

# 1 Grundlagen der Raum- und Klimatechnik

## 1.1 Begriffe

Der Begriff Raumluftechnik ist weit gefasst und beinhaltet sowohl Anlagen zur Beheizung als auch Anlagen zur Kühlung von Räumen. Charakteristisch für diese Systeme ist, dass ganzjährig die Raumlufthemperatur, die Raumluftheuchte, die Luftgeschwindigkeit sowie die Reinheit der Raumlufthtemperatur beeinflusst werden können. Teilt man die Lüftungstechnik ein, so bildet die Raumluftechnik neben der Prozess-Luftechnik eine Untergruppe. Abb. 1.1 zeigt dies im Überblick.

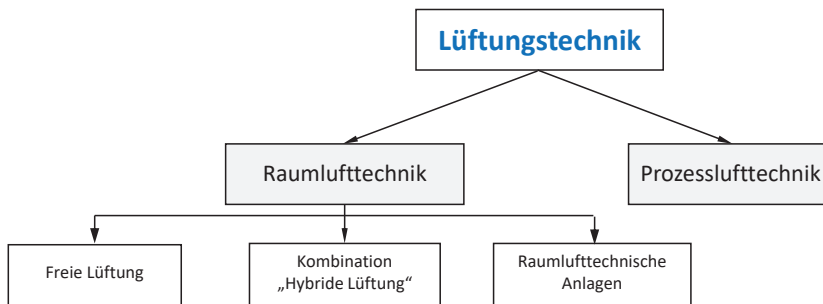


Abb. 1.1: Einteilung der Lüftungstechnik

Weiter aufgliedern kann man die Raumluftechnik (RLT) in die Bereiche „Freie Lüftung“, bei der nur natürliche Kräfte zum Lufttransport eingesetzt werden, „raumluftechnische Anlagen“, die Ventilatoren zum Lufttransport einsetzen, und Systeme, die eine Kombination aus beiden Typen darstellen (sog. „Hybride Lüftungssysteme“).

Große Bedeutung haben in der Gebäudeenergie-technik die raumluftechnischen Anlagen erlangt, da es mit ihnen unabhängig von den thermischen Gegebenheiten möglich ist, die physikalischen Parameter im Raum zu beeinflussen. Führt man für diese Anlagen zunächst eine Definition der unterschiedlichen Luftarten ein, so kann zwischen

- Außenluft,
- Fortluft,
- Umluft,
- Mischluft,
- Bypassluft,
- Zuluft und
- Abluft

unterschieden werden. Abb. 1.2 zeigt die unterschiedlichen Luftarten entsprechend der Klassifizierung nach DIN EN 16798-3 [25].

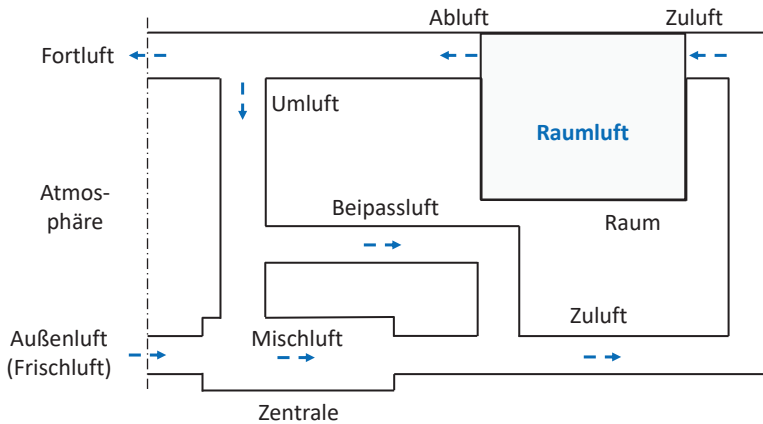


Abb. 1.2: Bezeichnung der einzelnen Luftarten nach DIN EN 16798-3 [25]

Tab. 1.1 dokumentiert die entsprechenden Erläuterungen zu den Luftarten.

Tab. 1.1: Definition der unterschiedlichen Luftarten nach DIN EN 16798-3 [25]

Luftart	Abkürzung	Definition
Außenluft	ODA	unbehandelte Luft, die von außen in die Anlage bzw. Öffnung einströmt
Mischluft	MIA	Luft, die zwei oder mehrere Luftströme enthält
Zuluft	SUP	Luftstrom, der in den behandelten Raum eintritt, oder Luft, die in die Anlage eintritt, nachdem sie behandelt wurde
Raumluft	IDA	Luft im jeweiligen Raum oder Bereich
Abluft	ETA	Luftstrom, der den jeweiligen Raum verlässt und in die Luftbehandlungsanlage strömt
Fortluft	EHA	Luftstrom, der die Abluftbehandlungsanlage verlässt und ins Freie strömt
Umluft	RCA	Abluft, die der Luftbehandlungsanlage wieder zugeführt wird und als Zuluft wiederverwertet wird
Überströmluft	TRA	Raumluft, die vom jeweiligen Raum in einen anderen behandelten Raum strömt
Sekundärluft	SEC	Luftstrom, der einem Raum entnommen und nach Behandlung demselben Raum wieder zugeführt wird
Leckluft	LEA	unbeabsichtigter Luftstrom durch undichte Stellen der Anlage

Neben den genannten Luftarten unterscheidet man bei raumlufttechnischen Systemen noch zwischen *Infiltrationen* und *Exfiltrationen*. Unter Erstgenannten versteht man den unbeabsichtigten Lufteintritt in das Gebäude über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle. Als *Exfiltration* wird der unbeabsichtigte Luftaustritt aus dem Gebäude über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle angesehen. Weiterhin ist zu beachten, dass den Luftarten in DIN EN 16798-3 [25] unterschiedliche Kategorien (Qualitäten) zugeordnet werden.

## 1.2 Raumluftqualität

Die aktive positive Beeinflussung der Raumluftqualität stellt eine der wichtigsten Aufgaben der Raumlufttechnik dar. Im weitesten Sinne ist die Raumluftqualität Bestandteil der Behaglichkeit, die wiederum die Parameter der thermischen Behaglichkeit, der Geräuschverhältnisse sowie der Lichtverhältnisse umfasst<sup>1</sup>.

Von besonderer Bedeutung ist innerhalb der allgemeinen Behaglichkeitsdefinition die Raumluftqualität, da Luft als „Lebensmittel“ eingeordnet werden kann und der Mensch in industrialisierten Ländern zwischen 70 und 90 % seiner Lebenszeit innerhalb von Gebäuden zubringt. Bei unzureichender Luftqualität in Räumen können negative Folgen für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Nutzer, für Lebensmittel bzw. Produktionsgüter sowie Konsequenzen im Hinblick auf den Baukörper auftreten. Vorrangiges Ziel der Raumlufttechnik ist es, dies zu vermeiden. In der Praxis werden den positiven Eigenschaften einer hohen Raumluftqualität natürlich die Aufwendungen gegenübergestellt, die sich vor allem in hohen Investitionskosten, einem größeren Platz- und Energiebedarf, gegebenenfalls einer Schallbelästigung sowie einer eingeschränkten thermischen Behaglichkeit ausdrücken. Anhaltswerte für die prozentualen kumulierten Kosten von Anlagentechnik in modernen Gebäuden liefert Tab. 1.2.

Tab. 1.2: Kumulierte Kosten (Lebenszyklus) der technischen Anlagen eines Bürogebäudes

Technische Anlagen	Kumulierte Kosten in %
Heizung+Trinkwassererwärmung (TWE)	3
Beleuchtung	17
Elektrotechnik (ELT)	11
Förderanlagen	20
RLT-Anlagen	42
Wasser-Abwasser-Gas	7

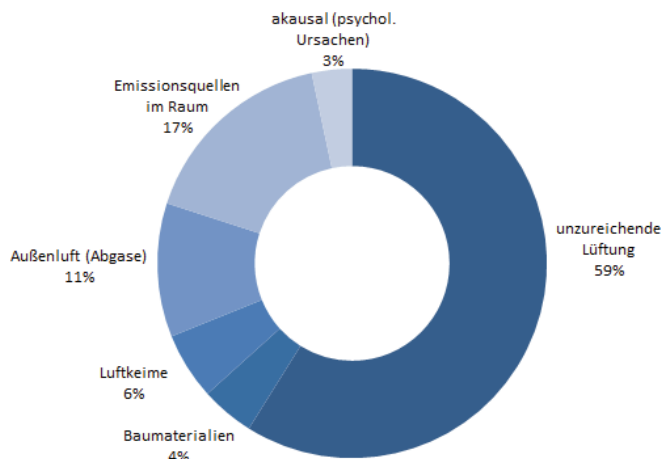


Abb. 1.3: Ursachen für das Sick-Building-Syndrom (SBS) nach Untersuchung von 529 Gebäuden in den USA

<sup>1</sup>vgl. Definition in DIN EN 16798-1 [23]

## 5 Systeme zur Wärme- und Kälteerzeugung

### 5.1 Systeme zur Wärmeerzeugung

Systeme zur Wärmeerzeugung werden ausführlich in [117] beschrieben. Die nachfolgenden Ausführungen sollen daher als Überblicksdarstellung verstanden werden.

#### 5.1.1 Heizkessel/ Brennwertkessel

Moderne Heizkessel stellen die am weitesten verbreiteten Heizgeräte dar. Klassifizierbar sind sie nach der Abgastemperatur in:

1. Standardheizkessel  $\vartheta_{AG} \approx 180...350 \text{ }^\circ\text{C}$
2. Niedertemperaturheizkessel  $\vartheta_{AG} \approx 130...180 \text{ }^\circ\text{C}$
3. Brennwertkessel  $\vartheta_{AG} \approx 50...70 \text{ }^\circ\text{C}$

Weitere Unterscheidungskriterien bilden die Art des Energieträgers (Erdgas, Heizöl, Holz, Pellets), der Werkstoff (Guss, Stahl, Aluminium, Kupfer bzw. Keramik), die Leistung (klein, mittel, groß), konstruktive Merkmale (ohne/ mit Gebläse, Konstruktion des Brennraumes), das mögliche Druckniveau (Niederdruck  $p \leq 1 \text{ bar}$ , Hochdruck  $p > 1 \text{ bar}$ ) sowie die Anordnung (stehend oder wandhängend).

Ölkessel besitzen den großen Vorteil, dass sie unabhängig von vorgelagerten Netzen sind. Sie benötigen jedoch eine Lagerhaltung für den Brennstoff, was zu erhöhten Kosten führt. Nicht vernachlässigt werden darf, dass Umweltaspekte bei der Lagerung von Heizöl berücksichtigt werden müssen. Wärmeerzeuger auf Basis von Erdgas benötigen keine Lagerhaltung für den Primärenergieträger, sind im Gegensatz dazu jedoch vom Erdgasnetz abhängig. Sie werden zum heutigen Zeitpunkt meist als wandhängende Geräte ausgeführt und weisen sehr geringe Schadstoffemissionen auf. In Hinblick auf die Anordnung der Wärmeerzeuger kann grundsätzlich gesagt werden, dass die stehenden Kessel im Bereich der großen Leistungsklassen eingesetzt werden. Wandhängende Geräte sind eher für kleinere Leistungsklassen typisch. Hinsichtlich konstruktiver Parameter sind große Unterschiede zwischen den einzelnen Heizkesseln zu verzeichnen. Für alle Systeme ist dabei gleich, dass es durch die Geometrie des Brennraums möglich sein muss, eine vollständige Ausbrennung der Flamme zu erreichen. Der Brennraum sollte also so konstruiert sein, dass kein Brennstoff im Abgas enthalten ist und die Schadstoffemissionen möglichst gering werden. Ist die Brennkammer zu gering dimensioniert, kann dies zu einem vorzeitigen Abbruch der Verbrennungsreaktion mit Bildung von schädlichem CO oder Ruß führen. Weiterhin liegt in diesem Falle eine erhöhte Temperaturbelastung des Materials der Brennkammer vor, wodurch die Standfähigkeit des Systems geringer ausfällt. Bei zu großer Brennkammer kann im Gegenteil eine zu große Kühlung der Flamme durch das umgebende Hüllvolumen auftreten, was mit erhöhten Schadstoffkonzentrationen verbunden ist.

Für die Brennraumgestaltung existieren grundsätzlich die in Abb. 5.1 dokumentierten Varianten.

Beim Prinzip der Flammenumkehr nach Abb. 5.1 wird weiterhin unterteilt in Konstruktionen mit Umkehrflamerraum und Umkehrbrennraum. Abb. 5.2 liefert hierzu die schematische Zeichnung. Das Prinzip des Umkehrflamerraum wird auch als heißer Brennraum und der Umkehrbrennraumes als kalter Brennraum bezeichnet.

Für die Brennraumauskleidung stehen unterschiedliche Materialien zur Verfügung. Bei älteren

Kesseln bzw. bei Ölbrennwertgeräten findet man Schamotte als Material. Moderne wandhängende Erdgasthermen werden hingegen heute ausschließlich aus Edelstahl gefertigt. Ausschlaggebend hierfür ist das geringere Gewicht, die hohe Druckbelastbarkeit sowie die leichte Reparaturmöglichkeit. Bei größeren, meist bodenstehenden Wärmeerzeugern sind Gusskonstruktionen in Form der Gliederbauweise anzutreffen. Sie besitzen den Vorteil der hohen Korrosionsbeständigkeit sowie der sehr hohen Festigkeit. Weiterhin besteht eine hohe Anpassungsfähigkeit an eine günstige strömungsmechanische Abgasführung. Wesentlicher Nachteil von Gusskonstruktionen ist das hohe Gewicht.

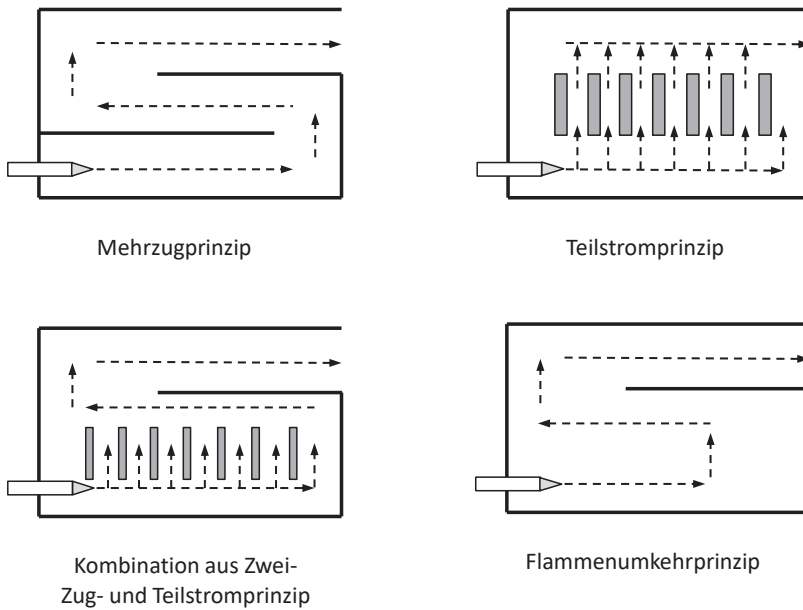


Abb. 5.1: Grundsätzliche Rauchgasführungen bei Öl- und Gaskesseln

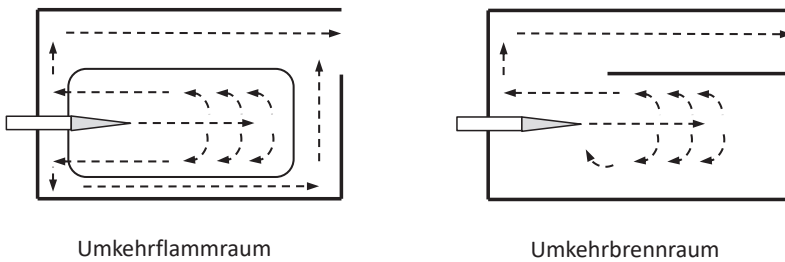


Abb. 5.2: Brennraumgestaltung als Umkehrflamerraum und Umkehrbrennraum

Ein wesentlicher konstruktiver Punkt bei Niedertemperatur-Wärmeerzeugern ist die Vermeidung von Tieftemperaturkorrosion, die zustande kommt, wenn zu kaltes Rücklauftemperaturwasser den Wärmeerzeuger durchströmt und Kondensat im Brennraum anfällt. Eine sehr einfache Maßnahme zur Vermeidung stellt die hydraulische Schaltung einer Rücklauftemperaturerhebung über eine Kurzschlussstrecke am Wärmeerzeuger dar. Abb. 5.3 zeigt dies in der

Ausführung mit einem Dreiwegeventil.

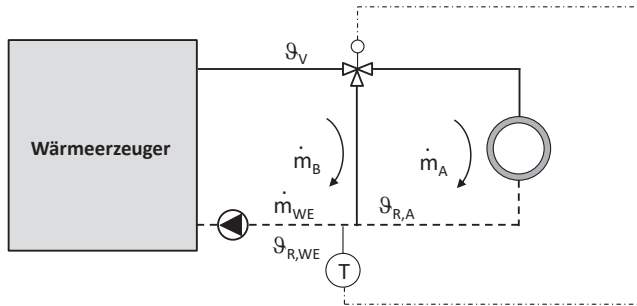


Abb. 5.3: Kesselschaltung zur Vermeidung von Tieftemperaturkorrosion

Neben dieser Einbindung in das heizungstechnische System besitzt natürlich die optimale Werkstoffauswahl eine große Bedeutung für die Vermeidung von Korrosionsschäden. Oftmals sind die Trägerwerkstoffe heute mit einer speziellen Oberflächenbeschichtung versehen. Aus konstruktiver Sicht sind weiterhin besondere Brennraumgeometrien bekannt. Zu nennen ist hier die Trockenbrennkammer. Hier wird ein direkter Kontakt der Flamme mit wasserangrenzenden Bauteilen vermieden, wodurch höhere Temperaturen und eine Vermeidung von Kondensation erfolgt. Abb. 5.4 zeigt eine entsprechende bautechnische Ausführung.



Stahlrohr mit Brenner



Brennraum

Abb. 5.4: Brennraum eines modernen Ölkessels mit Stahlrohr zur Vermeidung von Tieftemperaturkorrosion

*Brennwertgeräte* stellen die zum heutigen Zeitpunkt am meisten abgesetzten Wärmeerzeuger in der Bundesrepublik Deutschland dar. Im Gegensatz zu Niedertemperaturgeräten wird bei diesen Geräten gezielt der Latentwärmeanteil im Abgas ausgenutzt. Theoretisch stellt dieser Latentwärmeanteil die Differenz zwischen Heizwert und Brennwert dar. Für ausgewählte Brennstoffe sind diese Stoffdaten der Tab. 5.1 zu entnehmen.

Alle konstruktiven Maßnahmen bei Brennwertgeräten zielen auf die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes ab. Hierzu werden spezielle korrosionsgeschützte Wärmeübertrager in den Geräten verbaut. Folge der starken Abkühlung des Abgases ist, dass zwangsläufig Gebläse zur Abgasförderung in den Geräten verbaut werden, da der thermische Auftrieb zu gering ist. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Abgasanlage feuchteunempfindlich sein muss. Die Ableitung des Kondensats kann bei kleinen heizungstechnischen Anlagen direkt ins

Kanalnetz erfolgen. Bei Anlagen mit einer Leistung von  $\dot{Q} \geq 50$  kW muss zwangsläufig eine Kondensatbehandlung vor der Einleitung ins Kanalnetz erfolgen.

Tab. 5.1: Eigenschaften unterschiedlicher Brennstoffe nach [12]

Brennstoff	Heizwert $H_i$	Brennwert $H_s$	Verhältnis $H_s/H_i$
Erdgas H	35,91 MJ/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	39,83 MJ/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	1,109
Erdgas L	32,32 MJ/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	35,81 MJ/m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	1,108
Erdöl EL ( $\vartheta = 25$ °C)	42,6 MJ/kg	45,4 MJ/kg	1,065
Erdöl S ( $\vartheta = 25$ °C)	39,5 MJ/kg	41,5 MJ/kg	1,051

Die Taupunkttemperatur des Abgases kann für Erdgas unter praktischen Bedingungen bei  $\vartheta_{AG} \approx 57$  °C (Erdgas) und bei Heizöl bei  $\vartheta_{AG} \approx 48$  °C ermittelt werden.

In der Praxis hängt die Ausnutzung des im Rauchgas gebundenen latenten Wärmeanteils wesentlich von der richtigen Einstellung des Wärmeerzeugers hinsichtlich der Vor- und Rücklauf-temperatur und der hydraulischen Einbindung in das Heizsystem ab. Grundlegende Analysen sind in [95] zu finden. Das Nichterreichen des Kondensationspunktes ist in der Praxis meist auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen. Zu nennen sind:

- Überdimensionierung des Wärmeerzeugers (hoher Anteil der Trinkwassererwärmung, kurze Heizperioden)
- Installation von Überströmventilen bzw. hydraulischen Weichen
- zu hohe Systemtemperaturen
- zu geringer Wasserinhalt
- hoher Nutzereingriff

Die Bilanzierung von Heizkesseln erfolgt auf der Basis des Wirkungs- und Nutzungsgrades. Man unterscheidet

- den Wärmeerzeugerwirkungsgrad  $\eta_{WE}$ ,
- den Wärmeerzeugernutzungsgrad  $\eta_{WE,N}$ .

Definiert ist der Kesselwirkungsgrad (Wärmeerzeugerwirkungsgrad) entsprechend Gl.(5-1)<sup>50</sup>.

$$\eta_{WE} = \eta_B \cdot \frac{\dot{Q}_n}{\dot{Q}_F} = \eta_B \cdot \frac{\dot{Q}_F - \dot{Q}_{AG} - \dot{Q}_W}{\dot{Q}_F} = \eta_B \cdot (1 - q_{AG} - q_W) \quad (5-1)$$

mit:

- $\dot{Q}_n$  nutzbare Kesselleistung in kW
- $\dot{Q}_F$  Feuerungswärmeleistung in kW
- $\dot{Q}_{AG}$  Abgasverlust in kW
- $\dot{Q}_W$  Strahl-, Leitungs-, Konvektionsverluste (Wandverluste) in kW
- $\eta_B$  Wirkungsgrad für die Umsetzung des Brennstoffs

<sup>50</sup>Der Kesselwirkungsgrad entspricht dem Feuerungswirkungsgrad. Zusätzlich existieren noch der feuerungstechnische Wirkungsgrad ( $\eta_f$ ), der jedoch nur die Abgasverluste berücksichtigt:  $\eta_f = 1 - q_a$  (vgl. [7]).

# 11 Freie Lüftung

## 11.1 Grundlagen

Die freie Lüftung stellt ein lüftungstechnisches Verfahren dar, bei dem nur geringe Investitions- und Betriebskosten im Vergleich zur mechanischen Lüftung anfallen. Die Wirkung der freien Lüftung auf die hygienischen und klimatischen Verhältnisse im Raum ist jedoch stark von der Außentemperatur, der Windrichtung sowie dem Nutzer (Nutzereingriff) abhängig. Die wichtigsten Antriebskräfte bei freier Lüftung sind entsprechend Abb. 11.1 der *thermische Auftrieb* sowie der sich an der Fassade des Gebäudes einstellende *Winddruck*. In den nachfolgenden Abschnitten sollen die einzelnen Mechanismen der freien Lüftung detailliert beschrieben werden.

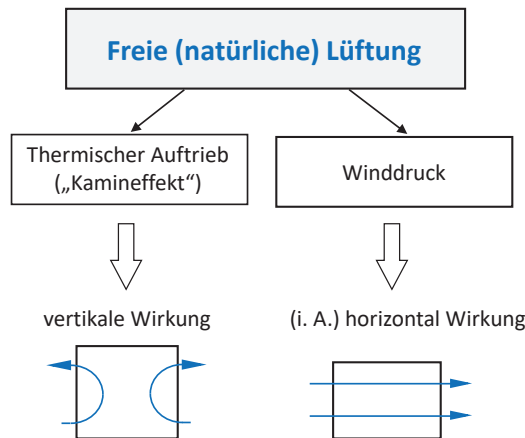


Abb. 11.1: Antriebskräfte der freien Lüftung (grundsätzliche Einteilung)

## 11.2 Thermischer Auftrieb

Der *thermische Auftrieb*<sup>95</sup> beruht auf einer Dichtedifferenz zwischen zwei Zustandspunkten. Die sich hierdurch einstellende Druckdifferenz kann nach Gl.(11-1) vereinfacht berechnet werden.

$$\Delta p = g \cdot \Delta h \cdot (\rho_a - \rho_i) \tag{11-1}$$

Abb. 11.2 zeigt die sich einstellenden Strömungsverhältnisse unter sommerlichen wie auch unter winterlichen Verhältnissen. Im Sommerfall ist die Dichte der Innenraumluft aufgrund der geringeren Temperatur (im Vergleich zur Außenluft) größer. Die Luft strömt im unteren Bereich aus und im oberen Bereich des Gebäudes ein. Umgekehrte Verhältnisse liegen im Winterfall vor. Hier besitzt die Innenraumluft eine niedrigere Dichte, was zu einer Strömungsrichtung von „unten“ nach „oben“ führt. Generell wichtig ist, dass sich eine Strömung nur einstellen kann, wenn es zwei übereinanderliegende Öffnungen in der Gebäudehülle gibt (vgl. Abb. 11.3).

<sup>95</sup>Alternative Bezeichnungen: Kamin- bzw. Schornsteineffekt



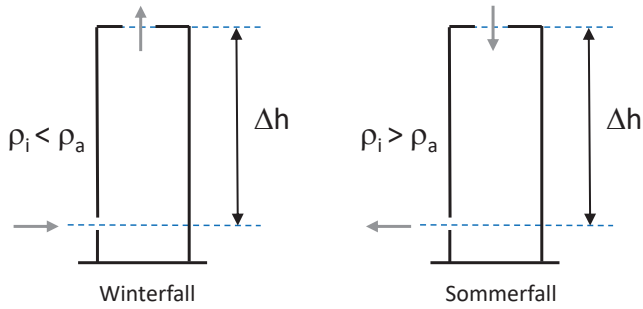


Abb. 11.2: Thermischer Auftrieb (winterliche/sommerliche Verhältnisse)

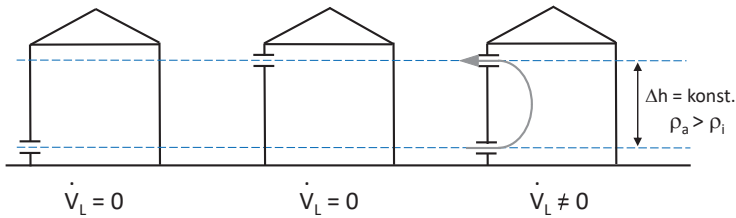


Abb. 11.3: Thermischer Auftrieb/ resultierender Volumenstrom bei unterschiedlicher Anordnung der Öffnungen

Die Druckdifferenz ist jedoch nicht allein von der Dichtedifferenz abhängig, sondern auch von der Höhendifferenz zwischen den beiden Öffnungen. Für den Winterfall ist dies schematisch in Abb. 11.4 dokumentiert<sup>96</sup>.

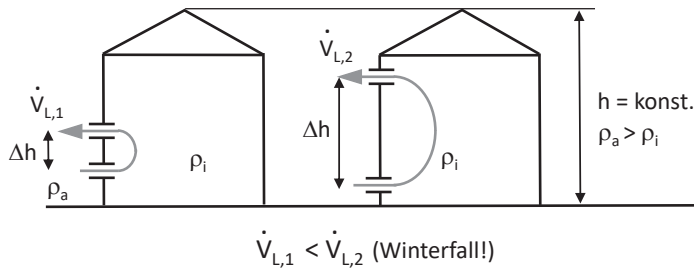


Abb. 11.4: Beispiel Winterfall

Auftriebserscheinungen sind in der Praxis jedoch nicht nur im Inneren von Gebäuden wiederzufinden, sondern auch an der Außenfassade. Aufgrund einer hohen äußeren Oberflächentemperatur kann es bei schlecht wärmedämmten Gebäuden zu Strömungserscheinungen an der Fassade kommen. In Abb. 11.5 ist dies verdeutlicht.

<sup>96</sup>praktische Anwendung: Hochhäuser, Kamin-Kraftwerk

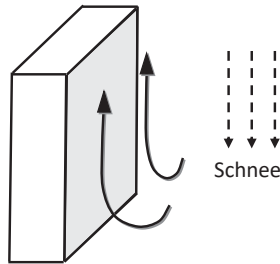


Abb. 11.5: UNO-Gebäude in New York: infolge einer Fassade mit geringer Wärmedämmung – hohe Oberflächentemperaturen, Auftrieb (Schnee)

### 11.3 Winddruck

Die zweite wesentliche Antriebskraft bei der freien Lüftung ist die Luftströmung um ein Gebäude, wodurch sich unterschiedliche Druckdifferenzen an der Gebäudefassade einstellen. Abb. 11.6 zeigt dies in vereinfachter Form.

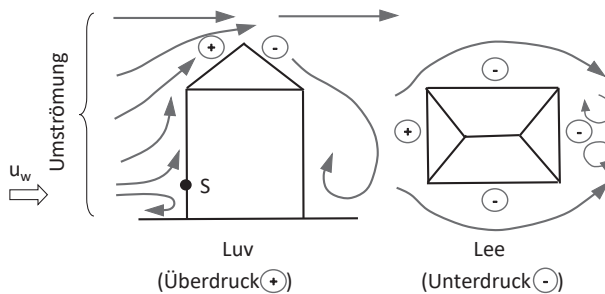


Abb. 11.6: Umströmung eines Gebäudes (vereinfachte schematische Darstellung; S=Staupunkt)

Verfolgt man die Stromlinien entsprechend Abb. 11.6, so ist an der angeströmten Seite des Gebäudes ein Staupunkt zu erkennen. An der Frontseite stellen sich positive Druckverhältnisse ein, wohingegen stromabwärts negative Druckverhältnisse vorliegen. Bezeichnet wird die angeströmte Seite auch als *Luvseite* sowie die Bereiche in denen Unterdruck vorherrscht als *Leeseite*.

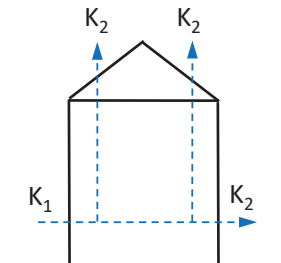


Abb. 11.7: Durchströmung eines Gebäudes

Diese Druckdifferenzen können in ortsabhängige Druckzahlen (Proportionalitätsfaktoren) überführt werden, mit deren Hilfe eine Berechnung der Druckdifferenzen als Folge von Wind bestimmt werden kann. Die entsprechenden Gleichungen lauten:

$$\Delta p_w \sim u_w^2 \tag{11-2}$$

$$\Delta p_w = (K_1 - K_2) \cdot \frac{\rho L}{2} \cdot u_w^2, \tag{11-3}$$

wobei  $K$  der ortsabhängige Proportionalitätsfaktor (Druckzahl) ist. Für durchschnittliche Verhältnisse kann für die Gebäudeoberflächen auf der Luvseite  $K = 1,0$  sowie auf der Leeseite von  $K = -0,5$  verwendet werden. Detaillierte Angaben sind in den nachfolgenden Tab. 11.1 bis 11.6 zu finden. Diese Druckzahlen werden aufwendig in Windkanaluntersuchungen bestimmt. Abb. 11.9 zeigt eine entsprechende Untersuchungskonfiguration, wie sie an der Technischen Universität Dresden verwendet wird.

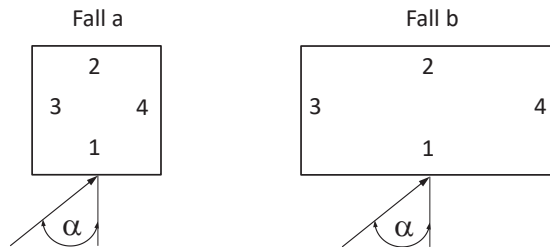


Abb. 11.8: Gebäudevarianten mit Bezeichnung aller relevanten Flächen sowie der Definition des Anströmwinkels  $\alpha$

Tab. 11.1: Druckzahl  $K$  für ein Gebäude (Länge/Breite 1:1 nach Abb. 11.8 Fall a; freistehend, maximal drei Geschosse) nach [85]

	Anströmwinkel $\alpha$							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Fläche 1	0,7	0,35	-0,5	-0,4	-0,2	-0,4	-0,5	0,35
Fläche 2	-0,2	-0,4	-0,5	0,35	0,7	0,35	-0,5	-0,4
Fläche 3	-0,5	0,35	0,7	0,35	-0,5	-0,4	-0,2	-0,4
Fläche 4	-0,5	-0,4	-0,2	-0,4	-0,5	0,35	0,7	0,35
Dach (Neigung < 10°)								
Vorderseite	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7
Rückseite	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5
Ø-Wert	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Dach (Neigung 11–30°)								
Vorderseite	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5
Rückseite	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5
Ø-Wert	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5
Dach (Neigung > 30°)								
Vorderseite	0,3	-0,4	-0,6	-0,4	-0,5	-0,4	-0,6	-0,4
Rückseite	-0,5	-0,4	-0,6	-0,4	0,3	-0,4	-0,6	-0,4
Ø-Wert	-0,1	-0,4	-0,6	-0,4	-0,1	-0,4	-0,6	-0,4