

Ingenieurwissenschaftliche Bibliothek  
Engineering Science Library

Herausgeber/Editor: István Szabó, Berlin

Henry Görtler

# Dimensionsanalyse

Theorie der physikalischen Dimensionen  
mit Anwendungen



Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1975

# Inhaltsverzeichnis

<u>1. Propädeutisches</u> . . . . .	1
1.1. Einführung und ein erstes Beispiel für den Nutzen von Dimensionsbetrachtungen. . . . .	1
1.2. Weitere Beispiele für den Nutzen von Dimensions- betrachtungen . . . . .	12
1.3. Das astronomische Grundgrößensystem in propädeu- tischer Sicht . . . . .	31
<u>2. Beschreiben, Bewerten, Messen</u> . . . . .	42
2.1. Ziel der Betrachtungen dieses Kapitels . . . . .	42
2.2. Die drei Forderungen . . . . .	45
2.2.1. Das Beschreiben von Gegenständen . . . . .	45
2.2.2. Das Bewerten gleichartiger Merkmale . . . . .	48
2.3. Die zusätzlichen drei metrischen Konventionen . . . . .	52
2.3.1. Merkmalunterschiede . . . . .	52
2.3.2. Nullmerkmal und Einheitsmerkmal . . . . .	58
2.4. Physikalische Bezeichnungen. Beweis des Bridgmanschen Axioms . . . . .	59
<u>3. Dimensionsformeln, dimensionshomogene</u>	
<u>Funktionen und Gleichungen</u> . . . . .	63
3.1. Dimensionsformeln. . . . .	63
3.1.1. Grundgrößenarten, Grundgrößensysteme . . . . .	63
3.1.2. Abgeleitete Größenarten . . . . .	65
3.1.3. Änderung der Grundeinheiten . . . . .	67
3.1.4. Gestalt der eine abgeleitete Größenart definierenden Funktion . . . . .	69
3.1.5. Definition der Dimensionsformeln. . . . .	74
3.2. Dimensionshomogene Funktionen und Gleichungen. Rechnen mit Maßzahlen . . . . .	77
3.2.1. Dimensionshomogene Funktionen . . . . .	77
3.2.2. Das Rechnen mit Maßzahlen physikalischer Größen. . . . .	85

3.3. Matrizen und lineare Gleichungen im Reellen . . . . .	89
3.3.1. Matrizenrechnung . . . . .	89
3.3.2. Lineare Transformationen und lineare Abhängigkeit . . . . .	95
3.3.3. Homogene lineare Gleichungen . . . . .	98
3.3.4. Inhomogene lineare Gleichungen . . . . .	102
3.4. Übergang von einem Grundgrößensystem zu einem anderen . . . . .	104
3.4.1. Übergang von einem $\{M_1, \dots, M_n\}$ -System zu einem $\{P_1, \dots, P_p\}$ -System . . . . .	104
3.4.2. Übergang vom physikalischen $\{M, L, T\}$ -System der Mechanik zum astronomischen $\{L, T\}$ -System als Beispiel . . . . .	108
3.4.3. Verringerung der Anzahl der Grundgrößen um eins . . . . .	112
3.4.4. Äquivalente Grundgrößensysteme . . . . .	116
<u>4. Das <math>\Pi</math>-Theorem . . . . .</u>	119
4.1. Fundamentalsysteme dimensionsloser Potenzprodukte . . . . .	119
4.1.1. Systeme unabhängiger Potenzprodukte . . . . .	119
4.1.2. Fundamentalsysteme $\Pi_1, \dots, \Pi_p$ von dimensionslosen Potenzprodukten . . . . .	121
4.2. Potenzprodukte vorgeschriebener Dimension und eine fundamentale Eigenschaft dimensions homogener Funktionen . . . . .	126
4.2.1. Potenzprodukte vorgeschriebener Dimension . . . . .	126
4.2.2. Eine fundamentale Eigenschaft dimensions- homogener Funktionen . . . . .	131
4.3. Geometrie der Einheitenänderungen als Abbildungen im Maßzahlraum . . . . .	134
4.4. Beweis des $\Pi$ -Theorems in Anlehnung an H.L. Langhaar. . . . .	143
4.5. Beweis des $\Pi$ -Theorems nach L. Brand. . . . .	148
4.6. Historische Bemerkungen zum $\Pi$ -Theorem . . . . .	154
<u>5. Anwendungen: Beispiele zur Dimensionsanalyse     und Einführung in die Ähnlichkeits- oder Modelltheorie . . . . .</u>	162
5.1. Beispiele für die Anwendung des $\Pi$ -Theorems zur Dimensionsanalyse . . . . .	162
5.1.1. Einige Beispiele mit optimalem Ergebnis . . . . .	164
5.1.2. Einige Beispiele, in denen das Ergebnis des $\Pi$ -Theorems durch zusätzliches physikalisches Wissen verschärft wird . . . . .	180

5.1.3. $\Pi$ -Theorem und Wechsel des Grundgrößen- systems . . . . .	194
5.2. $\Pi$ -Theorem und Ähnlichkeits- oder Modelltheorie . . . . .	211
5.2.1. Ähnlichkeit bezüglich eines Grundgrößen- systems . . . . .	211
5.2.2. Bedeutung des $\Pi$ -Theorems für das Modell- versuchswesen . . . . .	214
5.2.3. Ein Beispiel und allgemeine Bemerkungen über das Modellversuchswesen . . . . .	216
5.2.4. Geometrische, kinematische und dynamische Ähnlichkeit . . . . .	221
5.2.5. Einige der wichtigsten Modellgesetze der Strömungsmechanik als Beispiel. . . . .	225
5.3. Eine Auswahl von Lehrbüchern zur praktischen An- wendung von Dimensionsanalyse und Modelltheorie. . . . .	232
5.4. Verallgemeinerung des $\Pi$ -Theorems und des Ähnlichkeitsbegriffs . . . . .	233
<u>Namen- und Sachverzeichnis</u> . . . . .	244