

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Kapitel. Ausgangspunkte</b> .....	1
1.1 Der Stoff- und Energiefluß durch eine höhere Pflanze ....	1
1.2 Primitive Uroorganismen als Modelle .....	3
1.3 Zusammenfassender Vergleich .....	6
1.4 Literatur .....	7
<b>2. Kapitel. Potentiale und Transport</b> .....	8
2.1 Das chemische Potential .....	8
2.1.1 Die Diffusion .....	8
2.1.2 Die Diffusion durch Membranen als Sonderfall .....	10
2.1.3 Die Messung des Permeabilitätskoeffizienten .....	11
2.1.4 Permeabilität, Reflexionskoeffizient und Osmose .....	11
2.2 Das elektrische und das elektrochemische Potential .....	14
2.2.1 Die Diffusion von Elektrolyten .....	14
2.2.2 Die Ionendiffusion durch Membranen .....	17
2.2.2.1 Die Nernstsche Gleichung .....	17
2.2.2.2 Membranpotentiale .....	18
2.2.2.3 Die Gleichung konstanten Feldes oder die Goldman-Gleichung .....	21
2.2.2.4 Die Messung einiger wichtiger Größen .....	24
2.2.2.5 Die Ussing-Teorell-Beziehung .....	29
2.3 Kriterien für den aktiven Transport .....	30
2.3.1 Der Transport gegen Gradienten als Kriterium für den aktiven Transport .....	30
2.3.2 Passiver Transport gegen chemische und elektrochemische Gradienten .....	31
2.3.2.1 Kongruenter und inkongruenter Transport .....	31
2.3.2.2 Negative Osmose .....	33
2.3.2.3 Transport durch Träger oder Carrier .....	35
2.3.3 Die Abhängigkeit vom Stoffwechsel als Kriterium für den aktiven Transport .....	38
2.3.4 Definitionen des aktiven Transportes .....	42

2.4	Anhang .....	43
2.4.1	Einige der am meisten benutzten Konstanten und Symbole in alphabetischer Reihenfolge .....	43
2.4.2	Praktische Formen wichtiger Gleichungen .....	45
2.5	Literatur .....	45
<b>3.</b>	<b>Kapitel. Zellwand und Zellmembran: Eine erste Komplizierung des Modells</b> .....	<b>47</b>
3.1	Die Zellwandphase .....	48
3.1.1	Strukturelle Voraussetzungen für den Zellwandtransport .....	48
3.1.2	Zellwandräume als Transportphasen: Das Konzept des Free Space .....	56
3.2	Die Membranphase .....	60
3.2.1	Die historische Entwicklung der Membranforschung .....	60
3.2.1.1	Das Danielli-Davsonsche Membranmodell und das Kon- zept der „unit membrane“ (Elementarmembran) .....	60
3.2.1.2	Membrantransport-Theorien und das Danielli-Davson- Modell .....	62
3.2.1.3	Membranporen .....	64
3.2.2	Die moderne Membranforschung .....	67
3.2.2.1	Moderne Membranmodelle .....	68
3.2.2.2	Membrantransportmechanismen und die modernen Mem- branmodelle .....	72
3.3	Literatur .....	84
<b>4.</b>	<b>Kapitel. Die vereinfachenden Modelle der Transportphysiologen</b> ..	<b>87</b>
4.1	Das Modell mit den beiden Kompartimenten Außen und Innen .....	87
4.1.1	Die äußere Diffusionsbarriere von Pflanzenzellen .....	87
4.1.2	Die doppelte Michaelis-Menten-Kinetik der Ionenauf- nahme .....	88
4.1.2.1	Die kinetische und qualitative Charakterisierung von System 1 und System 2 der Ionenaufnahme .....	88
4.1.2.2	Der Mechanismus von System 1 und System 2 der Ionen- aufnahme .....	90
4.1.2.3	Die Frage nach der cytologischen Lokalisation von System 1 und System 2 der Ionenaufnahme .....	94
4.2	Das Modell mit den drei Kompartimenten Außen – Cytoplasma – Vacuole .....	95
4.2.1	Die Torii-Laties-Hypothese .....	95

4.2.1.1	Die Ionenaufnahme durch vacuolisiertes und nicht-vacuolisiertes Wurzelgewebe .....	95
4.2.1.2	Warum können wir zwei Mechanismen beobachten, wenn wir die Ionenaufnahme in Abhängigkeit von der Außenkonzentration untersuchen? .....	97
4.2.1.3	Die Synthese und Kompartimentierung organischer Säuren im Zusammenhang mit der Ionenaufnahme .....	100
4.2.1.4	Einige weitere Belege für die Torii-Laties-Hypothese ....	103
4.2.2	Weiterführende Vorstellungen .....	104
4.2.2.1	Test der Modelle durch Computer-Simulation .....	104
4.2.2.2	Multiphasische Aufnahmesysteme .....	105
4.2.2.3	Übersicht .....	106
4.2.3	Kompartimentsanalyse .....	108
4.2.3.1	Direkte Kompartimentsanalyse: Coenoblastische Algenzellen .....	108
4.2.3.2	Indirekte Kompartimentsanalyse: Die Isotopenaustauschkinetik .....	109
4.2.3.3	Aktive Ionenfluxe am Plasmalemma und am Tonoplasten von Algenzellen und Zellen höherer Pflanzen .....	118
4.3	Modelle mit zwei cytoplasmatischen Kompartimenten ....	120
4.3.1	Unerwartete Kinetik der Ionenaufnahme und des Ionenaustausches bei Zellen höherer Pflanzen .....	120
4.3.2	Elektrophysiologische Messungen an den coenoblastischen Zellen von <i>Valonia</i> .....	122
4.3.3	Kinetische Untersuchungen an <i>Nitella</i> .....	122
4.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	125
4.5	Literatur .....	128
<b>5.</b>	<b>Kapitel Zusammenhänge zwischen der Feinstruktur des Cytoplasmas und Transportfunktionen: Die weitere Komplizierung des Modells .....</b>	<b>130</b>
5.1	Beobachtungen über Stofftransport in membranumgebenen Vesikeln .....	130
5.1.1	Exocytose .....	130
5.1.2	Endocytose .....	134
5.1.3	Transport in Bläschen innerhalb der Zelle .....	134
5.2	Die stoffliche Eigenständigkeit von Organellen .....	136
5.2.1	Allgemeine Diskussion .....	136
5.2.2	Die Ionenaufnahme in Chloroplasten .....	137
5.3	Besonderheiten des Cytoplasmas von Drüsenzellen .....	140
5.3.1	Drüsenfunktionen .....	140

5.3.2	Die Feinstruktur des Drüsencytoplasmas .....	141
5.3.2.1	Transfer Cells .....	142
5.3.2.2	Mitochondrienreichtum .....	146
5.4	Literatur .....	148
<b>6.</b>	<b>Kapitel Metabolische Regulation von Transportprozessen .....</b>	<b>150</b>
6.1	Die Respiration als Energielieferant für aktiven Transport	151
6.1.1	Die direkte Koppelung des aktiven Anionentransportes mit der Elektronenübertragung entlang der Atmungskette	151
6.1.1.1	Die Salzatmung und die Lundegårdh-Hypothese .....	151
6.1.1.2	Modell einer Redoxpumpe nach Robertson und Conway.	153
6.1.1.3	Mögliche Koppelungsmechanismen zwischen respiratorischem Elektronenfluß und Membrantransportprozessen ..	156
6.1.2	ATP als Energielieferant für aktiven Transport .....	157
6.1.2.1	ATP als „allgemeine Energiewährung“ der Zelle .....	157
6.1.2.2	Hemmstoffversuche .....	158
6.1.2.3	Die Salzatmung und ATP-getriebener Ionentransport ...	159
6.1.3	Antrieb verschiedener aktiver Ionenflüsse in komplexen Systemen durch verschiedene Energiequellen .....	161
6.2	Die Ausnutzung von Lichtenergie durch den Transport ...	164
6.2.1	Beeinflussung von Membrantransportprozessen durch direkte Lichtwirkung auf die Membran .....	164
6.2.1.1	Photoelektrische Effekte .....	164
6.2.1.2	Lichteinwirkung auf hormonale Regulationssysteme .....	165
6.2.2	Die Photosynthese als Energiequelle für aktiven Transport .....	175
6.2.2.1	Die ersten Beweise für die Abhängigkeit von Transportprozessen von der Photosyntheseenergie .....	175
6.2.2.2	Vereinfachtes Schema der photosynthetischen Energieübertragungsreaktionen .....	176
6.2.2.3	Experimentelle Beeinflussung der Energieübertragungsreaktionen der Photosynthese und Korrelation mit Energie-abhängigen Transportprozessen .....	178
6.2.3	Spezielle Photosynthese-abhängige Transportmechanismen .....	183
6.2.3.1	Das Hexoseaufnahmesystem von <i>Chlorella</i> -Zellen .....	183
6.2.3.2	Ionenaufnahmemechanismen bei Algenzellen .....	185
6.2.3.3	Ionenaufnahmemechanismen bei Wasserpflanzenblättern	188
6.2.3.4	Ionenaufnahmemechanismen bei grünen Zellen von Luftblättern höherer Pflanzen .....	189
6.2.4	Die Koppelung zwischen Energie-übertragenden Reak-	

tionen im Inneren der Chloroplasten und aktiven Transportmechanismen an entfernt liegenden Membranen . . . .	191
6.2.4.1 Die Koppelung durch chemische Mechanismen . . . . .	192
6.2.4.2 Die Koppelung durch physikalische Mechanismen . . . . .	200
6.3 Literatur . . . . .	209
<b>7. Kapitel. Kurzstreckentransport – Mittelstreckentransport – Langstreckentransport . . . . .</b>	<b>213</b>
7.1 Die Bedeutung einzelner Transportwege für den Mittelstrecken- und den Langstreckentransport . . . . .	214
7.1.1 Apoplasmatische Transportwege . . . . .	214
7.1.1.1 Der Zellwandtransport . . . . .	214
7.1.1.2 Der Transpirationsstrom . . . . .	215
7.1.2 Der symplasmatische Transport . . . . .	219
7.1.2.1 Plasmodesmata als strukturelle Voraussetzung für den symplasmatischen Transport . . . . .	220
7.1.2.2 Arisz' Versuche zum symplasmatischen Transport . . . . .	222
7.1.2.3 Der Mechanismus des symplasmatischen Transportes . . . . .	225
7.1.2.4 Der symplasmatische Transport von Metaboliten bei der Photosynthese und der Photorespiration von C <sub>4</sub> -Pflanzen . . . . .	228
7.1.3 Transport in Siebröhren . . . . .	233
7.1.3.1 Der Assimilatfernttransport als Sonderfall des symplasmatischen Transportes . . . . .	233
7.1.3.2 Das Problem des Mechanismus des Siebröhrentransportes . . . . .	235
7.1.4 Zusammenfassende Bemerkung . . . . .	243
7.2 Die Koppelung von Kurzstrecken-, Mittelstrecken- und Langstreckentransport und der Übergang zwischen verschiedenen Transportwegen . . . . .	243
7.2.1 Das Modell der Wurzel: Verschiedene Hypothesen zum Mechanismus des Ionentransportes aus der Außenlösung durch die Wurzel in die Xylem-Fernleitungsbahnen . . . . .	245
7.2.1.1 Die Hypothese der Gefäßelementdifferenzierung . . . . .	246
7.2.1.2 Die Hypothese der Endodermispumpe . . . . .	247
7.2.1.3 Die Hypothese der Gefäßparenchypumpe . . . . .	247
7.2.1.4 Die Hypothese des symplasmatischen Transportes durch die Wurzel . . . . .	249
7.2.1.5 Die Hypothese der zwei Pumpen . . . . .	254
7.2.2 Das Modell des Blattes . . . . .	255
7.2.2.1 Das System Blattmesophyll-Stielzelle–Blasenzelle bei <i>Atriplex</i> und <i>Chenopodium</i> . . . . .	256
7.2.2.2 Die Salzdrüsen von <i>Limonium</i> . . . . .	256

7.2.2.3 Die Verdauungsdrüsen der <i>Nepenthes</i> -Kannen.....	257
7.2.2.4 Die Nektarsekretion.....	259
7.2.2.5 Ionentransport im Dienste der Stomataregulation.....	262
7.2.3 Grenzen der verfügbaren Methoden.....	264
7.3 Die Transportregulation in der Pflanze als Ganzem.....	265
7.4 Literatur.....	267
Sachverzeichnis.....	273
Verzeichnis der lateinischen Gattungs- und Artnamen.....	279