

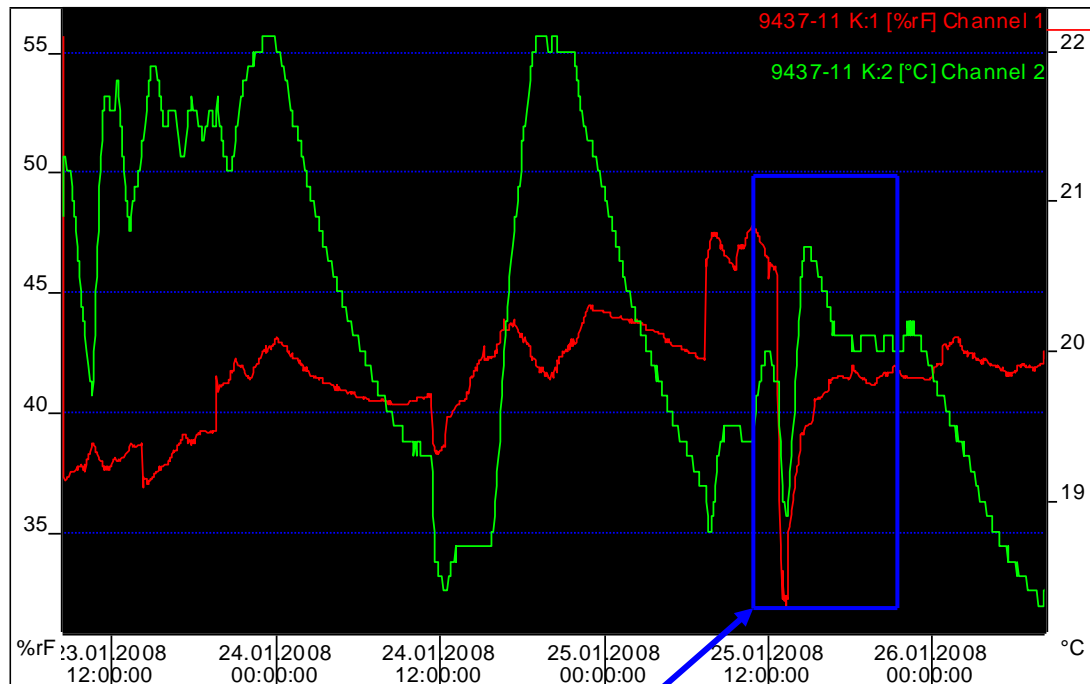
Die Messung von Raumlufttemperaturen und relativen Feuchten über mehrere Tage ist hervorragend geeignet, ein Heiz- und Lüftungsverhalten zu optimieren und damit Energie zu sparen.

Dazu kann ein Datenlogger eingesetzt werden, der für die gewünschte Aufgabe zu programmieren ist. Werden wie im Beispiel eine Messrate von 3 Minuten und eine Anzahl 1.440 Messungen festgelegt, können 3 Tage lückenlos abgebildet werden (20 Messungen/h \* 24 h/d \* 3 d).

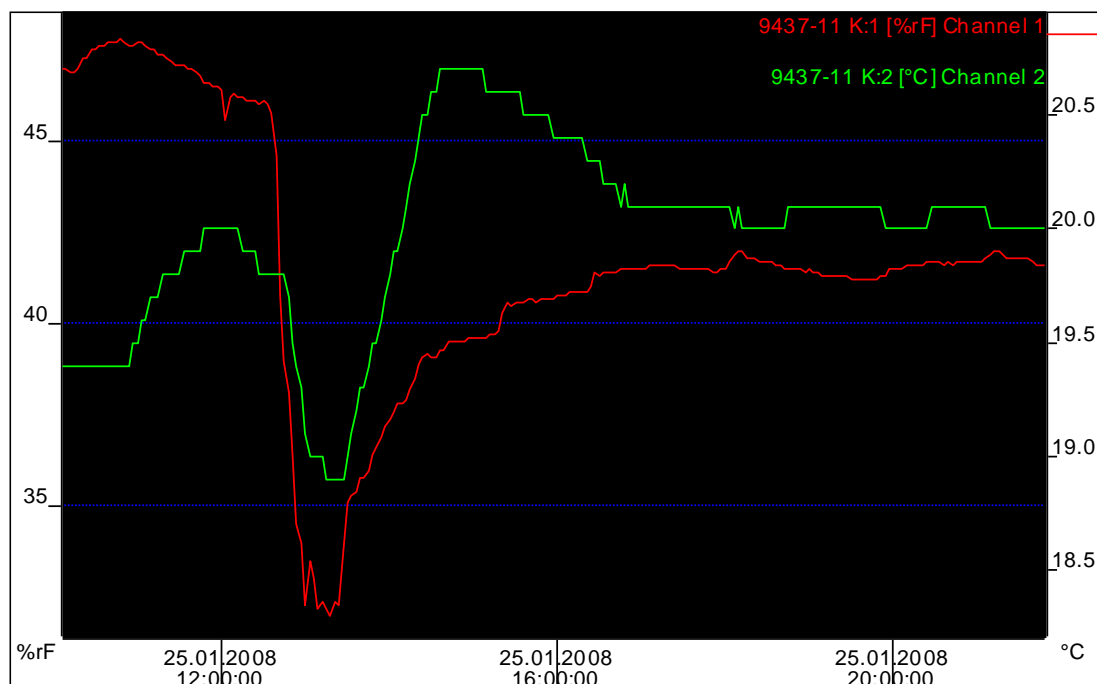
Die nachstehende Grafik zeigt eine Messung in 3 verschiedenen Räumen einer Wohnung. Nach jeweils einem Tag wurde der Datenlogger in den nächsten Raum gebracht und ca. 1,5 m vom Fenster entfernt gelagert. Die Heizkörper wurden während der Fensterlüftung geschlossen.

Die roten Kurven zeigen die relativen Feuchten [%rF], die grünen Kurven die Temperaturen [°C].

Nun lassen sich eine ganze Menge an Informationen auslesen.



Schauen wir uns einmal das **besonders aussagekräftige Zeitfenster** der Messung am dritten Tag näher an. Dazu erhöhen wir die Auflösung in der nachfolgenden Grafik.



Die Zeitachse zeigt, daß am 25.01. ab ca. 12.33 Uhr mit einem starken Abfall zuerst die relative Feuchte, etwas später auch die Temperatur zu sinken beginnt (würde der Datenlogger auf dem Fensterbrett liegen, würden beide Messwerte nahezu zeitgleich sinken). Das gekippte Fenster wurde um 13.18 Uhr wieder geschlossen, ab diesem Zeitpunkt steigen beide Messwerte wieder an.

Auffällig ist, daß die Raumlufttemperatur trotz der langen Lüftungszeit von einer Dreiviertel Stunde bei gekipptem Fenster und einer Außenlufttemperatur von ca. 9°C nur von 19,8 °C auf ca. 18,9 °C abfällt. Zu erklären ist dies damit, daß einerseits nach dem Ankippen der Fenster es sofort zu einer erhöhten Durchströmung weiterer (warmer) Wohnbereiche in Richtung offenes Fenster kommt, darüber hinaus etwas gespeicherte Energie des raumabschließenden Baukörpers (Wände, Decken) und der Einbauten (Möbel u.s.w.) abgegeben wird.

Das längere Lüften wird durch den begrenzten Temperaturabfall daher nicht als so energieintensiv wahrgenommen, wie es tatsächlich ist. Ein weiterer Nachteil langer Lüftungsintervalle ist, daß die fensternahen Bauteiloberflächen stärker auskühlen und nach dem Schließen des Fensters umso anfälliger für einen Tauwasserausfall bis hin zur Schimmelbildung neigen.

Die grüne Temperaturkurve zeigt, daß sich nach dem Schließen des Fensters und dem Öffnen des Thermostatventils am Heizkörper die aufsteigende Warmluft zunächst im Raum verteilt, dabei am Messort einen leicht erhöhten Spitzenwert von 20,7 °C erreicht und sich erst ab ca. 16.45 Uh die Luftzirkulation soweit reduziert, daß der Heizkörperthermostat in einem kleinen Regelbereich zwischen 20,0°C und 20,1°C arbeitet.

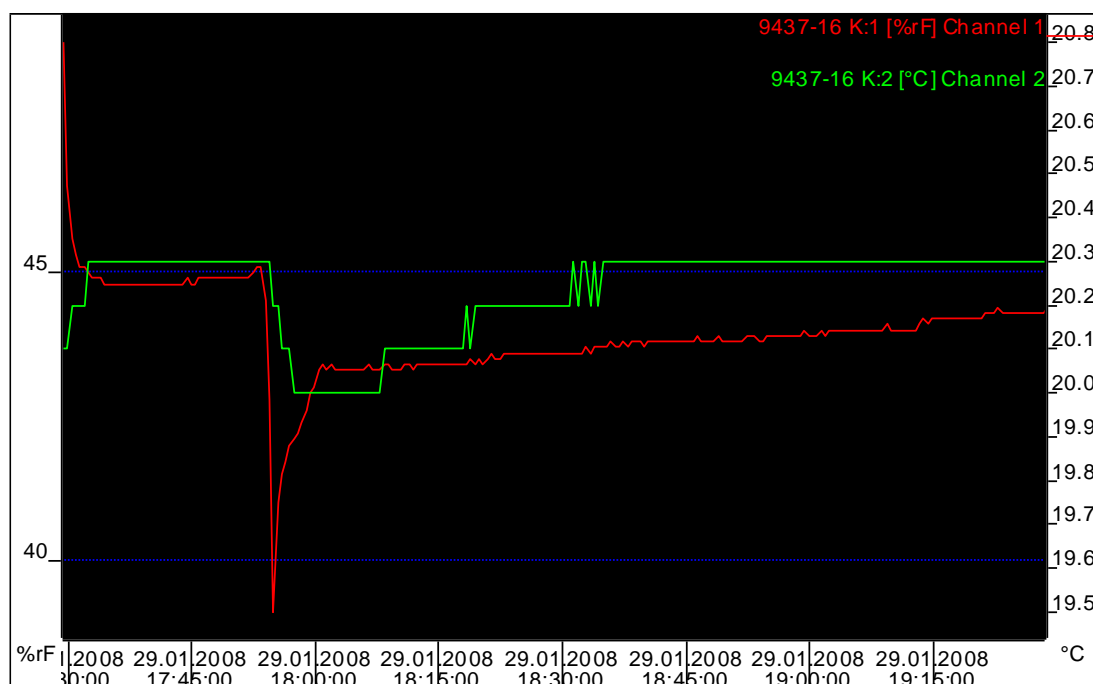
Alle Einzelwerte der beiden Messreihen werden übrigens vom Programm auch in einer Tabelle ausgegeben, sodaß die Messwerte bei Bedarf zeit- und wertgenau abgerufen werden können.

#### Noch einmal zurück zur obersten Grafik:

Die beiden linken, kontinuierlich abfallenden Abschnitte der Temperaturkurve zeigen, daß in den Nachtstunden bis kurz vor Mittag des Folgetages die Heizung komplett abgestellt war, die Temperaturen trotzdem nur um ca. 3 Kelvin abgefallen sind. Die Temperaturen sind in den Nächten übrigens bis kurz über den Gefrierpunkt (ca. 2°C bis 4°C) gefallen. Dies deutet auf eine "mittlere" Außenwanddämmung, die ein stärkeres Auskühlen der Räume verhindert. Bei stärkeren Dämmungen mit 14 cm bis 16 cm Dämmschichtdicken, wie sie gegenwärtig z.B. als Vorgaben der erhöhten Förderung einiger KfW- Programme gelten und auch in wirtschaftlicher Hinsicht vernünftig sind, dürfte sich der Temperaturabfall bei den vorstehend genannten Randbedingungen und einer annehmbaren Luftdichtheit auf ca. 1,0 bis 1,5 Kelvin verringern.

Die Abschaltung der Beheizung ist natürlich energiesparender als ein Absenkbetrieb, bei dem allein die erhöhte Takterei des Brenners für zusätzliche Verluste sorgt. Da man in den Wohnbereichen, die man in einem Tagesabschnitt bestenfalls nur kurzzeitig nutzt auch in "Bewegung" ist, sind dort etwas geringere Temperaturen nötig als in anderen Bereichen. Bei Tätigkeiten mit einem reduzierten Stoffwechsel, wie einem längeren Lesen oder Fernsehen, braucht man es etwas wärmer. Eine auf die tatsächliche Nutzung abgestellte Beheizung ohne Komfortverlust (mit Berücksichtigung physiologischer Aspekte) trägt mithin zur Energieeinsparung bei.

**Zum Vergleich soll die nächste Grafik ein energiesparenderes Lüftungsverhalten nachweisen**



Der Messzeitraum betrug hier nur 2 Stunden, allerdings zur genaueren Bewertung mit einer Messrate von 30 Sekunden. Der Datenlogger lag im gleichen Raum wie bei der mittleren Grafik und auch am gleichen Ort (1,5 m vom Fenster entfernt). Das Fenster wurde genau 1,0 Minuten lang voll geöffnet. Das Außenklima wurde unmittelbar nach dem Schließen des Fensters mit einem anderen Messgerät erfasst. Die Außenlufttemperatur betrug 6,6 °C und lag damit etwas niedriger als beim Lüftungsvorgang der mittleren Grafik. Die zeitgleich erfasste relative Feuchte der Außenluft betrug 65,1 %, dieser Wert lag deutlich höher als beim Lüftungszeitraum in den Mittagsstunden der ersten Messung.

### **Nun zur letzten Grafik**

Die starke Änderung beider Kurven zu Beginn der Messung kommt davon, daß der Datenlogger in einem anderen Raum programmiert wurde und dort andere Klimabedingungen herrschten. Die rote Feuchtekurve erreichte ab ca. 17.32 Uhr ein konstantes Niveau. Um 17.54 Uhr wurde das Fenster geöffnet, die relative Feuchte sank sehr schnell ab, um sich bereits nach 5 Minuten auf ein konstantes Niveau, aber niedriger als vorher, einzupegeln. Der weitere sehr gleichmäßige und schwache Anstieg der Feuchte ist auf einen Feuchteeintrag des Nachbarraumes (nicht ganz dichte Tür) und von Blumen zu erklären.

Obwohl die Außenfeuchte mit  $rF = 65,1\%$  deutlich höher war als die Raumfeuchte zum Zeitpunkt des Öffnens vom Fenster ( $rF = 45,1\%$ ), konnte die Raumfeuchte abgesenkt werden. Wie ist das möglich? Warme Luft kann wesentlich höhere Feuchtemengen bis zu ihrer Sättigung (relative Feuchte 100 %) aufnehmen als kalte Luft. Die beim Lüften einströmende Kaltluft erwärmt sich im warmen Raum sofort, dadurch sinkt zunächst die relative Feuchte. Die wohnliche Nutzung verursacht einen Feuchteeintrag (z.B. Kochen, Duschen, Verdunstung durch Menschen, Tiere, Blumen, Aquarien, trocknende Textilien), dieser Feuchteanstieg ist daher zyklisch durch das Lüften wieder abzubauen.

Ebenso interessant ist die Temperaturkurve. Die Temperatur sank hier lüftungsbedingt nur um 0,3 Kelvin (von 20,3°C auf 20,0°C)! Bei der anschließenden Nachheizung schnellte die Kurve entgegen der vorhergehenden Messung aber nicht über den hier eingestellten Sollwert (20,3 °C). Dies liegt daran, daß zunächst eine geringere Energiemenge bereit zu stellen war und sich auch die Luftströmungen im Raum durch gleichbleibende Oberflächentemperaturen der Bauteile sehr viel schneller beruhigen. Diese Bauteile sind also gar nicht ausgekühlt, hier musste nur die in der ausgetauschten Luft verloren gegangene Energiemenge nachgeheizt werden- aber eben nicht die in den massiven Bauteilen gespeicherte Energie. Diese ungewollten Lüftungsverluste konnten durch die kurzen Lüftungszyklen nahezu vollständig vermieden werden.

### **Zusammenfassung:**

Ein günstiges Lüftungsregime wird erzielt, wenn statt langer Lüftungsphasen besser nur kurz, aber kräftig (Fenster voll geöffnet) gelüftet wird. Dies dann je nach Intensität der Nutzung bis mehrmals am Tag. Einen Sonderfall stellen dabei Schlafräume dar. Da nach dem Schlafen die Feuchte aus den Betten nur sehr langsam entweicht, sollten hier die Lüftungszeiten geringfügig länger dauern und nach der Nachtruhe anfänglich auch kürzere Lüftungszyklen eingehalten werden.

Als guter Indikator für die Anzeige des nächsten, fälligen Lüftens kann ein (digitales) Hygrometer (ab ca. 15 €) dienen, welches am besten an der Wand neben dem Fenster befestigt wird. Etwas günstiger, aber kaum teuer sind Geräte, die zugleich die Temperatur messen und auch Minimal- und Maximalwerte speichern können. So erhält man auch Daten zu Grenzwerten bei längerer Abwesenheit.

Solche Messungen lassen weitere Analysen zu:

Bei hohen Feuchten trotz angemessener Lüftungsintervalle deutet dies auf Bauteile mit hohen Wärmeverlusten oder einen mangelnden Luftaustausch am Messort. Lassen sich bei ausreichender Öffnung der Thermostatventile keine ausreichenden Raumlufttemperaturen erreichen, kann dies auf Mängel an der Anlage (falsche Dimensionierung, fehlender hydraulischer Abgleich) oder falsche Einstellungen (Heizkurve) deuten. Die Messungen können also erste Hinweise für weitere, zielgerichtete Untersuchungen in Problemfällen geben.