

Fachgruppe Bauphysik

Kaltluftabfall in der Praxis

Stephan Huber

dipl. Architekt FH, Energie-Ing. NDS/HTL

Fachgruppenleiter Bauphysik

28. November 2017



Merkblatt Kaltluftabfall in der Praxis

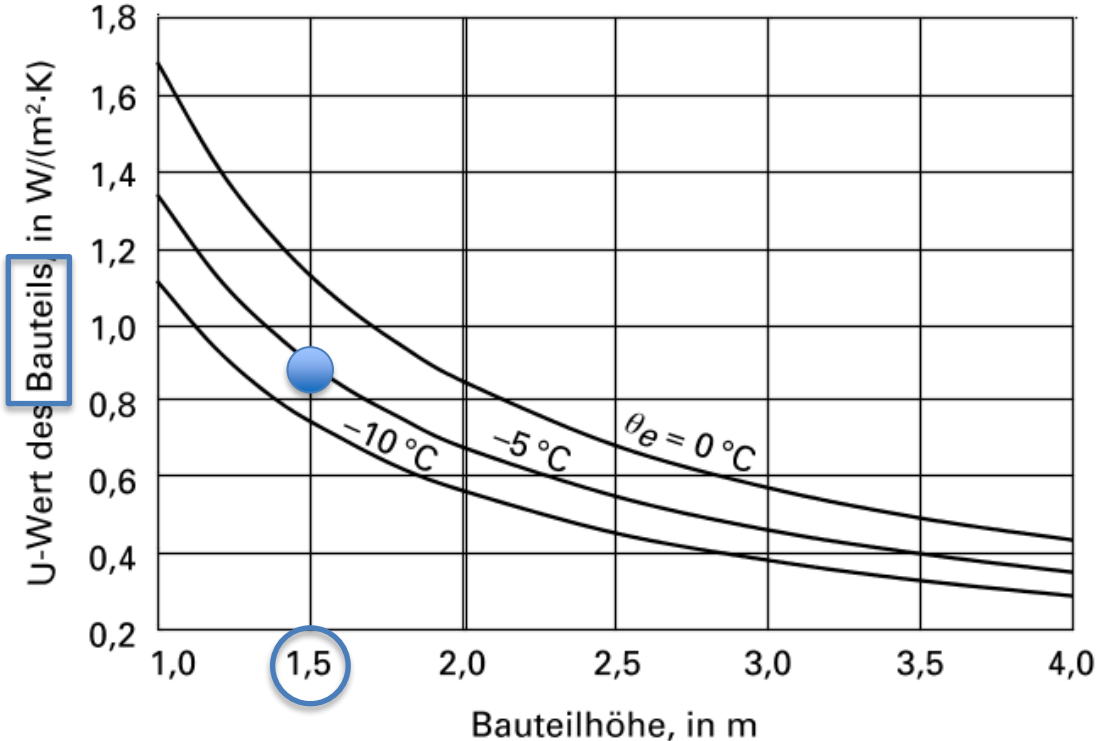
Wieso ein Merkblatt?

- Neue SIA 180:2014 führt zu Bemessungsergebnissen grosser Variation und hat bei der Anwendung in der Praxis zu Unsicherheiten bei den Planern geführt (z.B. Figur 15).

Wieso ein Merkblatt?

Figur 15 Beispiel maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} eines Bauteils in Abhängigkeit der Bauteilhöhe H zur Vermeidung von Behaglichkeitsproblemen durch Kaltluftabfall ohne weitere Massnahmen; für einen Raum mit internen Wärmelasten; nicht gültig für über Eck verglaste Räume.

Randbedingungen: $\theta_i = 21\text{ }^\circ\text{C}$, $I_s = 0\text{ W/m}^2$, $D_R = 15\%$, $T_u = 50\%$, Abstand 1 m

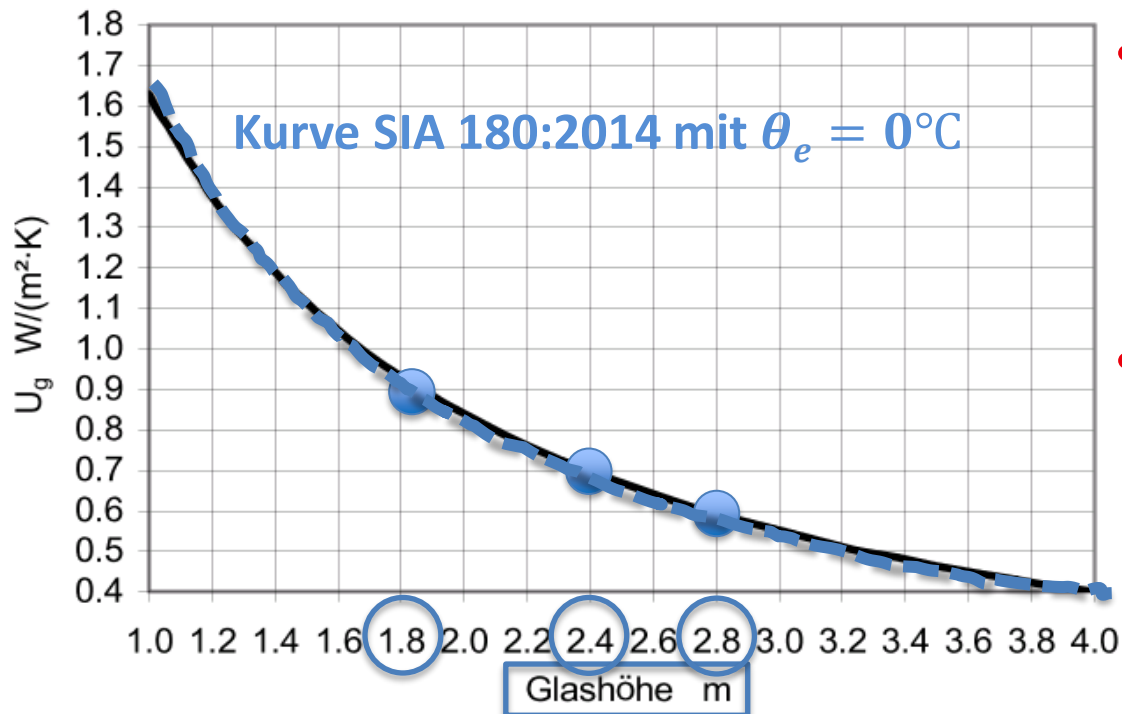


- Was ist mit Bauteil gemeint?
- Darf ein Fenster mit U_w $0.9\text{ W/m}^2\text{K}$ bei $-5\text{ }^\circ\text{C}$ nur 1.5m hoch sein?
- Welche der 3 Kurven gilt?

Figur 15 aus SIA 180:2014

Wieso ein Merkblatt?

Figur 4 Maximal zulässiger **Glas-U-Wert U_g** in Abhängigkeit der Glashöhe zur Vermeidung von Komfortproblemen bei Kaltluftabfall



- Bis zur Revision der SIA 180:2014 waren z.B. mit Standardgläser raumhohe Fenster möglich.
- Die Kurve galt bis -8°C

Verschiedene Publikationen dieser Kurve:
 Figur 4, Merkblatt 2021 sowie Bild 9-6, SIA DOKU 176 «Gebäude mit hohem Glasanteil», beide 2002
 Figur 8, SIA 382/1:2007

Gültig für Klima Schweizer Mittelland ($t_a -8^\circ\text{C}$, $t_i +20^\circ\text{C}$), glatte innere Fassadenoberfläche (ohne vorstehenden Sims), Abstand 1 m zum Glas, normale interne Wärmelasten. Gilt nicht für über Eck verglaste Räume.

Merkmale Kaltluftabfall in der Praxis

Wieso ein Merkblatt?

- Ausloten der Grenze bis zu welcher Verglasungshöhe eine einfache Handrechnung möglich und ab wann eine vertiefte Betrachtung an Hand einer CFD-Simulation notwendig ist.
- Grundsätzlich: Das FEZ-Merkblatt stellt eine Auslegungshilfe dar und ist im weiteren Sinne eine Erläuterung zur Bemessung nach SIA 180:2014.

Grundlagen

- Basis für die Anforderungen an den thermischen Komfort bilden die Arbeiten von P.O. Fanger (SN ISO 7730)
- Mögliche Ursachen von lokaler Unbehaglichkeit ist die Zugluft
- Die Komfortbewertung erfolgt über das Zugluftrisikos DR (draught risk) und den daraus resultierenden Anteil von unzufriedenen Personen aufgrund der Zugluft
- DR als Funktion von lokaler Luftgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Turbulenzgrad:

$$DR = (34 - 9L)(v - 0.05)^{0.62}(0.37 * v * Tu + 3.14)$$

Grundlagen

- Zur Beurteilung werden nach SN ISO 7730 (Tab. A.1) drei Behaglichkeitskategorien definiert:
 - Kat. A = Zugluftrisiko mit Werten bis DR 10%
 - Kat. B = Zugluftrisiko mit Werten bis DR 20% (entspricht \approx SIA180:2014)**
 - Kat. C = Zugluftrisiko mit Werten bis DR 30%
- Der Bestwert des Zugluftrisikos ist DR 5%.

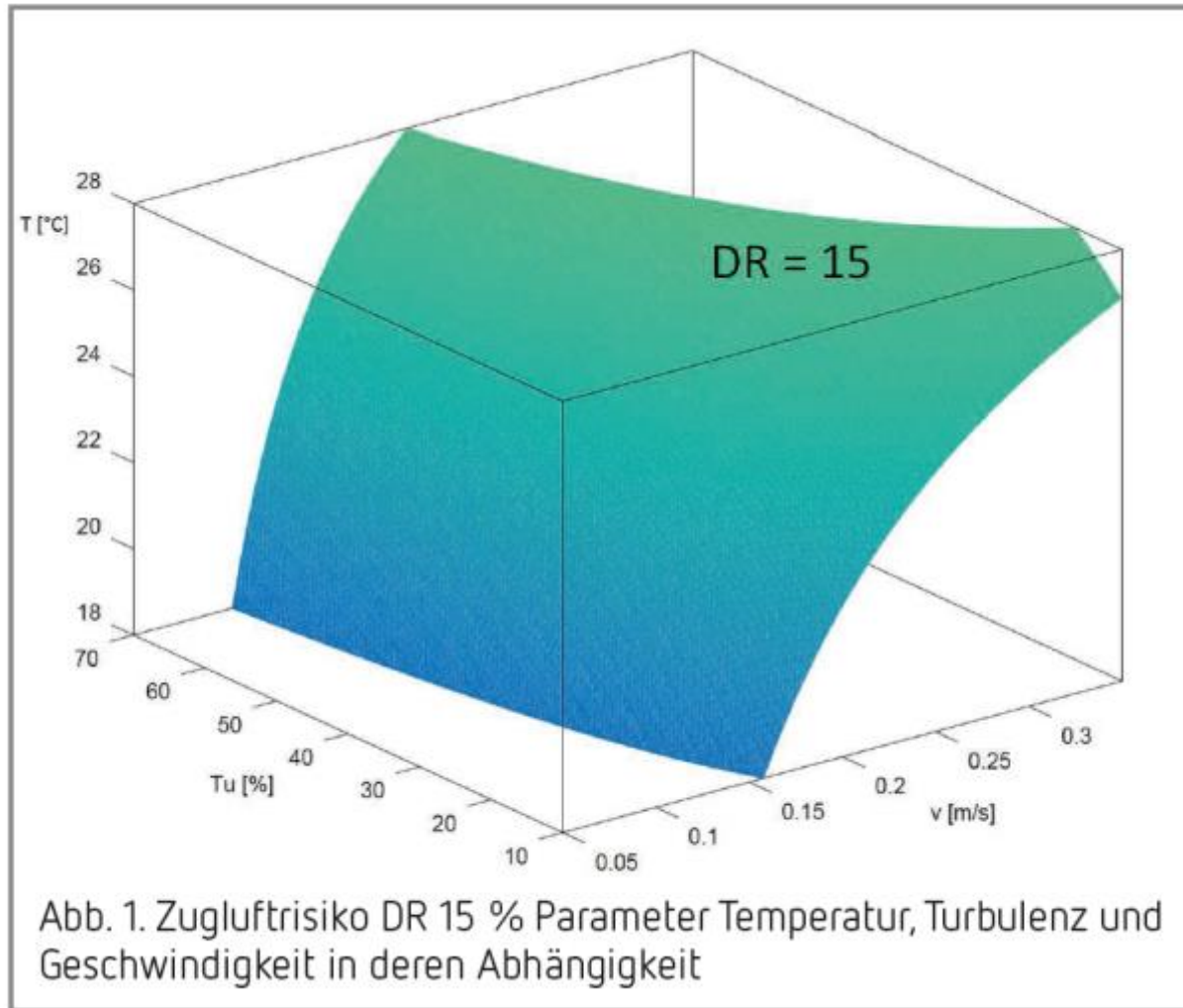
**«Allen Menschen recht getan ist eine Kunst,
die niemand kann»**

Grundlagen

- Massgebend für Aufenthaltsbereiche ist derzeit die SIA 180:2014 mit folgender Massgabe (1m ab Aussenfenster):
 - Bei Daueraufenthaltsbereich **mit mechanischer Lüftung** ist ein Zugluftrisiko **DR bis 15%** zu tolerieren
 - Bei Daueraufenthaltsbereich **mit natürlicher Lüftung** ist ein Zugluftrisiko **DR bis 20%** zu tolerieren

Für ein DR in Höhe von 15% stellt sich in Abhängigkeit von lokalen Luftzuständen (Temperatur, Geschwindigkeit und Turbulenz) folgende Grenzfläche dar:

Zugluftrisiko DR 15%



Nachweis nach SIA 180:2014

- Berechnungsverfahren für den maximal zulässigen U-Wert von Bauteilen in Abhängigkeit der Bauteilhöhe und Aussentemperatur
- Berücksichtigung Wärmelast und Lüftung über Regressionskoeffizient k
- Aussenlufttemperaturbedingung für 100h Hauptnutzungszeit wählen (Empfehlung FG Bauphysik)

$$U_{max} \leq \frac{\left(\frac{v_{max}^2 \cdot h_i}{k^2 \cdot H} \right) + q_i \cdot l_s}{\theta_i - \theta_e}$$

U_{max} = zulässiger U-Wert

v_{max} = max. zul. Luftgeschwindigkeit

h_i = Wärmeübergangskoeffizient innen

k = Regressionskoeffizient

H = Höhe des Bauteils

q_i = sekundärer Wärmeabgabegrad

l_s = Globalstrahlungsintensität

θ_i = Raumtemperatur

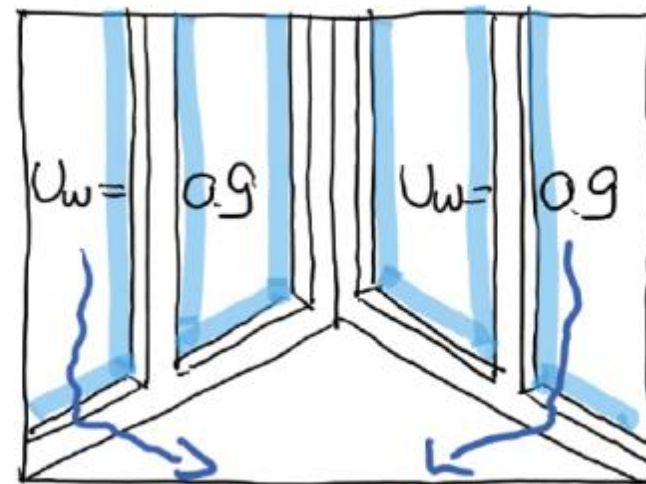
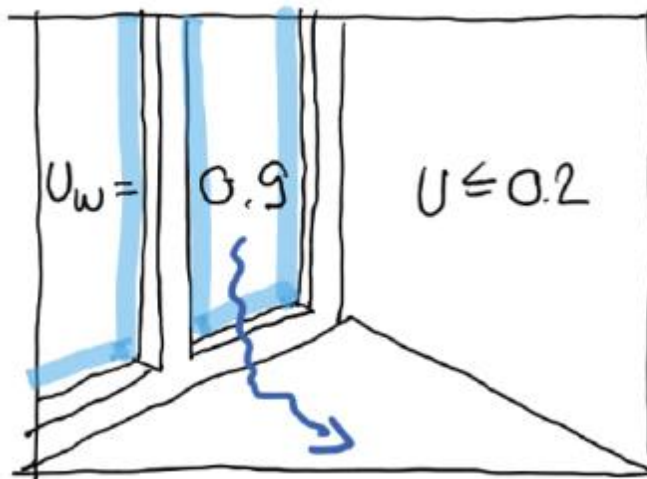
θ_e = Aussentemperatur

«Kleine Standortbestimmung»

- Fallbeispiele für raumhohe Fensterelemente bei einseitiger Fassade und als Eckverglasung

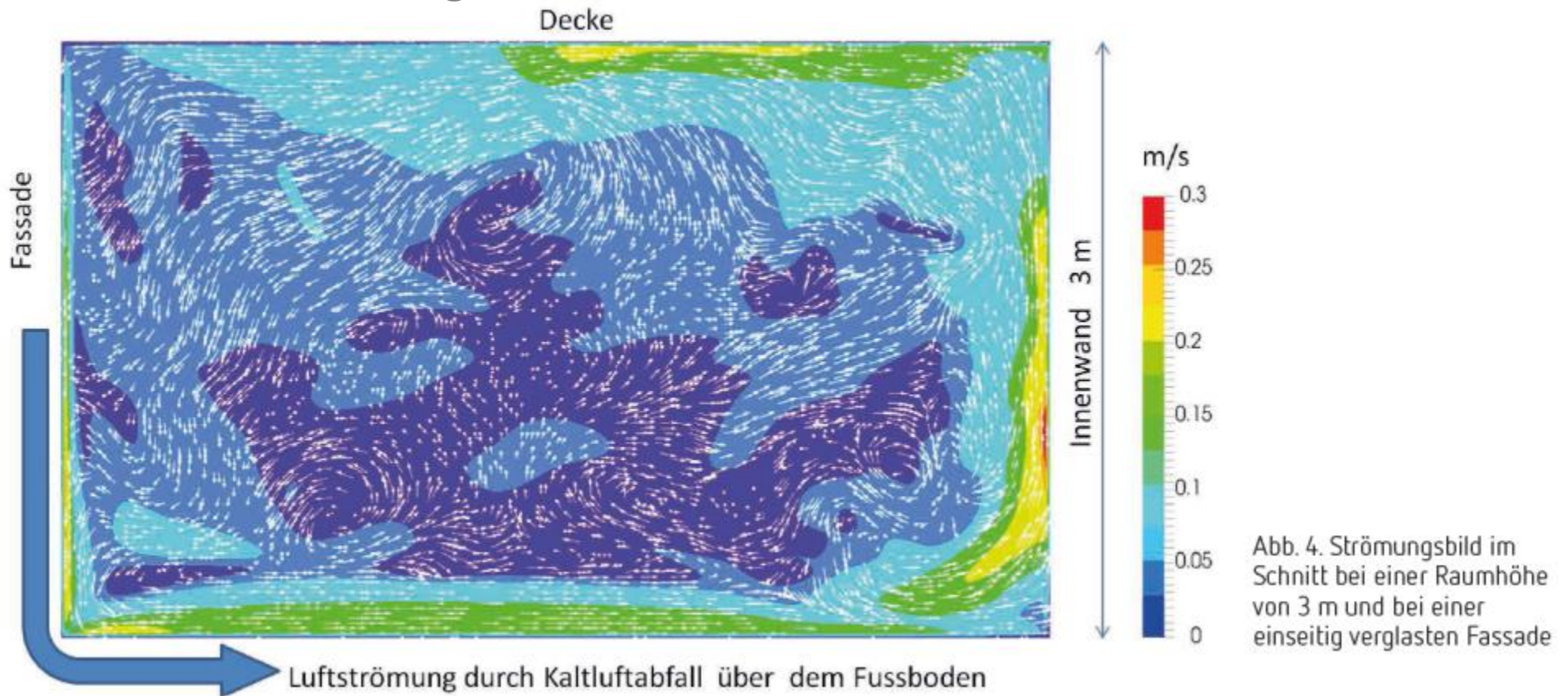
Die folgenden Parameter wurden in den Berechnungen berücksichtigt:

- DR soll kleiner sein als 15%
- Aussentemperatur -6°C für Wohnen und -4°C für Büro (100h)
- Aufenthaltsbereich gemäss SIA 180
- Globalstrahlung nicht berücksichtigt
- U-Wert Bauteil $0.90 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ inkl. Glas und Rahmen (z.B. $U_w=0.90 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, $U_g=0.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, $U_f=1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, $F_f=20\%$)
- U-Wert angrenzende Bauteile $0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- Bodenheizung für Wohnen und Deckenheizung für Büro



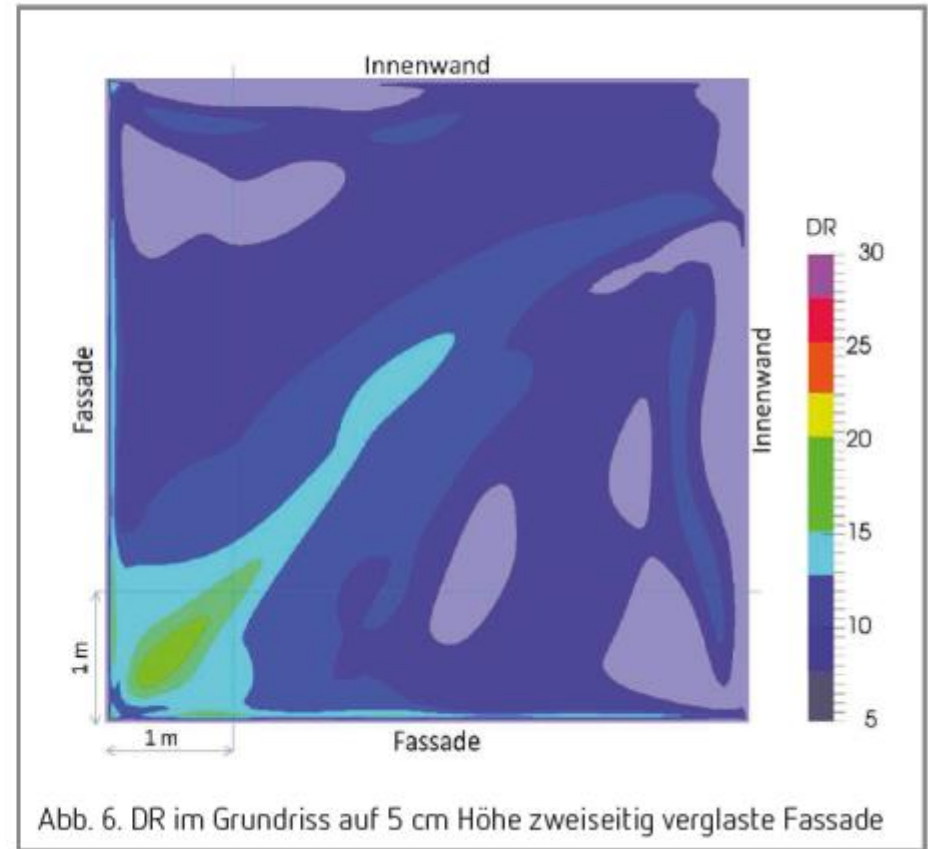
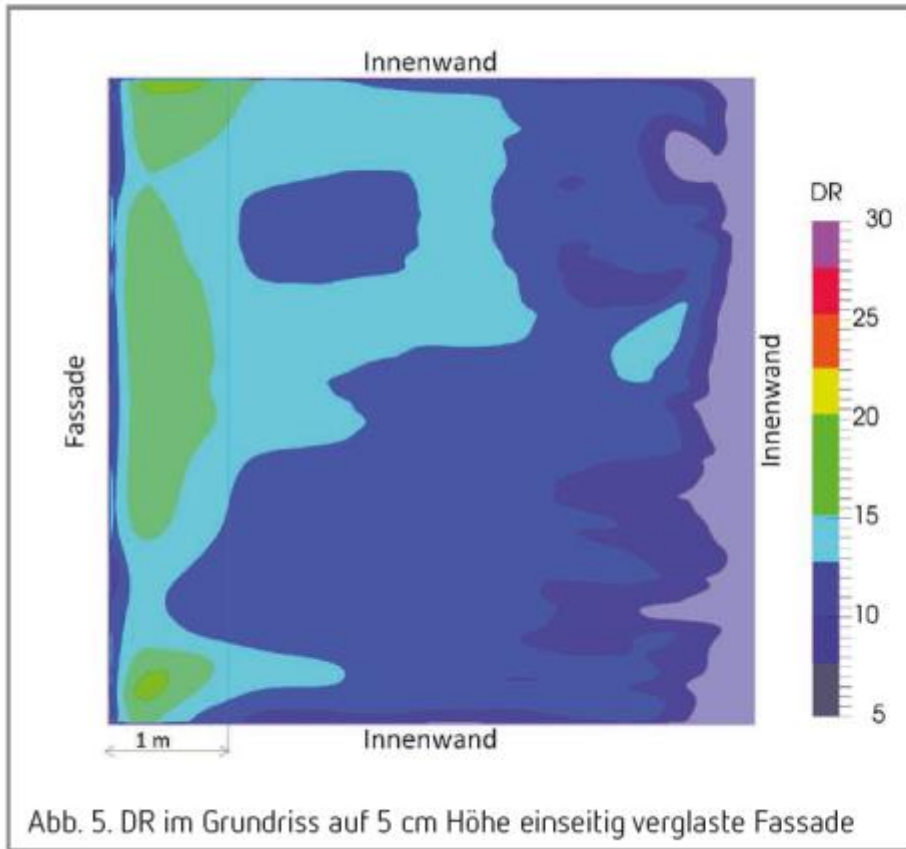
Fallbeispiel CFD-Simulation

- Schnittdarstellung



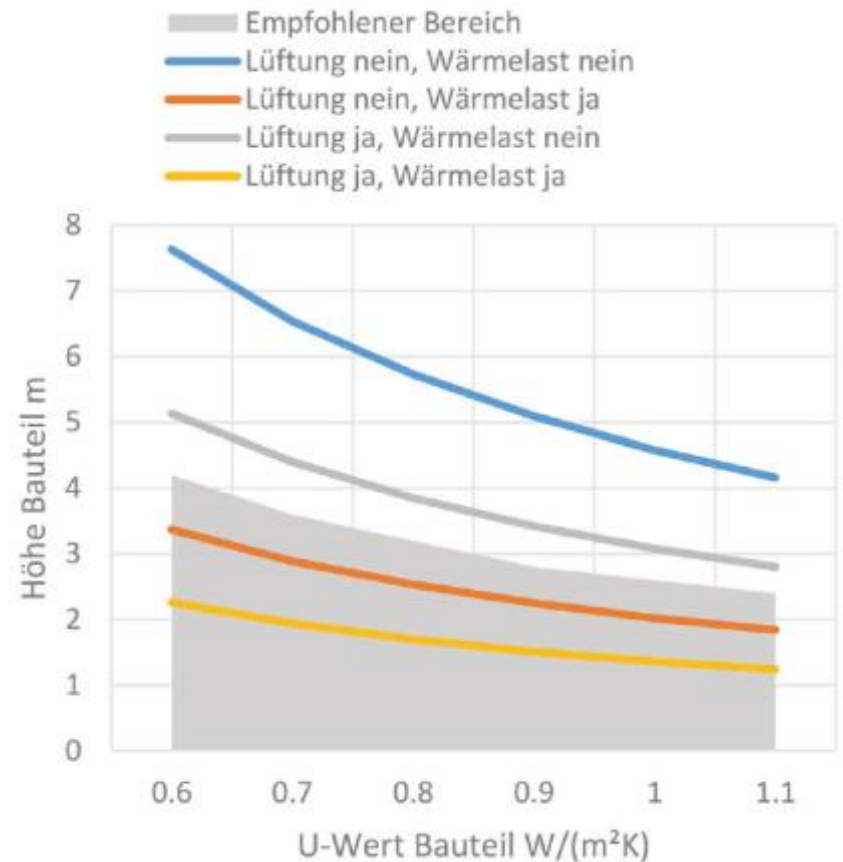
Fallbeispiel CFD-Simulation

- Grundrissdarstellung

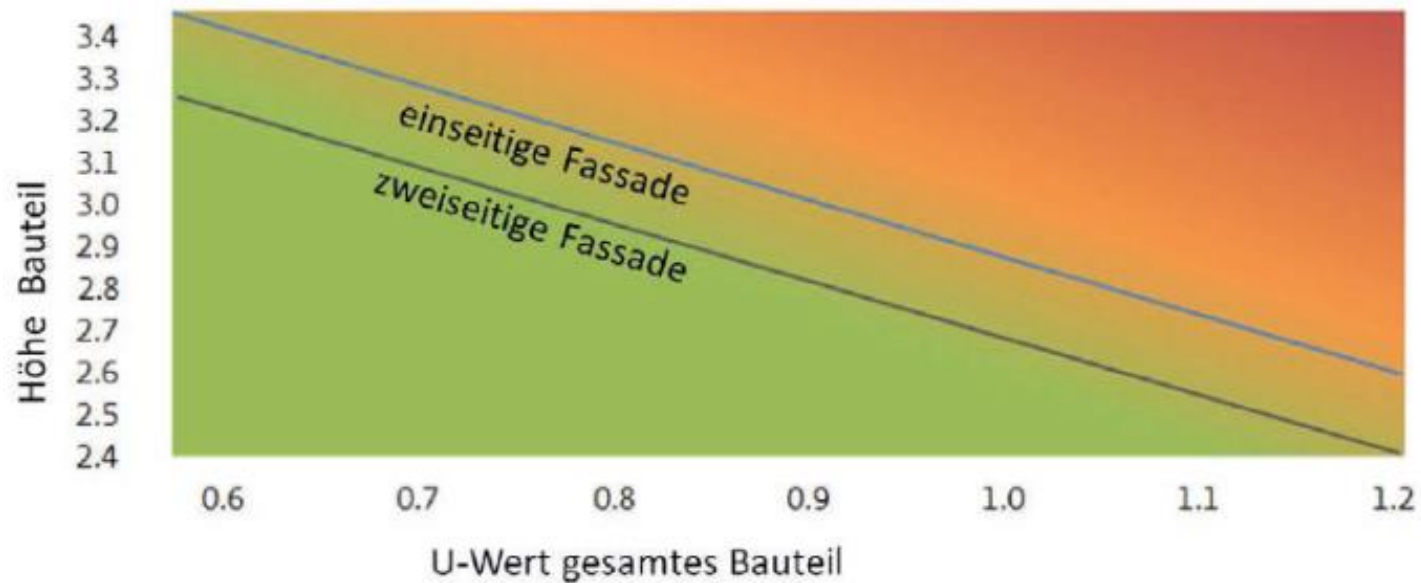


Beurteilung Fallbeispiel nach SIA 180:2014

- Bei einem U-Wert der Fassade von $0.90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ beträgt bei Variation der Wärmelast und Lüftung die zulässige Bauteilhöhe 1.5 m bis 5.0 m -> Nicht einfach nachvollziehbar.
- Keine Aussage zu Eckverglasungen
- Schnelle Aussage für Standardsituationen
- Graue Bereich = Erfahrung aus CFD-Simulationen für einseitige Verglasungen

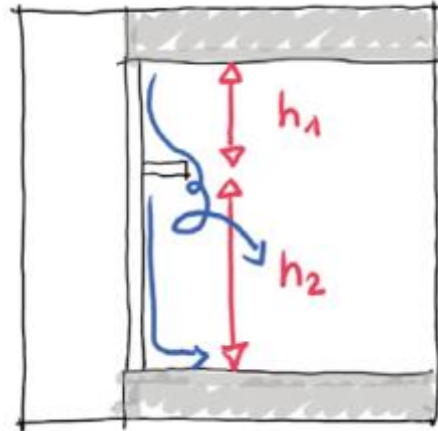


Erfahrung aus CFD-Simulationen

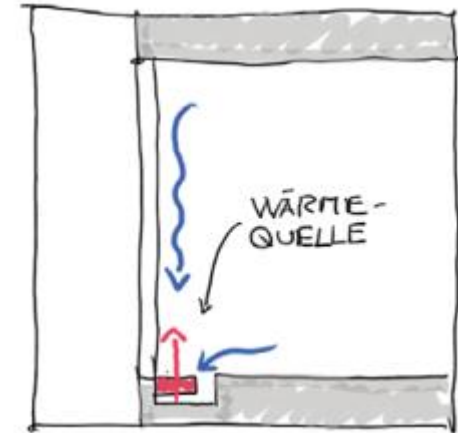


Gestaltungshinweise zur Reduktion der Zuglufterscheinungen

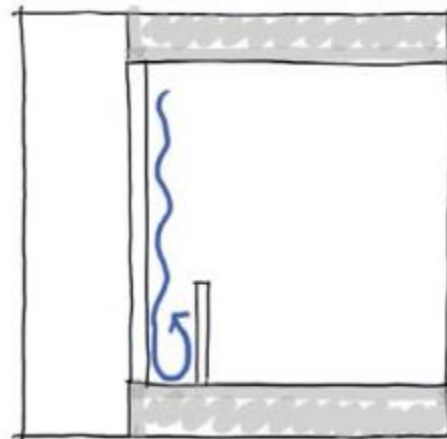
Fallbremse



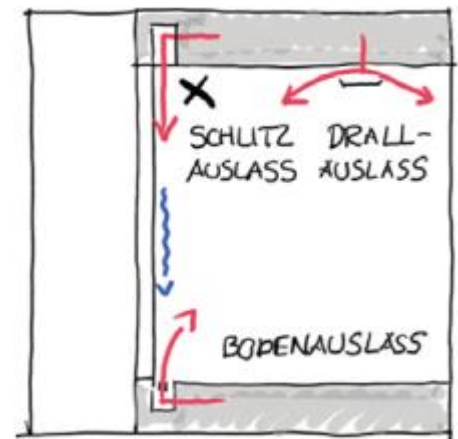
Wärmequellen



Auffang-
volumen



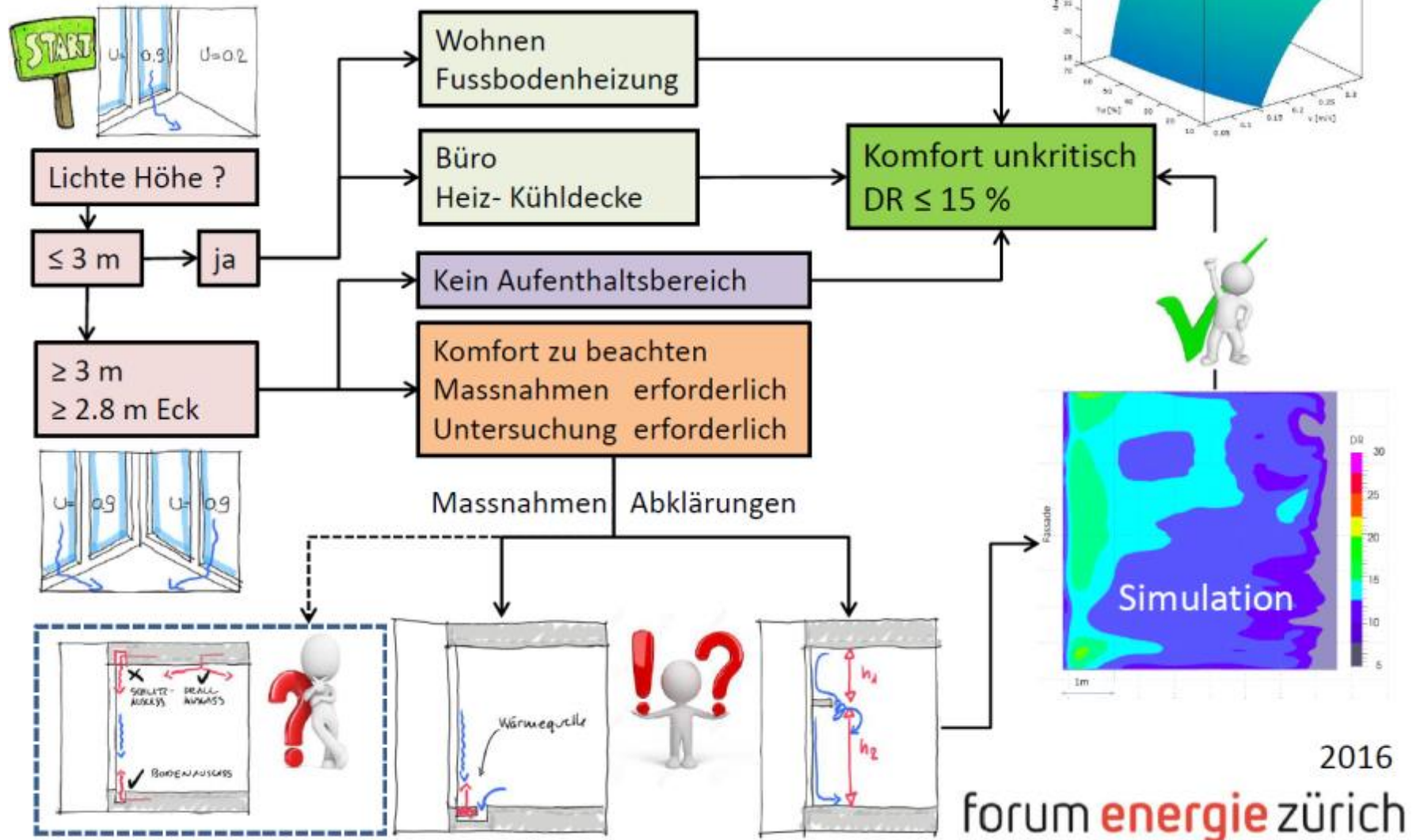
Luftauslässe



Schnellauswahl Entscheidung Kaltluftabfall und Komfort; DR < 15%

Grundlagen: SIA 180:2014; SIA 382/1:2007; SN EN ISO 7730

Fassade mit $U_w \leq 0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_g \leq 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ + Rahmen)



Fazit

- In der Regel kein störender Kaltluftabfall bei einseitigen Fassaden und Bauteilhöhen bis 3 Meter bei thermisch guten Verglasungen mit einem Gesamt- U_w -Wert der Fassade von $0.90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Bei Eckverglasungen sind die Bauteilhöhen um ca. 10% zu reduzieren
- Rechnerische Nachweis nach SIA 180:2014 ist möglich, Einfluss von Lüftung und Wärmelasten berücksichtigen
- Ab Verglasungshöhen von > 3 Meter sind Begleitmassnahmen zur Reduktion des Kaltluftabfalls notwendig
- Bei Sonderfällen oder bei grossen Bauprojekten lohnt sich der Aufwand für eine CFD-Simulation



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit