

# INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einführung . . . . .	1
1.1.	Die Entwicklung der Theorie der offenen Systeme . . . . .	1
1.2.	Sinn und Probleme der Modellbildung in der Biologie . . . . .	7
1.2.1.	Modelle in der Biologie . . . . .	7
1.2.2.	Original-Modell-Ängleichung . . . . .	11
1.3.	Grundbegriffe der allgemeinen Systemtheorie . . . . .	14
1.3.1.	Die Forderungen der allgemeinen Systemtheorie . . . . .	14
1.3.2.	Zur Begriffsbestimmung „System“ . . . . .	16
1.3.3.	Die Eigenschaften allgemeiner Systeme . . . . .	19
1.3.4.	Relationale und metrische Systeme . . . . .	22
1.4.	Der Organismus als offenes System im Fließgleichgewicht . . . . .	23
2.	Theorie der offenen Systeme . . . . .	29
2.1.	Der Systembegriff in den Naturwissenschaften . . . . .	29
2.2.	Biologische Systeme als $n$ -stellige Relationen . . . . .	33
2.2.1.	Allgemeine Formulierung . . . . .	33
2.2.2.	Ein Beispiel . . . . .	35
2.3.	Systembeschreibung mit Hilfe von Differentialgleichungen . . . . .	41
2.3.1.	Der Weg zu Systemen gewöhnlicher linearer Differentialgleichungen erster Ordnung mit konstanten Koeffizienten . . . . .	41
2.3.2.	Lösungsmethode und Eigenschaften der Lösungsfunktion . . . . .	44
2.4.	Spezielle Probleme der Systeme von linearen Differentialgleichungen . . . . .	47
2.4.1.	Eigenwertprobleme der Koeffizientenmatrix . . . . .	50
2.4.2.	Nichtnegative Lösungsfunktionen . . . . .	52
2.4.3.	Systeme mit nichtkonstanten Koeffizienten . . . . .	52
2.5.	Die Eigenschaften offener Systeme . . . . .	54
2.5.1.	Allgemeine Gleichungen der offenen Systeme . . . . .	54
2.5.2.	Fließgleichgewicht . . . . .	54
2.5.3.	Zwei einfache Modelle offener Systeme . . . . .	56
2.5.4.	Overshoot und falscher Start . . . . .	62
2.5.5.	Äquifinalität . . . . .	63
3.	Anwendungen der Theorie der offenen Systeme in der Biologie . . . . .	67
3.1.	Stoffwechselgeschehen . . . . .	67
3.1.1.	Hierarchische Ordnung des Stoffwechsels und der Energiebedarf zu seiner Aufrechterhaltung . . . . .	67

3.1.2. Stoffwechsel als Netzwerk von Reaktionen . . . . .	74
3.1.3. Kompartmentierung . . . . .	74
3.1.4. Die organischen Grundphänomene als Konsequenzen des Fließgleichgewichts des Organismus . . . . .	77
3.2. Wachstum . . . . .	80
3.2.1. Wachstum in der Zeit . . . . .	80
3.2.2. Zellwachstum . . . . .	86
3.2.3. Wachstum von Geweben . . . . .	92
3.2.4. Wachstum des Gesamtorganismus . . . . .	93
3.2.5. Computerisation der BERTALANFFY-Gleichungen . . . . .	96
3.2.6. Relatives Wachstum (Allometrie) . . . . .	103
3.2.7. Wachstum von Populationen . . . . .	113
4. Zur Thermodynamik biologischer Systeme . . . . .	122
4.1. Prinzipien der Thermodynamik irreversibler Prozesse. . . . .	122
4.2. Prinzipien der Thermodynamik offener Systeme . . . . .	124
4.3. Beispiele aus der Biologie. . . . .	130
5. Das Verhältnis der Theorie der offenen Systeme zu anderen Systembeschreibungen .	140
6. Literatur . . . . .	148