

CFD Studie

Simulation zur Ermittlung von Cv-Werten

von natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten

Funktionsweise von NRW:

Der Einsatz von NRW zählt zu den Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes. Bei einem Brand muss das Gerät sicher auslösen und in seine Funktionsstellung öffnen. An das Bauprodukt werden folgende Zielsetzungen gestellt:

- Im Brandfall werden heiße Rauchgase in ausreichender Menge aus dem Rauchabschnitt geleitet. Die Stabilität des Gebäude unter Brandeinwirkung verlängert sich. Sachschäden am Gebäude und der Einrichtung werden gemindert. Finanzieller Schaden und Verlust kann reduziert werden.
- Die Bildung einer raucharmen Schicht in Bodennähe wird ermöglicht. Die so erreichte Freihaltung der Rettungswege hilft bei der Evakuierung von Personen und rettet Leben. Die Gesundheitsgefährdung durch toxisch belastete Rauchgase wird gemindert. Verbesserung der Sichtverhältnisse bei der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr.

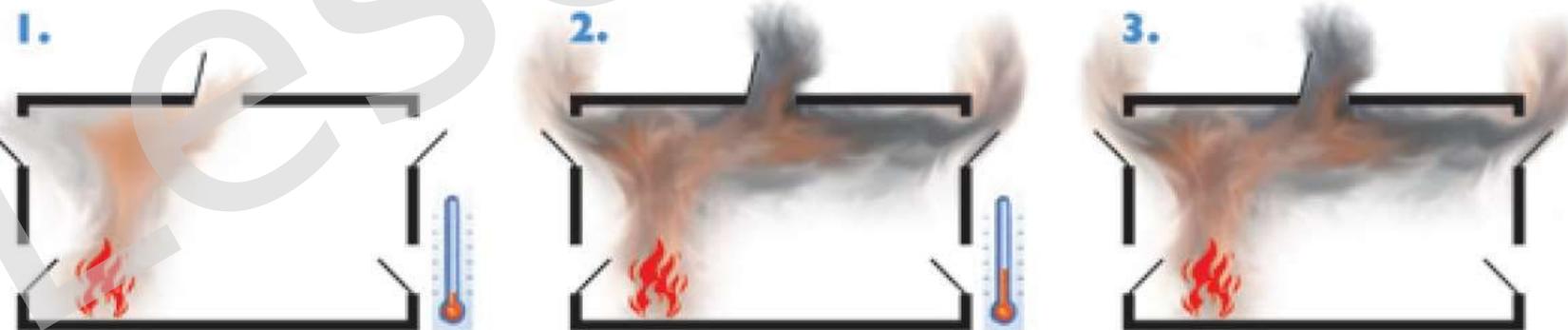
Um diese Ziele zu erreichen, muss sichergestellt werden, dass ein NRW zuverlässig öffnet und während seiner Lebensdauer sicher funktioniert. Nach Prüfnorm EN 12101-2 werden die Leistungsmerkmale der Geräte klassifiziert.

Funktionsweise von NRW:

ohne Rauchabzug:



mit Rauchabzug:



CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Wirtschaftliche Bedeutung des Cv - Wertes:

Beispiel: Erforderliche aerodynamische wirksame Öffnungsfläche A_w nach DIN 18232-2
(Planungsnorm für NRW)

Industriehalle: $l = 200m$
 $b = 80m$
 $h = 8m$

Gebäudefläche: $A = 200m \cdot 80m = 16000m^2$

Werte nach DIN 18232-2:

Brandabschnittsfläche: $max. 1600m^2$

Anzahl Brandabschnitte: 10

Brandentwicklungsdauer: 15min

Bemessungsgruppe: 4 mittel

Hallentor: Höhe 3,5m Breite 4m

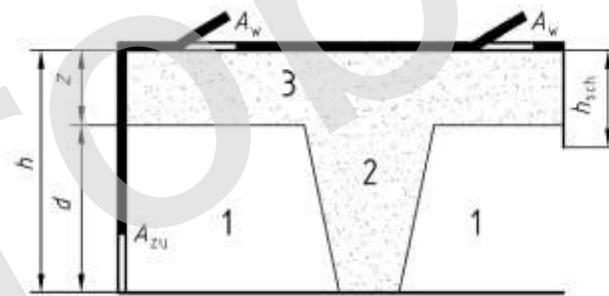
Rauchschiehtgrenze: 1m

Raucharme Schicht: $d = 4,5m$

Erforderliche Rauchabzugsfläche nach

Tabelle 3 DIN 18282-2: $A_w = 11,8m^2$

DIN 18232-2:2007-11



Legende

- A_w Rauchabzugsfläche in m^2
- A_{zu} Größe der Zuluftfläche in m^2
- d Höhe der raucharmen Schicht in m
- h Höhe des zu schützenden Raumes in m
- h_{rsch} Höhe der Rauchschürze in m
- z Höhe der Rauchschicht ($h - d$) in m
- 1 raucharme Schicht
- 2 Plume
- 3 Rauchschicht

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Raumhöhe ^a h in m	Höhe der Rauchschicht z in m	Höhe der raucharmen Schicht d in m	Notwendige Rauchabzugsfläche A_w in m^2				
			Bemessungsgruppe				
			1	2	3	4	5
	5,5	2,5	1,5	1,9	2,5	3,3	4,6
	5,0	3,0	2,1	2,8	3,6	4,8	6,5
	4,5	3,5	2,8	3,9	5,0	6,6	8,8
	4,0	4,0	3,6	5,2	6,9	8,9	11,7
<u>8,0</u>	3,5	<u>4,5</u>	4,4	6,5	9,3	<u>11,8</u>	15,4
	3,0	5,0	5,4	8,1	11,9	15,7	20,2

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Wirtschaftliche Bedeutung des C_v - Wertes:

Beispiel: Geräteausführung bei einem erforderlichen A_w -Wert von $11,8\text{m}^2$ pro Brandabschnitt

Der erforderliche A_w -Wert entspricht der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche A_a eines NRW nach DIN EN 12101-2.

aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche:

$$A_a$$

geometrische Öffnungsfläche des NRW:

$$A_v$$

Durchflussbeiwert:

$$C_v$$

aerodyn. wirksame Öffnungsfläche eines NRW:

$$A_a = A_v \cdot C_v$$

geometrische Öffnungsfläche eines NRW:

$$A_v = B \cdot L$$

	Produkt A	Produkt B
Gerätepreis [€]	1500,-	1500,-
Gerätegröße B [m] x L [m]	1,5 x 2,0	1,5 x 2,0
Geometrische Öffnungsfläche A_v [m ²]	3	3
Experimentell ermittelter C_v -Wert [-] nach EN 12101-2	0,64	0,66
Aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche A_a [m ²]	1,92	1,98
Anzahl der Geräte pro Brandabschnitt [-]	7 (6,14)	6 (5,96)
Anzahl der Geräte für alle 10 Brandabschnitte [-]	70	60
Preis für das gesamte Gebäude [€]	105000	90000

Hinweis:

Die Beispielrechnung zeigt einen Extremfall, bei dem der bessere C_v -Wert zu weniger benötigten Geräten führt und die symmetrische Anordnung von 6 Geräten auf dem Dach günstiger ist.

Bei entsprechender Aufteilung der Brandabschnitte kann der Unterschied geringer ausfallen.

Prüfungen nach EN 12101-2:

A.1 Prüffolge

Für die Erstprüfung zur Typzulassung werden die Prüfungen in folgender Reihenfolge durchgeführt:

- Anhang B: Bestimmung der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche,
- Anhang C: Prüfung der Zuverlässigkeit,
- Anhang D: Funktionsprüfung unter Last,
- Anhang E: Funktionsprüfung bei niedriger Temperatur,
- Anhang F: Standsicherheitsprüfung bei Windbelastung,
- Anhang G: Prüfung der Wärmeeinwirkung.

Prüfungen nach EN 12101-2:

Anhang B (normativ)

Bestimmung der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche

B.2.2 Prüfeinrichtung

Es wird eine Versuchsanlage mit einer offenen oder geschlossenen Messstrecke gemäß Bild B.3 verwendet.

Sie besteht aus einer Beruhigungskammer, auf welcher das NRW entsprechend den Vorgaben in Bild B.4 befestigt werden kann, so dass der Massenstrom durch das NRW bestimmt werden kann, und einer Seitenwindsimulationsanlage, mit welchem das NRW mit Seitenwind beaufschlagt werden kann. Die Zuströmung zum NRW in der Beruhigungskammer muss stationär und gleichmäßig sein.

Dies wird erreicht, wenn das Verhältnis der geometrischen Fläche des NRW zur horizontalen Querschnittsfläche der Beruhigungskammer $A_p/A_{sc} \leq 0,15$ beträgt und die in dem offenen Loch (ohne NRW) an den in Bild B.6 angegebenen Punkten gemessene Geschwindigkeitsverteilung (V_{sc}) um höchstens $\pm 10\%$ von der mittleren Geschwindigkeit $V_{m,sc}$ in der Beruhigungskammer abweicht.

Um bei den Seitenwinduntersuchungen einen gleichmäßigen Seitenwind sicherzustellen, sind die Versuche in Seitenwindsimulationsanlagen durchzuführen, die den folgenden Randbedingungen genügen:

Freistrahl-Versuchsanlage

— $A_{pr}/A_n \leq 0,3$

— $H_n/H_v \geq 1,3$

— $B_n/B_v \geq 1,5$

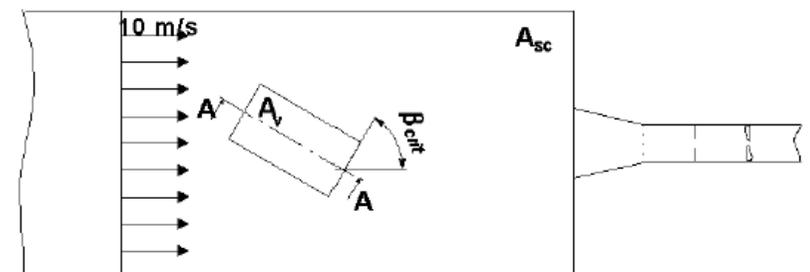
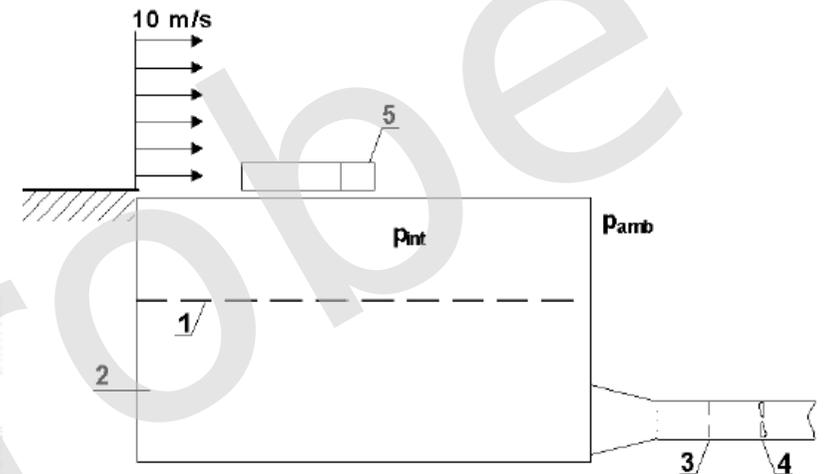
— keine der an den in Bild B.5 angegebenen Punkten in der Eintrittsebene zur Messstrecke, sowohl in Freistrahl-Versuchsanlagen als auch bei Versuchsanlagen mit geschlossener Messstrecke, gemessenen Geschwindigkeiten weicht um mehr als $\pm 10\%$ von der mittleren Düsendurchschnittsgeschwindigkeit V_n ab.

Versuchsanlage mit geschlossener Messstrecke

— $A_{pr}/A_n \leq 0,08$

— $H_n/H_v \geq 3$

— $B_n/B_v \geq 2$



Legende

- 1 Drahtgeflecht
- 2 Beruhigungskammer
- 3 Volumenstrommessung
- 4 Gebläse
- 5 natürliches Rauch- und Wärmeabzugsgerät

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Abmessungen NRW:

geometrische Geräteöffnungsweite:

$$B_{v,min} = 500mm \text{ bis } B_{v,max} = 4000mm$$

geometrische Geräteöffnungslänge:

$$L_{v,min} = 500mm \text{ bis } L_{v,max} = 4000mm$$

Aufsetzkranzhöhe:

$$H_{Ak,min} = 250mm \text{ bis } H_{Ak,max} = 1000mm$$

aufgestellte Haubenhöhe:

$$H_{H,min} = 0mm \text{ bis } H_{H,max} = 2000mm$$

Gerätehöhe aus Aufsetzkranz und max. Haubenstellung:

$$H_{v,min} = 250mm \text{ bis } H_{v,max} = 3000mm$$

geometrische Öffnungsfläche des NRW:

$$A_v = B_v \cdot L_v$$

$$A_{v,min} = B_{v,min} \cdot L_{v,min} = 0,25m^2$$

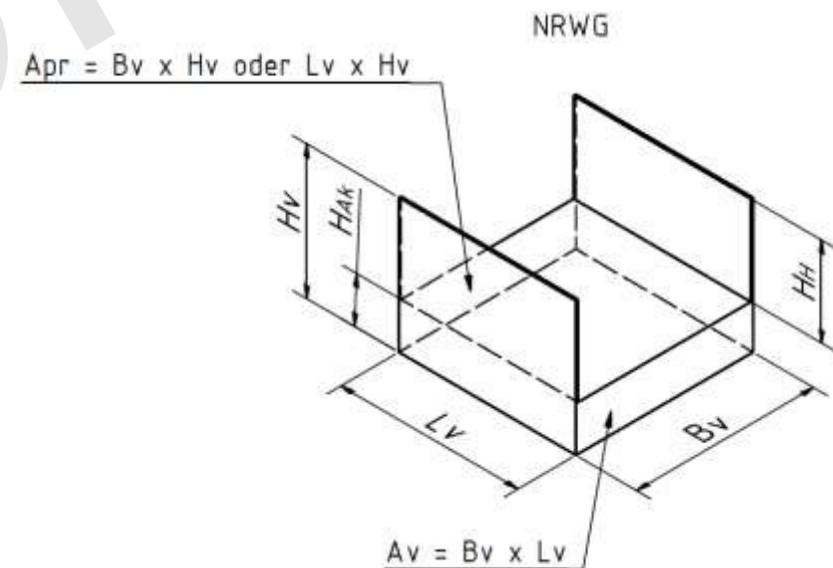
$$A_{v,max} = B_{v,max} \cdot L_{v,max} = 16m^2$$

Projektionsfläche des NRW bei Seitenwind:

$$A_{pr} = B_v \cdot H_v \text{ oder } L_v \cdot H_v$$

$$A_{pr,min} = B_{v,min} \cdot H_{v,min} \text{ oder } L_{v,min} \cdot H_{v,min} = 0,125m^2$$

$$A_{pr,max} = B_{v,max} \cdot H_{v,max} \text{ oder } L_{v,max} \cdot H_{v,max} = 12m^2$$



Abmessungen Prüfstand nach EN 12101-2:

Als Grundlage für die Abmessungen des simulierten Prüfstandes, werden die größten NRW Abmaße betrachtet.

Beruhigungskammer:

$$\frac{A_v}{A_{sc}} \leq 0,15$$

A_v geometrische Öffnungsfläche des NRW, Geräteeintrittsöffnung oder Dachöffnung (ventilator, geometric area)

A_{sc} horizontale Querschnittsfläche der Beruhigungskammer (settling chamber, horizontal cross section)

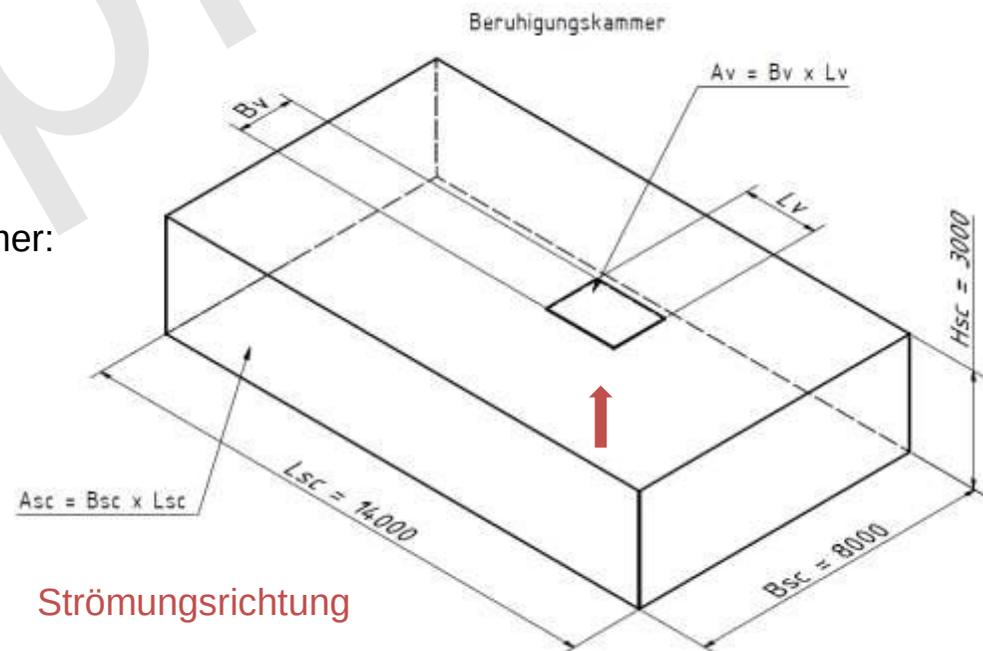
gewählte Abmessungen der Beruhigungskammer:

$$B_{sc} = 8m \quad L_{sc} = 14m \quad H_{sc} = 3m$$

horizontale Querschnittsfläche der Beruhigungskammer:

$$A_{sc} = B_{sc} \cdot L_{sc} = 112m^2$$

$$\frac{A_{v,max}}{A_{sc}} = \frac{16m^2}{112m^2} = 0,143 \leq 0,15$$



CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Abmessungen Prüfstand nach EN 12101-2:

Als Grundlage für die Abmessungen des simulierten Prüfstandes, werden die größten NRW Abmaße betrachtet.

Seitenwindsimulationsanlage (Freistrahls-Versuchsanlage):

$$\frac{A_{pr}}{A_n} \leq 0,3$$

A_{pr} Projektionsfläche des NRW bei Seitenwindbeaufschlagung (projection, area for side wind flow)

A_n Düsenaustrittsfläche (Freistrahls-Versuchsanlage) (nozzle, exit area)

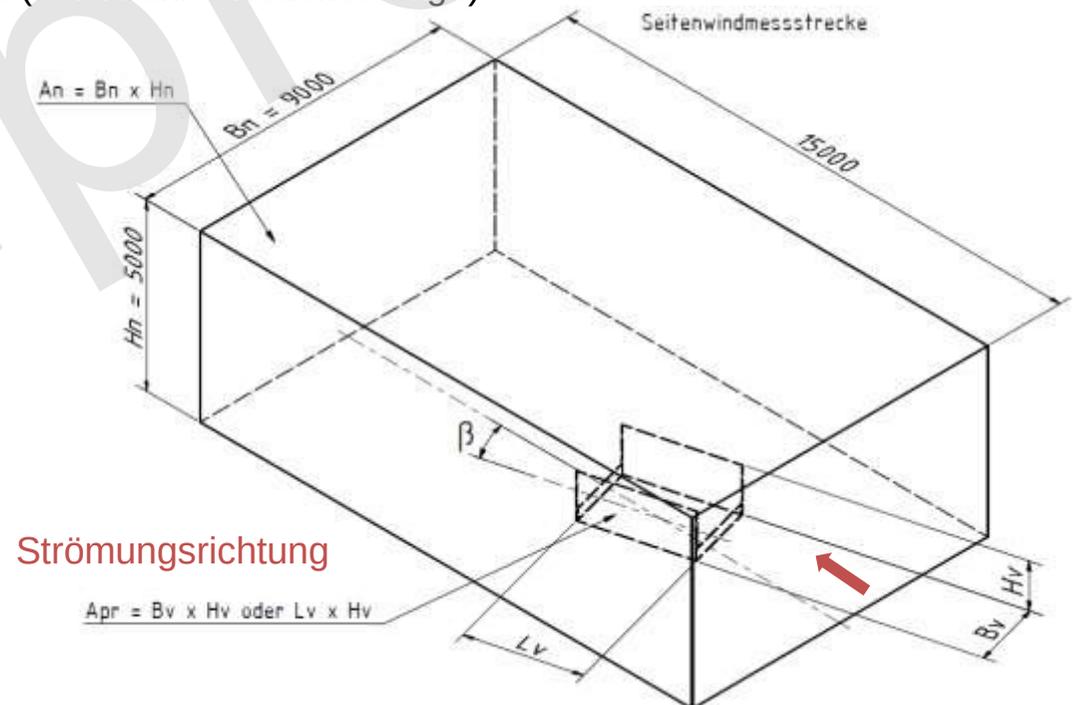
gewählte Abmessungen der Seitenwindsimulation:

$$B_n = 9m \quad L_n = 15m \quad H_n = 5m$$

Messstreckeneintrittsfläche:

$$A_n = B_n \cdot H_n = 45m^2$$

$$\frac{A_{pr,max}}{A_n} = \frac{12m^2}{45m^2} = 0,267 \leq 0,3$$



CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Abmessungen Prüfstand nach EN 12101-2:

Als Grundlage für die Abmessungen des simulierten Prüfstandes, werden die größten NRW Abmaße betrachtet.

Seitenwindsimulationsanlage (Freistrahls-Versuchsanlage):

$$\frac{H_n}{H_v} \geq 1,3$$

H_n Höhe der Messstrecke im Windkanal
(nozzle, height of exit area)

H_v maximale Höhe des NRW in Funktionsstellung
(ventilator, maximum height)

$$\frac{B_n}{B_v} \geq 1,5$$

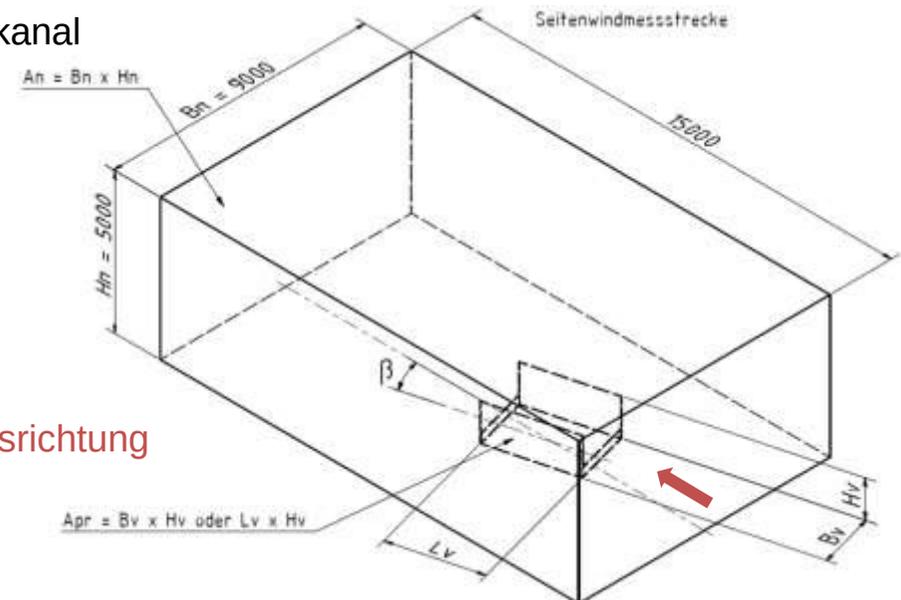
B_n Breite der Messstrecke im Windkanal
(nozzle, width of exit area)

B_v maximale Breite des NRW
(ventilator, maximum width)

geometrische Abhängigkeiten nach gewählten Abmessungen:

$$\frac{H_n}{H_{v,max}} = \frac{5m}{3m} = 1,67 \geq 1,3$$

$$\frac{B_n}{B_{v,max}} = \frac{9m}{4m} = 2,25 \geq 1,5$$

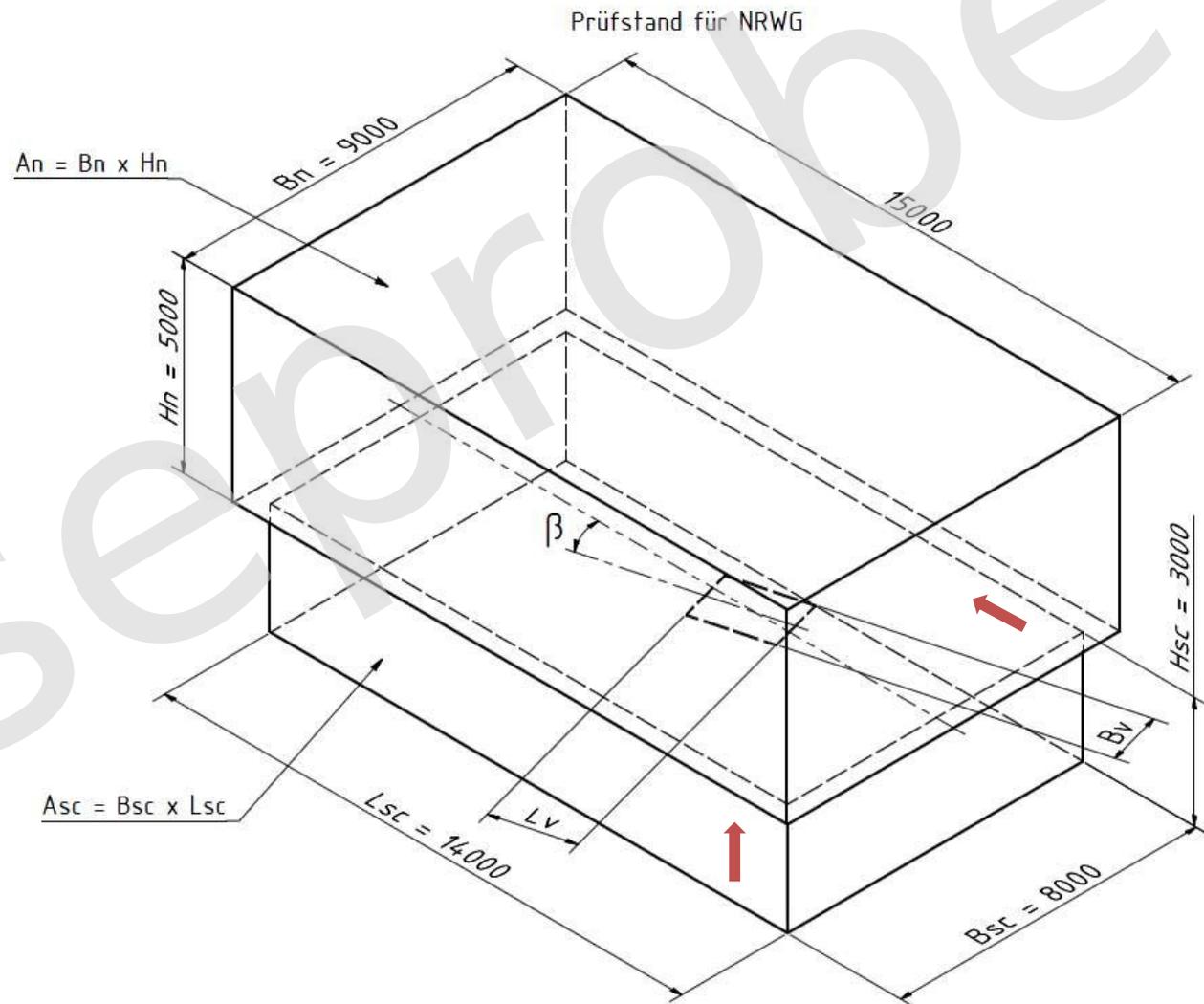


CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Abmessungen Prüfstand für CFD – Simulation:

Darstellung bestehend aus:

- Beruhigungskammer
- Freistrah Versuchsanlage



Randbedingung im Prüfstand nach EN 12101-2:

Die EN 12101-2 beschreibt die Seitenwindgeschwindigkeit und die statischen Drücke, die während der Messung einzuhalten sind.

Cvo – Wert (Durchflussbeiwert ohne Seitenwind)

Statischer Druck in der Beruhigungskammer: $\Delta p_{nt} = 3Pa \text{ bis } 12Pa$

Cvw – Wert (Durchflussbeiwert mit Seitenwind)

Statischer Druck in der Beruhigungskammer: $\Delta p_{nt} = 0,005 \cdot p_d \text{ bis } 0,15 \cdot p_d = 0,3Pa \text{ bis } 9Pa$

$$p_d = 0,5 \cdot \rho_{Air} \cdot V_n^2$$

$$p_d = 0,5 \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(10 \frac{m}{s}\right)^2 = 60Pa$$

$$V_n = 10m/s$$

Düsenaustrittsgeschwindigkeit

$$\rho_{Air} = 1,2kg/m^3$$

Dichte der Luft bei 20°C

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulationsreihe zur Einschätzung der Eingangsparameter:

Für die Simulation wurde eine Testreihe erstellt, um die Strömungsgeschwindigkeiten an der geometrischen Öffnungsfläche zu bestimmen, während sich der statische Druck aufbaut.

Die Testreihe wird an der freien Öffnung der Beruhigungskammer durchgeführt (ohne NRW).

	1	2	3	4	5	6	7	8
Länge Geräteöffnung L [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Breite Geräteöffnung B [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
geometrische Öffnungsfläche A_v [m ²]	0,25	1	2,25	4	6,25	9	12,25	16
Strömungsgeschwindigkeit am Einlass V_{sc} [m/s]	0,004	0,018	0,040	0,071	0,112	0,161	0,219	0,286
Grundfläche Beruhigungskammer A_{sc} [m ²]	112	112	112	112	112	112	112	112
Volumenstrom am Einlass V_{sc} [m ³ /s]	0,5	2,0	4,5	8,0	12,5	18,0	24,5	32,0
Dichte der Luft bei 20°C ρ_{Air} [kg/m ³]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Massenstrom am Einlass m_{ing} [kg/s]	0,6	2,4	5,4	9,6	15,0	21,6	29,4	38,4
Strömungsgeschw. an geometrischer Öffnung V_v [m/s]	2	2	2	2	2	2	2	2
Statischer Druck Δp_{int} [Pa] nach CFD-Simulation	4,17	4,94	5,49	5,53	5,62	5,76	5,97	6,25

Nach EN 12101-2 soll die experimentelle Messung im Prüfstand bei einem statischen Druck von 3 bis 12 Pa erfolgen. Das NRW stellt bei der Simulation einen Strömungswiderstand dar. Damit vor Beginn der zu erwartende statische Druck abgeschätzt werden kann, wurden zur jeder geometrischen Öffnungsfläche die Strömungsgeschwindigkeit am Einlass angepasst.

Simulationsreihe zur Einschätzung der Eingangsparmeter:

Durch die Versuchsreihen wurde festgestellt, dass eine Strömungsgeschwindigkeit in der geometrischen Öffnung von 2 m/s gute Ergebnisse bringt. Es ergibt sich für die Durchführung folgender Zusammenhang:

$$V_{sc} = V_{sc} \cdot A_{sc} = V_v \cdot A_v$$

Beispiel: Versuchsreihe 1

für: $V_v = 2 \frac{m}{s}$

$$V_{sc} = \frac{V_v \cdot A_v}{A_{sc}} = \frac{\frac{2m}{s} \cdot 0,25m^2}{112m^2} = 0,004 \frac{m}{s}$$

Die für die Simulation benötigte Zeit zur Stabilisierung des Druckverlaufs war < 5s.

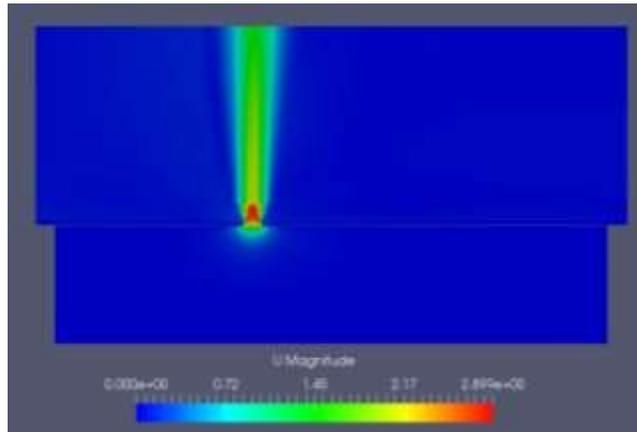
Als Startbedingungen werden die ermittelten Werte aus der Versuchsreihe in die Simulation einfließen.

Für die Simulation wird das Strömungsfeld als stationär, inkompressibel und turbulent betrachtet.
Es wird der Solver – **simpleFoam** - verwendet.

Simulationsreihe zur Einschätzung der Eingangsparmeter:

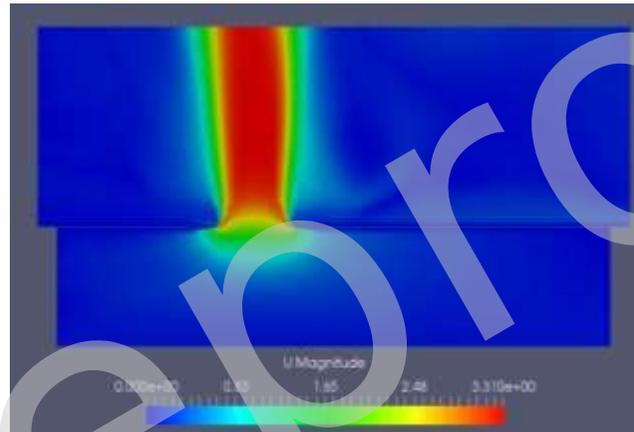
Versuchsreihe 1:

$$A_v = 0,25m^2$$



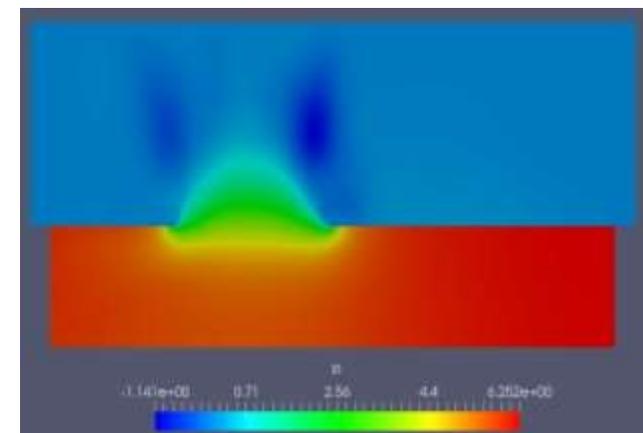
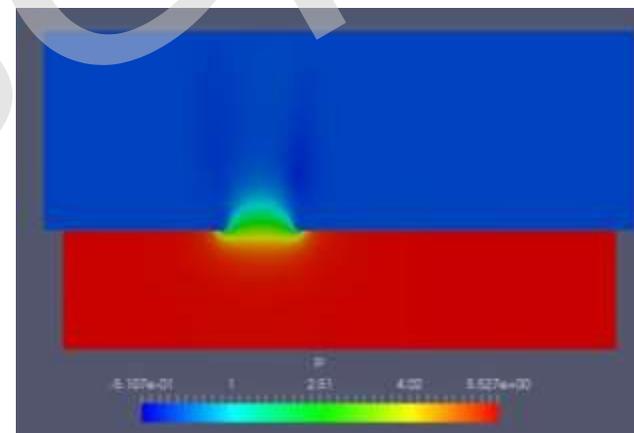
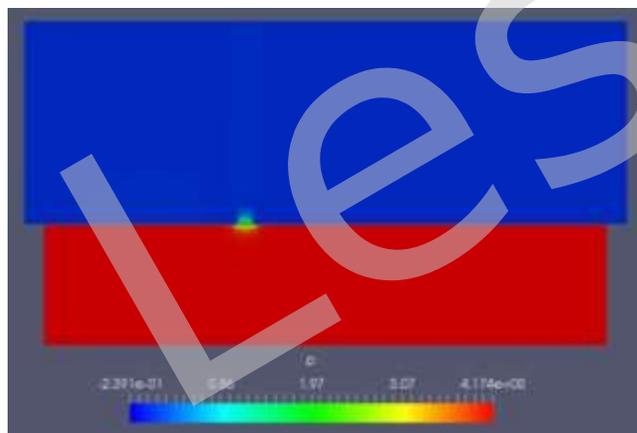
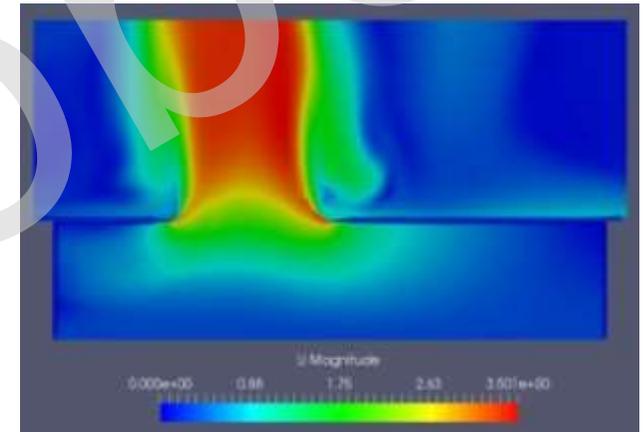
Versuchsreihe 4:

$$A_v = 4,0m^2$$



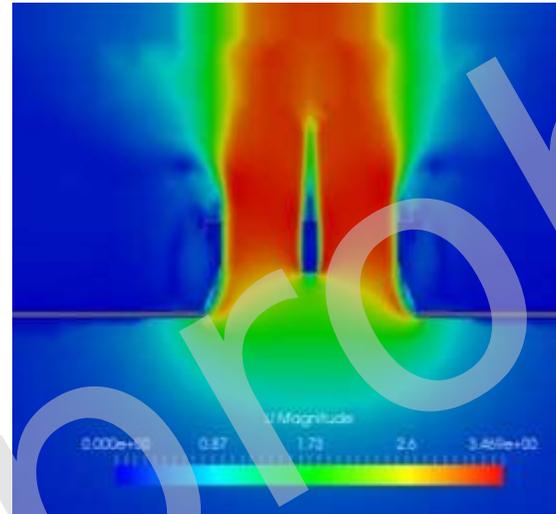
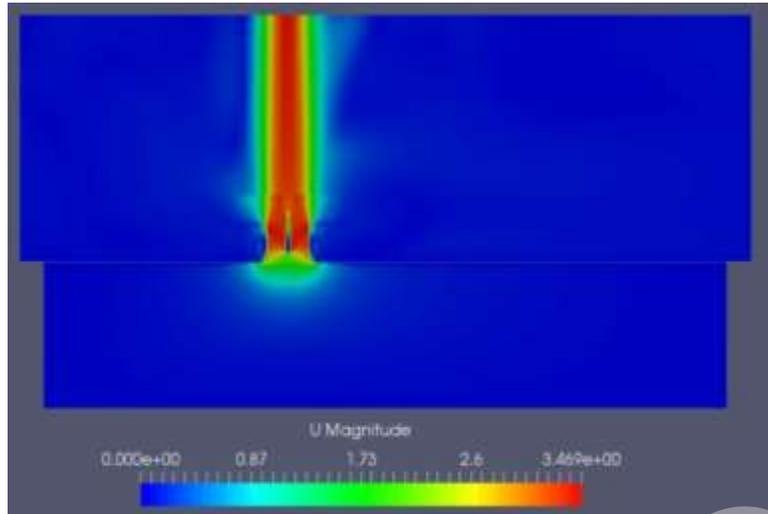
Versuchsreihe 8:

$$A_v = 16,0m^2$$



CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



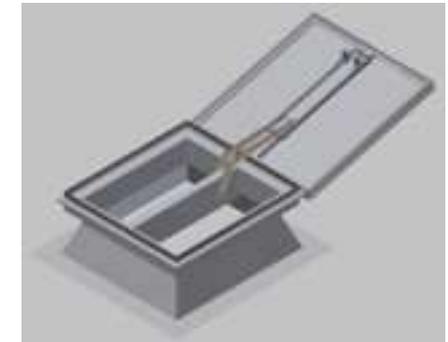
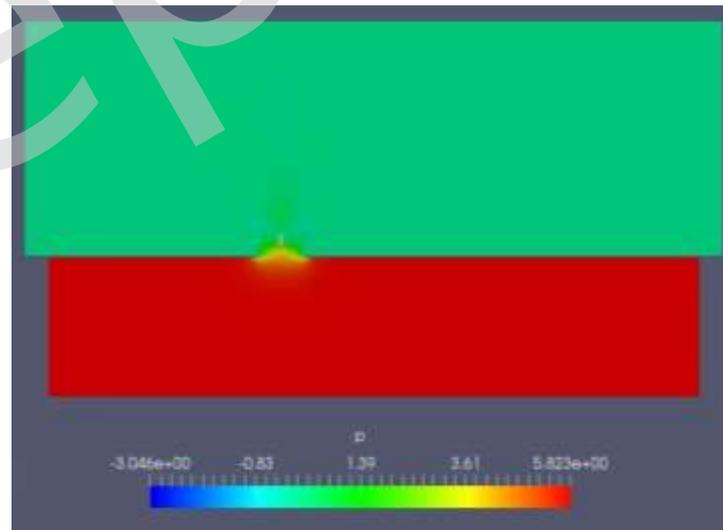
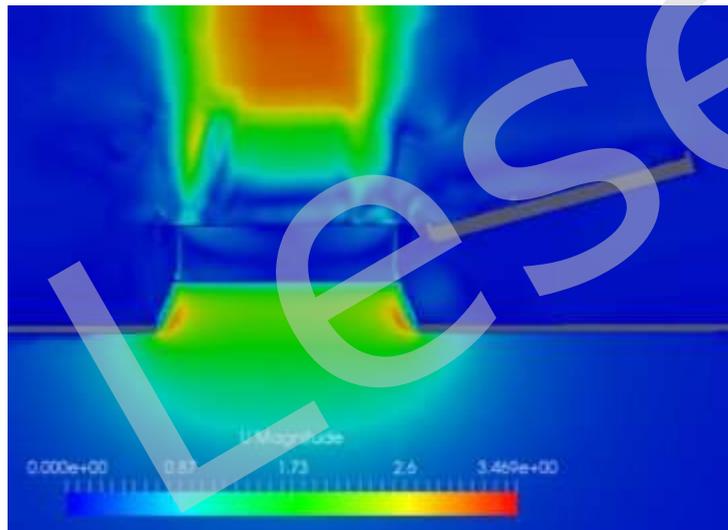
Gerät: nrwgEL01

$$L_v = 1100 \text{ mm}$$

$$B_v = 1200 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,024 \frac{m}{s}$$



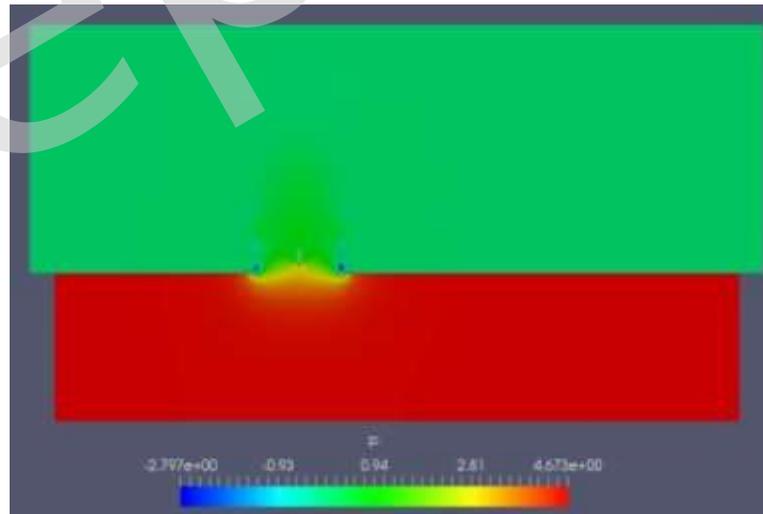
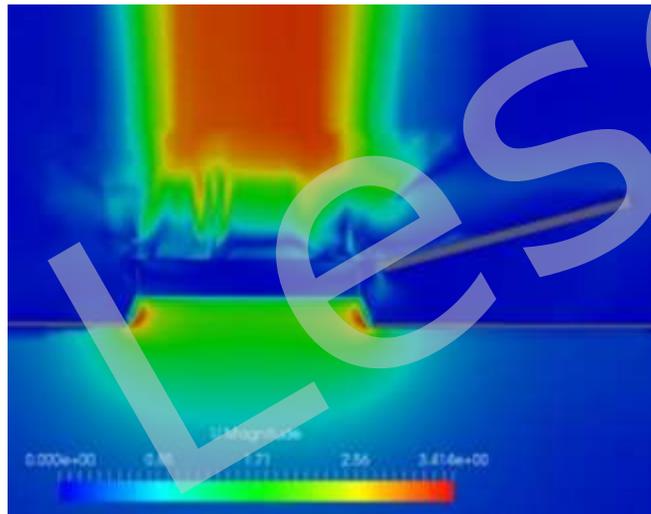
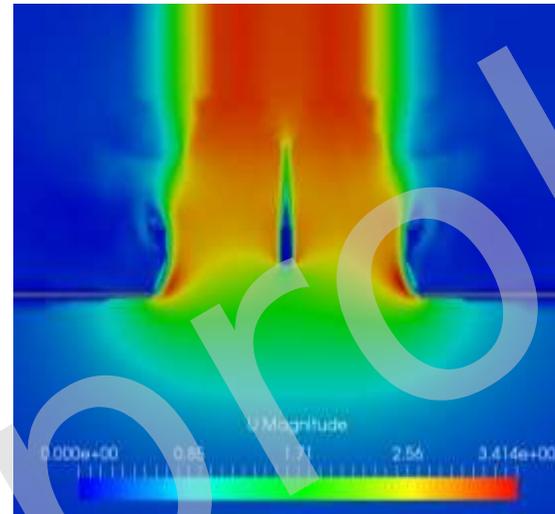
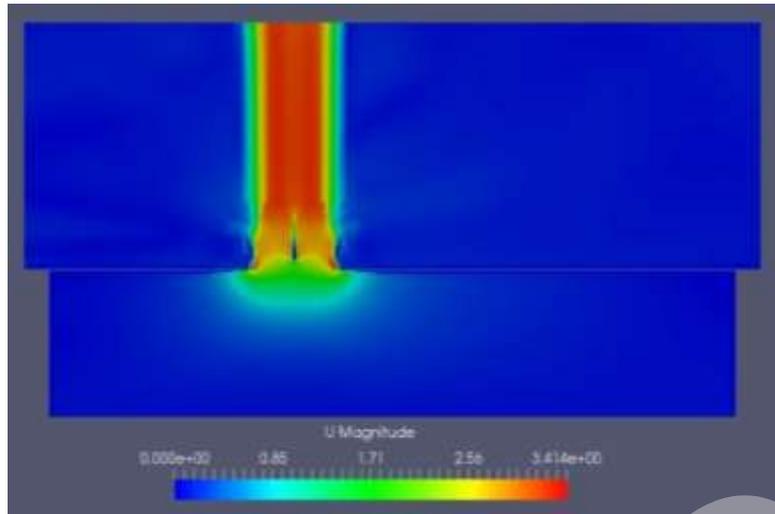
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 5,82 \text{ Pa}$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



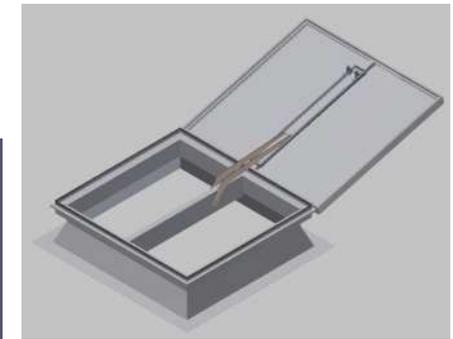
Gerät: nrwgEL02

$$L_v = 1900 \text{ mm}$$

$$B_v = 1800 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,061 \frac{m}{s}$$



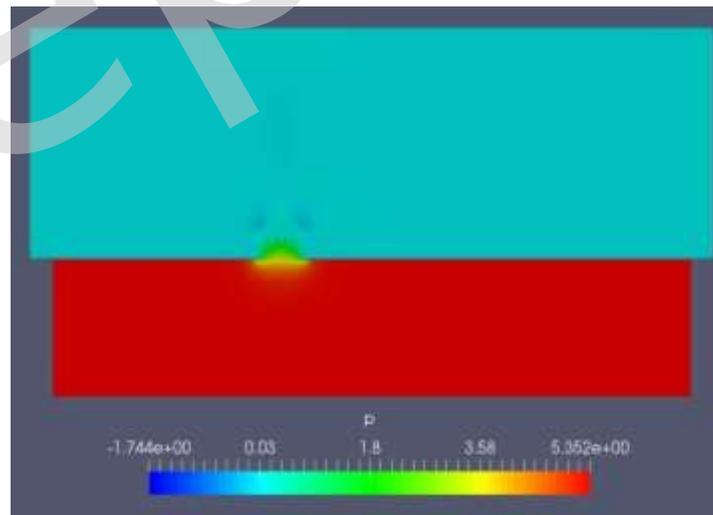
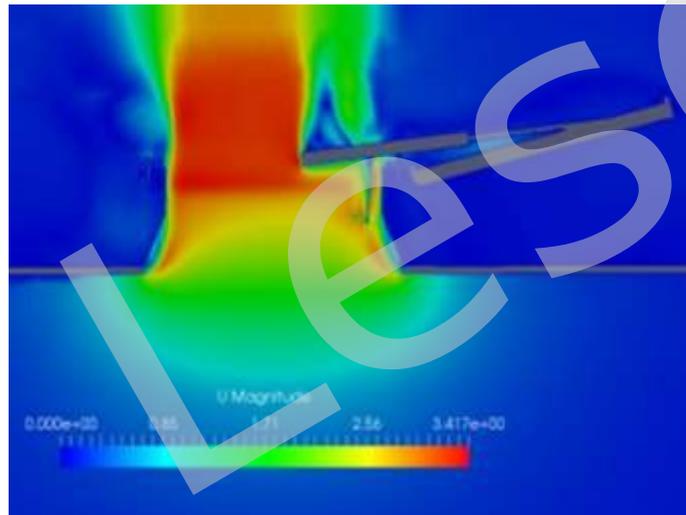
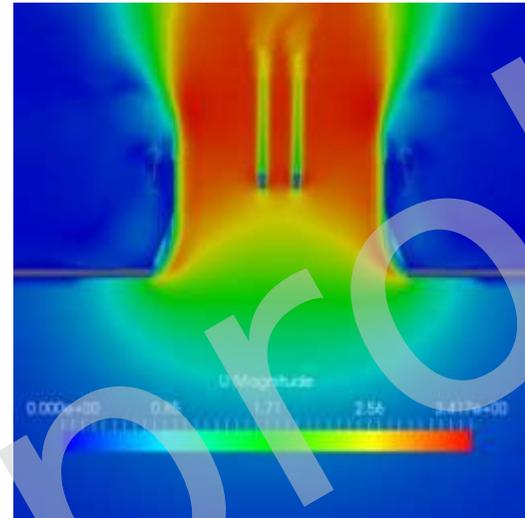
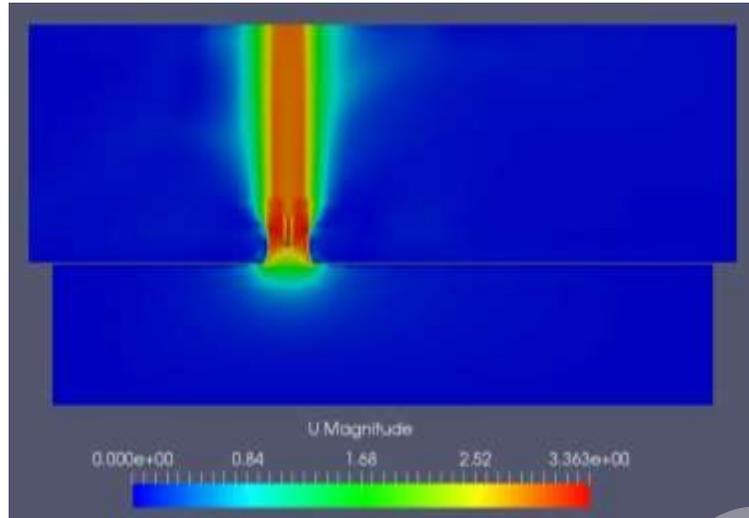
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 4,67 \text{ Pa}$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



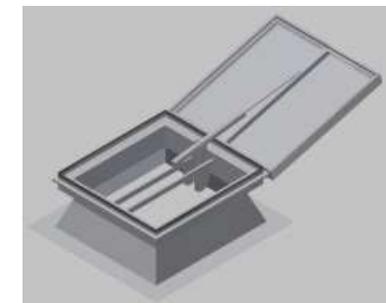
Gerät: nrwgPN01

$$L_v = 1100 \text{ mm}$$

$$B_v = 1200 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,024 \frac{m}{s}$$



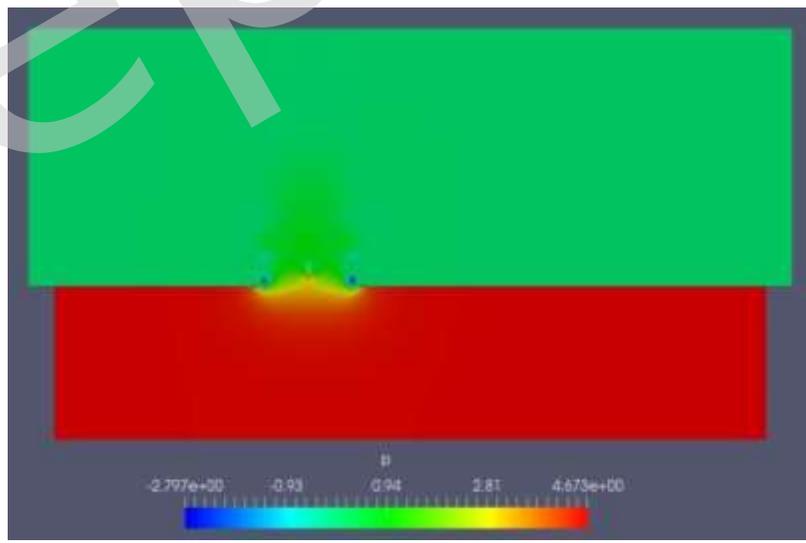
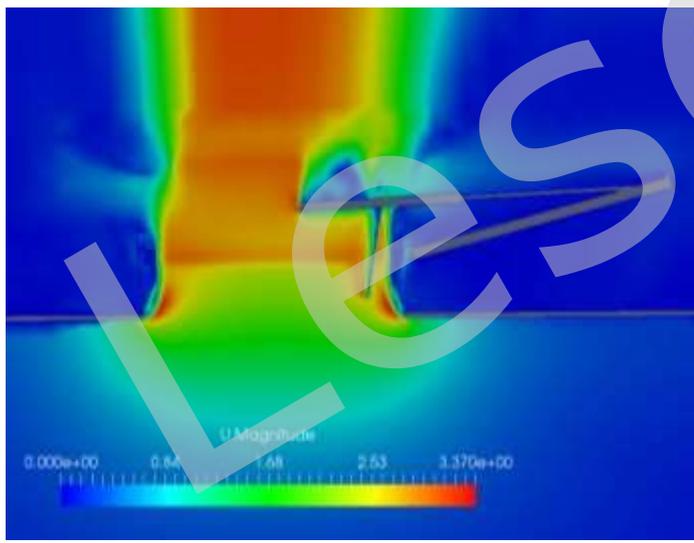
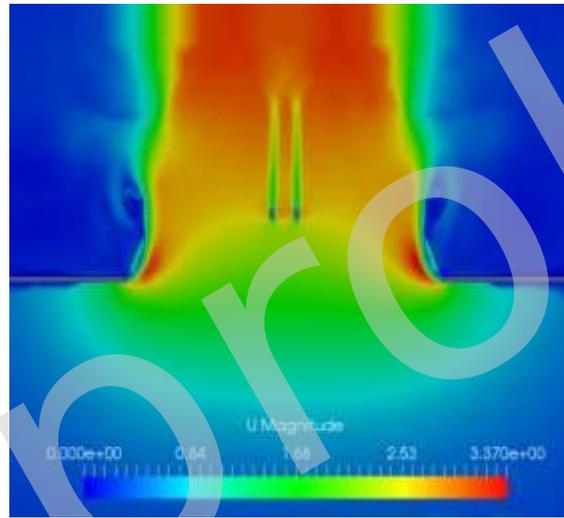
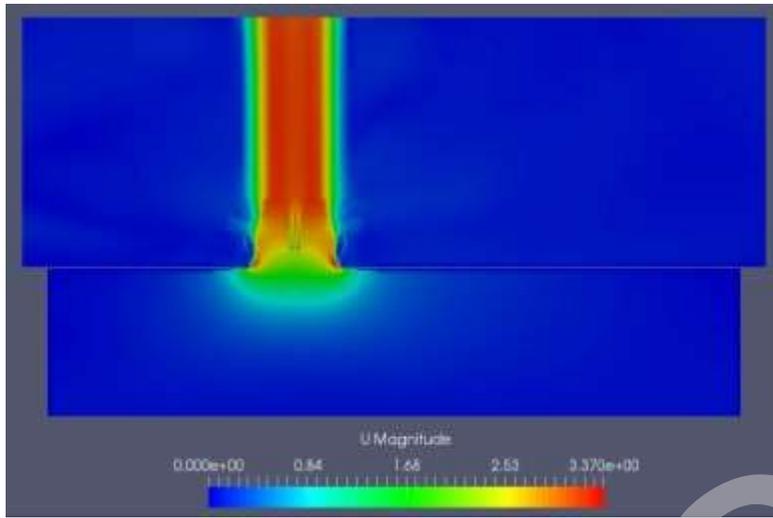
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 5,35 Pa$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



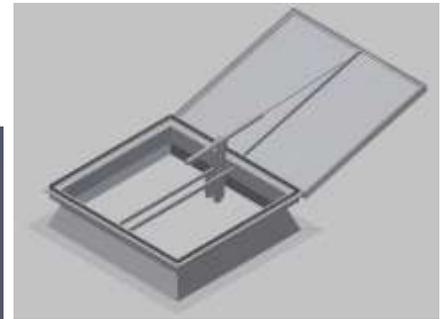
Gerät: nrwgPN02

$$L_v = 1900 \text{ mm}$$

$$B_v = 1800 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,061 \frac{m}{s}$$



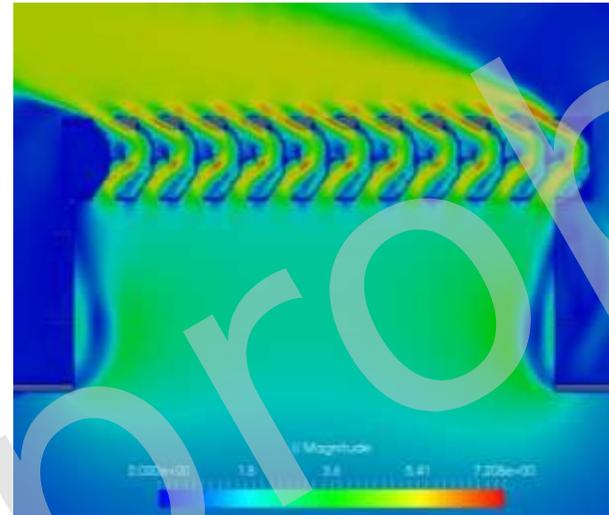
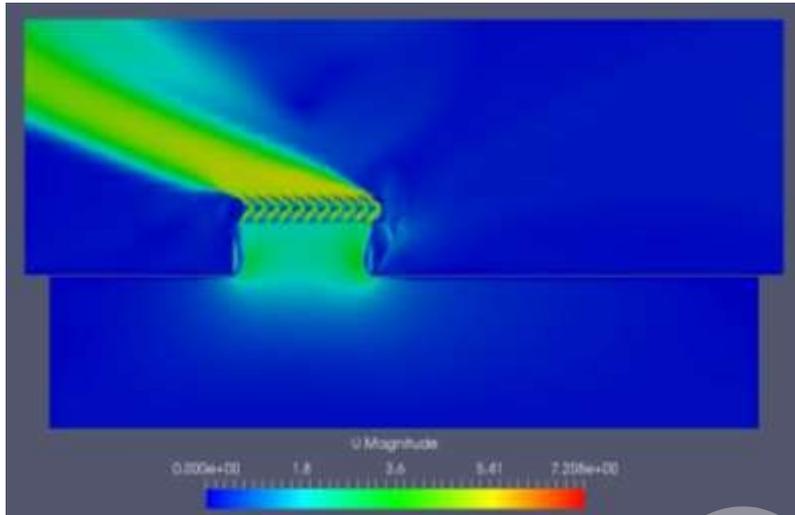
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 4,67 \text{ Pa}$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



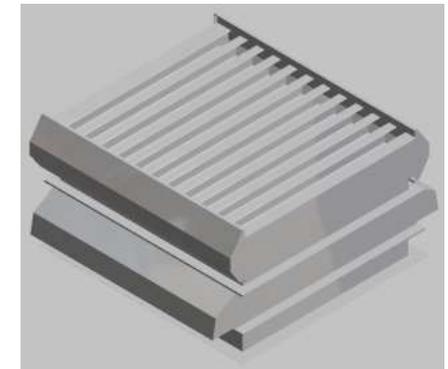
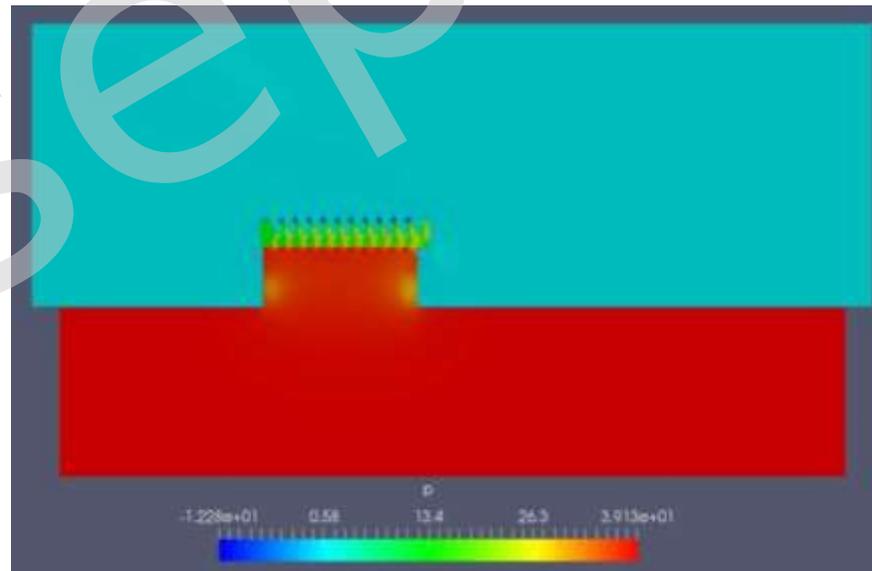
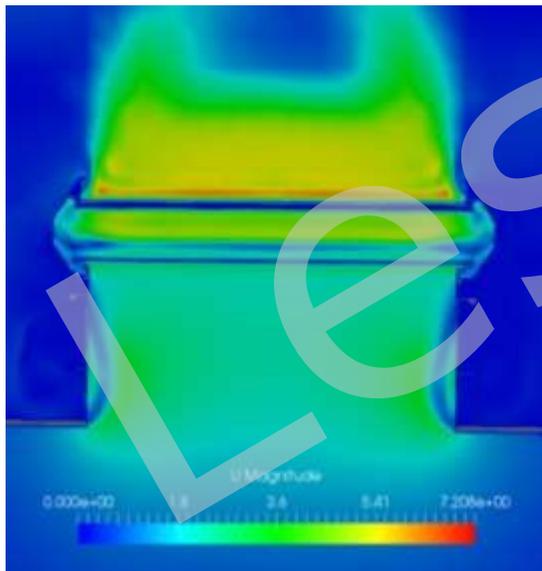
Gerät: nrwgTest01

$$L_v = 2750 \text{ mm}$$

$$B_v = 2500 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,123 \frac{m}{s}$$



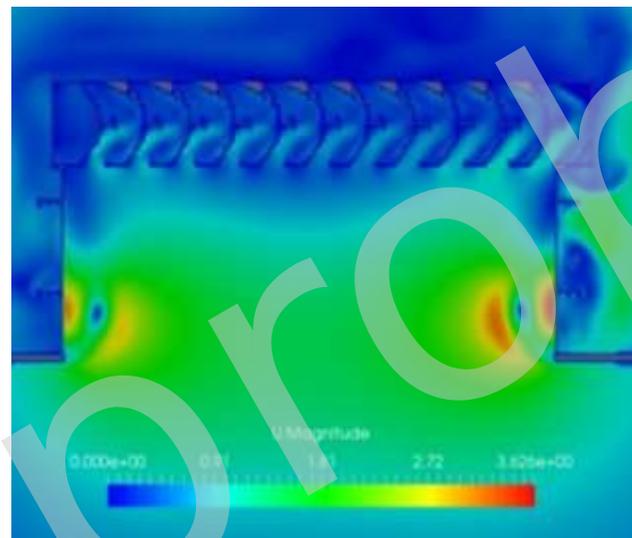
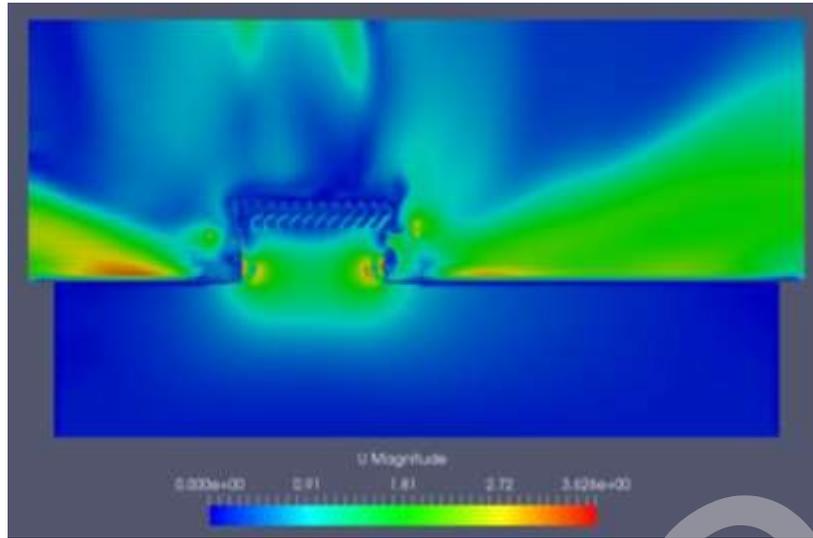
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 39,31 \text{ Pa}$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRWG

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



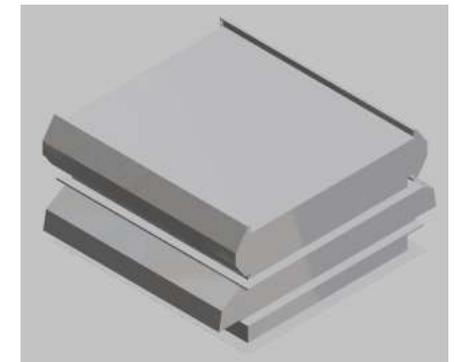
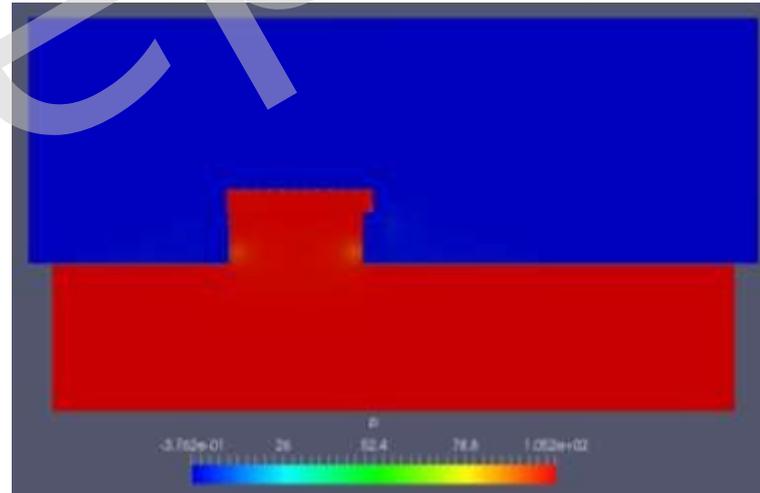
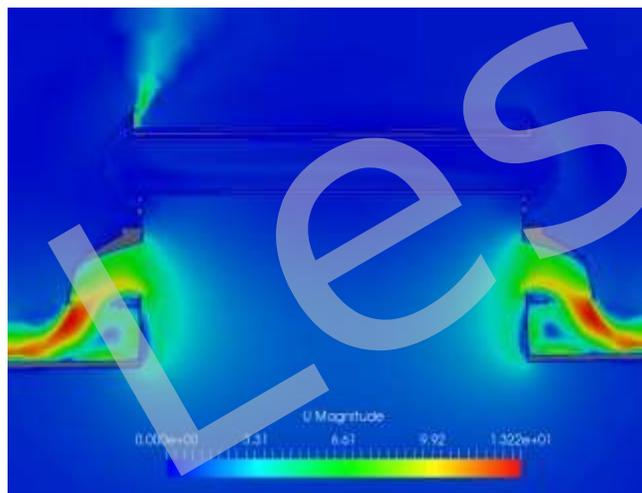
Gerät: nrwgTest02

$$L_v = 2750 \text{ mm}$$

$$B_v = 2500 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,123 \frac{m}{s}$$



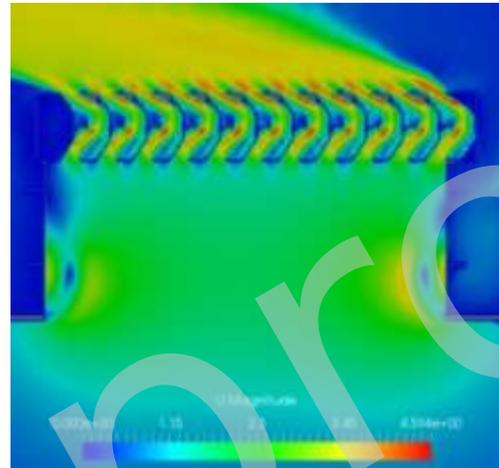
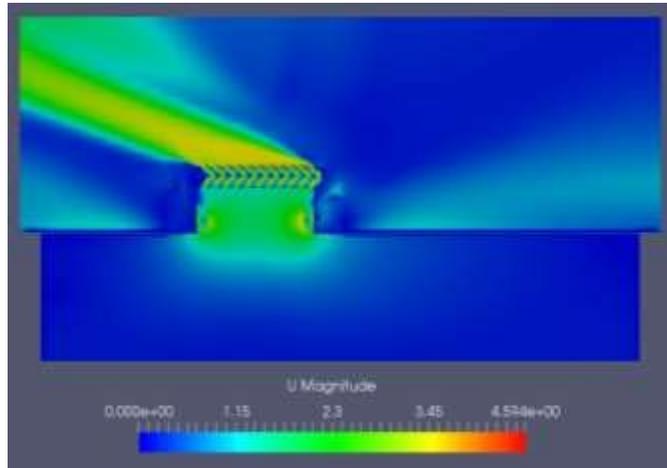
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 105,2 Pa$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



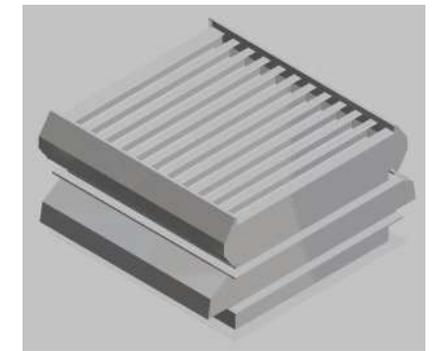
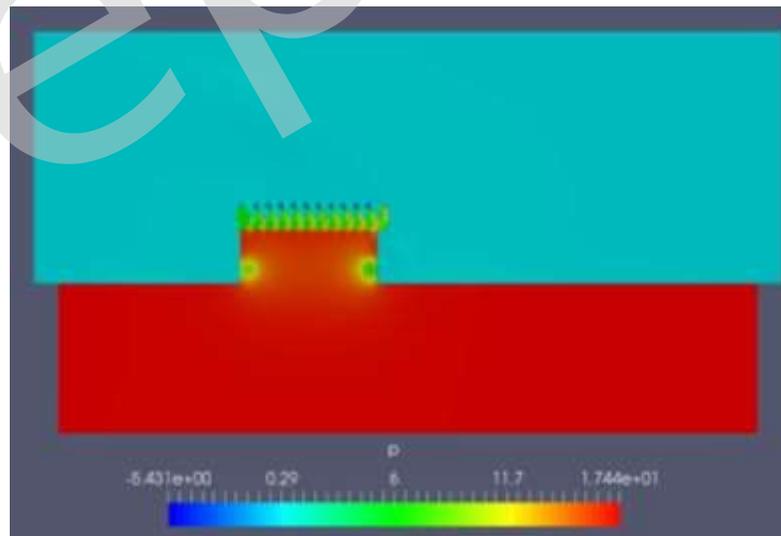
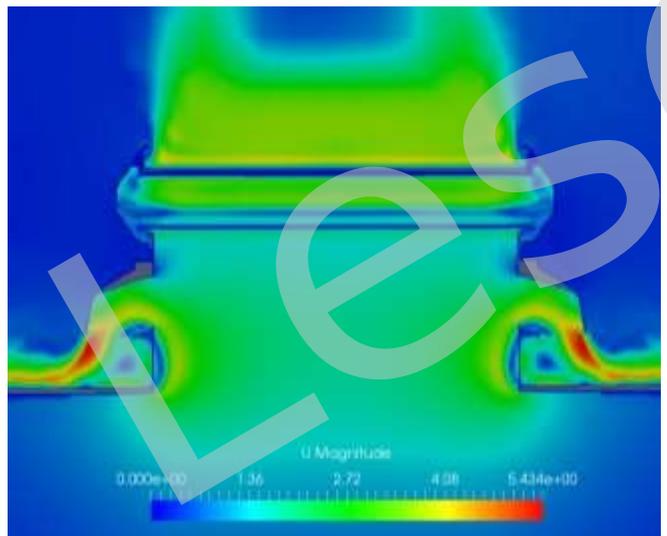
Gerät: nrwgTest03

$$L_v = 2750 \text{ mm}$$

$$B_v = 2500 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,123 \frac{m}{s}$$



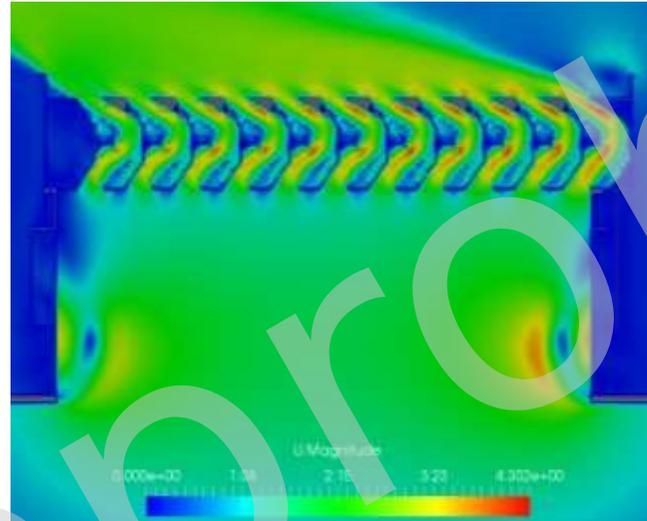
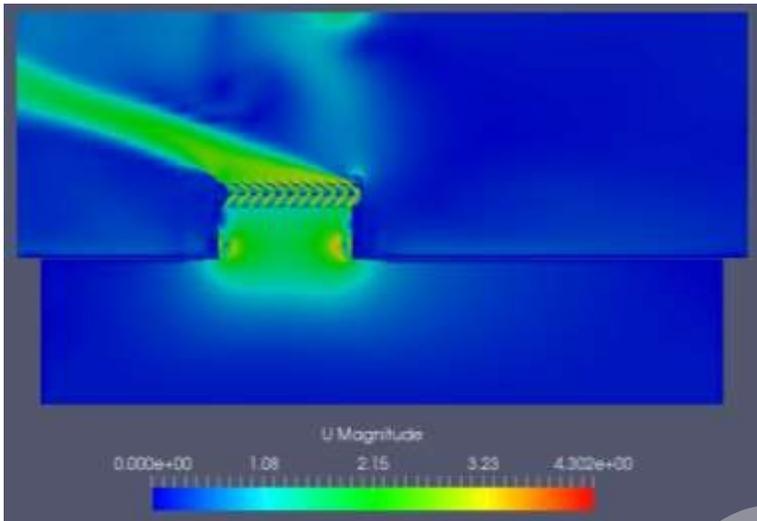
Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 17,44 \text{ Pa}$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Simulation der Aerodynamik zur Ermittlung des Cvo-Wertes:



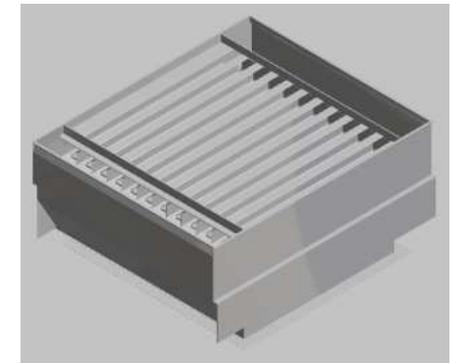
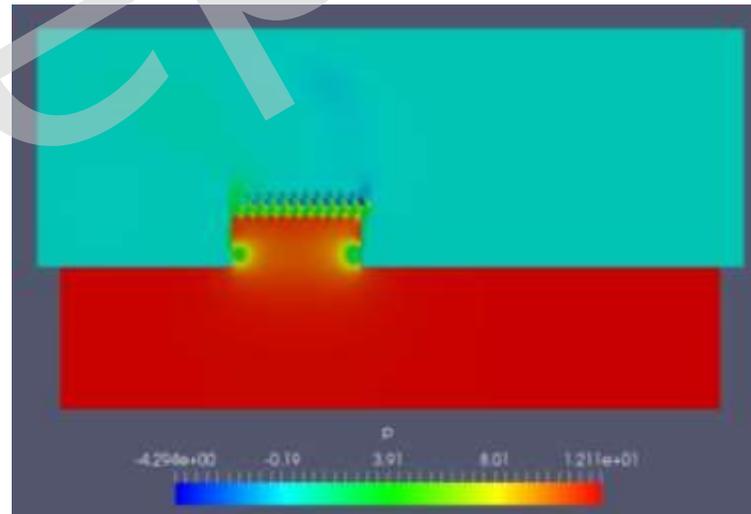
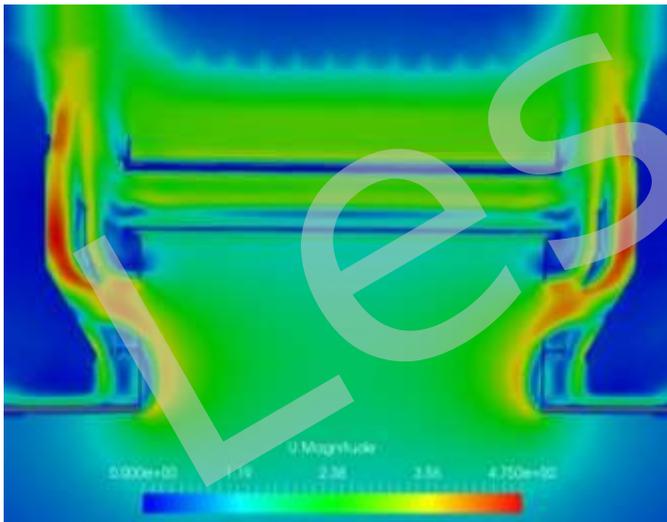
Gerät: nrwgTest04

$$L_v = 2750 \text{ mm}$$

$$B_v = 2500 \text{ mm}$$

Am Kammereinlass U:

$$V_{sc} = 0,123 \frac{m}{s}$$



Ergebnis der Simulation:

statischer Druck p:

$$\Delta p_{nt} = 12,11 \text{ Pa}$$

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Cv-Wert Berechnung:

Aus den ermittelten statischen Drücken lässt sich der Cv-Wert nach folgender Formel aus der EN 12101-2 berechnen.

Cvo-Wert (ohne Seitenwind):

$$C_{vo} = \frac{m_{ing}}{A_v \cdot \sqrt{2} \cdot \rho_{Air} \cdot \Delta p_{nt}}$$

m_{ing} Massenstrom am Einlass der Beruhigungskammer

A_v Geometrische Öffnungsfläche des Gerätes

ρ_{Air} Dichte der Luft

Δp_{nt} Statischer Druck in der Beruhigungskammer

Cvw-Wert (mit Seitenwind):

$$C_{vw} = \frac{m_{ing}}{A_v \cdot \sqrt{2} \cdot \rho_{Air} \cdot \Delta p_{nt}}$$

Der geringere der beiden Werte ist der Cv-Wert des NRW.

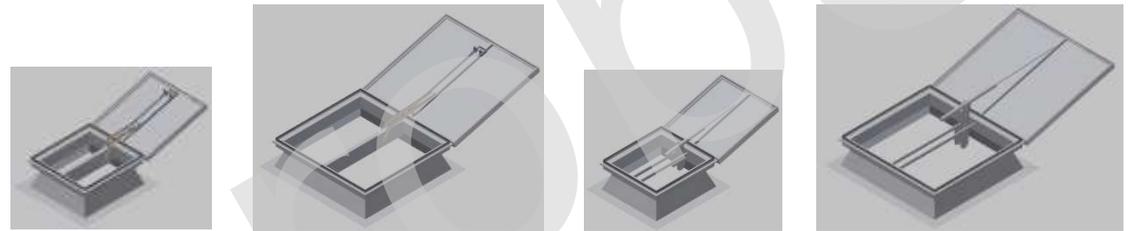
Bei der Auswertung der Simulationsergebnisse ist zu überprüfen, ob die Vorgaben aus der Norm EN 12101-2 eingehalten wurden. Die Geometriedaten sind auf die max. Größe des NRW angepasst, aber der statische Druck der sich während des Ablaufs einstellt, könnte bei starker Versprossung (großer Strömungswiderstand) außerhalb der vorgegebenen statischen Druckwerte liegen. Eine manuelle Anpassung der Strömungsgeschwindigkeit am Einlass der Beruhigungskammer muss erfolgen.

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Vergleiche der C_{vo} -Werte (ohne Seitenwind):

elektrische Ausführung

pneumatische Ausführung

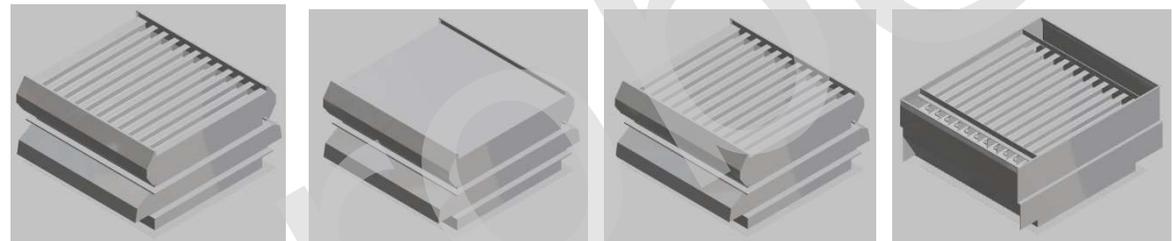


	nrwgEL01_1100_1200	nrwgEL02_1900_1800	nrwgPN01_1100_1200	nrwgPN02_1900_1800
geometrische Öffnungsfläche A_v [m ²]	1,32	3,42	1,32	3,42
Volumenstrom am Einlass V_{sc} [m ³ /s]	2,64	6,84	2,64	6,84
Dichte der Luft bei 20°C ρ_{Air} [kg/m ³]	1,2	1,2	1,2	1,2
Massenstrom am Einlass m_{ing} [kg/s]	3,2	8,2	3,2	8,2
Statischer Druck Δp_{int} [Pa] nach CFD-Simulation	5,82	4,67	5,35	4,67
Ermittelter C_{vo} [-] – Wert nach CFD-Daten	0,64	0,72	0,67	0,72
Gemessener C_{vo} [-] – Wert nach Prüfinstitut	0,59	0,67	0,62	0,68

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Vergleiche der C_{vo} -Werte (ohne Seitenwind):

unterschiedliche Stellungen der Geräteöffnungen



Lüfter offen
Innenklappen zu

Lüfter zu
Innenklappen offen

Lüfter offen
Innenklappen offen

Lüfter offen
Innenklappen offen
mit Windleitblechen

	nrwgTest01_2750_2500	nrwgTest02_2750_2500	nrwgTest03_2750_2500	nrwgTest04_2750_2500
geometrische Öffnungsfläche A_v [m ²]	6,875	6,875	6,875	6,875
Volumenstrom am Einlass V_{sc} [m ³ /s]	13,75	13,75	13,75	13,75
Dichte der Luft bei 20°C ρ_{Air} [kg/m ³]	1,2	1,2	1,2	1,2
Massenstrom am Einlass m_{ing} [kg/s]	16,5	16,5	16,5	16,5
Statischer Druck Δp_{int} [Pa] nach CFD-Simulation	39,31*	105,2*	17,44*	12,11*
Ermittelter C_{vo} [-] – Wert nach CFD-Daten	0,25	0,15	0,37	0,45
Gemessener C_{vo} [-] – Wert nach Prüfinstitut	0,22	0,13	0,33	0,38

* Die ermittelten Werte liegen außerhalb der Normangabe

CFD – Simulation zur Bewertung der Aerodynamik von NRW

Fazit:

Die aerodynamische Prüfung nach EN 12101-2, Anhang B dient der Klassifizierung der Geräte und darf nur von akkreditierten Instituten durchgeführt werden.

Die Ermittlung des C_v -Wertes auf Grundlage einer CFD-Studie ist für die Geräteklassifizierung in naher Zukunft nicht in Sicht. Die Eingangsparameter und der individuelle Einsatz von Software ist untereinander schwer vergleichbar.

Die über die CFD-Studie gewonnenen C_{v0} -Werte bilden die Realität gut ab. Anhand der Strömungsfelder lassen sich Schwachstellen an den Geräten erkennen. Die erhaltenen Kenntnisse können helfen, die Konstruktion der Geräte zu optimieren.

Bei zukünftigen CFD-Studien können für die Ermittlung der C_v -Werte die Referenzmodelle der neuen in der Entwurfsphase stehenden Norm EN 12101-2 hilfreich sein. Eine Anpassung bzw. Normierung der Simulationsergebnisse zu den bekannten Referenzwerten kann zu einer aussagekräftigen Bewertung führen.