

Inhalt

Vorwort des Herausgebers	III
Danksagung	V
Kurzfassung	VII
Abstract	IX
Inhalt	XI
Abkürzungen	XV
Nomenklatur	XVII
1 Einleitung	1
1.1 Thematische Einleitung	1
1.2 Einbindung in Forschungsprojekte	2
1.3 Forschungsziel und Abgrenzung	2
1.4 Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen der Strömungslehre	5
2.1 Antriebskräfte der natürlichen Lüftung	5
2.1.1 Thermischer Auftrieb	5
2.1.2 Wind	8
2.2 Strömungswiderstände	11
2.2.1 Durchflussbeiwert c_D	11
2.2.2 Druckverlustbeiwert ζ	15
3 Messung von Luftwechselraten mit Tracergas.....	17
3.1 Allgemeines	17
3.2 Beschreibung verschiedener Tracergase.....	17

3.2.1	Erforderliche Eigenschaften des Tracergases.....	17
3.2.2	Kohlenstoffdioxid.....	18
3.2.3	Schwefelhexafluorid.....	19
3.2.4	Weitere Gase	19
3.3	Mathematischer Hintergrund	20
3.4	Tracergasmethoden und Auswertung	20
3.4.1	Konzentrations-Abfall-Methode	20
3.4.2	Konstant-Emissions-Methode	21
3.4.3	Konstant-Konzentrations-Methode	22
4	Physikalische Besonderheiten von Doppelfassaden.....	23
4.1	Reinfiltration - Begriffe Luftwechsel und Außenluftwechsel	23
4.2	Strahlungs- und Temperaturbilanz	25
4.3	Konvektion im Fassadenzwischenraum.....	27
4.4	Lüftungsrelevante Windeinwirkungen	28
4.5	Schallschutz bei natürlicher Lüftung	28
5	Modelle zur Berechnung des natürlichen Luftwechsels....	33
5.1	Ausgewählte Ansätze für einschalige Fassaden	33
5.1.1	Allgemeines.....	33
5.1.2	Ansatz nach Phaff und de Gids	33
5.1.3	Ansatz nach Maas.....	34
5.1.4	Ansatz nach Larsen	36
5.1.5	Vergleich der Ansätze	36
5.2	Ansätze für Doppelfassaden	37
5.2.1	Ansatz von Ziller	37
5.2.2	Ansatz von Nolte	39
5.2.3	Ansatz von Pasquay.....	39
6	Versuchsaufbau	41
6.1	Umfang der Messkampagne	41
6.2	Luftwechselmessungen mit Tracergas.....	43
6.2.1	Anforderungen an den Messablauf.....	43
6.2.2	Ablauf einer Messung	44
6.2.3	Vorgehen bei einem Raum mit Lüftungsanlage.....	45
6.2.4	Auswertung mittels Gaschromatographie	46
6.3	Fehleranalyse der Luftwechselmessungen	47

6.3.1	Genauigkeit der Tracergasmessungen.....	47
6.3.2	Fehlerfortpflanzung einer Einzelmessung.....	48
6.3.3	Erwartungswert des Gesamtfehlers	49
6.4	Temperatur- und Differenzdruckmessungen	51
6.4.1	Entwicklung eines mobilen Messkoffers	51
6.4.2	Grundsätze des Versuchsaufbaus	53
6.5	Meteorologische Datengrundlagen.....	55
6.5.1	Übersicht	55
6.5.2	Messdaten lokal vor den Doppelfassaden	55
6.5.3	Daten des Deutschen Wetterdienstes	56
6.5.4	Messwerte vom Dach der HafenCity Universität.....	57
7	Messergebnisse	59
7.1	Methodik der Datenanalyse	59
7.2	Analyse der klimatischen Randbedingungen.....	59
7.2.1	Korrelation zwischen Wind und Außentemperatur.....	59
7.2.2	Korrelation zwischen Temperatur und Strahlung	62
7.3	Datengrundlage für den Außenluftwechsel	64
7.4	Darstellung des Außenluftwechsels.....	65
7.4.1	Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz	65
7.4.2	Abhängigkeit von der Solarstrahlung.....	69
7.4.3	Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit	70
7.4.4	Gemeinsame Darstellung von Windgeschwindigkeit und Temperaturdifferenz	72
7.5	Lufttemperaturen im Fassadenzwischenraum	74
8	Entwicklung des Rechenansatzes	77
8.1	Zielsetzung und Abgrenzung	77
8.2	Datengrundlage	77
8.3	Herleitung eines Rechenansatzes.....	80
8.3.1	Randbedingungen.....	80
8.3.2	Einfluss des Exponenten der Temperaturdifferenz	81
8.3.3	Finale Gleichung	84
8.4	Einfluss der Fassadengeometrie	85
8.5	Methode und Ergebnis der Regression	90
8.6	Diskussion der Ergebnisse	91
8.6.1	Differenzierung nach Gebäude.....	91

8.6.2	Einfluss von Temperaturdifferenz und Strahlung	94
8.6.3	Einfluss des Windes	97
8.6.4	Einfluss des Heizkörpers	98
8.6.5	Einfluss der Lüftungsanlage.....	100
8.7	Übertragbarkeit der Ergebnisse	101
9	Graphische Auswertung des Rechenansatzes.....	103
9.1	Randbedingungen zu den Diagrammen.....	103
9.2	Darstellung der Diagramme.....	106
10	Zusammenfassung und Ausblick	111
Literaturverzeichnis		115
Anhang		119
A.1	Steckbriefe der untersuchten Gebäude	119
A.2	Formblatt der Luftwechselmessung	144
A.3	Selektion der Luftwechselmessungen	145
A.4	Anwendung der Diagramme	147