

# Bestimmung der Effektivität nutzerbedingter Fensterlüftung mit Hilfe numerischer Simulationsverfahren

Von der Fakultät für Maschinenwesen

der

**Technischen Universität Dresden**

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

angenommene Dissertation

von

Dipl.-Ing. Ralf Gritzki

geb. am: 21.01.1970 in: Altdöbern

Tag der Einreichung: 17.04. 2001

Tag der Verteidigung: 23.10. 2001

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. W. Richter  
Prof. Dr.-Ing. R. Grundmann  
Prof. Dr. rer. nat. G. Lube

Vorsitzender der Promotionskommission: Prof. Dr.sc.techn. H. Quack

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Vorbetrachtungen . . . . .	1
1.2. Überblick, Abgrenzung der Arbeit . . . . .	2
<b>2. Vorstellung der Modellkonzeption</b>	<b>5</b>
2.1. Theoretische Grundlagen . . . . .	5
2.1.1. Mechanismen und Einflußgrößen natürlicher Lüftung . . . . .	5
2.1.2. Grundgedanken zur Lüftungseffektivität . . . . .	7
2.2. Zusammenstellung und Beurteilung bekannter Verfahren . . . . .	9
2.2.1. Einführung . . . . .	9
2.2.2. Methoden zur Ermittlung des Luftwechsels . . . . .	9
2.2.3. Möglichkeiten der Strömungsberechnung . . . . .	14
2.3. Konzept des Programmsystems . . . . .	18
<b>3. Das Berechnungsverfahren im Detail</b>	<b>21</b>
3.1. Übersicht . . . . .	21
3.2. Das Strömungssimulationsprogramm PARALLELNS . . . . .	21
3.2.1. Strömungsmechanische Grundlagen . . . . .	21
3.2.2. Stofftransport – Luftalter . . . . .	34
3.2.3. Räumliche und zeitliche Diskretisierung . . . . .	38
3.3. Kopplung mit der Gebäudesimulation . . . . .	46
3.3.1. Theoretischer Hintergrund . . . . .	46
3.3.2. Zeitlicher Ablauf . . . . .	48
3.3.3. Ausführungen zur praktischen Realisierung . . . . .	50
3.4. Kriterien und Modelle zur Bewertung der Lüftungsvorgänge . . . . .	52
3.4.1. Einführung . . . . .	52
3.4.2. Definitionen und Modelle . . . . .	53
3.4.3. Umsetzung im Programmsystem . . . . .	63
<b>4. Referenzbeispiele und Besonderheiten der Implementierung</b>	<b>73</b>
4.1. Vorbemerkungen . . . . .	73
4.2. Anwendungsfälle zur praktischen Absicherung . . . . .	73
4.2.1. Referenzfälle – PARALLELNS . . . . .	73
4.2.2. Vergleich Simulation – Messungen . . . . .	78
4.3. Demonstrationsbeispiele . . . . .	83

4.3.1. Büroraum mit vereinfachtem Heizkörpermodell . . . . .	83
4.3.2. 3D-Kanal – Verdrängungsströmung (Luftalter) . . . . .	88
4.3.3. Gitterunabhängigkeit der Grenzschichtiteration . . . . .	92
4.4. Spezielle Probleme der Realisierung . . . . .	96
4.4.1. Modifikationen am Turbulenzmodell . . . . .	97
4.4.2. Praktische Realisierung der gemischten Randbedingungen . .	98
4.4.3. Weitere Modifikationen . . . . .	99
<b>5. Untersuchung der Fensterlüftung für einen Büroraum</b>	<b>101</b>
5.1. Einleitung . . . . .	101
5.2. Raumgeometrie und Randbedingungen – Varianten . . . . .	101
5.3. Auswertung – Gegenüberstellung der Resultate . . . . .	104
5.4. Details zu den Varianten . . . . .	109
5.4.1. Überblick . . . . .	109
5.4.2. Variante <b>A</b> – vollständig geöffnetes Fenster . . . . .	110
5.4.3. Variante <b>B</b> – 45° geöffnetes Fenster . . . . .	112
5.4.4. Variante <b>C</b> – angekipptes Fenster . . . . .	114
5.5. Zusätzliche Varianten mit Mobiliar . . . . .	116
5.5.1. Geometrische Spezifikation und Randbedingungen . . . . .	116
5.5.2. Berechnungsverlauf und Resultate . . . . .	117
5.6. Gegenüberstellung – herkömmliche Methoden . . . . .	123
5.6.1. Überblick . . . . .	123
5.6.2. Vergleich des Luftwechsels – TRNSYS/LUMA . . . . .	123
5.6.3. Vergleich des Luftwechsels – Literatur . . . . .	125
5.7. Berechnung einer gekoppelten Nachtlüftungsvariante . . . . .	127
5.7.1. Überblick – Zielstellung . . . . .	127
5.7.2. Spezifikation der Randbedingungen . . . . .	128
5.7.3. Simulationsverlauf und Resultate . . . . .	129
5.7.4. Vergleich gekoppelte und Gebäudesimulation . . . . .	132
<b>6. Abschließende Bemerkungen</b>	<b>135</b>
6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	135
6.2. Weiterführende Gedanken . . . . .	136
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>139</b>
<b>A. Konturdarstellungen des lokalen Luftalters der Varianten – Kapitel 5</b>	<b>145</b>