

<b>1. Grundlagen der Ähnlichkeitslehre</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1. Einführung . . . . .	1
1.2. Formen der Ähnlichkeit und Analogie . . . . .	4
1.3. Wichtige Grundbegriffe . . . . .	12
1.3.1. Grundgrößen, Definitionsgrößen, Stoffwerte . . . . .	12
1.3.2. Übertragungsverhältnisse . . . . .	14
1.4. Herleiten von Ähnlichkeitsgesetzen nach verschiedenen Verfahren . . . . .	16
1.4.1. Herleiten von Ähnlichkeitsgesetzen aus dem Vergleich physikalischer Gesetzmäßigkeit (z. B. für Kräfte, Ener- gien usw.) Wirkgrößenanalyse . . . . .	17
1.4.1.1. Herleitung des Froudeschen Ähnlichkeits- gesetzes aufgrund eines Kräftevergleiches . . . . .	22
1.4.1.2. Herleiten der Froude-Kennzahl mit dem Impulssatz . . . . .	25
1.4.1.3. Einige Erläuterungen zum Froudeschen Ähnlichkeitsgesetz . . . . .	27
1.4.2. Herleiten von Ähnlichkeitsgesetzen aus der Dimensi- onsanalyse . . . . .	32
1.4.2.1. Allgemeines Vorgehen . . . . .	32
1.4.2.2. Herleiten der Ne- und Fr-Kennzahlen aus der Dimensionsanalyse . . . . .	34
1.4.3. Herleiten von Ähnlichkeitsgesetzen aus Differential- gleichungen . . . . .	47
1.5. Aufbau verschiedener Ähnlichkeitsgesetze von dynamischen Vorgängen nach verschiedenen Verfahren . . . . .	55
1.5.1. Die Cauchy-Kennzahlen und Modellbedingungen für Vorgänge unter der Wirkung von Trägheits- und elasti- schen Kräften . . . . .	55
1.5.2. Die Thomson-Kennzahl für Vorgänge unter der Wir- kung von Trägheits- und Gravitationskräften . . . . .	59

1.5.3. Die Weber-Kennzahl für Vorgänge unter der Wirkung von Trägheits- und Oberflächenkräften . . . . .	62
1.5.4. Die Hagen-Kennzahl für laminare Rohrströmungsvorgänge [3] . . . . .	66
<b>2. Praktische Anwendungen der Ähnlichkeitskriterien für dynamische Vorgänge . . . . .</b>	<b>72</b>
2.1. Übersicht über Ähnlichkeitssimplexe bei dynamischen Vorgängen . . . . .	73
2.2. Übersicht über Ähnlichkeitskomplexe bei dynamischen Vorgängen . . . . .	74
2.3. Widersprüche in Modellvorschriften . . . . .	76
2.3.1. Angleichen durch Variation der Stoffwerte . . . . .	78
2.3.2. Methode der partiellen Ähnlichkeit . . . . .	80
2.4. Anwendungsbeispiele . . . . .	80
2.4.1. Beispiel aus dem Flugzeugbau: DO 217 . . . . .	80
2.4.2. Beispiel aus dem Schiffbau: MS Bremen (Vorkriegsbau) [4] . . . . .	83
2.4.3. Ähnlichkeitsbetrachtung in der Zerstäubertechnik [5; 6; 7] . . . . .	86
2.4.3.1. Geschwindigkeitszerstäuber . . . . .	90
2.4.3.2. Die Fliehkraftzerstäubung . . . . .	94
2.4.4. Ähnlichkeitsbetrachtung im Ventilatorenbau . . . . .	101
2.4.4.1. Der Zusammenhang zwischen den dimensionslosen Größen des Ventilatorbaus . . . . .	112
2.4.4.2. Auslegungsbeispiel [9] . . . . .	116
2.4.5. Ähnlichkeitsbetrachtung bei Entstaubungsvorgängen [11] . . . . .	119
<b>3. Thermodynamische Ähnlichkeit . . . . .</b>	<b>123</b>
3.1. Herleiten verschiedener thermodynamischer Kennzahlen . . . . .	125
3.1.1. Die Archimedes-Kennzahl für Strömungsvorgänge unter dem Einfluß von thermischen Auftriebskräften und Trägheitskräften . . . . .	125
3.1.2. Die Grashof-Kennzahl für Vorgänge unter der Wirkung von thermischen Auftriebskräften und Zähigkeitskräften . . . . .	127

3.1.3. Die Péclet-Kennzahl für thermodynamische Vorgänge mit Konvektion und Wärmeleitung . . . . .	128
3.1.4. Die Prandtl-Kennzahl, eine Stoffwertkombination . . . . .	131
3.1.5. Die Nusselt-Kennzahl für konvektive Wärmeübergangsvorgänge . . . . .	132
3.1.6. Die Biot-Kennzahl bei Wärmeübergangsvorgängen durch Konvektion und Wärmeleitung im Feststoff . . . . .	135
3.1.7. Die Fourier-Kennzahl, der Zeitparameter instationärer Wärmeleitvorgänge . . . . .	136
3.1.8. Die Stanton-Kennzahl, der Wirkungsgrad eines Wärmeübergangsvorganges . . . . .	137
3.2. Praktische Anwendungen der Ähnlichkeitskriterien für thermodynamische Vorgänge . . . . .	139
3.2.1. Übersicht über thermodynamische Ähnlichkeitskomplexe . . . . .	139
3.2.2. Ähnlichkeitsbetrachtung beim Wärmeübergang an Riesel-filmen . . . . .	141
3.2.3. Dimensionierungsbeispiel mit einem gegebenen Wärmeübergangsgesetz [14] . . . . .	144
3.2.4. Vereinfachung der mathematischen Formulierung eines wärmetechnischen Problems mit Hilfe dimensionsloser Kennzahlen [14] . . . . .	146
<b>4. Ähnlichkeit bei Stoffübergangsvorgängen . . . . .</b>	<b>154</b>
4.1. Herleiten von Kenngrößen des Stoffüberganges . . . . .	155
4.1.1. Die Kennzahl $Pe^*$ für Stoffübergangsvorgänge unter dem Einfluß von Konvektion und Diffusion . . . . .	155
4.1.2. Herleiten der Fick-Kennzahl als Zeitparameter instationärer Diffusionsvorgänge . . . . .	156
4.1.3. Stoffübergang durch Diffusion und Konvektion im Fluid . . . . .	157
4.1.4. Stoffübergang durch Konvektion und Diffusion im Feststoff . . . . .	158
4.2. Die Bedeutung der Analogiekennzahlen . . . . .	158
4.3. Praktische Anwendungen der Ähnlichkeitskriterien für Stoffübergangsvorgänge am Beispiel des Düsenkammer-Luftbefeuchters . . . . .	161
4.3.1. Einführung in die Problematik [2] . . . . .	161

4.3.2. Vorgang der Zerstäubung . . . . .	164
4.3.3. Vorgang der Fluidbewegung . . . . .	166
4.3.4. Die Austauschvorgänge „Wärme- und Stoffaustausch“ . . . . .	170
<b>5. Ähnlichkeitskriterien bei chemotechnischen Vorgängen . . . . .</b>	<b>181</b>
5.1. Die Damköhler-Zahlen . . . . .	181
5.1.1. Damköhler-Zahl $Da_I$ . . . . .	181
5.1.2. Damköhler-Zahl $Da_{II}$ . . . . .	182
5.1.3. Damköhler-Zahl $Da_{III}$ . . . . .	183
5.1.4. Damköhler-Zahl $Da_{IV}$ . . . . .	184
5.2. Praktische Anwendungen der Damköhler-Zahlen . . . . .	185
5.2.1. Homogener, stationärer und instationärer Strömungs- rohrreaktor, ein Beispiel über die Anwendung von $Da_I$ . . . . .	185
5.2.2. Reduktion dichter Erze [20] . . . . .	188
<b>6. Analogietechniken . . . . .</b>	<b>191</b>
6.1. Elektroanalogie stationärer Felder . . . . .	196
6.1.1. Zweidimensionale Temperaturfelddarstellung . . . . .	196
6.1.2. Zweidimensionale Darstellung von Potential- strömungen . . . . .	203
6.1.3. Dreidimensionale Felddarstellung . . . . .	214
6.2. Elektroanalogie instationärer Felder . . . . .	216
6.3. Anmerkungen zur Untersuchung von Temperatenausgleichs- vorgängen mit Hilfe der Analogie des Stoffaustausches . . . . .	223
<b>7. Schrifttum . . . . .</b>	<b>226</b>
<b>8. Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>228</b>