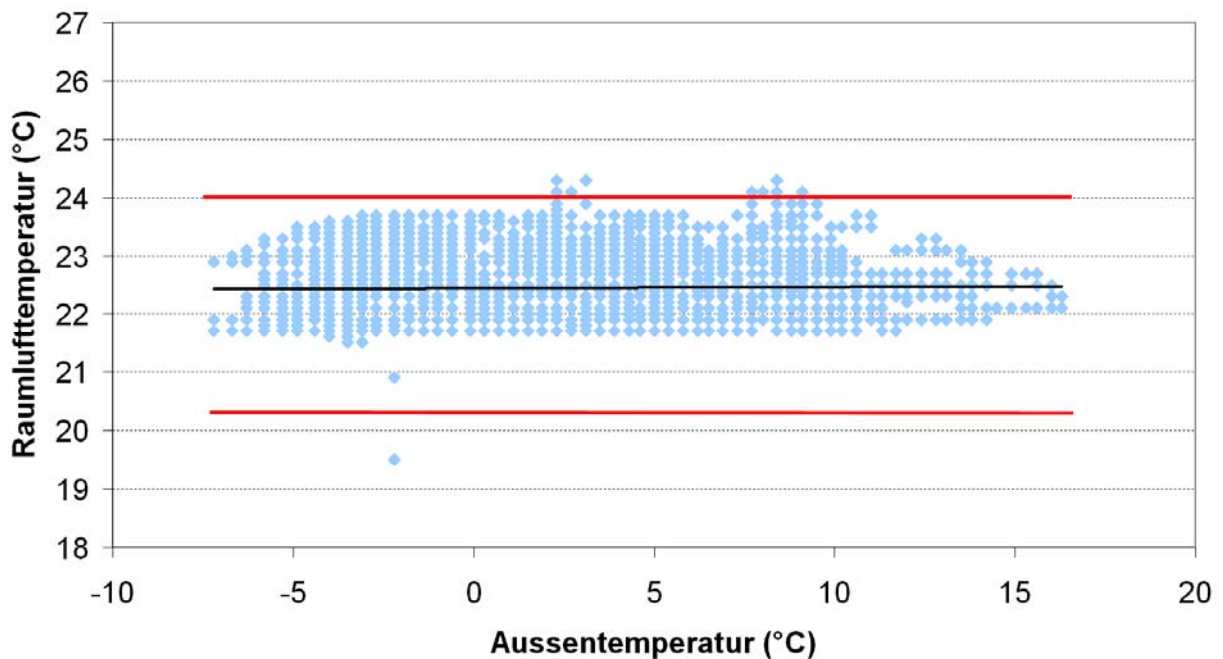


Abbildung 9.22 Raumlufthtemperatur in Objekt 2/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

In Abbildung 9.22 wird ersichtlich, dass mit wenigen Ausnahmen die Raumtemperatur in Wohnung 1 während des ganzen Winters im Bereich des Komfortbandes liegt und die Komfortzone nur mit zu hohen Temperaturen überschritten wird. Dies bedeutet, dass selbst bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt die Raumtemperatur stets in einem für die Bewohner angenehmen Bereich lag. Auffallend ist, dass fast alle Messungen im oberen Abschnitt des Behaglichkeitsbandes liegen und nur zwei Messungen Werte von unter 21 °C registrierten. Folglich ist die Raumtemperatur über den gesamten Winter betrachtet in Wohnung 1 tendenziell eher etwas zu hoch.

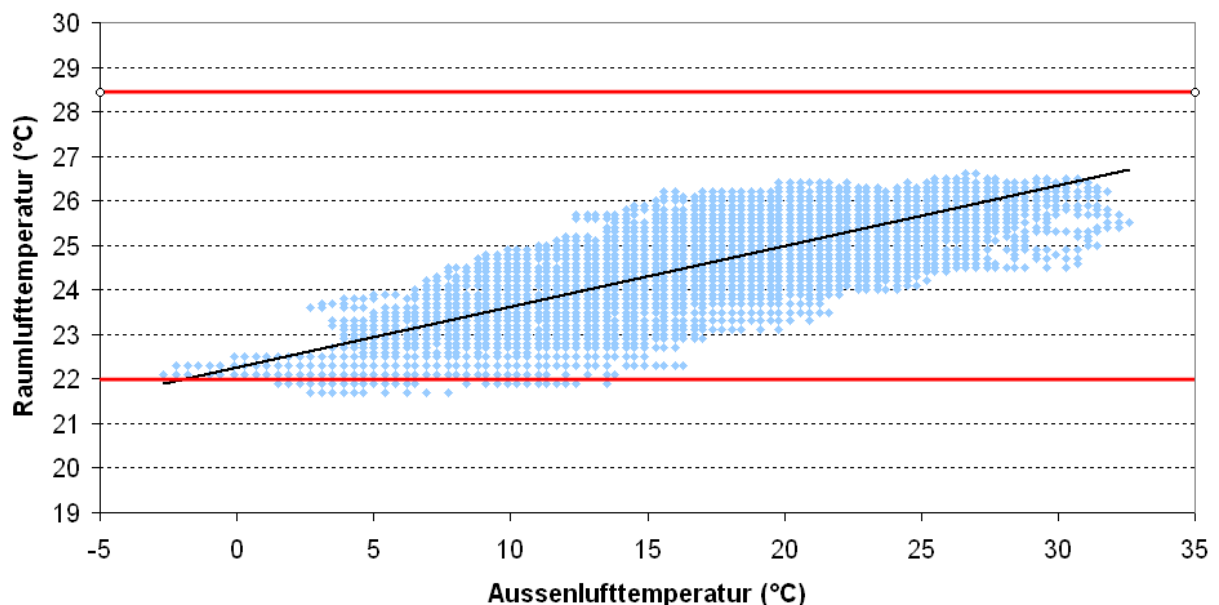


Abbildung 9.23 Raumlufthtemperatur in Objekt 2/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während des Sommerhalbjahrs (1. April – 30. September)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

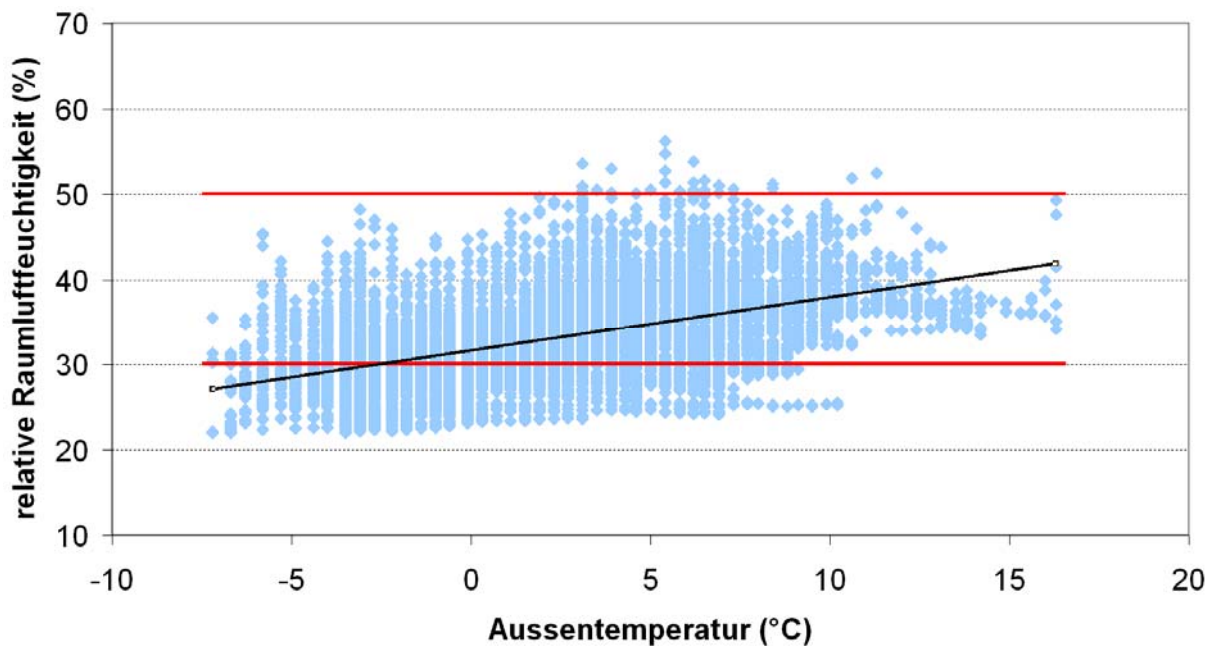


Abbildung 9.24 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 2/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Die relative Luftfeuchte hat nur einen geringen Einfluss auf die thermische Behaglichkeit, sofern sie im Bereich von 30 % bis 50 % liegt und die Raumtemperatur als angenehm empfunden wird. Abbildung 9.24 verdeutlicht, dass diese Richtwerte selbst bei tiefen Aussentemperaturen grösstenteils eingehalten werden. Ab Aussentemperaturen unter 10 °C sind Werte unter 30 % aufgetreten. Total sind knapp 29 % aller Messwerte unter 30 % (Siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Diese leicht zu tiefen Werte können aber nur von empfindlichen Personen wahrgenommen werden. Extreme Tiefstwerte sind über den ganzen Winter keine aufgetreten.

9.6.2 Energieverbrauch (2/1)

Wohnung 1 ist einerseits durch einen insgesamt tiefen Warmwasserverbrauch (siehe Abbildung 9.25) gekennzeichnet und weist andererseits dennoch einen hohen Gesamtenergieverbrauch auf (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Der Grund dafür ist eine defekte Bypass-Klappe, wodurch das Lüftungswärmeregister teilweise umgangen wurde und kalte Aussenluft direkt ins Zuluftverteilsystem strömte.

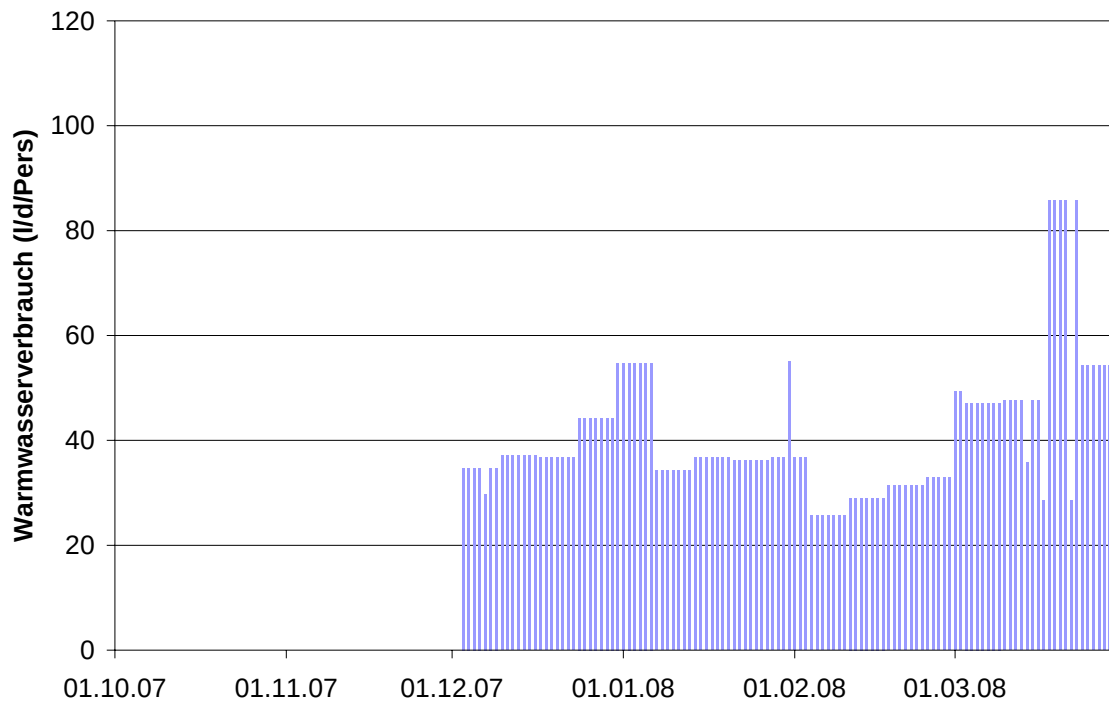


Abbildung 9.25 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während des Winterhalbjahres (1. Oktober 2007 bis 30. März 2008) in Objekt 2/1

In dieser Wohnung wurden die Messungen erst am 3. Dezember gestartet. Um Vergleiche mit den anderen Wohnungen zu ermöglichen ist dennoch das gesamte Winterhalbjahr aufgetragen. Der mittlere Verbrauch liegt bei 38.8 l/d/Pers.

9.7. OBJEKT 2, WOHNUNG 2

9.7.1 Komfort und Behaglichkeit (2/2)

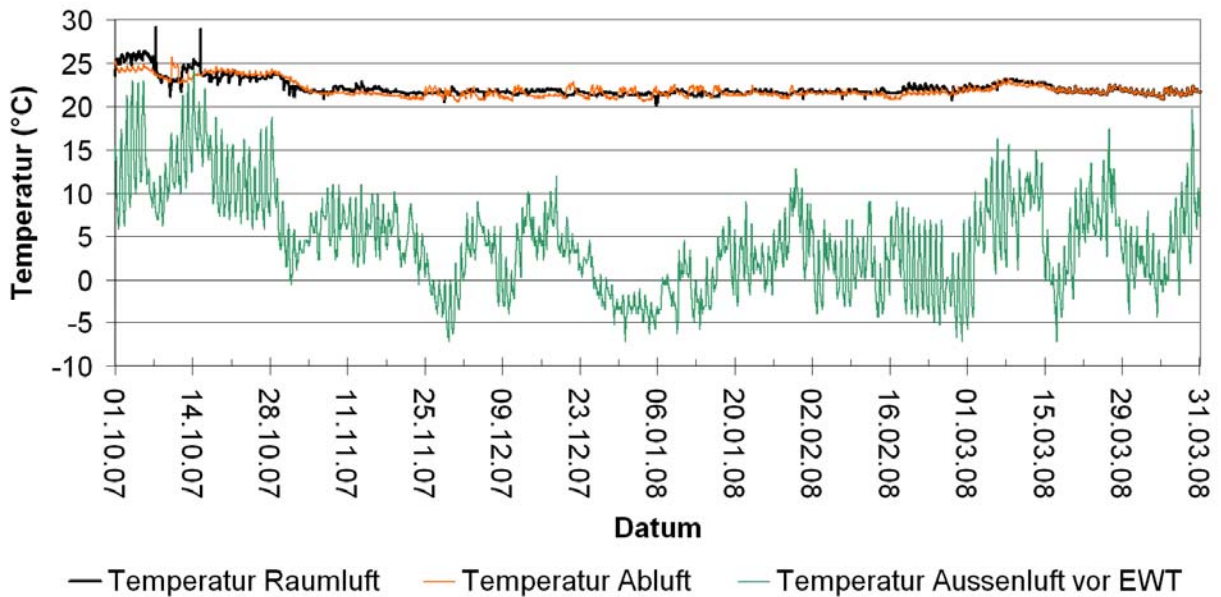


Abbildung 9.26 Temperaturverläufe über das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 2/Wohnung 2

Raumluf und Abluft bleiben über das gesamte Winterhalbjahr konstant und auf angenehmem Niveau. Während den vier kältesten Wintermonaten (November bis Februar) liegt die Raumluf temperature stets zwischen 20 und 24 °C (Vergleich dazu auch Abbildung 9.27). Die Aussentemperatur bewirkt nur äusserst geringe Raumtemperaturschwankungen.

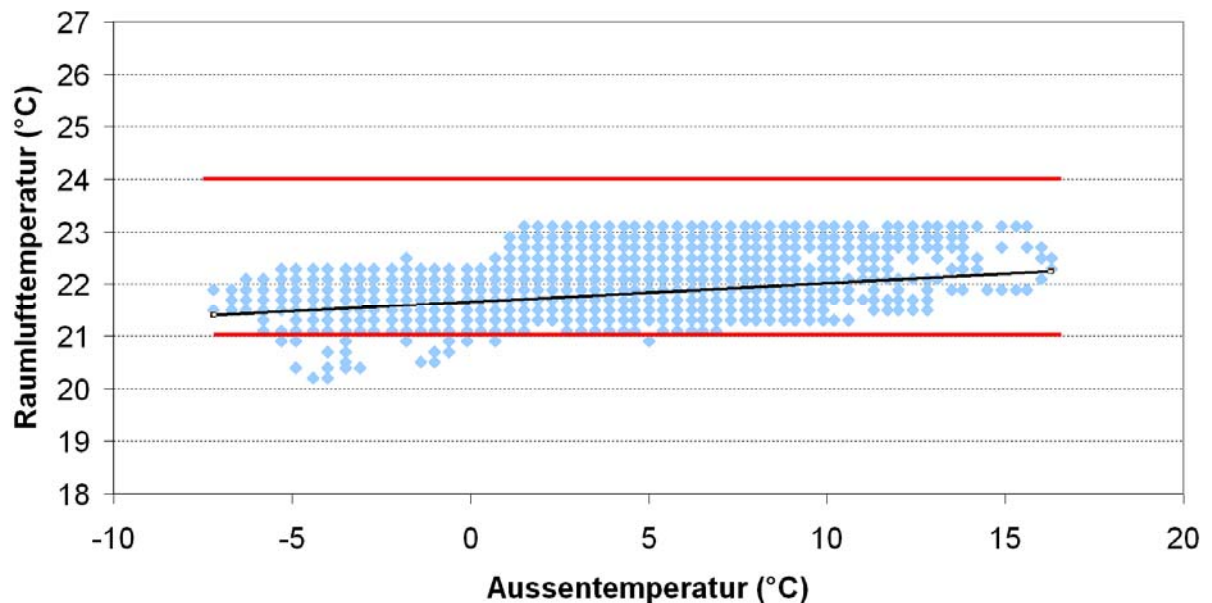


Abbildung 9.27 Raumluf temperature in Objekt 2/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Während der gesamten Winterzeit, selbst bei Temperaturen deutlich unter dem Gefrierpunkt blieb die Raumtemperatur in Wohnung 2 im optimalen Bereich. Auffallend ist, dass keine Temperaturen oberhalb von 23.1 °C registriert wurden, wodurch die eindeutige Grenze entstanden ist. Somit ist ein Fehler des Messgerätes nicht auszuschliessen.

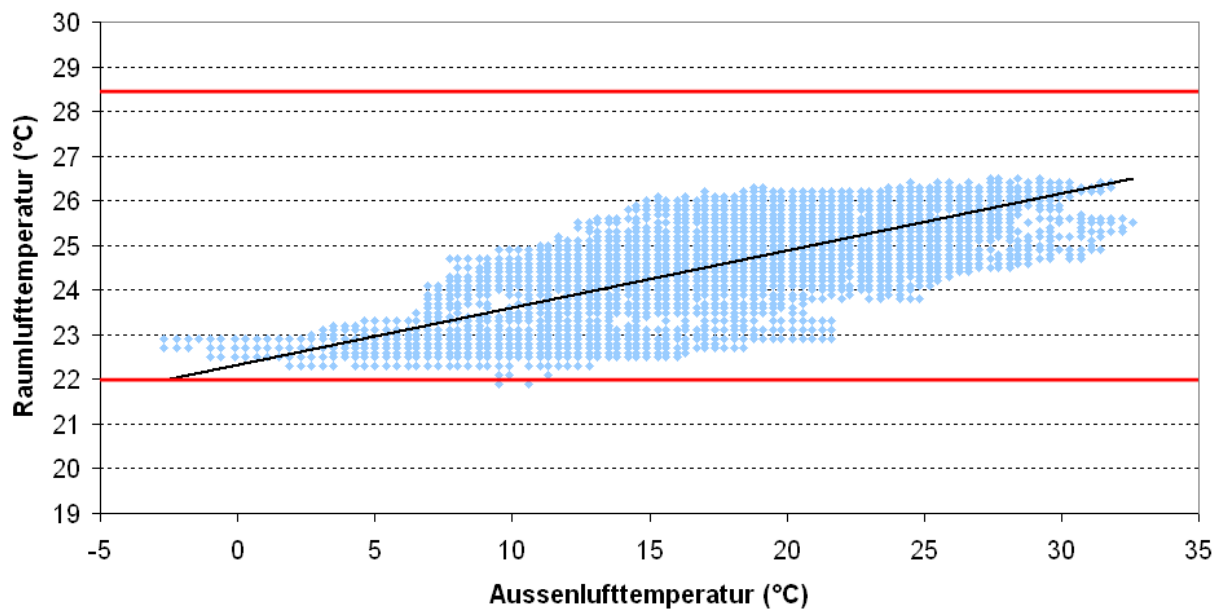


Abbildung 9.28 Raumlufthtemperatur in Objekt 2/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während des gesamten Sommerhalbjahres (1. April – 30 September 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

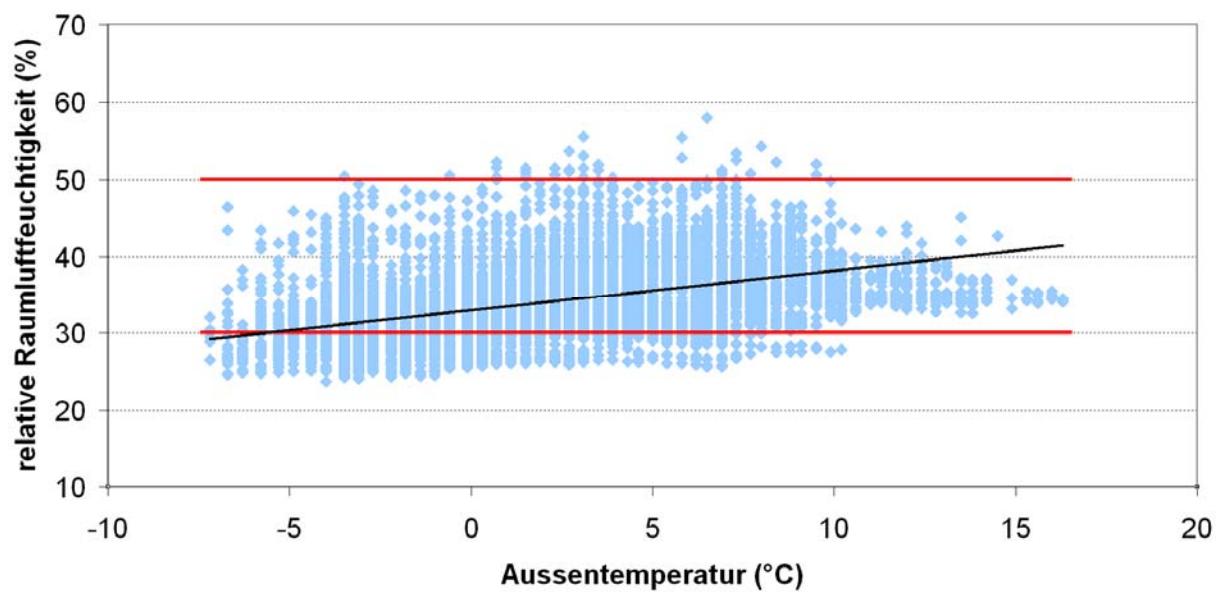


Abbildung 9.29 Relative Raumlufthfeuchtigkeit in Objekt 2/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Neben der Raumtemperatur war auch die Raumlufthfeuchtigkeit in Wohnung 2 während des ganzen Winters in einem hervorragenden Bereich. Weitere Ausführungen zur Raumlufthfeuchtigkeit sind unter Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt.

9.7.2 Energieverbrauch (2/2)

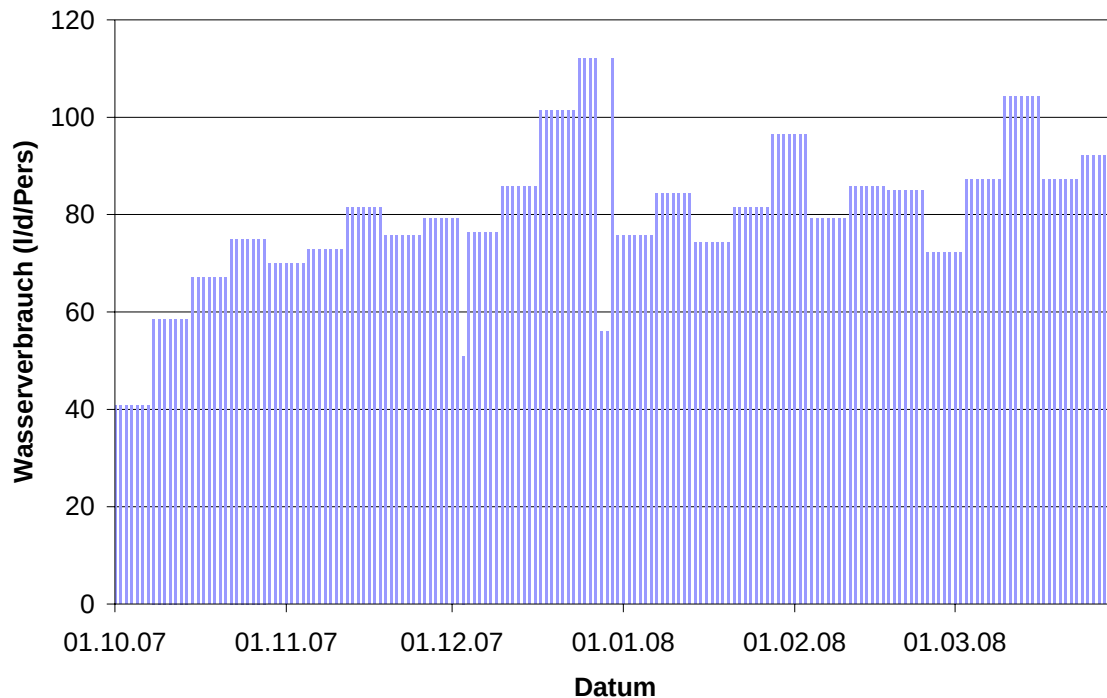


Abbildung 9.30 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während des gesamten Winterhalbjahres (1. Oktober 2007 bis 30. März 2008) in Objekt 2/2

Der tägliche Pro-Kopf-Warmwasserverbrauch in Wohnung 2 ist deutlich höher als der in den anderen beiden Wohnungen von Objekt 2. Im Durchschnitt beträgt er 79.3 l/d/Pers.

9.8. OBJEKT 2, WOHNUNG 3

9.8.1 Komfort und Behaglichkeit (2/3)

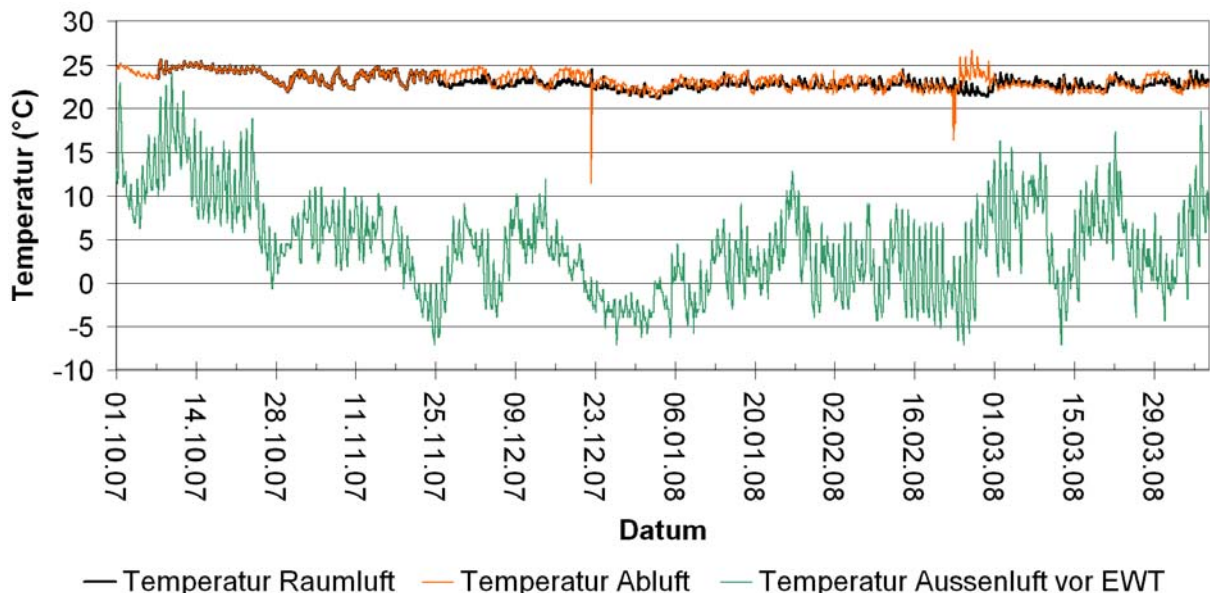


Abbildung 9.31 Temperaturverläufe über das gesamte Winterhalbjahr in Objekt 2/Wohnung 3

Auch in dieser Wohnung bleiben Raumtemperatur und Ablufttemperatur während des ganzen Winters konstant und bleiben in einem relativ hohen, jedoch angenehmen Bereich zwischen 21 und 25 °C (Vergleich auch Abbildung 9.32). Die Raumlufttemperatur wurde erst ab 1. Oktober gemessen und entspricht bis Mitte November exakt den Werten der Ablufttemperatur, weshalb sie in Abbildung 9.31 zunächst schwierig zu erkennen ist. Die Ablufttemperatur weist zwei kurze Temperatureinbrüche auf. Beim Ersten wurde für kurze Zeit, beim Zweiten für längere Zeit der Ventilator ausgeschaltet.

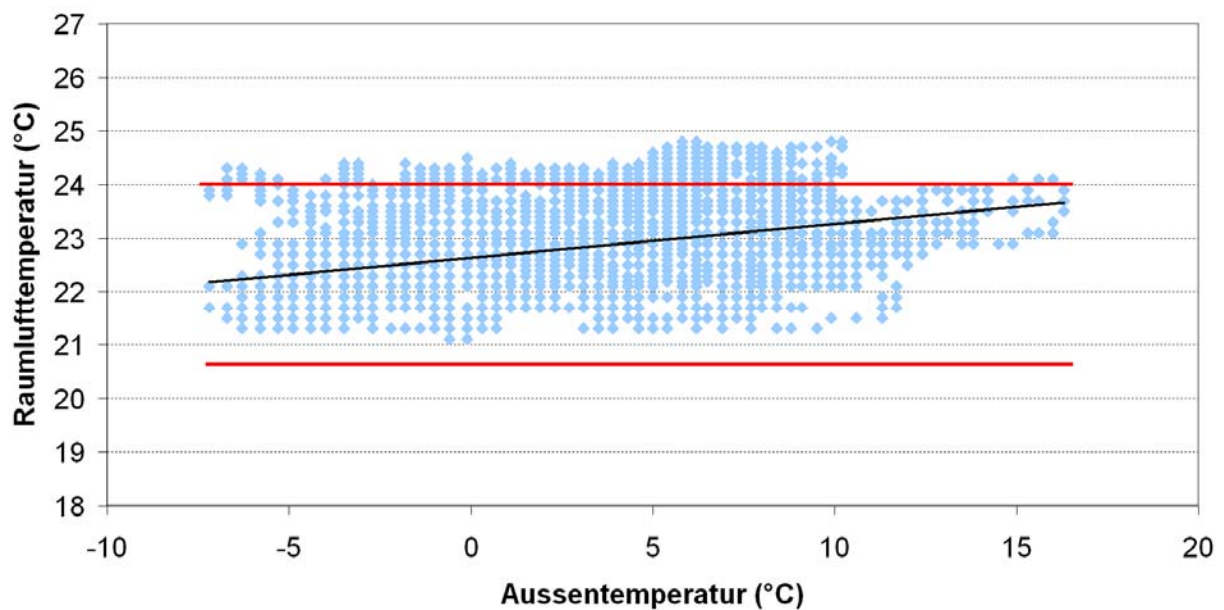


Abbildung 9.32 Raumlufttemperatur in Objekt 2/3 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Wie bei den restlichen untersuchten Wohnungen von Objekt 2 ist auch in Wohnung 3 die Raumtemperatur während des gesamten Winters nie unterhalb der Komfortzone. Tendenziell waren die Raumtemperaturen auch in dieser Wohnung etwas hoch, doch sollte beachtet werden, dass die Raumtemperatur stark von den Bedürfnissen der Bewohner abhängt und gesteuert wird.

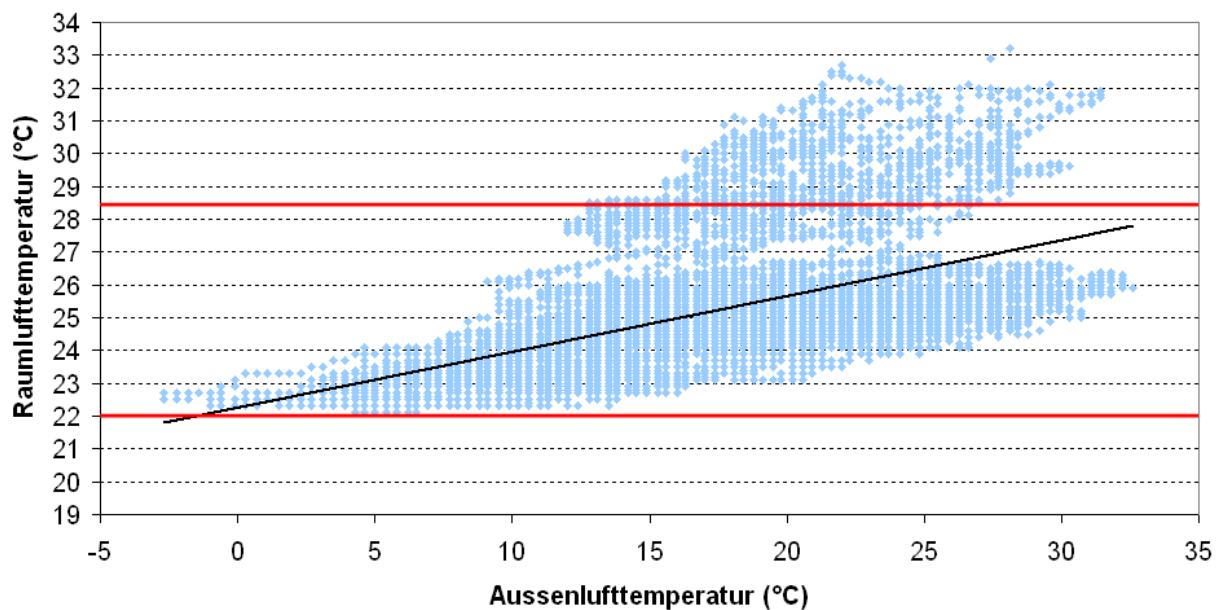


Abbildung 9.33 Raumlufttemperatur in Objekt 2/3 bei verschiedenen Aussentemperaturen während des Sommerhalbjahres (1. April – 30. September 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min
Die obere Kurvenwolke dürfte auf die Messungen im 2. Dachgeschoss zurückzuführen sein

10.15 % der Messwerte sind über 28.5 °C. Diese Werte wurden alle zwischen dem 15. Juli und dem 3. August 08 registriert, während die Bewohner in den Sommerferien weilten, und die Lüftung ausgeschaltet war.

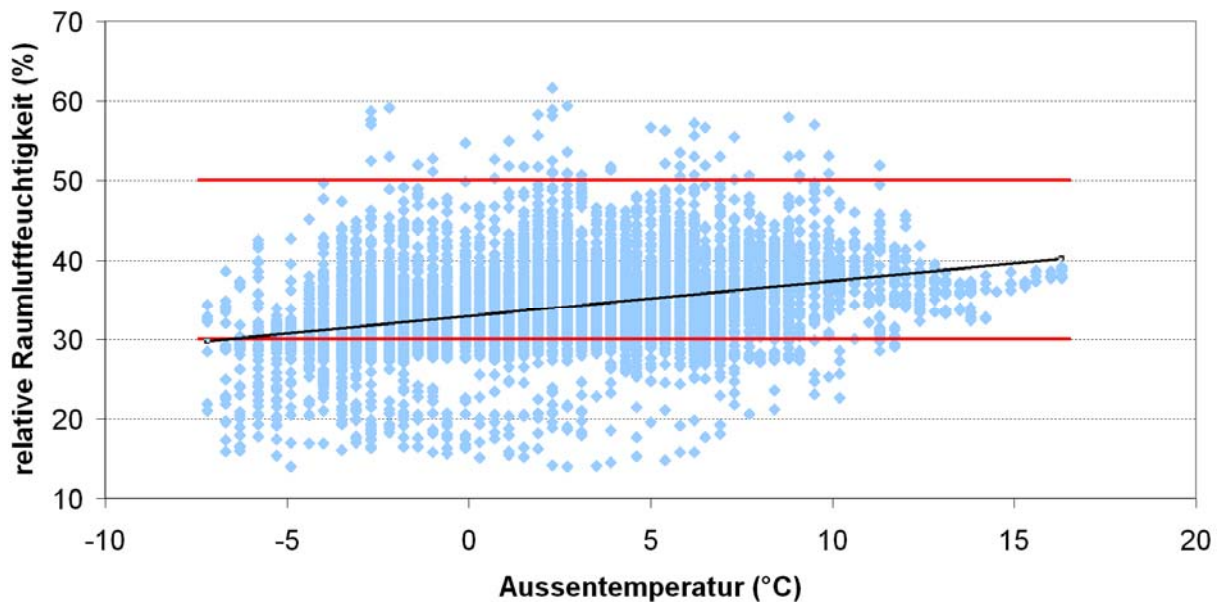


Abbildung 9.34 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 2/3 bei verschiedenen Aussentemperaturen während den vier kältesten Wintermonaten (1. November 2007 - 29. Februar 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Der Grossteil der Messpunkte liegt innerhalb des Behaglichkeitsbandes. Sowohl bei sehr tiefen, als auch bei mildernden Temperaturen wurden relative Raumlufffeuchtigkeiten ausserhalb der Komfortzone gemessen. Extreme Tiefstwerte sind keine aufgetreten. Weitere Einzelheiten zur Interpretation dieser Werte sind in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** erläutert.

9.8.2 Energieverbrauch (2/3)

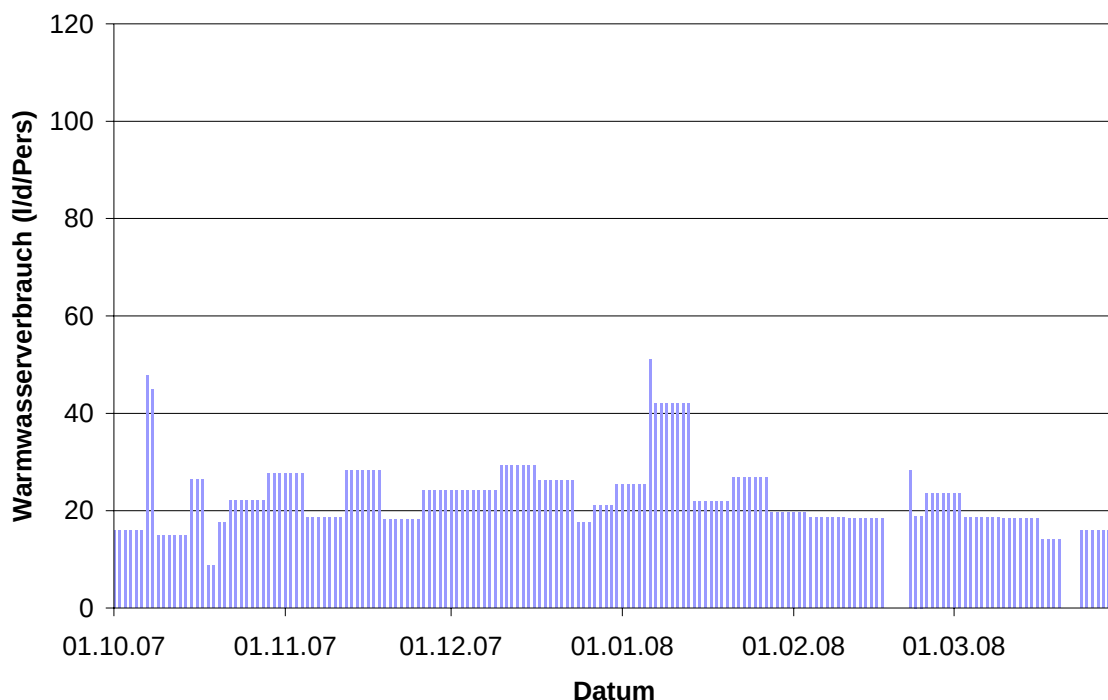


Abbildung 9.35 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während des gesamten Winterhalbjahres (1. Oktober 2007 bis 30. März 2008) in Objekt 2/3

Der tägliche Warmwasser Pro-Kopf-Verbrauch in Wohnung 3 ist, verglichen mit den beiden anderen Wohnungen, sehr tief. Dies liegt vermutlich daran, dass in dieser Wohnung bis zu sechs Personen wohnen. Der absolute Warmwasserverbrauch ist etwa gleich hoch wie bei den anderen beiden Wohnungen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

9.9. ERGÄNZUNGEN ZU SYNTHESE OBJEKT 3

9.9.1 Energiekosten

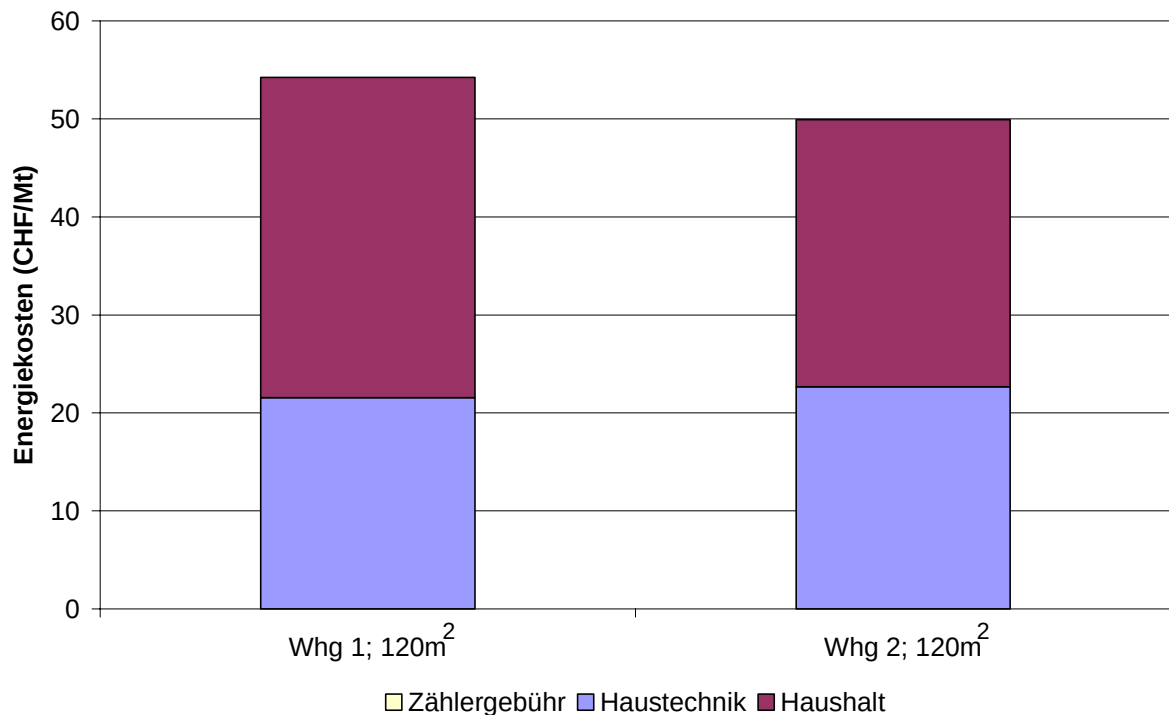


Abbildung 9.36 durchschnittliche monatliche Energiekosten während einem gesamten Jahr (4. Februar 2008 bis 3. Februar 2009) in den beiden Wohnungen von Objekt 3

9.10. OBJEKT 3, WOHNUNG 1

9.10.1 Komfort und Behaglichkeit (3/1)

Auf den Wohnkomfort hat die Raumlufttemperatur den grössten Einfluss. Deshalb sind in Abbildung 9.37 zunächst die verschiedenen, mit dem Wohnklima im Zusammenhang stehenden Temperaturen während der gesamten Messperiode dargestellt.

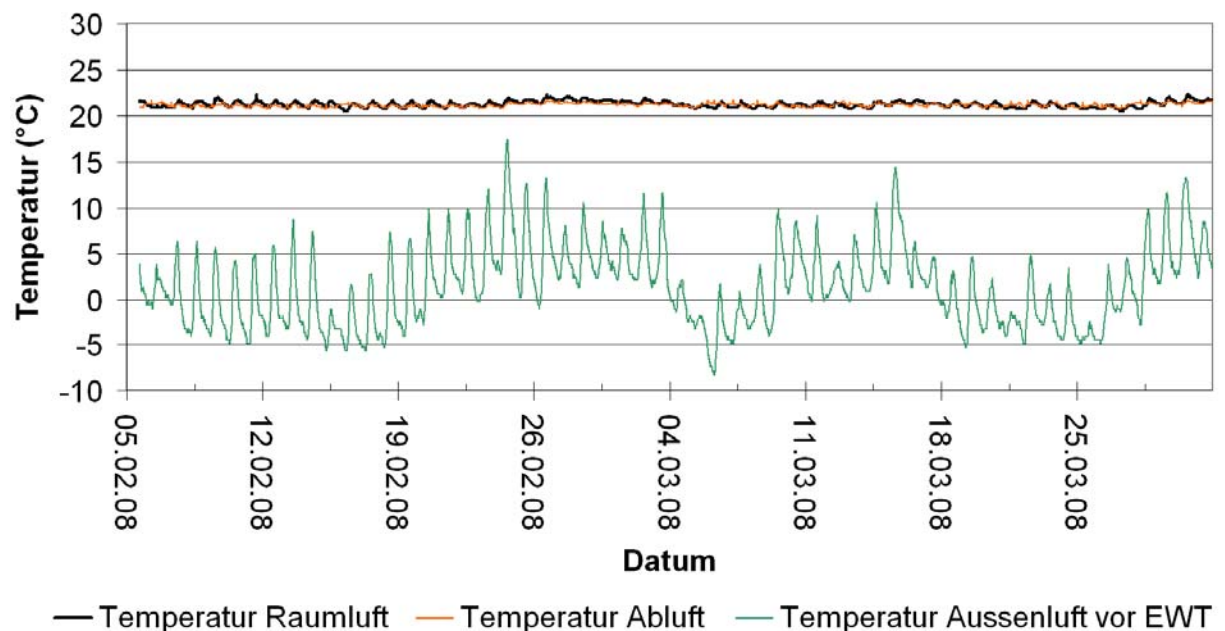


Abbildung 9.37 Temperaturverläufe während den letzten Wochen des Winterhalbjahres in Objekt 3/Wohnung 1

Diese Abbildung lässt eindeutig die Tageszyklen der Aussenluft erkennen. Es fällt auf, dass sowohl die Raumluft, als auch die Ablufttemperatur den Tagesschwankungen der Aussenluft folgen. Während die Aussenluft innerhalb eines Tages Temperaturschwankungen von bis zu 10 °C aufweist, fallen diese Schwankungen der Raumluft mit maximal 1.5 °C jedoch nur sehr gering aus. Deshalb ist die Raumlufttemperatur während der gesamten Messperiode, auch bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes, stets in einem sehr angenehmen Bereich zwischen 20 und 23 °C. (Vergleich Abbildung 9.38)

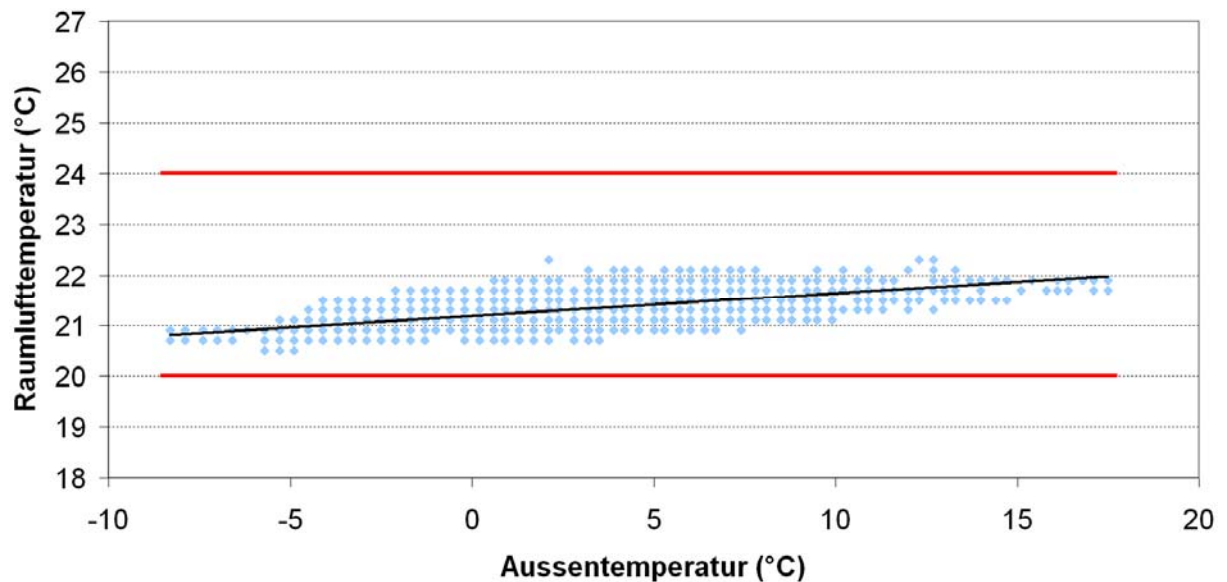


Abbildung 9.38 Raumlufttemperatur in Objekt 3/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während einigen Winterwochen (5. Februar 2008 – 18. März 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Abbildung 9.38 zeigt, dass diese Wohnung während der untersuchten Zeitdauer optimal geheizt wurde. Die Raumlufttemperatur befand sich konstant in einem Bereich zwischen 20 und 23 °C. Ausreisser wurden keine registriert.

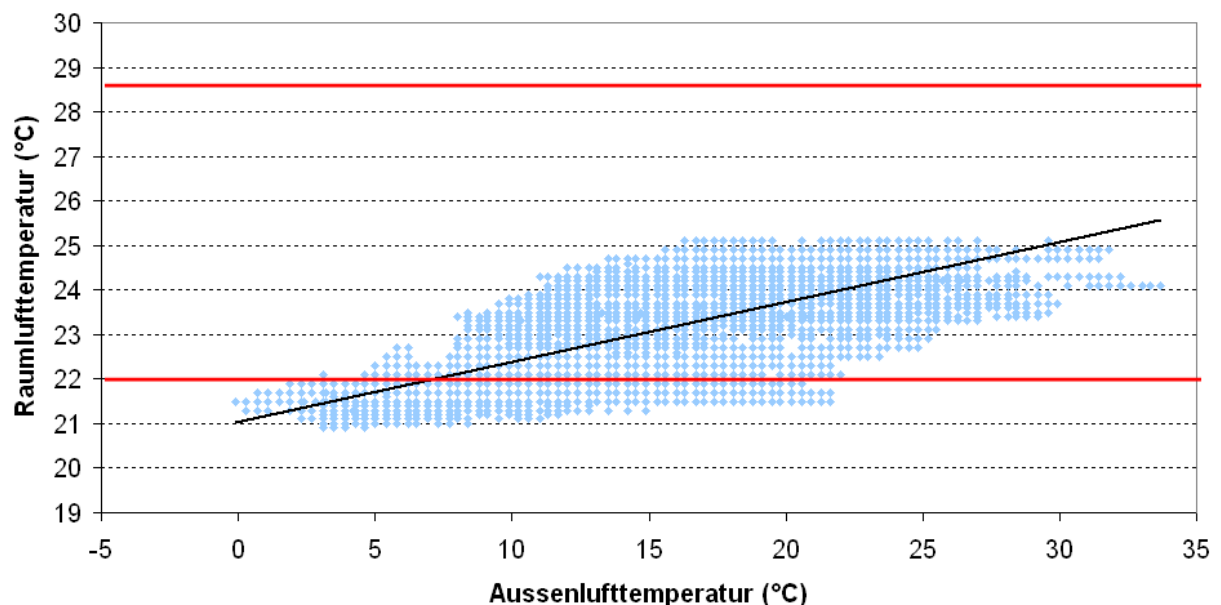


Abbildung 9.39 Raumlufttemperatur in Objekt 3/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während des Sommerhalbjahres (1. April – 30. September 2008)
Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

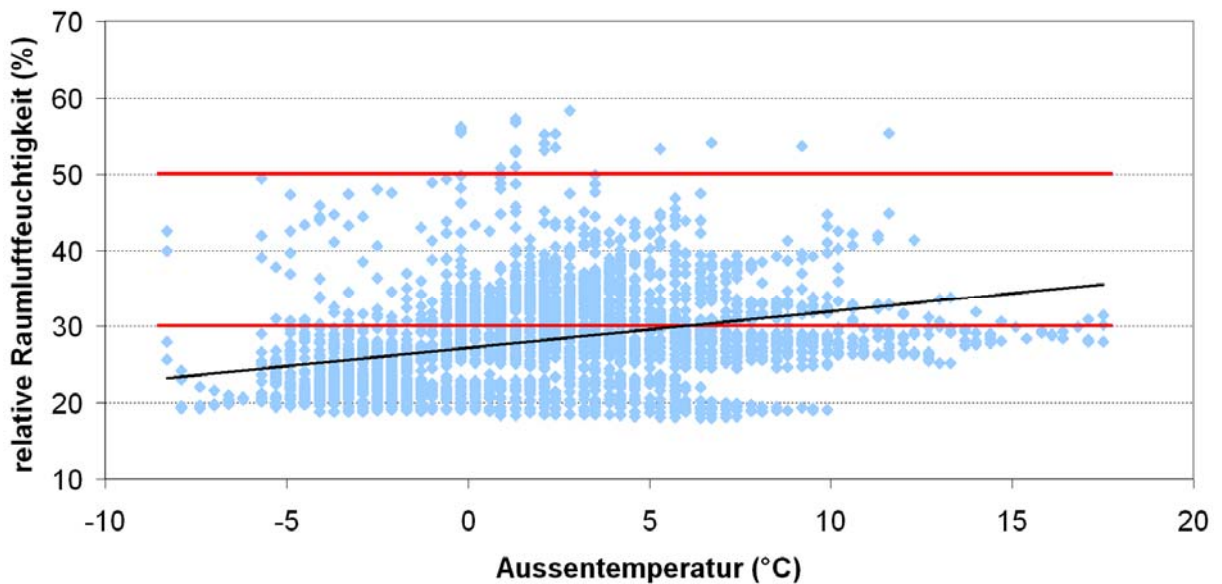


Abbildung 9.40 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 3/1 bei verschiedenen Aussentemperaturen während einigen Winterwochen (5. Februar 2008 – 18. März 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Diese Wohnung schneidet bezüglich der Raumlufffeuchtigkeit eher schlecht ab. Insgesamt waren 66.8 % aller Messwerte unter dem SIA-Behaglichkeitsband. Es ist aber schwierig abzuschätzen, wie stark die Auswirkung auf den Wohnkomfort tatsächlich war, da die Raumlufftemperatur einen weitaus grösseren Einfluss hat und die relative Raumlufffeuchtigkeit nur von empfindlichen Personen als störend wahrgenommen werden kann. Weitere Überlegungen zu dieser Problematik sind in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** aufgeführt.

9.10.2 Energieverbrauch (3/1)

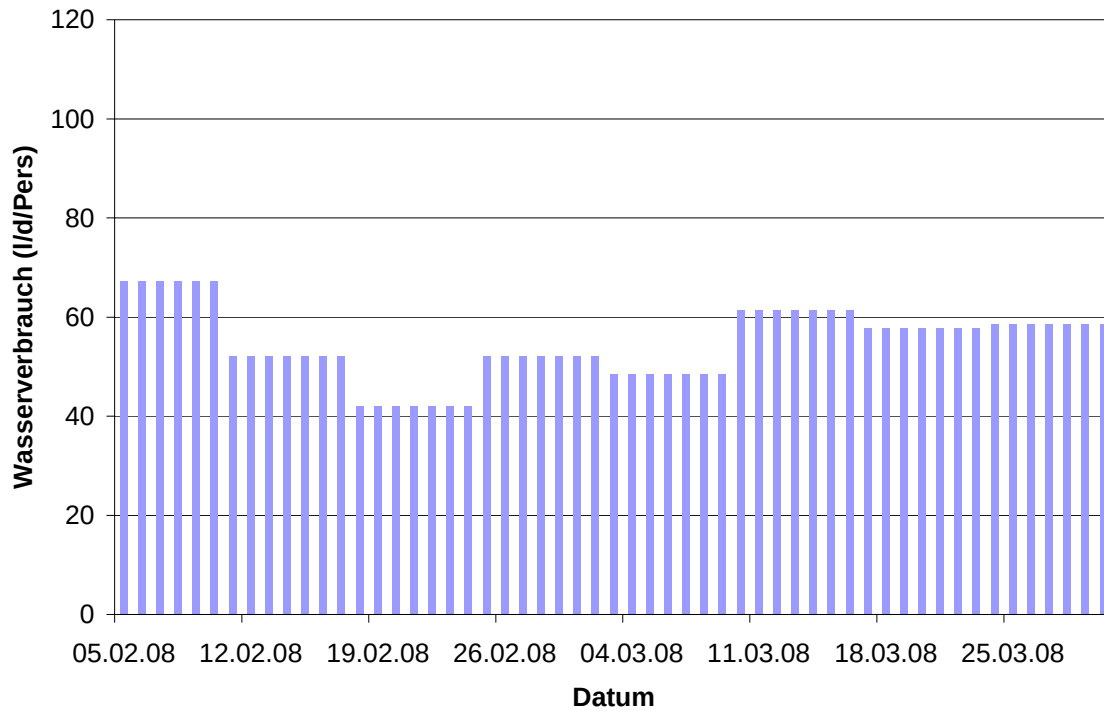
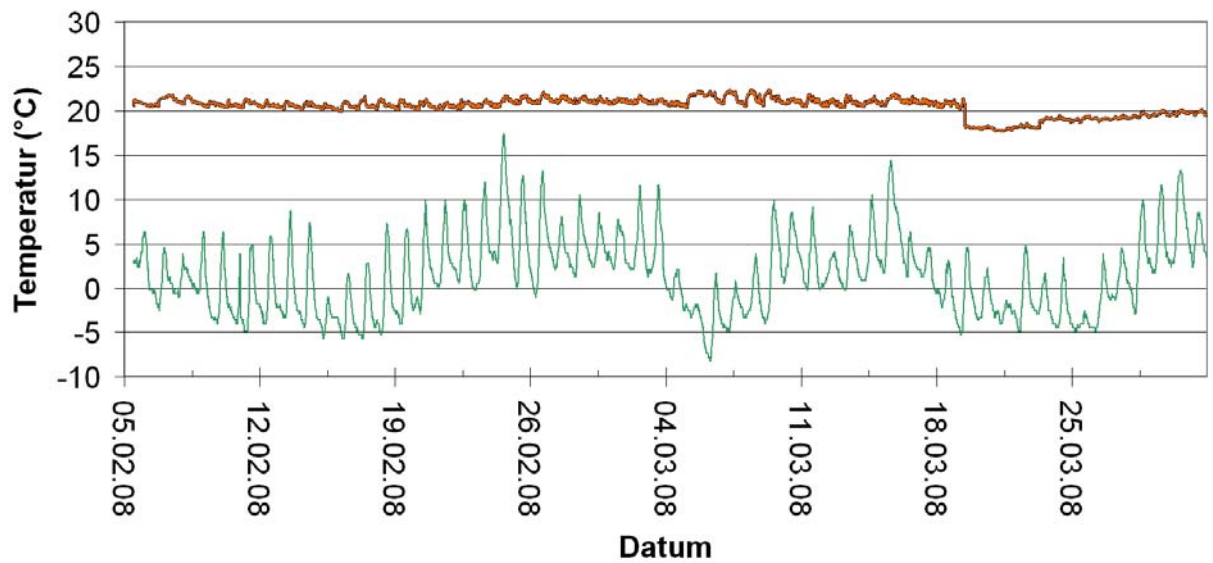


Abbildung 9.41 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während den letzten Wochen des Winterhalbjahres (5. Februar 2008 bis 30. März 2008) in Objekt 3/1

Der mittlere Warmwasserverbrauch über die gesamte Messperiode beträgt 54.8 l/d/Pers. Dieser ist zwar etwas höher als in Wohnung 2, aber insgesamt immer noch etwas tiefer als bei der Planung angenommen wurde. (Vergleich **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

9.11. OBJEKT 3, WOHNUNG 2

9.11.1 Komfort und Behaglichkeit (3/2)



— Temperatur Raumluft — Temperatur Abluft — Temperatur Aussenluft vor EWT

Abbildung 9.42 Temperaturverläufe während den letzten Wochen des Winterhalbjahres in Objekt 3/Wohnung 2

Die Temperaturverläufe von Wohnung 2 sind sehr ähnlich wie die von Wohnung 1 (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Da der Raumtemperaturfühler defekt war, musste die Raumlufttemperatur mit der Ablufttemperatur gleichgesetzt werden. Am 19. Februar fällt die Ablufttemperatur plötzlich ab. **Begründung?** Deshalb wurde für die detaillierte Analyse zur Behaglichkeit die Zeitspanne zwischen dem 5. Februar und dem 18. März 2008 betrachtet. In dieser Zeitspanne liegt die Raumlufttemperatur konstant zwischen knapp 20 und 23 °C (Siehe auch Abbildung 9.43).

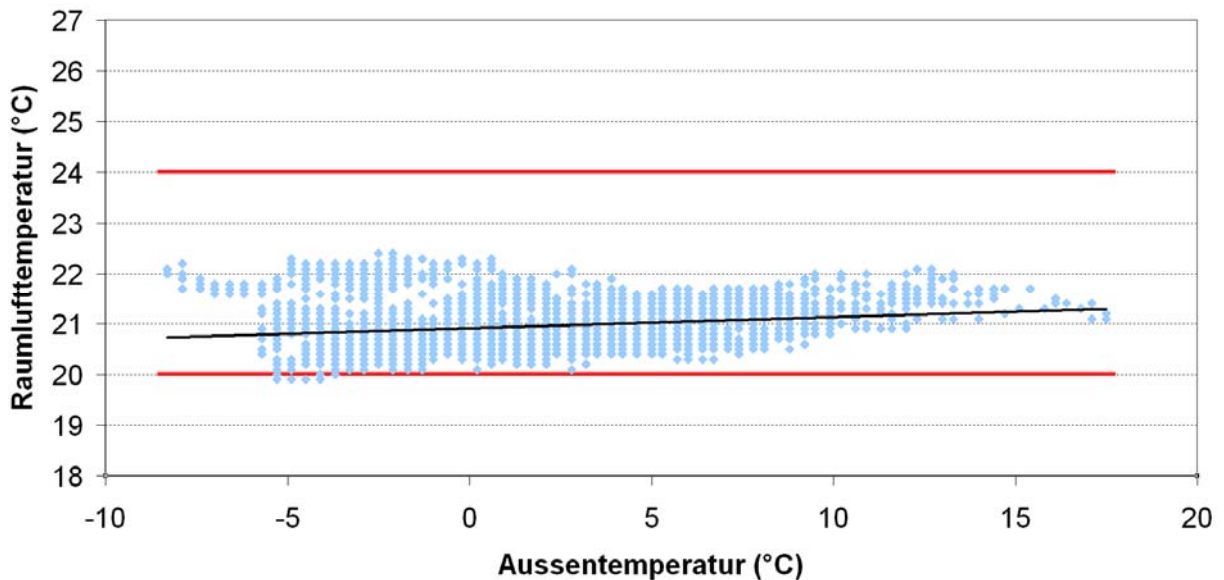


Abbildung 9.43 Raumlufttemperatur in Objekt 3/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während einigen Winterwochen (5. Februar 2008 – 18. März 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Wie in Wohnung 1 lag auch in dieser Wohnung die Raumlufttemperatur immer im optimalen Bereich. Die Tiefstwerte liegen bei knapp unter 20 °C. Allgemein blieb die Raumlufttemperatur sehr konstant.

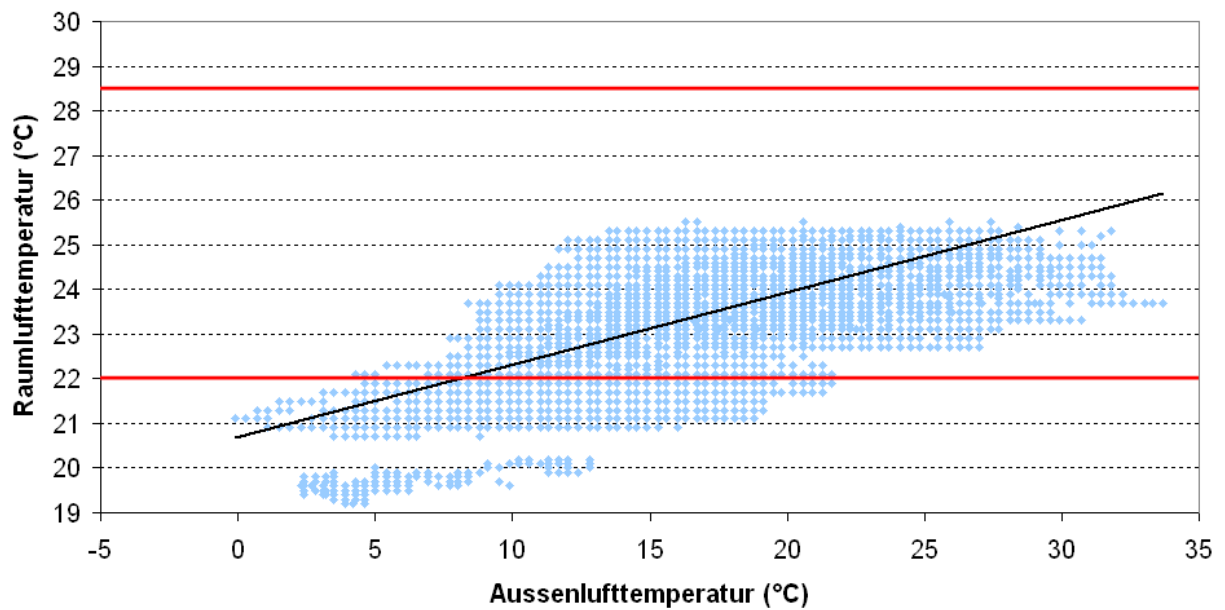


Abbildung 9.44 Raumlufttemperatur in Objekt 3/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während des Sommerhalbjahres (1. April – 30. September)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 mi

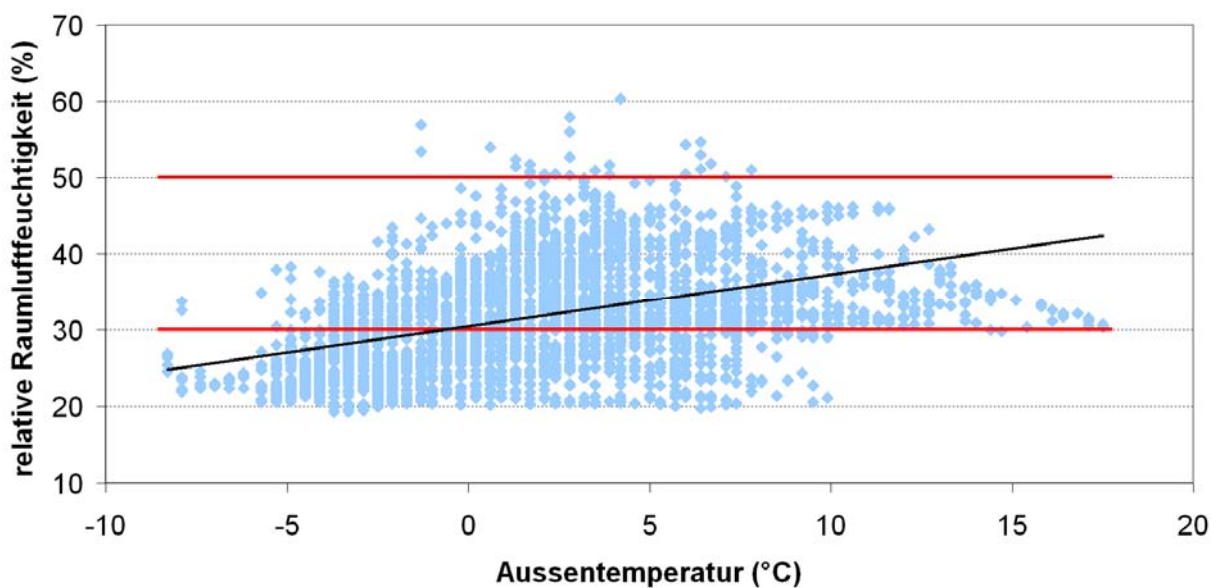


Abbildung 9.45 Relative Raumlufffeuchtigkeit in Objekt 3/2 bei verschiedenen Aussentemperaturen während einigen Winterwochen (5. Februar 2008 – 18. März 2008)

Rote Markierung: Behaglichkeitsband gemäss SIA Norm 382/1; Messintervall: 15 min

Die Werte der relativen Raumlufffeuchtigkeit waren in dieser Wohnung etwas besser als in Wohnung 1 jedoch war das Wohnklima auch in dieser Wohnung eher trocken. Insgesamt waren knapp über 40 % aller Messwerte unterhalb von 30 % relativer Raumlufffeuchtigkeit. Es ist anzunehmen, dass diese tiefen Werte einen geringen Einfluss auf den Wohnkomfort haben, da die Raumtemperatur stets in einem sehr angenehmen Bereich lag (Siehe auch Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

9.11.2 Energieverbrauch (3/2)

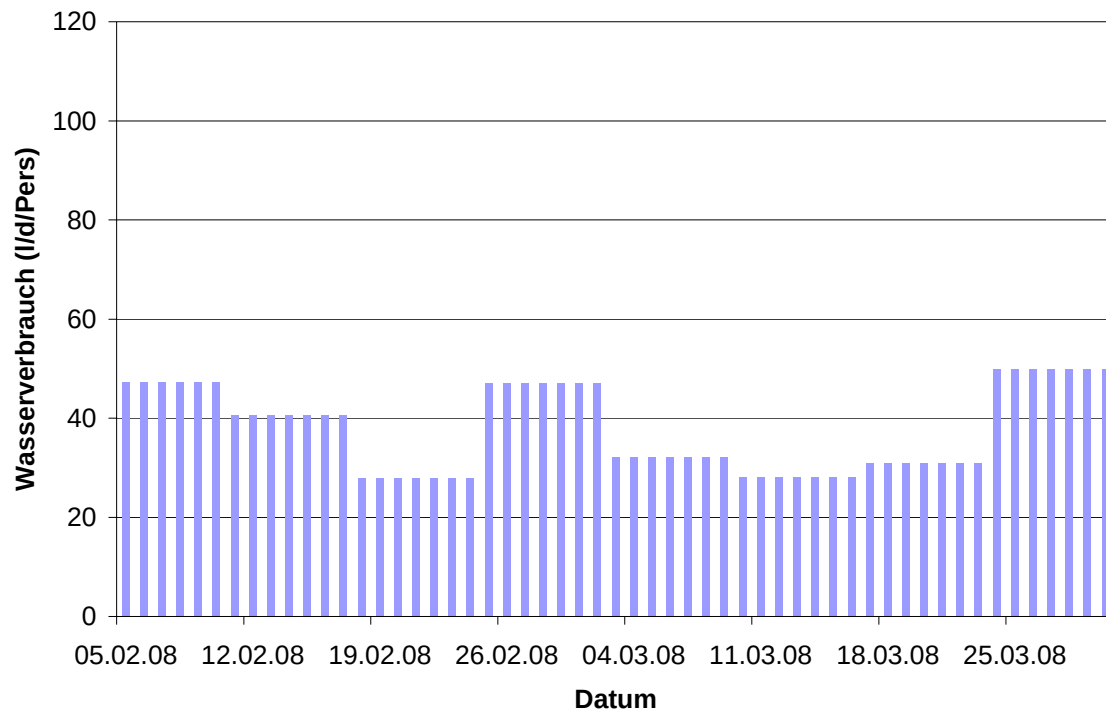


Abbildung 9.46 Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch pro Tag und Person während den letzten Wochen des Winterhalbjahres (5. Februar 2008 bis 30. März 2008) in Objekt 3/2

9.11.3 Detailinformationen zu Messdaten

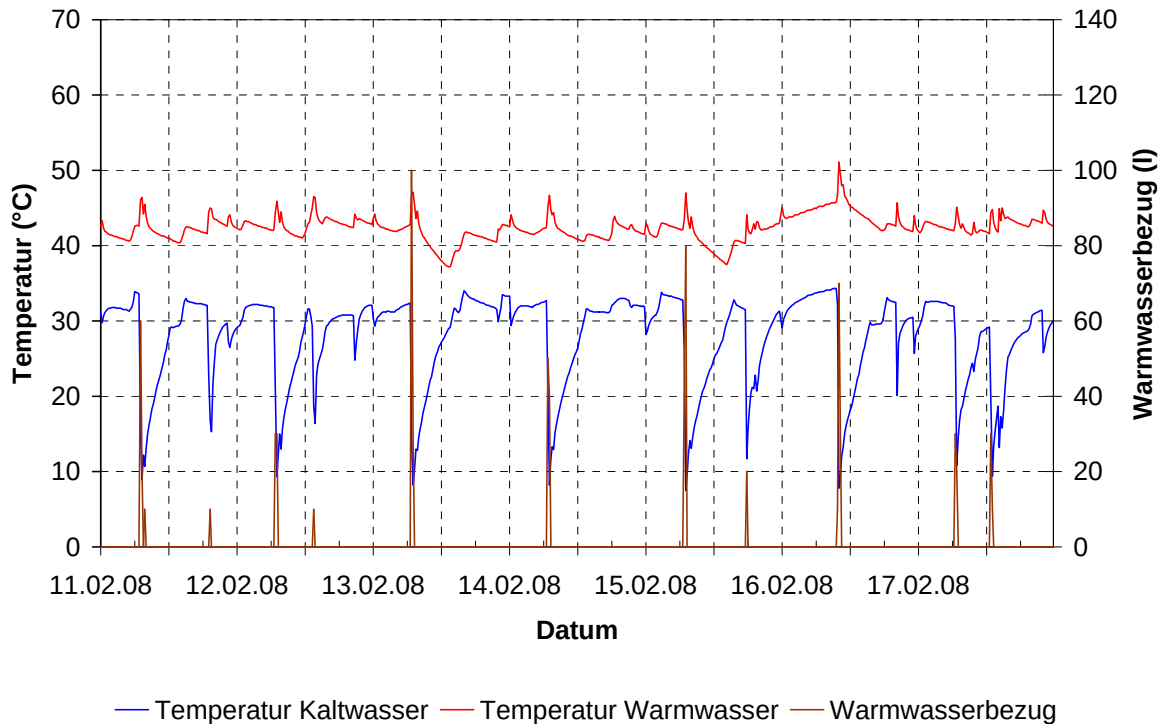


Abbildung 9.47 Warm- und Kaltwassertemperaturverläufe sowie der Warmwasserbezug während einer typischen Winterwoche in Objekt 3/1

Wie Abbildung 9.47 zeigt sind die Warmwassertemperaturen zu tief und entsprechen kaum der Realität. Deshalb wurde für die Berechnung der Nutzenergie Warmwasser folgendes Vorgehen beschlossen.

- für „Warmwasser“ und „Kaltwasser“ wurden alle 15 min die Max- resp. Min-Werte abgespeichert.
- Für die Multiplikation mit der Durchflussmenge wurden für „Warmwasser“ die maximalen 15-Min-Werte und für „Kaltwasser“ die minimalen 15-Min-Werte pro 24-h-Periode ermittelt und verwendet.

9.12. BERECHNUNGEN

9.12.1 Systemnutzungsgrad

(Nutzwärme für WW+Heizung+Lüftung (inkl. EWT)+Wärmeverluste gegen Umgebung zu aufgewendeter Energie für Solar+WP+Lüftung+Elektroheizung+Nebenaggregate+Zusatzheizung)

$$SNG = \frac{Q_w + Q_v + Q_{hr}}{E_{KG} + Q_{ZH}}$$

Q_w	Nutzenergie Warmwasser
Q_v	Nutzenergie Lüftung inkl. EWT
Q_{hr}	Wärmeverluste Kompaktgerät gegen Umgebung
Q_{ZH}	el. Energiebezug Zusatzheizung (z.B. Elektroöfen, Holzöfen)
E_{KG}	el. Energiebezug Kompaktlüftungsgerät (ER 601)

9.12.2 Wärmeerzeugungsnutzungsgrad Kompaktgerät

(Nutzwärme für WW+Heizung (ohne EWT+ohne WRG)+Wärmeverluste gegen Umgebung zu aufgewendeter Energie für Solar+WP+Elektroheizung+Nebenaggregate)

$$WNG_{KG-WP} = \frac{Q_w + Q_{h_WP} + Q_{hr}}{E_{KG-WP}}$$

Q_w	Nutzenergie Warmwasser
Q_{h_WP}	Nutzenergie Heizung, Kriterium für Heizfall: $t_{ZUL} > t_{ABL}$
Q_{hr}	Wärmeverluste Kompaktgerät gegen Umgebung (Prüfstandsgrösse, fix)
E_{KG-WP}	el. Energiebezug Kompaktlüftungsgerät ohne el. Energiebez für Lüftung (ER 501)

9.12.3 Nutzungsgrad Kompaktgerät/Wärmepumpe

(Nutzwärme für WW+Heizung+Lüftung (ohne EWT)+Wärmeverluste gegen Umgebung zu aufgewendeter Energie für Solar+WP+Lüftung+Elektroheizung+Nebenaggregate)

$$WNG_{KG} = \frac{Q_w + Q_{v_KG} + Q_{hr}}{E_{KG}}$$

Q_w	Nutzenergie Warmwasser
Q_{v_KG}	Nutzenergie Lüftung ohne EWT
Q_{hr}	Wärmeverluste Kompaktgerät gegen Umgebung (Prüfstandsgrösse, fix)
E_{KG}	el. Energiebezug Kompaktlüftungsgerät (ER 601)

9.12.4 Strombedarf für Lüftung

$$E_{v_VE} = t_{v_VE} \cdot P_{v_VE}$$

t_{v_VE}	Laufzeit Ventilatoren Lüftung
P_{v_VE}	el. Leistungsaufnahme Ventilatoren Lüftung

9.12.5 Heizenergie Elektroheizung

$$Q_{h_EH} = t_{h_EH} \cdot P_{h_EH}$$

t_{h_EH}	Laufzeit Elektroheizung
P_{h_EH}	el. Leistungsaufnahme Elektroheizung

9.12.6 Nutzenergie Warmwasser

$$Q_w = V_{w_WW} \cdot \rho_{w_WW} \cdot c_{p_w} (t_{w_WW}) \cdot (t_{w_WW} - t_{w_KW})$$

V_{w_WW}	Durchfluss Warmwasser (FR 303)
t_{w_WW}	Temperatur Warmwasser (TR 302)
t_{w_KW}	Temperatur Kaltwasser (TR 301)
ρ_{w_WW}	Dichte Warmwasser
$c_{p_w_WW}$	spez. Wärmekapazität Warmwasser

9.12.7 Nutzenergie Lüftung, inkl. EWT (Effektiver Heizwärmebedarf)

$$Q_v = H_{v_ZUL} - H_{v_geb_AUL}$$

H_{v_ZUL} Enthalpiestrom Zuluft

$H_{v_geb_AUL}$ Enthalpiestrom Aussenluft vor EWT

9.12.8 Nutzenergie Lüftung, ohne EWT

$$Q_h = H_{v_ZUL} - H_{v_AUL}$$

H_{v_ZUL} Enthalpiestrom Zuluft

H_{v_AUL} Enthalpiestrom Aussenluft vor Kompaktgerät

9.12.9 Nutzenergie Heizung (ohne Beitrag WRG)

$$Q_{h_WP} = H_{v_ZUL} - H_{v_ZUL_WRG}$$

H_{v_ZUL} Enthalpiestrom Zuluft

H_{v_AUL} Enthalpiestrom Zuluft nach WRG

9.12.10 Enthalpiestrom Zuluft

$$H_{v_ZUL} = V_{v_ZUL} * \rho_L(t_{v_ZUL}) * cp_L(t_{v_ZUL}) * T_{v_ZUL}$$

V_{v_ZUL} Volumenstrom Zuluft (FR 206)

$\rho_L(t_{v_ZUL})$ Dichte der Zuluft (Funktion der Zulufttemperatur)

$cp_L(t_{v_ZUL})$ spez. Wärmekapazität der Zuluft (Funktion der Zulufttemperatur)

T_{v_ZUL} abs. Zulufttemperatur = $t_{v_ZUL} + 273.15$ K (TR 202)

9.12.11 Enthalpiestrom Zuluft nach WRG

$$H_{v_ZUL_WRG} = V_{v_ZUL} * \rho_L(t_{v_ZUL}) * cp_L(t_{v_ZUL}) * T_{v_ZUL}$$

V_{v_ZUL} Volumenstrom Zuluft (FR 206)

$\rho_L(t_{v_ZUL_WRG})$ Dichte der Zuluft (Funktion der Zulufttemperatur nach WRG)

$cp_L(t_{v_ZUL_WRG})$ spez. Wärmekapazität der Zuluft (Funktion der Zulufttemperatur nach WRG)

$T_{v_ZUL_WRG}$ abs. Zulufttemperatur nach WRG = $t_{v_ZUL_WRG} + 273.15$ K (TR 202)

9.12.12 Zulufttemperatur nach WRG

$$t_{v_ZUL_WRG} = \eta_t \cdot (t_{v_ABL} - t_{v_AUL}) + t_{v_AUL}$$

t_{v_ABL} Temperatur Abluft (TR 203)

t_{v_AUL} Temperatur Aussenluft (TR 201)

η_t Temperatur-Änderungsgrad

9.12.13 Temperatur-Änderungsgrad

Der Temperatur-Änderungsgrad wird während dem reinen Lüftungsbetrieb gemessen (Kriterium $t_{ZUL} < t_{ABL}$).

$$\eta_t = \frac{t_{v_ZUL} - t_{v_AUL}}{t_{v_ABL} - t_{v_AUL}}$$

t_{v_ABL} Temperatur Abluft (TR 203)

t_{v_AUL} Temperatur Aussenluft (TR 201)

t_{v_ZUL} Temperatur Zuluft (TR 202)

9.12.14 Enthalpiestrom Aussenluft vor EWT

$$H_{v_geb_AUL} = V_{v_ZUL} * \rho_L(t_{v_ZUL}) * cp_L(t_{geb_AUL}) * T_{geb_AUL}$$

V_{v_ZUL} Volumenstrom Zuluft (FR 206)

$\rho_L(t_{v_ZUL})$ Dichte der Zuluft (Funktion der Zulufttemperatur)

$cp_L(t_{v_AUL})$ spez. Wärmekapazität der Aussenluft (Funktion der Aussenlufttemperatur)

T_{geb_AUL} abs. Aussenlufttemperatur vor EWT= $t_{geb_AUL} + 273.15$ K, (TR 701)

9.12.15 Enthalpiestrom Aussenluft vor Kompaktgerät

$$H_{v_AUL} = V_{v_ZUL} * \rho_L(t_{v_ZUL}) * cp_L(t_{v_AUL}) * T_{v_AUL}$$

V_{v_ZUL} Volumenstrom Zuluft (FR 206)

$\rho_L(t_{v_ZUL})$ Dichte der Zuluft (Funktion der Zulufttemperatur)

$cp_L(t_{v_AUL})$ spez. Wärmekapazität der Aussenluft (Funktion der Aussenlufttemperatur)

T_{v_AUL} abs. Aussenlufttemperatur vor Kompaktgerät= $t_{v_AUL} + 273.15$ K, (TR 201)

Architectural floor plan showing a complex duct system (orange lines) and various rooms. The plan includes dimensions, elevations, and technical specifications for different rooms.

Room 326 Data:

Raumnr. 326	QT:	216 V
Raumnr. 326	QL:	35 V
VLD 30m3/h		

Room 327 Data:

Raumnr. 327	QT:	216 V
Raumnr. 327	QL:	35 V
VLD 30m3/h		

Room 328 Data:

Raumnr. 328	QT:	309 V
Raumnr. 328	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:

Raumnr. 308	QT:	309 V
Raumnr. 308	QL:	121 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	27	90 138 V

Room 20 Data:

Raumnr. 20	QT:	65 V
Raumnr. 20	QL:	98 V
VLD 25m3/h		
ZUL-T:	31	90 -77 V

Room 308 Data:</

Haustechnik-Kompaktgerät – Erkenntnisse aus der Praxis; W. Hässig, D. Helfenfinger, P. Keller, S. Streit - ANHANG

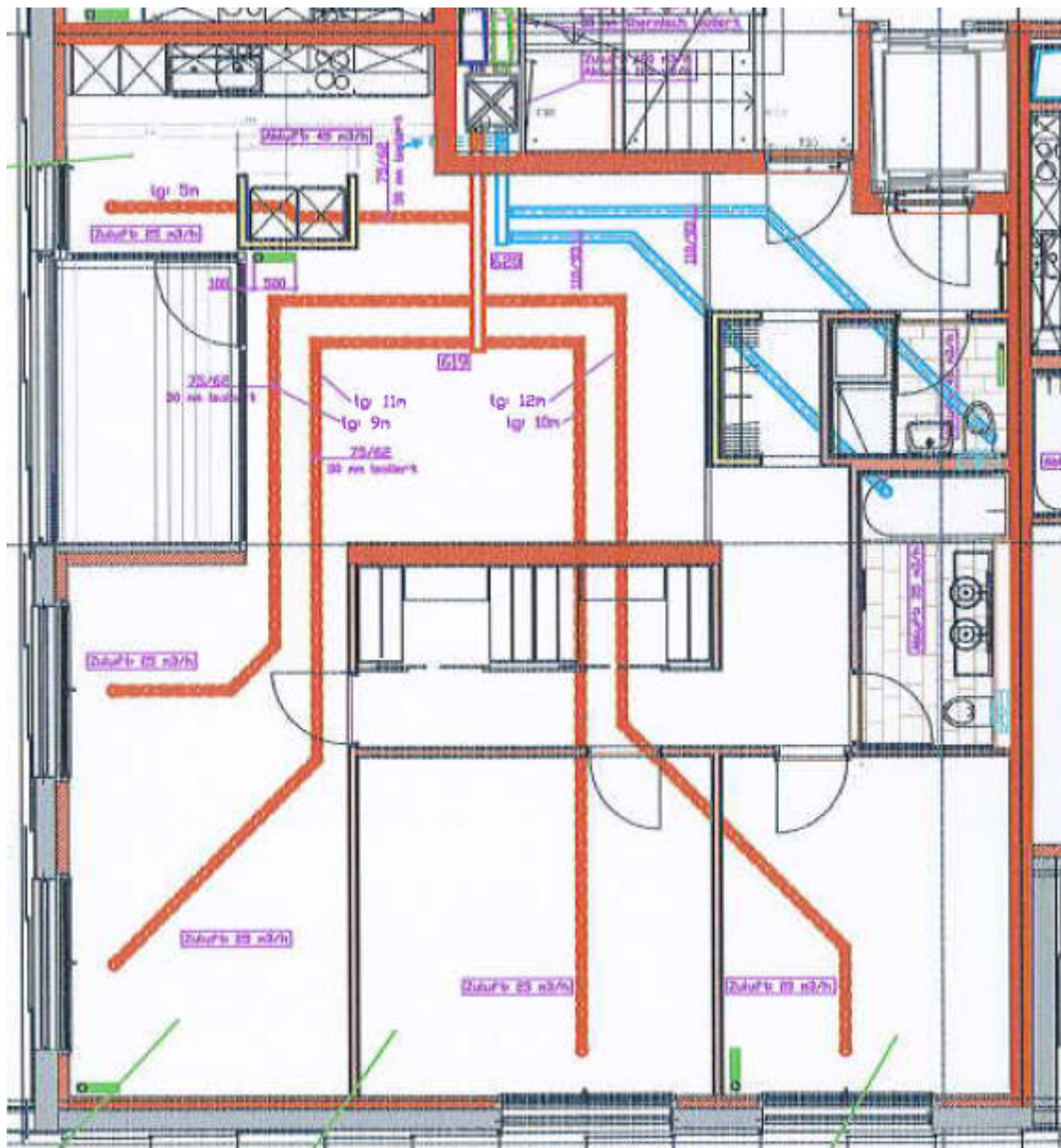


Abbildung 9.49 Grundriss Objekt1/Wohnung2

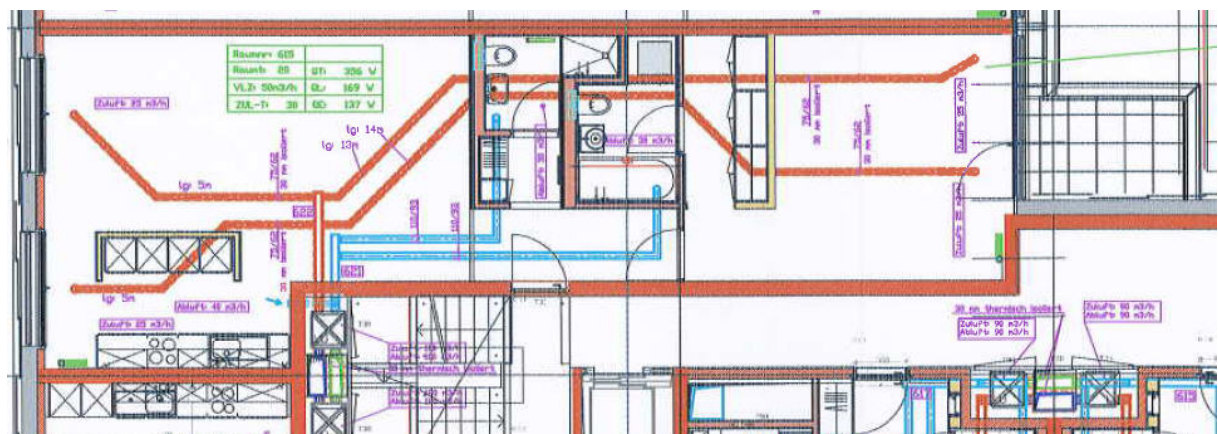


Abbildung 9.50 Grundriss Objekt1/Wohnung3