

Inhaltsverzeichnis

Einleitung I

- I Zur Geschichte des Biologieunterrichts in Deutschland 1
- II Experimente als Erkenntnisquelle 5
- III Die Bedeutung schulischer Experimente 7
- Vorbemerkungen zu den Versuchen 13

1 Biologisch wichtige Makromoleküle und ihre Bausteine I: Mono-, Di-, Polysaccharide 15

A Theoretische Grundlagen 15

- 1.1 Einleitung 15
- 1.2 Monosaccharide (einfache Zucker) 15
- 1.3 Glykoside, Di- und Oligosaccharide 18
- 1.4 Polysaccharide 20

B Versuche 23

V 1.1 Kohlenhydrate 23

- V 1.1.1 Verkohlung von Zuckern mit Schwefelsäure 23
- V 1.1.2 Verkohlung von Zuckern: Pharaoschlangen 24
- V 1.1.3 Qualitativer Kohlenhydratnachweis nach MOLISCH 25

V 1.2 Mono- und Disaccharide 27

- V 1.2.1 Nachweis von reduzierenden Zuckern: die FEHLINGsche bzw. BENEDICTsche Probe 27
- V 1.2.2 Nachweis von reduzierenden Zuckern: Reduktion von Methyl-
lenblau 29
- V 1.2.3 Enzymatischer Glucosenachweis 30
- V 1.2.4 Nachweis von Pentosen 31
- V 1.2.5 Nachweis von Ketohexose (SELIWANOFF-Probe) 33

V 1.3 Polysaccharide 34

- V 1.3.1 Makromolekulare Struktur der Polysaccharide (FARADAY-
TYNDALL-Effekt) 34
- V 1.3.2 Nachweis von Stärke in Lebensmitteln 35
- V 1.3.3 Mikroskopische Untersuchung von Stärkekörnern 36
- V 1.3.4 Nachweis von Cellulose 37

2 Biologisch wichtige Makromoleküle und ihre Bausteine II: Aminosäuren, Peptide, Proteine 39

A Theoretische Grundlagen 39

2.1 Einleitung 39

2.2 Aminosäuren – die Bauelemente der Proteine 40

2.3 Primärstruktur der Proteine 43

2.4 Sekundärstruktur 44

2.5 Tertiär- und Quartärstruktur, supramolekulare Strukturen 45

B Versuche 47

V 2.1 Aminosäuren 47

V 2.1.1 Nachweis von Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff und Wasserstoff in Aminosäuren 47

V 2.1.2 Farbreaktionen mit Ninhydrin 48

V 2.1.3 Xanthoproteinreaktion 50

V 2.1.4 Bestimmung der pH-Werte von Aminosäuren 51

V 2.1.5 Pufferwirkung von Aminosäuren 52

V 2.1.6 Papierchromatographische Trennung von Aminosäuren 53

V 2.1.7 Dünnschichtchromatographische Trennung von Aminosäuren im Fruchtsaft der Zitrone 55

V 2.2 Peptide/Proteine 57

V 2.2.1 Biuret-Reaktion 57

V 2.2.2 Kolloidaler Charakter von Proteinen (FARADAY-TYNDALL-Effekt) 59

V 2.2.3 Bedeutung des Cysteins bei Tertiärstrukturen 59

V 2.2.4 Fällung von Proteinen 61

3 Eigenschaften und Wirkungsweise von Enzymen 63

A Theoretische Grundlagen 63

3.1 Einleitung 63

3.2 Chemische Struktur der Enzyme 64

3.3 Enzyme verringern die Aktivierungsenergie 65

3.4 Mechanismus der enzymatischen Katalyse 66

3.5 Kinetik der Enzymreaktionen 67

3.6 Beeinflussung und Regulation von Enzymen 69

3.7 Einteilung und Nomenklatur der Enzyme 71

B Versuche 72

V 3.1 Wirkungsweise von Enzymen 72

V 3.1.1 Katalytische und biokatalytische Zersetzung von Wasserstoffperoxid 72

V 3.1.2 Verringerung der Aktivierungsenergie durch Urease 74

V 3.1.3	Aktivität der Katalase bei verschiedenen Substratkonzentrationen	76
V 3.2	Eigenschaften von Enzymen	78
V 3.2.1	Substratspezifität und kompetitive Hemmung der Urease	78
V 3.2.2	Enzymhemmung durch Schwermetalle	79
V 3.2.3	pH-Abhängigkeit des Stärkeabbaus durch die Mundspeichel-Amylase	80
V 3.2.4	Abhängigkeit der Katalaseaktivität vom pH-Wert	83
V 3.2.5	Einfluss der Temperatur auf die Enzymaktivität am Beispiel der Urease	84
V 3.2.6	Todesringe und Todesstreifen	86
V 3.2.7	Haushaltstipp: Braunfärbung aufgeschnittener Äpfel	88
4	Bau, Eigenschaften und Funktionen von Biomembranen	
	Die pflanzliche Zelle als osmotisches System	91
	A Theoretische Grundlagen	91
4.1	Einleitung	91
4.2	Chemischer Aufbau von Membranen	92
4.3	Membranmodelle	94
4.4	Transportphänomene: Diffusion und Osmose	95
4.5	Die pflanzliche Zelle als osmotisches System, Wasserpotenzial der Zelle, Plasmolyse und Deplasmolyse	97
	B Versuche	99
V 4.1	Bau von Biomembranen	99
V 4.1.1	Vereinfachtes Modell einer Biomembran	99
V 4.2	Transportphänomene: Diffusion und Osmose	100
V 4.2.1	Diffusion von Kaliumpermanganat in Wasser	100
V 4.2.2	Modellversuch zur Osmose	101
V 4.2.3	Künstliche osmotische Zellen: der Chemische Garten	102
V 4.2.4	Osmometermodell der Pflanzenzelle	104
V 4.3	Osmotische Eigenschaften der Zelle	106
V 4.3.1	Selektive Permeabilität von Biomembranen	106
V 4.3.2	Osmotische Wirksamkeit verschiedener Substanzen	108
V 4.3.3	Welken durch Turgorverlust	109
V 4.3.4	Plasmolyse und Deplasmolyse	110
V 4.4	Membranschädigungen	112
V 4.4.1	Schädigung von Biomembranen durch Tenside	112
V 4.4.2	Austritt von Vakuolenfarbstoffen als Indikator einer Membranschädigung	113

x Inhaltsverzeichnis

5 Wasserhaushalt der Pflanzen 115

A Theoretische Grundlagen 115

5.1 Einleitung 115

5.2 Besondere physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers 115

5.3 Verfügbarkeit von Wasser im Boden 117

5.4 Wasseraufnahme 118

5.5 Wasserabgabe 120

5.6 Mechanismus des Wasserferntransports 122

B Versuche 124

V 5.1 Wasserabgabe 124

V 5.1.1 Blätter als Transpirationsorgane 124

V 5.1.2 Nachweis der Lage und Transpiration der Spaltöffnungen 125

V 5.1.3 Ein Blätter-Mobilé 127

V 5.1.4 Mikroskopie von Spaltöffnungen mit einem Abdruckverfahren 128

V 5.1.5 Modellversuch zum Randeffekt 129

V 5.1.6 Besonderheiten bei Schwimmblättern 130

V 5.1.7 Verdunstungsschutz durch Cuticula und Korkschicht 131

V 5.2 Mechanismus des Wasserferntransports 132

V 5.2.1 Gipspilzmodell 132

V 5.2.2 Transpirationsmessung mit dem Potometer 134

V 5.2.3 Demonstration des Transpirationssogs 135

V 5.3 Wurzeldruck 136

V 5.3.1 „Bluten“ verletzter Pflanzen 136

V 5.3.2 Guttation 137

6 Ernährung und stoffliche Zusammensetzung der Pflanzen 139

A Theoretische Grundlagen 139

6.1 Einleitung 139

6.2 Nährelemente und Nährstoffe 140

6.3 Verfügbarkeit der Pflanzennährstoffe 140

6.4 Bedeutung der Mikroflora der Rhizosphäre 142

6.5 Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze 143

6.6 Stoffliche Zusammensetzung der Pflanzen 145

6.7 Funktionen der einzelnen Nährelemente und Ernährungszustände der Pflanze 145

B Versuche 147

V 6.1 Nährstofferschließung im Boden durch Pflanzen 147

V 6.1.1 Ladung der Bodenkolloide 147

- V 6.1.2 Protonenabgabe durch die Wurzel 148
- V 6.1.3 Ionenaustausch an den Bodenkolloiden 150
- V 6.1.4 Der „Marmorplattenversuch“ 151
- V 6.1.5 Reduktion von Eisen(III)-Ionen durch Wurzeln 152
- V 6.1.6 Aktivität von sauren Phosphatasen im Wurzelbereich 153
- V 6.2 Stoffliche Zusammensetzung der Pflanzen 154
 - V 6.2.1 Bestimmung des Wassergehalts von Pflanzen 154
 - V 6.2.2 Einfache Elementaranalyse der Trockensubstanz 155
 - V 6.2.3 Bestimmung des Aschegehalts an der Trockensubstanz 157
 - V 6.2.4 Qualitative Analyse von Pflanzenasche 159
- V 6.3 Einfluss der Nährelemente auf das Wachstum der Pflanzen 161
 - V 6.3.1 Visuelle Symptome eines Nährstoffmangels (Mangelkulturen) 161

7 Photosynthese I: Energieumwandlung 165

A Theoretische Grundlagen 165

- 7.1 Einleitung 165
- 7.2 Chloroplasten als Organellen der Photosynthese 165
- 7.3 Chlorophylle und Carotinoide 167
- 7.4 Lichtabsorption und Energieleitung in den Pigmentantennen 170
- 7.5 Z-Schema des photosynthetischen Elektronentransports 173
- 7.6 Photophosphorylierung – Bildung des Energieäquivalents 178

B Versuche 181

- V 7.1 Chloroplasten als Organellen der Photosynthese 181
 - V 7.1.1 Lichtmikroskopische Beobachtung von Chloroplasten 181
- V 7.2 Isolation und Trennung der Chloroplastenfarbstoffe (Chlorophylle und Carotinoide) 183
 - V 7.2.1 Extraktion der Photosynthesepigmente aus Blättern – Gewinnung eines Rohchlorophyllextrakts 183
 - V 7.2.2 Trennung der Blattpigmente durch Ausschütteln und Verseifung des Chlorophylls 184
 - V 7.2.3 Papierchromatographische Trennung der Chloroplastenfarbstoffe 186
 - V 7.2.4 Chromatographie mit Tafelkreide 189
 - V 7.2.5 Dünnschichtchromatographische Trennung der Chloroplastenfarbstoffe 191
- V 7.3 Lichtabsorption der Chloroplastenfarbstoffe 194
 - V 7.3.1 Lichtabsorption durch eine Rohchlorophylllösung (Vergleich dicker und dünner Chlorophyllschichten) 194

- V 7.3.2 Lichtabsorption durch verschieden dicke Blattschichten 196
- V 7.3.3 Lichtabsorption durch eine Carotinlösung 197
- V 7.4 Eigenschaften des Chlorophylls 198
 - V 7.4.1 Chlorophyllabbau durch Säuren – Pheophytinbildung; Kupferchlorophyll 198
 - V 7.4.2 Umfärben von Blättern beim Kochen (Pheophytinbildung) 200
 - V 7.4.3 Fluoreszenz von Chlorophyll in Lösung (in vitro) 201
- V 7.5 Photochemische Aktivität 202
 - V 7.5.1 Fluoreszenz von Chlorophyll an Blättern (in vivo), Steigerung der Chlorophyllfluoreszenz durch Hemmung der Photosynthese mit Herbiziden sowie durch tiefe Temperatur 202
 - V 7.5.2 Photoreduktion von Methylrot durch Chlorophyll und Ascorbinsäure 204
 - V 7.5.3 Einfacher Versuch zur HILL-Reaktion mit DCPIP (Dichlorphenolindophenol) als Elektronenakzeptor 206
 - V 7.5.4 Einfacher Versuch zur HILL-Reaktion mit Ferricyanid als Elektronenakzeptor 209

8 Photosynthese II:

Substanzumwandlung und Ökologie der Photosynthese 211

A Theoretische Grundlagen 211

- 8.1 Einleitung 211
- 8.2 CO₂-Assimilation (CALVIN-BENSON-Zyklus) 212
- 8.3 Lichtatmung (Photorespiration) 215
- 8.4 C₄-Pflanzen 218
- 8.5 Crassulaceen-Säurestoffwechsel (CAM) 222
- 8.6 Anpassung an die Lichtbedingungen 225

B Versuche 226

- V 8.1 Nachweis des bei der Photosynthese gebildeten Sauerstoffs 226
 - V 8.1.1 Pflanzen machen „verbrauchte“ Luft wieder „frisch“ 226
 - V 8.1.2 „Nagelprobe“: Abhängigkeit der Sauerstoffbildung vom Licht 229
 - V 8.1.3 Nachweis der Sauerstoffbildung mit Indigocarmin 231
 - V 8.1.4 Messung der Photosyntheseintensität mit der Aufschwimm-methode 232
- V 8.2 Nachweis der photosynthetisch gebildeten Stärke in Blättern 235
 - V 8.2.1 Chloroplasten als Ort der photosynthetischen Stärkebildung 235
 - V 8.2.2 Abhängigkeit der Stärkebildung vom Licht 236

- V 8.2.3 Abhängigkeit der Stärkebildung vom Kohlendioxidgehalt der Luft 239
- V 8.2.4 Stärkenachweis an panaschierten Blättern 241
- V 8.3 Beobachtungen und Experimente bei C₄-Pflanzen 243
 - V 8.3.1 Vergleichende anatomische Untersuchung der Blattquerschnitte von C₃- und C₄-Pflanzen 243
 - V 8.3.2 Stärkebildung in Maisblättern 245
 - V 8.3.3 Nachweis des nichtzyklischen Elektronentransports in den Mesophyllchloroplasten von Maisblättern mithilfe der HILL-Reaktion 247
 - V 8.3.4 Nachweis der unterschiedlichen Photosynthese-Effektivität von C₃- und C₄-Pflanzen 249
 - V 8.3.5 Kohlendioxid-Konkurrenz zwischen C₃- und C₄-Pflanzen 252
- V 8.4 Experimente zum Crassulaceen-Säurestoffwechsel (CAM) 254
 - V 8.4.1 Kohlendioxid-Fixierung der CAM-Pflanzen bei Nacht 254
 - V 8.4.2 Diurnaler Säurerhythmus der CAM-Pflanzen: pH-Bestimmung im Zellsaft 256
 - V 8.4.3 Diurnaler Säurerhythmus der CAM-Pflanzen: Dünnschichtchromatographie der Säuren des Zellsaftes 259
- V 8.5 Anpassung Höherer Pflanzen an die Lichtbedingungen 262
 - V 8.5.1 Vergleichende anatomische Untersuchung von Sonnen- und Schattenblättern 262

9 Dissimilation I:

Glykolyse und Gärung (anaerobe Dissimilation) 265

A Theoretische Grundlagen 265

- 9.1 Einleitung 265
- 9.2 Bereitstellung des Ausgangssubstrats 266
- 9.3 Glykolyse 266
- 9.4 Gärung (anaerober Stoffwechsel) 271

B Versuche 274

V 9.1 Versuche zur Glykolyse 274

- V 9.1.1 Entstehung von Reduktionsäquivalenten im Verlauf der Glykolyse 274

V 9.2 Alkoholische Gärung 276

- V 9.2.1 Substratabhängigkeit der alkoholischen Gärung 276
- V 9.2.2 Entstehung von Kohlendioxid bei der alkoholischen Gärung 278

- V 9.2.3 Nachweis von Acetaldehyd als Zwischenprodukt der alkoholischen Gärung 280
- V 9.2.4 Nachweis von Ethanol durch Verbrennen 281
- V 9.2.5 Nachweis von Ethanol mit Kaliumdichromat 282
- V 9.2.6 Teiglockerung durch Hefe 284
- V 9.2.7 Temperaturabhängigkeit der Hefe-Enzyme 285
- V 9.2.8 Energieausbeute gärender Hefepilze 287
- V 9.2.9 Herstellung von Met 289
- V 9.2.10 Schädigende Wirkung von Alkohol 291
- V 9.3 Milchsäuregärung 294
 - V 9.3.1 Herstellung von Joghurt 294
 - V 9.3.2 Darstellung von Milchsäurebakterien aus Joghurt 295
 - V 9.3.3 Herstellung von Sauerkraut 297
- V 9.4 Essigsäurebildung 299
 - V 9.4.1 Herstellung von Weinessig 299

10 Dissimilation II:

Atmung (aerobe Dissimilation) 303

A Theoretische Grundlagen 303

- 10.1 Einleitung 303
- 10.2 Mitochondrien 303
- 10.3 Umwandlung von Pyruvat in Acetyl-Coenzym A 304
- 10.4 Citratzyklus 305
- 10.5 Endoxidation, Atmungskette 306
- 10.6 Alternative Wege der NADH-Oxidation in pflanzlichen Mitochondrien (Überlaufmechanismen) 309

B Versuche 311

- V 10.1 Kohlendioxidentstehung und Sauerstoffverbrauch bei der Atmung 311
 - V 10.1.1 Sichtbarmachen der Atmung 311
 - V 10.1.2 Kohlendioxidentstehung bei der Atmung: qualitativer Nachweis 313
 - V 10.1.3 Kohlendioxidentstehung bei der Atmung: quantitativer Nachweis 315
 - V 10.1.4 Nachweis des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlendioxidproduktion bei der Atmung durch den Kerzentest 317
 - V 10.1.5 Nachweis des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlendioxidproduktion von Weizenkeimlingen durch das WARBURG-Manometer 319

- V 10.1.6 Vergleich der Respirationsquotienten von kohlenhydratreichen und fettreichen Keimlingen 321
- V 10.1.7 Gegenüberstellung von Atmung und Photosynthese 322
- V 10.2 Einzelne Reaktionsschritte der Atmung 323
 - V 10.2.1 Modellversuch zur Oxidation des Pyruvats 323
 - V 10.2.2 Modellversuch zu den wasserstoffübertragenden Enzymen im Citratzyklus 324
 - V 10.2.3 Modellversuch zur Atmungskette 326
- V 10.3 Wärmeabgabe bei der Atmung 329
 - V 10.3.1 Wärmeabgabe bei der Atmung 329

11 Phytohormone 331

A Theoretische Grundlagen 331

- 11.1 Einleitung 331
- 11.2 Auxine 333
- 11.3 Gibberelline 336
- 11.4 Cytokinine 338
- 11.5 Abscisinsäure 339
- 11.6 Ethylen 340
- 11.7 Weitere Gruppen von Phytohormonen 342

B Versuche 343

- V 11.1 Auxine 343
 - V 11.1.1 Einfluss von IES auf das Streckungswachstum 343
 - V 11.1.2 Adventiwurzelbildung durch IES 346
 - V 11.1.3 Einfluss von IES auf die apikale Dominanz 348
 - V 11.1.4 Hemmung des Blattabwurfs durch IES 350
- V 11.2 Gibberelline 352
 - V 11.2.1 Wirkung von Gibberellinen auf das Längenwachstum bei Zwergerbsen 352
- V 11.3 Cytokinine 354
 - V 11.3.1 Verzögerung der Blattseneszenz durch Cytokinine 354
 - V 11.3.2 Der Kotyledonen-Biotest 356
- V 11.4 Abscisinsäure 357
 - V 11.4.1 Hemmung der Samenkeimung durch Abscisinsäure 357
- V 11.5 Ethylen 359
 - V 11.5.1 Ethylen-Biotest: Dreifach-Reaktion 359
 - V 11.5.2 Förderung des Blattfalls durch Ethylen 360
 - V 11.5.3 Förderung der Fruchtreifung durch Ethylen 362

12 Samenbau und Samenkeimung 365

A Theoretische Grundlagen 365

12.1 Einleitung 365

12.2 Bau und Entwicklung der Samen 365

12.3 Samenkeimung 369

B Versuche 373

V 12.1 Bau der Samen 373

V 12.1.1 Bau der Samen der Feuerbohne 373

V 12.2 Quellung 374

V 12.2.1 Beobachtung der Quellung bei Kressesamen 374

V 12.2.2 Quellung als rein physikalischer Prozess 375

V 12.2.3 Demonstration des Quellungsdrucks 376

V 12.3 Keimung 377

V 12.3.1 Darstellung verschiedener Keimungsstadien 377

V 12.3.2 Epigäische und hypogäische Keimung 378

V 12.3.3 Abhängigkeit der Keimung von der Sauerstoffversorgung 380

V 12.3.4 Nachweis von Dehydrogenasen in keimenden Getreide- körnern 381

V 12.3.5 Abbau von Stärke bei der Keimung 383

V 12.4 Sperrmechanismen der Keimung 385

V 12.4.1 Keimungshemmung durch Sperrschichten und Inhibitoren im Samen 385

V 12.4.2 Keimungshemmende Wirkung des Fruchtfleischs 386

V 12.4.3 Einfluss ätherischer Öle auf die Keimung 387

V 12.5 Der ökologische Vorteil der Samenruhe 388

V 12.5.1 Resistenz von Weizenkörnern gegenüber Temperatur- extremen 388

13 Physiologie der Bewegungen 391

A Theoretische Grundlagen 391

13.1 Einleitung 391

13.2 Bewegungen lebender Organe 392

13.3 Sonstige Bewegungen 399

13.4 Bewegungen in den Zellen 400

13.5 Freie Ortsbewegungen (Lokomotionen) 401

B Versuche 403

V 13.1 Phototropismus 403

V 13.1.1 Lichtinduzierte Krümmungsbewegungen bei Erbsenkeim- lingen 403

- V 13.1.2 Phototrope Krümmung bei Senfkeimlingen 404
- V 13.1.3 Versuche zum Resultantengesetz 406
- V 13.2 Gravitropismus 407
 - V 13.2.1 Verlagerung von Amyloplasten unter dem Einfluss der Schwerkraft 407
 - V 13.2.2 Gravitrope Krümmung von Sprossachse und Wurzel 409
 - V 13.2.3 Gravitropische Krümmungsversuche am Klinostaten 410
- V 13.3 Chemotropismus 412
 - V 13.3.1 Chemotropismus von Keimwurzeln 412
- V 13.4 Nastien 413
 - V 13.4.1 Thermonastische Bewegungen bei Tulpenblüten 413
 - V 13.4.2 Seismonastische Bewegungen bei der Mimose 414
 - V 13.4.3 Thigmonastische Bewegungen der Blätter der Venusfliegenfalle 416
 - V 13.4.4 Thigmonastische Rankenbewegungen bei Erbsenkeimlingen 419
- V 13.5 Quellungsbewegungen (hygroskopische Bewegungen) 420
 - V 13.5.1 Quellungsbewegungen bei Kiefernzapfen 420
- V 13.6 Bewegungen in den Zellen 421
 - V 13.6.1 Plasmaströmung in Zellen der Wasserpest 421
 - V 13.6.2 Chloroplastenbewegung bei Mougeotia 422
 - V 13.6.3 Lichtbedingte Positionierung der Chloroplasten von Moosblättchen 424

Literatur 427

Index 431