



**ABSCHLUSSBERICHT**

**zum**

**FLIB-WORKSHOP 2013**

**- LECKAGEBEWERTUNG -**

**am**

**17./18. April 2013**

**in**

**Fulda**

Berlin, Januar 2015



Der Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. bedankt sich bei allen Mitgliedern, die mit ihrer aktiven Teilnahme sowie dem offenen Austausch zum erfolgreichen Verlauf der Veranstaltung beigetragen und damit die Grundlage für diesen Abschlussbericht geschaffen haben.

Bearbeitet von:

Stefanie Rolfsmeier, Klaus Vogel, Oliver Solcher und Monika Vater

Zitierweise:

FLiB (Hrsg., 2015): Leckagebewertung. Abschlussbericht zum FLiB-Workshop am 17./18. April 2013 in Fulda. Berlin: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.

## Inhalt

1.	Einleitung.....	3
2.	Wirkungsweisen und Parameter bei der Leckagebewertung.....	3
3.	Der Workshop.....	4
3.1	Allgemeiner Teil des Fragebogens .....	5
3.2	Bewertungsschema für die Leckagen.....	6
3.3	Prüfobjekt und Prüfdruck .....	6
3.4	Leckagen.....	7
3.5	Ergebnisse.....	8
3.5.1	Allgemeine Fragen zur Leckageortung .....	8
3.5.2	Bewertung der Einzelleckagen .....	10
4.	Literaturverzeichnis.....	25

## **1. Einleitung**

Bei der Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden nach DIN EN 13829, wie sie bei einer EnEV-Schlussmessung erfolgt, sind große Leckagen zu dokumentieren. Allerdings wird in dieser Norm nicht näher ausgeführt, ab wann eine Leckage als groß anzusehen ist.

Ferner werden MesstechnikerInnen im Rahmen von baubegleitenden Untersuchungen bzw. Messungen zur Qualitätssicherung häufig mit Bewertungsfragen zu Leckagen konfrontiert.

Folgende Frage ist bei der Bewertung stets zu beantworten:

Wann ist eine Leckage in der Gebäudehülle als bedeutsam und wann als nicht bedeutsam einzustufen?

Diese Frage wird seit Jahren intensiv diskutiert und ist Gegenstand von Forschungsbemühungen. Der FLiB e.V. hat im April 2013 dieses Thema im Rahmen eines Workshops aufgegriffen. Ziel war es, einen aktuellen Stand zur Bewertung von Leckagen zu erhalten, um damit Aufklärung betreiben und Hilfestellungen bei der Bewertung von Leckagen geben zu können.

Die Erfahrungen aus diesem Workshop waren Anlass für den FLiB, zusammen mit dem Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik sowie dem Fraunhofer Institut für Bauphysik, ein Forschungsprojekt zu initiieren. Das auf zwei Jahre angelegte Projekt wurde im Herbst 2014 genehmigt und trägt den Titel: „Bewertung von Fehlstellen in Luftdichtheitsebenen – Handlungsempfehlung für Baupraktiker“. Es wird mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Az.: SWD-10.08.18.7-14.20).

## **2. Wirkungsweisen und Parameter bei der Leckagebewertung**

Eine für alle Fälle anwendbare Regel, ob eine Leckage in der Gebäudehülle bedeutsam ist oder nicht, gibt es nicht. Für die Entscheidung ist es wichtig zu klären, welche Wirkungsweise einer Leckage man betrachtet.

In der Literatur werden verschiedene Wirkungsweisen von Leckagen im Zusammenhang mit dem Thema Luftdichtheit genannt. Danach können Leckagen beispielsweise Auswirkungen auf

- die Funktionsfähigkeit einer Konstruktion,
- den Energieverbrauch eines Gebäudes,
- die Funktionsfähigkeit einer Lüftungsanlage und
- die Behaglichkeit der Nutzer haben.

Sollen eine oder mehrere Wirkungsweisen betrachtet werden, dann fließen in die Bewertung folgende Parameter mit ein:

- Lage (z.B. Dach- oder Erdgeschoss) und
- Größe (hier: Fläche) der Leckage,
- Strömungsgeschwindigkeit bei definierter Druckdifferenz,
- Aufbau der hinter der Leckage vorliegenden Konstruktion,
- Nutzung der Räumlichkeiten,
- Anforderungen aus Regelwerken (z.B. Fugenluftdurchlässigkeit bei Fenstern).

Aus den obigen Ausführungen wird deutlich, dass ein „Grenzwert“ für die häufig einzig und allein herangezogene Strömungsgeschwindigkeit (z.B. 2 m/s) kein ausreichender Bewertungsmaßstab ist.

### **3. Der Workshop**

Im April 2013 veranstaltete der FLiB e.V. im Rahmen der Mitgliederversammlung einen Workshop mit dem Thema „Leckagebewertung“. 43 TeilnehmerInnen hatten die Aufgabe, 14 Leckagen in einem Gebäude bei einem konstanten Unterdruck von 50 Pa nach einem vorgegebenen Schema zu bewerten. Ferner wurden allgemeine Fragen zur Leckageortung und Bewertung gestellt.

Jede/r TeilnehmerIn erhielt einen eigenen, anonymisierten Fragebogen zur Bearbeitung und durfte die Hilfsmittel zur Beurteilung von Leckagen (z.B. Thermoanemometer, Thermografiekamera) frei wählen und einsetzen. Der Fachverband stellte zwei Thermoanemometer zur Verfügung.

Grundrisse, Schnitte und Details vom Prüfobjekt (siehe 3.3) konnten von den TeilnehmerInnen während des Workshops eingesehen werden. Die anonymisierten Fragebögen wurden vor Ort eingesammelt und flossen in dieser Form in die Auswertung ein.

### 3.1 Allgemeiner Teil des Fragebogens

In dem allgemeinen Teil des Fragebogens wurden Informationen zur mittleren Dauer der Leckageortung bei EnEV-Schlussmessungen sowie baubegleitenden Messungen an Doppelhaushälften/Einfamilienhäusern, zu den Bewertungskriterien und zu den Hilfsmitteln für die Ortung der Leckagen abgefragt:

Wie lange brauchen Sie für eine Leckageortung bei der EnEV-Schlussmessung?

- 0,5 h
- 1 h
- 2 h
- \_\_\_\_\_

Wie lange brauchen Sie für eine baubegleitende Leckageortung?

- 0,5 h
- 1 h
- 2 h
- \_\_\_\_\_

Bewerten Sie bei einer baubegleitenden Messung Leckagen?

- ja
- nein
- \_\_\_\_\_

Welche Bewertungskriterien nutzen Sie bei einer baubegleitenden Leckageortung?

\_\_\_\_\_

Die Leckagen orte ich hauptsächlich mit:

- der Hand
- dem Thermoanemometer
- der Thermografiekamera
- \_\_\_\_\_

### 3.2 Bewertungsschema für die Leckagen

Den TeilnehmerInnen wurde ein Bewertungsschema für verschiedene Wirkungsweisen einer Leckage zur Verfügung gestellt. Dieses Schema verdeutlicht gut, dass es bei einer differenzierten Betrachtung unterschiedliche Gründe geben kann, eine Leckage als kritisch oder unkritisch zu bewerten:

Nr:	Leckage (z.B. Steckdose)	Raum (z.B. Küche)	WE-Nr.	Geschoss				
Ist die Leckage eine „große“ Leckage im Sinne der DIN EN 13829 <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein								
<b>Bewertung der Leckage</b> (Bitte ein Kästchen pro Zeile ankreuzen)		unkritisch - - - - - kritisch				<b>nicht be- wertbar<sup>1</sup></b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>5</b>	<b>6</b>
• Energieverluste		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Feuchteintrag in Konstruktion		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Behaglichkeit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Beeinträchtigung der Lüftungsanlage		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<sup>1</sup> Nicht bewertbar, da: .....								

### 3.3 Prüfbjekt und Prüfdruck

Für den Workshop stand in einem Vorort von Fulda ein zweigeschossiges Einfamilienhaus (EFH) in Holzständerbauweise zur Verfügung. Als für den Workshop relevante Systemgrenze dieses Neubaus wurden alle Außenbauteile von der Bodenplatte bis zur Kehlbalkenlage einbezogen.

Die Luftdichtheitsschicht (hier: raumseitig angebrachte Dampfbremse) war fertiggestellt und im Bereich der Außenwände mit Gipskartonplatten überbaut. In der Kehlbalkenlage und den Dachschrägen konnte die verklebte und mechanisch gesicherte Dampfbremse eingesehen werden – Abb. 1 und 2. In allen Räumen war der Estrich eingebaut.

Da der integrale Messwert für das Gesamtgebäude nicht von Interesse war, wurden provisorische Abdichtungen (z.B. offene sanitäre Rohrleitungen abgedichtet) nur insoweit vorgenommen, als sie für das Erreichen eines konstanten Unterdrucks von 50 Pa nötig waren. Zur Erzeugung des Unterdrucks kam eine in eine Terrassentür des Wohnzimmers im Erdgeschoss eingebaute, handelsübliche Messeinrichtung zum Einsatz.



Abbildung 1: Prüfobjekt – Neubau EFH.



Abbildung 2: Gebäude von innen – OG.

### 3.4 Leckagen

Für die Bewertung standen 14 ausgewählte und mit Nummern gekennzeichnete Leckagen zur Verfügung. Dabei handelte es sich sowohl um real vor Ort vorliegende als auch um zur Erhöhung der Vielfalt künstlich geschaffene Leckagen, wie sie typischerweise in einem Gebäude vorzufinden sind – Abb. 3 und 4. Folgende Leckagen standen zur Bewertung an (Fotos siehe 3.5.2):

#### *Erdgeschoss*

1. Kellertürschwelle (Nachbau, da kein Keller vorhanden)
2. Katzenklappe (Nachbau, da im Gebäude nicht vorhanden)
3. Briefkastenschlitz (Nachbau, da im Gebäude nicht vorhanden)
4. Rollladengurtkasten (Küche)
5. Steckdose (Küche)
6. Durchdringung einer Rauchgasleitung (Wohnzimmer)
7. Fensterschließfuge (Wohnzimmer) (präpariert, um eine Undichtheit zu erzeugen)
8. Außenwandecke (Kinderzimmer 1)

#### *Obergeschoss*

9. Leerrohr (Flur) (präpariert, um eine Undichtheit zu erzeugen)
10. Kabelbündel (Haustechnikraum)
11. Folienstoß / Folienfalte (Kinderzimmer 2)
12. Folienlöcher durch Tackerklammern (Kinderzimmer 3)
13. Steckdose (Schlafzimmer)
14. Fensterlaibungsecke (Schlafzimmer)



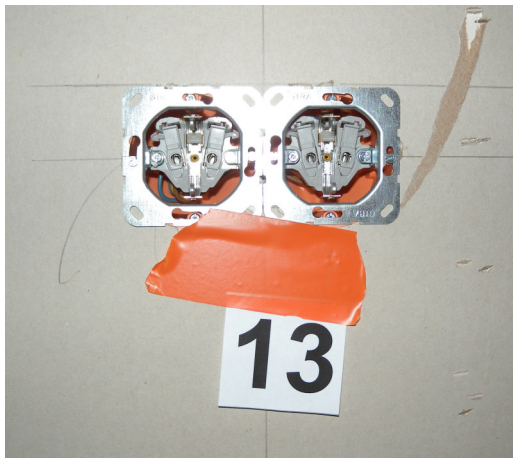


Abbildung 3: Steckdose im Obergeschoss.



Abbildung 4: Künstlich geschaffene Lecks. Kellertürschwelle (1), Katzenklappe (2), Briefkastenschlitz (3).

### 3.5 Ergebnisse

Eine sich bei der Bewertung häufig stellende Frage lautet: Was wird gerade bewertet? Hier ist zu unterscheiden zwischen der Leckage, die ursächlich mit einer Fehlstelle in der Luftdichtheitsschicht in Verbindung gebracht werden kann (z.B. Beschädigung der Dampfbremse), und der Leckage, für die ein solcher Zusammenhang nicht eindeutig erkennbar ist (z.B. Steckdose in der Gipskartonverkleidung). Damit ist je nach betrachteter Wirkungsweise einer Leckage unter Umständen deren Bewertung nicht möglich.

#### 3.5.1 Allgemeine Fragen zur Leckageortung

Für die Leckageortung bei einer Luftdurchlässigkeitsmessung im Rahmen der EnEV-Schlussmessung an einer Doppelhaushälfte oder einem Einfamilienhaus benötigen rund 80% der TeilnehmerInnen zwischen einer halben und einer ganzen Stunde. Circa 15% geben an, dass sie im Mittel mehr als 1,5 Stunden aufwenden.

Für die baubegleitende Leckageortung brauchen etwa 55% der TeilnehmerInnen bis zu einer Stunde. Rund 45% haben hierfür einen Zeitbedarf von mehr als 1,5 Stunden. Circa 80% führen bei einer baubegleitenden Messung eine Leckageortung durch und bewerten auch die gefundenen Leckagen. Etwa 20% geben an, dass sie die georteten Leckagen nicht bewerten.

Einen Überblick über die für die Leckagebewertung genannten Kriterien gibt Abbildung 5.

Hierbei ist zu beachten, dass bei der offenen Fragestellung Begrifflichkeiten auch inhaltliche Dopplungen aufzeigen können. Die ist beispielsweise für die genannten Kriterien Bauschadenspotential, Feuchte und Bauphysik denkbar.

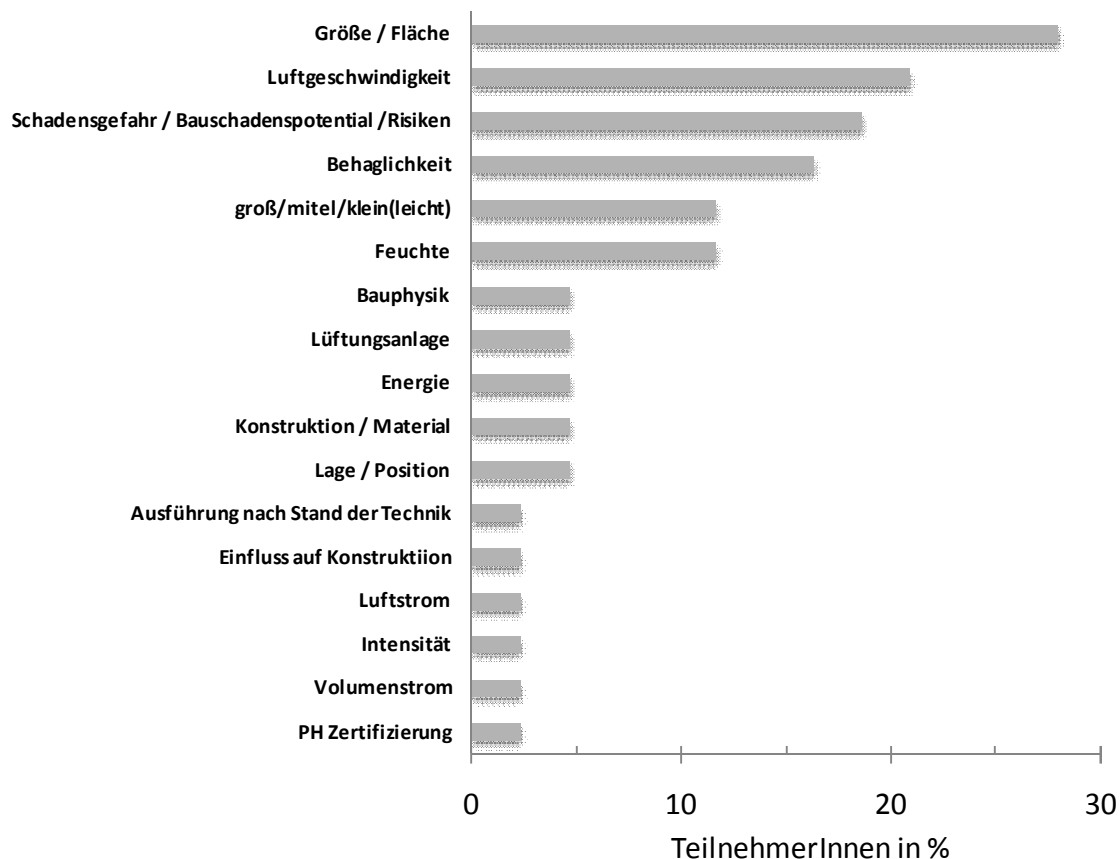


Abbildung 5: Kriterien zur Leckagebewertung.

Als Hilfsmittel bzw. Messgeräte zur Ortung der Leckagen verwenden

- etwa 70% der Teilnehmer die Hand,
- circa 60% das Thermoanemometer,
- rund 40% die Thermografiekamera,
- etwa 10% Rauch oder Nebel und
- rund 5% Vogelfedern (Marabu oder Straußenfedern).

Die Hilfsmittel werden einzeln oder in Kombination eingesetzt. Die Auswahl erfolgt situationsbedingt. So wird zum Beispiel der Nebel nur gelegentlichen eingesetzt, um Strömungswege zu visualisieren.

### **3.5.2 Bewertung der Einzelleckagen**

Nachfolgend werden die Bewertungsergebnisse für jede einzelne Leckage aufgeführt. In der Gesamtbetrachtung lässt sich festhalten, dass einerseits die Wirkungsweisen mancher Leckagen ziemlich eindeutig bzw. einheitlich bewertet sind. Dies ist dahingehend überraschend, da keine vorangegangene Schulung oder Abstimmung im Sinne einer „Musterbewertung“ stattgefunden hat. Andererseits fallen bei manchen Leckagen auch Bewertungen ohne erkennbare Tendenz auf.

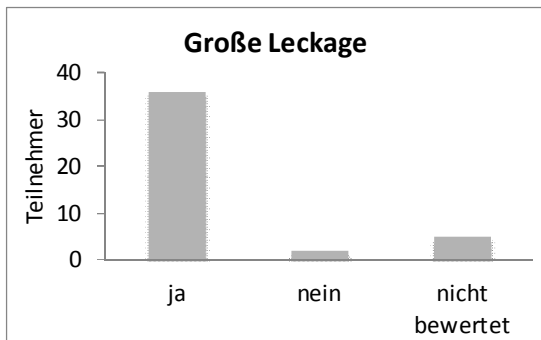
## Leckage 1 Kellertürschwelle



Raum: Flur  
Geschoss: Erdgeschoss

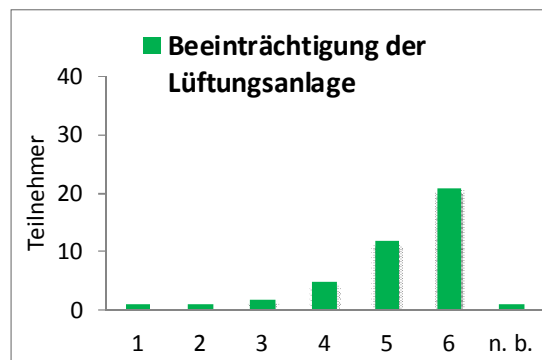
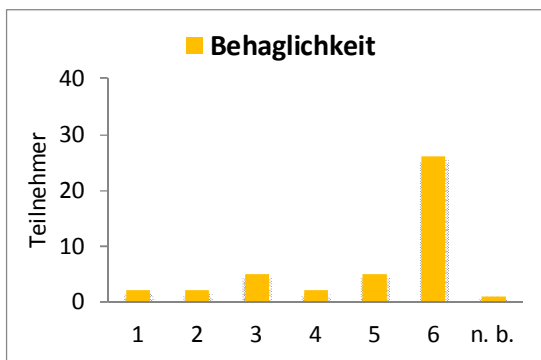
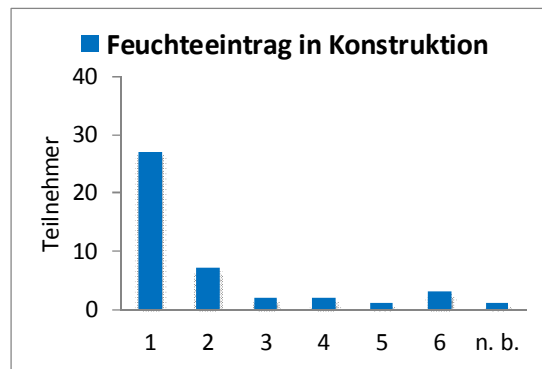
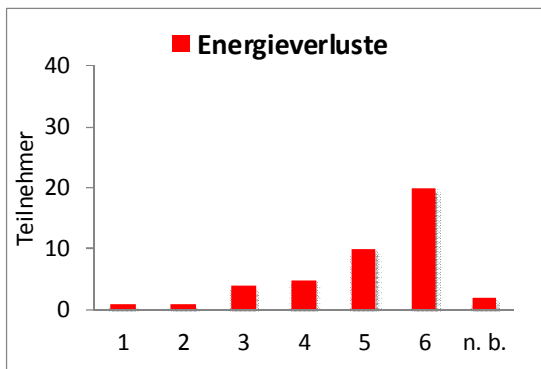
Volumenstrom durch die Leckage  
bei einer Druckdifferenz von 50 Pa: ca. 35 m<sup>3</sup>/h  
(Den TeilnehmerInnen war der Volumenstrom nicht bekannt.)

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



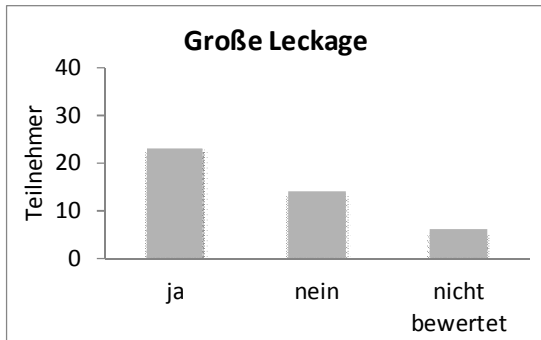
## Leckage 2 Katzenklappe



Raum: Flur  
Geschoss: Erdgeschoss

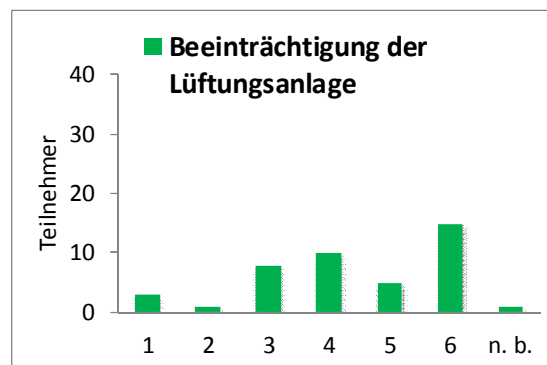
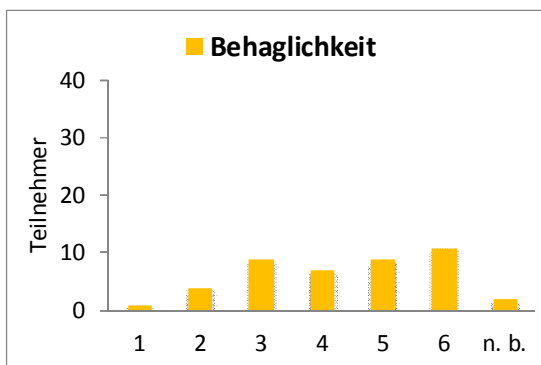
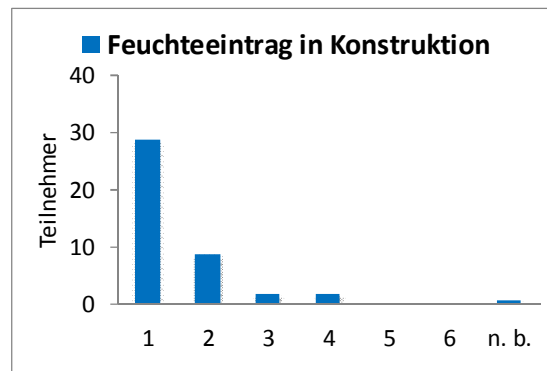
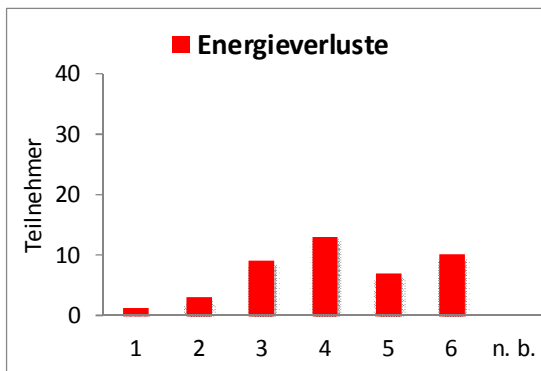
Volumenstrom durch die Leckage  
bei einer Druckdifferenz von 50 Pa: ca. 26 m<sup>3</sup>/h  
(Den TeilnehmerInnen war der Volumenstrom nicht bekannt.)

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



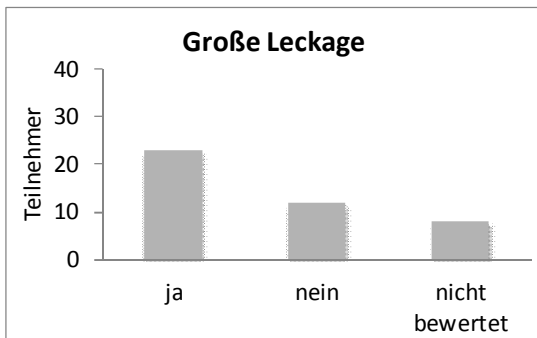
## Leckage 3 Briefkastenschlitz



Raum: Flur  
Geschoss: Erdgeschoss

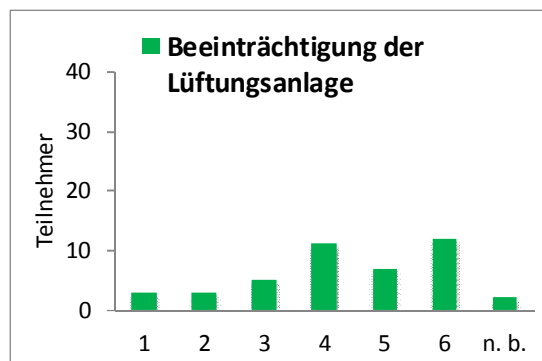
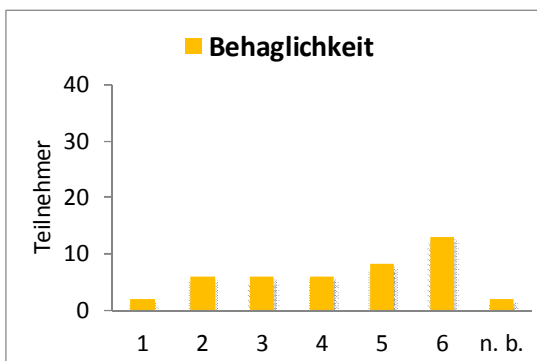
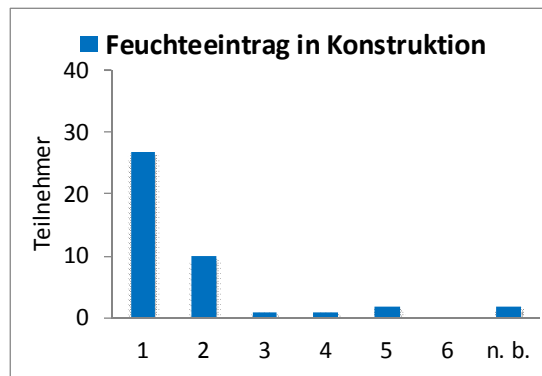
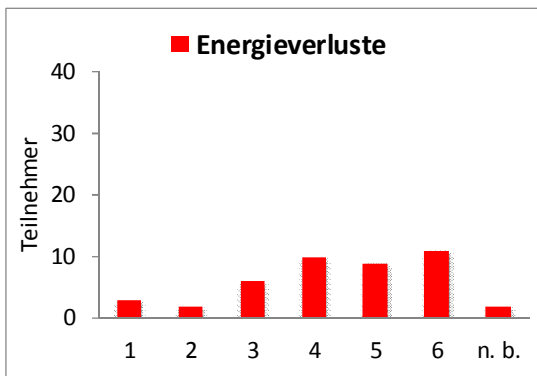
Volumenstrom durch die Leckage  
bei einer Druckdifferenz von 50 Pa: ca. 23 m<sup>3</sup>/h  
(Den TeilnehmerInnen war der Volumenstrom nicht bekannt.)

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)

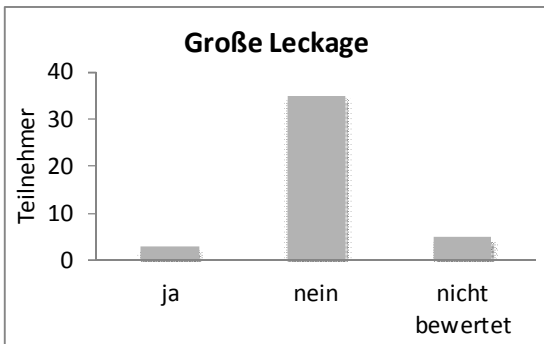


## Leckage 4 Rollladengurtkasten



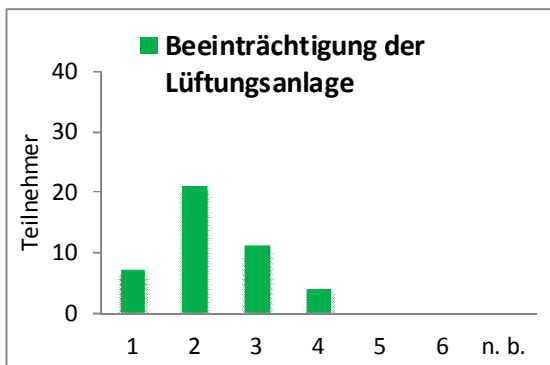
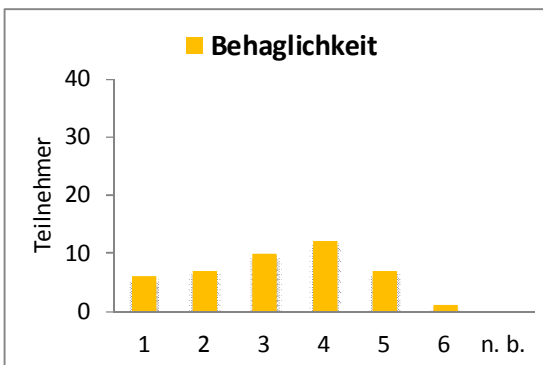
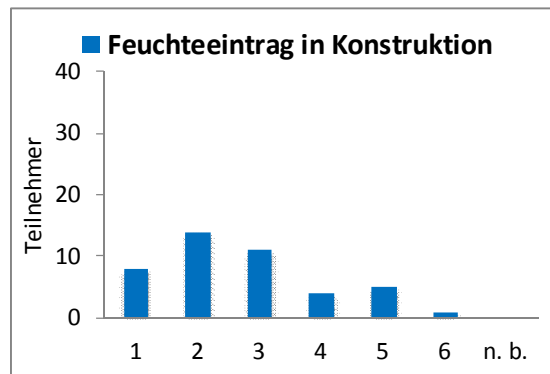
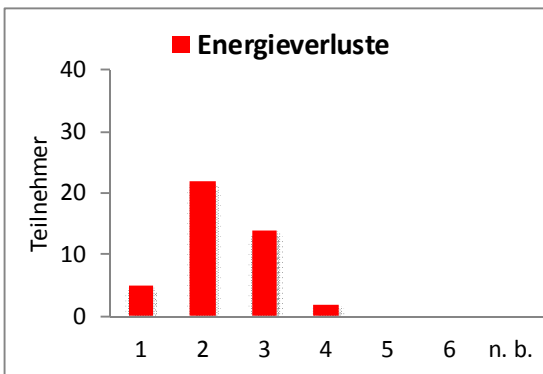
Raum: Küche  
Geschoss: Erdgeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)

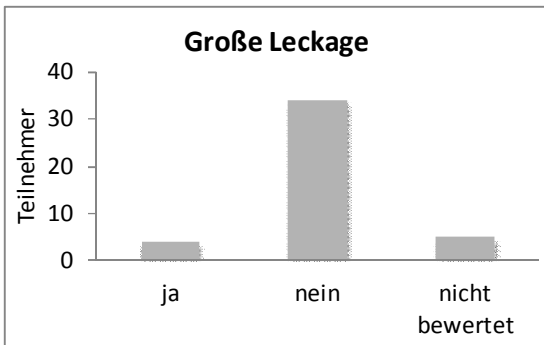


## Leckage 5 Steckdose (EG)



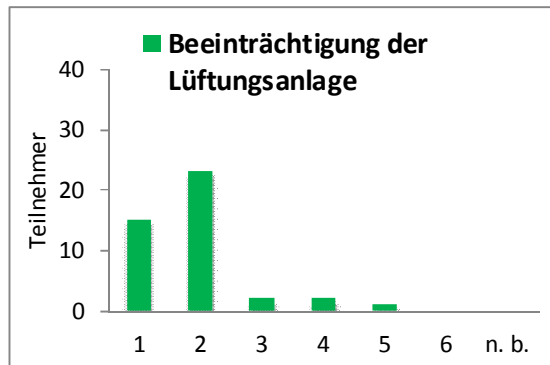
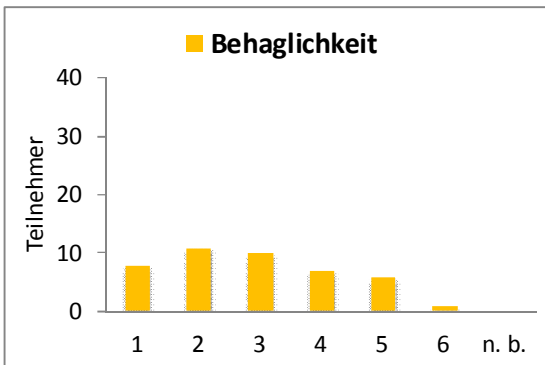
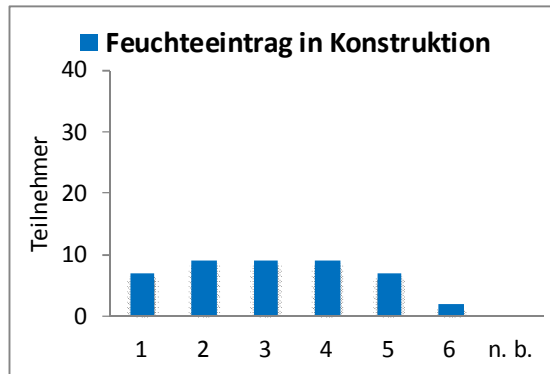
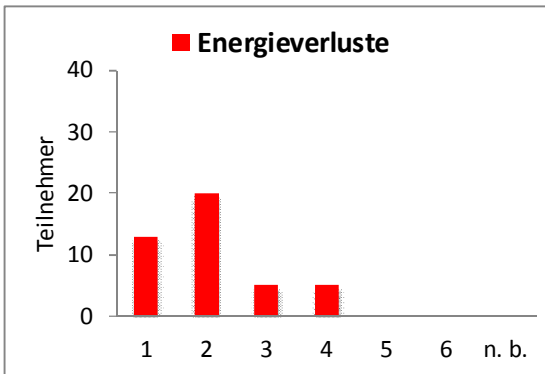
Raum: Küche  
Geschoss: Erdgeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



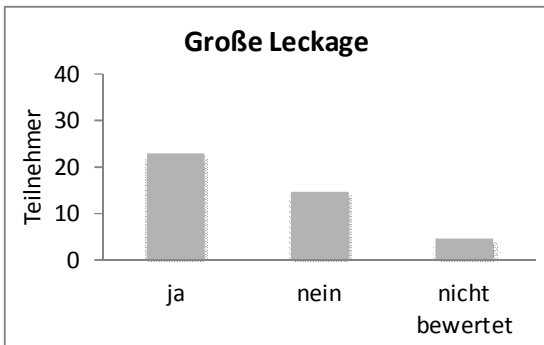


## Leckage 6 Durchdringung Rauchgasleitung (Fuge zur Wand)



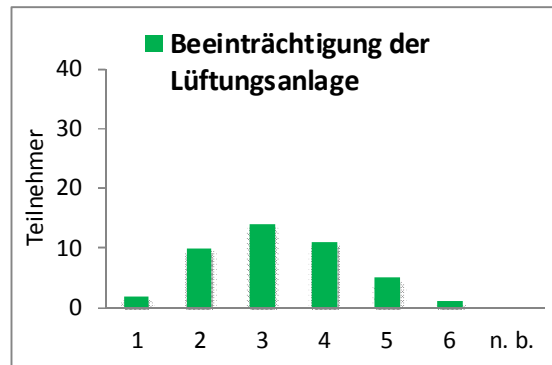
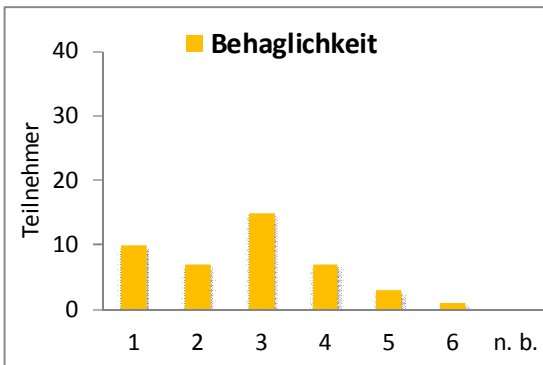
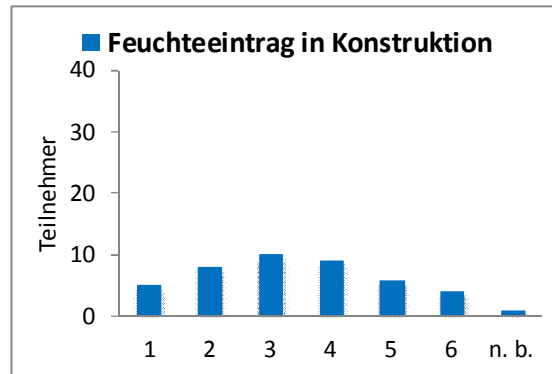
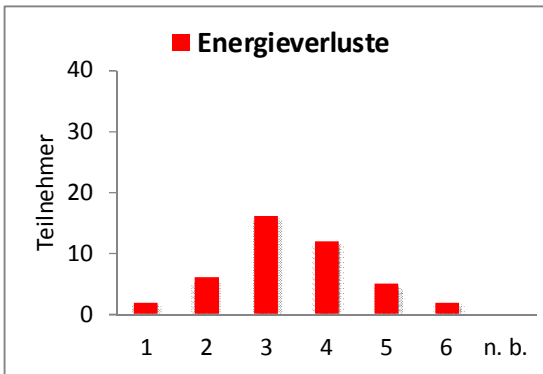
Raum: Wohnzimmer  
Geschoss: Erdgeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



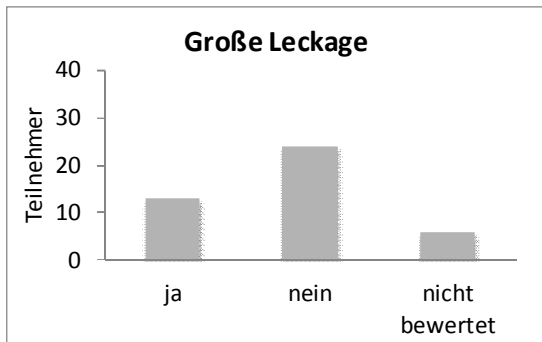
## Leckage 7 Fensterschließfuge



Raum: Wohnzimmer  
 Geschoss: Erdgeschoss

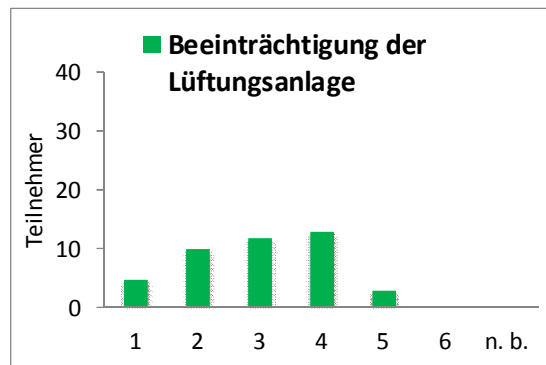
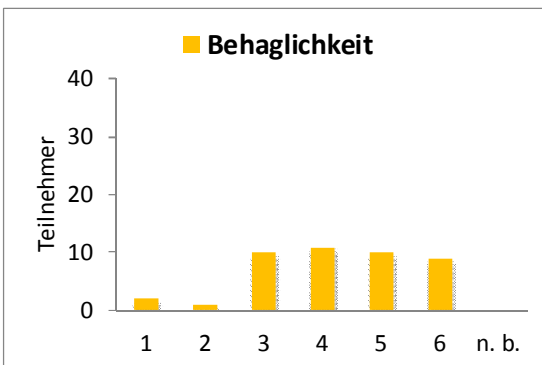
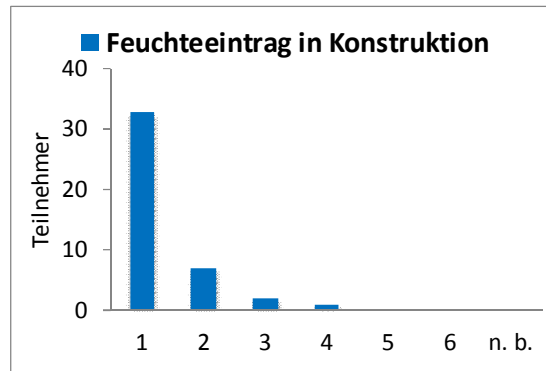
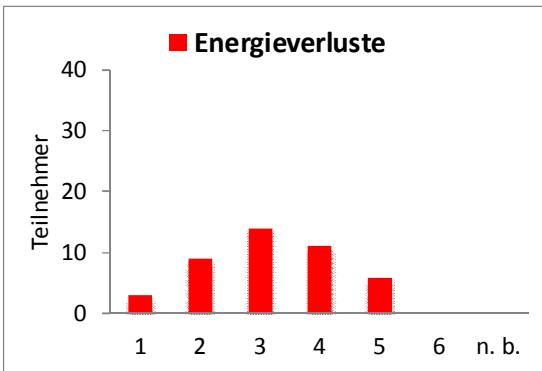
Volumenstrom durch die Leckage  
 bei einer Druckdifferenz von 50 Pa: ca. 3 m<sup>3</sup>/h  
 (Den TeilnehmerInnen war der Volumenstrom nicht bekannt.)

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)

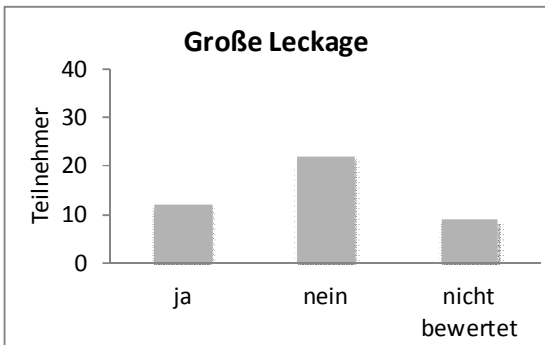


## Leckage 8 Außenwanddecke



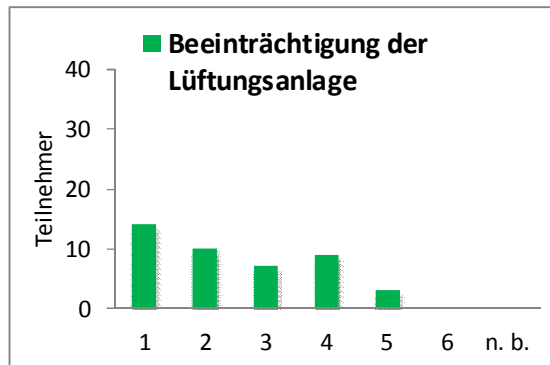
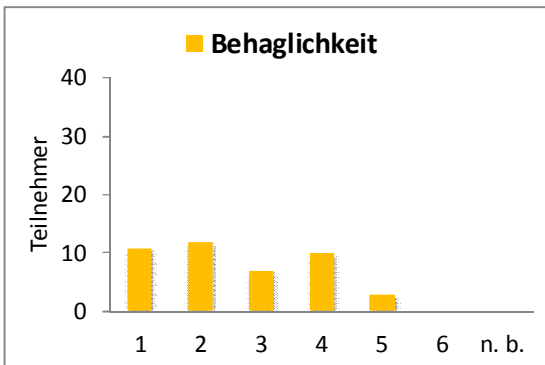
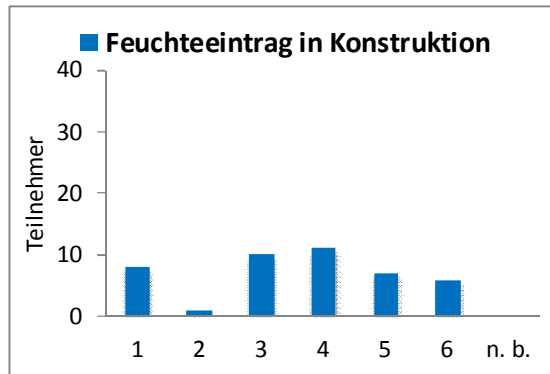
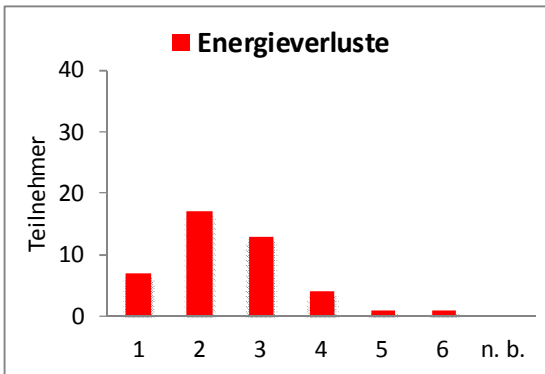
Raum: Kinderzimmer 1  
 Geschoss: Erdgeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)

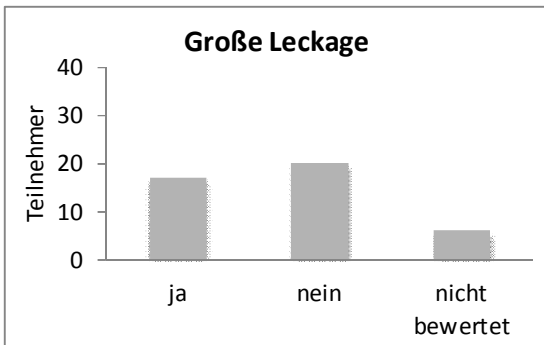


## Leckage 9 Leerrohr



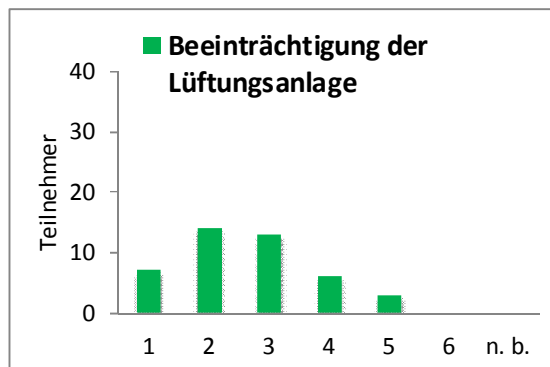
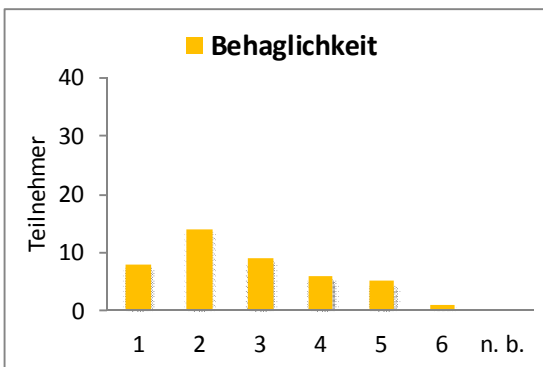
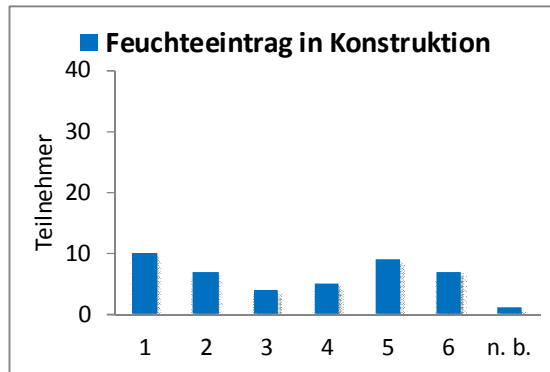
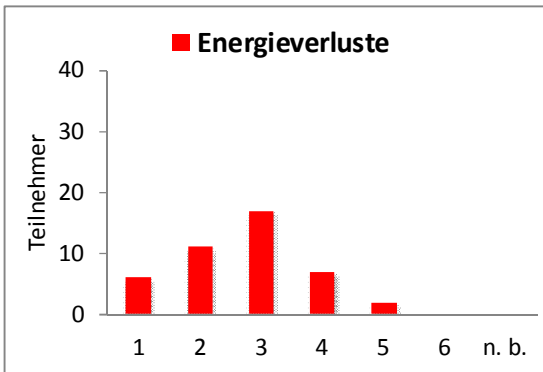
Raum: Flur  
Geschoss: Obergeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)

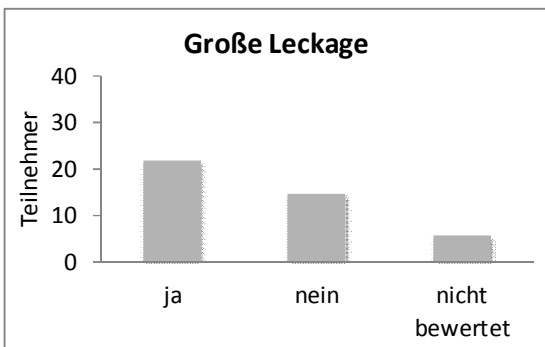


**Leckage 10 Kabelbündel**



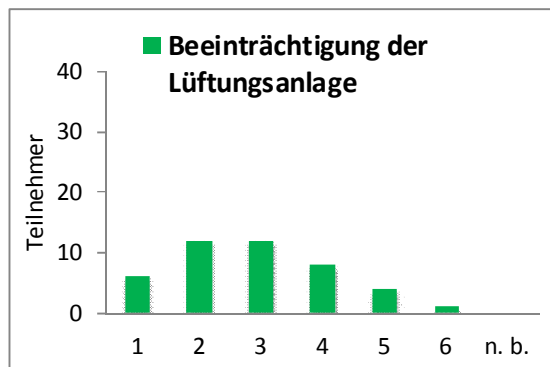
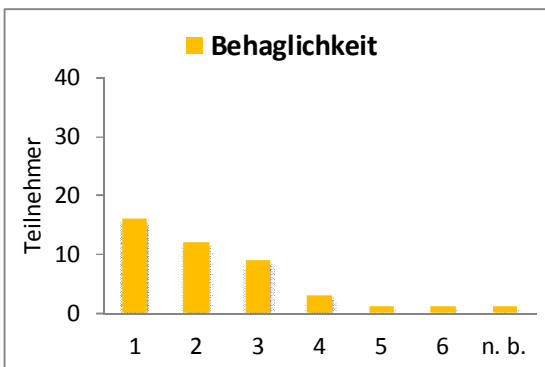
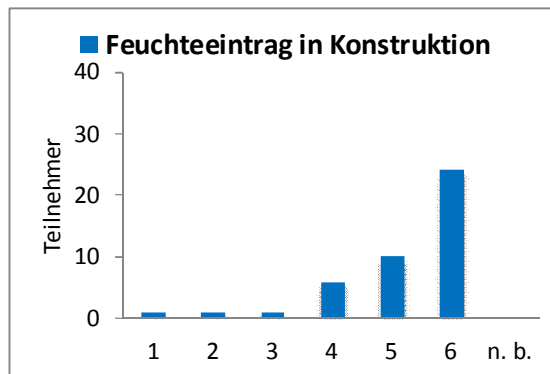
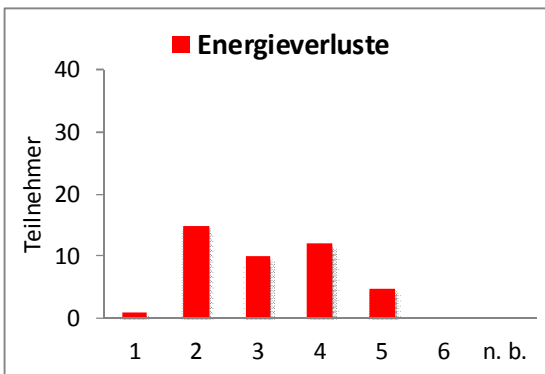
Raum: Haustechnikraum  
 Geschoss: Obergeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?

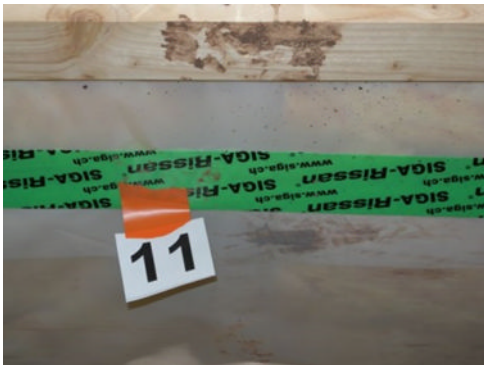


**Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:**

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)

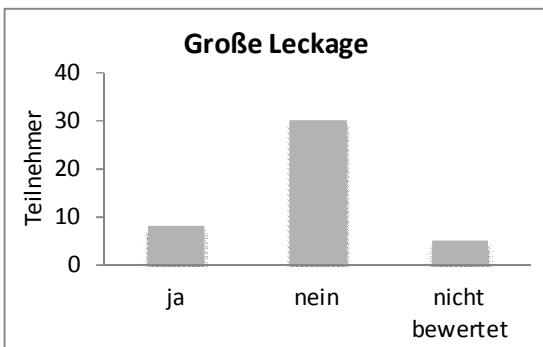


## Leckage 11 Folenstoß / Folienfalte



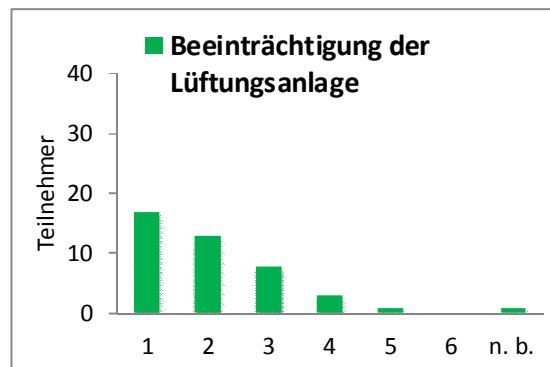
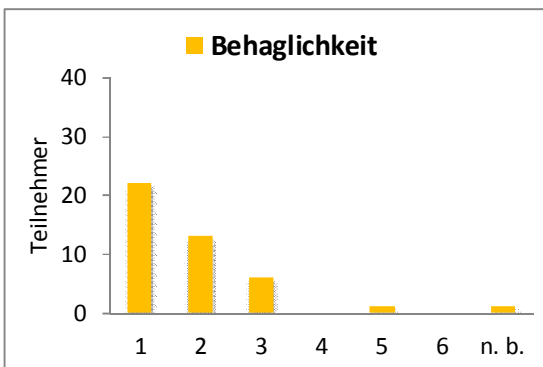
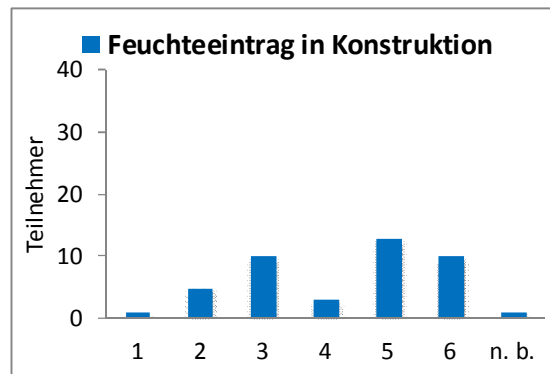
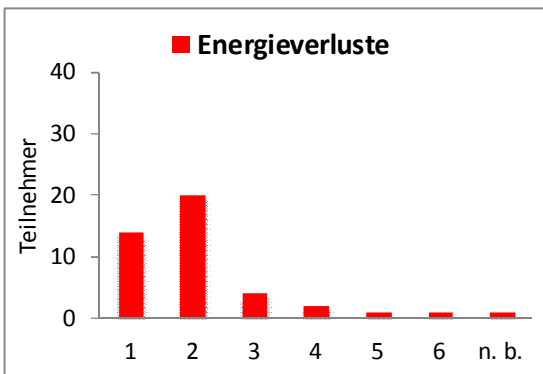
Raum: Kinderzimmer 2  
 Geschoss: Obergeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



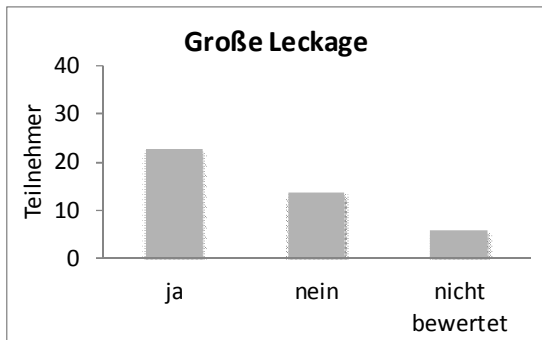
## Leckage 12 Folienlöcher durch Tackerklammern



Raum: Kinderzimmer 3  
 Geschoss: Obergeschoss

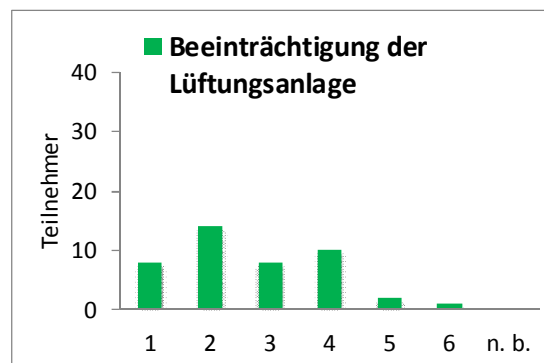
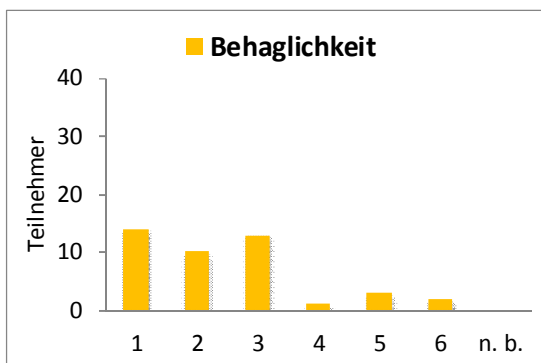
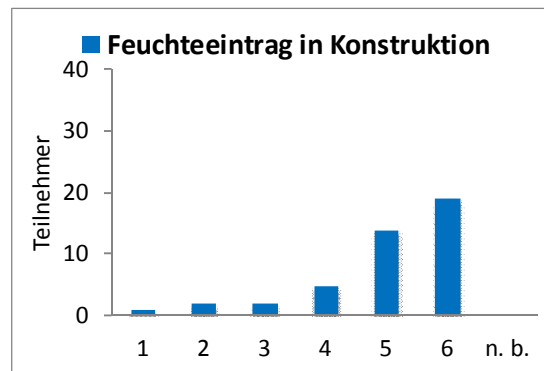
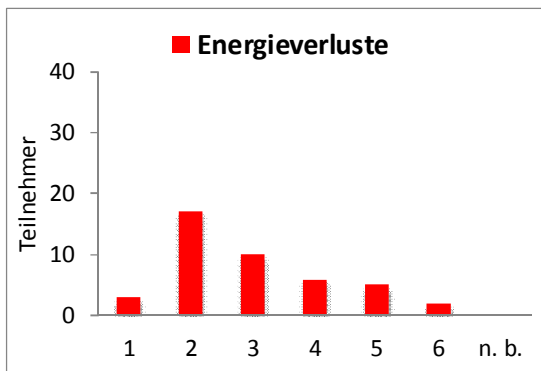
Volumenstrom durch die Leckage  
 bei einer Druckdifferenz von 50 Pa: ca. 3 m<sup>3</sup>/h  
 (Den TeilnehmerInnen war der Volumenstrom nicht bekannt.)

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



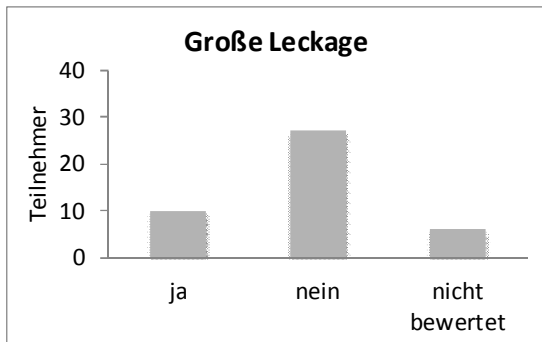
## Leckage 13 Steckdose (OG)



Raum: Schlafzimmer  
 Geschoss: Obergeschoss

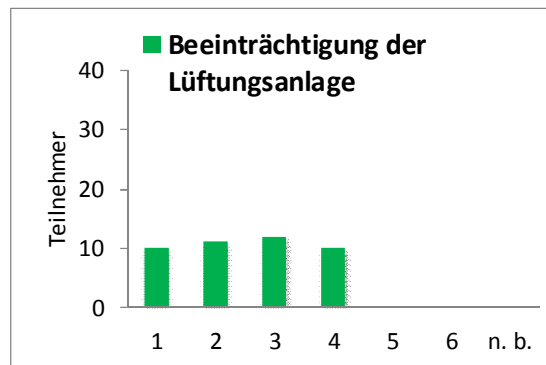
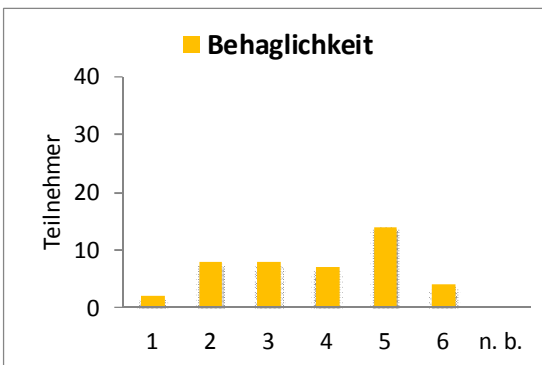
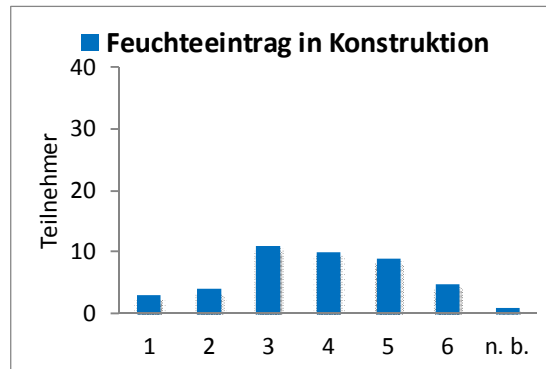
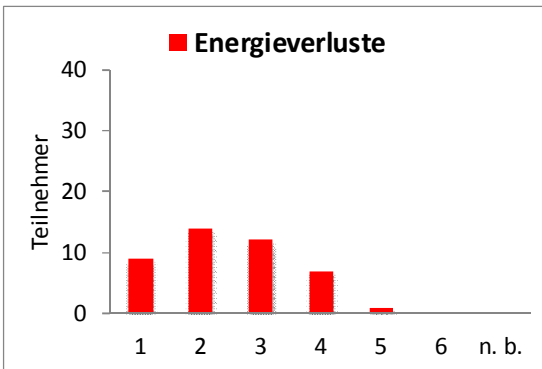
Volumenstrom durch die Leckage  
 bei einer Druckdifferenz von 50 Pa: ca. 1 m<sup>3</sup>/h  
 (Den TeilnehmerInnen war der Volumenstrom nicht bekannt.)

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



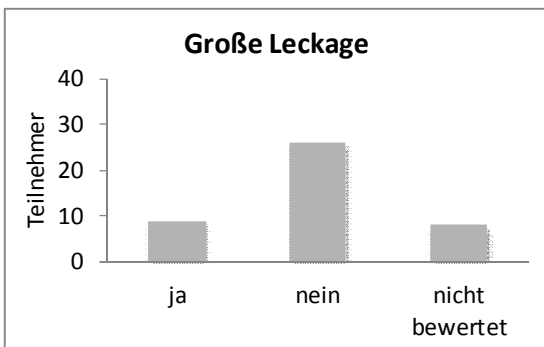


**Leckage 14 Laibungsecke**



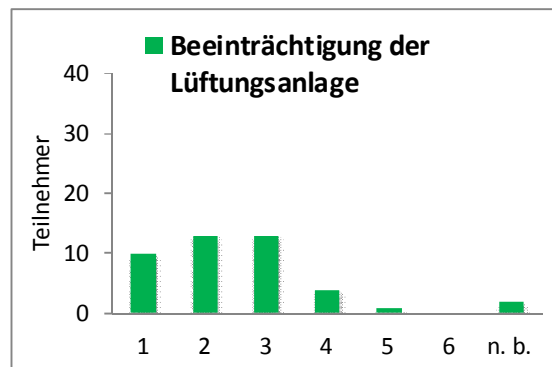
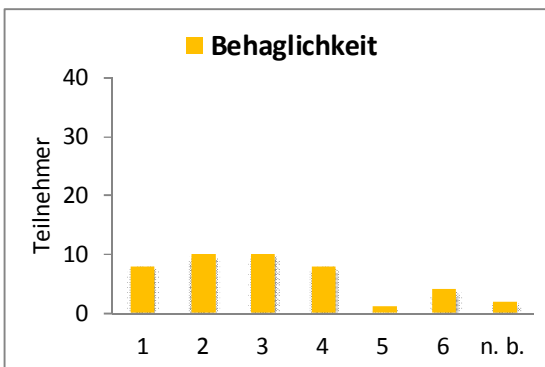
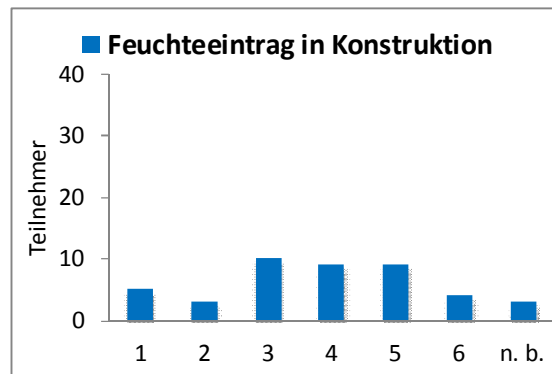
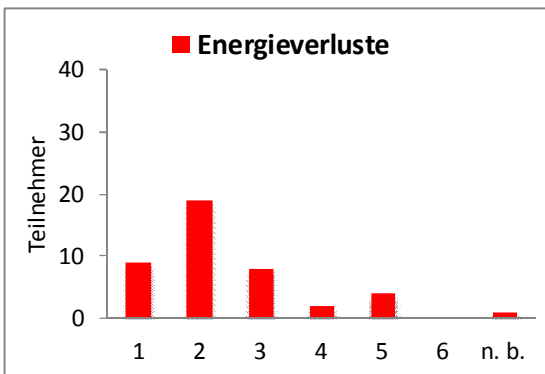
Raum: Schlafzimmer  
 Geschoss: Obergeschoss

Antworten zur Frage: Ist die Leckage eine "große Leckage" im Sinne der DIN EN 13829?



**Bewertungen der Leckage nach den folgenden Kriterien:**

(Die Bewertung erfolgt in Schritten von 1 = unkritisch bis 6 = kritisch und n. b. = nicht bewertet.)



#### 4. Literaturverzeichnis

BIASIN, K., ZELLER, J. (2002): Luftdichtigkeit von Wohngebäuden. Messen der Luftdurchlässigkeit, Bewerten der Messergebnisse, Typische Leckagen, Luftdichtungskonzept, Ausführungsdetails. 3. Auflage, Frankfurt am Main: VWEW Energieverlag GmbH. – ISBN 3-8022-0690-8

BORSCH-LAAKS, R. (2006): Risiko Dampfkongvektion. Wann gibt es wirklich Schäden? HOLZBAU-die neue quadriga, Heft 3, S. 17-22.

DIN 4108-2 (2003): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.

DIN EN 12207 (2000): Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung.

ENERGIEEINSPARVERORDNUNG (2007): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV). Bundesgesetzblatt Nr. 34, S. 1549.

GEISSLER, A., HAUSER, G. (1996): Untersuchung der Luftdichtheit von Holzhäusern. Bericht zum AIF-Forschungsvorhaben Nr. 9579, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik.

GEISSLER, A., HAUSER, G. (2000): Leckageortung an Gebäuden. Abschlussbericht HMUEJFG-Forschungsvorhaben VI A 31-78a 70-25/02, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik.

GEISSLER, A., HAUSER, G. (2002): Abschätzung des Risikopotentials infolge konvektiven Feuchtetransports. Abschlussbericht AIF-Forschungsvorhaben Nr. 12764, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik.

HALL, M., GEISSLER, A., HAUSER, G. (2000): Quantifizierung einzelner Leckagen und Leckagewege bei Gebäuden in Holzbauart. Abschlussbericht (Teil 1) AIF-Forschungsvorhaben Nr. 11402 N, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik.

HALL, M., GEISSLER, A., HAUSER, G. (2000): Quantifizierung einzelner Leckagen und Leckagewege bei Gebäuden in Holzbauart. Handbuch zur Durchführung von Blower Door-Messungen. Erweiterte Messmethoden. Abschlussbericht (Teil 2) AIF-Forschungsvorhaben Nr. 11402 N, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik.

HALL, M., HAUSER, G. (2003): In situ Quantifizierung von Leckagen bei Gebäuden in Holzbauart. Abschlussbericht AIF-Forschungsvorhaben Nr. 12611 N, Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik.

HAUSER, G., KEMPKES, C. (2005): Der Einfluss von windinduzierten Druckschwankungen auf das thermisch-hygrische Verhalten von durchströmten Leckagen. Abschlussbericht AIF-Forschungsvorhaben Nr. 13625N, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., Kassel.

HAUSER, G., MAAS, A. (1992): Auswirkungen von Fugen und Fehlstellen in Dampfsperren und Wärmedämmschichten. Deutsche Bauzeitschrift 24, Heft 1, S. 97–100.

RENN, M. (2012): Hinweise zur Verwendung des Thermo-Anemometers bei der Leckagesuche. In: Gebäude-Luftdichtheit, Band 1, 2. Auflage, Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (Hrsg.), Berlin, S. 70–71. - ISBN 978-3-00-039398-3.

#### HINWEISE AUF AUSFÜHRUNGEN IN:

Gebäude-Luftdichtheit, Band 1, 2. Auflage, Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (Hrsg., 2012), Berlin,

- Behaglichkeit  
Kapitel 1.6 Luftdichtheit = Behaglichkeit, S. 16-17.
- Beurteilung von Lecks  
Kapitel 2.2.2.2 DIN V 4108-7, S. 37-38.
- Vermeidung schädlicher Einzellecks  
Kapitel 2.3.6 Qualitative Anforderungen, S. 41-42.
- Äquivalente Leckfläche  
Kapitel 3.3.3 Abgeleitete Größen / Kenngrößen, S. 62-63.