

# Inhalt

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Vorwort zur ersten Auflage . . . . .                                                       | 9         |
| Vorwort zur dritten Auflage . . . . .                                                      | 11        |
| <b>1 Geschichte der Pflanzenernährung . . . . .</b>                                        | <b>12</b> |
| 1.1 Einführung . . . . .                                                                   | 12        |
| 1.2 Humustheorie . . . . .                                                                 | 13        |
| 1.3 Zweifel an der Humustheorie . . . . .                                                  | 13        |
| 1.4 Mineralstofftheorie . . . . .                                                          | 14        |
| 1.5 Pflanzenernährung heute . . . . .                                                      | 15        |
| <b>2 Definition und Einteilung der Pflanzen-<br/>nährstoffe . . . . .</b>                  | <b>18</b> |
| 2.1 Begriff der Ernährung . . . . .                                                        | 18        |
| 2.2 Definition der Pflanzennährstoffe . . . . .                                            | 18        |
| 2.3 Einteilung der Pflanzennährstoffe . . . . .                                            | 20        |
| 2.4 Konzentrationen von Pflanzennährstoffen . . . . .                                      | 20        |
| 2.5 Bestimmende Faktoren der Nährstoffkonzentrationen . . . . .                            | 21        |
| <b>3 Physiologische Eigenschaften und Funktionen<br/>von Pflanzennährstoffen . . . . .</b> | <b>24</b> |
| 3.1 Übersicht . . . . .                                                                    | 24        |
| 3.2 Assimilierte Nährstoffe (C, O, H, N, S) . . . . .                                      | 24        |
| 3.3 Ester bildende Nährstoffe (P, B, Si) . . . . .                                         | 29        |
| 3.4 Freie und sorbierte Nährstoffe (K, Na, Ca, Cl, Mg) . . . . .                           | 32        |
| 3.5 Nährstoffe in prosthetischen Gruppen<br>(Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Ni) . . . . .             | 40        |
| <b>4 Nährstoffaneignung der Pflanze . . . . .</b>                                          | <b>46</b> |
| 4.1 Dreistufiger Prozess der Nährstoffaneignung . . . . .                                  | 46        |
| 4.2 Nährstoffmobilisierung . . . . .                                                       | 47        |
| 4.3 Nährstofftransport zur Wurzel . . . . .                                                | 51        |
| 4.4 Nährstoffaufnahme . . . . .                                                            | 54        |

|           |                                                        |            |
|-----------|--------------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b>  | <b>Nährstoffverlagerung in der Pflanze</b>             | <b>60</b>  |
| 5.1       | Langstreckentransport in der Pflanze                   | 60         |
| 5.2       | Xylemtransport                                         | 63         |
| 5.3       | Phloemtransport                                        | 65         |
| 5.4       | Regulation der Nährstoffaufnahme                       | 68         |
| <br>      |                                                        |            |
| <b>6</b>  | <b>Pflanzenwachstum, Ertrag und Qualität</b>           | <b>70</b>  |
| 6.1       | Ertrag und Qualität                                    | 70         |
| 6.2       | Wachstums- und Ertragsgesetze                          | 70         |
| 6.3       | Ernährungsphysiologische Qualität                      | 73         |
| 6.4       | Backqualität von Weizen                                | 77         |
| 6.5       | Zuckerrübenqualität                                    | 78         |
| <br>      |                                                        |            |
| <b>7</b>  | <b>Wasserhaushalt der Pflanze</b>                      | <b>82</b>  |
| 7.1       | Bedeutung des Wassers für die Pflanze                  | 82         |
| 7.2       | Funktionen des Wassers in der Pflanze                  | 82         |
| 7.3       | Düngung bei geringer Wasserverfügbarkeit               | 85         |
| 7.4       | Wasseraufnahme und Wassertransport in der Pflanze      | 87         |
| 7.5       | Dürrestress                                            | 89         |
| 7.6       | Salzstress                                             | 91         |
| 7.7       | Staunässe                                              | 95         |
| <br>      |                                                        |            |
| <b>8</b>  | <b>Kohlenstoffkreislauf</b>                            | <b>98</b>  |
| 8.1       | Zusammensetzung der Erdatmosphäre                      | 98         |
| 8.2       | Globaler Kohlenstoffkreislauf                          | 99         |
| 8.3       | Treibhauseffekt                                        | 101        |
| 8.4       | Nachwachsende Rohstoffe                                | 103        |
| <br>      |                                                        |            |
| <b>9</b>  | <b>Kohlenstoffassimilation der Pflanze</b>             | <b>106</b> |
| 9.1       | Übersicht                                              | 106        |
| 9.2       | Chloroplast                                            | 106        |
| 9.3       | Lichtreaktion                                          | 107        |
| 9.4       | Dunkelreaktion                                         | 112        |
| <br>      |                                                        |            |
| <b>10</b> | <b>Stickstoffkreislauf</b>                             | <b>115</b> |
| 10.1      | Überblick                                              | 115        |
| 10.2      | Atmosphärische N-Deposition                            | 116        |
| 10.3      | N-Mineralisation                                       | 117        |
| 10.4      | N-Immobilisierung                                      | 119        |
| 10.5      | N-Verluste                                             | 120        |
| <br>      |                                                        |            |
| <b>11</b> | <b>Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung</b>             | <b>123</b> |
| 11.1      | Nitrogenase-Aktivität                                  | 123        |
| 11.2      | Freilebende N <sub>2</sub> -Fixierer                   | 124        |
| 11.3      | Symbiontische N <sub>2</sub> -Fixierer                 | 127        |
| 11.4      | Leistungsfähigkeit der Leguminosen-Rhizobien-Symbiosen | 133        |

|           |                                                                      |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12</b> | <b>Stickstoffassimilation der Pflanze</b>                            | <b>136</b> |
| 12.1      | Übersicht                                                            | 136        |
| 12.2      | Nitratreduktion                                                      | 137        |
| 12.3      | Ammonium-Assimilation                                                | 139        |
| 12.4      | Vergleich verschiedener N-Ernährungsformen                           | 140        |
| <b>13</b> | <b>Schwefelkreislauf</b>                                             | <b>145</b> |
| 13.1      | Übersicht                                                            | 145        |
| 13.2      | Atmosphärische S-Deposition                                          | 145        |
| 13.3      | Mikrobielle Umsetzungen des Schwefels im Boden                       | 147        |
| <b>14</b> | <b>Schwefelassimilation der Pflanze</b>                              | <b>149</b> |
| 14.1      | Übersicht                                                            | 149        |
| 14.2      | Schwefelverbindungen                                                 | 149        |
| 14.3      | Schwefelreduktion                                                    | 151        |
| <b>15</b> | <b>Für die Ernährung der Pflanze<br/>wichtige Bodeneigenschaften</b> | <b>154</b> |
| 15.1      | Übersicht                                                            | 154        |
| 15.2      | Physikalische Eigenschaften                                          | 154        |
| 15.3      | Ausgangssubstrat                                                     | 156        |
| 15.4      | Bodentyp                                                             | 156        |
| 15.5      | Bodenart                                                             | 157        |
| <b>16</b> | <b>Organische Substanz des Bodens</b>                                | <b>160</b> |
| 16.1      | Übersicht                                                            | 160        |
| 16.2      | Begriffsbestimmungen                                                 | 160        |
| 16.3      | Huminstoffe                                                          | 164        |
| 16.4      | Humuswirtschaft                                                      | 165        |
| <b>17</b> | <b>Nährstoffbindung im Boden</b>                                     | <b>168</b> |
| 17.1      | Übersicht                                                            | 168        |
| 17.2      | Sorption                                                             | 168        |
| 17.3      | Spezifische Bindung                                                  | 172        |
| <b>18</b> | <b>Nährstoffverfügbarkeit</b>                                        | <b>175</b> |
| 18.1      | Überblick                                                            | 175        |
| 18.2      | Bodenanalyse                                                         | 176        |
| 18.3      | Pflanzenanalyse                                                      | 181        |
| <b>19</b> | <b>Fernerkundung und GPS</b>                                         | <b>186</b> |
| 19.1      | Grundlagen                                                           | 186        |
| 19.2      | Fernerkundung                                                        | 187        |
| 19.3      | GPS                                                                  | 189        |

|           |                                       |            |
|-----------|---------------------------------------|------------|
| <b>20</b> | <b>Nährstoffbilanz</b>                | <b>191</b> |
| 20.1      | Übersicht                             | 191        |
| 20.2      | Aufstellen einer Nährstoffbilanz      | 192        |
| 20.3      | Flächenbilanz                         | 195        |
| 20.4      | Hoftorbilanz                          | 196        |
| <br>      |                                       |            |
| <b>21</b> | <b>Organische Düngemittel</b>         | <b>198</b> |
| 21.1      | Eigenschaften organischer Düngemittel | 198        |
| 21.2      | Wirtschaftseigene Düngemittel         | 198        |
| 21.3      | Organische Handelsdünger              | 202        |
| 21.4      | Sekundärrohstoffdünger                | 202        |
| <br>      |                                       |            |
| <b>22</b> | <b>Mineralische Düngemittel</b>       | <b>204</b> |
| 22.1      | Überblick                             | 204        |
| 22.2      | Stickstoffdünger                      | 204        |
| 22.3      | Phosphatdünger                        | 209        |
| 22.4      | Kali- und Magnesiumdünger             | 211        |
| 22.5      | Kalkdünger                            | 213        |
| 22.6      | Mikronährstoffdünger                  | 214        |
| <br>      |                                       |            |
| <b>23</b> | <b>Schadelemente</b>                  | <b>215</b> |
| 23.1      | Überblick                             | 215        |
| 23.2      | Blei                                  | 216        |
| 23.3      | Cadmium                               | 217        |
| <br>      |                                       |            |
|           | Literaturverzeichnis                  | 221        |
|           | Bildquellenverzeichnis                | 224        |
|           | Sachverzeichnis                       | 225        |