

Schimmelprävention und Kellerlüftung, Empfehlungen, Theorie und Praxis

R. Grohmann, Ing.-Büro Grohmann, Markkleeberg,
K. Heym, Fachärztin für Allgemeinmedizin, Arztpraxis Podelwitz

FORTSETZUNG

4. Praktische Kellertrocknung und Schimmelprävention mittels eines Hygro Guard [4.1]

Das in der Zeitschrift „Wohnmedizin“ Heft 4, August 2010 bereits vorgestellte Steuergerät Hygro Guard 21 ist neben seinen nützlichen Eigenschaften zur Schimmelprävention in Wohn- und Feuchträumen auch geeignet, Kellerräume, die den oben geschilderten besonderen Bedingungen der Belüftung unterliegen, zu belüften und zu trocknen.

Der Hygro Guard 21 erkennt auf Grund seines Zusammenspiels mit einer Lüftungseinrichtung und seinen Sensoren, ob durch die Lüftung eine Entfeuchtung der Kellerluft entsteht. Außerdem erkennt er, ob eine Betauung an der Kellerwand erfolgt. Ein zum Patent angemeldetes Verfahren sichert weiterhin, dass

- die Kellertemperatur einen bestimmten Wert nicht unterschreiten kann,
- sich die Lüftungsintervalle den klimatischen Verhältnissen ständig anpassen,
- bei extremen Witterungsverhältnissen bzw. bei besonders ungünstigen Temperatur- und Feuchteverhältnissen im Keller ein Entfeuchter zusätzlich aktiviert und auch wieder deaktiviert wird,
- eine wahlweise optische und/oder akustische Signalgebung erfolgt.

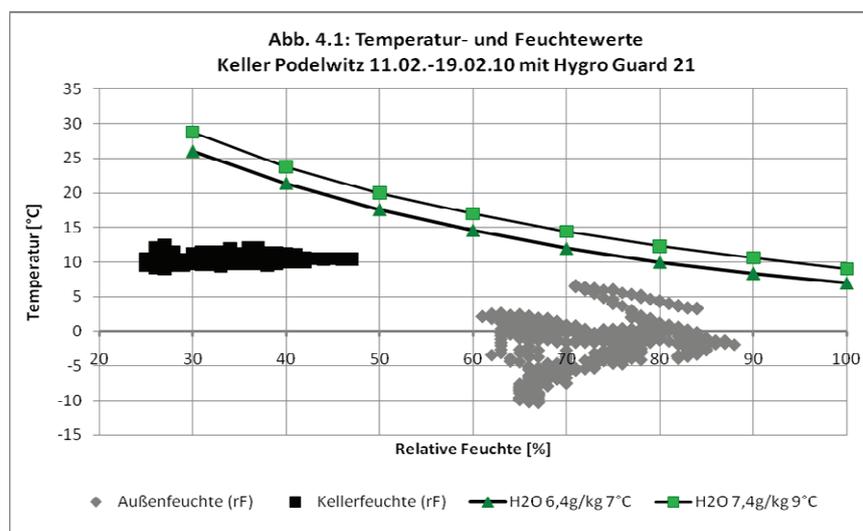
Die Messergebnisse eines Langzeitversuches vom November 2009 bis Oktober 2010 in einem Kellerraum mit einem Volumen von 3 m x 5 m x 2,20 m = 33m³ zeigen eine deutliche Verbesserung der Lüftungsmöglichkeiten, der Feuchtereduktion und Schimmelprävention.

Dargestellt werden je nach Erklärungsbedarf

- Temperatur- und Feuchtwerte in einem Häufigkeitsdiagramm sowie als Funktion der Zeit
- Taupunktwerte und Wassergehaltswerte von Innen- und Außenluft.

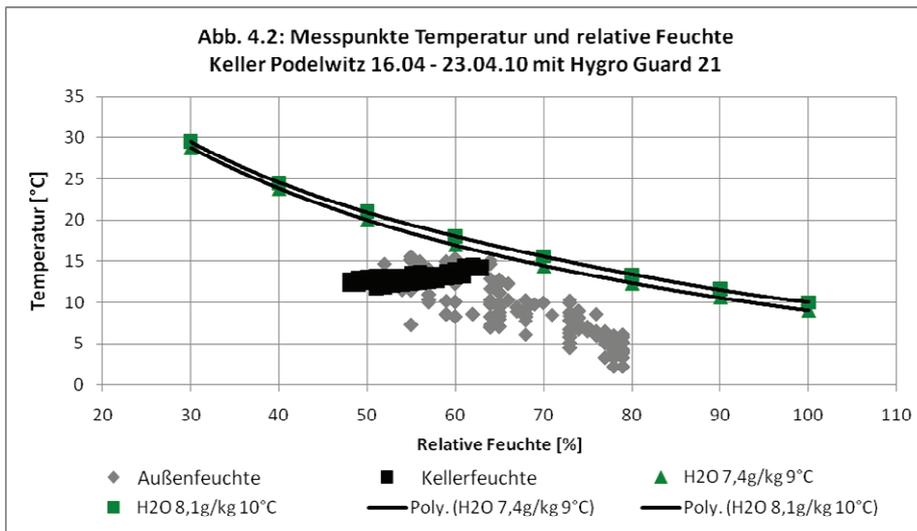
4.1 Messwerte im Winter 2009/2010

Die folgende Darstellung steht stellvertretend für die Monate November, Dezember, Januar, Februar und März.



Es ist offensichtlich, dass die Kellerlüftung problemlos möglich ist und sehr kleine relative Feuchten erzielt werden. Weitere Darstellungen erübrigen sich damit.

4.2 Messwerte im Frühjahr 2010

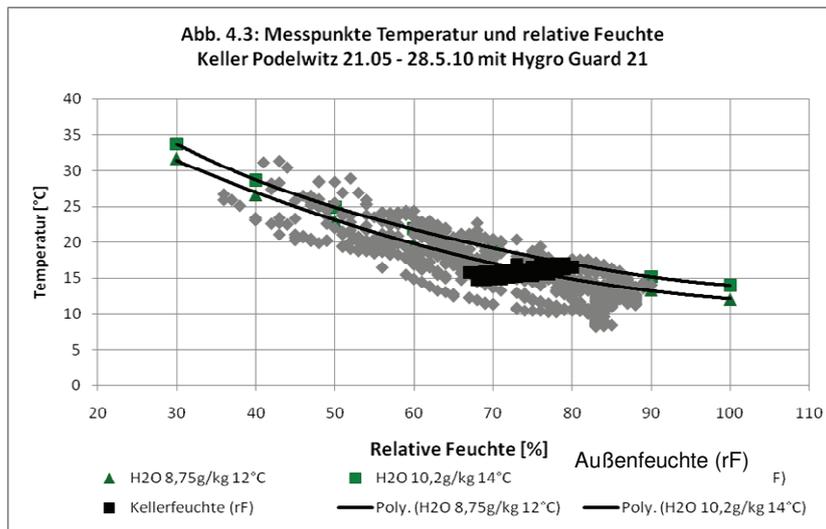


Auch hier erübrigen sich weitere Darstellungen, weil sämtliche Feuchtwerte der Innen- und Außenfeuchte unterhalb der beiden Grenzkurven für Betauung an der Kellerwand liegen.

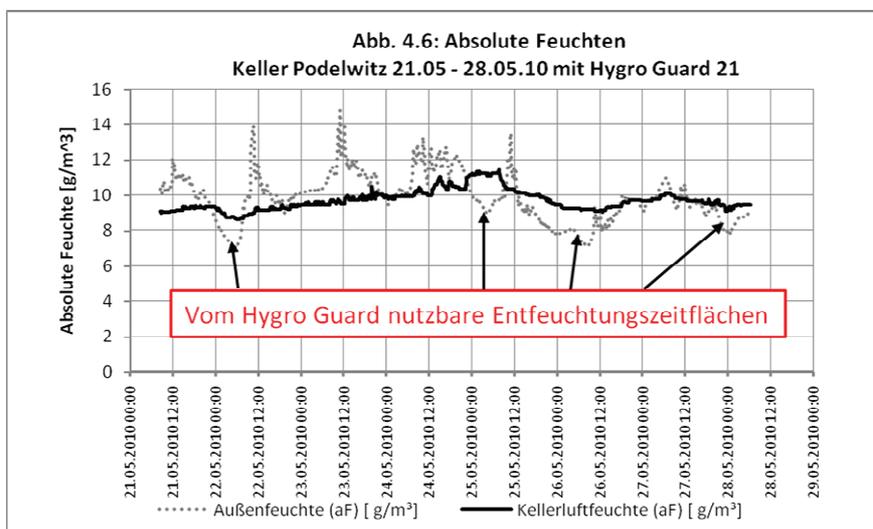
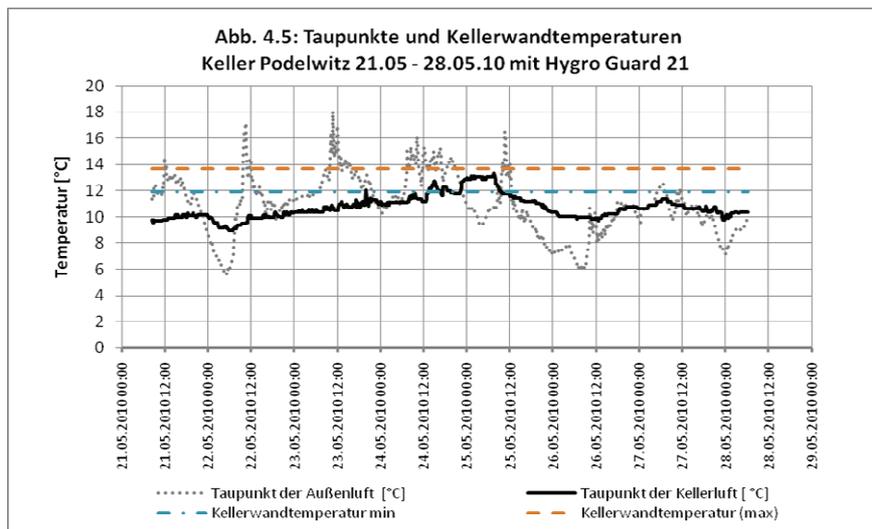
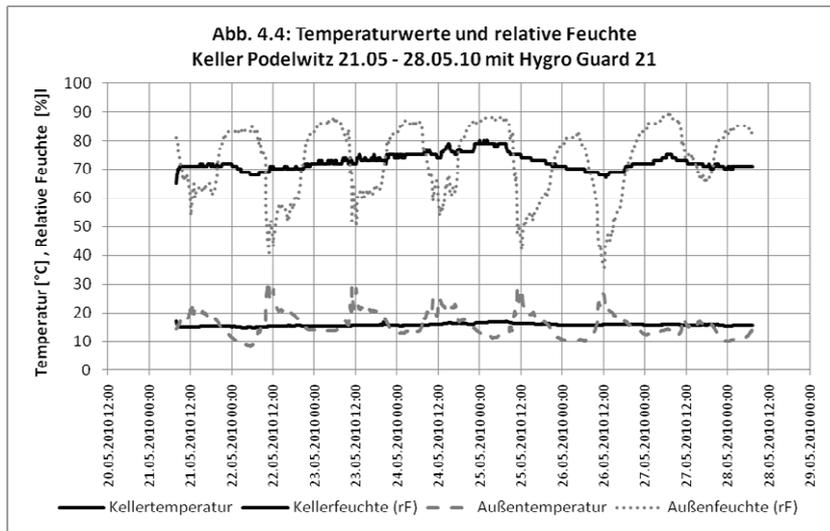
4.3 Messwerte im späten Frühjahr 2010

Mit der Zunahme der Außentemperaturen und absoluten Außenfeuchten gestaltet sich die Entfeuchtungsaufgabe schwieriger, weil nur immer kürzere Zeiträume für die Lüftung genutzt werden können.

Die Abbildungen 4.3 bis 4.6 verdeutlichen die Situation im Mai 2010.

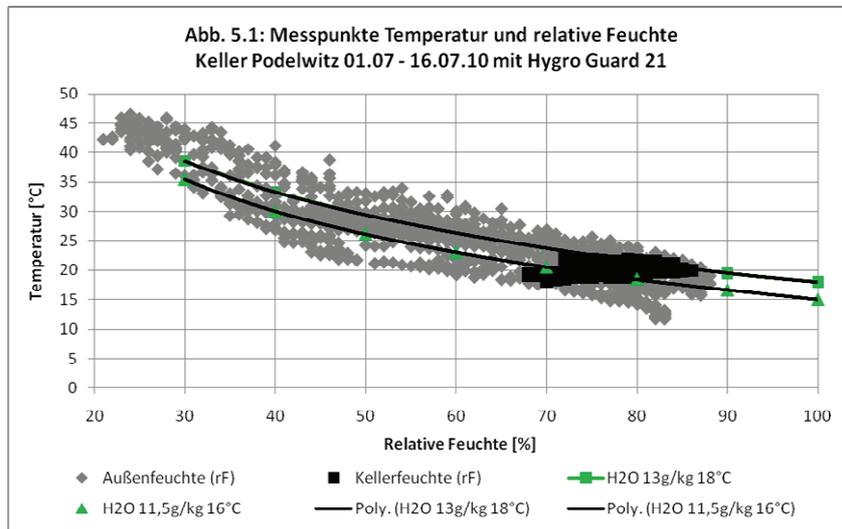


Die Lüftung ist nicht mehr zu beliebigen Zeitpunkten möglich. Das Steuergerät muss die günstigsten Zeiträume erfassen und zur Trocknung nutzen. Die folgenden Abbildungen zeigen die Zeitverläufe von Temperaturen und Feuchten.

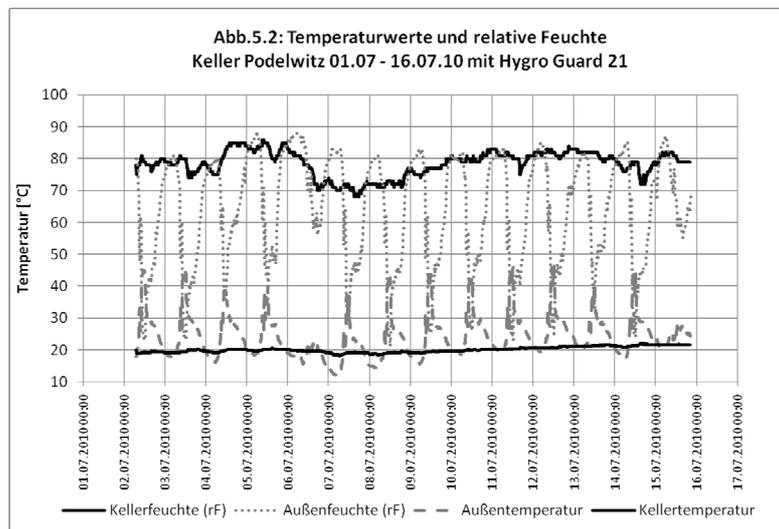


5. Messwerte im Sommer 2010

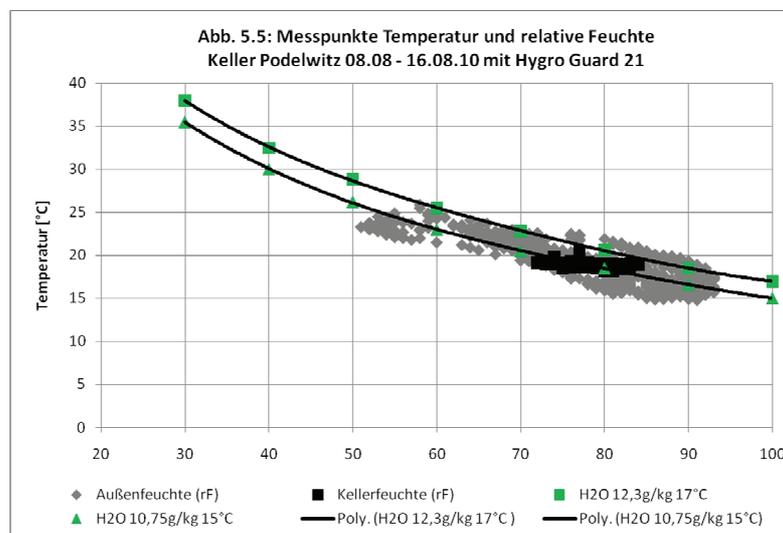
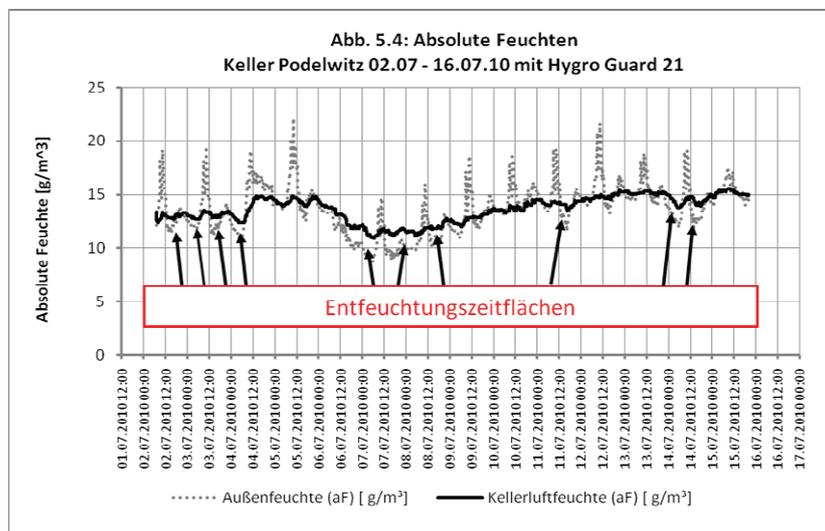
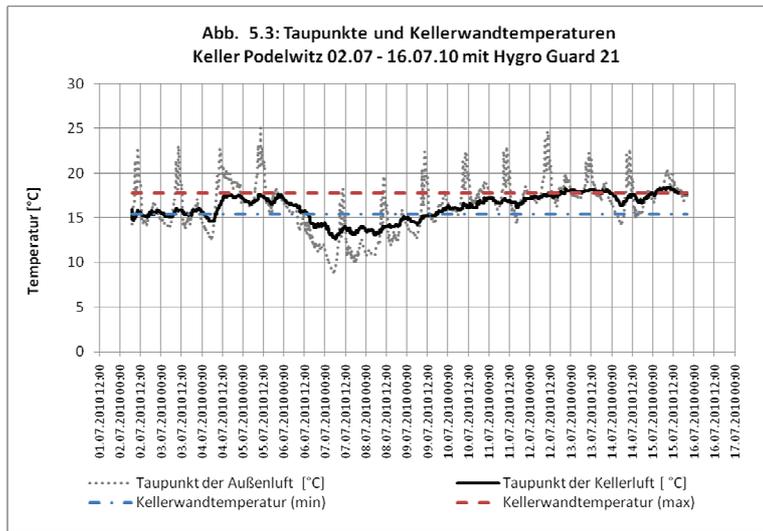
Die Trocknungsmöglichkeiten nehmen während der Sommermonate immer mehr ab. Die Abbildung 5.1 zeigt die Messpunkte von Innen- und Außenfeuchte gemeinsam mit den jeweiligen Temperaturwerten. Wenn die Innenfeuchtwerte die sogenannte Schimmeligrenzkurve von 80% längere Zeit nennenswert übersteigen, besteht natürlich die Gefahr der Schimmelbildung.



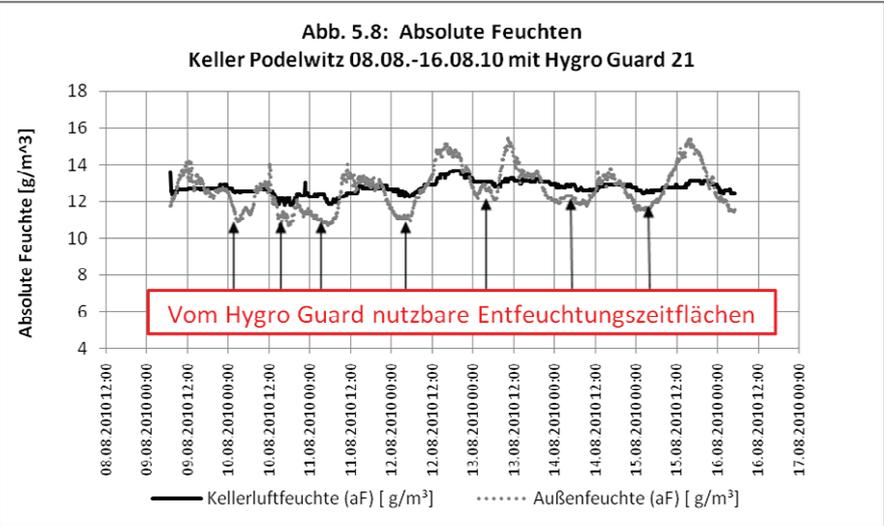
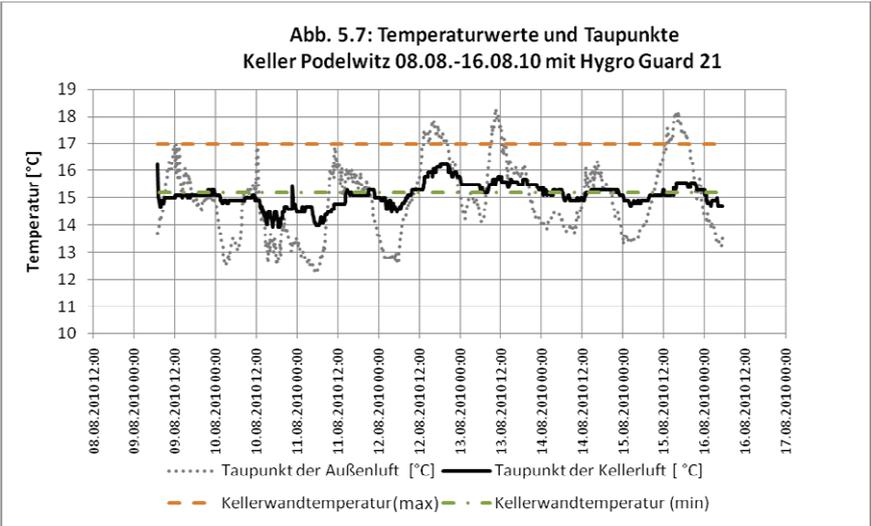
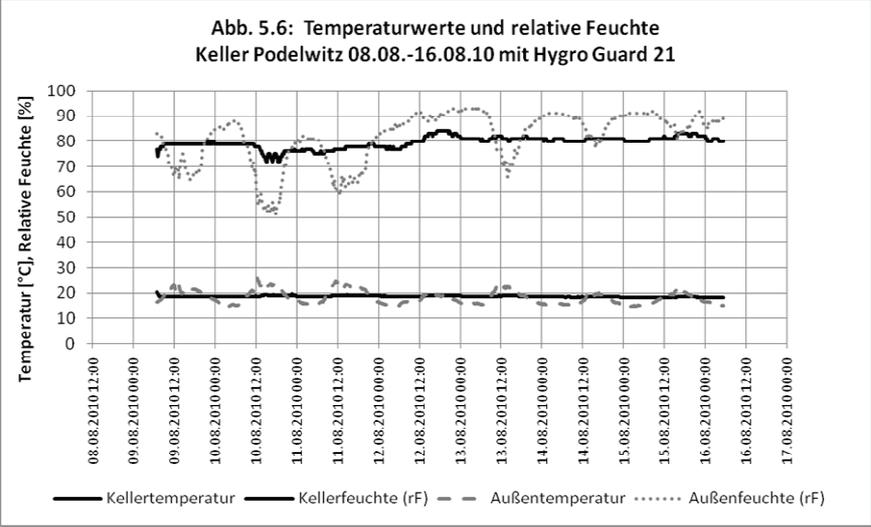
In Abbildung 5.2 wird die zeitliche Abhängigkeit der relativen Feuchte im betrachteten Zeitraum dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Schimmeligrenzkurve jeweils nur relativ kurze Zeit überschritten wird und dann aber auch wieder unterschritten wird, so dass immer wieder eine Trocknung des Kellers erfolgen kann.



Die beiden nächsten Abbildungen zeigen die Taupunkte und die absoluten Feuchtwerte dieses Messzeitraumes.

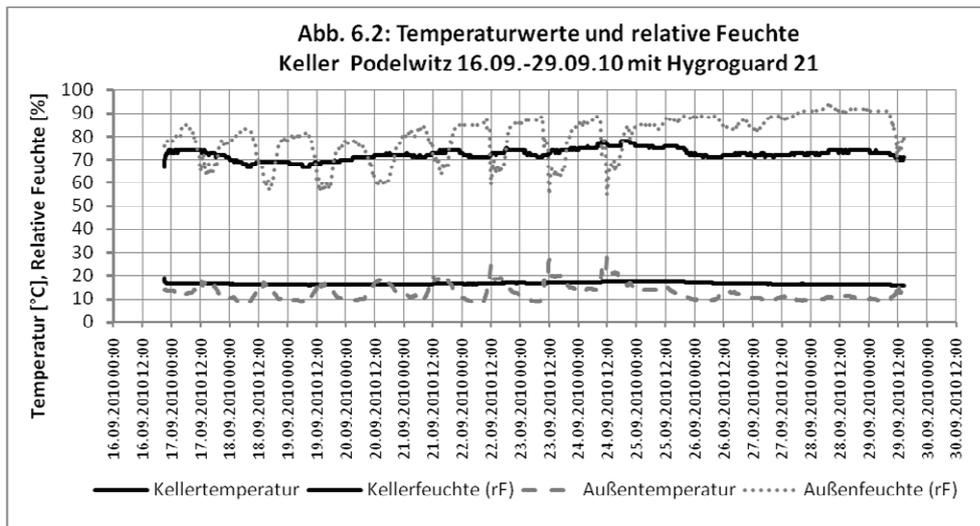
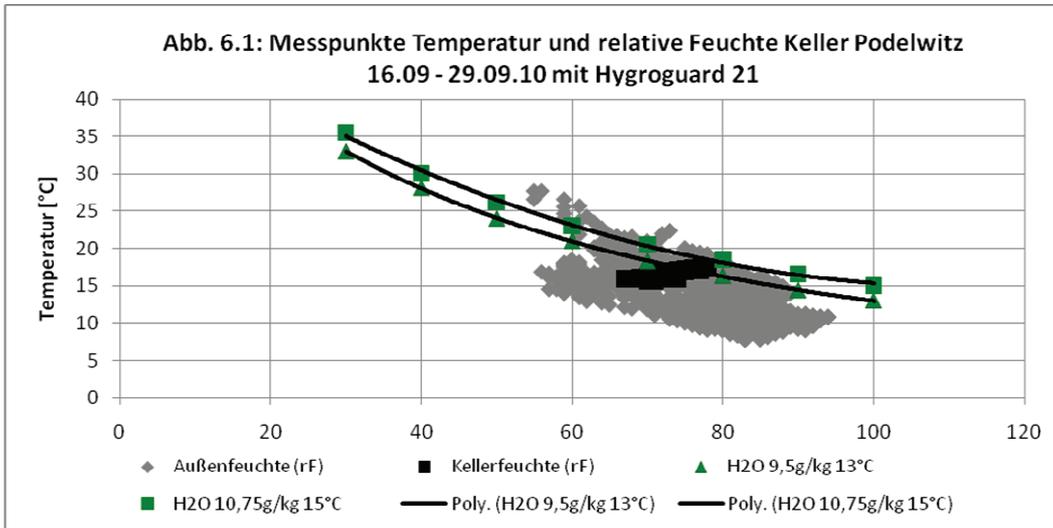


Für die erste Augushälfte ergibt sich eine ähnliche Situation wie im Juli. Die nutzbaren Entfeuchtungszeitflächen nehmen jedoch im Laufe des August zu, so dass die Entfeuchtung auf Grund des erwärmten Erdreiches und des Kellers sowie der kälter werdenden Nächte wieder einfacher wird.



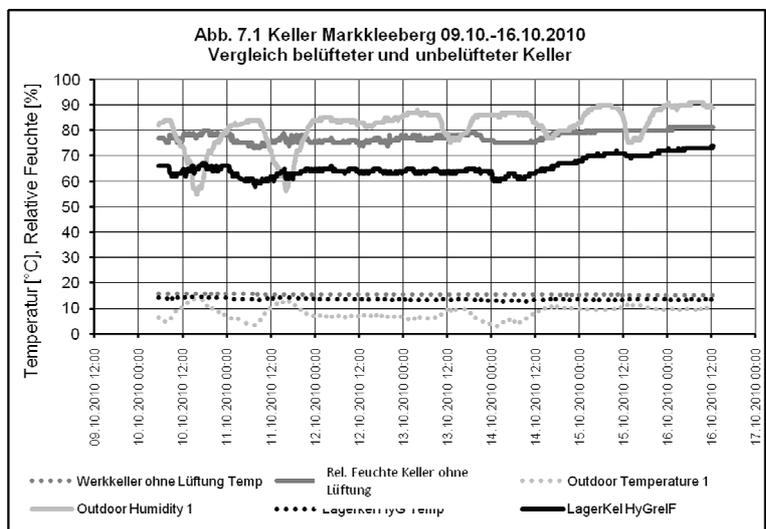
6. Messwerte im Herbst 2010

Im Herbst ergeben sich auf Grund der sinkenden Nachttemperaturen und des noch „warmen“ Erdreiches und der warmen Kellerwände (vgl. Abb. 3.2) sehr günstige Bedingungen für die Kellertrocknung. Die Abbildungen 6.1 und 6.2 sollen dies verdeutlichen.



7. Vergleich belüfteter und unbelüfteter Keller

Im Messzeitraum konnte an anderer Stelle eine Vergleichsmessung zwischen unmittelbar benachbarten Kellern, die durch eine Verbindungstür getrennt waren durchgeführt werden. Der unbelüftete Keller blieb während des Messzeitraumes bis auf die Türspalte, die einen geringen Luftaustausch ermöglichten, verschlossen. Im belüfteten Keller steuerte ein Hygroguard® 21 eine Lüftungseinrichtung. Die Abbildung 7.1 zeigt die deutlich niedrigeren Luftfeuchtwerte im belüfteten Keller. Fortsetzung folgt



Auswirkung dichter Gebäudehüllen auf die Wohnungslüftung

Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Schmidt

Kurzfassung

Die Lüftungsverhältnisse in Wohnungen und die damit im Zusammenhang stehenden Verordnungen und Normen haben sich in den vergangenen 20 Jahren grundsätzlich gewandelt. Ausgehend von den tradierten Lüftungsgewohnheiten vor allem im Wohnbereich, werden der durch Normen fixierte Stand der Technik und die sich daraus ergebenden Lüftungsmöglichkeiten für den Wohnungsnutzer erläutert.

Im Fokus stehen heute weniger die durch die Nutzer bedingten CO₂-Belastungen, sondern die Feuchtebelastung der Raumluft. Befriedigende mit der Lüftung in Zusammenhang stehende Ergebnisse lassen sich in vielen Fällen allerdings nur durch nutzerunabhängige Lösungen erreichen.

Tradierte Lüftungsgewohnheiten

Das Lüften von Gebäuden, in denen Komfortklima gefordert wird oder erwünscht ist, sich also Menschen aufhalten, dient im Wesentlichen zwei Zielen:

- Herstellen bzw. Aufrechterhalten der lufthygienischen Bedingungen, die durch einen bestimmten Gehalt an CO₂ sowie Geruchs- und Schadstoffen charakterisiert sind, und
- Abfuhr von Feuchtebelastungen, die durch Feuchteeintrag mit der Atemluft, durch Duschen und Baden, durch das Wässern von Grünpflanzen sowie durch Kochen und dem Trocknen von Wäsche entstehen.

Während bei Nichteinhalten des ersten Ziels unmittelbar gesundheitliche Beeinträchtigungen entstehen können, führt das Nichteinhalten des zweiten Ziels mittelbar zu Komfortbeeinträchtigung, aber unmittelbar zu

Schäden an der Bauwerksmasse, z. B. zu Schimmelbildung, die sich rückwirkend auch wieder auf den Gesundheitszustand der Gebäudenutzer auswirkt.

In dem Wissen, dass eine zum Erreichen der beiden Ziele ausreichende Lüftung kaum gewährleistet werden kann, wenn das Lüften dem Nutzer überlassen wird, der seine Räume meist nicht mit einem gleich bleibenden Rhythmus nutzt, haben Baumeister und Architekten früherer Jahre die Lüftung auch nicht dem Nutzer überlassen. Es wurden nicht dicht schließende Fenster eingebaut, über deren Fugen eine ständige Lüftung garantiert war, wenn auch nicht mit einem konstanten Volumenstrom, dessen Größe von raum- und außenklimatischen Bedingungen abhängt.

So ist z. B. im Winter bei tiefen Außenlufttemperaturen die absolute Außenluftfeuchte sehr gering. Dadurch ist auch bei nur gelegentlichem Öffnen der Fenster - was aber unbedingt erfolgen muss - eine hohe Raumluftfeuchte eher weniger wahrscheinlich. Allerdings wurden in der Vergangenheit bei undichten Fenstern wegen der Lüftungswärmeverluste Vorkehrungen, wie Einlegen von Decken zwischen den Doppelfenstern und Zukleben der Fensterfugen, getroffen, um den Luftaustausch möglichst zu unterbinden. Bekannt sind aus osteuropäischen Ländern kleine Klappfenster im oberen Teil eines großen Fensters, so genannte Fortotschkas, die bei zugeklebten Fensterfugen wenigstens die Möglichkeit einer Fensterlüftung bieten.

Eine weitere Möglichkeit der Raumlüftung waren die mit Brennstoffen beheizten Öfen, deren Betrieb sie zu Abluftanlagen machen, und deren

Verbrennungsluft die meist feuchtebeladene Raumluft ist. Das wird nun wieder zunehmend in Wohnungen mit einem Kamin mit Schornsteinanschluss aktiviert.

So konnte in der Vergangenheit davon ausgegangen werden, dass eine ständige Lüftung über die Fensterfugen mit einem geforderten Mindestaußenluftwechsel von $n_{ODA,min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ gewährleistet war, der meist weit übertroffen wurde. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern, Baujahr 1970, wurden nach [1] Werte von $n_{ODA} = (8 \dots 10) \text{ h}^{-1}$ gemessen, in Mehrfamilienhäusern allerdings deutlich weniger.

Stand der Technik

Diese hohen und nicht nötigen Werte sind energetisch unbefriedigend, und so wurde die berechnete Forderung gestellt, den Lüftungsenthalpiestrom zu reduzieren. Heute

wird bei Einhalten des Mindestwärmeschutzes in [2] gefordert, eine luftdichte Gebäudehülle einschließlich der Fenster im geschlossenen Zustand zu realisieren. Die Fenster dürfen also keine Fugenlüftung mehr zulassen und - deutlich gesagt - im geschlossenen Zustand nicht mehr zur Lüftung beitragen.

Die erforderliche Außenluftzufuhr wird durch einen Mindestaußenluftvolumenstrom $q_{V,ODA,min}$ oder eine Mindestaußenluftfrate $n_{ODA,min}$ festgelegt. Um sie zu erreichen, gibt es zwei Optionen:

- mehrere Stoßlüftungen über den Tag verteilt, die durch den Nutzer zu realisieren sind, oder
- maschinelle Lüftung, die weitgehend unabhängig vom Nutzer betrieben wird.

In DIN 1946-6 [3] werden vier Grundlüftungsprinzipien ausgewiesen. Daraus wurden in [4] Lüftungskonzepte abgeleitet, Tabelle 1.

Tabelle 1: Lüftungskonzepte entsprechend [4]

Lüftungssystem	Lüftung zum Feuchteschutz	Mindestlüftung	Grundlüftung	Intensivlüftung
Freie Lüftung	Infiltration und ALD ¹	Infiltration und unregelmäßige Fensteröffnen		
gesteuertes Fensteröffnen		alle 4 Stunden je 12 Minuten öffnen	alle 4 Stunden je 22 Minuten öffnen	bedarfsabhängig
ventilatorgestütztes Abluftsystem	Infiltration und Abluftsystem			Infiltration, Abluftsystem und Fenster öffnen
ventilatorgestütztes Zu- und Abluftsystem	Infiltration und Zu- und Abluftsystem			

¹ ALD - Außenluftdurchlass

In [3] ist die Lüftung zum Feuchteschutz eindeutig ausgewiesen. Für die maschinelle Lüftung sind entsprechend [3] in Tabelle 2 die

anzusetzenden Gesamt- Mindestaußenluftvolumenströme für die vier Grundlüftungsprinzipien angegeben.

Tabelle 2: Gesamt-Mindestaußenluftvolumenströme $q_{V,ODA,ges,min}$ für Gebäude für die vier Grundlüftungsprinzipien entsprechend [3]

Fläche für Nutzungseinheiten A_{NE}		m^2	30	50	70	90	110	130	150	170
Lüftung zum Feuchteschutz	hoher Wärmeschutz	m^3/h	15	25	30	35	40	45	50	55
	geringer Wärmeschutz		20	30	40	45	55	60	70	75
Mindestlüftung			40	55	65	80	95	105	120	130
Grundlüftung			55	75	95	115	135	155	170	185
Intensivlüftung			70	100	125	175	175	200	220	245

Hoher Wärmeschutz bedeutet Neubau nach 1995 oder Komplettisanierung, niedriger Wärmeschutz bedeutet Gebäude vor 1995 errichtet, unsanierte oder teilsanierte Gebäude, z. B. Fensteraustausch. Als Werte für das Bemessen der freien Lüftung sind die Werte der Grundlüftung heranzuziehen.

Luftdichtheit kann durch Messungen mit einer Blower door überprüft werden. Dabei wird mit einem Ventilator z. B. ein Überdruck im Raum erzeugt und die Luftmenge gemessen, mit der dieser Überdruck gehalten wird. Es können auch durch Injektion von Rauch in die Luft die Stellen erkannt werden, die besonders undicht sind, weil dort der Rauch verstärkt austritt.

Was bedeutet luftdicht?

Die „Luftdichtheit“ von Gebäuden wird in den heute geltenden Normen und Verordnungen gefordert, um den Heizenergiebedarf im Neubau und bei der Sanierung zu reduzieren. Die

In der Regel wird ein Überdruck von 50 Pa eingestellt und die dann zu fördernde Luft mit dem Luftwechsel n_{50} gekennzeichnet. In der DIN V 4108-6 [5] werden Richtwerte für die Luftdichtheit von Gebäuden angegeben, Tabelle 3.

Tabelle 3: Richtwerte für die Luftdichtheit von Gebäuden bei einer Dichtheitsprüfung mit 50 Pa Überdruck

Luftdichtheit des Gebäudes	Mehrfamilienwohnhaus n_{50} in h^{-1}	Einfamilienwohnhaus n_{50} in h^{-1}
sehr dicht	0,5 bis 2,0	1,0 bis 3,0
mittel dicht	2,0 bis 4,0	3,0 bis 8,0
wenig dicht	4,0 bis 10,0	8,0 bis 20,0

Trotz der Verwendung des Worts luftdicht wird es kaum eine Konstruktion geben, die tatsächlich völlig luftdicht ist. Es wird also immer ein Infiltrationsluftwechsel stattfinden, und der wird in [5] bei einem Wert $n_{50} > 3,0 h^{-1}$ mit $n = 0,7 h^{-1}$ und bei einem Wert von $n_{50} < 3,0 h^{-1}$ mit $n = 0,6 h^{-1}$ angegeben.

Nutzerunabhängige Lösungen

Vorgeschlagene und praktizierte Maßnahmen zum Vermindern des Heizenergieverbrauchs sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung sind prinzipiell nur dann sinnvoll, wenn der lufthygienische und zur Erhaltung des Gebäudes notwendige Mindestaußenluftvolumenstrom gewährleistet werden kann. Die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten wurden bereits genannt.

Den Einsatz dieser Möglichkeiten und das Gewährleisten einer mit den Werten der Tabelle 2 quantifizierten Mindestaußenluftvolumenstroms dem Nutzer zu überlassen, ist möglicherweise nicht realistisch, denn der übliche Nutzer verfügt in der Regel nicht über ausreichende Kenntnisse über Dauer und Technologie der Lüftung, die von der lufthygienischen und Feuchtebelastung sowie auch vom Außenluftzustand abhängt. Und in Verträgen zwischen Vermieter und Mieter von Immobilien wird meist recht unscharf von „ausreichend“ gesprochen.

Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass eine entsprechend benötigte Lüftung nur nutzerunabhängig sein kann, und dafür muss eine maschinelle Lüftung eingesetzt werden.

Bei einer maschinellen Lüftung ist die Voraussetzung für den Einsatz einer Wärmerückgewinnung (WRG) gegeben, mit der Energie eingespart werden kann. Zum Thema Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung sind umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden. In [6] wurde dazu allerdings schon 1998 folgendes Fazit gezogen:

- Durch erhöhte Gebäudedichtheit gehen die Unterschiede im Lüftungswärmebedarf zurück. Damit spielt nun das Nutzerverhalten eine größere Rolle.
- Das Reduzieren des Anlagenluftwechsels beinhaltet ein wesentliches Einsparpotential. Anlagen zur bedarfsgerechten Lüftung, allerdings mit Berücksichtigung der Ergebnisse der aktuellen Schimmelpilz- und Milbendiskussion, sollten angeboten werden.
- Der prozentual steigende Anteil der Hilfsenergie erfordert dessen Berücksichtigung in der Energiebilanz. Das muss zur Verringerung des Einsatzes an elektrischer Energie führen. Gleichstrommotoren sind dafür eine Option.
- Wenn zukünftig durch mechanische Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung ein verringerter Primärenergieverbrauch erreicht werden soll, sind neben der Nutzerakzeptanz die Parameter

Gebäudedichtheit, Größe des Luftwechsels, Hilfsenergiebedarf und Wärmerückgewinnungsgrad weiter zu optimieren.

Untersuchungen zur Akzeptanz der mechanischen Lüftung mit WRG führten zu folgendem Ergebnis: Die Forderung nach weiterer Energieeinsparung kann zu einer Abwägung zwischen Wärmerückgewinnungs- und Solaranlage führen. Da die Solaranlage im Gegensatz zu einer mechanischen Lüftung den Nutzer kaum zu Aktivitäten bez. der Anlagenbedienung herausfordert, könnte mehr Akzeptanz für eine Solar- als für eine Wärmerückgewinnungs-Anlage bestehen. Damit ist natürlich das Lüftungsproblem nicht gelöst.

Möglichkeiten der Nutzer

Die Verunsicherung der Nutzer ist nach den obigen Ausführungen verständlich. Einerseits ist das Einhalten eines gewünschten/benötigten/geforderten Raumklimas die originäre Aufgabe einer Raumkonditionierung und nicht die vordergründige Kostensenkung. Andererseits wollen die Nutzer aber auch Energie zum Gebäudebetrieb einsparen. Das grundlegende Ziel ist das Einhalten dieses gewünschten/benötigten/geforderten Raumklimas mit dem geringsten Energieeinsatz.

Der Nutzer kann sich für freie Lüftung entscheiden, muss aber wissen, dass er dieses freie Lüften, das in der Regel nur durch Fensteröffnen möglich ist, mit großer Verantwortung und einem grundlegenden Verständnis der lufthygienischen und bauphysikalischen Bedingungen aktiv betreiben muss.

Schon an Stellen in einer Stadt oder einer Siedlung, wo mit Geruchs- und Lärmbelastungen zu rechnen ist, kann ein genügend langes und so oft wie nötiges Fensteröffnen nicht möglich sein. Damit ist ein ausreichendes Lüften nicht mehr gegeben.

Es bleibt dann nur der Einsatz einer kontrollierten Lüftung, die gegebenenfalls mit einer Wärmerückgewinnung zu koppeln ist. Für zukünftige Passiv- oder Nullenergiehäuser wird die letztere Option unerlässlich werden.

Abschließend wird noch eine Stimme der TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Geschäftsfeld Bautechnik, in [7] wiedergegeben, die für mehr Spielraum bei der Umsetzung der Lüftungskonzepte spricht. Die Ausführungen in [3] erlauben es, ventilatorgestützte Systeme nicht in jedem Falle für die Nennleistung auslegen zu müssen. Ein dezentraler Wohnungslüfter mit Wärmerückgewinnung entsprechend der Norm kann auch als energetisch verbesserter ALD betrachtet werden. Es wird in [7] abschließend gesagt: „Die Planer der Wohnungslüftung können in vielen Fällen den Widerspruch zur Energieeinsparung lösen und individuelle Konzepte entwickeln mit der Chance, auf eine höhere Akzeptanz beim Gebäudeeigentümer und Nutzer zu treffen. Jedenfalls können sie vermeiden, dass die derzeit billigste Lösung - Fensterlüftung mit Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung - angewendet wird, wenn sie im konkreten Fall energetisch sehr ungünstig ist. Selbstredend sollte idealerweise die weitere Entwicklung zu

Lüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung führen.“

Literatur

- [1] Trogisch, A.: Lüftung muss nutzerunabhängig sein. TGA Fachplaner Stuttgart 2010, Heft 3, S. 44 bis 47.
- [2] DIN 4108-7 (01.11): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Luftdichtheit von Gebäuden - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele.
- [3] DIN 1946-6 (05.09): Raumlüftungstechnik - Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung. Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung.
- [4] Berhorst, H.: DIN 1946-6: Konsequenzen für Planer, Bauherren und Nutzer. Moderne Gebäudetechnik Berlin 2006, Heft 5.
- [5] DIN V 4708-6 (06.03): Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden - Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergieverbrauchs.
- [6] Hartmann, T. et al.: Energieeinsparung durch Wohnungslüftungsanlagen? Ki Luft- und Kältetechnik Heidelberg 1998, Heft 12, S. 562 bis 568.
- [7] Gottschalk, H.: Mehr Spielraum beim Lüftungskonzept. TGA Fachplaner Stuttgart 2010, Heft 10, S. 42 bis 44.

Schädlinge in Innenräumen

Teil 3 Kabinettkäfer

(*Anthrenus museorum*)

Der Kabinettkäfer, häufig auch als Museumskäfer bezeichnet, ist ein Material- und Vorratsschädling aus der Familie der Speckkäfer (*Dermestidae*).

Weltweit gibt es zahlreiche Vertreter der Gattung *Anthrenus*, deren ubiquitäre Verbreitung seit dem 17. Jahrhundert explosionsartig mit Schiffs- und Reiseverkehr begann.

Der kleine nur 2 – 3,6 cm große Käfer hat die typische Form seines größeren Verwandten, dem Speckkäfer (*Dermestidae*)

Seine Verbreitung reicht mittlerweile von der gesamten Paläarktis bis hin zur kleinsten

Insektensammlung im Vorbereitungsraum für den Biologieunterricht.

Seine natürlichen Nahrungsquellen sind tote Insekten und kleine Wirbeltiere, wobei Chitin und Keratin die Nahrungsgrundlage bilden. In Innenräumen finden wir den Kabinettkäfer häufig auf Woll- und Pelzkleidung, Mäusenestern oder in Vorratskammern als Schädling auf abgehangenen Schinken- und Salamiwürsten. Verheerende Schäden kann der Kabinettkäfer anrichten, wenn er kurze Zeit unerkannt im Museum oder Archiven ganze Sammlungen historischer Materialien, wie Insekten, Tierpräparate oder Kleidung zerstört.