

Folie 1
© Copyright by bct

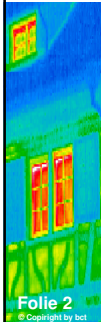
Blower Door Messungen



Christoph Tanner
Dipl. Arch. HTL / FH
Vizepräsident Thermografie Verband Schweiz
8400 Winterthur




Workshop Bau 2011
Thermografie Verband Schweiz, www.thech.ch


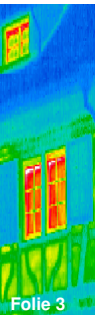


Folie 2
© Copyright by bct

Inhalt

- Sinn und Zweck der Luftdichtigkeit
- Messmethode und Bezugsgrössen
- Normen und Grenzwerte
- Neue Herausforderung: Nicht-Wohnbauten
- Leckagen-Nachweis


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Luftdichtigkeit

Planung und Konstruktion


Material- und Systemwahl


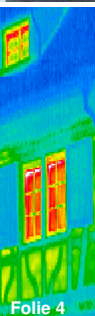
Ausführung und Verarbeitung

Messung / Abnahme

Luftdurchlässigkeitsmessung

Folie 3
© Copyright by bct


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Luftdurchlässigkeitsmessung

Abnahme / Messung

Messung:

- Messtechnik
- Methodik

Lecksuche:

- Qualifizierung der Leckstellen
- Quantifizierung der Leckstellen

Folie 4
© Copyright by bct

Boucheck-Tanner | Christoph Tanner | Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur | Blower Door Messungen | Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Sinn und Zweck der Luftdichtigkeit

The diagram shows a house with a yellow interior. Seven arrows point towards the house from the left, representing different sources of air leakage and energy loss:

- Schadstoffe/Geruch (von aussen)
- Schallproblem (Fensterfugen)
- Zugluft
- Zu tiefe Raumtemperatur
- Bauschäden (Kondensat)
- Lüftungsanlage (Funktionsprobleme)
- Energieverluste (durch Exfiltration)

The house is labeled **gute Luftdichtigkeit**.

Folie 5
© Copyright by bct

Boucheck-Tanner | Christoph Tanner | Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur | Blower Door Messungen | Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Sinn und Zweck der Luftdichtigkeit

The diagram shows a house with a yellow interior. A large red arrow labeled **Energieverluste** points towards the house. The house is divided into two sections:

- The top section is labeled **gute Luftdichtigkeit**.
- The bottom section is labeled **minimale Lüftungswärme verluste**.

An equals sign (=) is placed between the two sections, indicating that good air tightness leads to minimal ventilation heat losses.

Folie 6
© Copyright by bct

Boucheck-Tanner
 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Sinn und Zweck der Luftdichtigkeit

- + ■ Lage der Leckagen
- + ■ Wetter (Wind, Temperaturen)
- + ■ Gebäudeform
- + ■ Gebäude Exposition
- + ■ Bewohnerverhalten (Lüften)
- + ■ Dichtigkeit der Gebäudehülle

← natürlicher Aussenluftwechsel
 ⇕ proportional
 Energieverluste (Lüftungswärme)
 ⇕ nicht proportional
 ← Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle
 Differenzdruck-Verfahren (Blower Door Messungen).

Folie 7
© Copyright by bct

Boucheck-Tanner
 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Sinn und Zweck der Luftdichtigkeit

Es ist also möglich:
 1.0 ← $n_{50, st}$ -Wert → 0.6

... und der effektive Lüftungswärmeverlust beträgt:
 2 [kWh/m²·a] ← → 3 [kWh/m²·a]

Verschiedene Einflüsse wie Leckagenverteilung, Gebäudeform etc. bremsen oder verstärken die Warmluftverluste.

Folie 8
© Copyright by bct

Boucheck-Tanner | Christoph Tanner | Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur | Blower Door Messungen | Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Sinn und Zweck der Luftdichtigkeit

unterschiedliche Messverfahren und Datenauswertungen!
 geht nicht gleichzeitig!

Für MINERGIE und MINERGIE-P!
Luftdurchlässigkeitsmessung

Tracergas-Messung

Folie 9
 © Copyright by bct

Boucheck-Tanner | Christoph Tanner | Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur | Blower Door Messungen | Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Messmethode und Bezugsgrößen

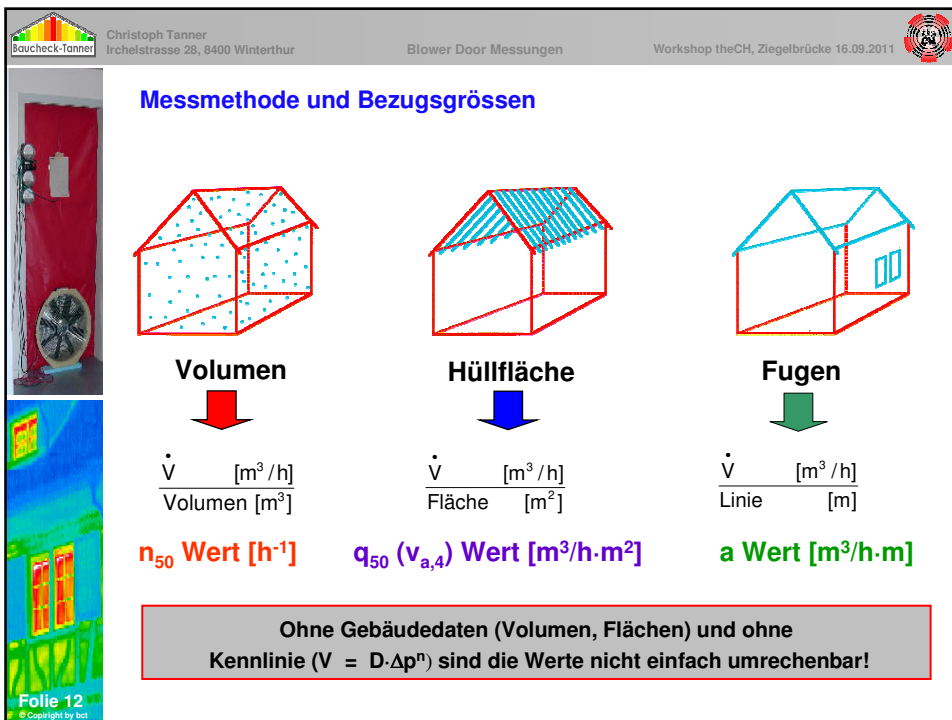
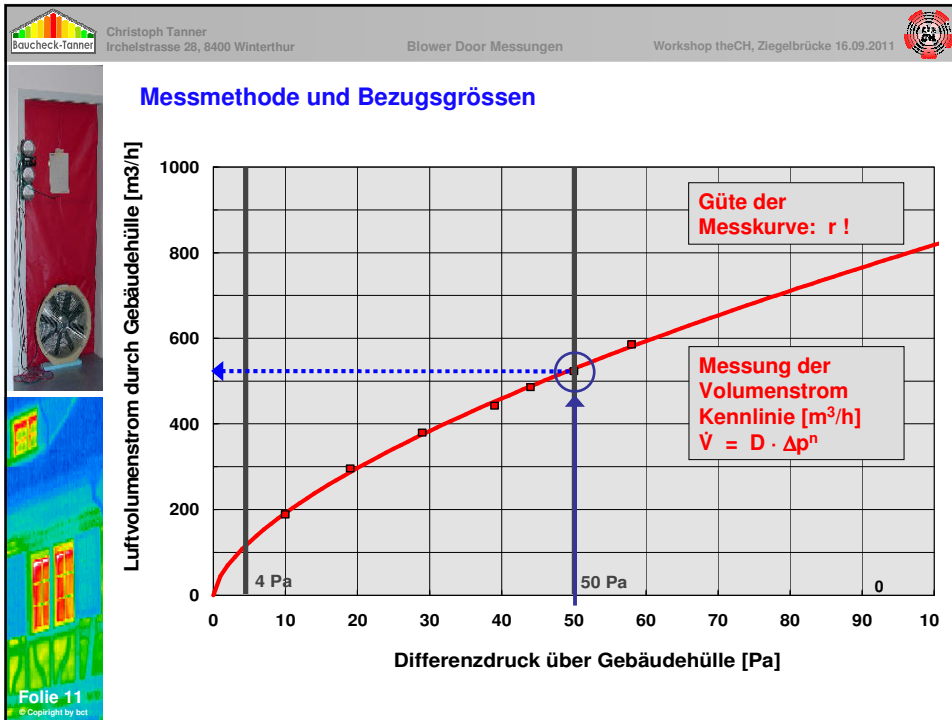
Kaltluftintritte

Δp (50 Pa)

Ventilator mit Düse

Volumenstrom (m³/h)

Folie 10
 © Copyright by bct




 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011


Messmethode und Bezugsgrößen




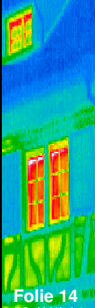

$q_{a,50,T}$ $n_{50,st}$ $V_{a,4}$
 n_{50} W_{50} q_{50}

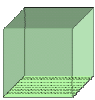
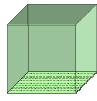
Bei der Gebäudepräparation muss auch bestimmt werden, wie gemessen wird:
Verfahren A : Gebäude ist im Nutzungszustand
Verfahren B : Es wird primär die Gebäudehülle betrachtet (= Version MINERGIE)
 (absichtliche Öffnungen in der Gebäudehülle werden abgeklebt)

Folie 13
© Copyright by bct


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Messmethode und Bezugsgrößen


 „EFH“ 
 „Industriehalle“

$A_E = 378 \text{ m}^2$ $V_T = 500 \text{ m}^3$	Formfaktor: $A_E / V_T = \underline{0.76}$	$A_E = 1754 \text{ m}^2$ $V_T = 5000 \text{ m}^3$	Formfaktor: $A_E / V_T = \underline{0.35}$
Volumenstrom bei 50 Pa: 756 m³/h $q_{50} = 756 / 378 = 2.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ $n_{50} = 756 / 500 = 1.5 \text{ h}^{-1}$		Volumenstrom bei 50 Pa: 3508 m³/h $q_{50} = 3508 / 1754 = 2.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ $n_{50} = 3508 / 5000 = 0.70 \text{ h}^{-1}$	

Unterschiedliche n_{50} -Werte trotz gleicher Bauqualität / m² !
Je grösser ein Gebäude, desto einfacher ist ein guter n_{50} -Wert zu erreichen.

Folie 14
© Copyright by bct

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
Blower Door Messungen
Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Normen und Grenzwerte

international

ISO 9972 (MÄI 2006)
EN 13829 (2000)

ISO soll EN ablösen

keine Grenzwerte

national

SCHWEIZ
SIA 180 (1999)
Bauteilnormen

DEUTSCHLAND
DIN 4107-7 (2001)
Bauteilnormen

OESTERREICH
ÖNORM B 8110-1 (2000)
Bauteilnormen

gemeinnützig

MINERGIE LABEL
RI LU MI (2007)

PASSIVHAUS Label
FLiB - Beiblatt (Zur EN 13829, 4/2008)

Grenzwerte

Grenzwerte

Folie 15
© Copyright by bct

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
Blower Door Messungen
Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Normen und Grenzwerte

EUROPÄISCHENORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EN 13829
NORME EUROPÉENNE
Niveau: EN 13829

Wärmedurchlass-Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdichtheit mit Überdruck-Überdruckverfahren (ISO 9972:1996, modified)

ISO 9972 2. Ausgabe: 2006.05.01
(im Wesentlichen = EN 13829)
„Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method“

ohne Grenzwerte


Veren MINERGIE® (AM) Association MINERGIE®
Messanleitung
Richtlinie für Luftdichtheitsmessungen bei MINERGIE-P- und MINERGIE-Bauten

mit Grenzwerten
q₅₀
n_{50,at}

Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau
SIA 180
mit Grenzwerten
V_{0,4}

gratis auf:
<http://www.thech.ch/de/blowerdoor>


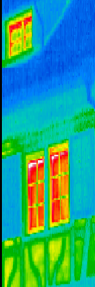
Folie 16
© Copyright by bct


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011


Normen und Grenzwerte

Bauteilnormen

Norm Nr.	Jahr	Titel der Norm
SN EN 12153	2000	Vorhangfassaden -Luftdurchlässigkeit- Prüfverfahren
SN EN 12152	2002	Vorhangfassaden -Luftdurchlässigkeit- Klassifizierung
SN EN 1026	2000	Fenster und Türen -Luftdurchlässigkeit-Prüfverfahren
SN EN 12207	1999	Fenster und Türen -Luftdurchlässigkeit-Klassifizierung
SN EN 12427	2000	Tore Luftdurchlässigkeit Prüfverfahren
SN EN 12426	2000	Tore Luftdurchlässigkeit Klassierung
SN EN 12835	2000	Luftdichte Abschlüsse Prüfverfahren
SN EN 13125	2001	Luftdichte Abschlüsse Klassierung
		weitere

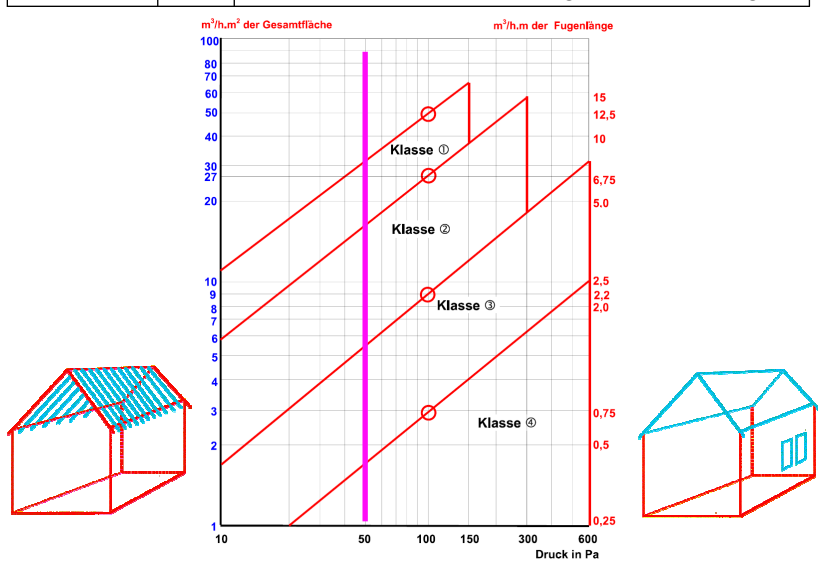



Folie 17
© Copyright by bct


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Normen und Grenzwerte

SN EN 12207	1999	Fenster und Türen -Luftdurchlässigkeit-Klassifizierung
-------------	------	---



$m^3/h.m^2$ der Gesamtfläche
 $m^3/h.m$ der Fugenlänge
 Klasse ①
 Klasse ②
 Klasse ③
 Klasse ④
 Druck in Pa

Folie 18
© Copyright by bct

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
Blower Door Messungen
Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Normen und Grenzwerte

SN EN 12426	2000	Tore Luftdurchlässigkeit Klassierung
-------------	------	--------------------------------------

4 Klassifizierung

Die Luftdurchlässigkeit eines Prüfkörpers muß in Bezug auf die in Tabelle 1 aufgeführten Klassen angegeben werden.

Ein Prüfkörper gehört zu einer festgelegten Klasse, wenn die nach EN 12427 ermittelten Prüfergebnisse nicht den Wert überschreiten, der für diese Klasse nach Tabelle 1 festgelegt ist.

Tabelle 1 - Luftdurchlässigkeitsklassen

Klasse	Luftdurchlässigkeit (Ld) bei einem Druck von 50 Pa [m³/m² h]	Festlegung
0		keine Leistung bestimmt
1	24	
2	12	
3	6	
4	3	
5	1,5	
6		Außergewöhnlich; Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunde sowohl für die Leckrate als auch für den Druck.

ANMERKUNG Werden Drücke oberhalb von 50 Pa aufgebracht, dann sollte das als "außergewöhnlich" und höher als in Klasse 5 eingeordnet werden und sollte Gegenstand einer vertraglichen Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunde sein.

Folie 19
© Copyright by bct

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
Blower Door Messungen
Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Normen und Grenzwerte

sia Schweizer Norm
Norme suisse
Norma svizzera **SN**
SIA 243:2008 Bauwesen **567 243**

EINGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG SNV / NORME ENREGISTRÉE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION

Copyright © 2008 by SIA Zurich

Isolations thermiques extérieures crépées
Isolamento termico a cappotto

Verputzte Aussenwärmedämmung

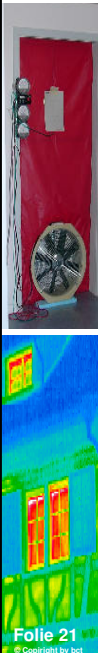
2.1.4 Für die Gebäudehülle ist ein Luftdichtigkeitskonzept zu erstellen. Die Luftdichtigkeit muss auch bei möglichen Verformungen der Tragkonstruktion gewährleistet sein sowie bei allen Anschlüssen, Materialwechslern, Durchdringungen und auch bei Innenflächen von Aussenwänden, welche nicht verputzt werden.

2.1.5 Die Luftdichtigkeit kann nicht mit der verputzten Aussenwärmedämmung erbracht werden.


2.1.6 Eine Hinterströmung der Wärmedämmplatten oder der eingebauten Elemente z.B. im Sturzbereich mit Luft ist nicht zulässig.

Folie 20
© Copyright by bct

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
Blower Door Messungen
Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011



Normen und Grenzwerte



Veren MINERGIE® (AM) Association MINERGIE®
Messanleitung
Stand: Januar 2007

RI LU MI
Jan. 2007

RichtInfo für Luftdurchlässigkeitsmessungen bei MINERGIE-P®- und MINERGIE®-Bauten

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort
2. Zielsetzung dieser RichtInfo
3. Anwendungsbereich
4. Ziel der Messung
5. Durchführung
6. Berichterstattung
7. Sonstige Bemerkungen
8. Überprüf- und Replizierbarkeit

Anhang

- A. Testverfahren
- B. Luftdichtheitsmessung und Energieeffizienzbewertung
- C. MFT-Messungen und MINERGIE-P®-Bewertung
- D. Nachprüfung der Messergebnisse (Anhang 2)
- E. Anmerkungen

MINERGIE® Agentur SWI
Zürcherstrasse 11, 8002 Zürich
Telefon: +41 78 740 88 11 / 740 88 12
www.minergie.ch

energie.ch
010101

Achtung: Nur gültig für neue Wohnbauten!

In der Zwischenzeit neuer Bedarf:

- MINERGIE-P Sanierungen
- seit 2009 MINERGIE-P Label für
 - Gewerbegebäude
 - Industriegebäude
 - Lagergebäude

↓

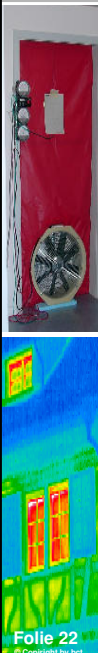
Die RI LU MI kann bei grossen und komplizierten Bauten in ihrer bisherigen Form die anstehenden Verfahrensfragen nicht mehr für jeden Fall beantworten.

↓

1. Konsequenz: (siehe Anwendungshilfe):
Bei Gebäuden mit mehreren Zonen ist mit dem Antrag ein **Luftdichtigkeits-Messkonzept** abzugeben. Luftdichtigkeits-Messkonzepte müssen mit der Zertifizierungsstelle MINERGIE-P® **vorgängig abgesprochen** werden.

Folie 21
© Copyright by bct

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
Blower Door Messungen
Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011



Normen und Grenzwerte

Aus der MINERGIE-Messanleitung	q_{50} [m ³ /h·m ²]	$n_{50,st}$ [h ⁻¹]
Energie-Standard		
MINERGIE-P® (und Passivhaus) <i>Messung obligatorisch</i>	≤ 0.75	≤ 0.6
MINERGIE® <i>Messung fakultativ</i>	≤ 1.25	≤ 1.0

- als Durchschnittswert von Unterdruck *und* Überdruck
- mit Messverfahren B
- als Abnahmemessung (fertig erstelltes Bauwerk) - *oder* als vorgezogene Mess.
- mit Messunsicherheiten max. ± 20 %

Verbleibende Leckstellen dürfen in speziellen Bereichen (z.B. Dach, Fensterfronten etc.) nicht konzentriert auftreten. Einzelleckagen dürfen, auch bei erfülltem Grenzwert, weder zu Schäden am Gebäude noch zur Verminderung der Behaglichkeit führen (z.B. Zugluft, Geruch, Schall).



seit 2008 neu dazu: **MINERGIE-P® Umbauten: $q_{50} \leq 1.9$ / $n_{50,st} \leq 1.5$**

Folie 22
© Copyright by bct


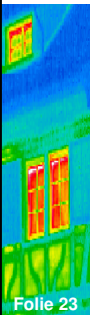
Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur

Blower Door Messungen


Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Normen und Grenzwerte

Folie 23
© Copyright by bct



Flächenbezug



Volumenbezug

Dazu gehörend:
Anwendungshilfe MINERGIE-P®

Grenzwert Luftdurchlässigkeit: 0.6

Christoph Tanner
Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur

Blower Door Messungen

Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011




Neue Herausforderung: Nicht-Wohnbauten




Folie 24
© Copyright by bct

Probleme



a)



b)




Nicht einhalten der Richtlinie

- unvollständige Berichterstattung
- nicht nachvollziehbare Datensätze
- untollerierbare „Sekundärwerte“ (r, n)
- fehlende Ausbildung / Sachverständnis !
- ungenügende Messgeräte !

kritische Bauteile bei Nichtwohn-Gebäuden


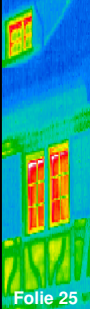
- Roll- oder Falttore
- Doppellifttüren (in Aussenwänden)
- Eingänge für Publikumsverkehr
- Lichthöfe
- Leitungs- und Versorgungsschächte
- haufenweise Lüftungsanlagen etc.
- Überforderung der heutigen Messsysteme !


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur

 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

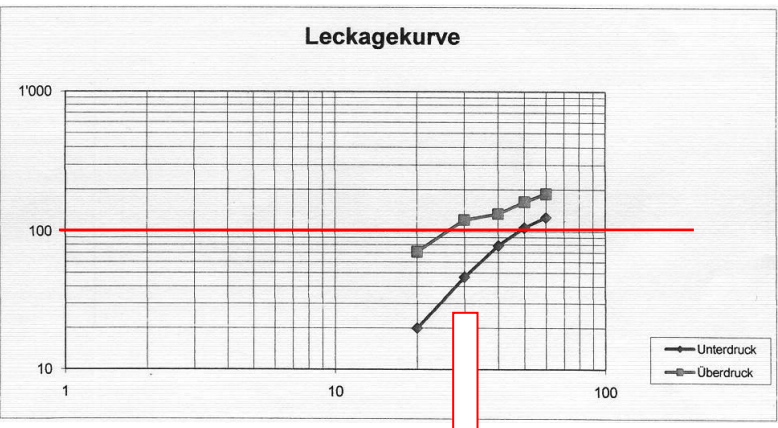
Neue Herausforderung: Nicht-Wohnbauten

a) **Nicht einhalten der Richtlinie:**
Beispiel: Messgerät mit kalibrierten Messwerten bis 100 m³/h

Folie 25
© Copyright by bct

Leckagekurve



Messung der Volumenstrom
Kennlinie [m³/h] $V = D \cdot \Delta p^n$
n im Bericht = 1.71


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur

 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Neue Herausforderung: Nicht-Wohnbauten

b) **Beispiel kritische Bauteile**

- Roll- oder Falttore
- Doppellifttüren (in Aussenwänden)
- Eingänge für Publikumsverkehr
- Lichthöfe
- Leitungs- und Versorgungsschächte
- haufenweise Lüftungsanlagen etc.
- **Überforderung der heutigen Messsysteme !**

was abdichten was nicht ... ?
 Messverfahren A oder B ... ?








Folie 26
© Copyright by bct

Boucheck-Tanner | Christoph Tanner | Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur | Blower Door Messungen | Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Neue Herausforderung: Nicht-Wohnbauten

Alle haben Interesse, aber niemand Geld um etwas zu bewegen!

The diagram features a central red circle containing the text "Grenzwerte Messmethodik" and "Ausbildung". Six callout boxes point towards this central circle:

- SIA** (KHE / KH)
- BFE-Projekt** (HSLU)
- Messgeräteanbieter** (Hersteller von Dichtungsmaterialien)
- Externe Ausbildner** (Zertifizierungen EN 473)
- Thermografie Verband** (BlowerDoor Gruppe)
- MINERGIE** (Fachpartner)

Folie 27
 © Copyright by bct

Boucheck-Tanner | Christoph Tanner | Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur | Blower Door Messungen | Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Lecksuche


Messung:


- Messtechnik
- Methodik

Lecksuche:

- Qualifizierung der Leckstellen
- Quantifizierung der Leckstellen

Folie 28
 © Copyright by bct



 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

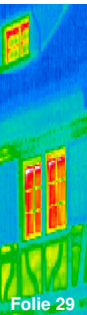


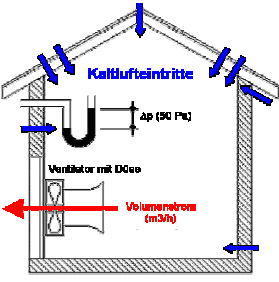
Leckagen-Nachweis

Die Bestimmung der *Luftwechselrate* ist eine **quantitative Messung**.
 Das Messresultat sagt aber nicht, wo die noch verbleibenden Leckstellen sind.
 Diese Frage kann mit der **qualitativen Lecksuche** beantwortet werden.
 dafür gelten:

- Referenzdruck: 50 Pascal
- Lecksuche bei Unterdruck









Mittel zur Lecksuche und Visualisierung:

- von Hand
- mit Strömungsprüfröhrchen (Rauch)
- mit Nebelgenerator
- mit Anemometer
- mit Wollfäden
- mit Thermografie

u.U.: Quantifizierung einzelner Leckstellen mit Blower Door !

Folie 29
© Copyright by bct


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011



Leckagen-Nachweis

Wann ist eine Leckstelle ein Mangel?


Ein Mangel des Werkes im Sinne der Norm SIA 118, Art.166, ist eine Abweichung des Werkes vom Vertrag.

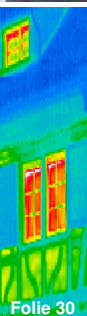
Der Mangel besteht entweder darin, dass das Werk eine zugesicherte oder sonst wie vereinbarte Eigenschaft nicht aufweist; oder darin, dass ihm eine Eigenschaft fehlt, die der Bauherr auch ohne besondere Vereinbarung in guten Treuen erwarten durfte.

Ist eine Sache mangelhaft kann der Besteller Mängelrechte geltend machen.


Unwesentliche Mängel: Es gibt Veränderungen am Werk die unwesentlich sind und die vom Bauherr akzeptiert werden müssen!


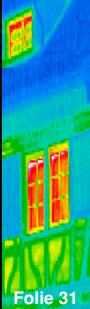
Weitergehende Informationen: Gauch, P.; "Der Werkvertrag", Schulthess Poligraphischer Verlag Zürich, (4. Auf- lage 1996)





Folie 30
© Copyright by bct


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

Folie 31
© Copyright by bct

Leckagen-Nachweis

aus SIA 180 (1999) → = ist sie nicht immer !


3.1.4.1 Grundsätzlich muss die Gebäudehülle, welche das beheizte Gebäudevolumen umschliesst, mit geschlossenen Lüftungsöffnungen dicht sein.


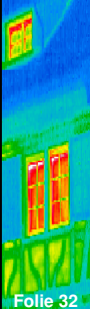
Bei der Beurteilung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle sind folgende Aspekte getrennt zu beachten:

- Dichtigkeit der Einzelbauteile gemäss Anforderungen in den Bauteilnormen
- Gesamt-Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste (Energie)
- lokale Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle (vor allem raumseitig), welche zu Feuchteschäden infolge Eindringen von feuchter Raumluft in die Baukonstruktion führen kann
- lokale Luftdurchlässigkeit und damit verbundene Zuglufterscheinungen, welche die thermische Behaglichkeit beeinträchtigen

↓

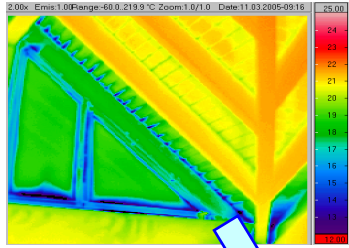
3.1.4.7 Eine Konzentration der Leckverluste in einem speziellen Gebäudebereich (z.B. Dachgeschoss) ist zu vermeiden. Die Gesamt-Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle darf in keiner Zone (Einzelraum, Raumgruppe oder Geschoss) des Gebäudes den Wert von $2 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ überschreiten.


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011


Folie 32
© Copyright by bct

Leckagen-Nachweis

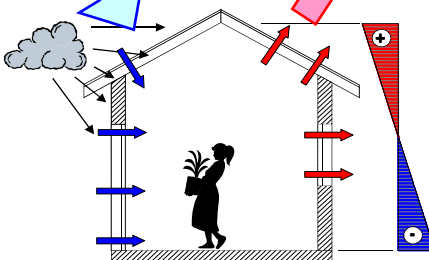



2.00x Emiss:1.00 Range: -68.0, 219.9 °C Zoom: 1.0/1.0 Date: 11.03.2009-09:16

Thermografie


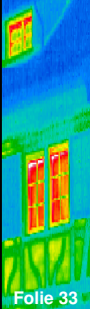


1.50x Emiss:1.00 Range: -30.0, 102.5 °C Dist: 1.21 m Date: 20.02.2009-04:34:43




 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur

 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

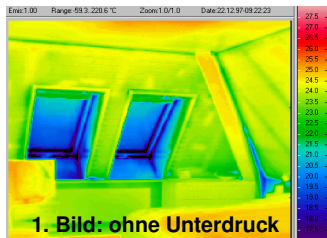



Folie 33
© Copyright by bct

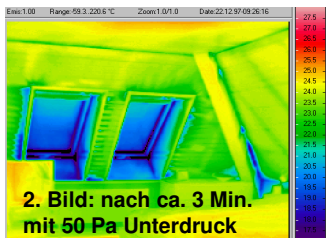
Leckagen-Nachweis

Thermografie


eindeutige Visualisierung von Kaltlufteintritten mit IR-Subtraktion




1. Bild: ohne Unterdruck




2. Bild: nach ca. 3 Min. mit 50 Pa Unterdruck


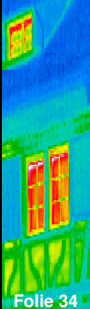


3. Subtraktion: Bild 1 - 2 nun mit neuem Farbkeil




 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur

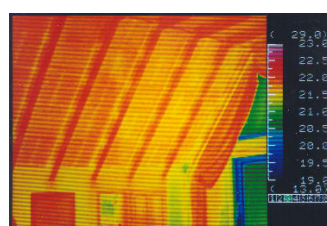
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

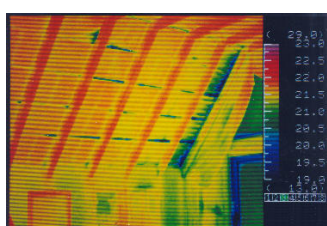
Folie 34
© Copyright by bct

Leckagen-Nachweis

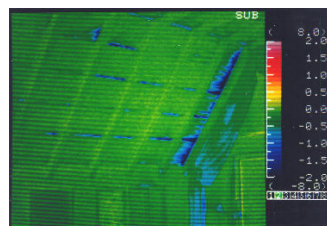
Thermografie



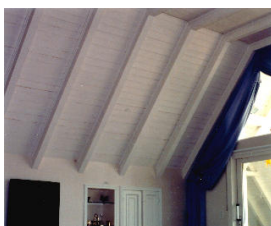
1. Bild: ohne Unterdruck





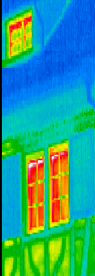
2. Bild: mit Unterdruck



3. Subtraktion

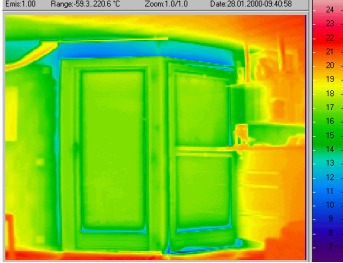
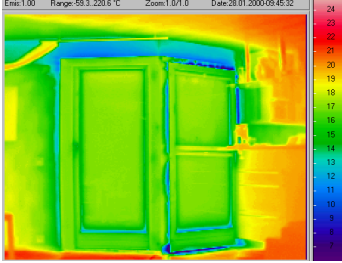



 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011





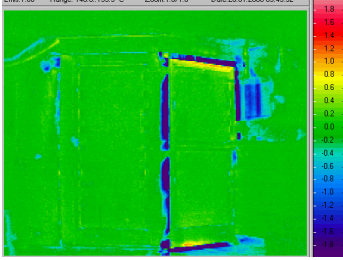
Folie 35
© Copyright by bct

Leckagen-Nachweis






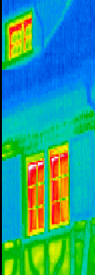
Thermografie





3. Subtraktion

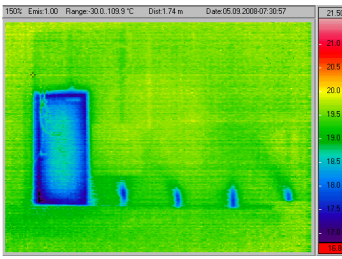


 Christoph Tanner
 Irchelstrasse 28, 8400 Winterthur
 Blower Door Messungen
 Workshop theCH, Ziegelbrücke 16.09.2011

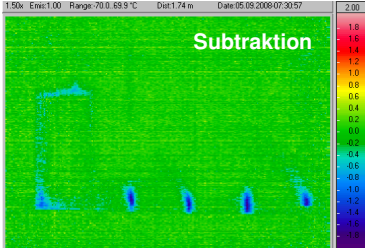



Folie 36
© Copyright by bct

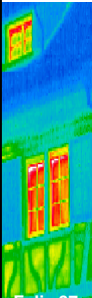
Leckagen-Nachweis

Thermografie



Subtraktion



Folie 37
© Copyright by bct

Schlusspunkt



**Sorry - Wir haben versuchsweise
mal bis 50'000 Pascal gemessen ... !**