

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	7
<b>1. Methoden als Grundlage einer experimentellen Ökologie</b>	13
1.1. Eingrenzung des Methodenbegriffes	14
1.2. Arbeitsweise der experimentellen Pflanzenökologie	14
1.3. Ziele ökologischer Untersuchungen	16
1.4. Literatur	17
<b>2. Arbeitsschritte zu gesicherten Ergebnissen</b>	18
2.1. Messen	18
2.2. Protokollieren	19
2.3. Auswerten	20
2.3.1. Statistische Überprüfung	20
2.3.1.1. Mittelwert und Standardabweichung	22
2.3.1.2. Standardfehler des Mittelwertes	23
2.3.1.3. Lineare Regression: Regressions- und Korrelationsanalyse	24
2.3.1.4. Nichtlineare Regression	27
2.3.2. Meßfehler und Materialvariabilität	27
2.4. Darstellen von Ergebnissen	29
2.5. Computer als methodische Hilfsmittel	29
2.5.1. Grundlagen der Organisation eines Computers: Hard- und Software	29
2.5.1.1. Der Mikroprozessor	30
2.5.1.2. Periphere Bausteine und Geräte	33
2.5.1.3. Der Speicherraum	33
2.5.2. Computerprogrammierung und Programmiersprachen	36
2.5.3. Praktische Computeranwendungen	40
2.5.4. Computereinsatz für Meßwernerfassung und -auswertung im Gelände (A. Cernusca)	41
2.5.4.1. Anwendungsmöglichkeiten	41
2.5.4.2. Beschreibung der Computermeßanlage MIKROMET-1	42
2.5.4.3. Programmierung, Bedienung und Überwachung	42
2.5.4.4. Datenverarbeitung und Auswertung	44
2.5.5. Modellierung und Simulation	46
2.6. Literatur	51
<b>3. Umweltbereiche: Klima und Boden</b>	55
3.1. Klima und meteorologische Größen	55
3.1.1. Klimadiagramme	57
3.1.1.1. Computerhilfe für die Erstellung von Klimadiagrammen	60
3.2. Boden	62
3.3. Literatur	64
<b>4. Reaktion auf den Umweltfaktor Temperatur</b>	66
4.1. Blattemperatur	66
4.1.1. Thermoelektrische Bestimmung	67
4.1.2. Thermistormethode	69
4.2. Hitzeresistenz	72
4.3. Kälteresistenz (W. Larcher)	76

4.3.1.	Verfahren zur experimentellen Kälteresistenzuntersuchung . . . . .	78
4.3.1.1.	Bestimmung der Erkältungsempfindlichkeit . . . . .	78
4.3.1.2.	Bestimmung des Gefrierbeginns in Pflanzengeweben . . . . .	79
4.3.1.3.	Bestimmung der Frostresistenz . . . . .	81
4.3.1.4.	Schadenserhebung und Auswertung der Ergebnisse . . . . .	85
4.4.	Phänologie . . . . .	86
4.5.	Literatur . . . . .	90
<b>5.</b>	<b>Reaktion auf den Umweltfaktor Wasser: Wassertransport und Wasser- abgabe . . . . .</b>	<b>93</b>
5.1.	Wassertransport im Sproßsystem: Wärmeimpulsmethoden (R. Michler). . . . .	93
5.1.1.	Allgemeines . . . . .	93
5.1.2.	Verfahren und Berechnungsgrundlagen . . . . .	94
5.2.	Transpiration . . . . .	99
5.2.1.	Evapotranspiration . . . . .	99
5.2.2.	Piche-Evaporimeter . . . . .	101
5.2.3.	Gravimetrische Transpirationmessung (R. Weinmann-Kreeb) . . . . .	103
5.2.4.	Transpirometer . . . . .	107
5.2.5.	Kontrolle der Spaltöffnungsweite . . . . .	108
5.2.5.1.	Mikroskopische Beobachtung . . . . .	109
5.2.5.2.	Infiltrationsmethode . . . . .	110
5.2.5.3.	Einfache Porometer . . . . .	112
5.2.5.4.	Steady-State-Porometer . . . . .	115
5.2.5.5.	Kobaltchloridmethode . . . . .	118
5.3.	Literatur . . . . .	118
<b>6.</b>	<b>Reaktion auf den Umweltfaktor Wasser: Saugspannung (Wasserpotential) . . . . .</b>	<b>121</b>
6.1.	Schardakov- und Refraktometermethode . . . . .	123
6.2.	Gravimetrische Bestimmung. . . . .	123
6.3.	Thermoelektrische Bestimmung (K. H. Kreeb und M. Müller) . . . . .	125
6.4.	Thermistormethode . . . . .	131
6.5.	Druckkammermethode (F. Duhme und T. M. Hinckley) . . . . .	132
6.5.1.	Theoretischer Hintergrund . . . . .	133
6.5.2.	Prinzip der Druckkammermethode . . . . .	134
6.5.3.	Meßapparatur und Meßvorgang . . . . .	134
6.5.4.	Fragestellung und Probenentnahme . . . . .	136
6.5.5.	Vor- und Nachteile, Fehlerquellen und Versuche zur Eichung . . . . .	137
6.5.6.	Druck-Volumen-Kurven . . . . .	138
6.6.	Literatur . . . . .	140
<b>7.</b>	<b>Turgordruck, matrikales Potential, gebundenes und freies Wasser. . . . .</b>	<b>142</b>
7.1.	Allgemeine Hinweise . . . . .	142
7.2.	Literatur . . . . .	142
<b>8.</b>	<b>Reaktion auf den Umweltfaktor Wasser: Wasserhaushalt . . . . .</b>	<b>143</b>
8.1.	Bestimmung der Protoplasmahydratur . . . . .	144
8.1.1.	Kryoskopie: potentieller osmotischer Druck des Zellsaftes . . . . .	144
8.1.1.1.	Probenentnahme . . . . .	144
8.1.1.2.	Zellsaftgewinnung . . . . .	145
8.1.1.3.	Gefrierpunkbestimmung und Berechnungen . . . . .	147
8.1.1.4.	Gerätetypen . . . . .	153
8.1.2.	Osmometer und Psychrometer . . . . .	154
8.2.	Indirekte Methoden zur Kontrolle des Wasserhaushaltes . . . . .	154
8.2.1.	Refraktometerwert und elektrische Leitfähigkeit des Zellsaftes. . . . .	155
8.2.2.	Wassergehalt. . . . .	156
8.3.	Literatur . . . . .	157

<b>9.</b>	<b>Reaktion auf den Umweltfaktor Wasser: Indirekte Indikation der Wasser- verhältnisse</b>	159
9.1.	Elektrischer Widerstand der Blätter	159
9.1.1.	Grundlagen	159
9.1.2.	Elektrotypen	159
9.1.3.	Meßvorrichtung	162
9.2.	Hochfrequenzmethode (K. H. Kreeb und S. Schiele)	164
9.2.1.	Grundlagen	164
9.2.2.	Meßapparatur	166
9.3.	Andere elektrische und ähnliche Verfahren	168
9.4.	Beta-Strahlen-Absorption (R. Gademann)	169
9.4.1.	Einsatzmöglichkeiten	169
9.4.2.	Meßvorrichtung	169
9.4.3.	Mathematische Beschreibung des Zusammenhanges: Zählrate/Flächengewicht	172
9.4.4.	Eichung in der Praxis	174
9.4.5.	Auflösung und Fehlerquellen	179
9.4.6.	Anwendung	183
9.5.	Wasserdefizit und relativer Wassergehalt	184
9.6.	Literatur	186
<b>10.</b>	<b>Trockenresistenz</b>	189
10.1.	Überblick	189
10.2.	Literatur	190
<b>11.</b>	<b>Reaktion auf den Umweltfaktor Licht</b>	192
11.1.	Lichtsummen und Lichtgenuß	192
11.2.	CO <sub>2</sub> - und O <sub>2</sub> -Gaswechsel: <i>Nettphotosynthese</i>	193
11.2.1.	Kolorimetrische Methode nach Alvik	194
11.2.2.	Perlormethode	195
11.2.3.	Open-air-Feldmethode	203
11.2.4.	Kolorimetrische Bestimmung des Lichtkompensationspunktes	204
11.2.5.	Ultrarot-CO <sub>2</sub> -Gasanalyse (≡ infrarot) (K. H. Kreeb und F. Schumm)	206
11.2.5.1.	Meßprinzip und Aufbau von Gasanalysatoren	206
11.2.5.2.	Einsatz der CO <sub>2</sub> -Meßgeräte	207
11.2.5.3.	Auswertung: Berechnungsgrundlagen	210
11.2.5.4.	Pflanzenküvetten	212
11.2.5.5.	CO <sub>2</sub> -Porometerprinzip	214
11.2.5.6.	Miniküvettenanlage	217
11.3.	Oxielektrode: Einsatz bei Wasserpflanzen (H. Schuster)	219
11.4.	In vivo-Fluoreszenzmessung bei Chloroplasten (R. Weinmann-Kreeb)	223
11.5.	Atmung	228
11.5.1.	Bodenatmungsmessung	228
11.6.	Blattflächenindex	230
11.7.	Stoffproduktion (Biomasse)	232
11.7.1.	Wachstumsmessungen	233
11.7.1.1.	Makrophotographische Bestimmung des Flechtenwachstums	233
11.8.	Literatur	237
<b>12.</b>	<b>Besondere physikalische und chemische Umwelteinflüsse bzw. Meß- methoden</b>	240
12.1.	Mechanische Belastungen	240
12.2.	Wurzelsysteme	241
12.3.	Chlorophyllgehalt und andere Pigmente (R. Rabe)	242
12.4.	Salzresistenz	246
12.4.1.	Chlorid im Zellsaft (K. H. Kreeb und M.-L. Schmid-Ruess)	247
12.5.	Literatur	248

<b>13.</b>	<b>Vitalitätsbestimmung (W. Larcher)</b>	251
13.1.	Allgemeines	251
13.2.	Methoden zur Schadenserkenkung	251
13.2.1.	Frühdagnostische Verfahren	251
13.2.2.	Feststellung unmittelbar sichtbarer Schädigungen	255
13.2.3.	Mikroskopische Methoden zur Unterscheidung von lebenden und toten Zellen	257
13.2.4.	Methoden zur integralen Schadenserfassung	259
13.2.5.	Biochemische Vitalitätsnachweise	260
13.3.	Schadensbemessung	261
13.4.	Literatur	263
<b>14.</b>	<b>Bioindikation im weiteren Sinne</b>	266
14.1.	Kennzeichnung von Standortfaktoren durch Zeigerpflanzen (K. H. Kreeb, J. Müller und K. Schneider)	266
14.2.	Kartierung von Pflanzengesellschaften und ökologischen Gruppen	273
14.3.	Literatur	273
<b>15.</b>	<b>Bioindikation von Luftverunreinigungen (R. Rabe)</b>	275
15.1.	Passives Monitoring	276
15.1.1.	Reaktionsindikatoren	276
15.1.1.1.	Belastungswirkungen auf Pflanzen und Pflanzengemeinschaften	276
15.1.1.2.	Flechten als Bioindikatoren: Reaktionsspektren und Kartierungsverfahren	280
15.1.1.3.	Ökologische Gruppenbildung (K. H. Kreeb und R. Schmidt)	286
15.1.1.4.	Sonstige Methoden	288
15.1.2.	Akkumulationsindikatoren	289
15.2.	Aktives Monitoring	293
15.2.1.	Expositionsverfahren	293
15.2.2.	Reaktionsindikatoren	295
15.2.2.1.	Flechtenexposition	296
15.2.2.2.	Expositionskammern	297
15.2.3.	Akkumulationsindikatoren	299
15.2.3.1.	Graskultur nach Scholl	299
15.2.3.2.	Moosexposition	300
15.2.4.	Spezielle enzymatische Vitalitätstests (K. H. Kreeb)	301
15.3.	Literatur	303
<b>16.</b>	<b>Biotische Effekte: Konkurrenz</b>	308
16.1.	Überblick	308
16.2.	Literatur	309
<b>17.</b>	<b>Quellenverzeichnis für Geräte und Bauteile</b>	310
<b>18.</b>	<b>Nachträge</b>	311
18.1.	Nachtrag 1 zu 3.1.1. Evaporation und Klimadiagramme (A. F. Selim und K. H. Kreeb)	311
18.2.	Nachtrag 2 zu 5.2.5.4. LI-1600 Steady-State-Porometer (K. H. Kreeb und H. Wehrkamp)	312
18.3.	Nachtrag 3 zu 8.1.1.3. Automatisches Computerkryoskop	312
18.4.	Nachtrag 4 zu 11.7.1.1. Bildanalyse des Flechtenwachstums (T. Chen und K. H. Kreeb)	313
<b>19.</b>	<b>Literaturnachträge</b>	315
<b>20.</b>	<b>Sachverzeichnis</b>	317