

# Inhalt

<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Definition, Abgrenzung, Bedeutung .....	1
1.2 Geschichtliche Entwicklung .....	4
1.2.1 Geschichte der Pflanzenernährungslehre.....	4
1.2.2 Geschichte der Düngung .....	8
1.2.3 Historische Beispiele.....	10
1.3 Pflanzenwachstum und Wachstumsfaktoren.....	13
1.4 Nährstoffe und Nährelemente.....	14
1.5 Notwendigkeit eines Elements .....	17
<b>2 Nährstoffe in Boden und Pflanze</b> .....	<b>19</b>
2.1 Nährstoffe im Boden.....	19
2.1.1 Böden als Nährsubstrate.....	19
2.1.2 Formen der Nährstoffe im Boden.....	24
2.1.3 Verfügbarkeit und Dynamik der Nährstoffe .....	27
2.2 Nährstoffaufnahme durch Pflanzen .....	31
2.2.1 Organe der Nährstoffaufnahme .....	31
2.2.2 Mechanismen der Nährstoffaufnahme .....	34
2.2.3 Nährstoffaufnahme aus dem Substrat.....	38
2.3 Nährstoffe in Pflanzen .....	42
2.3.1 Gehalte und Verteilung der Nährelemente.....	42
2.3.2 Veränderung der Gehalte an Nährelementen.....	45
2.3.3 Versorgung mit Nährelementen.....	47
<b>3 Biochemie der Pflanze</b> .....	<b>52</b>
3.1 Grundprozesse des Stoffwechsels.....	52
3.1.1 Aufbau durch Photosynthese.....	53
3.1.2 Abbau durch Atmung .....	57
3.2 Organische Inhaltsstoffe .....	59
3.2.1 Kohlenhydrate .....	59
3.2.2 Fettstoffe.....	61
3.2.3 Eiweißstoffe (Proteine).....	64
3.2.4 Enzyme .....	69
3.2.5 Vitamine .....	71

<b>4 Klimafaktoren und Wasser</b> .....	<b>74</b>
4.1 Klimafaktoren.....	74
4.1.1 Licht.....	74
4.1.2 Temperatur.....	76
4.1.3 Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ).....	79
4.1.4 Sauerstoff (O <sub>2</sub> ).....	81
4.1.5 Zusammenwirken der Klimafaktoren.....	82
4.1.6 Toxische Stoffe der Luft.....	84
4.2 Wasser (H <sub>2</sub> O).....	86
4.2.1 Wasser im Boden.....	87
4.2.2 Wasser und Pflanzenwachstum.....	89
4.2.3 Regulierung der Wasserversorgung.....	92
<b>5 Mineralstoffe als Wachstumsfaktoren</b> .....	<b>95</b>
5.1 Hauptnährelemente.....	95
5.1.1 Stickstoff (N).....	95
5.1.2 Phosphor (P), Phosphat.....	102
5.1.3 Schwefel (S).....	106
5.1.4 Kalium (K).....	109
5.1.5 Calcium (Ca).....	111
5.1.6 Magnesium (Mg).....	113
5.2 Spurennährelemente (Mikronährelemente).....	115
5.2.1 Eisen (Fe).....	115
5.2.2 Mangan (Mn).....	117
5.2.3 Zink (Zn).....	122
5.2.4 Kupfer (Cu).....	123
5.2.5 Chlor (Cl), Chlorid.....	125
5.2.6 Bor (B).....	127
5.2.7 Molybdän (Mo).....	129
5.3 Sonstige Mineralstoffe.....	131
5.3.1 Nützliche Elemente.....	131
5.3.2 Potentielle Nährelemente.....	134
5.3.3 Nährelemente für Nutztiere.....	136
5.3.4 Toxische Stoffe im Boden.....	138
5.3.5 Salzüberschuss.....	140
5.4 Zusammenwirken der Mineralstoffe in Pflanzen.....	143
5.4.1 Gemeinsame Funktionen der Ionen.....	143
5.4.2 Wechselwirkungen (Antagonismen).....	145

<b>6 Organische Stoffe und Pflanzenwachstum.....</b>	<b>147</b>
6.1 Organische Stoffe und Bodenfruchtbarkeit .....	147
6.1.1 Bodenverbesserung.....	147
6.1.2 Wirkstoffe .....	150
6.2 Organische Dünger .....	151
6.2.1 Wirtschaftsdünger.....	151
6.2.2 Organische Handelsdünger.....	153
6.2.3 Siedlungsabfälle .....	155
<b>7 Mineraldünger und ihre Anwendung .....</b>	<b>157</b>
7.1 Mineraldünger .....	158
7.1.1 Stickstoffdünger .....	158
7.1.2 Phosphatdünger .....	162
7.1.3 Kalidünger .....	164
7.1.4 Sonstige Einzeldünger.....	166
7.1.5 Mehrnährstoffdünger.....	167
7.1.6 Kalkdünger (und versauernde Dünger) .....	168
7.2 Anwendung von Düngern.....	170
7.2.1 Ausbringung bzw. Verteilung .....	171
7.2.2 Rentabilität der Düngung (Preise).....	174
7.2.3 Düngung und Umwelt .....	176
7.2.4 Verordnungen zur Düngung .....	177
<b>8 Düngerbedarf und praktische Düngung .....</b>	<b>179</b>
8.1 Bodenreaktion und Kalkbedarf.....	179
8.2 Nährstoffbedarf.....	182
8.2.1 Methoden im Überblick.....	183
8.2.2 Mangelsymptome .....	184
8.2.3 Düngerbedarf nach Bodenuntersuchung .....	187
8.2.4 Pflanzenanalyse .....	192
8.3 Spezielle Düngungsfragen .....	193
8.3.1 Düngung gegen Umwelt-Stress.....	193
8.3.2 Eingeschränkte Düngung im Bio/Öko-Landbau .....	197
8.4 Praktische Düngung von Kulturpflanzen.....	199
8.4.1 Weizen, Getreide .....	201
8.4.2 Raps, Ölpflanzen .....	203
8.4.3 Kartoffel und Zuckerrübe .....	205
8.4.4 Grünland (Wiesen und Weiden) .....	207

<b>9 Nährstoffversorgung – Ertrag, Qualität, Welternährung....</b>	<b>209</b>
9.1 Menge des Ertrages .....	209
9.1.1 Ertragsgesetze.....	209
9.1.2 Ertragsmöglichkeiten (Höchstserträge) .....	214
9.2 Qualität des Ertrages.....	214
9.2.1 Handelsqualität.....	215
9.2.2 Nahrungsqualität (Nährwert).....	216
9.2.3 Nahrungsqualität und Gesundheit von Mensch und Tier.....	220
9.3 Düngung zur Ernährung der Weltbevölkerung .....	226

## **Anhang**

Forschungsmethoden.....	231
A. Vegetationsversuche .....	231
B. Analytische Methoden.....	236
C. Isotopen-Methoden.....	238
Literatur.....	241
Register .....	247