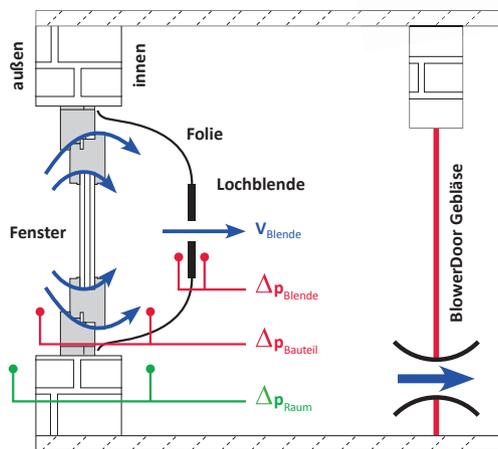




**BlowerDoor GmbH**  
MessSysteme für Luftdichtheit



## a-Wert MessSystem

Bestimmung der Fugendurchlässigkeit  
von Fenstern und Bauteilen



## **Impressum**

Herausgeber:

BlowerDoor GmbH  
MessSysteme für Luftdichtheit  
Zum Energie- und Umweltzentrum 1  
D-31832 Springe-Eldagsen

Telefon +49 (0) 50 44 / 975 -40  
Telefax +49 (0) 50 44 / 975 -44  
info@blowerdoor.de  
www.blowerdoor.de

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronische Systeme.

---

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1	Das a-Wert MessSystem zur Bestimmung der Fugendurchlässigkeit von Bauteilen .....	6
1.2	Das Messprinzip.....	7
<b>2</b>	<b>Übersicht Messaufbau und -ablauf</b> .....	<b>8</b>
2.1	Einbau des BlowerDoor MessSystems.....	8
2.2	Leckageortung .....	8
2.3	Befestigung der Folie auf dem Bauteilrahmen .....	9
2.4	Befestigung der Lochblende und der Kapillare an der Folie.....	9
2.5	Verlegung und Anschluss der Schläuche .....	10
2.5.1	Verlegung und Anschluss der Schläuche an das Druckmessgerät DG-1000 .....	10
2.5.2	Verlegung und Anschluss der Schläuche an das Druckmessgerät DG-700 .....	11
2.5.3	Übersicht der Schlauchanschlüsse .....	11
2.6	Aufzeichnung der Messreihe mit der Software TECLOG .....	12
2.7	Erstellen des Messprotokoll mit dem Excel-Tabellenblatt .....	13
<b>3</b>	<b>Randbedingungen und Empfehlungen für die Messung</b> .....	<b>14</b>
3.1	Wetter.....	14
3.2	Empfehlungen zum Messablauf und zur Datenaufnahme .....	14
3.2.1	Datenanzeige und -aufzeichnung mit TECLOG.....	14
3.2.2	Messablauf .....	14
3.3	Minimale und maximale Druckwerte .....	15
3.3.1	Maximale Druckdifferenz zwischen Raum und Umgebung $\Delta p_{\text{Raum}}$ .....	15

3.3.2	Minimale und maximale Druckdifferenz am Bauteil $\Delta p_{\text{Bauteil}}$ .....	16
3.3.3	Minimale und maximale Druckdifferenz an der Lochblende $\Delta p_{\text{Blende}}$ .....	16
3.4	Blendenwechsel .....	17
3.4.1	Wechsel auf einen kleineren Öffnungsdurchmesser: $\varnothing \rightarrow \varnothing$ .....	17
3.4.2	Wechsel auf einen größeren Öffnungsdurchmesser: $\varnothing \rightarrow \varnothing$ .....	17
<b>4</b>	<b>Software TECLOG</b> .....	<b>18</b>
4.1	Systemanforderungen .....	18
4.2	Installation .....	19
4.3	TECLOG öffnen .....	19
4.4	Länderspezifische Voreinstellungen .....	19
<b>5</b>	<b>Einrichten der Software und Durchführung der Messung</b> .....	<b>20</b>
5.1	Anmelden und Einrichten des Druckmessgerätes .....	20
5.1.1	Anmeldung des Messgerätes .....	21
5.1.2	Einrichtung der Differenzdruckkanäle .....	23
5.2	Messung mit TECLOG .....	25
5.2.1	Messung starten .....	25
5.2.2	Messreihe aufzeichnen .....	26
5.2.2.1	Natürliche Druckdifferenz vor dem Test .....	27
5.2.2.2	Mehrere Druckstufen mit dem BlowerDoor MessSystem erzeugen .....	28
5.2.2.3	Natürliche Druckdifferenz nach den Druckstufen bestimmen .....	29
5.2.3	Messung beenden .....	31
5.2.4	Anzeige der Messreihe .....	32
5.2.5	Mittelwerte einzelner Messperioden bilden .....	32

---

<b>6</b>	<b>Messprotokoll .....</b>	<b>34</b>
6.1	Eingabe der Daten .....	34
6.2	Messergebnisse .....	37
6.2.1	Volumenstrom und Fugendurchlässigkeit.....	37
6.2.2	Grafische Darstellung .....	38
6.2.3	Vor-Ort-Prüfung für Fenster.....	39
<b>7</b>	<b>Beispiele für Messabläufe bei Fenstern .....</b>	<b>40</b>
7.1	Beispiel 1: Extrem undichtes Fenster.....	41
7.2	Beispiel 2: Fenster mit typischen Leckagen .....	44
7.3	Beispiel 3: Fenster mit kleineren Leckagen .....	46
7.4	Beispiel 4: Luftdichtes Fenster.....	47
	<b>Anhang A: Zeitpunkt in TECLOG markieren (Event Marker).....</b>	<b>49</b>
	<b>Anhang B: Volumenströme der Lochblenden.....</b>	<b>51</b>
	<b>Unser Serviceangebot .....</b>	<b>52</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Das a-Wert MessSystem zur Bestimmung der Fugendurchlässigkeit von Bauteilen

Mit Hilfe des a-Wert MessSystems kann die Fugendurchlässigkeit von Bauteilen – im Besonderen von Fenstern und Türen – vor Ort bestimmt werden. Die Benutzung des a-Wert MessSystems setzt den Einsatz eines MessSystems BlowerDoor Standard oder BlowerDoor MiniFan und eines Rechners (Laptop) voraus.

In Deutschland sind zum Beispiel in der DIN 4108-2:2013-02 Anforderungen an die Dichtheit von Fenstern, Fenstertüren und Außentüren definiert. Je nach Anzahl der Vollgeschosse des Gebäudes werden Luftdurchlässigkeiten in Form von „Klassen“ nach DIN EN 12207:2017-03 vorgeschrieben. Die Messergebnisse können zur Einordnung des untersuchten Fensters in eine Klasse genutzt werden, die wiederum mit den Anforderungen der DIN 4108-2:2013-02 verglichen werden kann.

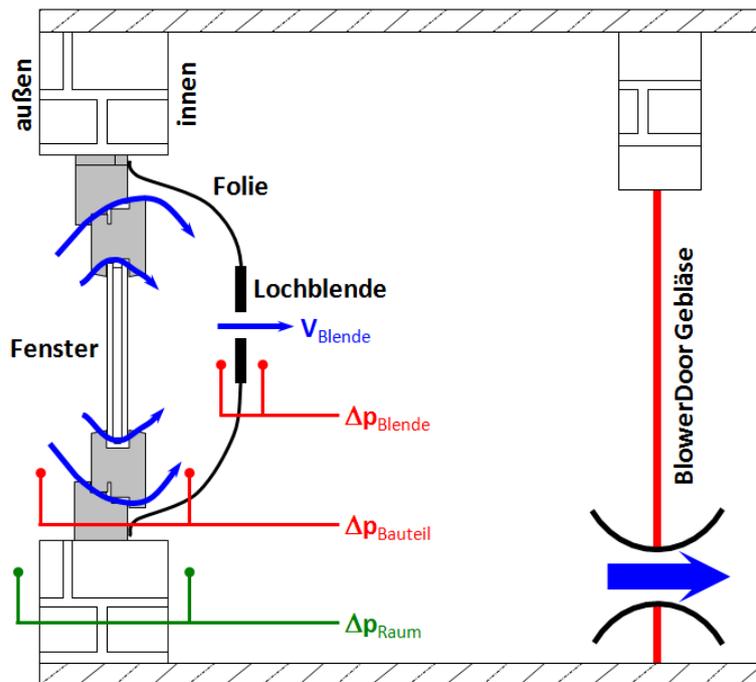


Abb. 1.1: Messprinzip zur Bestimmung der Fugendurchlässigkeit von Bauteilen

## 1.2 Das Messprinzip

Auf das zu untersuchende Bauteil (Fenster, Tür etc.) wird eine Folie mit definierter Lochblende aufgebracht. Das in die Raum- oder die Wohnungstür eingebaute BlowerDoor Messgebläse wird genutzt, um eine Druckdifferenz zu erzeugen, die sich in dem Hohlraum zwischen Fenster und Folie fortsetzt. Die Folie wölbt sich langsam in den Raum. Sobald der Luftraum zwischen Bauteil und Folie gefüllt ist, kann mit der Messung begonnen werden (siehe Abb. 1).

Die Luft, die über die Fensterfugen eindringt, strömt durch die Lochblende mit definierter runder, scharfkantiger Öffnung. Anhand der Größe der Lochblendenöffnung und der Druckdifferenz vor und hinter der Lochblende ( $\Delta p_{\text{Blende}}$ ) wird der Volumenstrom ermittelt und auf die Fugenlänge und/oder die Bauteilfläche bezogen. Um die Durchlässigkeit des Bauteils beurteilen zu können, wird zusätzlich die dazugehörige Druckdifferenz am Bauteil ( $\Delta p_{\text{Bauteil}}$ ) gemessen. Aus Sicherheitsgründen ist es sinnvoll, die Druckdifferenz zwischen Raum und Umgebung ( $\Delta p_{\text{Raum}}$ ) auf 150 Pascal zu begrenzen.

## 2 Übersicht Messaufbau und -ablauf

### 2.1 Einbau des BlowerDoor MessSystems



Abb. 2.1

Das BlowerDoor MessSystem wird fachgerecht in die Raum- oder Wohnungstür des Gebäudeteiles eingebaut, in dem das Bauteil (Fenster, Tür etc.) untersucht werden soll (siehe Kapitel 3.2 und 3.3 im Handbuch BlowerDoor Standard oder BlowerDoor MiniFan).

Achten Sie auf einen festen Sitz des BlowerDoor Einbau-rahmens, da zeitweise hoher Druck auf der Plane und dem Rahmen lastet. Durch Rütteln der Innenstrebe kann der stabile Einbau überprüft werden. Falls sich die Lage verändert, muss nachgespannt werden.

Die Blendenseite des Messgebläses weist in den Raum, um dort einen Unterdruck zu erzeugen.

Die Verbindung zwischen Laptop und Druckmessgerät DG-1000 bzw. DG-700 (optional mit TEC WiFi Link) kann per Kabel oder WLAN erfolgen.

### 2.2 Leckageortung



Abb. 2.2

Es ist sinnvoll, die Bauteilfugen zuerst bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen innen und außen ( $\Delta p_{\text{Raum}}$ ) mit einem Luftgeschwindigkeitsmessgerät (Thermoanemometer) zu überprüfen. Mögliche Leckagen, deren Ausweitung und die Luftgeschwindigkeiten können festgestellt und dokumentiert werden.

### 2.3 Befestigung der Folie auf dem Bauteilrahmen



Abb. 2.3

Zur Bestimmung der Fugendurchlässigkeit wird anschließend eine Folie mit Klebeband auf dem Bauteilrahmen (z.B. Fensterrahmen) befestigt.

Es ist wichtig, die Abklebungen sorgfältig anzubringen und sicherzustellen, dass keine ungewollten Undichtheiten auftreten.

### 2.4 Befestigung der Lochblende und der Kapillare an der Folie

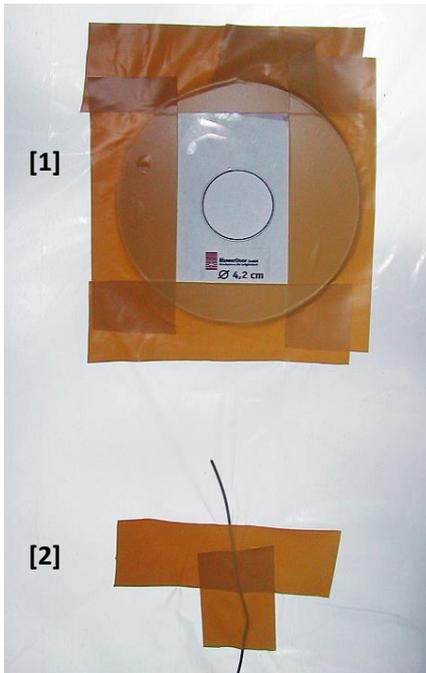
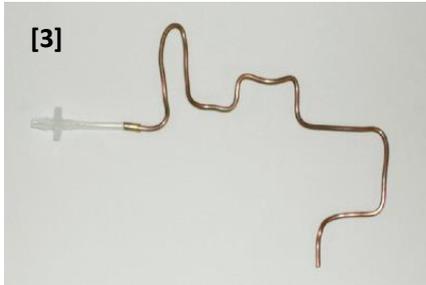


Abb. 2.4

(1) Anschließend wird in die Folie eine Öffnung geschnitten, die ein wenig kleiner als die Außenmaße der Lochblende ist. Die ausgewählte Blende ist sorgfältig auf die Öffnung zu kleben.

Es ist sinnvoll, zunächst eine Lochblende mit großer Öffnung zu montieren, um nicht versehentlich die Folie durch einen zu großen Druck abzureißen. Kann keine Druckdifferenz an der Blende aufgebaut werden, wird die nächst kleinere Blende eingesetzt.

(2) Zur Aufnahme des Druckes zwischen Folie und Bauteil wird ein Kapillarröhrchen (siehe (3)) durch die Folie gesteckt, das in diesem Zwischenraum endet. Die Durchdringung muss sorgfältig mit Klebeband abgedichtet werden.



(3) Das andere raumseitige Ende der Kapillare wird mit einem kurzen Schlauchstück verlängert und mit dem DG-700 verbunden.

Abb. 2.5

## 2.5 Verlegung und Anschluss der Schläuche

### 2.5.1 Verlegung und Anschluss der Schläuche an das Druckmessgerät DG-1000

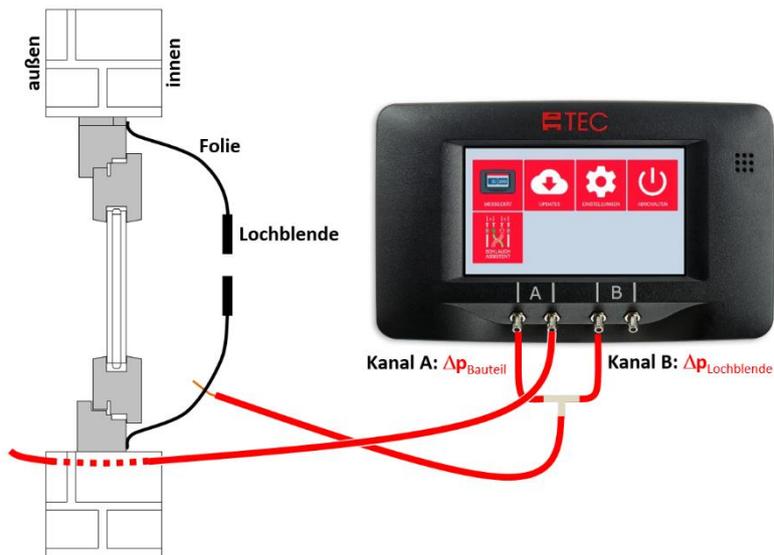


Abb. 2.6: Schlauchanschlüsse an das DG-1000 für die Bestimmung der Fugendurchlässigkeit eines Bauteils

### 2.5.2 Verlegung und Anschluss der Schläuche an das Druckmessgerät DG-700

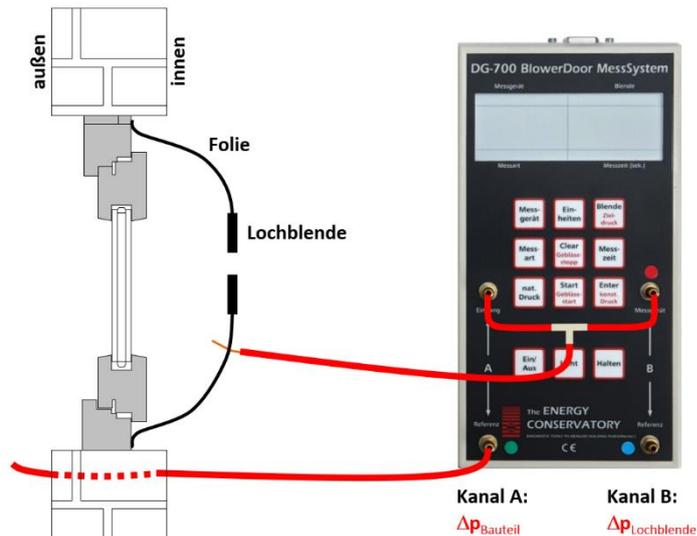


Abb. 2.7: Schlauchanschlüsse an das DG-700 für die Bestimmung der Fugendurchlässigkeit eines Bauteils

### 2.5.3 Übersicht der Schlauchanschlüsse

<b>Kanal A: <math>\rightarrow \Delta p_{\text{Bauteil}}</math></b>		<b>Kanal B: <math>\rightarrow \Delta p_{\text{Blende}}</math></b>	
<b>DG-1000:</b>  A links	Der Schlauch endet im Zwischenraum von Folie und Bauteil.	<b>DG-1000:</b>  B links	Der Schlauch endet im Zwischenraum von Folie und Bauteil.
<b>DG-700:</b> A Input bzw. Eingang		<b>DG-700:</b> B Input bzw. Messgerät	
<b>DG-1000:</b>  A rechts	Der Schlauch endet außen in der Nähe des zu untersuchenden Bauteils. Er wird durch ein Nachbarfenster oder eine Außentür nach außen geführt.	<b>DG-1000:</b>  B rechts	Der Referenzanschluss bleibt offen.
<b>DG-700:</b> A Referenz		<b>DG-700:</b> B Referenz	

Tab. 1: Anschluss der Schläuche an das Differenzdruckmessgerät DG-1000 bzw. DG-700 für die Bestimmung der Fugendurchlässigkeit eines Bauteils

## 2.6 Aufzeichnung der Messreihe mit der Software TECLOG

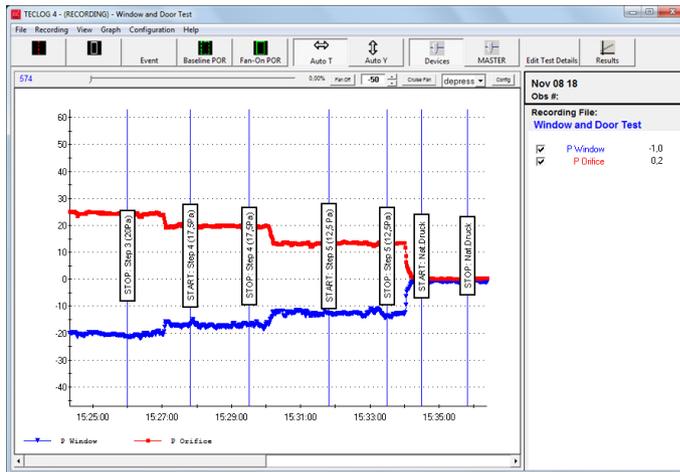


Abb. 2.8

Die Aufzeichnung der Druckdifferenzen ( $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$ ) erfolgt mit der Software TECLOG 4.

Schritt für Schritt wird das BlowerDoor Gebläse per Hand hochgeregelt. Jede eingeregelte Druckstufe wird eine Zeit lang gehalten. Die Dauer hängt von der Dichtheit des Bauteils ab. Je dichter, desto länger dauert es, bis sich eine konstante Druckdifferenz einstellt. Eine konstante Druckdifferenz ist erreicht, wenn im Diagramm von TECLOG 4  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$  parallel zur x-Achse verlaufen.

Eine Messperiode mit konstantem Druck sollte mindestens 30 Sekunden lang sein.

## 2.7 Erstellen des Messprotokoll mit dem Excel-Tabellenblatt

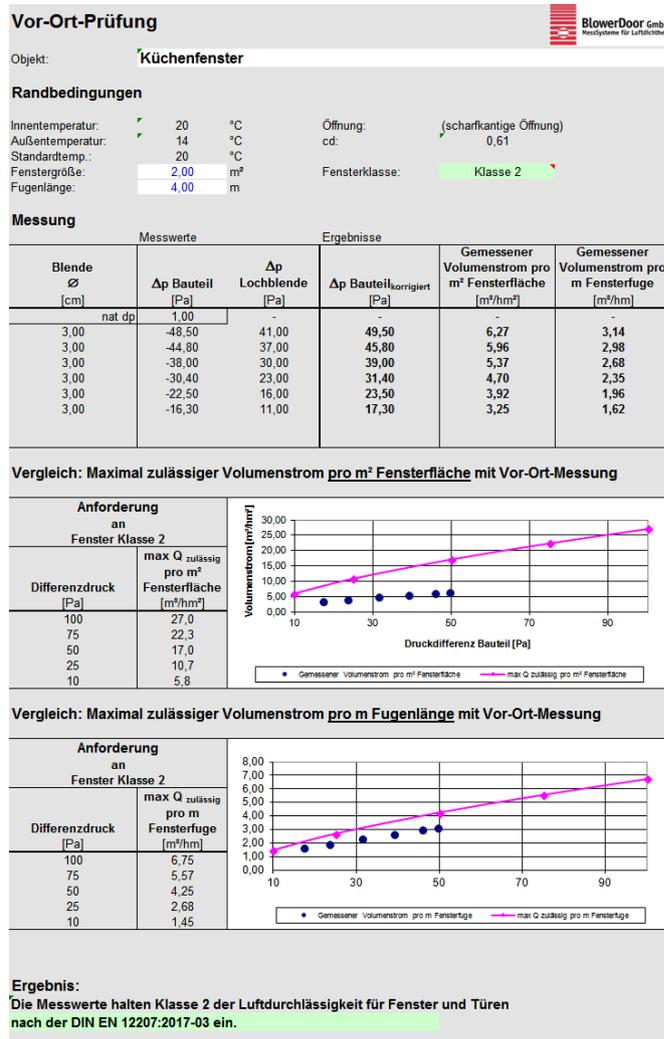


Abb. 2.9

Nach Abschluss der Messung wird der Aufzeichnungsmodus von TECLOG 4 beendet und die gerade aufgezeichnete Messung im Ansichtsmodus angezeigt.

Die Mittelwerte für  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$  jeder Druckstufe werden im Diagramm ermittelt und in die Excel-Datei zur Erstellung des Messprotokolls per Hand übertragen.

Das Excel-Messprotokoll ermöglicht unter anderem die Einordnung eines untersuchten Fensters in eine Fensterklasse nach DIN EN 12207:2017-03.

## **3 Randbedingungen und Empfehlungen für die Messung**

### **3.1 Wetter**

Normalerweise ist der gemessene Volumenstrom sehr niedrig. Um möglichst genaue Messergebnisse zu erhalten, wird daher empfohlen, den Test nur bei Windstille oder geringem Windaufkommen durchzuführen.

### **3.2 Empfehlungen zum Messablauf und zur Datenaufnahme**

#### **3.2.1 Datenanzeige und -aufzeichnung mit TECLOG**

Es ist sinnvoll, zur Aufnahme der Druckdifferenzen die Software TECLOG 4 zu nutzen. Die Messdaten werden mit Hilfe des Datenloggerprogramms TECLOG 4 grafisch und digital angezeigt. Gleichzeitig speichert TECLOG 4 den kompletten Messverlauf in einer Datei. Dadurch wird eine Kontrolle der Druckdifferenzverläufe während der Messung möglich, und relevante Messperioden können gezielt für die Auswertung ausgewählt werden. Durch die Aufzeichnung des Messverlaufs kann die Messung auch später vollständig nachvollzogen und gegebenenfalls als Nachweis für den Auftraggeber genutzt werden.

#### **3.2.2 Messablauf**

Die Messung beinhaltet die Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz und die Aufzeichnung von mindestens fünf „künstlich“ am Bauteil erzeugten Druckdifferenzen. Gegebenenfalls kann nach den künstlich erzeugten Druckdifferenzen nochmals die natürliche Druckdifferenz gemessen werden, zum Beispiel bei ungünstigen Windverhältnissen.

##### **1. Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz**

Eine natürliche Druckdifferenz am Bauteil wird beispielsweise durch Wind erzeugt. Sie wird gemessen, indem die Lochblende mit Klebeband verschlossen und anschließend mindestens 30 Sekunden lang die natürliche Druckdifferenz am Bauteil aufgezeichnet wird.

Bei Windstille ist die natürliche Druckdifferenz bei geschlossener Lochblendenöffnung null.

## 2. Aufnahme einer Messreihe mit künstlich erzeugter Druckdifferenz

Zur Aufnahme der Messreihe wird das Klebeband von der Lochblendenöffnung entfernt. Durch vorsichtiges Hochregeln des BlowerDoor Gebläses am Drehzahlregler werden Druckdifferenzen am Bauteil ( $\Delta p_{\text{Bauteil}}$ ) erzeugt. In Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit des Bauteils strömt Luft durch die Lochblende und erzeugt eine Druckdifferenz an der Blende ( $\Delta p_{\text{Blende}}$ ). Je dichter das Bauteil ist, desto länger dauert diese Phase. In der Aufbauphase einer Druckstufe nähern sich die Graphen ( $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$ ) einem konstanten Druck an. Dieser ist erreicht, wenn beide Graphen parallel zu x-Achse verlaufen und die Druckwerte stabil bleiben. Der Anfang des stabilen Druckes wird in TECLOG 4 markiert (z.B. „Start Periode 1“) und mindestens 30 Sekunden ohne Nachregeln am Messgerät gehalten. Das Ende sollte ebenfalls markiert werden (z. B. „Ende Periode 1“). Erst dann wird die nächste Druckstufe eingestellt.

Wenn möglich, sollten mindestens fünf Messwerte bei unterschiedlichen Bauteildruckdifferenzen erzeugt werden. Die Abstände zwischen den Bauteildrücken sollten zwischen 5 bis 10 Pascal liegen. Ist dies aufgrund stark luftdurchlässiger Bauteilfugen nicht möglich und besteht die Gefahr, dass die Folie sich vom Untergrund löst, können auch kleinere Abstände von 2 Pa oder 3 Pa gewählt werden.

### 3.3 Minimale und maximale Druckwerte

#### 3.3.1 Maximale Druckdifferenz zwischen Raum und Umgebung $\Delta p_{\text{Raum}}$

Bei Aufnahme der Messreihen sollte die Druckdifferenz zwischen Raum und Umgebung bzw. außen ( $\Delta p_{\text{Raum}}$  – siehe Abb. 1.1) auf 150 Pascal beschränkt werden, damit ein Herausfallen des Gebläses mit dem Einbaurahmen aus der Raum- bzw. Wohnungstür vermieden wird.

$\Delta p_{\text{Raum}}$  ergibt sich aus der Summe der Beträge von  $\Delta p_{\text{Blende}}$  und  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$ :

$$\Delta p_{\text{Raum}} = |\Delta p_{\text{Blende}}| + |\Delta p_{\text{Bauteil}}| < 150 \text{ Pa}$$

### 3.3.2 Minimale und maximale Druckdifferenz am Bauteil $\Delta p_{\text{Bauteil}}$

Bei Aufnahme der Messreihen sollte die kleinste Druckdifferenz am Bauteil ca. 10 Pascal betragen.

$$|\Delta p_{\text{Bauteil}}| \geq 10 \text{ Pa}$$

Die größte Druckdifferenz sollte bei 50 Pascal oder höher liegen, ähnlich den Luftdichtheitsmessungen von Gebäuden. Höhere Druckwerte können erreicht werden, wenn sich das eingesetzte Klebeband und die Folie nicht vom Untergrund lösen.

### 3.3.3 Minimale und maximale Druckdifferenz an der Lochblende $\Delta p_{\text{Blende}}$

Die kleinste Druckdifferenz an der Lochblende muss mindestens 3 Pa betragen (Walther, 2003).

$$|\Delta p_{\text{Blende}}| \geq 3 \text{ Pa}$$

Wird dieser Wert mit der gewählten Lochblende nicht erreicht, muss eine Lochblende mit kleinerer Öffnung eingesetzt werden.

Bei einer Druckdifferenz an der Lochblende von 15 bis 20 Pascal können sich die Klebebänder, mit denen die Folie auf dem Bauteiluntergrund befestigt ist, lösen. Unter Einsatz besserer Klebebänder können höhere Druckdifferenzen erreicht werden, doch diese zerstören beim Lösen häufig den Bauteiluntergrund (z.B. wird die Farbe des Fenster- oder Türrahmens mit abgerissen). Hier sollte mit äußerster Vorsicht auf andere Materialien zurückgegriffen werden.

### 3.4 Blendenwechsel

Die Messausrüstung enthält speziell angefertigte Lochblenden mit unterschiedlichen Durchmessern, die auf die Folie geklebt werden können. Für größere Volumenströme können auch die Blenden D und E des Messgebläses Minneapolis BlowerDoor Standard anstelle der Lochblenden eingeklebt werden.

In einigen Fällen ist es notwendig, die installierte Lochblende durch eine Lochblende mit größerem oder kleinerem Durchmesser zu ersetzen. Dies wird unter den folgenden Bedingungen empfohlen:

#### 3.4.1 Wechsel auf einen kleineren Öffnungsdurchmesser: $\emptyset \rightarrow \emptyset$

Eine Lochblende mit kleinerer Öffnung wird eingesetzt, wenn die Druckdifferenz am Bauteil mehr als 10 Pa und die Druckdifferenz an der Lochblende weniger als 3 Pa beträgt.

$|\Delta p_{\text{Bauteil}}| > 10 \text{ Pa}$  und  $|\Delta p_{\text{Blende}}| < 3 \text{ Pa}$   
 → Blende mit kleinerem Öffnungsdurchmesser einsetzen

#### 3.4.2 Wechsel auf einen größeren Öffnungsdurchmesser: $\emptyset \rightarrow \emptyset$

Eine Lochblende größeren Durchmessers wird eingesetzt, wenn die Druckdifferenz am Bauteil weniger als 10 Pa und die an der Lochblende mehr als 20 Pa beträgt.

$|\Delta p_{\text{Bauteil}}| < 10 \text{ Pa}$  und  $|\Delta p_{\text{Blende}}| > 20 \text{ Pa}$   
 → Blende mit größerem Öffnungsdurchmesser einsetzen

## 4 Software TECLOG

Das Datenloggerprogramm TECLOG wird zur Anzeige und Aufzeichnung von Druckdifferenzen des BlowerDoor Messgerätes DG-1000 bzw. DG-700 verwendet. Messdaten können zeitgleich am Rechner verfolgt, Ereignisse markiert und Mittelwerte ausgesuchter Messperioden angezeigt werden. Parallel zur Anzeige werden die Daten in einer Datei abgespeichert.

### 4.1 Systemanforderungen

#### Rechner

Sie benötigen einen Laptop oder Computer mit folgenden Mindestanforderungen:

- Pentium 233-MHZ-Prozessor
- 512 MB Arbeitsspeicher
- USB-Schnittstelle, Ethernet-Schnittstelle oder WLAN-Schnittstelle (bei Messung mit DG-1000) sowie eine Internetverbindung für den Treiber der USB-Schnittstelle des DG-1000
- USB- oder RS232-Schnittstelle (bei Messung mit DG-700)
- Der an das DG-1000 bzw. DG-700 angeschlossene Computer muss die Anforderungen der IEC 60950-1 einhalten oder äquivalenten Normen zu Sicherheitsanforderungen an isolierte Datenschnittstellen genügen.

#### Betriebssystem

Die Software TECLOG 4 ist auf den Vollversionen folgender Betriebssysteme lauffähig:

- Windows 7
- Windows 8
- Windows 10

#### Software

Zur Erstellung eines Prüfberichtes:

- Microsoft Excel Version 2007 oder neuer.

## 4.2 Installation

- Ältere Versionen von TECLOG müssen vor der Installation von TECLOG 4 deinstalliert werden.
- Vor der Installation von TECLOG 4 alle Programme des Computers schließen.
- Starten Sie die Softwareinstallation durch einen Doppelklick auf die Installationsdatei **TECLOG 4\_Version\_setup.exe** und folgen den Installationshinweisen.

Wenn kein anderer Pfad gewählt wird, TECLOG 4 im folgenden Verzeichnis abgelegt:  
C:/Programme/Energy Conservatory/TECLOG 4.

## 4.3 TECLOG öffnen

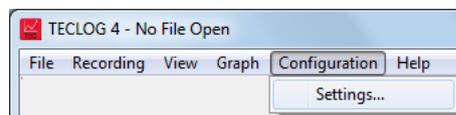


Der Aufruf von TECLOG 4 erfolgt über das Icon auf dem Desktop oder über Windows:

→ **Start** → **Programme** → **Energy Conservatory** → **TECLOG 4**.

## 4.4 Länderspezifische Voreinstellungen

Vor dem erstmaligen Gebrauch von TECLOG 4 müssen die landestypischen Einheiten ( $m^3/h$ , m etc.) einmalig festgelegt und als Voreinstellung (Default Configuration) abgespeichert werden.



Nach dem Öffnen von TECLOG 4 ist die Startseite zu sehen (Einrichtungsmodus/Inactive Mode). Von hier aus wird das Fenster **CONFIGURATION SETTINGS** (Voreinstellungen) geöffnet:  
Menü: → **CONFIGURATION** → **SETTINGS**

Im Fenster **CONFIGURATION SETTINGS** (Voreinstellungen) können die Einstellungen vorgenommen werden:



Die Schaltfläche **RESTORE FACTORY SETTINGS (EUROPE)** anklicken. Das Kontrollkästchen vor **SAVE AS DEFAULT CONFIGURATION** (Speichere als Voreinstellung) durch das Setzen eines Häkchens aktivieren und die Eingabe mit **OK** bestätigen.

Diese Voreinstellungen werden nun bei jedem neuen Aufruf von TECLOG 4 geladen.

## 5 Einrichten der Software und Durchführung der Messung

Zur Aufzeichnung der Messdaten müssen die folgenden Schritte durchgeführt werden:

1. Messgerät in TECLOG 4 anmelden und Belegung der Differenzdruckkanäle festlegen (Kap. 5.1)
2. Aufzeichnung starten (Kap. 5.2)

### 5.1 Anmelden und Einrichten des Druckmessgerätes

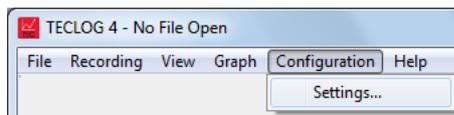


Abb. 5.1

Zum Anmelden des verwendeten Messgeräts sowie zum Einrichten der Differenzdruckkanäle des Gerätes öffnen Sie das Fenster *CONFIGURATION SETTINGS*.

Menü: → *CONFIGURATION* → *SETTINGS*

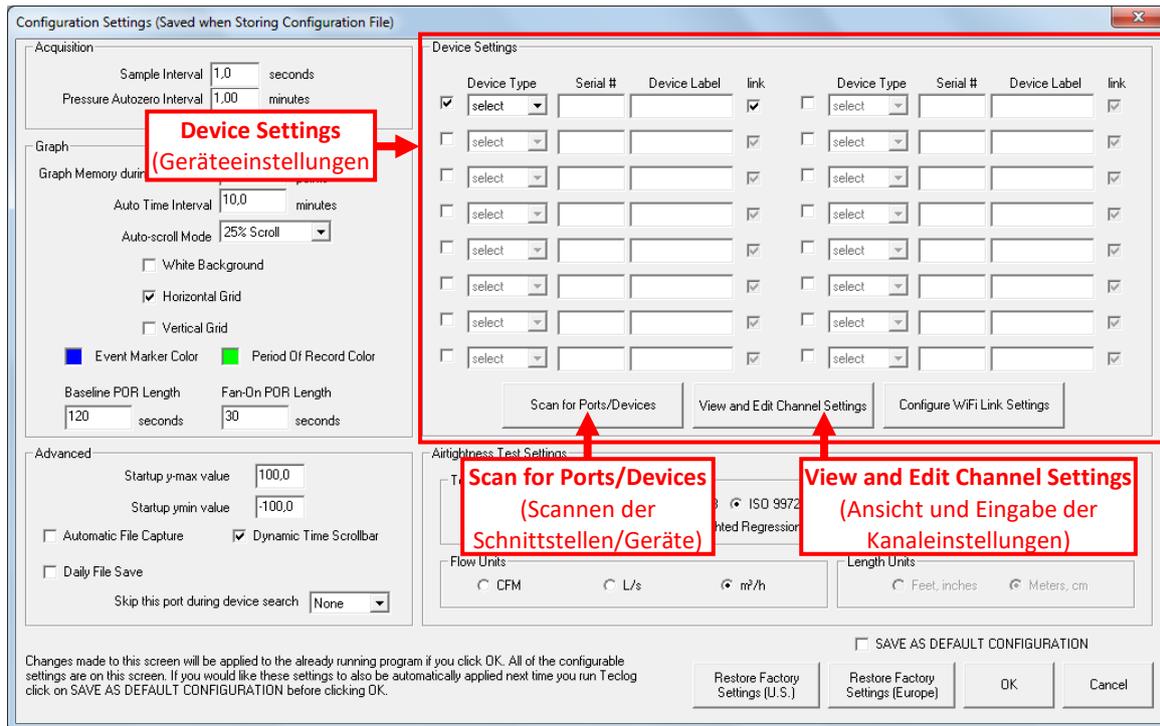


Abb. 5.2: Fenster Configuration Settings (Voreinstellungen)

Das Anmelden und Einrichten der Messgeräte erfolgt in drei Schritten:

1. Mit der Schaltfläche *SCAN FOR PORTS/DEVICES* (Scannen der Anschlüsse/Messgeräte) wird geprüft, ob die angeschlossenen Messgeräte von TECLOG4 erkannt werden.
2. Im Gruppenfeld *DEVICE SETTINGS* (Geräteeinstellungen) erfolgt dann die Anmeldung des Druckmessgerätes.
3. Im Fenster *CHANNEL SETTINGS* (Kanaleinstellungen), das über die Schaltfläche *VIEW AND EDIT CHANNEL SETTINGS* (Ansicht und Eingabe der Kanaleinstellungen) erreicht wird, werden die Belegungen der Differenzdruckkanäle des Messgerätes festgelegt.

### 5.1.1 Anmeldung des Messgerätes

Zur Anmeldung des Messgerätes in TECLOG 4 muss das DG-1000 bzw. DG-700 an den Computer angeschlossen und eingeschaltet sein.

#### 1. Verbindung der Messgeräte mit dem Rechner in TECLOG überprüfen



Abb. 5.3

Im Fenster *CONFIGURATION SETTINGS* die Schaltfläche *SCAN FOR PORTS/DEVICES* (Überprüfung der Schnittstellen/Messgeräte) anklicken.

Alle Schnittstellen des Laptops werden nach angeschlossenen Messgeräten abgesucht.

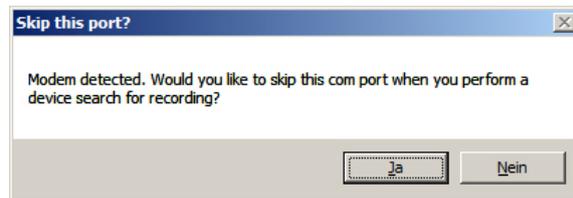


Abb. 5.4: Hinweisfenster: Schnittstelle überspringen?

Besitzt der Computer ein internes Modem, wird dies mit der Meldung *SKIP THIS PORT?* (Überspringe diese Schnittstelle) angezeigt. Diesen Hinweis mit *YES (JA)* bestätigen. Das Modem wird beim weiteren Ablauf nicht mehr berücksichtigt.

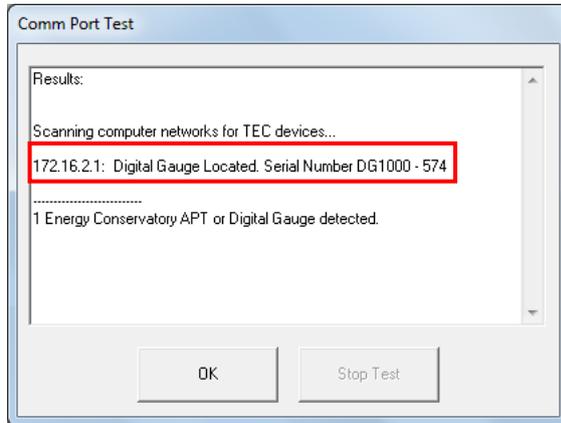


Abb. 5.5

Alle korrekt angeschlossenen Messgeräte werden nach der Prüfung im Fenster **COMM PORT TEST** (Schnittstellentest) angezeigt.

Es erscheinen die zugewiesene COM-Schnittstelle mit Nummer (bei Anschluss eines DG-700 per USB) bzw. eine Netzwerknummer (bei Anschluss eines DG-700 per WiFi oder bei DG-1000), der Messgerätetyp und die Seriennummer des Gerätes.

Das Fenster mit **OK** verlassen.

Fehlt in dieser Auflistung das Messgerät, muss folgendes kontrolliert werden:

- Ist das Messgerät eingeschaltet?
- Sind die Verbindungskabel angeschlossen bzw. ist eine WLAN-Verbindung hergestellt?
- Ist im Gerätemanager von Windows für das DG-700 eine COM-Schnittstelle angelegt worden?
- Sind die Treiber korrekt installiert?
- Falls die Bluetooth-Funktion des Laptops noch aktiv ist, diese ausschalten, da die Bluetooth-Funktion die Kommunikation zwischen Messgerät und **TECLOG4** behindern kann.

Anschließend den Schnittstellentest mithilfe der Schaltfläche **SCAN FOR PORTS / DEVICES** wiederholen.

## 2. Messgeräte anmelden

Im Gruppenfeld **Device Settings** werden alle angeschlossenen Messgeräte angemeldet.

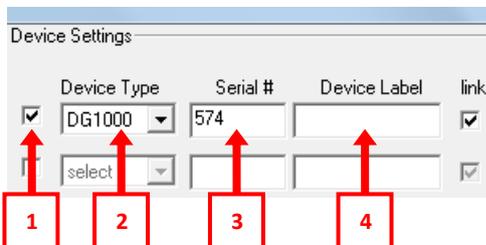
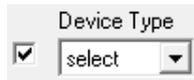


Abb. 5.6

1. Messgerät aktivieren
2. Messgerätetyp (DG-1000 bzw. DG-700) auswählen
3. Seriennummer eingeben
4. Optional: Bezeichnung eingeben.

### 1) Aktivierung des Messgerätes Eingabe notwendig



Ein Haken im Kontrollkästchen vor der Spalte *DEVICE TYPE* (Messgerätetyp) aktiviert das Messgerät (DG-1000, DG-700, APT) für die Messung. Bleibt das Feld leer, wird das Messgerät nicht in TECLOG 4 verwendet.

Abb. 5.7

### 2) Auswahl des Messgerätetyps und

### 3) Eingabe der Seriennummer Eingabe notwendig



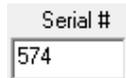
Bei Doppelklick in das Feld *SERIAL #* (Seriennummer) wird eine Liste aller Geräte angezeigt, die derzeit mit dem Laptop verbunden sind und von der Software erkannt wurden, so dass das gewünschte ausgewählt werden kann.

Abb. 5.8



Alternativ kann in der Spalte *DEVICE TYPE* (Messgerätetyp) über ein Rollmenü der angeschlossene Messgerätetyp ausgewählt werden (z.B. DG-1000).

Abb. 5.9



Die Eingabe der Seriennummer des aktivierten Messgerätes erfolgt im Eingabefeld *SERIAL #* (Seriennummer).

Abb. 5.10

Die Seriennummer befindet sich auf der Rückseite des Messgerätes, wird nach dem Scannen der Schnittstellen mit *SCAN FOR PORTS/DEVICES* angezeigt sowie bei Doppelklick ins Feld *SERIAL #*.

## 5.1.2 Einrichtung der Differenzdruckkanäle

Im Fenster *CHANNEL SETTINGS* (Kanaleinstellungen) werden die Differenzdruckkanäle des Messgerätes eingerichtet.



Das Fenster *CHANNEL SETTINGS* wird mit der Schaltfläche *VIEW AND EDIT CHANNEL SETTINGS* (Betrachten und Bearbeiten der Kanaleinstellungen) im Fenster *CONFIGURATION SETTINGS* geöffnet.

Abb. 5.11

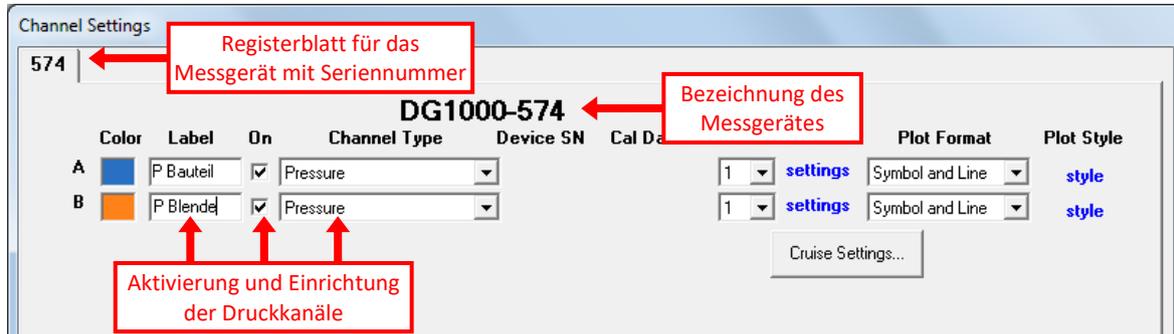


Abb. 5.12

Für jedes angemeldete Druckmessgerät erstellt TECLOG 4 ein eigenes Registerblatt. Der Registername besteht aus der Seriennummer des Druckmessgerätes (DG-1000, DG-700 bzw. APT).

In jedem Registerblatt (= angeschlossenes Messgerät) müssen

1. die zur Messung benötigten Differenzdruckkanäle des Messgerätes aktiviert sein und
2. die Belegungen der Differenzdruckkanäle festgelegt werden.

### 1) Aktivierung des Differenzdruckkanals \_\_\_\_\_ **Eingabe notwendig**

**On**  
 In der Spalte **ON** (aktiviert) wird der Kanal des Messgerätes durch einen Haken im Kontrollkästchen aktiviert. Die Messwerte dieses Kanals werden aufgezeichnet. Bleibt das Kästchen leer, werden die Messwerte später nicht aufgezeichnet.

Abb. 5.13

### 2) Wahl des Druckkanaltyps \_\_\_\_\_ **Eingabe notwendig**

**Channel Type**  
 In der Spalte **CHANNEL TYPE** (Kanaltyp) wird mit Hilfe des Rollmenüs die Belegung des Kanals ausgewählt.

Abb. 5.14: Kanaltyp

### 3) Bezeichnung für den Differenzdruckkanal wählen \_\_\_\_\_ **Eingabe sinnvoll**

**Label**  
 In der Spalte **LABEL** (Bezeichnung) wird für jeden Kanal eine treffende Bezeichnung eingetragen.

Abb. 5.15

### Zur Messung der Fugendurchlässigkeit von Bauteilfugen sieht die Belegung wie folgt aus:

- **Kanal A** dient zur Aufnahme der Bauteildruckdifferenz ( $\Delta p_{\text{Bauteil}}$ ), was mit einer treffenden Bezeichnung im Feld **LABEL** eingegeben werden kann (z. B. P Bauteil).  
Der Kanal wird durch ein Häkchen im Feld der Spalte **ON** aktiviert.  
In der Spalte **CHANNEL TYPE** wird im Rollmenü der Typ **Pressure** (Druckdifferenz) ausgewählt.
- **Kanal B** dient zur Aufnahme der Druckdifferenz an der Lochblende ( $\Delta p_{\text{Blende}}$ ), was mit einer treffenden Bezeichnung im Feld Label eingegeben werden kann (z. B. P Blende).  
Der Kanal wird durch ein Häkchen im Feld der Spalte **ON** aktiviert.  
In der Spalte **CHANNEL TYPE** wird im Rollmenü der Typ **Pressure** (Druckdifferenz) ausgewählt.

Nach Abschluss dieser Eingaben werden alle Fenster mit **OK** beendet. TECLOG 4 zeigt anschließend den Startbildschirm.

## 5.2 Messung mit TECLOG



### **Hinweis:**

Bitte die Bluetooth-Funktion des Laptops während der Messung mit TECLOG 4 ausschalten, da sonst die Kommunikation zwischen TECLOG 4 und Messgerät unterbrochen werden kann.

### 5.2.1 Messung starten



Nach Anmeldung der Druckmessgeräte und Schließen des Fensters **CONFIGURATION SETTINGS** zeigt TECLOG 4 das Startfenster.

Abb. 5.16: Startbildschirm

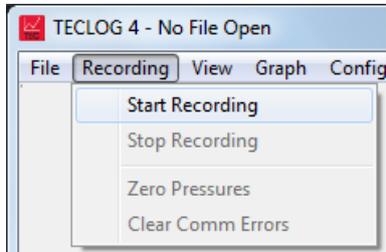


Abb. 5.17

Die Anzeige und Aufzeichnung der Messwerte werden wie folgt gestartet:

**Menü:** → **Recording** → **Start Recording**

Im sogenannten Messmodus zeigt TECLOG 4 die Druckdifferenzen des DG-1000 bzw. DG-700 an und zeichnet gleichzeitig die Messwerte auf.



Abb. 5.18

TECLOG 4 scannt alle Anschlüsse auf angeschlossene Messgeräte (DG-1000, DG-700, APT).

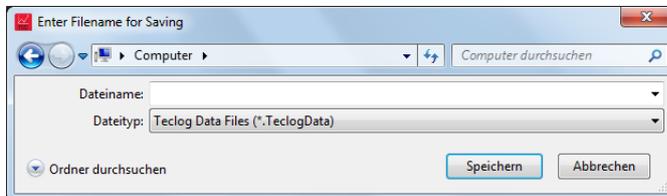


Abb. 5.19

Im Fenster *ENTER FILENAME FOR SAVING* (Messung speichern unter) einen Dateinamen eingeben.

Alle Messwerte werden ab Start der Messung in diese Datei geschrieben. Die Datei erhält automatisch die Endung **.TeclogData**.

## 5.2.2 Messreihe aufzeichnen

Die Messreihe setzt sich aus der natürlichen Druckdifferenz vor der Messreihe, mindestens fünf Messwerten bei erzeugten Druckdifferenzen und gegebenenfalls (bei ungünstigen Windverhältnissen) der natürlichen Druckdifferenz nach der Messung zusammen.

### 5.2.2.1 Natürliche Druckdifferenz vor dem Test

Zunächst wird die natürliche Druckdifferenz vor der Messreihe aufgezeichnet.  
Folgende Vorbereitungen sind notwendig:

1. Drehzahlregler auf **Off** (Aus) stellen.
2. Lochblende mit Klebeband verschließen.



Abb. 5.20

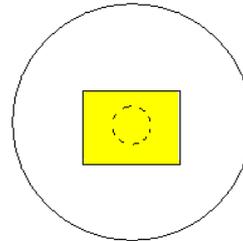


Abb. 5.21

Anschließend wird im Diagramm von TECLOG 4 eine Markierung gesetzt, die die Startzeit der natürlichen Druckdifferenzen kennzeichnet (siehe Punkt 1). Die Markierung erfolgt durch Anklicken der Schaltfläche **EVENT** (Ereignismarkierung) in der Symbolleiste. Als Bezeichnung kann z. B. „START nat. Druck“ eingegeben werden.

Die Messzeit der natürlichen Druckdifferenz sollte mindestens 30 Sekunden betragen. Dann wird eine weitere Markierung zur Kennzeichnung des Endes dieser Messperiode, ebenfalls durch Anklicken der Schaltfläche **EVENT**, angelegt (siehe Punkt 2). Bezeichnung diese Zeitpunkts z. B. mit „STOP nat. Druck“.

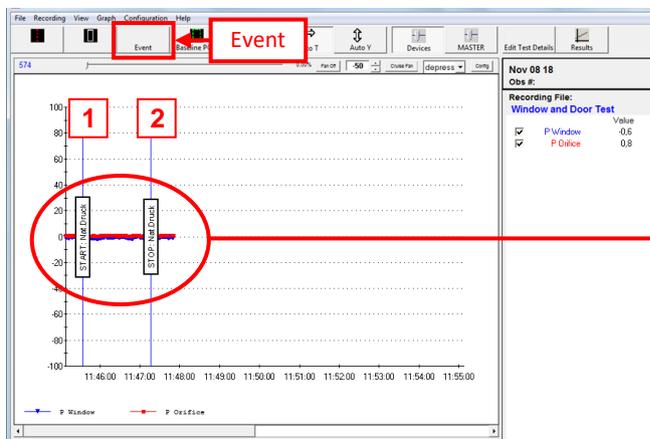
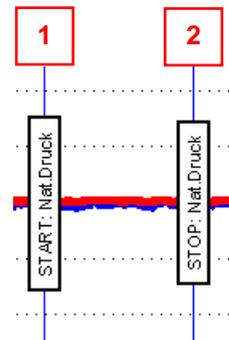


Abb. 5.22



### 5.2.2.2 Mehrere Druckstufen mit dem BlowerDoor MessSystem erzeugen

Nach Messung der natürlichen Druckdifferenz werden mehrere künstliche Druckdifferenzen am Bauteil mit dem Minneapolis BlowerDoor MessSystem erzeugt. Folgende Vorbereitungen sind notwendig:

1. Drehzahlregler auf **On** (An) stellen.
2. Klebeband von der Lochblendenöffnung entfernen.



Abb. 5.23

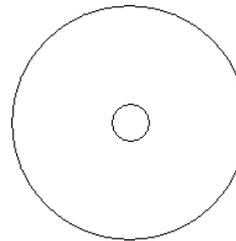


Abb. 5.24

Die einzelnen Druckstufen werden durch vorsichtiges Hochregeln des Messgebläses mit dem Drehzahlregler eingestellt.



Abb. 5.25



**Je dichter die Bauteilfugen sind, desto länger (teilweise Minuten) kann es dauern, bis sich eine konstante und stabile Druckdifferenz am Bauteil einstellt.**

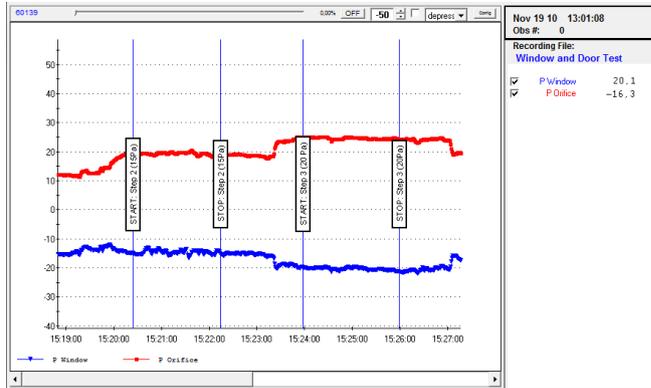


Abb. 5.26

Im Diagramm von TECLOG 4 wird eine stabile Druckdifferenz daran erkannt, dass die Grafen für  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$  parallel zur x-Achse verlaufen. Eine Messperiode mit konstanten Druckdifferenzen sollte mindestens 30 Sekunden lang sein.

Bei ungünstigen Bedingungen kann dieser Messzeitraum bedarfsgerecht verlängert werden.

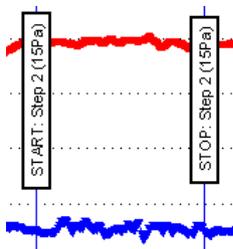


Abb. 5.27

Der Start- und Endzeitpunkt jeder Messperiode mit konstanten Druckdifferenzen sollte zur besseren Übersicht markiert und benannt werden. Die Anfangsmarkierung wird mit Hilfe der Schaltfläche **EVENT** (Ereignismarkierung) in der Symbolleiste gesetzt, sobald  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$  parallel zur x-Achse verlaufen. Als Beschriftung kann die angestrebte Druckstufe gewählt werden (z. B. „START 15 Pa“).

Nach mindestens 30 Sekunden wird das Ende dieser Messperiode ebenfalls mit der Schaltfläche **EVENT** markiert (z. B. „STOP 15 Pa“).

Dieser Schritt wird mindestens fünf Mal mit unterschiedlichen Druckstufen am Bauteil (z.B. 10 Pa, 20 Pa, 30 Pa, 40 Pa, 50 Pa) wiederholt. Je mehr Druckstufen aufgezeichnet werden, umso genauer wird die Messung.

### 5.2.2.3 Natürliche Druckdifferenz nach den Druckstufen bestimmen

Eine Aufzeichnung der natürlichen Druckdifferenzen nach der Messung ist sinnvoll, wenn der Test bei ungünstigen Windverhältnissen durchgeführt werden muss.

Nach dem Ausschalten des BlowerDoor Gebläses kann es einige Zeit dauern, bis die Luft aus dem Zwischenraum zwischen Folie und Bauteil entweicht. Erst wenn keine künstliche Druckdifferenz mehr herrscht, wird mit den folgenden Vorbereitungen fortgefahren:

1. Drehzahlregler auf **Off** (Aus) stellen.



Abb. 5.28

2. Lochblende mit Klebeband verschließen.

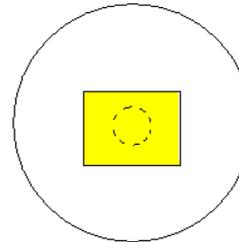


Abb. 5.29

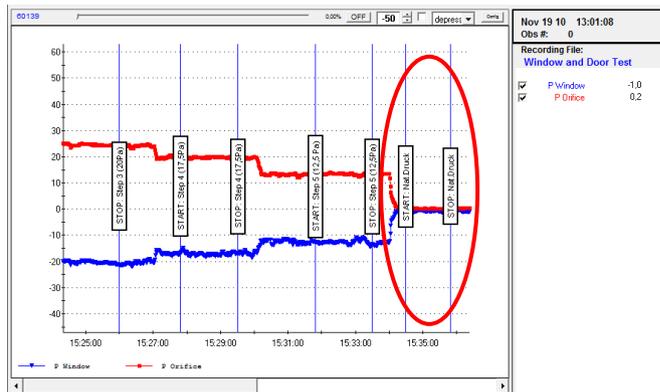


Abb. 5.30

Diese Messperiode sollte ca. 30 Sekunden lang sein.

Bei ungünstigen Bedingungen kann dieser Messzeitraum bedarfsgerecht verlängert werden.

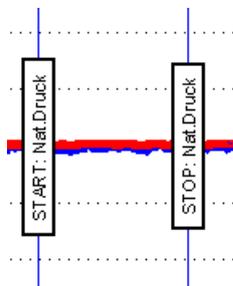


Abb. 5.31

Der Start- und Endzeitpunkt dieser Messperiode sollte im Diagramm markiert und mit passenden Bezeichnungen gekennzeichnet werden.

### 5.2.3 Messung beenden

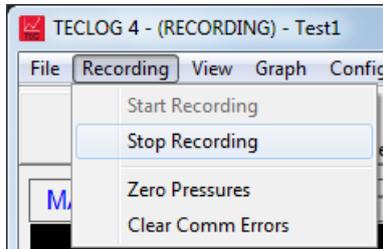


Abb. 5.32

Nach Beendigung der Messreihe den Aufzeichnungsmodus beenden:

**Menü:** → *Recording* → *Stop Recording*

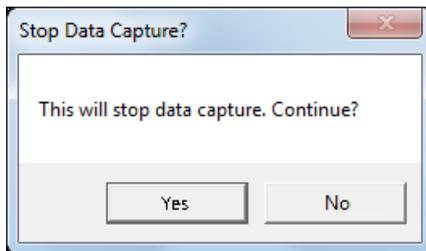


Abb. 5.33

Im Fenster *STOP DATA CAPTURE?* (Stoppe Datenerfassung) erscheint der Hinweis, dass die Messung beendet wird.

Um die Messung zu beenden auf *YES* (Ja) klicken.

Um die Messung fortzuführen auf *NO* (Nein) klicken.

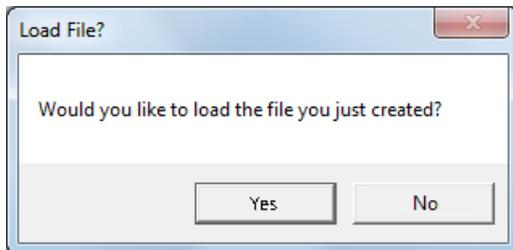


Abb. 5.34

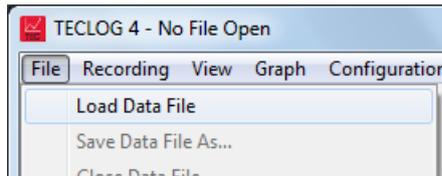
Anschließend wird im Fenster *LOAD FILE?* (Datei laden) gefragt, ob die soeben erstellte Datei geöffnet werden soll.

Soll die Messung angezeigt werden auf *YES* (Ja) klicken.

Soll die Messung nicht angezeigt werden auf *NO* (Nein) klicken.

### 5.2.4 Anzeige der Messreihe

Nach Beendigung der Messung kann die Datei mit den Messergebnissen im Ansichtsmodus von TECLOG 4 angezeigt werden.

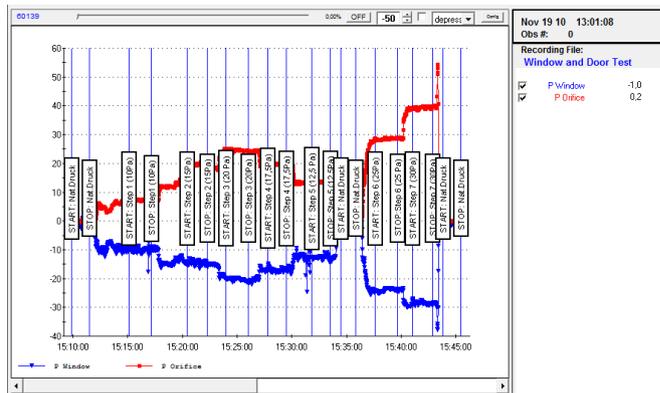


Die Messung öffnen:

Menü: → **FILE** → **LOAD DATA FILE**

Im anschließenden Fenster die Messung auswählen, die angezeigt werden soll.

Abb. 5.35



Im Ansichtsmodus von TECLOG 4 wird die komplette Messreihe angezeigt.

Abb. 5.36

### 5.2.5 Mittelwerte einzelner Messperioden bilden

Zur Erstellung eines Messprotokolls in Excel werden die Mittelwerte der einzelnen Druckstufen sowie die natürliche Druckdifferenz aus dem TECLOG 4 Diagramm manuell übertragen.

Sowohl im Ansichtsmodus (File View Mode) als auch im Aufzeichnungsmodus (Data Recording Mode) können Auswertungen (u. a. die Mittelwerte) für ausgewählte Messperioden angezeigt werden.



Zur Auswahl einer Messperiode (Bereich im Diagramm mit konstanten Druckdifferenzen) mit der **linken Maustaste** in der Symbolleiste auf die Schaltfläche **REGION SELECT TOOL** (Messperiode erstellen) klicken.

Abb. 5.37

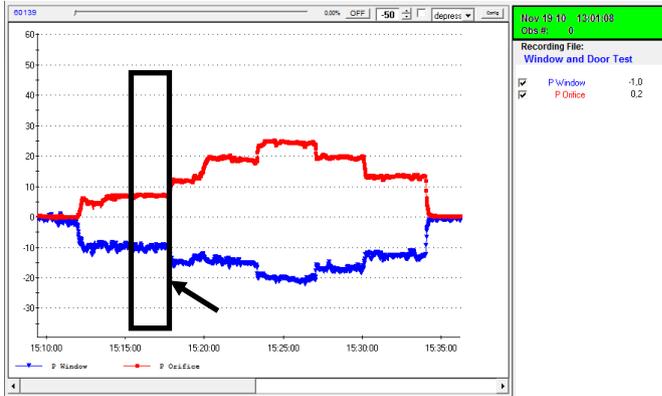


Abb. 5.38

Im Diagramm wird dann mit der **linken Maustaste** ein Feld aufgezogen, das eine Messperiode (Druckstufe) vom Start- bis zum Endzeitpunkt umfasst.

Anschließend mit der **rechten Maustaste** in das Feld klicken.

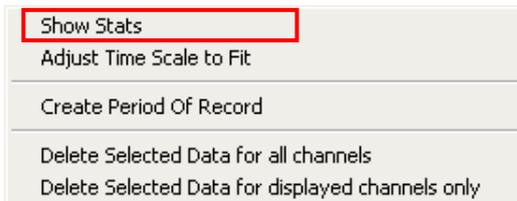


Abb. 5.39

Es erscheint ein Kontextmenü:

Mit dem Menüpunkt → **Show Stats** kann eine Statistik der ausgewählten Messperiode erstellt werden.

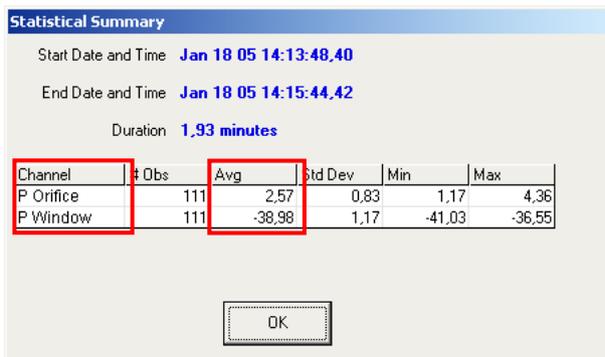


Abb. 5.40

Es öffnet sich ein Fenster mit einer Übersicht verschiedener Auswertungen der ausgewählten Messperiode. In der Spalte **Avg** (Mittelwert) werden die Mittelwerte der Druckdifferenzen für  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$  angezeigt.

Diese Werte können in das Excel Messprotokoll übertragen werden.

Diese Schritte werden für alle gemessenen Druckstufen wiederholt.

## 6 Messprotokoll

Das Messprotokoll kann mit der bereitgestellten Excel-Tabelle *BlowerDoor\_Vorlage\_Pruefbericht\_a-Wert\_Version.xlt* erstellt werden.

### 6.1 Eingabe der Daten

In den weißen Feldern können Eingaben vorgenommen werden. Die grauen Zellen sind schreibgeschützt.

#### Prüfobjekt und Auftraggeber

Messprotokoll		Volumenstrombestimmung über Lochblende	
Prüfobjekt		Auftraggeber	
Bezeichnung:	Küchenfenster	Name:	Herr Mustermann
		Adresse:	Gartenstraße 1
			20000 Stadt
Messdatum:	01.12.2010	Telefon:	01234-5678
		Fax:	

Abb. 6.1

**Prüfobjekt:** Eingabe des zu prüfenden Bauteils und des Messdatums

**Auftraggeber:** Eingabe der Adressdaten des Auftraggebers

#### Klimadaten

Klimadaten			Lochblende	
Temperatur an Blende:	20	°C	Luftwiderstandswert $c_w$ : 0,61 [-]	
Außentemperatur:	14	°C	(scharfkantige Öffnung)	
Luftdruck (Standard)	101325	Pa		

Abb. 6.2

**Temperatur an Blende:** Eingabe der Lufttemperatur in der Nähe der Blende

**Außentemperatur:** Eingabe der Temperatur außerhalb des Bauteils

**Luftdruck:** Als Standardluftdruck werden 101325 Pascal angesetzt.

### Lochblende

**Luftwiderstandswert  $c_d$ :** Voreingestellt ist der Wert 0,61 für die mitgelieferten Lochblenden der BlowerDoor GmbH.

### Messreihe

Messreihe		Hilfe ein/aus				
Lochdurchmesser (cm)	$A_{LB}$ (cm <sup>2</sup> )	$\Delta p$ Bauteil (Pa)	$\Delta p$ Blende (Pa)	Volumenstrom durch Blende (m <sup>3</sup> /h)	Abwei- chung (%)	Volumenstrom durch Bauteil (m <sup>3</sup> /h)
—	$\Delta p_{01} =$	1,00	—	—	—	—
3,00	7,07	-48,50	41,00	12,81	0,35	12,81
3,00	7,07	-44,80	37,00	12,17	0,07	12,17
3,00	7,07	-38,00	30,00	10,96	-0,38	10,96
3,00	7,07	-30,40	23,00	9,59	-0,12	9,59
3,00	7,07	-22,50	16,00	8,00	-0,16	8,00
3,00	7,07	-16,30	11,00	6,64	0,25	6,64
—	$\Delta p_{02} =$	—	—	—	—	—
<b>Korrelationskoef. <math>r</math>:</b>		1,000	Vertrauensintervall			
$C_{Bauteil}$	[m <sup>3</sup> /(h Pa <sup>n</sup> )]	1,115	max 1,15	min 1,08		
$C_{standard}$	[m <sup>3</sup> /(h Pa <sup>n</sup> )]	1,115	max 1,15	min 1,08		
$n$	[-]	0,62	max 0,63	min 0,62		

Abb. 6.3

- Hilfe ein/aus:** Die Schaltfläche „*Hilfe ein/aus*“ zeigt eine Übersicht mit Darstellung der Druckdifferenzen  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$ .
- Lochdurchmesser:** Eingabe des Öffnungsdurchmessers der Lochblende
- A<sub>LB</sub>:** Aus dem Lochdurchmesser berechnet Excel die Fläche der Lochblendenöffnung  $A_{\text{LB}}$ .
- $\Delta p_{\text{Bauteil}}$ :** Eingabe der am Bauteil erzeugten Druckdifferenz
- $\Delta p_{\text{Blende}}$ :** Eingabe der an der Lochblende gemessenen Druckdifferenz
- $\Delta p_{01}$  und  $\Delta p_{02}$ :** Eingabe der am Bauteil gemessenen natürlichen Druckdifferenzen vor und nach den Druckstufen, die mit dem BlowerDoor MessSystem erzeugt wurden.
- Volumenstrom durch die Lochblendenöffnung ( $V_{\text{Blende}}$ ):**  
In Abhängigkeit von der Druckdifferenz an der Lochblende, der Größe der Lochblendenöffnung sowie des Luftwiderstandswerts  $c_d$  wird der aktuelle Volumenstrom angezeigt.
- Abweichung:** Die Abweichung der einzelnen Messpunkte von der Ausgleichsgeraden wird hier dargestellt.
- Volumenstrom durch Bauteil:**  
Der Volumenstrom an der Blende wird auf die aktuell herrschenden Temperaturen umgerechnet. Das Ergebnis ist der tatsächliche Volumenstrom durch die Leckagen des Bauteils.

## 6.2 Messergebnisse

### 6.2.1 Volumenstrom und Fugendurchlässigkeit

Ergebnis, Kenngrößen			
<b>Gesamtvolumenstrom</b>		<b>Volumenstrom</b>	
Druckdifferenz am Bauteil:	<b>50</b>	Pascal	<b>12,7</b> m <sup>3</sup> /h +/- 10 %
<b>Volumenstrom bezogen auf die Fugenlänge (a-Wert)</b>		<b>Fugendurchlässigkeit</b>	
Druckdifferenz am Bauteil:	<b>50</b>	Pascal	<b>3,17</b> m <sup>3</sup> /(h*m) +/- 10 %
Fugenlänge:	<b>4,00</b>	m	
<b>Bemerkung:</b> Der Volumenstrom wird auf Standardbedingungen (Temperatur=20°C, Luftdruck=101325 Pa) korrigiert.			

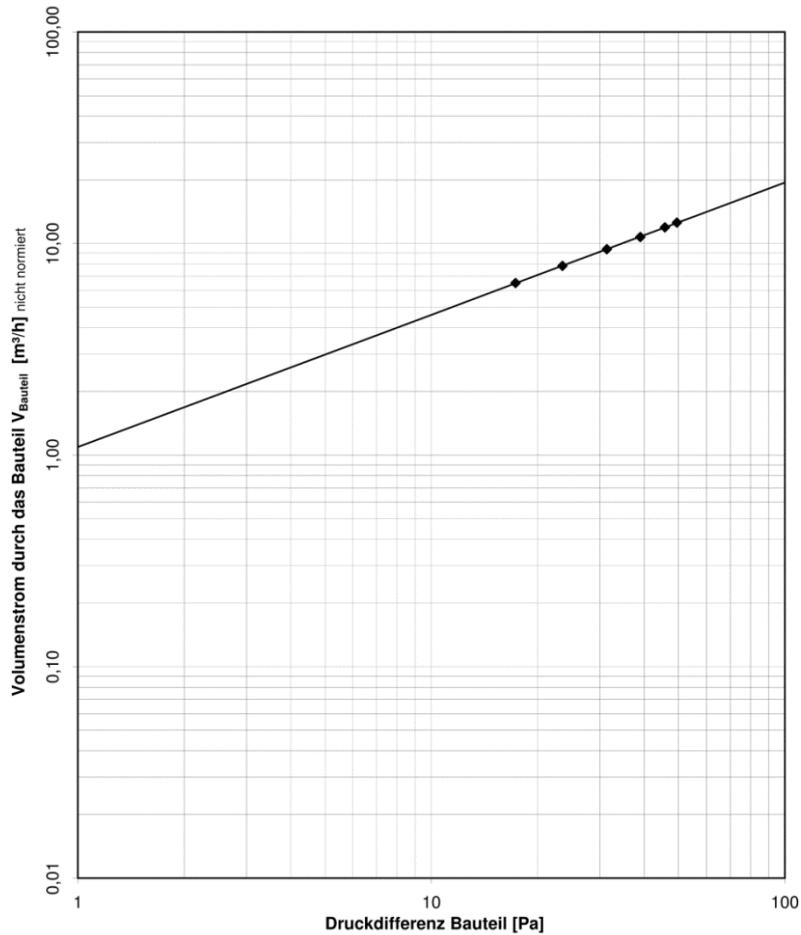
Abb. 6.4

**Volumenstrom:** In Abhängigkeit von der gewählten Druckdifferenz am Bauteil wird der Volumenstrom durch die Leckagen am Bauteil ermittelt. Das Ergebnis ist auf Standardbedingungen korrigiert (20 °C und 101325 Pa).

**Fugendurchlässigkeit:** Abhängig von der gewählten Druckdifferenz am Bauteil und der Fugenlänge wird hier die Fugendurchlässigkeit im Verhältnis zur Fugenlänge angezeigt.

## 6.2.2 Grafische Darstellung

Messprotokoll  
Leckagekurve: Fenster in Küche



◆ Volumenstrom Unterdruck [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

— Regressionsgerade Unterdruck [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

Abb. 6.5

Im Tabellenblatt Grafik wird die Leckagekurve für das Bauteil dargestellt.

## 6.2.3 Vor-Ort-Prüfung für Fenster

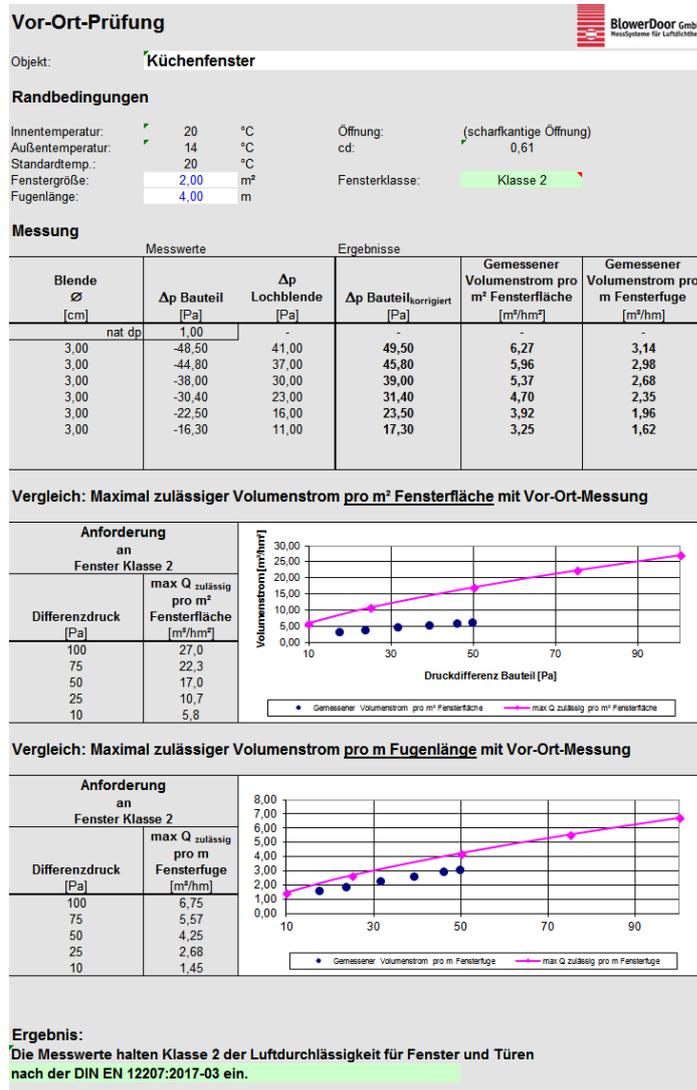


Abb. 6.6

Dieses Tabellenblatt dient der Einordnung von Fenstern und Türen in Klassen nach DIN EN 12207:2017-03. Der Volumenstrom wird zum einen auf die Gesamtfläche und zum anderen auf die Fugenlänge bezogen.

Die zulässige oder angestrebte Fensterklasse kann im Feld **Fensterklasse** gewählt werden. In den Diagrammen erscheint die Grenze dieser Klasse als rosa Graph. Liegen die vor Ort gemessenen Werte (blaue Punkte) unterhalb dieses Graphen, fällt das Fenster in die gewählte Klasse. Wenn die Messwerte oberhalb des Graphen liegen, ist das Fenster undichter als die gewählte Klasse vorschreibt.

In Deutschland schreibt die DIN 4108-2 vor, welche Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen in Gebäuden gelten.

## 7 Beispiele für Messabläufe bei Fenstern

Da es keine konkreten Parameter gibt, die bei der Auswahl der optimalen Lochblende für eine Messung zu Hilfe genommen werden können, sind Erfahrungen von besonderer Bedeutung.

Basierend auf den Erfahrungen der BlowerDoor GmbH werden in diesem Kapitel verschiedene Messbeispiele vorgestellt.

Grundsätzlich wird das Fenster vor dem Aufbringen der Folie bei einem Unterdruck von 50 Pascal mit einem Thermoanemometer auf Leckagen untersucht.

Danach wird der Aufbau zur Messung der Fugendurchlässigkeit des Fensters (Folie mit der gewählten Lochblende, DG-700 zur Aufnahme der Druckdifferenzen  $\Delta p_{\text{Bauteil}}$  und  $\Delta p_{\text{Blende}}$ ) hergestellt.

Nach Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz wird durch manuelles Hochregeln des BlowerDoor Gebläses am Drehzahlregler die erste Druckdifferenz am Bauteil auf 10 Pascal eingeregelt.

Anschließend wird überprüft, ob die gewählte Lochblende zweckmäßig ist.

### 1. Messung kann mit der gewählten Blende gestartet werden

Ist die Druckdifferenz am Fenster  $|\Delta p_{\text{Fenster}}|$  **ca. 10 Pa** und die Druckdifferenz an der Lochblende  $|\Delta p_{\text{Blende}}| > 3 \text{ Pa}$  und  $< 10 \text{ Pa}$ , kann die Messung mit der gewählten Blende gestartet werden.

### 2. Wechsel auf eine größere Blende

Liegt die Druckdifferenz an der Lochblende bei  $|\Delta p_{\text{Blende}}|$  **15 bis 20 Pascal**, besteht die Gefahr, dass sich das Klebeband vom Untergrund löst. Hier sollte auf eine Blende mit größerem Lochdurchmesser gewechselt werden.

### 3. Wechsel auf eine kleinere Blende

Ist Druckdifferenz an der Lochblende  $|\Delta p_{\text{Blende}}|$  **kleiner 3 Pascal**, wird die Messung zu ungenau. Hier sollte auf eine Blende mit kleinerem Lochdurchmesser gewechselt werden.

## 7.1 Beispiel 1: Extrem undichtes Fenster

Weisen die Fensteranschlüsse extreme Fugen auf und sind über längere Strecken erhebliche Lufteintritte schon mit der Hand fühlbar oder große Luftgeschwindigkeiten mit dem Anemometer messbar, ist es sinnvoll, die Lochblende mit dem größten Öffnungsdurchmesser an der Folie anzubringen.

Nach Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz wird die erste Druckstufe am Bauteil mit 10 Pascal eingeregelt:

- Ist die Druckdifferenz an der Lochblende größer als 3 Pascal, kann die Messung mit der eingesetzten Blende gestartet werden (siehe oben).
- Ist die Druckdifferenz an der Lochblende größer als 15 Pascal, sollte eine Blende mit größerer Öffnung eingesetzt werden. Hier können auch die Blenden D und E der Minneapolis BlowerDoor verwendet und anstelle der Lochblenden in die Folie geklebt werden.
- Bleibt die Druckdifferenz an der Lochblende deutlich unterhalb von 3 Pascal, wird eine kleinere Blende eingesetzt. Ist die Druckdifferenz an der Lochblende nur etwas kleiner als 3 Pascal wird das BlowerDoor Gebläse solange sehr vorsichtig hochgeregelt, bis die Druckdifferenz mindestens 3 Pascal beträgt. Statt mit 10 Pascal Druckdifferenz am Fenster wird in diesem Fall mit einer größeren Druckdifferenz begonnen.

Im folgenden Beispiel liegt die Druckdifferenz an der Lochblende bei ca. 5 Pa, somit kann mit der gewählten Lochblende weiter gemessen werden. Die Druckstufen werden vorsichtig eingestellt, die Abstände zwischen den Druckstufen betragen ca. 2,5 Pascal.

## Druckstufen

### Stufe 1: $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 10 \text{ Pa}$

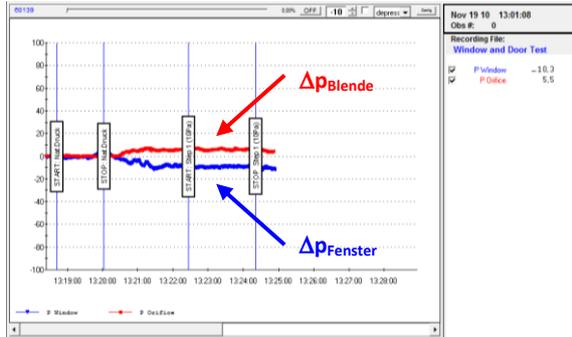


Abb. 7.1

### Stufe 2: $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 12,5 \text{ Pa}$

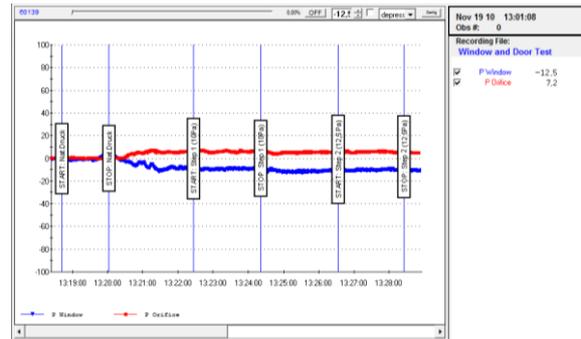


Abb. 7.2

### Stufe 3: $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 15 \text{ Pa}$

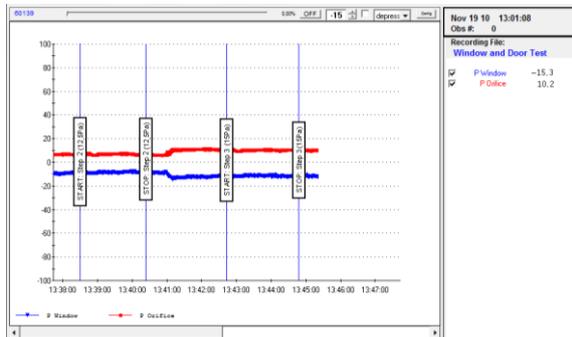


Abb. 7.3

### Stufe 4: $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 17,5 \text{ Pa}$

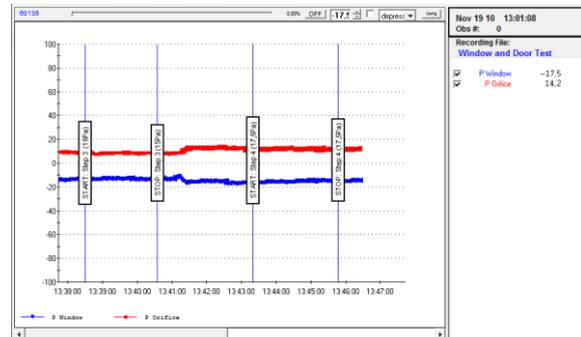


Abb. 7.4

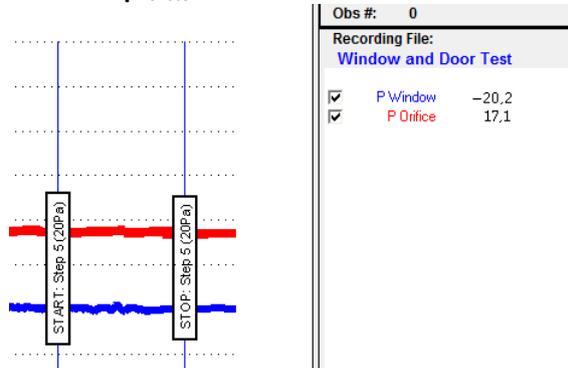
Stufe 5:  $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 20 \text{ Pa}$ 

Abb. 7.5

Bei der 20-Pascal-Druckstufe wird eine Druckdifferenz an der Lochblende von ca. 17 Pascal erreicht. Dies ist eine Größe, bei der sich das mitgelieferte Klebeband vom Untergrund lösen kann.

Falls notwendig (z.B. bei ungünstigen Windverhältnissen) können an dieser Stelle nochmals die natürlichen Druckdifferenzen aufgenommen werden.

## Zusätzliche Druckstufen bis zum Lösen des Klebebandes

Da die höchste Druckdifferenz am Bauteil nur 20 Pascal beträgt, jedoch 50 Pascal angestrebt werden, können nun weitere Messwerte bis zum Lösen der Folie vom Untergrund aufgezeichnet werden. Vorsichtig werden weitere Druckstufen bei höheren Druckdifferenzen am Bauteil (hier bei 25 Pa und 30 Pa) eingeregelt, wie in den folgenden Abbildungen zu sehen ist.

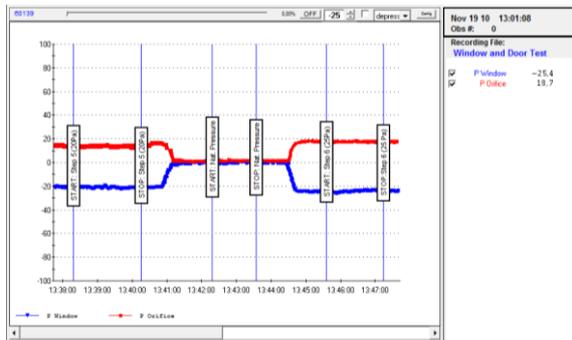
Stufe 6:  $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 25 \text{ Pa}$ 

Abb. 7.6

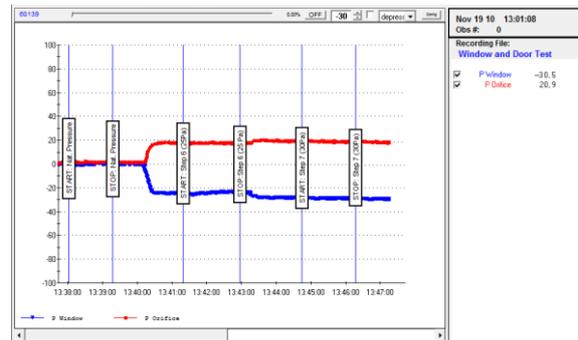
Stufe 7:  $\Delta p_{\text{Fenster}} \sim 30 \text{ Pa}$ 

Abb. 7.7

Die Druckstufe, bei der sich die Folie löst, kann nicht in die Auswertung mit aufgenommen werden!

### **Alternative 1**

Alternativ zur Erhöhung der Druckstufen bis zur Zerstörung der Abklebung kann auch eine Lochblende mit größerer Öffnung eingesetzt werden. Dies erfordert ein sehr sorgfältiges Vorgehen, damit keine ungewollten Leckagen beim Einbau entstehen.

### **Alternative 2**

Es können auch weitere Messwerte mit der gleichen Blende aufgezeichnet werden, jedoch in dem Bereich, in dem sich die Folie nicht lösen kann. Hier können beispielsweise Zwischenstufen zwischen den bereits bestehenden Druckstufen aufgezeichnet werden.

## **7.2 Beispiel 2: Fenster mit typischen Leckagen**

Weisen die Fensterfugen deutliche Leckagen auf, wird die Messung mit einer der größeren Lochblenden begonnen.

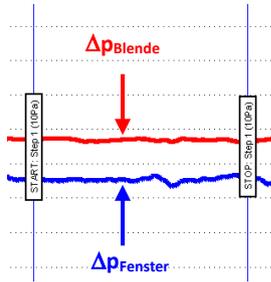
Nach Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz wird die erste Druckstufe am Bauteil mit 10 Pascal eingeregelt. Bleibt die Druckdifferenz an der Lochblende unterhalb von 3 Pascal, wird eine Blende mit kleinerer Öffnung eingesetzt. Wieder wird geprüft, ob bei 10 Pascal Bauteildruck, die Druckdifferenz an der Blende 3 Pascal beträgt. Sobald diese Mindestwerte erreicht werden, kann mit der Messung begonnen werden.

Die Druckstufen werden vorsichtig eingestellt, die Abstände zwischen den Druckstufen betragen ca. fünf Pascal.

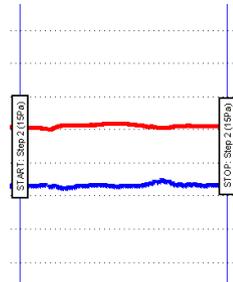
### **Druckstufen**

Die folgende Messreihe zeigt eine optimal verlaufende Messung, die mit 10 Pascal Druckdifferenz am Fenster  $\Delta p_{\text{Fenster}}$  (Druckstufe 1) begonnen werden kann und bei 50 Pascal endet (Druckstufe 9). Die Druckdifferenz an der Lochblende beginnt bei Druckstufe 1 mit 3 Pascal und endet bei Druckstufe 9 mit 20 Pascal.

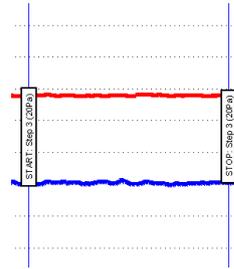
Stufe 1: 10 Pa



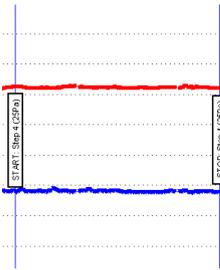
Stufe 2: 15 Pa



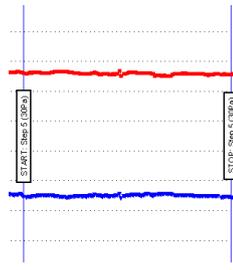
Stufe 3: 20 Pa



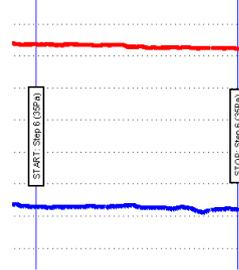
Stufe 4: 25 Pa



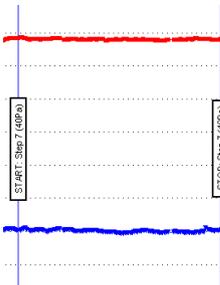
Stufe 5: 30 Pa



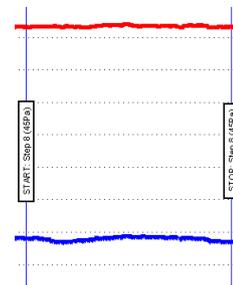
Stufe 6: 35 Pa



Stufe 7: 40 Pa



Stufe 8: 45 Pa



Stufe 9: 50 Pa

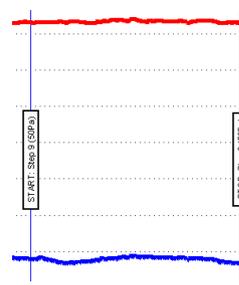


Abb. 7.8

### Komplette Messreihe (ohne Markierungen)

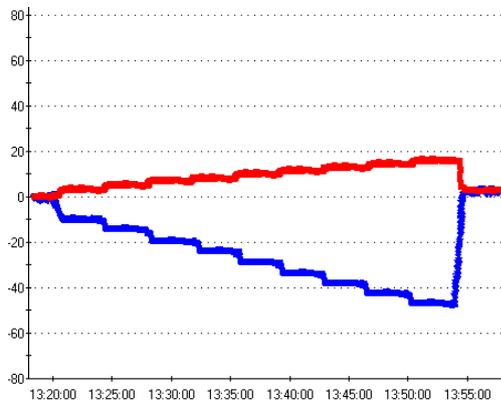


Abb. 7.9

### 7.3 Beispiel 3: Fenster mit kleineren Leckagen

Weisen die Fensterfugen nur kleine Leckagen auf, kann die Messung mit der kleinsten Lochblende begonnen werden.

Nach Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz wird die erste Druckstufe am Bauteil mit 10 Pascal eingeregelt:

- Ist die Druckdifferenz an der Lochblende größer als 3 Pascal kann die Messung mit der eingesetzten Blende gestartet werden (siehe oben).
- Ist die Druckdifferenz an der Lochblende oberhalb von 15 Pascal, sollte eine Blende mit größerer Öffnung eingesetzt werden.
- Bleibt die Druckdifferenz an der Lochblende unterhalb von 3 Pascal wird das BlowerDoor Gebläse solange sehr vorsichtig hochgeregelt, bis die Druckdifferenz an der Lochblende mindestens 3 Pascal beträgt. Statt mit 10 Pascal Druckdifferenz am Fenster wird in diesem Fall mit einer größeren Druckdifferenz begonnen.

Nach der ersten ausgewählten Druckstufe sollten noch mindestens vier weitere Druckstufen im Abstand von 3 oder 5 Pa eingeregelt werden. Die letzte Druckstufe am Fenster sollte mindestens 50 Pascal oder mehr betragen.

## Messreihe mit Druckstufen

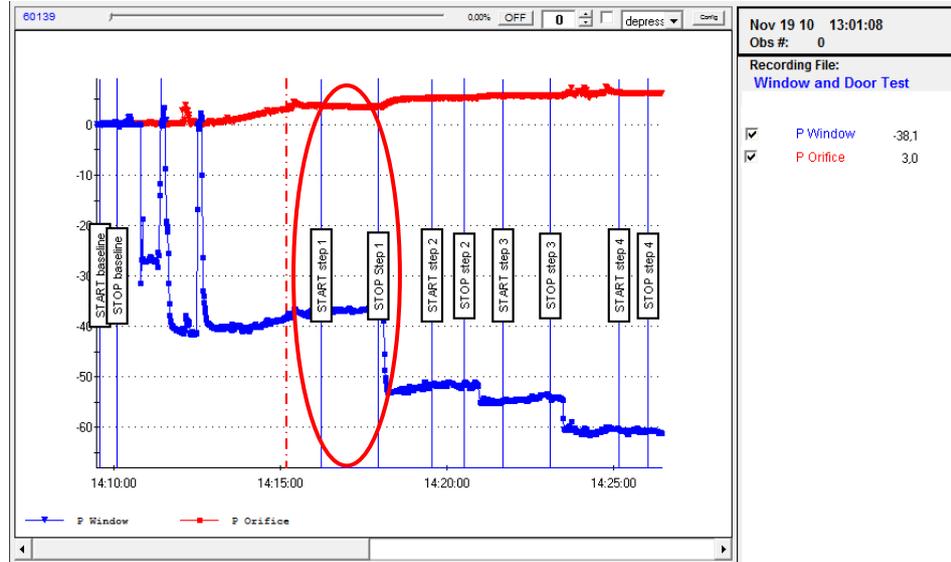


Abb. 7.10

Erst bei einer Druckdifferenz am Fenster von knapp 40 Pascal wird die notwendige Mindestdruckdifferenz an der Lochblende von 3 Pascal erreicht. In diesem Fall wird die Messreihe mit dieser Druckstufe begonnen.

### 7.4 Beispiel 4: Luftdichtes Fenster

Weisen die Fensterfugen so gut wie keine Leckagen auf, wird die Messung mit der kleinsten Lochblende begonnen.

Nach Aufnahme der natürlichen Druckdifferenz wird versucht, die erste Druckstufe am Bauteil mit 10 Pascal einzuregeln:

- Bleibt die Druckdifferenz an der Lochblende unterhalb von 3 Pascal wird das BlowerDoor Gebläse solange sehr vorsichtig hochgeregelt, bis die Druckdifferenz an der Lochblende mindestens 3 Pascal beträgt. Statt mit 10 Pascal Druckdifferenz am Fenster wird in diesem Fall mit einer größeren Druckdifferenz am Fenster begonnen (siehe Beispiel 3).

- Bleibt die Druckdifferenz an der kleinsten Lochblende in einem Bereich von 0 bis 1 Pascal, obwohl die Druckdifferenz am Fenster schon bei 40 bis 50 Pascal liegt, handelt es sich um ein sehr dichtes Fenster.

Das Diagramm zeigt, dass die Druckdifferenz an der Lochblende um 0,5 Pascal bei einer Druckdifferenz am Fenster von ca. 40 Pascal liegt. Die mindestens notwendige Druckdifferenz von 3 Pascal an der Lochblende wird bei weitem nicht erreicht.

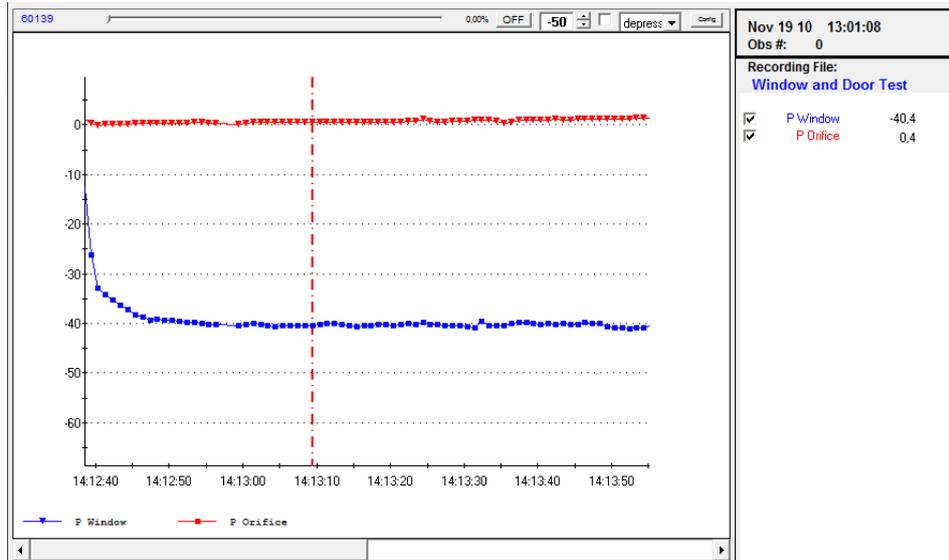


Abb. 7.11

Auch bei einem weiteren Hochregeln des BlowerDoor Gebläses werden keine 3 Pascal an der Lochblende erreicht. Da schon die kleinste Lochblende eingesetzt ist, kann auch am Messaufbau keine Veränderung vorgenommen werden. Zumindest kann jedoch die Aussage getroffen werden, dass der Volumenstrom durch die Blende unterhalb von  $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$  (bei 3 Pascal Druckdifferenz an der Lochblende mit einem Öffnungsdurchmesser von 1,5 cm) liegt.

## Anhang A: Zeitpunkt in TECLOG markieren (Event Marker)



Zur Markierung eines beliebigen Messzeitpunkts im Diagramm zuerst auf die Schaltfläche mit der **roten Linie** in der Symbolleiste klicken.

Abb. 7.12:  
Markierungslinie

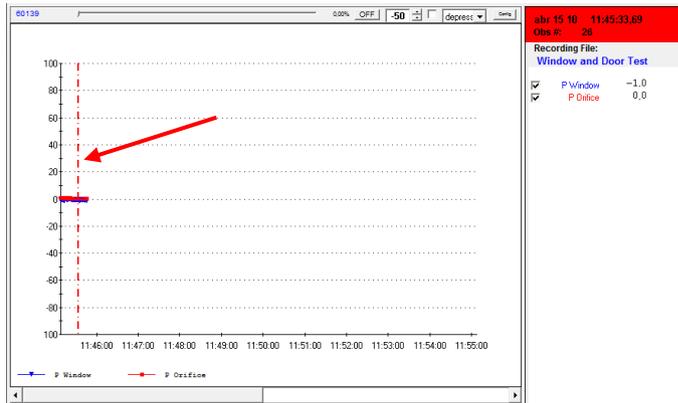
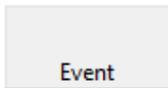


Abb. 7.13

Im Diagramm erscheint eine rote gestrichelte Linie.

Die Linie mit der linken Maustaste auf den gewünschten Messzeitpunkt verschieben.



Dann die Schaltfläche **EVENT** anklicken. Das Fenster **EDIT EVENT MARKER** (Ereignis markieren) öffnet sich.

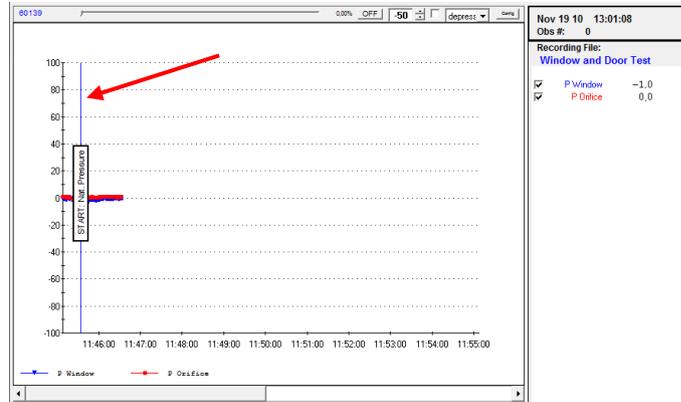
Abb. 7.14:  
Event-Marker

Abb. 7.15

Im Textfeld eine passende Bezeichnung eingeben, z.B. START: Nat. Druck.

Zur Anzeige dieses Textes in der Grafik ein Häkchen in das Feld vor die Zeile **show text on graph** setzen.

Mit **OK** das Fenster schließen.



Im Diagramm erscheint anstelle der gestrichelten roten Linie nun eine blaue Linie mit der Bezeichnung dieses Messzeitpunktes.

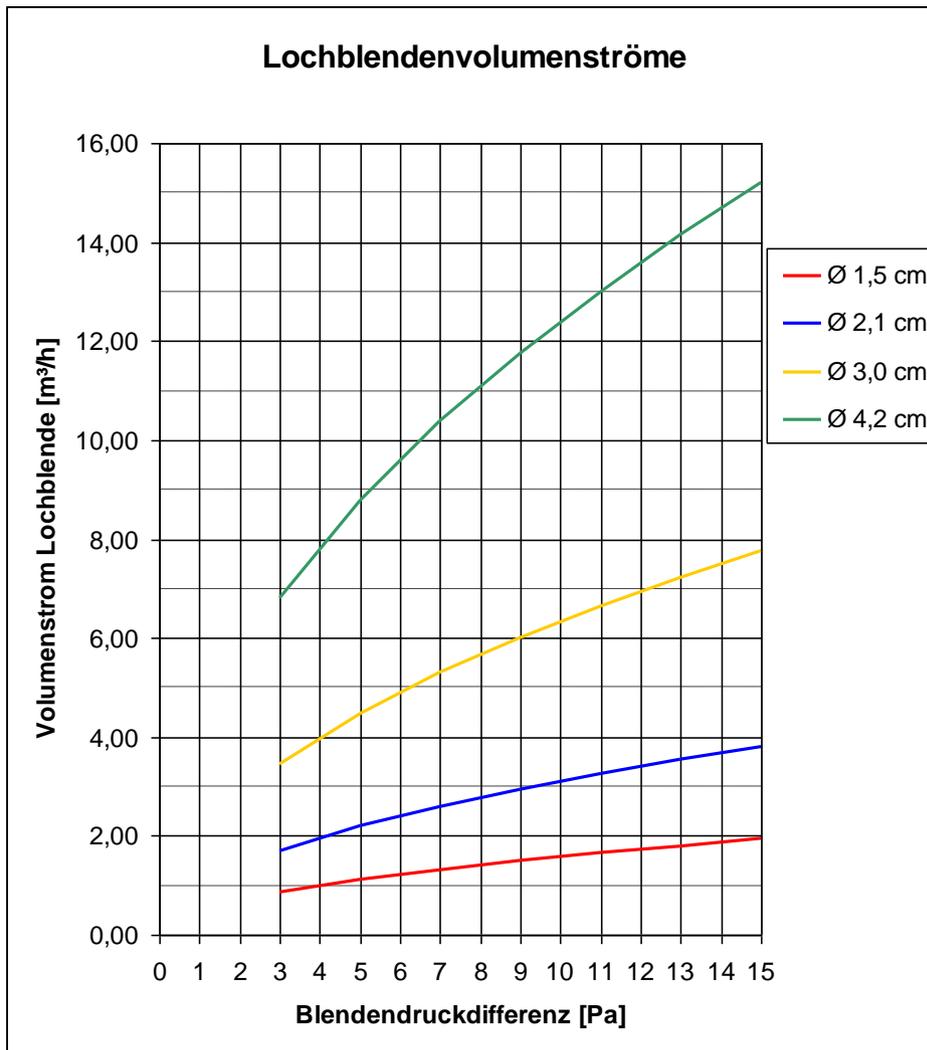
Abb. 7.16



Abb. 7.17

Die Markierung kann umbenannt und auch gelöscht werden. Dazu mit der linken Maustaste auf die Bezeichnung der Markierung klicken. Im Kontextmenü entweder **Edit Event Marker** (Ereignismarkierung bearbeiten) oder **Delete Event Marker** (Ereignismarkierung löschen) auswählen.

## Anhang B: Volumenströme der Lochblenden



Im Diagramm sind in Abhängigkeit von der Druckdifferenz an der Lochblende die Volumenströme für verschiedene Lochblendenöffnungen (Durchmesser: 1,5 cm, 2,1 cm, 3,0 cm sowie 4,2 cm) dargestellt.

## Unser Serviceangebot

### Kalibrierung der BlowerDoor MessSysteme

Die Genauigkeit der BlowerDoor Messgebläse liegt mit  $\pm 4\%$  (offen, Blenden 1 - 4 bzw. Blenden A - C) und  $\pm 5\%$  (Blenden D + E) ebenso wie die Druckmessgeräte DG-1000 bzw. DG-700 mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,9\%$  bzw.  $\pm 1\%$  deutlich über den gesetzlichen Mindestanforderungen.

Wir empfehlen, die hohe Messgenauigkeit des BlowerDoor MessSystems durch eine regelmäßige Kalibrierung gemäß Herstellerangaben sicherzustellen: Für die Druckmessgeräte wird eine Justierung und Kalibrierung im Abstand von zwei Jahren empfohlen. Die Genauigkeit der BlowerDoor Messgebläse sollte alle vier Jahre durch eine Kalibrierung überprüft werden; Bestandteil jeder Gebläsekalibrierung ist die vorhergehende Gebläseüberprüfung.

Neben der qualitativ sehr hochwertigen Werkskalibrierung bietet die BlowerDoor GmbH als akkreditiertes Labor auch Kalibrierungen mit DAkkS- Zertifikat an, die nach einem von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAKKS) definierten Standard durchgeführt werden.

Die BlowerDoor GmbH bietet sowohl die Gebläsekalibrierung als auch die Kalibrierung der Druckmessgeräte regelmäßig zu günstigen Tarifen an. Details unter [www.blowerdoor.de](http://www.blowerdoor.de).

### Seminarangebot und Inhouse-Schulung

Neben einem umfangreichen Seminarangebot des Energie- und Umweltzentrums am Deister rund um das Thema „Luftdichte Gebäudehülle“ bieten die BlowerDoor GmbH und ihre Vertragspartner auch individuelle Schulungen persönlich vor Ort oder bei Bedarf auch als Webinar an; bitte sprechen Sie uns an!

### BlowerDoor FOR RENT

Möchten Sie sich vor dem Kauf zunächst mit dem MessSystem vertraut machen oder benötigen Sie weitere BlowerDoor MessSysteme für die Luftdichtheitsmessung großer Gebäude: Die BlowerDoor GmbH bietet günstige Miet-Konditionen für BlowerDoor MessSysteme und Zubehör an.

## **Baustellenbegleitung**

Bei Bedarf unterstützen wir Sie kompetent bei der Durchführung der BlowerDoor Messung auch auf der Baustelle – fordern Sie Ihr individuelles Angebot an!

## **Eintrag im Anbieterverzeichnis für BlowerDoor Messungen**

Als BlowerDoor Messteam ist Ihr Eintrag in unserer online-Datenbank kostenfrei. Bitte kontaktieren Sie uns per E-Mail an [info@blowerdoor.de](mailto:info@blowerdoor.de), wenn Sie einen Adresseintrag mit Verlinkung Ihrer E-Mail-Adresse und Website in Deutschlands größtem Anbieterverzeichnis für BlowerDoor Tests wünschen.

## **KompetenzCenter**

Alle BlowerDoor Messteams erhalten kostenfrei einen Zugang zu unserem virtuellen KompetenzCenter auf [www.blowerdoor.de](http://www.blowerdoor.de), in dem wir regelmäßig über Neuigkeiten informieren und Wissenswertes zum Download bereit halten. Bitte kontaktieren Sie uns, sofern Sie noch keine Kundennummer und Zugangsdaten von der BlowerDoor GmbH erhalten haben.

## **Werbematerial für BlowerDoor Messteams**

Auf Wunsch erhalten BlowerDoor Messteams kostenfrei eine professionell aufbereitete Druckdatei zur BlowerDoor Messung mit eigenen Kontaktdaten sowie eigenem Firmenlogo (Ansichtsexemplar unter [www.blowerdoor.de](http://www.blowerdoor.de)). Bei Interesse senden Sie bitte eine E-Mail mit Ihrer vollständigen Anschrift sowie Ihr Firmenlogo in druckfähiger Auflösung (z.B. als jpg-Datei) an [info@blowerdoor.de](mailto:info@blowerdoor.de).

## **Technischer Support**

Sollte es doch einmal technische Probleme bei der Durchführung der BlowerDoor Messung geben, steht Ihnen unser Support-Team in der Regel ganztägig während unserer Geschäftszeiten kostenfrei unter folgender Telefonnummer zur Verfügung: +49(0)5044/975-57 (gebührenpflichtiger Anruf ins deutsche Festnetz).



© BlowerDoor GmbH / 2021

BlowerDoor GmbH MessSysteme für Luftdichtheit • Zum Energie- und Umweltzentrum 1 • D-31832 Springe-Eldagsen  
Telefon +49 (0) 50 44 / 975 -40 • Telefax +49 (0) 50 44 / 975 -44 • info@blowerdoor.de • www.blowerdoor.de

Schutzgebühr 15,- EUR