

# Feuchtigkeit und Schimmelbildung

## Ursachen und Vermeidung

Weimar, 24.09.2015

Referent:

Dipl.-Ing. Jan Habermann  
agsta, Architekten und Ingenieure, Hannover

Gliederung:

- o Feuchtigkeit in Wohnungen -Veränderungen im Bestand
  - Wasseraufnahmefähigkeit von Baustoffen
  - Wärmedämmmaßnahmen "nur" am Fenster
  - Fugendichtung
  - Heizsysteme
- o Bauphysik
  - Wassergehalt der Luft
  - Temperaturänderung
- o Bauteile u.a.
  - Wärmedurchgang
  - Wärmebrücke
  - Abstimmung der Bauteile
  - Feuchtewanderung
  - Feuchtigkeitsaufnahme
- o Nutzerverhalten
  - Woher kommt Feuchtigkeit
  - Was passiert beim Lüften
  - Grenzen beim Lüften
- o Feuchtigkeit im Gebäude
  - aus der Erde
  - aus dem Niederschlag
  - aus Leitungen
  - aus der Herstellung des Gebäudes
  - aus der Luft
- o Methoden der Feuchtigkeitsbestimmung
  - Messverfahren für den Laien
  - Messverfahren für den Gutachter

Bei der Betrachtung der Feuchtigkeitsschäden in Wohnungen fällt auf, dass die

Ursachen sehr unterschiedlicher Art sind und aus verschiedenen Bereichen wie Wohnen, Klima, Gebäude... in unterschiedlicher Gewichtung entstehen können. Weil dieses Zusammenwirken der verschiedenen Bereiche so schwer zu klassifizieren ist, gibt es auch keine Faustregel für den Einzelfall und hier liegt wohl auch die Ursache für so viel Streit um dieses Thema.

Um die Frage dieses Arbeitskreises "Legitimation einer Mietminderung" beantworten zu können, müssen alle Einflussfaktoren des Mangels verstanden werden. Ich werde deshalb versuchen, in Anlehnung an die von uns in Hannover entwickelte Broschüre und den Erfahrungen mit unserer kleinen "Schiedsstelle" einige wichtige Bausteine zum Verständnis zusammenzutragen. Die Gewichtung und Bedeutung der einzelnen Einflussfaktoren sollten anschließend in der Diskussion vorgenommen werden.

Früher gab es weniger Feuchtigkeitsschäden, weil

- o die verwendeten Baustoffe günstigere Eigenschaften bezüglich des Wasserdampfaufnahmevermögens hatten.
- o die Wandoberflächen mit Anstrichen versehen waren, die keine "oberflächenversiegelnden Kunststoffe" enthielten und so den Wasserdampfaushalt der Luft mit regulierten.
- o die einfachverglaste Fensterscheibe das Bauteil mit der niedrigsten Oberflächentemperatur war und sich zunächst hohe relative Luftfeuchtigkeit an dieser Stelle absetzte, um dann vom Nutzer der Wohnung weggewischt zu werden etc. (allgemein bekannt und geliebt die Eisblumen auf der Scheibe im Winter).
- o die Fugen zwischen Rahmen und Fensterflügel nicht so dicht waren wie die heutigen mit der Lippendichtung und so ein höherer Luftaustausch ohne menschliche Steuerung stattfand.
- o Einzelöfen und in der Wohnung liegende Feuerstätten wegen der Verbrennung kühle Luft von außen in die Aufstellräume zogen und über die Erwärmung dieser Luft die Wohnung austrocknete.
- o in den Wohnungen im Vergleich zu heute nur ein Bruchteil des Wassers verbraucht wurde.
- o Duschen, Waschmaschinen etc. erst in den letzten Jahrzehnten Einzug in die Wohnungen hielten.

Kurz gesagt:

Die Gebäude sind die gleichen geblieben, an ihrer Hülle wurden aber nur einzelne Teile erneuert - nicht aufeinander abgestimmt- und die wasserverbrauchenden Hilfsmittel der Menschen (Waschmaschine....) haben sehr zugenommen. Dies heißt aber leider überhaupt nicht, dass Gebäude aus den letzten Jahren den Bedürfnissen der Menschen besser angepasst wurden, dass werden wir noch sehen.

### Bauphysikalische Aspekte

Hinter dem Begriff Feuchtigkeit versteckt sich nichts anderes als Wasser. Bekannt in gefrorener, flüssiger und dampfförmiger Gestalt. Gerade das in der Luft gelöste Wasser verursacht die Probleme. Diese Erscheinungsform des Wassers können wir nicht sehen, riechen und nur bedingt fühlen. Der Mensch vermag Temperaturänderungen wesentlich feinfühlicher wahrzunehmen als Änderungen der Luftfeuchtigkeit. Deshalb sind Bereiche hoher relativer Luftfeuchtigkeit unter Umständen für die Wohnung problematisch, von uns wird diese Grenze nicht erkannt. Sichtbar wird der Wasserdampf erst, wenn er im physikalischen Sinne keiner mehr ist. Dampfschwaden über dem Kochtopf genauso wie der sichtbare Atem bei niedrigen Außentemperaturen sind feinste Wassertröpfchen. Die relative Luftfeuchtigkeit mit dem Wasserdampfgehalt von 100 % ist überschritten.

Je nach Temperatur hat die Luft die Fähigkeit, eine unterschiedlich große Menge an Wasser aufzunehmen und zwar desto mehr, je wärmer sie ist. Für jede beliebige Lufttemperatur existiert ein bestimmtes maximales Wasseraufnahmevermögen.

Lufttemperatur	Wassergehalt in 1 Kubikmeter Luft (gerundete Werte) bei einer relativen Luftfeuchte von:			
	40 %	60 %	80 %	100 %
-5 °C	1,2 g	1,8 g	2,4 g	3,0 g
0 °C	2,0 g	3,0 g	4,0 g	5,0 g
+5 °C	2,8 g	4,2 g	5,6 g	7,0 g
+10 °C	3,8 g	5,7 g	7,6 g	9,5 g
+15 °C	5,2 g	7,8 g	10,4 g	13,0 g
+20 °C	7,0 g	10,5 g	14,0 g	17,5 g

Die Tabelle zeigt sehr deutlich, was in Vorträgen vor Ratsuchenden immer wieder mit Staunen aufgenommen wird: Nieselwetter mit 0 °C (100 relative Feuchte mit 5 g Wasser/m<sup>3</sup> Luft) ergibt in der Wohnung nach der Querlüftung und Erwärmung auf 20°C eine relative Luftfeuchtigkeit von unter 40 %.

Hatte die Wohnung vorher eine kritische Luftfeuchtigkeit von 70 mit ca. 12 g Wassergehalt (bei 20°C), so sind pro m<sup>3</sup> Raumluft durch den Austausch von

vermeintlich "feuchter Luft" ca. 7 g Wasser weggelüftet worden.

Eine 70 m<sup>2</sup> Wohnung mit einer Raumhöhe von 2,50 m hat 175 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Darauf bezogen sind bei diesem Lüftungsvorgang (7g mal 175 m<sup>3</sup>)= ca. 1,2 l Wasser aus der Wohnung bewegt worden. Verbleiben in der Wohnung ca. 0,9 l Wasser (5g x 175 m<sup>3</sup>). Bis zur kritischen Grenze von 70 bei gleichbleibender Temperatur kann die Raumluft jetzt also 1,2 l Wasser aufnehmen.

Mit dieser Beschreibung sind zugleich die Zusammenhänge zwischen Wassergehalt und Lufttemperatur deutlich geworden. Aus der Tabelle wird umgekehrt auch die Problematik ersichtlich, die sich bei der Abkühlung der Luft ergibt. Angenommen in unserem Musterfall mit 70 % relativer Luftfeuchtigkeit und 20°C Raumtemperatur (= ca. 12 g Wasser) existiert ein wesentlich kühlerer Gegenstand. Was passiert dort?

Wenn z.B. eine Flasche aus dem Kühlschrank genommen wird mit einer Temperatur von 5°C, dann ist aus der Tabelle ersichtlich, dass bei einer Abkühlung der Raumluft auf ca. 5°C an der Flasche die direkt an der Flasche befindliche Luft nur 7 g Wasser-Aufnahmevermögen hat. Die Luft selbst enthält aber 12g Wasser mit der Folge, dass 5 g Wasser nicht mehr in der Luft als Wasserdampf gehalten werden können, sondern als Wasser sichtbar werden: Die Flasche beschlägt.

Gleichzeitig wird die Flasche von der sie umgebenden Raumluft erwärmt. Hat sie eine Temperatur von 14°C erreicht, wird die Oberfläche der Flasche nicht mehr beschlagen. Sie wird aber auch nicht mehr beschlagen, wenn die relative Luftfeuchtigkeit z.B. durch Lüften auf unter 40 % gebracht wird.

Ohne auf weitere Details einzugehen, ist hier eine der Hauptproblemzonen des mängelfreien Wohnens skizziert.

Wüssten wir in der Beratung die verschiedenen Oberflächentemperaturen von Außenbauteilen in Abhängigkeit zu Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit, könnten wir festlegen, ob eine Wohnung unter dem feuchtetechnischen Aspekt leicht oder schwer bewohnbar oder gar unbewohnbar ist.

## **Bauteile**

In der Wohnung findet eine Luftabkühlung an Wandoberflächen, Fenstern und auch Einrichtungsgegenständen immer nur dann statt, wenn die Temperatur dieser Oberflächen kühler ist als die Raumluft. Die Bildung von Kondensatfeuchte in Wohnräumen tritt verstärkt in den kühleren Jahreszeiten auf. Je niedriger die Außentemperaturen sind, desto stärker fließt Wärme durch Außenwände und Fenster ab, und wir müssen den Wärmeverlust durch Heizen ausgleichen, um angenehme Raumtemperaturen zu erreichen. Der Wärmefluss durch die Gebäudeteile ist keine feste Größe sondern von mehreren Faktoren abhängig.

Die Temperaturdifferenz ist schon beschrieben. Je größer der Unterschied der Temperatur zwischen innen und außen, desto größer der Wärmeabfluss.

## o Wärmeübergang

Es ist festzustellen, dass im Winter die Wandoberfläche auf der Raumseite eine geringere Temperatur aufweist als die Raumluft. Dieses Phänomen wird durch den sogenannten Wärmeübergangswiderstand hervorgerufen. Beim Wärmeübergang zwischen der Luft und der Wand wird eine Temperaturreduzierung hervorgerufen, die um so größer ist, je geringer die Luftbewegung, an dieser Grenzschicht ist. Daraus erklärt sich die Tatsache, dass in Raumecken oder hinter Möbeln die Wandoberflächentemperaturen niedriger liegen als an freien und damit besser belüfteten Wandflächen. Der Wärmeübergang an der Außenseite wird deshalb auch ganz anders bewertet. Wegen der Luftbewegungen ist der Widerstand außen deutlich niedriger.

## o Wärmeleitfähigkeit

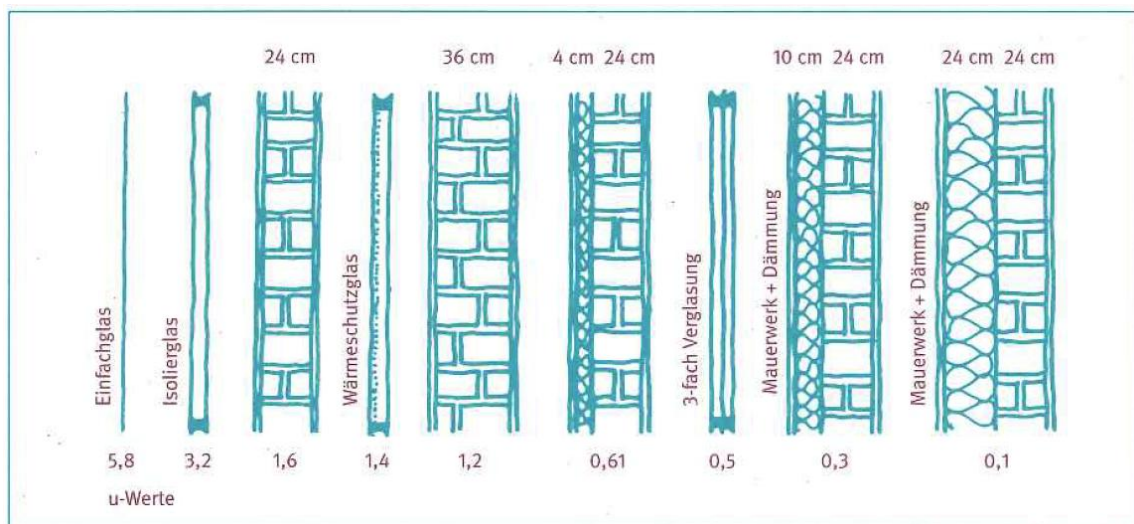
Jeder Baustoff besitzt eine bestimmte Wärmeleitfähigkeit. Metalle haben eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit, und damit sind sehr hohe Wärmeverluste verbunden. In abnehmender Reihenfolge kommen dann Natursteine (Marmor, Granit..), Beton, Glas, Ziegel (Vollziegel, Lochziegel..), Gasbeton und alle anderen extra leichten Mauerwerksstoffe sowie Holz. Die geringsten Wärmeleitfähigkeiten weisen die verschiedenen Wärmedämmstoffe auf (Zellulosedämmstoffe, Mineralfaserdämmstoffe oder Schaumkunststoffe auf.

## o Materialdicke

Die Dicke des Baustoffs hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmeverlust. Bei gleichen Baumaterialien ist der Wärmeabfluss durch eine 24 cm dicke Wand größer als durch eine 36 cm dicke.

## o Wärmedurchgang

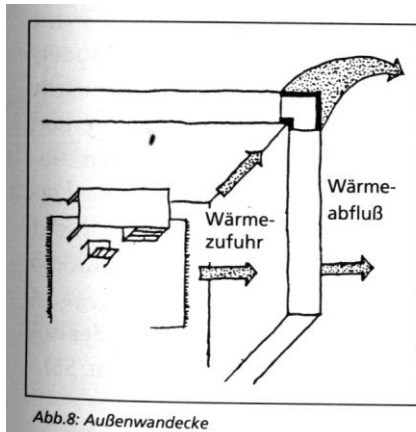
Bezogen auf die Wärmeleitfähigkeit und die Materialdicke hat jedes Bauteil einen Wert des Wärmedurchgangs und dieser heißt u-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) und ist mit  $W/m^2K$  definiert. Je kleiner dieser Wert, desto besser ist die Wärmedämmung.



Wandaufbau und u-Werte

## o Wärmebrücke

Werden in einer Außenwand teilweise Materialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit (Betonsturz über einem Fenster) verwendet, die nicht zusätzlich wärmedämmend sind, so fließt die Wärme hierüber schneller ab als an der übrigen Wand. Man spricht von einer Wärmebrücke. Eine besondere Form der Wärmebrücke ist in der nächsten Abbildung zu sehen.



In dieser Abbildung wird deutlich, dass auf der Raumseite nur eine relativ kleine Fläche Wärme aufnehmen kann, auf der Außenseite aber eine wesentlich größere Fläche zur Wärmeabfuhr vorhanden ist. Folge: in der Wandecke liegt die Temperatur niedriger als an der glatten Außenwand.

	Außenwand	Außenwandecke
Wand 24 cm	13,8 °C	6,2 °C
Wand 36 cm	15,3 °C	8,9 °C
Wand 49 cm	16,3 °C	10,7 °C
Wand 24 cm + 4 cm Dämmung	17,6 °C	13,7 °C
Wand 24 cm + 10 cm Dämmung	18,2 °C	15,3 °C

Tabelle 2

Tabelle mit den Wandtemperaturen

Aus den Zahlen wird ersichtlich, dass eine 24 cm dicke Außenwand im Eckbereich mit mindestens 4 cm Wärmedämmung versehen werden müsste, um in der Ecke die gleichen Temperaturen zu erreichen wie auf der Außenwand selbst.

Aber noch etwas anderes wird sichtbar. Selbst bei einer Wand, die nach der neuen Energieeinsparverordnung gebaut worden ist, bleibt der Temperaturunterschied und damit die geometrische Wärmebrücke bestehen. Die Sprünge sind jedoch nicht so krass, so dass Schäden nur in Wohnungen auftauchen, die sehr luftdicht gebaut sind und in der Folge eine hohe relative Luftfeuchte aufweisen (Siehe auch Tabelle Oberflächentemperaturen.).

Sehr viele Wohngebäude sind mit 24er oder 36er Mauerwerk gebaut. Solange alle Bauteile "aufeinander abgestimmt" waren, konnten wir diese alle mängelfrei bewohnen - allerdings mit relativ hohen Wärmeverlusten. Durch den Einbau isolierverglaster Fenster ab den 70er Jahren wurde ein Bauteil plötzlich in seinen Funktionen - "natürliche Entfeuchtung" verändert. Die Folge kennen wir alle.

Lange Zeit galt in diesem Zusammenhang bei Streitigkeiten die Meinung vieler Gerichte und Gutachter, die mit der Einhaltung der DIN argumentierten und so dem Gebäude quasi einen "Freifahrtschein" ausstellten. Zum Glück hat sich in den letzten Jahren diese Auffassung geändert. Die Veränderung an einem Gebäude muss im Zusammenhang mit dem Ganzen gesehen werden. Erst wenn die Bauteile miteinander wieder harmonisieren, ist eine Veränderung zulässig.

Beim Auto gibt es hohe Auflagen für jede Veränderung und scharfe Kontrollen. Im Sinne eines komfortablen und vor allem gesunden Wohnens muss hier umgedacht werden. Die Entwicklung eines Energiepasses und die Forderung nach dem Gebäudepass sind ein Schritt in die richtige Richtung.

### **o Feuchtwanderung**

Wenn ein kleiner Teil des in der Raumluft enthaltenen Wasserdampfes durch das Mauerwerk hindurchwandern kann, spricht man von Dampfdiffusion. An dieser Stelle will ich lediglich darauf hinweisen, dass unter Umständen auch ein Schaden seine Ursache in der behinderten Feuchtwanderung hat. Ein Bauteil muss nach außen hin dampfdurchlässiger werden, weil nach außen hin das Bauteil kälter wird. Folge: Wird an der äußeren Seite der Dampfdurchgang behindert, wird der Wasserdampf so "komprimiert", dass Tauwasser ausfällt. Neben der Verschlechterung der Wärmedämmung der Wand, die wohl kaum dem Mieter anzulasten ist, wird langfristig auch das Bauteil geschädigt. Schäden sind vorwiegend bekannt im Bereich der Fachwerksanierung und im Bereich der falsch aufgebauten innenliegenden Wärmedämmung. Auch ein dampfdichter Fassadenanstrich, wie in den 70er und 80er Jahren häufig durchgeführt, kann zu Bauschäden führen. Im Einzelfall ist aber der Nachweis rechnerisch zu führen, da das Mauerwerk selbst eine hohe "Wasserdampfaufnahmefähigkeit" hat und deshalb große Wassermengen so kompensieren kann, dass Schäden nicht auftauchen.

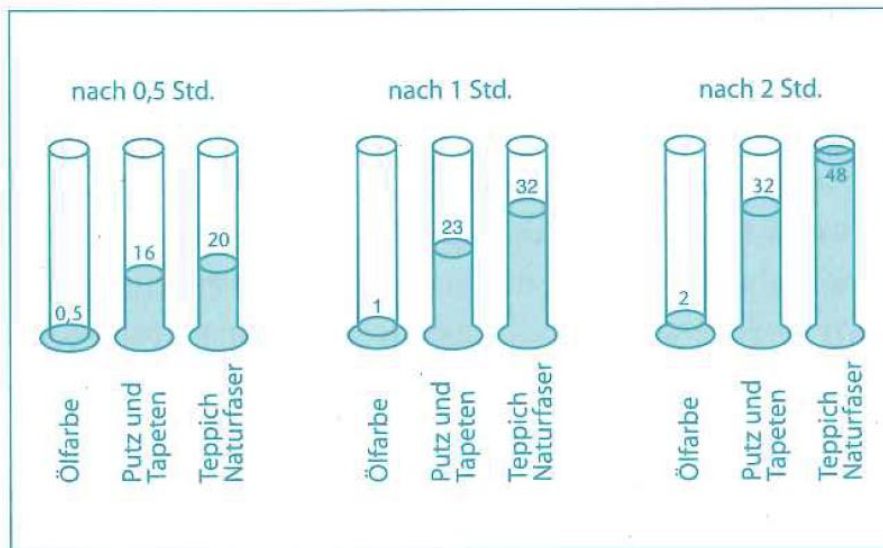
### **o Feuchtigkeitsaufnahme...**

Die verschiedenen Materialien besitzen neben ihrer Eigenschaft, Wasserdampf unterschiedlich stark hindurchzulassen, auch die Fähigkeit, in Abhängigkeit von der Luftfeuchte verschiedene Feuchtigkeitszustände anzunehmen. Wichtig ist hierbei unter anderem, dass in diesen Materialien Hohlräume und Poren sind. Zum Beispiel haben Glas und Metall kein Feuchtigkeitsaufnahmevermögen, Baustoffe wie Holz, Gips, Ziegel und auch eingeschränkt Beton besitzen dagegen diese Möglichkeit. Ändert sich die relative Luftfeuchtigkeit, so ändert sich mit einer gewissen Zeitverzögerung auch die Materialfeuchte.

Sie können sehen, wie sich die Feuchtigkeitsaufnahme verschiedener Materialien während einer Zeitdauer von 2 Stunden verhält, wenn die relative Luftfeuchtigkeit von 40 auf 80 erhöht wird. Interessant ist hierbei, dass bestimmte Materialien wesentlich mehr Wasserdampf aufnehmen können als



die Luft. Während die Luft bei dieser Erhöhung etwa 7 g Wasser pro Kubikmeter aufnehmen kann (s.o.), nimmt ein Naturfaserteppich pro m<sup>2</sup> nach einer halben Stunde 20 g Wasser auf. Für einen Beispielraum von 20m<sup>2</sup> mit 2,5 m Raumhöhe gerechnet ergeben sich für die Luft ein Aufnahmevermögen von 350 g Wasser und für den Teppich von 400g



Wird bei einer Renovierung nicht darauf geachtet, dass die Wohnung feuchtetechnisch gesehen eventuell nicht so leicht zu bewohnen ist, so wird durch die Verwendung von relativ dampfdichten Tapeten oder Anstrichen die Problematik sehr verschärft. Die Aufklärung über diese Zusammenhänge muss verstärkt werden, zumal die Wohnungen mit luftdicht schließenden Fenstern in Zukunft die Regel sein werden.

Wie hoch sind die Temperaturen in °C der Oberflächen von Fensterscheiben und wänden, wenn die Innentemperatur 20°C und die Außentemperatur -10°C beträgt

	bei -10 °C	bei -10 °C Außenwandecke	bei 0 °C	bei +10 °C
Wand 24 cm Mauerwerk Wärmedurchgangswert u-Wert (in W/m <sup>2</sup> K) 1,6	13,8	6,2	15,8	17,8
Wand 36 cm Mauerwerk: (oder Wärmeschutzverglasung) u-Wert 1,2	15,3	8,9	16,9	18,5
Wand 49 cm Mauerwerk u-Wert 0,96	16,3	10,7	17,7	18,8
Wand 24 cm Mauerwerk +4 cm Wärmedämmung u-Wert 0,61	17,6	13,7	18,4	19,2
Wand 24 cm Mauerwerk +10 cm Wärmedämmung u-Wert 0,3	18,2	15,3	18,9	19,6
Fensterscheibe einfach u-Wert 5,8	-2,6		ca. 7	ca. 14
Fensterscheibe ISO u-Wert 3,2	7,5		ca. 12	ca. 16

Wann bildet sich Tauwasser auf der Wand/Fensterscheibe?

Der Taupunkt hat als Bezugsgröße die Raumtemperatur und die rel. Luftfeuchtigkeit

Temperatur	Taupunkttemperatur in °C bei rel. Luftfeuchte von:								
	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %
16 °C	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6
18 °C	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5
20 °C	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4
21 °C	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4
22 °C	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4
24 °C	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3

nach DIN 4108

In diesen Tabellen sind einige der vorhin aufgeführten Zusammenhänge sichtbar. Bei gut wärmegeprägten Bauteilen sind die Oberflächentemperaturen höher als bei schlechter gedämmten. Höhere Temperaturen zeigen uns, dass wenig Wärme durch das Bauteil "abfließt". Höhere Temperaturen zeigen uns aber auch, dass die relative Luftfeuchtigkeit insgesamt höher sein kann, bevor Tauwasser ausfällt.

Nach den vielen Aspekten, die mit dem Gebäude befasst waren, müssen wir uns jetzt auch noch mit dem Nutzer befassen, der ja in eine Wohnung eine bestimmte Wassermenge transportiert.

	Feuchtigkeitsabgabe pro Tag
Mensch	1,0 – 1,5 Liter
Kochen	0,5 – 1,0 Liter
Duschen, Baden (pro Pers.)	0,5 – 1,0 Liter
Wäschetrocknen (4,5 kg)	
geschleudert	1,0 – 1,5 Liter
tropfnaß	2,0 – 3,5 Liter
Zimmerblumen, Topfpflanzen	0,5 – 1,0 Liter

Tabelle 3

## Feuchtigkeitsabgabe

Deutlich wird in dieser Tabelle, was Sie alle aus ihrer täglichen Praxis wissen: Eine Person in einer Wohnung hat tendenziell weniger Probleme mit der Luftfeuchtigkeit als 5 Personen in einer gleichgroßen Wohnung. Allein durch die Personenanzahl steigt die Feuchtigkeitsabgabe an die Wohnung von ca. 1 Liter auf ca. 5 Liter Wasser. In der Praxis - nur auf dieses Problem des Feuchtigkeitseintrags reduziert- heißt das, wenn die eine Person mit der Wohnung keine Feuchtigkeitsprobleme hat, die 5 Personen bereits mind. 4 mal pro Tag mit Stoßlüftung das zusätzlich anfallende Wasserweglüften müssten (bezogen auf den anfangs geschilderten Beispielfall der 70 m<sup>2</sup> Wohnung).

Neben den Feuchtigkeitsabgaben durch den Menschen selbst werden je nach Nutzung der Wohnung pro Tag viele Liter Wasser durch Verdunstung in die Raumluft transportiert. Ein Teil davon kann -aber nur vorübergehend! - von wasserdampfoffenen Materialien aufgenommen werden, ein Teil - besonders bei stärkerem Wind- wird über die Fugen von Fenstern und Türen abgelüftet, der größte Teil jedoch muss durch das gezielte Öffnen der Fenster entfernt werden.

Fakt ist, dass bei neu eingebauten dicht schließenden Fenstern und einem Wasseranfall bei 4 Personen von ca. 8 Liter in der Wohnung pro Tag, bezogen auf das oben genannte Beispiel mit 1,2 Liter Wasserentfernung pro Lüftungsvorgang diese Familie mind. 6 mal am Tag lüften müsste, um eine angepasste rel. Luftfeuchtigkeit zu erreichen.

Wegen der Unzumutbarkeit ist für diese Situation die **E DIN 1946-6 2006** vor einigen Jahren für Neubauten (rückwirkend gültig ab 2005) und voll modernisierte Bestandsgebäude geändert worden. Vorgeschrieben sind jetzt technische Vorrichtungen, die auch bei Abwesenheit der Bewohner die Belüftung der Wohnung sicherstellen.

Die folgende Tabelle zeigt, dass nur bei einer sogenannten Querlüftung in angemessener Zeit die Luft ausgetauscht wird.

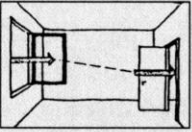
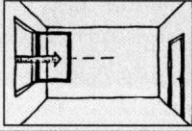
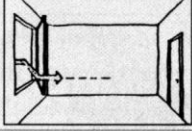
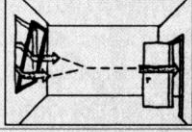
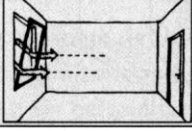
Wirkung der natürlichen Lüftung	Lüftungsart Fensterstellung	Ungefähre Dauer der Lüftung, um einen Luftwechsel zu erzielen
	Fenster und gegenüberliegende Tür/ Fenster ganz offen - Querlüftung -	1 bis 5 Minuten
	Fenster ganz offen - Stoßlüftung -	5 bis 10 Minuten
	Fenster halb offen	10 bis 15 Minuten
	Fenster gekippt und gegenüberliegende Tür ganz offen - Querlüftung -	15 bis 30 Minuten
	Fenster gekippt	30 bis 60 Minuten

Tabelle 4

Da die Energie, die in den Wänden und Möbeln gespeichert ist, eine gewisse Beharrungszeit hat, bevor sie z.B. während des Lüftens an die nicht so warme Luft "überfließt", sollte der Lüftungsvorgang so kurz wie möglich sein. Auf Nachfragen in der Beratung gibt es keinen Mieter, der das Phänomen nicht kennt, wenn es nach langem Lüften sehr lange dauert, bis der Raum wieder warm ist, nach 5 Minuten Lüftung jedoch mit dem Schließen der Fenster die Behaglichkeit sofort eintritt.

Längeres Lüften macht in der Regel keinen Sinn, es sei denn, die Fenster lassen sich nicht richtig öffnen, weil z. B. die Fensterbank voller Blumen steht. In einer Wohnung, die ohnehin wegen anderer Ursachen Probleme wegen hoher Luftfeuchtigkeit macht, sind Verhaltensweisen, die das vollständige Öffnen der Fenster nicht zur Praxis haben, ein weiterer Schritt zur Schimmelbildung an den Außenwänden. Auch hier zeigt sich in Ihrer Praxis wahrscheinlich, dass viele Mieter vor diesem Problem stehen. Versteht der Nutzer aber nicht die Zusammenhänge, wird sich am Lüftungsverhalten nicht viel ändern.

In diesem Zusammenhang sind auch die Hinweise von Vermietern "Sie müssen mehrmals am Tag mindestens eine halbe Stunde lüften" wenig hilfreich. Diese Hinweise sind oft aus Veröffentlichungen entnommen, die einen Unterschied in der Lüftungszeit bezogen auf Herbst und Winter machen (z.B. Information des Bundesumweltamtes). Die dort in der Regel viel zu langen Lüftungszeiträume sind abgeleitet aus der Tatsache, dass die Außentemperatur im Herbst nicht so niedrig ist und wegen der niedrigen Temperaturunterschiede Innen/Außen die Lüftung länger dauert.

Dies ist auch verständlich, wenn man bedenkt, dass kältere Luft weniger Wasser enthält und die Austrocknung durch den Austausch der Luft größere

Trocknung bringt, wie vorhin schon gezeigt. Der „Denkfehler“ besteht darin, dass nach dem ersten Luftwechsel (1-5 Min) kaum weitere Feuchtigkeit entfernt wird.

Nach dem Austausch der Luft muss sich die "neue" Luft im Raum nämlich erst wieder erwärmen, um erneut Feuchtigkeit aufnehmen zu können. Richtig müsste es also heißen in der Übergangszeit **nicht länger sondern öfter kurz lüften !!**. Jede andere Regel kostet nur Heizenergie, die der Wohnung nicht zugute kommt.

Bleibt ein Fenster im Winter lange Zeit auf "Kipplüftung" gestellt, so kühlen die Fensterlaibungen besonders stark aus und nach dem Schließen der Fenster bildet sich in dieser Zone, die wegen der Konstruktion ohnehin eine Wärmebrücke darstellt und deshalb schon niedrigere Temperaturen an der Oberfläche hat als die übrige Außenwand, sehr leicht Kondenswasser. Bei häufiger Wiederholung taucht der Schimmelpilz auf.

### **Exkurs Schimmelpilze:**

Schimmelpilzsporen sind außen wie innen überall vorhanden. Sie keimen unter folgenden hauptsächlichen Bedingungen:

Temperaturen zwischen 15°C und 30°C, nährstoffreicher Untergrund, Feuchtigkeit (ab 80% rel. Luftfeuchtigkeit!!) und Zeit (ca. eine Woche unter o.g. Bedingungen.)

z.B. Kunststofftapeten in dauerfeuchter Umgebung lassen Schimmelpilze eher wachsen als neuer mineralischer Anstrich auf Kalkputz unter gleichen Bedingungen..

Schimmelpilze sind unstrittig gesundheitsschädlich und deshalb in jedem Fall sofort zu entfernen. (mit Ethylalkohol –70-80%- oder Wasserstoffperoxyd, nicht wie häufig erklärt mit Essig, da sich damit neue Nährstoffböden entwickeln)

Bei der Sanierung von Schimmelpilz sind Auflagen des Bundesumweltamtes zu beachten. Wegen der Gesundheitsgefährdung der Schimmelpilze werden auch in Zukunft die Anforderungen an die Sicherheit weiter Steigen. Schon heute darf größerer Schimmelpilzbefall nur von Fachleuten beseitigt werden.

zu guter Letzt sind nach der Entfernung des Pilzes die Ursachen zu suchen und zu beseitigen. Die Komponenten zur Regulierung der rel. Luftfeuchtigkeit sind erklärt.

Die Grundlagen sind zusammengefasst, was noch fehlt ist die Darstellung möglicher Feuchtigkeitsschäden, deren Ursache zweifelsfrei im Gebäudemangel zu suchen ist.

Bevor ich diesen Bereich erläutere möchte ich jedoch noch einmal aus dem bisher ausgeführten ein paar Beispiele bringen, die auch für Ihren Alltag hilfreich sein können.

### **Beschlagene isolierverglaste Fensterscheiben auch in der Übergangszeit? (leicht nachzufragen!):**

Aus der Tabelle wissen wir, dass die relative Luftfeuchtigkeit sehr hoch sein muss, bis isolierverglaste Scheiben beschlagen. Bei 0°C außen und 20°C innen

liegt die Temperatur der unverstelt zum Raum liegenden Scheibe bei mind. 12°C, was dem Taupunkt bei einer rel. Feuchte von über 60 % entspricht. Wohnungen, in denen ich ähnliche Werte vorgefunden habe, hatten in der Regel auch durchfeuchtete Außenwände zumindest über dem Fußboden mit Temperaturen noch deutlich unter denen der Fensterscheibenoberfläche. Unabhängig von dem Problem der fehlenden Wärmedämmung der Wand und den daraus resultierenden rechtlichen Möglichkeiten, muss die relative Luftfeuchtigkeit verringert werden.

- Kann die Ursache für die hohe Luftfeuchtigkeit ermittelt werden?

Exkurs, der die Lösung des Problems nicht leichter macht und aufzeigen soll, wie leicht dem Nutzer einer Wohnung unrecht getan werden kann.

In einem Fall mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit stellte sich heraus, dass im Keller des Hauses ein Teil nicht ausgebaut war und der Fußboden aus Erde und darin eingelagert mehr oder weniger großen Wasserpfützen bestand. Nicht nur im Keller lag deshalb die relative Luftfeuchtigkeit so hoch.

Leider gibt es solche Fälle, wo Faktoren, die zur Erhöhung der Luftfeuchtigkeit beitragen, so leicht zu erkennen sind, nur selten. Bei aufsteigender Feuchtigkeit im Mauerwerk o.a., wo die Luft permanent durch verdunstendes Wasser feuchter wird, ist die Beweisführung schon schwieriger.

Durch häufiges Lüften lässt sich in einer Wohnung die relative Luftfeuchtigkeit weit herabsenken. Z.B. haben ausgebaute Dachgeschosswohnungen, in denen die Dachflächenfenster nicht gut luftdicht an den Ausbau angeschlossen sind, in der Regel eher Mühe, eine Luftfeuchtigkeit im Winter zu erreichen, die über 40% geht, d.h. viel zu trockene Luft. Dass hier Bauschäden entstehen können, lassen wir jetzt unberücksichtigt, soll dieses Beispiel doch nur aufzeigen, dass eine "Dauerlüftung" zur Absenkung der rel. Luftfeuchtigkeit beiträgt. Nicht selten ist es möglich, durch das Herausnehmen eines kleinen Stücks der Lippendichtung am Fenster das Problem der "beschlagenen" Scheibe zu lösen.

Dies gilt insbesondere für die Fälle in Gebäuden nach Baujahr 1990(!), mit denen ich in der letzten Zeit häufig zu tun hatte. Luftdicht gebaut und auf 20°C erwärmt, mit Betondecken und -wänden und dicken Vinyltapeten ausgestattet, lag die durchschnittliche rel. Luftfeuchtigkeit bei über 75 % mit der Folge, dass an Stürzen trotz Wärmedämmung Schimmel auftauchte.

### **Nimmt der Schaden im Sommer zu?**

Als Indiz für einen Gebäudeschaden zu verwenden, denn im Sommer schließen sich wegen der relativ hohen Außentemperaturen Tauwasserschäden aus.

### **Wo kommt die Feuchtigkeit her?**

Wenn die Feuchtigkeit sich nicht durch anderes Heiz- und Lüftungsverhalten

auf ein wohngesundes Maß regulieren lässt, wenn die Feuchte auf einen Schaden oder Fehler an Bauteilen zurückzuführen ist, gibt es je nach Umfang und Herkunft des Schadens entsprechende Sanierungsmöglichkeiten. Das Spektrum reicht von minimalen Reparaturen ("Perforieren" der Lippendichtung) bis zu sehr aufwendigen und kostspieligen Sanierungsarbeiten (Wärmedämmung der Außenwand). Wichtig ist, dass die Herkunft der Feuchtigkeit präzise festgestellt wird. Die Fülle der Beispiele soll hier in 4 kurzen Beschreibungen zusammengefasst werden. Einzelfälle bei Bedarf in der Diskussion.

Die Feuchtigkeit kommt.....

1....aus der Luft

An Oberflächen die so kalt sind, dass sie den Taupunkt unterschreiten kondensiert die Luftfeuchtigkeit. Ursache: zu hohe Wärmeableitung, z B aufgrund von Durchfeuchtung oder ungenügender Wärmedämmung.

2....aus der Erde

Über Oberflächenwasser oder Grundwasser gelangt die Feuchtigkeit ins Mauerwerk. Ursache: Die Sperrschicht, die das Wasser abhalten soll ist undicht, sie fehlt oder ist schlecht ausgebildet.

3....aus dem Niederschlag

In das Gebäude dringt Wasser ein und verteilt sich über verschiedene Bauteile. Ursache: Gebäudeteile, die Regen abhalten sollen, sind undicht geworden.

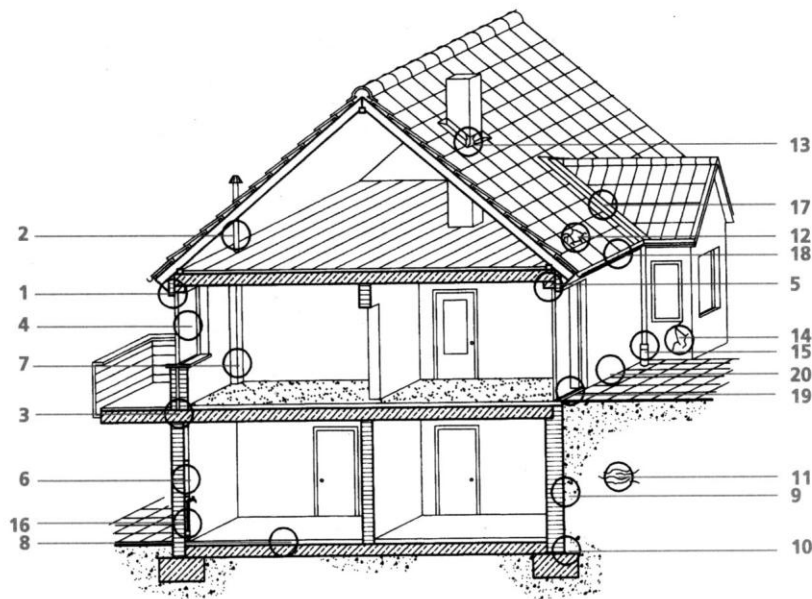
4..... aus Wasser- und Abwasserleitungen

In der Umgebung eines wasserführenden Rohres tritt zunehmend Feuchtigkeit auf. Ursache: Undichtigkeiten (feine Risse...) an Rohrleitungen lassen Wasser durch.

Kleiner Exkurs DIN 4108

In der DIN 4108 vom 03.2001 sind für diese Diskussion relevante Festlegungen getroffen, die auch für einen modernisierten Altbau Geltung haben könnten.

1. Der Wärmedurchlasswiderstand ist mit  $1,25 \text{ (m}^2\text{K/W)}$  als Mindestwert festgelegt, Dieser Wert entspricht ca. 5 cm Wärmedämmung.
2. Eine Wandoberflächentemperatur von  $12,6^\circ\text{C}$  wird gefordert bei außen –  $5^\circ\text{C}$  und innen  $20^\circ\text{C}$ . !! Diese Temperatur gilt auch für die Wärmebrücken.  
!!



Feuchtigkeit aus der Luft (Kondensatfeuchte):	Feuchtigkeit aus der Erde:	Sonstige allgemeine Schäden:
1 Wärmebrücke Sturz	8 Schaden an der horizontalen Abdichtung	16 undichte Wasserleitungen
2 Wärmebrücke Gußrohr	9 fehlerhafte vertikale Abdichtung	17 defekte Kehlen
3 Wärmebrücke Betondecke	10 defekte Abdichtung an der Hohlkehle	18 defekte Regenrinnen
4 Kondensat an ISO-Glas wegen zu hoher Luftfeuchtigkeit	11 Grundwasseränderung	19 Undichtigkeiten im Fenster-/Türbereich
5 zu geringe Oberflächentemperatur der Wand/Decke wegen unvollständiger Wärmedämmung	Feuchtigkeit aus dem Niederschlag:	20 fehlender Spritzwasserschutz
6 Tauwasser wegen fehlender Dampfbremse oder wegen Luftbewegung durch das Bauteil	12 Undichtigkeit in der Dachdeckung	
7 ungedämmte Kaltwasserleitung	13 defekte Anschlüsse	
	14 Putz oder Verfugung des Mauerwerks gerissen	
	15 undichtes/verstopftes Regenfallrohr	

Abb. 25

Abbildung. Gebäudeschäden

## Methoden der Feuchtigkeitsbestimmung

### Messverfahren für den Laien

#### o Hygrometer

Das Hygrometer dient der Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit. Fast in jedem Haushalt hängt "unbekannterweise" so ein Gerät in Kombination mit Barometer und Thermometer an der Wand. Die an diesen Geräten angezeigten Werte entsprechen oft nicht den real vorhandenen. In der Beratung wird nicht selten mit dem niedrigen angezeigten Wert der rel. Luftfeuchtigkeit argumentiert. Falls die Geräte sich eichen lassen (Stellschraube auf der Rückseite des Gehäuses), sollte das Gerät für ca. 10 Minuten in ein feuchtes Tuch eingeschlagen werden. Der Zeiger müsste anschließend auf 100 stehen. Falls nicht, muss er mit Hilfe eines Schraubendrehers auf diesen Wert eingestellt



werden. Eine höhere Genauigkeit ergeben die Werte, die von einem elektronischen Gerät angezeigt werden. Diese Geräte empfehlen wir allen Ratsuchenden mit Feuchtigkeitsproblemen in der Wohnung. Neben der Genauigkeit zeigt das Gerät die Veränderung zuverlässig und vor allem sehr schnell an. Der Lernprozess über die Veränderungsmöglichkeiten der relativen Luftfeuchtigkeit lässt sich so einleiten. (z.B. Wettbewerbe in Hausgemeinschaften, in denen nach Modernisierung Probleme auftauchen, weil die Wohnungen vorher "leichter" zu bewohnen waren). Das preiswerteste Gerät ist z.B. in allen Baumärkten und Elektronikshops ab ca. 14,- € zu erhalten.

- o Kombination Hygrometer/Thermometer (mit Fühler)

Zum Aufspüren von Wärmebrücken (als erste Indizienkette) geeignet. Der Temperaturfühler wird an der durchfeuchteten Stelle befestigt, das Gerät in der Raummitte hingestellt. Angezeigt werden jetzt die Raumtemperatur und die Temperatur an der Wandoberfläche. Sind die Unterschiede in Relation zur Außentemperatur sehr groß (z.B. 8° – 10°C), so sollten weitere Untersuchungen stattfinden, da unter Umständen diese Wohnung unter dem Aspekt der Zumutbarkeit gar nicht mängelfrei zu bewohnen ist. Auch dieses Gerät wird in Niedersachsen verliehen. Im Einkauf ist dieses Gerät bereits deutlich teurer als die einfachen Hygrometer (ca. 40,- €)

Messverfahren für Fachleute (z.T. auch für informierte Laien)

### **Leitfähigkeitsmessgerät.**

Dieses Gerät misst zwischen zwei Punkten den Spannungsabfall. Anhand der aus der Praxis und Forschung bekannten Werte für bestimmte Materialien, lässt sich vergleichend feststellen, ob an bestimmten Stellen Feuchtigkeit vorhanden ist. Da alle stromleitenden Materialien falsche Deutungen ermöglichen (z.B. hinter der Tapete verklebt Aluminiumfolie,.), muss der Wert einer Messung interpretiert werden. Für die Bestimmung von Restfeuchte im Estrich z.B. ist dieses Gerät hinreichend genau und wird von Gutachtern allgemein eingesetzt. Wenn jedoch die Untergründe nicht bekannt sind, sollte mit den Ergebnissen vorsichtig umgegangen werden.

Im Alltag der VZN ist dieses Gerät ebenfalls seit Jahren im Einsatz (s.u.). Besonders im Sommer lässt sich mit dem Gerät sehr leicht nachweisen, ob die Feuchtigkeitsschäden - wie häufig vermutet- von Regenfällen verursacht werden. Im Sommer entfällt wegen der hohen Außentemperaturen der Anteil der Kondensatfeuchte, die nur anfallen kann, wenn die Wandoberflächen entsprechend kühl sind. In vielen Fällen wurde beim Nutzer der Wohnung mit dem Ergebnis der Messung ein Nachdenkprozess eingeleitet, der zum Ergebnis hatte, erst mal die eigenen Möglichkeiten der Schadensverhinderung auszuloten, bevor dem Vermieter die alleinige Schuld - wie zuvor geschehen - zugewiesen wird.

Andererseits lässt sich mit dem Gerät auch für einen Laien handhabbar feststellen, dass bei vielen vergleichenden Messungen auf einer Wand etwas nicht in Ordnung ist, wenn an einer Stelle plötzlich hohe Werte auftauchen. Mit diesen Indizien lässt sich bereits bei der Beratung die mögliche Schadensursache eingekreisen.

Das weitere Vorgehen, wie z.B. Einschalten eines Gutachters etc. lässt vom Ergebnis her eine genauere Prognose zu. Viele Beispiele von durchfeuchteten Wänden auf der Wetterseite einhergehend mit der Schuldzuweisung des Vermieters an den Mieter, zeigen, dass diese Messungen bereits ausreichen, um die Vorurteile abzubauen. (Kosten: 200,- €)

Die **dielektrische Messung** berücksichtigt den Spannungsabfall von dem Messgerät in das Material. Mit dieser Methode lässt sich feststellen, ob sich hinter einer sich trocken anführenden Oberfläche Wasser verborgen hält. Diese Geräte werden von Gutachtern eingesetzt, um eine erste Prognose erstellen zu können. Auch diese Geräte sind wie die vorher genannten keine Messgeräte sondern lediglich Indikatoren. Ich bewerte die Ergebnisse grundsätzlich nach dem Motto, "da stimmt was nicht". Alle weiteren Interpretationen von Ergebnissen dieser Geräte bis hin zu Angaben von prozentualem Anteil von Wasser im Bauteil sind nicht korrekt und sollten Sie stutzig machen. (Kosten: ab 100,- €)

Neben diesen einfach handhabbaren Geräten, stehen dem Gutachter weiter folgende Geräte zur Verfügung:

- CM-Gerät, chemische Methode zur Wassergehaltbestimmung, Probenentnahme!
- Kondensationstrockner, zur Ermittlung des Wassergehaltes der Luft geeignet
- **Aufzeichnungsgeräte**, die über einen längeren Zeitraum Temperaturen und relative Luftfeuchtigkeit registrieren und so Rückschlüsse auf den Zustand der Wohnungen bzw. Verhalten der Bewohner zulassen. Diese Geräte -elektronisch nur streichholzschachtelgroß- sind seit langem in Verbraucherzentralen und Mietervereinen als Leihgeräte erhältlich. Auch einige Wohnungsunternehmen benutzen diese Geräte mittlerweile.
- **Infrarotthermometer** (ab 40,- €), In Sekundenschnelle lässt sich die Oberflächentemperatur ermitteln. Bei den Kurzgutachten in Hannover setze ich dies Gerät im Winter gerne ein. da bei der Vorführung großer Temperaturunterschiede vor Ort beide Parteien sehr beeindruckt sind und eher Bereitschaft zeigen, über das Problem nachzudenken. Die preiswerten Geräte werden in fast allen Beratungsstellen der Verbraucherzentralen ausgeliehen, damit die Ratsuchenden sich selbst eine quasi preiswerte „Thermographie“ erstellen können

Aufgestellt 1.9.2015 Jan Habermann