

Hermann Laber | Gerald Lattauschke



ulmer



Fachbibliothek Produktionsgartenbau

GEMÜSEBAU

4., aktualisierte Auflage

Hermann Laber | Gerald Lattauschke (Hrsg.)

Gemüsebau



Hermann Laber | Gerald Lattauschke (Hrsg.)

Gemüsebau

4., aktualisierte Auflage

Mit Beiträgen von

Dr. Martin Geyer,
Dipl.-Ing. Gartenbau (FH) Thomas Jaksch,
Dr. Kai-Uwe Katroschan,
Dipl.-Ing. Gartenbau (FH) Jochen Kreiselmaier,
Dr. Hermann Laber,
Dr. Gerald Lattauschke,
Dr. Norbert Laun,
Dr. Thorsten Rocksch,
Dr. Sebastian Weinheimer,
Dipl.-Agraring. (Univ.) Joachim Ziegler

170 Abbildungen

158 Tabellen

Zu den Autoren des Buches

Martin Geyer, geb. 1958. Dr. agr., Abteilungsleiter Technik im Gartenbau am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V., Potsdam-Bornim. Forschungsschwerpunkte: Technik im Gartenbau, Ernte- und Nacherntetechnik für Obst und Gemüse.

Thomas Jaksch, geb. 1952. Dipl.-Ing. Gartenbau (FH), ehem. Betriebsleiter für Gemüsebau an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Freising. Forschungsschwerpunkte: Anbau von Fruchtgemüse und Topfkräutern im Gewächshaus, Anbauverfahren von Gemüseraritäten und Nischenkulturen.

Kai-Uwe Katroschan, geb. 1974. Dr. rer. hort., Leiter des Gartenbaukompetenzzentrums der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsschwerpunkte: Anbauverfahren von Frischmarktgemüse, insbesondere Düngung, Nährstoffflüsse und Bewässerung.

Jochen Kreiselmaier, geb. 1970. Dipl.-Ing. Gartenbau (FH), tätig als Pflanzenschutzberater für den Erwerbsgemüsebau am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz in Neustadt a. d. Weinstraße.

Hermann Laber, geb. 1962. Dr. rer. hort., Referent für Gemüsebau am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden. Forschungsschwerpunkte: Anbauverfahren von Industrie- und Frischmarktgemüsearten, speziell zu Fragen der Bestandesführung, Düngung und Bewässerung.

Gerald Lattauschke, geb. 1957. Dr. agr., Leiter der Abteilung Gartenbau des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden. Forschungsschwerpunkte: Substratanbau von Fruchtgemüse im Gewächshaus, Anbauverfahren von Industrie- und Frischmarktgemüsearten.

Norbert Laun, geb. 1961. Dr. agr., Leiter der Abteilung Gartenbau am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz in Neustadt a. d. Weinstraße. Forschungsschwerpunkte: Anbaufragen bei Frischgemüse, insbesondere Verfrühung, Düngung und Pflanzengesundheit.

Thorsten Rocks, geb. 1967. Dr. agr., wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Biosystemtechnik der Humboldt-Universität zu Berlin. Forschungsschwerpunkte: Gewächshaussteuerung und -regelung, energieeffiziente Produktionsverfahren, Sensorentwicklung, Nährstoffkreisläufe.

Sebastian Weinheimer, geb. 1978. Dr. rer. hort., Leiter des Lehr- und Versuchsbetriebs Gemüsebau Queckbrunnerhof am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz in Neustadt a. d. Weinstraße mit den Schwerpunkten Düngung und Bewässerung.

Joachim Ziegler, geb. 1958. Dipl.-Agraring. (Univ.), Gruppenleiter Gartenbau (Gemüsebau, Zierpflanzenbau, Gartenakademie, Ernährung) am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz in Neustadt a. d. Weinstraße. Tätig in Anbauberatung, Ausbildung und Versuchswesen. Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte: Spargelanbausysteme, Ernteverfrühung und Düngung.

Anmerkung: Gendergerechtigkeit und Inklusion sind bei uns gelebte Praxis – bei der Auswahl unserer Themen, bei der Recherchearbeit, in der Gestaltung. Unsere Texte meinen alle. Damit unsere Inhalte jedoch gut lesbar bleiben, verzichten wir in diesem Werk auf die jeweilige Mehrfachnennung oder Anpassung der Schreibweise bestimmter Bezeichnungen an die weibliche, männliche oder unbestimmte Form. Wir bitten Sie dafür um Ihr Verständnis.

Inhaltsverzeichnis

Grundlagen für den Gemüsebau

1 Die Bedeutung des Gemüsebaus

GERALD LATT AUSCHKE 13

- 1.1 Gemüse 13
- 1.2 Gemüse als Nahrungsmittel 15
 - 1.2.1 Bedeutung für die gesunde Ernährung 15
 - 1.2.2 Qualität von Gemüse 16
- 1.3 Umfang und Wert des Gemüsebaus 20
 - 1.3.1 Nachfrage 20
 - 1.3.2 Angebot 22

2 Biologische Grundlagen des Gemüsebaus

HERMANN LABER 27

- 2.1 Gemüsearten in ihrer Pflanzenfamilie 27
- 2.2 Aufbau der Gemüsepflanze 27
- 2.3 Wachstum und Entwicklung 29
 - 2.3.1 Photosynthese und Assimilatverteilung 30
 - 2.3.2 Vernalisation und Photoperiodismus 32
 - 2.3.3 Phytohormone und Wachstumsregulatoren 35
- 2.4 Gemüsebestände 37
 - 2.4.1 Konkurrenz zwischen den Pflanzen 37
 - 2.4.2 Bestandesdichte und Standraumform 38
 - 2.4.3 Mischkulturen 41

3 Natürliche und wirtschaftliche Standortfaktoren

HERMANN LABER 43

- 3.1 Boden 43
- 3.2 Klima und Klimafaktoren 46
 - 3.2.1 Luft 46
 - 3.2.2 Wind und Windschutz 47
 - 3.2.3 Licht 47
 - 3.2.4 Temperatur 48
 - 3.2.5 Wasser 50
- 3.3 Ökonomische Standortfaktoren 52

4 Wichtige rechtliche Grundlagen

GERALD LATT AUSCHKE 53

- 4.1 Gesetze und Verordnungen 53
 - 4.1.1 Anbaubezogene Regelungen 53
 - 4.1.2 Produktbezogene Regelungen 55
- 4.2 Privatrechtliche Regelungen 58
 - 4.2.1 Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherungssysteme 58

5 Anbau und Betrieb

GERALD LATT AUSCHKE 60

- 5.1 Betriebsformen und Betriebsstruktur 60
 - 5.1.1 Betriebsausrichtung und Intensitätsstufen 60
 - 5.1.2 Absatzsysteme, -wege und -formen 60
- 5.2 Anbau und Anbauplanung 61
 - 5.2.1 Wirtschaftlichkeit des Anbaus 61
 - 5.2.2 Ziele der Anbauplanung – Auswahl der Kulturen 62
 - 5.2.3 Gesetzmäßigkeiten beim Anbau 63
 - 5.2.4 Betriebs- und Marktkapazitäten 63
 - 5.2.5 Spezialisierung 63
 - 5.2.6 Fruchtfolge und Fruchtwechsel HERMANN LABER 64
- 5.3 Wirtschaftsweisen
GERALD LATT AUSCHKE 66
 - 5.3.1 Konventioneller und kontrolliert integrierter Anbau 66
 - 5.3.2 Ökologischer Anbau 66
- 5.4 Betriebsanalyse und Wirtschaftlichkeit 68
 - 5.4.1 Analyse und Erfolgskennzahlen 68
 - 5.4.2 Beurteilung der Wirtschaftlichkeit 68
 - 5.4.3 Betriebsvergleich mit Kennzahlen 69
- 5.5 Einsatz des Computers 69

6 Technische Ausstattung

THORSTEN ROCKSCH 71

- 6.1 Gewächshäuser 71
 - 6.1.1 Werkstoffe 71
 - 6.1.2 Bauweisen von Gewächshäusern 72
 - 6.1.3 Klimatisierung 73
- 6.2 Jungpflanzenanzuchttechnik 79
- 6.3 Dämpfung 80
- 6.4 Traktoren 81
- 6.5 Bodenbearbeitungsgeräte 84
- 6.6 Sämaschinen 87
- 6.7 Pflanzmaschinen 89
- 6.8 Düngerstreuer 90
- 6.9 Bewässerungssysteme 91
- 6.10 Geräte zur nichtchemischen Unkrautregulierung 93
- 6.11 Pflanzenschutzgeräte 95
- 6.12 Erntegeräte und -maschinen 96
- 6.13 Aufbereitungstechnik
MARTIN GEYER 100
- 6.14 Lagerungstechnik
MARTIN GEYER 105

7 Sorte und Saatgut

HERMANN LABER 106

- 7.1 Züchtung und Samenbau 106
- 7.2 Sorten und Sortenschutz 108
- 7.3 Kriterien der Sortenwahl 109
- 7.4 Saatgutqualität und Saatgutverkehr 111
- 7.5 Saatgutformen, Saatgutarten und -aufbereitung 112
- 7.6 Keimung und Auflaufen 115

8 Bestandesgründung

HERMANN LABER 117

- 8.1 Aussaat 118
 - 8.1.1 Aussaatverfahren 118
 - 8.1.2 Aussaatmenge und -tiefe 119
- 8.2 Jungpflanzenanzucht 120
 - 8.2.1 Anzuchtverfahren und -gefäße 120
 - 8.2.2 Substrate 122
 - 8.2.3 Abhärten 123
 - 8.2.4 Jungpflanzenqualität 124
- 8.3 Pflanzung 124

9 Nährstoffbedarf und Düngung

HERMANN LABER 126

- 9.1 Zweck der Düngung 126
- 9.2 Bedeutung der Nährstoffe 126
- 9.3 Düngbedarfsermittlung und Düngemittel 130
 - 9.3.1 Stickstoff- und Schwefeldüngung 131
 - 9.3.2 Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung 135
 - 9.3.3 pH-Wert und Kalkung 138
 - 9.3.4 Mikronährstoffe 139
- 9.4 Organische Düngung 140
 - 9.4.1 Humusbilanzierung und -zufuhr 141
 - 9.4.2 Nährstofffreisetzung und -immobilisierung 142
- 9.5 Nährstoffvergleich (-bilanzierung) 143
- 9.6 Düngung und Fruchtfolgegestaltung 143
- 9.7 Verfahren der Düngung 144
- 9.8 Besonderheiten der Düngung im Gewächshaus GERALD LATTASCHKE 146
 - 9.8.1 Bodenkultur 146
 - 9.8.2 Substratkultur 150
 - 9.8.3 CO₂-Düngung 152

10 Kulturarbeiten

HERMANN LABER 154

- 10.1 Bodenbearbeitung und -pflege 154
 - 10.1.1 Grundbodenbearbeitung 155
 - 10.1.2 Saat- und Pflanzbettbereitung 156
 - 10.1.3 Bodenpflege 157
 - 10.1.4 Nacherntearbeiten 157
- 10.2 Bewässerung und Bewässerungssteuerung 158
 - 10.2.1 Bewässerungssteuerung mittels Klimatischer Wasserbilanz 159
 - 10.2.2 Bewässerungssteuerung nach Bodenwassergehalt und Wasserspannung 161
 - 10.2.3 Bewässerungsverfahren 162
 - 10.2.4 Wasserbeschaffenheit 162

11 Einsatz von Folien und Vliesen

NORBERT LAUN 164

- 11.1 Verfrühung 164
 - 11.1.1 Verfahren 166
 - 11.1.2 Auswahl von Verfrühungssystemen 168
 - 11.1.3 Steuerung 169
- 11.2 Winterschutz 170

12 Pflanzenschutz

JOCHEN KREISELMAIER 171

- 12.1 Rechtliche Regelungen in der Europäischen Union (EU) und im deutschen Pflanzenschutzgesetz 171
 - 12.1.1 Pflanzenschutzmittel 171
 - 12.1.2 Pflanzenstärkungsmittel 172
 - 12.1.3 Sachkunde 172
- 12.2 Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln 173
- 12.3 Integrierter Pflanzenschutz 173
 - 12.3.1 Schadschwellen 174
 - 12.3.2 Fruchtwechsel und Feldhygiene 176
 - 12.3.3 Biologische Bekämpfungsmaßnahmen 176
 - 12.3.4 Biotechnische Pflanzenschutzmaßnahmen 178
 - 12.3.5 Unkrautbekämpfung 180
 - 12.3.6 Bodenentseuchung 184
 - 12.3.7 Vermeidung von Resistenzbildung 185
 - 12.3.8 Prognose- und Simulationsmodelle 186

13 Ernte, Aufbereitung und Transport

MARTIN GEYER 187

- 13.1 Ernte 187
- 13.2 Putzen, Waschen, Sortieren 188
- 13.3 Verpacken 189
- 13.4 Transport 191

14 Lagerung und Frischhaltung

MARTIN GEYER 194

- 14.1 Physiologische Prozesse im Lagergut 194
- 14.2 Vorkühlung 196
- 14.3 Lagerverfahren 198
- 14.4 Lagerbedingungen 201
- 14.5 Optimierung der Kälteausrüstung 204
- 14.6 Gemeinsames Lagern 206

Anbau der Gemüsearten**15 Baldriangewächse – Valerianoideae**

JOACHIM ZIEGLER 209

- 15.1 Feldsalat 209

16 Doldenblütler – Apiaceae

HERMANN LABER 218

- 16.1 Möhre 219
- 16.2 Sellerie 233
 - 16.2.1 Knollensellerie 233
 - 16.2.2 Stangensellerie 239
 - 16.2.3 Schnittsellerie 241
- 16.3 Pastinake 242
- 16.4 Petersilie 244
 - 16.4.1 Blattpetersilie 244
 - 16.4.2 Wurzelpetersilie 249
- 16.5 Knollenfenchel 251
- 16.6 Dill 255

17 Fuchsschwanzgewächse – Amaranthaceae

GERALD LATTASCHKE 258

- 17.1 Spinat 258
- 17.2 Rote Rübe 265
- 17.3 Mangold 271

18 Gräser – Poaceae

JOACHIM ZIEGLER 274

- 18.1 Zuckermais 274

19 Knöterichgewächse – Polygonaceae

JOACHIM ZIEGLER 280

- 19.1 Rhabarber 280

20 Korbblütler – Asteraceae

SEBASTIAN WEINHEIMER 286

- 20.1 Lactuca-Salate 286
 - 20.1.1 Kopf-(Butter-)salat 286
 - 20.1.2 Eissalat 295

- 20.1.3 Blattsalate 296
- 20.1.4 Romana-Salat 298
- 20.1.5 Babyleaf-Salate 300
- 20.1.6 One-Cut-Ready-Salat 302
- 20.2 Endivien
SEBASTIAN WEINHEIMER 303
- 20.3 Salatzichorie
SEBASTIAN WEINHEIMER 305
- 20.3.1 Radicchio 305
- 20.3.2 Chicorée
GERALD LATTAUSCHKE 307
- 20.4 Schwarzwurzel
SEBASTIAN WEINHEIMER 315
- 20.5 Artischocke
SEBASTIAN WEINHEIMER 317
- 20.6 Topinambur
SEBASTIAN WEINHEIMER 319

21 Kreuzblütler – Brassicaceae

GERALD LATTAUSCHKE 321

- 21.1 Kohl 321
- 21.1.1 Kopfkohl (Weißkohl, Rotkohl, Wirsing) 322
- 21.1.2 Blumenkohl 332
- 21.1.3 Brokkoli 339
- 21.1.4 Kohlrabi 342
- 21.1.5 Rosenkohl 348
- 21.1.6 Grünkohl 352
- 21.2 Kohlrübe
GERALD LATTAUSCHKE 355
- 21.3 Rübsen
GERALD LATTAUSCHKE 358
- 21.3.1 Chinakohl 358
- 21.3.2 Pak Choi 364
- 21.3.3 Speiserübe und Stielmus 366
- 21.4 Radies und Rettich
ZIEGLER 369
- 21.4.1 Radies 369
- 21.4.2 Rettich 375
- 21.5 Rucola
SEBASTIAN WEINHEIMER 380
- 21.6 Asia-Salate, Japanese Greens
SEBASTIAN WEINHEIMER 385
- 21.7 Meerrettich
GERALD LATTAUSCHKE 386

22 Kürbisgewächse – Cucurbitaceae

GERALD LATTAUSCHKE 390

- 22.1 Gurke (Einlege- und Salatgurke) 390
- 22.2 Zucchini 412
- 22.3 Kürbis 415
- 22.4 Zuckermelone 420

23 Lauchgewächse – Alliaceae

HERMANN LABER 423

- 23.1 Speisewiebel (Trockenzwiebel) und Schalotten 423
- 23.2 Lauch- bzw. Bundzwiebeln 436
- 23.3 Schnittlauch 438
- 23.4 Knoblauch 444
- 23.5 Porree (Lauch) 446

24 Nachtschattengewächse – Solanaceae

GERALD LATTAUSCHKE 456

- 24.1 Tomate 456
- 24.2 Paprika 473
- 24.3 Aubergine 481
- 24.4 Andenbeere 485

25 Schmetterlingsblütler – Faboideae

HERMANN LABER 487

- 25.1 Erbse 488
- 25.2 Bohne (Busch- und Stangenbohne) 498
- 25.3 Dicke Bohne 508

26 Spargelgewächse – Asparagaceae

JOACHIM ZIEGLER 511

- 26.1 Spargel 511

27 Windengewächse – Convolvulaceae

KAI-UWE KATROSHAN 530

- 27.1 Süßkartoffel 530

28 Gewürzkräuter

THOMAS JAKSCH 533

- 28.1 Doldenblütler – Apiaceae 536
 - 28.1.1 Dill, Topf- 536
 - 28.1.2 Gartenkerbel 537
 - 28.1.3 Liebstöckel 538
 - 28.1.4 Petersilie, Topf- 539
- 28.2 Knöterichgewächse – Polygonaceae 540
 - 28.2.1 Sauerampfer 540
- 28.3 Korbblütler – Asteraceae 541
 - 28.3.1 Estragon 541
- 28.4 Kreuzblütler – Brassicaceae 541
 - 28.4.1 Brunnenkresse 541
 - 28.4.2 Gartenkresse 542
- 28.5 Lauchgewächse – Alliaceae 544
 - 28.5.1 Schnittknoblauch 544
 - 28.5.2 Bärlauch 545
- 28.6 Lippenblütler – Lamiaceae 546
 - 28.6.1 Basilikum 546
 - 28.6.2 Bohnenkraut 548
 - 28.6.3 Dost 548
 - 28.6.4 Pfefferminze 549

- 28.6.5 Rosmarin 550
- 28.6.6 Salbei 551
- 28.6.7 Thymian 552
- 28.6.8 Zitronenmelisse 552
- 28.7 Portulakgewächse – Portulacaceae 554
 - 28.7.1 Sommerportulak 554
- 28.8 Quellkrautgewächse – Montiaceae 554
 - 28.8.1 Winterportulak 554
- 28.9 Raublattgewächse – Boraginaceae 555
 - 28.9.1 Borretsch 555
- 28.10 Rosengewächse – Rosaceae 556
 - 28.10.1 Pimpinelle 556

29 Keimlingsgemüse

THOMAS JAKSCH 557

30 Gemüseraritäten

THOMAS JAKSCH 560

31 Wild- und Sammelgemüse

THOMAS JAKSCH 565

Service**Literatur** 568

Bildquellen 573

Sachregister 574

Vorwort

Zehn Jahre nach dem Erscheinen des „WONNEBERGER/KELLER“ stand eine Neuauflage und Überarbeitung des Standardwerkes des praktischen GEMÜSEBAUs mit neuer Autorenbesetzung an. Wiederum galt es, in dem Werk die, von den Voraotoren vielfach auch schon angedeuteten, neuen Entwicklungen und Techniken im Erwerbsgemüsebau aufzunehmen und dabei das „Alte“ und insbesondere die Grundlagen „nicht aus den Augen zu verlieren“. Aber nicht erst die Verfasser der 9. Auflage (1989), FRITZ/STOLZ, mit denen die meisten Autorenkollegen „groß geworden sind“, klagten, dass es nicht möglich sei, „die Fülle des Wissens über den Gemüsebau komplett in ein Buch zu fassen“. Leitsatz für die Autoren der nun vorliegenden neuesten Auflage war es, möglichst umfassend die praktischen Details des modernen konventionellen Gemüsebaus anzusprechen und die verschiedenen Möglichkeiten der Kulturführung aufzuzeigen.

Dabei ist die Spanne des Möglichen immens: Sie reicht von dem kleinen Wochenmarktbesucher hin zum spezialisierten Direktbelieferer des Lebensmittel Einzelhandels mit Tausenden von Hektar Anbaufläche, vom eher landwirtschaftlich geprägten Anbau für die Verarbeitungsindustrie hin zum „Hightech“-Anbau unter Glas, wo nahezu jeder Wachstumsfaktor exakt geregelt wird. Es geht um Schläge mit zig Hektaren oder um den 9er-Topf mit

Kräutern und um eine Vielzahl von Gemüsekulturen, die für einen immer sensibleren Markt produziert werden müssen ...

Auch das aktuelle Autorenkollektiv schließt an die 1926 von HANS KRATZ begonnene Tradition an, ein „Kurzgefasstes Lehrbuch für Fachleute und Leitfaden für den Unterricht“ zu schreiben. Ist ein solches Lehrbuch im heutigen „Internet-Zeitalter“ mit seiner Informationsflut noch zeitgemäß? – Ja, sagen wir und die Recherchen im Rahmen dieses Buches bestätigten und verstärkten diese Meinung – man braucht als Lernender einen Leitfaden und nirgendwo im Netz gibt es die hier zusammengetragenen Informationen so kompakt, fundiert und von Fachleuten überprüft.

Dank daher allen, die an diesem Buch mitgewirkt haben: Angefangen bei den Voraotoren, die das „Grundgerüst“ lieferten, den Mitautoren, die ihr Fachwissen einbrachten, den vielen Fachkollegen aus unterschiedlichen Bereichen, die beratend und korrigierend zur Seite standen, sowie Praktikern, die bereitwillig Auskunft zu Details ihrer Kulturführung gaben. Schließlich Dank an den Verlag Eugen Ulmer und seine Mitarbeiter, die diese Neuauflage auf den Weg und zu Papier brachten.

Die Herausgeber, im Frühjahr 2014

Vorwort zur 4. Auflage

Recht schnell war die 2020er-Auflage vergriffen – eine Bestätigung dafür, dass der eingeschlagene Weg, Grundlagen und Kulturführung jeweils detaillierter darzustellen, auf Interesse gestoßen ist.

Die hiermit nun vorliegende aktualisierte Auflage eröffnete den Autoren die Möglichkeit, „kleinere Ungenauigkeiten“ zu korrigieren, zwischenzeitlich

etablierte Neuerungen ausführlicher zu beschreiben und neueste Entwicklungen anzudeuten.

Dank wiederum allen, die am Zustandekommen dieses Buches mitgewirkt haben.

Die Herausgeber, im Frühjahr 2023

Grundlagen für den Gemüsebau

1 Die Bedeutung des Gemüsebaus

GERALD LATTAUSCHKE

1.1 Gemüse

Als **Gemüse** bezeichnet man krautige Pflanzen, deren zur Ernte stark wasserhaltige Teile (Blätter, Knospen, Wurzeln, Stängel, Knollen, Blüten, Früchte, Samen) im rohen, frisch zubereiteten oder konservierten Zustand der menschlichen Ernährung dienen.

Diese Definition erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im gemäßigten Klima Europas handelt es sich beim Gemüse fast ausschließlich um krautartige Pflanzen. Eine Reihe von Kulturen nimmt eine Übergangsstellung ein. So werden in einigen Ländern Speisekartoffeln oder Erdbeeren zum Gemüse gezählt. Rhabarber, Physalis (Andenbeere) oder Melonen könnten auch dem Obst zugeordnet werden. Dagegen sind beispielsweise Zuckerrüben oder Ölfrüchte kein Gemüse, weil erst entzogene Bestandteile der menschlichen Ernährung dienen. Manche Gemüsepflanzen sind gleichzeitig Heilpflanzen, z. B. Fenchel oder Meerrettich. Auch Sprosse oder Blätter von Sträuchern und Bäumen, die jedoch vorwiegend in subtropischen oder tropischen Regionen wachsen, können als Gemüse genutzt werden. Frische Gewürzkräuter zählt man ebenfalls zum Gemüse.

Gegenwärtig werden in Deutschland etwa 100 (weltweit mehr als 1000) Gemüsearten angebaut. Davon belegen 42 Arten ca. 99 % der derzeitigen Anbaufläche im Freiland. Nur bei rund 20 Gemüsearten liegt der jährliche Verbrauch bei über einem Kilogramm pro Kopf.

Die Einteilung der Gemüsearten kann nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen werden. Im Handel, in der gemüsebaulichen Praxis sowie im Haushalt wird meist die Einteilung nach

der **Nutzung bestimmter Pflanzenteile** bevorzugt:

Wurzelgemüse: Knollensellerie, Kohlrübe, Meerrettich, Möhre, Pastinake, Radies, Rettich, Rote Rübe, Schwarzwurzel, Speiserübe, Süßkartoffel, Topinambur, Wurzelpetersilie, Wurzelschicorie, Yacon.

Hülsenfrüchte: Buschbohne, Stangenbohne, Prunkbohne oder Feuerbohne, Dicke Bohne oder Puffbohne, Erbse (Mark-, Schal-, Zuckerbse).

Fruchtgemüse: Andenbeere, Aubergine, Gurke, Kürbis, Melone, Paprika, Patisson, Tomate, Zucchini, Zuckermais.

Zwiebelgemüse: Bärlauch, Knoblauch, Lauchzwiebel, Porree, Schalotte, Schnittlauch, Trocken- und Gemüsezwiebel.

Blatt- und Stielgemüse: Endivie, Feldsalat, Knollenfenchel, Löwenzahn, Mangold, Rauke (Rucola), Rhabarber, Salate, Salatichorie (Chicorée, Radichio, Zuckerhut oder Fleischkraut), Schnittpetersilie, Schnittsellerie, Spargel, Spinat, Stangensellerie, Stielmus, verschiedene Gewürzkräuter, z. B. Garten- und Brunnenkresse, Sauerampfer.

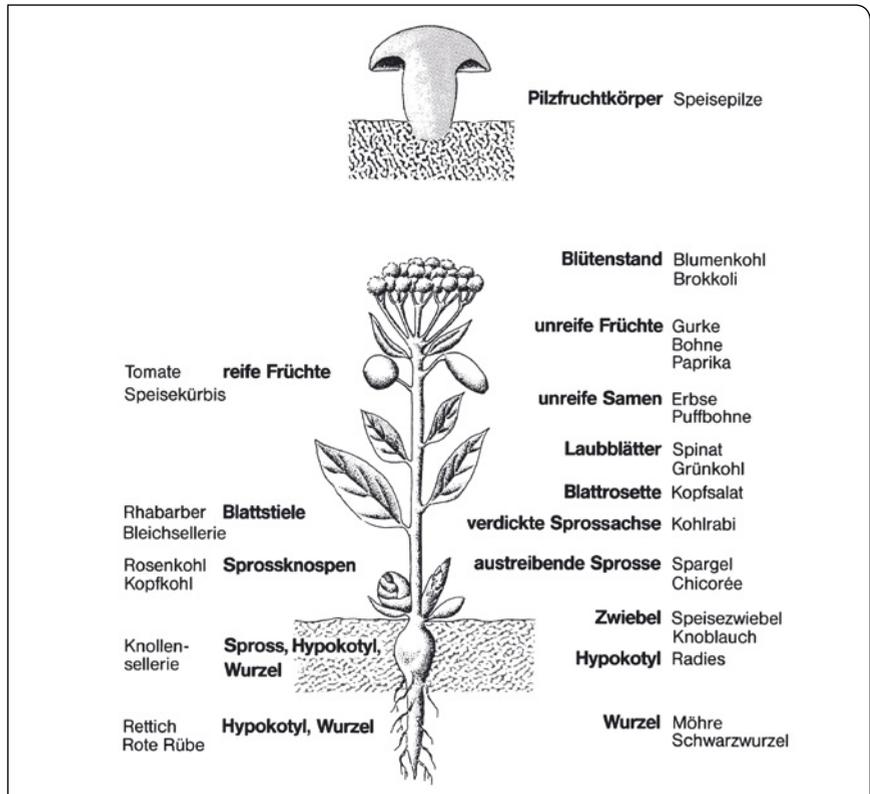
Kohlgemüse: Blumenkohl, Brokkoli, Chinakohl, Pak Choi, Grünkohl, Kohlrabi, Rosenkohl, Rotkohl, Weißkohl, Wirsing.

Handel, Praxis und Haushalt gliedern Gemüse in:

- Wurzelgemüse,
- Hülsenfrüchte,
- Fruchtgemüse,
- Zwiebelgemüse,
- Blatt- und Stielgemüse,
- Kohlgemüse.

Eine Gliederung in **Pflanzenfamilien** nach dem botanischen System ist für Lehr- und Nachschlagezwecke, für die Beurteilung des Gemüses als Nahrungs-

Abb. 1
Pflanzliche Organe, die bei verschiedenen Arten zur Gemüsegewinnung verwendet werden (aus SACHWEH 1989, nach GEISSLER und BAUMANN 1974)



mittel und hinsichtlich der Anbaueigenschaften logischer und oft zweckmäßiger. Häufig sind die Empfindlichkeit gegen Witterung und Krankheiten, die Stellung in der Fruchtfolge, der Nährstoffbedarf sowie die Inhaltsstoffe und der Gesundheitswert für die Arten einer Pflanzenfamilie typisch.

Die überwiegende Anzahl der wirtschaftlich bedeutsamen Gemüsearten ist folgenden botanischen Familien bzw. Unterfamilien zuzuordnen:

Baldriangewächse (Valerianoideae), Doldenblütler (Apiaceae), Fuchsschwanzgewächse (Amaranthaceae), Gräser (Poaceae), Knöterichgewächse (Polygonaceae), Korblütler (Asteraceae), Kreuzblütler (Brassicaceae), Kürbisgewächse (Cucurbitaceae), Lauchgewächse (Alliaceae), Nachtschattengewächse (Solanaceae), Schmetterlingsblütler (Faboidae), Spargelgewächse (Asparagaceae) und Windengewächse (Convolvulaceae).

Verbreitet sind auch die Bezeichnungen **Fein- und Grobgemüse**. Durch die Bezeichnung „grob“ werden manche Gemüsearten herabgesetzt. So können beispielsweise Kopfkohl, Möhren oder Knollensellerie – alle sogenannten „Groggemüse“ – zwar in großer Masse vergleichsweise kostengünstig produziert und (wenn sie sofort verkauft werden) relativ grob behandelt werden, sie sind aber gesundheitlich sehr wertvoll und haben einen feinen Geschmack. Unter **Feingemüse** versteht man traditionell Frischgemüsearten, z. B. Spargel, Blumenkohl, Brokkoli, Tomaten, Gurken, Bohnen und Markerbsen, die besonders zart, delikat, transportempfindlich und nicht ohne technische Hilfsmittel haltbar sind. Dazu gehören auch alle Arten aus dem geschützten Anbau. Da sehr viele Gemüse (einschließlich Frühkohl, Rosenkohl, Por-

ree, Frühmöhren etc.) zum Feingemüse gezählt werden, bleiben als Grobgemüse nur wenige Arten übrig.

Eine Unterscheidung nach **Industriegemüse (Verarbeitungsgemüse)**, als Rohware für die industrielle Verarbeitung (Nass- und Sauerkonserve, Frostung, Saft, Trocknung) und Gemüse für den Frischmarkt, vereinfacht Markt- oder Frischgemüse genannt, ist aus verschiedenen Gründen, z. B. Sorteneignung, Sortierung, Qualität, nützlich und weltweit üblich. Schließlich kann man Markt- oder Frischgemüse noch nach Haushalts- und Großküchenware unterteilen.

Nach dem **Zeitpunkt des Erntetermins** unterscheidet man Früh-, Sommer- sowie Herbst- und Wintergemüse. Lagergemüse (z. B. Speisezwiebeln, Kopfkohl, Möhren, Sellerie) kommt aus Normal- oder Kühllagern in den Wintermonaten und im Frühjahr auf den Markt.

Unter **Treibgemüse** versteht man die termingenaue Wachstumsförderung (Treiberei) von Pflanzen, die aus einer für das Wachstum günstigeren Jahreszeit über einen Vorrat an Reservestoffen verfügen (z. B. Chicorée, Schnittlauch).

Die Unterscheidung nach dem **Anbauort** in Freiland- oder Gewächshausgemüse begründet die Einteilung des Gemüsebaus in seine zwei weitestgehend selbstständigen Teildisziplinen – Freiland- und Gewächshausgemüseanbau.

Gemüsearten mit geringem Anbauumfang oder neu eingeführte Arten werden häufig unter der Bezeichnung **seltene Gemüse** oder **Gemüseraritäten** zusammengefasst. Zudem verlangen die Verbraucher vor dem Hintergrund eines gestiegenen Gesundheitsbewusstseins auch nach **Keimlingsgemüse**, das den Wunsch nach Produkten ohne jeglichen Pflanzenschutz- und Düngemittleinsatz befriedigt. Hierfür kommen die verschiedensten Gemüse-, aber auch Nichtgemüsearten (z. B. Luzerne) infrage. In der Natur vorkommende, essbare Pflan-

zen werden unter der Bezeichnung **Wild- und Sammelgemüse** zusammengefasst. **Ziergemüse** (z. B. Zierkohl, Zierpaprika) dient der Zierde und nicht der menschlichen Ernährung.

1.2 Gemüse als Nahrungsmittel

1.2.1 Bedeutung für die gesunde Ernährung

Ein **Nahrungsmittel** soll nicht nur wirtschaftlich und sättigend, sondern vor allem auch wohlschmeckend, gesund und bekömmlich sein. Gemüse vereint diese Eigenschaften in besonderer Art und Weise. Bei der heutigen Arbeits- und Lebensweise, dem großen Angebot an energiereichen Nahrungsmitteln mit der Folge von Überernährung mit den bekannten ernährungsbedingten Krankheiten, gewinnt Gemüse mit seinem Gehalt an Vitaminen, Mineralstoffen und bioaktiven Substanzen (sekundäre Pflanzenstoffe, Ballaststoffe, Substanzen in fermentierten Lebensmitteln) immer größere Bedeutung.

Nach heutigen Vorstellungen von gesunder Ernährung und nach Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) ist es angeraten, mindestens fünf Portionen unterschiedlicher Gemüse- und Obstarten am Tag zu essen („5 am Tag“). Von den fünf Portionen sollten möglichst drei Portionen Gemüse (rund 400 g) und zwei Portionen Obst (rund 250 g) sein. Um die Vielfalt der Gemüsearten richtig nutzen zu können, empfiehlt sich der tägliche Verzehr jeweils einer Portion Gemüse in Form von Rohkost, Salat und gegartem Gemüse. Dies würde einen jährlichen Gemüseverbrauch von rund 140 kg/Jahr und Person ergeben.

Gemüse trägt mit 10 % zur Versorgung mit den Mineralstoffen Kalium, Calcium, Magnesium, Phosphor und Eisen bei, mit 4–6 % zur Versorgung mit den Vitaminen B₁, B₂ und Niacin. An der Versorgung mit Vitamin C (mehr als 33 %) und Vitamin A (mehr als 16 %) ist es entscheidend beteiligt. Zusätzlich bereichert Gemüse die Nahrung mit gesundheitsfördernden Stoffen, es regt den Appetit an und fördert die Verdauung.

Sorte, Standweite, Reife, Anbau und Erntemethode können auch den Gebrauchswert beeinflussen.

Wegen ihres überragenden gesundheitlichen Wertes werden Ballast-, sekundäre Pflanzen- und Inhaltsstoffe fermentierter Lebensmittel auch als bioaktive Stoffe bezeichnet.

1.2.2 Qualität von Gemüse

Der Begriff **Qualität** bedeutet Beschaffenheit, Wert, Güte. Qualität bezeichnet eine einzelne oder die Summe der Eigenschaften (vorgegebene Normen/Standards oder Zielvereinbarungen) einer Einheit. Anbauer, Handel und Verbraucher verstehen unter Qualität oft verschiedene Eigenschaften. Die Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 regelt die allgemeinen Grundsätze für Vermarktungsnormen. Erzeugnisse, für die Vermarktungsnormen festgelegt wurden, dürfen in der EU nur vermarktet werden, wenn sie diesen Normen entsprechen. Um mit vergleichbaren und praktikablen Kriterien zu arbeiten, gelten für die überwiegende Zahl der Gemüsearten in der Europäischen Union **allgemeine Vermarktungsnormen** gemäß Verordnung (EU) Nr. 543/2011. Darüber hinaus sind für einige wenige Gemüsearten, Salate, krause Endivie und Eskariol, Gemüsepaprika sowie Tomaten/Paradeiser **spezielle Vermarktungsnormen** verbindlich.

Allgemeine Vermarktungsnorm (DVO (EU) Nr. 543/2011 der Kommission vom 07.06.2011)

1. Mindestqualität

Die Erzeugnisse müssen vorbehaltlich der zulässigen Toleranzen folgendermaßen beschaffen sein:

- ganz,
- gesund,
- sauber, praktisch frei von sichtbaren Fremdstoffen,
- praktisch frei von Schädlingen,
- praktisch frei von Schäden durch Schädlinge,
- frei von anomaler Feuchtigkeit,
- frei von fremdem Geruch und/oder Geschmack.

Der Zustand der Erzeugnisse muss so sein, dass sie

- Transport und Hantierung aushalten und
- in zufriedenstellendem Zustand am Bestimmungsort ankommen.

2. Mindestreifeanforderungen

Die Erzeugnisse müssen genügend entwickelt, aber nicht überentwickelt sein, und die Früchte müssen einen ausreichenden Reifegrad aufweisen, dürfen aber nicht überreif sein. Entwicklung und physiologischer Reifezustand der Erzeugnisse müssen so sein, dass sie den Entwicklungsprozess fortsetzen können und einen ausreichenden Reifegrad erreichen können.

3. Toleranzen

In jeder Partie sind höchstens 10 % nach Anzahl und Gewicht Erzeugnisse zugelassen, die die Mindestanforderungen nicht einhalten. Innerhalb dieser Toleranz sind insgesamt höchstens 2 % Erzeugnisse mit Verderb zulässig.

4. Angabe des Erzeugnisursprungs

Vollständiger Name des Ursprungslandes.

Die Wirtschaftsbeteiligten können bei Erzeugnissen, die der allgemeinen Vermarktungsnorm für Obst und Gemüse unterliegen, auch die jeweiligen **UNECE-Normen** (UNECE = United Nations Economic Commission for Europe) anwenden. Die UNECE-Normen bieten zusätzlich die Möglichkeit, die Erzeugnisse nach Klassen aufzubereiten und zu kennzeichnen. Umfangreiche Hinweise zu den Vermarktungs-

normen für Gemüse können bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE, www.ble.de) bezogen werden.

Die allgemeinen Normen definieren Anforderungen bezüglich Mindestqualität, Mindestanforderungen zum Reifezustand, Qualitätstoleranzen im Packstück sowie zu Angaben zum Erzeugnisursprung. Die Güteeigenschaften der Normen lassen sowohl auf den Gebrauchswert als auch auf den Nahrungswert schließen, denn „frisch, gesund, sauber, fest, sortentypisch entwickelt in Form und Farbe“ etc. zeigen einen ernährungsphysiologisch wertvollen Gütezustand an. Die allgemeinen und speziellen Vermarktungsnormen schließen alle Handelsstufen, einschließlich Ein- und Ausfuhr ein. Diese Normen dienen der Definition eines vergleichbaren, objektiven Marktwertes, der zwar nach äußerer Beschaffenheit sortiert und beurteilt wird, der aber indirekt Schlüsse auf den „inneren Wert“ der Produkte zulässt.

Gemüse unterliegt der amtlichen, häufig auch der freiwilligen (privatwirtschaftlichen) **Qualitätskontrolle** sowie der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts. Die gesetzlichen Vorschriften gelten im Hinblick auf die Zusammensetzung, die gesundheitliche Unbedenklichkeit sowie die richtige Kennzeichnung der Nahrungsmittel. Die Verordnung fordert nicht nur ein hygienisch einwandfreies Nahrungsmittel, sondern begrenzt auch umwelt- und anbaubedingte Schadstoffe, wie Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, Dioxine und andere langlebige organische Verbindungen, Radioaktivität, Schwermetalle oder Schimmelpilzgifte sowie Stoffwechselprodukte von Bakterien. In Deutschland regelt unter anderem das Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) die für Pflanzenschutz- oder sonstige Mittel oder deren Umwandlungs- und Reaktionsprodukte

geltenden Höchstmengen, die in oder auf Lebensmitteln beim Inverkehrbringen nicht überschritten werden dürfen. Die privatwirtschaftliche, nicht vom Gesetzgeber vorgeschriebene, Qualitätskontrolle durch Qualitätssicherungssysteme oder Qualitätsmanagementsysteme (Kap. 4.2), mit den Zielen Transparenz im Produktionsprozess, Rückverfolgbarkeit und Sicherheit dient ebenfalls der Erzeugung qualitativ hochwertiger Lebensmittel. Seitens des Lebensmitteleinzelhandels wurden vor geraumer Zeit sogenannte „**secondary standards**“ in Bezug auf Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Obst und Gemüse eingeführt. Obwohl Gemüse, dank umfangreicher nationaler und EU-weiter Regularien, als „sicheres Lebensmittel“ gilt, fordert der Handel gegenüber den Produzenten von Gemüse über die ohnehin hohen gesetzlichen Anforderungen hinausgehende Begrenzungen, insbesondere bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die in den Lieferverträgen festgeschrieben werden.

Der **ernährungsphysiologische Wert**, auch als Nahrungswert und bei den einzelnen Kulturen als gesundheitlicher Wert bezeichnet, ist ein Sammelbegriff für sensorische und biochemische Eigenschaften des Gemüses. Den gesundheitlichen Wert bilden die folgenden Inhaltsstoffe:

1. **Vitamine** und andere Wirkstoffe, die für die Gesundheit des Menschen wichtig sind. Sie sind in allen Gemüsearten in unterschiedlichen Mengen enthalten, abhängig von Gemüseart, Sorte, Reife, Witterung, Anbautechnik und Behandlung nach der Ernte. Gemüse übertrifft im Gehalt an Carotin (Provitamin A), Vitamin B₁ (Thiamin) und ganz besonders Vitamin C andere Nahrungsmittel wie Getreide, Butter oder Fleisch. Auch der Gehalt an Vitamin B₂ (Riboflavin), B₃ (Niacin), B₅ (Pantothensäure) sowie Folsäure ist beachtlich.
2. **Mineralstoffe** (insbesondere P, Ca, K, Fe, Mg) sind in den Pflanzenorganen

unterschiedlich, insgesamt jedoch bei harmonischer Düngung reichlich vorhanden und tragen zum Gesundheitswert von Gemüse bei.

3. **Würzstoffe**, vorwiegend organische Säuren, ätherische Öle, Senföle und eine Vielzahl anderer Aromastoffe, prägen den Geschmack und tragen zur Bekömmlichkeit von Gemüse bei. Manche sind medizinisch wirksam. Auch der Zucker- und Säuregehalt wirkt geschmacksbildend. Der Geschmack wird – je nach Art mehr oder weniger – von der Sorte, der Düngung, vom Reifegrad, von der Witterung und der Behandlung nach der Ernte beeinflusst.

4. **Ballaststoffe** sind unverdauliche Bestandteile, z. B. Zellulose in den Zellwänden oder Pektin. Sie spielen eine große Rolle für die Darmfunktion. Unsere Nahrung enthält davon zu wenig, Gemüse allerdings relativ viel. Ballaststoffe sind weniger durch den Anbau zu beeinflussen, sie hängen vorwiegend von der Pflanzenart ab.

5. **Sekundäre Pflanzenstoffe**, z. B. Carotinoide, Glucosinolate, Polyphenole, Sulfoxide, Sulfide und Bitterstoffe, kommen in zahlreichen Gemüsearten vor und haben neben der Ausprägung des Geschmacks und Aromas vielfältige gesundheitliche Wirkungen:

- vorbeugende krebshemmende Wirkung – Carotinoide, Glucosinolate, Monoterpene, Phytinsäure, Phytosterine, Phytoöstrogene, Polyphenole, Saponine, Sulfoxide, Sulfide.
- Hemmung von Bakterien, Viren, Pilzen – Glucosinolate, Polyphenole, Saponine, Sulfoxide, Sulfide.
- antioxidative Wirkung – Carotinoide, Phytoöstrogene, Polyphenole, Sulfide.
- Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes, blutdruckregulierend und entzündungshemmend – Polyphenole.
- Abwehrstimulierung – Carotinoide, Polyphenole, Saponine, Sulfoxide, Sulfide.

- Cholesterinsenkung – Glucosinolate, Phytosterine, Saponine, Sulfoxide, Sulfide.
- beruhigende Wirkung – Phthalide.
- appetitanregende Wirkung – kleine Mengen an Bitterstoffen, z. B. Lactucin in Korbblütler-Salaten, regen den Appetit und die Verdauung an, zu hohe Konzentrationen wirken abstoßend. Andere Bitterstoffe, wie z. B. die Cucurbitacine der Kürbisgewächse, sind dagegen gesundheitschädlich.

Die einzelnen Gemüsearten und Gewürzkräuter enthalten unterschiedliche sekundäre Pflanzenstoffe:

- Anthocyane – Rotkohl, Schwarze Möhre, Rote Zwiebeln;
- Bitterstoffe – Chicorée, Löwenzahn, Salate;
- Carotinoide – Möhren, Paprika (rot, gelb, grün), Petersilie, Grünkohl, Spinat, Tomaten, Kürbis und Wassermelonen;
- Flavonoide – Brokkoli, Grünkohl, Bohnen, Rotkohl, Sellerie, Zwiebeln, Tomaten;
- Glucosinolate – alle Kohlarten, besonders Brokkoli, Rosenkohl, Kohlrabi, grüner Blumenkohl, ferner Meerrettich, Kohlrüben, Speiserüben, Rauke, Garten- und Brunnenkresse, Löffelkraut, Radies, Rettich;
- Monoterpene – Grünkohl, Möhren, Sellerie, Tomaten, Zwiebeln, Kümmel, Pfefferminze;
- Phthalide – Sellerie (Knolle und Blatt);
- Phytoöstrogene – Kürbissamen, reife Leguminosen;
- Phytosterine – Keimlinge;
- Polyphenole – Grünkohl, Radies, Weißkohl, Bohnen;
- Protease-Inhibitoren – Keimlinge, Erbsen, Bohnen;
- Saponine – Bohnen, Spinat, Spargel, Knoblauch, Zwiebeln;
- Sulfoxide, Sulfide – Bärlauch, Knoblauch, Porree, Zwiebeln.

6. **Inhaltsstoffe fermentierter Gemüsearten**, wie Sauerkraut, sauer konservierte Gurken oder Rote Rüben, sind Milchsäure und bei Rohverzehr auch Milchsäure- und andere Bakterien. Sie

Tab. 1 Qualität von Gemüse – Definition, Eigenschaften und Bewertung

Marktwert, äußere Qualität	Genusswert	Gebrauchswert	Gesundheitswert, innere Qualität	Ökologischer Wert
Eigenschaften				
<ul style="list-style-type: none"> • Form • Farbe, Glanz • Konsistenz • Größe, Frische • Unversehrtheit • Sauberkeit • Frei von Fremdgeruch 	<ul style="list-style-type: none"> • Geruch • Geschmack • Konsistenz • Frische • Mundgefühl 	<ul style="list-style-type: none"> • Haltbarkeit • Transportfähigkeit • Eignung für Verarbeitung • Verpackungseignung • Küchentechnische Eignung 	<ul style="list-style-type: none"> • Wertgebende Stoffe, z. B. <ul style="list-style-type: none"> – Zucker, Eiweiß, Fett, – Mineralstoffe, Vitamine, – Aromastoffe, – sekundäre Pflanzen- und Ballaststoffe • Wertmindernde Stoffe, z. B. <ul style="list-style-type: none"> – endogene Stoffe, wie Oxalsäure, Solanin, allergene Stoffe, – Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, – Verunreinigungen mit Schwermetallen, Immissionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Anbaumethode, z. B. integriert, ökologisch/biologisch • Ressourcenschonender Anbau • Nutzung nachwachsender Rohstoffe • Nachhaltigkeit der Produktion • Vermarktung in der Region, kurze Transportwege
Erfassung – wie?				
Vorwiegend visuelle Kontrolle, unterstützt durch einfache Hilfsmittel, wie Waage, Sortier-, Farbschablonen u. a.	Sensorisch durch Verkostung, teilweise auch mit geschulten Sensorik-Teams	Hilfsmittel, z. B. Waage, Festigkeits- und Farbmessgeräte, Ermittlung der Trockenmasse (TM) und der löslichen TM = °Brix	Tierversuche, Humanstudien; innere Qualität durch qualitative und quantitative Analytik mit allen gängigen Methoden	Weniger direkte Erfassung der Produktqualität, indirekte Bewertung durch Rest-N _{min} -Werte, Energie-, Stoff-, Ökobilanzen der Produktionsverfahren, CO ₂ -Footprint, äußeres Bild des Betriebes, Artenzahl und -vielfalt, Erlebniswert des betrieblichen Umfeldes
Erfassung/Kontrolle – was, wo und durch wen?				
Proben vom Feld, Aufbereitung, Großmärkte, Handel, durch amtliche und freiwillige externe sowie interne Qualitätskontrollen	Firmen, Institute, Verbraucher	Proben vom Feld, vor, nach der Aufbereitung durch Verarbeitungsindustrie	Proben vom Feld, aus Betrieben, nach der Aufbereitung, Handel, durch staatliche und private Labore, Verarbeitungsindustrie	Kontrollstellen, Verbände, Dokumentation, „Gesellschaft“, öffentliche Meinung, Medien

wirken positiv auf die Verdauung, cholesterinsenkend und antimikrobiell.

7. **Energieliefernde Grundnährstoffe**, wie Kohlenhydrate (Zucker und Stärke), Eiweiß und Fett, gelegentlich auch als Nährwert bezeichnet, sind in Gemüsearten weniger enthalten. Der Kohlenhydratgehalt ist mit 10 % des Gehaltes von Weizenbrot niedrig, der Eiweißgehalt (mit Ausnahme der Samen von Schmetterlingsblütlern) entspricht etwa 20–30 % des Gehaltes von Weizenbrot. Dagegen ist die Form des Gemüseeiweißes für den Menschen besonders günstig: Es enthält anteilig viel von den wertvollen Aminosäuren Lysin und Tryptophan, z. B. in Grün-, Blumen-, Rosenkohl, Brokkoli, Kohlrabi, Erbsen und Bohnen. Der Fettgehalt ist – von einigen Samen abgesehen – unbedeutend. Insgesamt ist Gemüse energiearm und deshalb heute besonders wertvoll, denn es macht satt, aber nicht dick.

8. Zu den **unerwünschten Inhaltsstoffen** zählen bestimmte pflanzeigene Stoffe, wie Nitrat, Glykoside (Phasine in Bohnen), Alkaloide (Tomatin in grünen Tomaten) blausäureabspaltende Verbindungen (unreife Bambussprossen) und Oxalsäure (Rhabarber, Spinat), die von Art, Sorte, Witterung, Jahreszeit, Düngung und Reifezustand abhängen und zum Teil durch Kochen entfernt werden müssen (z. B. Phasine). Umweltbedingte Schadstoffe, wie Schwermetalle (Blei, Cadmium, Arsen), werden je nach Gemüseart verschieden stark angereichert. Besonders betroffen sind alle Blatt-, Stiel- und Wurzelgemüsearten, die auf belasteten Böden nicht angebaut werden sollten. Weniger gefährdet sind Frucht-, Hülsen- und Zwiebelgemüse. Die Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle soll durch eine Erhöhung des pH-Wertes (> 7) im Boden teilweise vermindert werden können.

Gemüse wird auch in der Verarbeitungsindustrie als Nass- und Sauerkonserve, als Trocken-(Quell-)Gemüse, tiefgekühlt, gefrier- oder mikrowellengetrocknet, als Saft oder als Diätware

(Kindernahrung) verarbeitet. Entsprechend vielfältig sind die Ansprüche an die Qualität der Rohware. Das fertige Produkt muss den Qualitätsnormen und Deklarationsvorschriften für verarbeitetes Gemüse entsprechen. Dies wird im Allgemeinen erreicht, wenn die Rohware den allgemeinen Vermarktungsnormen sowie den produktspezifischen Qualitätsnormen für Gemüse zur industriellen Verarbeitung entspricht. In bilateralen Anbauverträgen zwischen Produzent und Verarbeiter können darüber hinausgehende Anforderungen an die Rohware fixiert werden. Die freiwillige Qualitätskontrolle und die abnehmende Industrie prüfen mit geeigneten Methoden, ob diese Richtlinien eingehalten werden.

1.3 Umfang und Wert des Gemüsebaus

1.3.1 Nachfrage

Ein Betrieb wird von seinem Standort, seiner Leitung, den wirtschaftlichen und sozialen Verhältnissen der nahen Umgebung und denen des gesamten Wirtschaftsraumes geprägt. Vor dem Anbau steht die Frage nach **Markt und Absatz**. Ohne gesicherten Absatz kein Anbau. Die Produktion muss laufend an Markt und Absatz angepasst werden, z. B. durch ein ständiges Angebot gefragter Arten, auch wenn ein mehr saisonaler Verzehr im Interesse der heimischen Betriebe läge. Die Nachfrage hängt langfristig von Bevölkerungswachstum, Verzehrgeohnheiten und Einkommensentwicklung ab, kurzfristig auch von der Jahres- und Urlaubszeit sowie Witterung. Meldungen in den Medien, Konkurrenzprodukte, Zufuhren, Preis und andere Faktoren beeinflussen ebenfalls die Nachfrage nach Gemüse. Die überwiegende Menge des Gemüses wird frisch oder frisch zubereitet verzehrt. Etwa 30 % des Gemüses werden nass oder trocken konserviert und etwa 5–7 % tiefgekühlt verbraucht.

Der durchschnittliche **Gemüseverbrauch** pro Kopf in Deutschland liegt mittlerweile bei rund 110 kg im Jahr. Damit hat in den letzten 30 Jahren der Pro-Kopf-Verbrauch von Gemüse immerhin um fast 30 kg zugenommen. Der Verbrauch an Frischgemüse betrug laut GfK-Haushaltspanel (2020) rund 81 kg pro Jahr und Haushalt bzw. wurden rund 218 EUR pro Jahr und Haushalt für frisches Gemüse ausgegeben. Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Arten ergibt sich das in Tabelle 2 aufgezeigte Verbrauchsmuster. Tomaten sind die mit Abstand beliebteste Gemüseart der Deutschen. Hier zeigt sich in den letzten Jahren ein deutlicher Trend hin zu kleinfrüchtigen Cocktail- und Kirschtomaten. Mit deutlichem Abstand folgen



Abb. 2

Tomaten sind mit Abstand das beliebteste Gemüse der Deutschen

Möhren, Zwiebeln, Gurken und verschiedene Kohllarten. Will man allerdings den Gemüseverbrauch auf die für moderne Ernährung erwünschten 140 kg Gemüse pro Kopf steigern, muss die Erziehung zu gesundheitsbewussten Ernährungsgewohnheiten bereits im

Tab. 2 Verbrauch von Gemüse nach Arten in Deutschland 1999/2000 und 2020/2021 in kg pro Kopf (ZMP Marktbilanz Gemüse 2001, AMI Marktbilanz Gemüse 2022)

Gemüseart	1999/2000	2020/2021
Weißkohl, Rotkohl	6,3	4,7
Wirsing, Chinakohl, Kohlrabi	2,8	2,5
Blumen-, Grünkohl, Brokkoli	2,5	2,0
Rosenkohl	0,5	0,3
Möhren, Karotten, Rote Rübe	6,1	11,5
Sellerie	0,7	1,0
Porree	1,1	1,3
Spinat	0,7	1,7
Spargel	1,4	1,5
Erbsen	1,2	1,2
Bohnen	2,0	2,2
Kopfsalat, Eissalat	3,3	2,4
Speisezwiebeln	6,0	9,0
Tomaten (frisch)	17,5	31,3 (8,1)
Paprika frisch	keine Angabe	4,2
Gurken (frisch)	6,0	7,5 (6,4)

Tab. 3 Anbau und Ernte von Gemüse in Deutschland (Statistisches Bundesamt und ZMP Marktbilanz Gemüse, verschiedene Jahrgänge, sowie AMI Marktbilanz Gemüse 2022 und Statistisches Bundesamt 2021)

Jahr	Anbaufläche [ha]		Erntemenge [1000 t]	
	Freiland	Glas/Folie	Freiland	Glas/Folie
1970/71	68 160	1 070	1 400	62
1980/81	46 740	1 330	990	71
1992 ¹⁾	82 410	1 430	2 095	108
2000	99 110	1 500	2 820	130
2010 ²⁾	106 186	1 325	3 147	143
2017	128 882	1 270	3 770	182
2021	130 549	1 318	4 057	198

¹⁾ ab 1992 inklusive fünf neue Bundesländer
²⁾ ab 2010 Anhebung der Mindesterfassungsgrenze und Ausschluss der Kräuter bei der Gemüsebauerhebung

Kindergarten und in der Schule beginnen und eine systematische Werbung, Marktpflege und Absatzpolitik betrieben werden. Dem Wunsch der Kunden nach frischen, gesunden und sicheren Produkten muss vollständig entsprochen werden. Immer wichtiger wird die Nachfrage nach regional erzeugtem Gemüse, die derzeit bei einem **Selbstversorgungsgrad** von rund 36 % bei weitem nicht befriedigt werden kann. Bei der beliebten Tomate beispielsweise liegt der Selbstversorgungsgrad nur bei rund 11 %.

1.3.2 Angebot

Kontinuierliches Wachstum trotz sich ständig verschärfender internationaler Wettbewerbsbedingungen ist charakteristisch für den deutschen Gemüsebau. Die **Anbaufläche** von Freilandgemüse ist in den letzten Jahrzehnten deutlich gestiegen und hat mittlerweile reichlich 130 000 ha erreicht. Die Unterglasflächen verzeichneten in Anbetracht ständig steigender Energiepreise und eines teilweisen Preisverfalls für die Erzeugnisse zunächst erhebliche Rückgänge

(Tab. 3), haben sich aber wegen einer steigenden Nachfrage nach regional erzeugtem Gewächshausgemüse in den letzten Jahren wieder stabilisiert (2021: 1318 ha).

Im Freilandgemüsebau wird die Fläche derzeit von rund 6000 Betrieben bewirtschaftet. Die Betriebszahl hat sich gegenwärtig, nach deutlichen Rückgängen in den letzten zwei Jahrzehnten, wieder etwas stabilisiert. Die durchschnittliche Betriebsgröße im Freilandgemüsebau liegt bei rund 22 ha und ist fortlaufend zunehmend. Im Unterglas-Bereich sind mit abnehmender Tendenz noch rund 1600 Betriebe aktiv.

Angebotsschwankungen treten infolge witterungsbedingt verschobener Erntetermine oder wechselnder Erntemengen auf, aber auch wegen hoher Importmengen und mangelnder Disposition.

Die bedeutendsten **Anbaubiete** für Freilandgemüse liegen in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Niedersachsen sowie in Bayern. Spargel ist flächenmäßig die mit Abstand wichtigste Gemüseart in Deutschland,



Abb. 3
Kohlarten belegen einen führenden Platz unter den Gemüsearten

gefolgt vom Kohlgemüse, Zwiebeln (inkl. Bundzwiebeln) und Möhren/Karotten (siehe Tab. 4).

Das Angebot aus der Inlandsproduktion konkurriert mit Importen zu 92 % aus EU-Ländern und rund 8 % aus Drittländern (2021). Die wichtigsten Außenhandelspartner für frisches Gemüse sind die Niederlande und Spanien. Im fünfjährigen Mittel der Jahre 2017–2021 standen einer Eigenproduktion von rund 4,0 Mio. t Frischgemüse Einfuhren in Höhe von 3,4 Mio. t gegenüber. Der Wert der Importe belief sich 2021 auf ca. 5,2 Mrd. €. Dem standen Exporte im Umfang von 408 000 t mit einem Wert von 424 Mio. € gegenüber.

Der Anbau unter Glas konzentriert sich in Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen. Die Tomate ist mittlerweile zur wichtigsten Gemüseart, mit nach wie vor steigender Tendenz, aufgestiegen (siehe Tab. 5). Alle Fruchtgemüsearten zählen in den letzten Jahren zu den Gewinnern in der Gunst der Konsumenten und profitieren dementsprechend in der Zunahme der Anbauflächen.

Das **Angebot** aus deutschen Anbaugebieten deckt rund 36 % des Bedarfs, fast zwei Drittel stammen aus Importen und Selbstversorgergärten.

Neben einer direkten Preiskonkurrenz wirken sich die Verdrängung durch andere Arten und die Sättigung durch vorangegangene Importe auf den Absatz und den Preis aus. Es gibt kaum noch saisonbedingte Spitzenpreise. Gemüse im Großabsatz wird zu Preisen wie an den internationalen Märkten üblich gehandelt. Die Betriebe sind auf die Anforderungen des stark preisorientierten Lebensmitteleinzelhandels ausgerichtet. Die ständige Anpassung der Sortimente an die Ansprüche der Konsumenten durch Sortiments- und Produktdifferenzierung (z. B. Smoothies, Convenience, Chilled Food, Fresh-Cut-Produkte) ist unerlässlich.

Der Betrieb kann zur **Stabilität des Marktes und Preises** durch konstante Anbauflächen, durch Anbau von mehreren Gemüsearten in jeweils vielen Sätzen, durch Verlängerung des Angebotes mittels Produktion im Freiland, unter

Tab. 4 Anbauflächen wichtiger Gemüsearten im Freiland [ha] (ZMP Marktbilanz Gemüse 2003, AMI Marktbilanz Gemüse 2013, 2022, Statistisches Bundesamt, 2021)			
Gemüseart	2002	2012	2021
Blumenkohl	5 123	4 368	2 949
Brokkoli	2 121	2 245	2 765
Bundzwiebeln	nicht erfasst	1 965	2 104
Buschbohnen	4 232	4 063	4 641
Chicorée	257	281	267
Chinakohl	934	1 110	804
Einlegegurken	2 763	2 570	1 887
Eissalat	4 596	4 169	3 557
Endivien	352	522	471
Feldsalat	1 535	2 339	2 458
Frischerbsen	5 139	4 608	5 655
Grünkohl	1 114	1 074	882
Knollensellerie	1 454	1 668	1 684
Kohlrabi	2 087	2 087	1 867
Kopfsalat	3 017	1 854	1 317
Lollo-Salate	644	1 456	1 141
Möhren und Karotten	8 961	10 150	14 923
Porree	2 145	2 605	2 419
Radicchio	235	295	253
Radies	2 821	3 551	3 109
Rettiche	955	839	560
Rhabarber	487	881	1 441
Romana-Salat	–	1 038	1 685
Rosenkohl	683	517	538
Rote Bete	1 337	1 401	2 297
Rotkohl	2 407	2 027	2 268
Rucolasalat	–	499	1 603
Spargel, ertragsfähig	14 222	19 329	22 283

Tab. 4 Anbauflächen wichtiger Gemüsearten im Freiland [ha] (ZMP Marktbilanz Gemüse 2003, AMI Marktbilanz Gemüse 2013, 2022, Statistisches Bundesamt, 2021) (Fortsetzung)

Gemüseart	2002	2012	2021
Spargel, nicht ertragsfähig	3 723	4 478	3 400
Speisezwiebeln	6 911	9 512	14 479
Spinat	3 257	3 432	4 318
Stangenbohnen	165	138	142
Weißkohl	6 449	6 211	5 527
Wirsing	1 312	1 048	883
Zucchini	741	1 063	1 295
Zuckermais	1 022	1 942	2 201
Gemüse gesamt	100 463	114 631	130 549

Tab. 5 Anbauflächen von Unterglasgemüse im Jahr 2021 [ha] (AMI Marktbilanz Gemüse 2022, Statistisches Bundesamt 2021)

Gemüseart	2021
Feldsalat	194
Gurken	244
Kopfsalat	61
Paprika	115
Radies	37
Tomaten	399
Sonstige Arten	268

Folie oder Glas und Lagerung, durch sorgfältige Terminplanung sowie durch Anbau- oder Lieferverträge beitragen. Teilweise wird die Produktion in der kalten Jahreszeit auch in südliche Länder verlagert. Die **kontinuierliche Ernte** (u. a. über satzweisen Anbau zu erreichen) ermöglicht – zusammen mit der Lagerung – ein ständiges Angebot in der Saison. Mehr Marktinformation, bessere Lagermöglichkeiten, engere Zusammenarbeit der Erzeuger und Abnehmer, Abstimmung der Anbau-

pläne und Bekanntgabe der zu erwartenden Erntemengen sind notwendig. In aller Regel ist aber eine Stabilisierung von Angebot und Preis nur über organisatorische Zusammenschlüsse der Gemüseerzeuger in Erzeugerorganisationen, die Markt- und Preispolitik betreiben können, denkbar. Der Zwang, die Produktionskosten weiter zu senken und die Produktivität des Betriebes durch Maßnahmen der Rationalisierung zu heben, bleibt bestehen.

Werbung setzt eine leistungsfähige Qualitätsproduktion voraus. Laut einer Studie der EU-Kommission sind für den Großteil der Verbraucher Qualität und Preis die dominierenden Faktoren beim Einkauf von Lebensmitteln. Bei der Qualität wird zunehmend Wert auf Qualitäts- und Gütesiegel sowie eine Gütekennzeichnung gelegt. Die Herkunft der Lebensmittel ist für die meisten Bürger wichtiger als die Marke. Dabei steht der Faktor Regionalität, d. h. im Territorium erzeugte Lebens-

mittel, an erster Stelle. Die EU-Kennzeichnungen „geschützte Ursprungsbezeichnung“ (g. U.), „geschützte geografische Angabe“ (g. g. A.) sowie „garantiert traditionelle Spezialität“ (g. t. S.) entsprechend der VO (EU) Nr. 1152/2012 sind dagegen in der Vermarktung von Gemüse nach wie vor beim Konsumenten relativ unbekannt und haben mit wenigen Ausnahmen nur geringen Einfluss auf die Kaufentscheidung.

2 Biologische Grundlagen des Gemüsebaus

HERMANN LABER

2.1 Gemüsearten in ihrer Pflanzenfamilie

Von den beschriebenen 270 000 Höheren Pflanzen der Erde gelten 75 000 als essbar. Einschließlich der Wildpflanzen werden mehr als 1000 Arten als Gemüse verwendet, etwa 350 Gemüsearten werden weltweit häufig kultiviert.

Innerhalb der Pflanzen (**Reich**) gehören unsere Gemüsepflanzen zumeist zu den Samenpflanzen und hier wiederum zu den Bedecktsamern. Ausnahmen sind z. B. die als Gemüse verzehrten Algen oder Pilze. Wie das Pflanzenreich in Verwandtschaftsgruppen (Rangstufen wie **Abteilung/Stamm** und nachfolgend **Klasse**, jeweils mit entsprechenden Untergruppierungen) einzuteilen ist, ist Gegenstand fortlaufender, vermehrt auch molekulargenetischer Untersuchungen. Alte, lange gültige Einteilungen stellen sich so zum Teil als nicht mehr haltbar heraus. So weisen z. B. die meisten Gemüsearten zwei Keimblätter auf und zählten somit lange Zeit zur Klasse der „Zweikeimblättrigen“ (Dicotyledoneae bzw. Magnoliopsida). Neuere Untersuchungen kamen aber zu dem Schluss, dass diese keine natürliche Verwandtschaftsgruppe darstellen. Dennoch wird in der Praxis weiterhin zwischen Zweikeimblättrigen und Einkeimblättrigen unterschieden. Unter den hier beschriebenen Gemüsearten sind der Spargel, die Lauchgewächse und Zuckermais einkeimblättrig; auch nach derzeitigem Wissensstand gehören sie zu den einkeimblättrigen Pflanzen (Monokotyledonen). Weitere Rangstufen nach Klasse (z. B. Magnoliophyta = Bedecktsamer) sind **Ordnung** (z. B. Fabales = Schmetterlingsblütenartige) und **Unterordnung**.

Für die Fruchtfolgegestaltung ist insbesondere die Zuordnung einer Art zu einer bestimmten **Familie** (z. B. Fabaceae = Hülsenfrüchtler) oder **Unterfamilie** (z. B. Faboideae = Schmetterlingsblütler) von Bedeutung, da die Arten innerhalb einer Familie oft von den gleichen Krankheiten und Schädlingen befallen werden. Der **Trieb** (Tribus, z. B. Fabaeae) stellt eine weitere Rangstufe dar, **Gattung** (Genus, z. B. *Pisum* = Erbse) und **Art** (Spezies, z. B. *P. sativum*) bilden die Grundeinheit der biologischen Systematik. Teilweise wird weiter unterteilt in **Unterart** (Subspezies, z. B. *P. sativum* subsp. *sativum*) und/oder **Varietät** (var.) und **Form** (f.). Der Rang einer Convarietät stand über der Varietät und wurde für Kulturpflanzengruppen genutzt (z. B. *P. sativum* subsp. *sativum* convar. *medullare* = Markerbsen). Er ist nach der aktuellen Nomenklatur durch die **Gruppe** ersetzt worden (z. B. *P. sativum* subsp. *sativum* Medullare-Gruppe).

Im Alltag und bei Sortenbeschreibungen verwendet man meist gekürzte Bezeichnungen oder bildet Gruppen. Innerhalb der Form unterscheidet man weiter nach **Sorten**, von denen in der EU inzwischen etwa 22 000 zugelassen sind. Der Sortenstatus ist durch Hochkommas vor und nach dem Wort hervorgehoben, z. B. ‚Wunder von Kelvedon‘. Die wichtigsten Gemüsepflanzen einschließlich ihrer Pflanzennamen werden in den jeweiligen Kapiteln genannt.

2.2 Aufbau der Gemüse-pflanze

Eine „Höhere“ grüne Pflanze besteht aus Wurzel, Zwischenstammglied (Hypokotyl) und Spross. Leitgewebe

wie das Xylem (Holzteil) transportieren mit den Wurzeln aufgenommenes Wasser und Nährstoffe in den Spross (Transpirationsstrom), das Phloem (Siebteil) dient vor allem der Assimilatverteilung innerhalb der Pflanze.

Am Spross können Blätter, Knospen, Blüten, Früchte, Samen etc. entstehen. Aus diesen Organen, die sehr unterschiedlich geformt sein können, bestehen auch die Gemüsepflanzen. Oft werden nur einzelne Teile als Gemüse verzehrt. Daher rührt die traditionelle Gliederung in Wurzel-, Blatt-, Stiel-, Kohl-, Zwiebel- und Fruchtgemüse sowie Gemüsehülsenfrüchte. Im botanischen Sinn sind diese Bezeichnungen nicht immer korrekt, denn die zu den Wurzelgemüsen gerechneten Radies oder auch Rote Rüben sind beispielsweise keine Wurzeln, sondern Hypokotylknollen. Bei der **Rübe** der Möhre, des Rettichs u. a. ist neben der verdickten Wurzel stets auch das verdickte Hypokotyl einbezogen, und bei der **Knolle** des Selleries handelt es sich sogar um eine gemeinsame Verdickung von Wurzel, Hypokotyl und Spross, die botanisch auch als Sprossrübe bezeichnet wird (siehe Abb. 1).

Die verdickten Blattscheiden des Knollenfenchels nennt man ebenfalls **Knolle**, ihr Aufbau entspricht dem der Zwiebel (**Bulbe**). Durchschnitten zerfällt sie in einzelne Stücke, die Blattstielansätze. Die Köpfe der verschiedenen Salat- und Kopfkohlarten sind stark vergrößerte Terminalknospen, die Röschen des Rosenkohls sind gestauchte Achselknospen, aus denen sich im nächsten Jahr die Blüten entwickeln. Die sogenannte Paprikaschote ist eine **Beere** wie die Tomate oder die Früchte anderer Nachtschattengewächse. Auch die Gurke ist eine Beere, die unreif als Einlegegurke oder Salatgurke und reif als Schälgurke geerntet wird. Wie bei den Früchten der anderen Kürbisgewächse entstehen sie aus unterständigen Fruchtknoten, sodass sich mit dem

verwachsenen Blütenboden Panzerbeeren ausbilden.

Beim Brokkoli handelt es sich um gestauchte fertile Blütentriebe, die sehr leicht aufblühen, beim Blumenkohl um stark gestauchte, noch nicht entfaltete Knospenstadien. Die Spargelstange ist ein jung gestochener Spross, in ihrem „Kopf“ sind bereits Phyllokladien (Kurztriebe mit Laubblattfunktion) und Blüten angelegt. Die Möhre besteht aus Zentralzylinder und Rinde. Die Speisewiebel wird aus Schalen gebildet, die sich aus dem Blattgrund entwickeln. Beim Porree handelt es sich um einen aus Blättern gebildeten Scheinspross, der als Schaft bezeichnet wird.

Auch beim Gemüse gibt es ein-, zwei- und mehrjährige Arten. Einjährige blühen bereits im ersten Jahr und werden beispielsweise als Blattrossette (z. B. Spinat, Salate) oder als Frucht (z. B. Tomate, Gurke) geerntet. Zweijährige Arten entwickeln häufig Speicherorgane wie Rüben, Knollen, Bulben oder stark vergrößerte Knospen wie der Kopfkohl, mit denen sie überwintern. Diese Speicherorgane sind zumeist auch die Teile der Pflanze, die gemüsebaulich genutzt werden. Nach der Überwinterung bringen diese Pflanzen aufgrund der eingelagerten Reservestoffe schnell neue Blätter hervor, was u. a. bei der Treiberei von Chicorée und Löwenzahn genutzt wird. Allerdings erfolgt mit dem winterlichen Kältereiz auch die Umstimmung zur generativen Phase (Vernalisation), sodass bald auch Blüten erscheinen und das entsprechende Gemüse damit zumeist nicht mehr vermarktet werden kann. Die mehrjährigen Gemüsearten bilden als Speicherorgane starke Wurzelstöcke (z. B. Spargel, Rhabarber) oder wie der Schnittlauch auch Bulben aus. Auch hier forciert man gegebenenfalls den Austrieb bei der Treiberei und der Verfrüfung.

2.3 Wachstum und Entwicklung

Im Pflanzenbau unterscheidet man zwischen Wachstum und Entwicklung einer Pflanze oder eines Pflanzenbestandes. Unter **Wachstum** versteht man dabei die (Trocken-)Massezunahme durch die Stoffproduktion (Assimilate) bei der Photosynthese. Da innerhalb einer Pflanze ständig Stoffumlagerungen stattfinden, ist es häufig so, dass einzelne Organe wachsen, andere aber in ihrem Wachstum stagnieren oder sogar an Masse verlieren. So wachsen junge Blätter heran, während ältere (untere) Blätter gelb werden und absterben. Bei der **Treiberei** liefert das Speicherorgan die notwendigen Stoffe für den wachsenden Teil. Da die Treiberei oft im Dunkeln durchgeführt wird, findet auch keine Photosynthese statt, sodass die Gesamtpflanze durch die Stoffwechsellaktivität an Trockenmasse verliert.

Unter **Treiberei** versteht man die Wachstumsförderung von Pflanzen, die aus einer für das Wachstum günstigeren Jahreszeit über einen Vorrat an Reservestoffen verfügen. Früher bezeichnete man generell die Kultur von Pflanzen unter wärmeren (als den natürlichen) Bedingungen als Treiberei („Treibhaus“).

Auch die Lagerung von Gemüse ist mit einem Substanzverlust verbunden, da trotz Abkühlung etc. das Lagergut weiterlebt und damit Stoffwechsel betreibt, zumeist aber keine Photosynthese mehr durchführen kann.

Weniger sichtbar als das oberirdische Wachstum findet im Boden oder Substrat das Wurzelwachstum statt. Da ein Keimling zunächst seine Wasser- und auch Nährstoffversorgung absichern muss, investiert eine Pflanze zunächst relativ viel Energie in das Wurzelsystem, sodass oberirdisch zunächst nur geringe Wachstumsfortschritte zu beobachten sind. Später verschiebt sich das Spross-Wurzel-Verhältnis deutlich in

Richtung Sprossmasse. Insbesondere mit Beginn der generativen Phase wird das Wurzelwachstum noch weiter zurückgefahren.

Während für die Erschließung der Wasservorräte eines Bodens vor allem tiefgehende Wurzeln von ausschlaggebender Bedeutung sind, ist für die Aufnahme der wenig mobilen Nährstoffe (Phosphor, Kalium) vor allem eine intensive Durchwurzelung des (Ober-) Bodens wichtig. Calcium kann nur bei ständiger Wurzelneubildung in ausreichenden Mengen aufgenommen werden. Für das mobile Nitrat wäre eine deutlich geringere Durchwurzelungsintensität ausreichend, tiefgehende Wurzeln erschließen hier den in tiefere Bodenschichten verlagerten Nitrat-Stickstoff. Da das Wurzelwachstum unter günstigen Bedingungen rund 1 cm pro Tag beträgt, können Kulturen mit kurzer Kulturzeit nur Stickstoff der obersten Bodenschicht (meist 0–30 cm) nutzen, lange Kulturzeiten von mehr als 100 Tagen ermöglichen die Nutzung von N_{\min} -Vorräten bis zu 90 cm Bodentiefe und mehr.

Im Allgemeinen findet parallel zum Wachstum auch eine **Entwicklung** der Pflanze statt, d. h., die Pflanze bildet neue Organe, z. B. Blätter, aus. Die Entwicklungsrate, also die Geschwindigkeit, mit der dabei neue Organe gebildet werden, steht häufig in direktem Zusammenhang mit der Umgebungstemperatur. So werden bei höheren **Temperaturen** schneller neue Blätter ausgebildet (ausdifferenziert), ein Grund, warum man Jungpflanzen zum schnellen Aufbau eines Blattapparates zunächst bei höheren Temperaturen kultiviert.

Die Entwicklung wird durch höhere Temperaturen bei den meisten Arten mehr gefördert als das Wachstum. So kann beispielsweise eine Pflanze bei zu hohen Temperaturen sehr schnell zur Blüte kommen, die gebildeten Blätter haben aber nicht genügend Zeit zu assimilieren, sodass der Blatt-, aber auch

der Samenertrag wie bei Gemüseebsen nur mäßig ausfällt. Dieser Zusammenhang kommt auch in Sprichwörtern wie „Mai kühl und nass, füllt des Bauern Scheun' und Fass“ zum Ausdruck.

Die Entwicklung von Pflanzen wird häufig in verschiedene **Entwicklungsphasen** unterteilt. Die Auflaufphase und gegebenenfalls die Jungpflanzenphase (Anzuchtphase) markieren den Anfang der vegetativen Phase. Mit Beginn der generativen Phase stimmt sich die Pflanze auf die Blüten-, Frucht- und Samenbildung ein. Da diese bei den meisten Blatt- und Wurzelgemüsearten nicht erwünscht ist, sind die Mechanismen, die die Umstimmung von der vegetativen in die generative Phase bewirken, von besonderem gemüsebaulichen Interesse. Wird mit Eintritt in die generative Phase die Blatt- und Sprossneubildung eingestellt, spricht man von determiniertem Wachstum (genauer: Entwicklung) bzw. entsprechenden Sorten. Bei indeterminierten Sorten (z. B. den meisten Tomatensorten) werden auch weiterhin Blätter (und weitere Blüten) angelegt. In **Ruhephasen** wird der Stoffwechsel heruntergefahren, um ungünstige Umweltbedingungen (Winter- und/oder Trockenperioden) mit möglichst wenig Energieverlust zu überdauern.

Man unterscheidet die **endogene Ruhe**, z. B. Keimruhe bei Samen (Dormanz) oder Austriebshemmung von Überdauerungsorganen, von der **Zwangsruhe**, die durch ungünstige Umweltbedingungen, z. B. Trockenheit (Saatgut) oder Kälte (Winter/Kühlagerung), verursacht wird.

Eine genaue Beschreibung des Entwicklungszustandes von Kulturpflanzen, aber auch Unkräutern erfolgt mit der **BBCH-Skala** (www.julius-kuehn.de).

Den häufig engen Zusammenhang zwischen Temperatur und Entwicklung von Pflanzen (und auch tierischen Schädlingen) nutzt man beim sogenannten **Temperatur-Summen-Kon-**

zept, das z. B. bei der Aussaatstaffelung von Gemüseebsen und der Verfrüfung von Salat praktische Anwendung findet. Man geht bei dem Konzept davon aus, dass beispielsweise ein bestimmtes Entwicklungsstadium, wie die Reife einer Erbsensorte, nach einer bestimmten **Temperatur-/Wärmesumme** (Summe der Tagesmitteltemperaturen über die Tage [$^{\circ}\text{Cd}$]) erreicht wird. Bei der Aufsummierung der Tagesmitteltemperaturen wird häufig ein bestimmter Schwellenwert (Basistemperatur) abgezogen, den man als Mindesttemperatur für einen Entwicklungsfortschritt deuten kann. Tage mit Mitteltemperaturen unter dem Schwellenwert gehen nicht in die Temperatursumme ein, da kein Entwicklungsfortschritt erzielt worden ist (zu Details der praktischen Anwendung siehe Kap. 11 und Kap. 25.1).

2.3.1 Photosynthese und Assimilatverteilung

Die für Wachstum und Stoffwechsel notwendige Energie gewinnen unsere Gemüsearten durch die **Photosynthese**, also die Umwandlung von Wasser und Kohlendioxid in einfache Kohlenhydrate (Zucker) mithilfe des (Sonnen-)Lichts. Dabei können nur die Anteile des Lichts mit einer Wellenlänge von 400–700 nm (photosynthetisch aktive Strahlung; engl. **PAR**) genutzt werden, was in etwa dem für Menschen sichtbaren Lichtspektrum entspricht.

Die photosynthetisch aktive Strahlung macht nur knapp 50 % der Energiemenge aus, die die Erdoberfläche als sogenannte **Globalstrahlung** erreicht. Ein weiterer wesentlicher Anteil der Globalstrahlung ist die kurzwellige Wärmestrahlung, die zur Erwärmung von Boden, Pflanzen und damit der Luft führt. Im Sommer wird in Mitteleuropa eine Energiemenge von durchschnittlich 5 kWh/m² pro Tag eingestrahlt. Damit treffen rund 2,5 kWh/m² oder umgerechnet 9 MJ/m² photosynthetisch aktive Strahlung pro Tag ein.

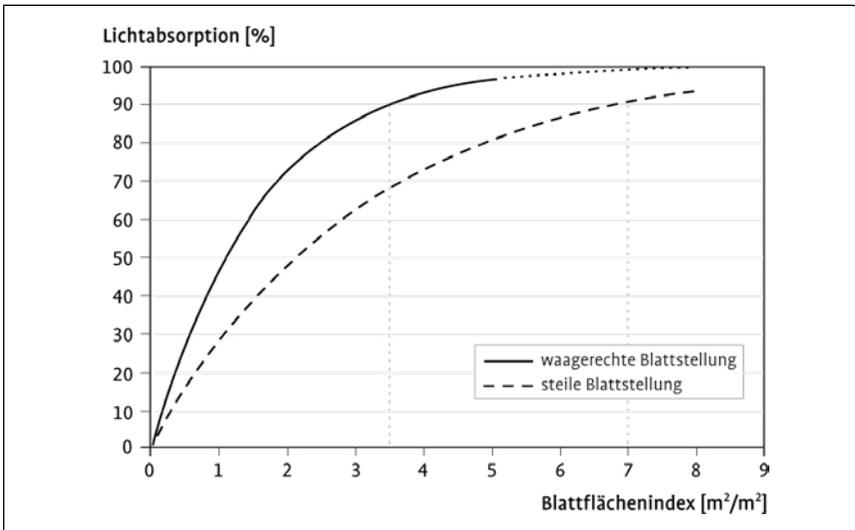


Abb. 4
Lichtabsorption in Abhängigkeit vom Blattflächenindex (m² Blattfläche/m² Bodenfläche)

Wichtigstes Organ der Pflanze zur Lichtaufnahme sind die Blätter, die durch ihren flächigen Aufbau viel Licht einfangen können, gleichzeitig aber dünn sind, sodass die Pflanzen möglichst wenig Energie zu ihrem Aufbau benötigen. Auch um benachbarten Pflanzen zuvorzukommen, versuchen Pflanzen bei ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung durch einen schnellen Blattaufbau möglichst viel Sonnenlicht zu erreichen. Je nach Blattstellung kann mit einer Blattfläche von 3–7 m² pro m² Bodenfläche (**Blattflächenindex**) der größte Teil des Lichts absorbiert werden (siehe Abb. 4). Waagerechte, oft große Blätter sind dabei typisch für Schattenpflanzen (z. B. Gurken). Bei hoher Einstrahlungsintensität sind eine steilere Blattstellung und kleinere, oft lanzettförmige oder geschlitzte Blattspreiten günstiger. Hier kann das Licht besser den Bestand durchlichten und die oberen Blätter sind nicht einer zu hohen, nicht mehr nutzbaren, gegebenenfalls sogar schädigenden Strahlungsintensität ausgesetzt.

Eine weitere Erhöhung des Blattflächenindexes würde nur noch wenig zusätzlichen Energiegewinn bringen. Da aber Blätter für ihren Erhalt ebenfalls

Energie benötigen, lohnt es sich für die Pflanze nicht, stark beschattete Blätter weiter zu erhalten; sie werden gelb und werden abgeworfen. Um einen derartigen Blattabwurf von potenziell noch aktiven Blättern zu verzögern, dürfen Pflanzenbestände nicht zu dicht sein (Kap. 2.4). Bei Tomaten entfernt man einen Teil der sich entwickelnden Blätter, die nicht für die Aufrechterhaltung eines Blattflächenindexes von 3–4 m² Blattfläche/m² Bodenfläche notwendig sind, sodass keine Energie für den Aufbau dieser unter Kulturbedingungen (keine Pflanzen, die es zu unterdrücken gilt) überflüssigen Blätter verschwendet wird.

Bei einer Lichtabsorption von rund 90 % kann ein Pflanzenbestand an einem durchschnittlichen Sommertag 8 MJ/m² photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) aufnehmen. Pro MJ PAR können nach Abzug von Atmungsverlusten bis zu 3 g Trockensubstanz neu gebildet werden, sodass ein Gemüsebestand maximal eine Wuchsleistung von rund 25 g Trockensubstanz/m² pro Tag zeigt. Je nach Wassergehalt der Pflanze entspricht das einer Tageswachstumsleistung von 150–500 g Frischmasse/m² oder 1500–5000 kg/ha.

Neben der Lichtaufnahme ist die **CO₂-Versorgung** ein wesentlicher Faktor der Photosynthese von Pflanzen. Die in der Luft vorhandenen rund 0,04 Vol.-% begrenzen die Photosyntheseleistung deutlich. Sinkt der CO₂-Gehalt im Bestand durch CO₂-Verbrauch und mangelnden Luftaustausch mit der Umgebungsluft ab, nimmt die Photosynthese nahezu linear ab. Bei Gehalten unter ca. 0,01 Vol.-% findet kein Wachstum mehr statt. Insbesondere die geschlossenen Hüllflächen der Gewächshäuser unterbinden den CO₂-Austausch mit der Umgebungsluft. Allerdings ergibt sich hier auch die Möglichkeit, den CO₂-Gehalt auf deutlich über 0,04 Vol.-% zu erhöhen (Kap. 9.8.3).

Die bei der Photosynthese gebildeten **Assimilate** werden innerhalb der Pflanzen durch das Phloem besonders zu den Orten transportiert, die entweder ein starkes Wachstum zeigen und selber nicht oder (noch) nicht ausreichend Photosynthese betreiben können (Wurzeln, junge Blätter und Sprosse, Früchte) oder eine Speicherfunktion haben (Speicherwurzeln, Wurzel- und Sprossrüben, Zwiebeln, Samen). Auch die heranwachsenden stark vergrößerten Knospen der kopfbildenden Gemüsearten (Kopf- und Blattsalate, Kopf- und Chinakohl) sind auf eine Assimilatversorgung durch die belichteten Umblätter angewiesen, da im Inneren der Köpfe bereits nach wenigen Blattschichten keine Photosynthese mehr stattfinden kann. Heranwachsende Früchte und Samen üben durch ihre Hormonproduktion eine starke Anziehungskraft auf die in den Blättern gebildeten Assimilate aus. Bei übermäßigem Fruchtbehang kann so beispielsweise das Wachstum der Wurzeln von Gurken durch Assimilatmangel stark beeinträchtigt werden und damit Calciummangel auftreten.

Die ersten oberirdischen Blätter wachsen noch durch die in den Samen gespeicherten Assimilate heran. Mit einsetzender Nettoassimilation (es werden mehr Assimilate durch Photosynthese

gebildet, als für das weitere Wachstum und den Eigenstoffwechsel des Blattes notwendig sind) können neue, zumeist größere Blätter heranwachsen. Damit ist die Pflanze in der Lage, immer mehr Licht aufzufangen und immer neue Blätter zu bilden. Mit zunehmendem Blattflächenindex beschatten sich die Blätter einer Pflanze oder eines Pflanzenbestandes aber zunehmend selbst, sodass das „exponentielle Wachstum“ ins Stocken gerät und in einen linearen Verlauf übergeht. Diese lineare Phase hält, insbesondere bei Gemüsearten, die Reservestoffe einlagern, relativ lange an. Mit dem Einsetzen der generativen Phase nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit ab, womit sich hier insgesamt ein s-förmiger (sigmoider) Wachstumsverlauf zeigt. Auch durch die im Herbst abnehmende Einstrahlung nimmt die Wachstumsgeschwindigkeit ab. Da die Nährstoffaufnahme von Pflanzen in etwa mit dem Wachstum einhergeht, sind Kenntnisse des Wachstumsverlaufs insbesondere für die zeitliche Aufteilung der N-Düngung (KNS-System) von pflanzenbaulichem Interesse.

2.3.2 Vernalisation und Photoperiodismus

Die Umstimmung von der vegetativen zur generativen Phase mit Blüten- und Frucht-/Samenbildung, auch **Blüteninduktion** genannt, wird bei vielen Gemüsearten durch Umweltreize gesteuert oder zumindest beeinflusst. Ist dieser Umweltreiz zwingend erforderlich (obligatorisch), bleibt die Pflanze bei ausbleibendem oder zu schwachem Reiz vegetativ. Bei einem fakultativen Reaktionsmuster fördert der entsprechende Umweltreiz die Blütenbildung, die Pflanze würde aber auch ohne ihn, wenn auch später, blühen.

Aus gemüsebaulicher Sicht ist insbesondere die durch einen Kältereiz ausgelöste oder forcierte Blüte (**Vernalisation**) von besonderer Bedeutung. Sie ist typisch für die zweijährigen (viele Kohlararten, Doldenblütler und Lauchgewächse

etc.) und winteranuellen Arten (Feldsalat), die nach einer längeren Kälteeinwirkung über Winter im Frühjahr und Sommer blühen. Um nicht bereits nach einem kurzen, z. B. frühherbstlichen, Kälteeinbruch Blüten auszubilden, müssen die kühlen Temperaturen meist mehrere Wochen lang einwirken. Dabei sind bei den meisten Arten Temperaturen um 5–8 °C besonders vernalisationswirksam, d. h. hier ist die notwendige Einwirkungsdauer am kürzesten. Bei höheren, aber auch niedrigeren Temperaturen ist eine längere Einwirkungsdauer notwendig. Temperaturen über 12–16 °C führen bei den meisten Arten nicht mehr zur Vernalisation. Auch Frostperioden zeigen kaum Vernalisationswirkung.

Da die meisten vernalisationsempfindlichen Gemüsearten im Anbau nicht zur Blüte kommen sollen, wurden durch Selektion und Züchtung Sorten ausgeselen, die besonders vernalisationsunempfindlich sind. Ist, wie beim Blumenkohl, eine Umstimmung in die generative Phase notwendig, so lautet das Zuchtziel: Sichere Vernalisation auch bei höheren Temperaturen und nur kurzer Einwirkungsdauer.

Viele Gemüsearten verfügen über eine **Jugendphase**, in der die Pflanzen noch nicht für den Kältereiz empfänglich sind; erst ab einer bestimmten Größe (gemessen als Blattanzahl) wird die Pflanze vernalisationsempfindlich.

Eine ausgeprägte Jugendphase erlaubt es dem Anbauer, entsprechende Arten schon früh im Jahr auszusäen.

Problematisch ist allerdings das frühe Auspflanzen von vorgezogenen Pflanzen, da hier die Jugendphase schon bald endet und dann die im Frühjahr herrschenden kühlen Temperaturen zur Vernalisation führen können. Durch den Einsatz von Folien und Vliesen und die damit höheren Temperaturen kann dem vorgebeugt werden (Kap. 11).

Bei Arten ohne Jugendphase kann ein Kältereiz bereits mit der Samenquellung

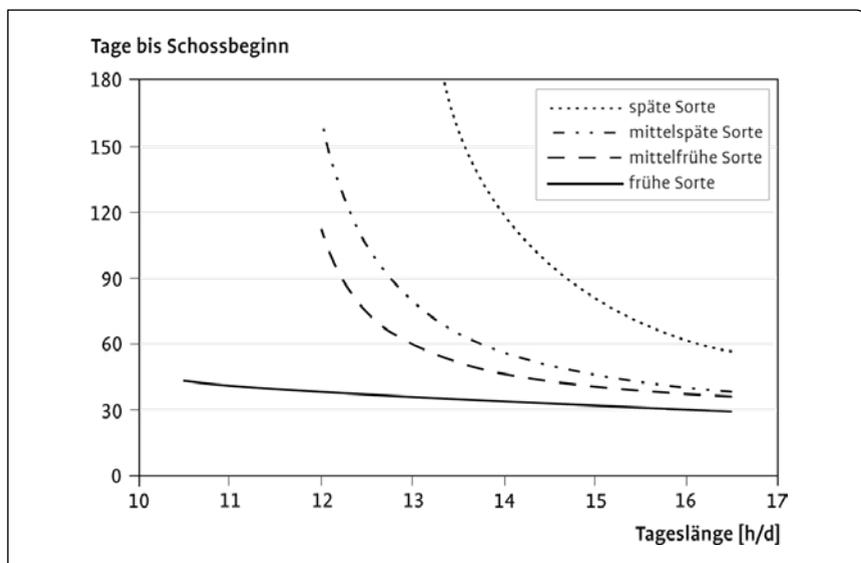
oder Keimung aufgenommen werden, sodass diese Arten erst bei höheren Temperaturen ausgesät werden können. Bei diesen Arten dürfen Jungpflanzen vor dem Auspflanzen auch nicht abgehärtet werden (Kap. 8.2.3), da das die Einwirkungszeit kühler Temperaturen verlängern würde. Im Extremfall kann, wie bei einigen Korbblütlern (z. B. Chicorée) und Roter Rübe, eine Vernalisation bereits auf der Mutterpflanze stattfinden. Hier muss die Saatgutvermehrung unter ausreichend hohen Temperaturen stattfinden. Trockenes Saatgut kann nicht vernalisieren, sodass es problemlos kühl gelagert werden kann.

Eine schwache Vernalisation (Kältereiz wirkte noch nicht genügend lange ein) kann bei vielen Arten durch hohe Temperaturen wieder ganz (die Pflanze bleibt vegetativ) oder teilweise rückgängig gemacht werden. Diese **Devernalisation** tritt auch durch die, insbesondere bei Vlies- und Folieneinsatz, hohen mittäglichen Temperaturen auf, sodass nächtliche Tieftemperaturen ausgeglichen werden können. Bleibt die Temperaturerhöhung durch längere strahlungsarme Witterungsperioden aus, sind im Frühanbau immer wieder Schosserprobleme zu beklagen.

Bei Chinakohl, Endivie, Petersilie und einigen anderen Arten ist eine Devernalisation nicht möglich, sodass sie im Frühanbau besonders leicht schossen können. Bei Chinakohl, Endivie und Radicchio sowie Sellerie hat sich aber gezeigt, dass eine sehr warme Jungpflanzenanzucht den Vernalisationseffekt der nach dem frühen Auspflanzen herrschenden kühlen Temperaturen vermindern kann. Diese **Antivernalisation** wurde auch bei Speisezwiebeln gefunden, und sie wird bei einer Wärmebehandlung von Steckzwiebeln schossemphindlicher Sorten, dem sogenannten „Darren“, genutzt.

Der **Photoperiodismus**, also die Umstimmung in die generative Phase durch die Wirkung der Tageslänge (phy-

Abb. 5
Einfluss der Tageslänge auf
das Schossen verschiedener
Spinatsorten (schematisch
nach WIEBE 1987)



siologisch korrekter: Nachtlänge), spielt im praktischen Gemüsebau eine deutlich geringere Rolle als die Vernalisation. Zwar wird bei den meisten der vernalisationsempfindlichen Gemüsearten die Blütenbildung nach der Vernalisation durch **Langtagsbedingungen** (je nach Art mehr als 11–16 Stunden Licht pro Tag) weiter forciert (fakultative Wirkung), doch zur Verhinderung der Blüte muss der Anbauer vor allem dafür sorgen, dass es nicht zur Vernalisation kommt. Zudem kann die Tageslänge im Feldanbau praktisch nicht beeinflusst werden.

Unter den wichtigen Gemüsearten zeigt der Spinat sortenabhängig eine mehr oder weniger ausgeprägte Langtagsreaktion, während die Vernalisation bei dieser Art von untergeordneter Bedeutung ist. Paradoxerweise weisen Sorten, die im Sommer (Langtag, in Deutschland im Juni/Juli bis zu 17 Stunden) angebaut werden, eine hohe photoperiodische Empfindlichkeit auf, d. h., sie reagieren deutlich auf die Tageslänge und kommen unter Kurztagsbedingungen praktisch nicht zur Blüte. Fröhsorten, die im Frühjahr und Herbst angebaut werden, reagieren nahezu tagneutral. Trotz der intensiven

Reaktion auf die Tageslänge schossen die „späten“ Sommervsorten aber auch unter Langtagsbedingungen wesentlich später als die „schnellen“ Fröhsorten und bringen so aufgrund ihrer längeren Kulturzeit im Sommer höhere Erträge als die Fröhsorten. Diese zeigen allerdings ein schnelleres Wachstum als die Sommervsorten, sodass sie im Fröhertrag oder bei nur kurzer Kulturzeit im Herbstanbau überlegen sind.

Auch Kopfsalat und Knollenfenchel zeigten ursprünglich eine deutliche Langtagsreaktion. Kopfsalat-Sommervsorten weisen allerdings nur noch eine geringe photoperiodische Empfindlichkeit auf; sie gelten als nahezu tagneutral und können so über einen großen Anbauzeitraum angebaut werden. Nur im Fröh-, Spät- und Winteranbau greift man auf photoperiodisch empfindliche Sorten zurück, die unter Kurztagsbedingungen und der damit in unseren Breiten einhergehenden geringeren Einstrahlung eine schnellere Blattbildung zeigen.

Eine Blüteninduktion durch **Kurztagsbedingungen** ist nur bei wenigen Gemüsearten tropischen Ursprungs (Okra, Süßkartoffel) deutlich ausgeprägt. Bei Möhre, Sellerie und Porree

können Kurztagsbedingungen den Veronalisationseffekt kühler Temperaturen verstärken.

Zuckermais, Gartenbohne und Gurke zeigen nahezu keine Tageslängenreaktion. Tomate, Paprika, Aubergine und Kürbis sind **tagneutral**.

Neben der Blüteninduktion kann die Tageslänge, oft in Verbindung mit der Temperatur, auch den Eintritt in Ruhephasen und die Ausbildung von vegetativen Speicherorganen steuern. Für Schnittlauch und Rhabarber sind die herbstlichen Kurztagsbedingungen das Signal, mit dem „Einziehen“ der Blätter zu beginnen. Bei Speisezwiebeln und Knoblauch induzieren Langtagsbedingungen und hohe Temperaturen die Bulbenbildung. Frühe Sorten weisen hier eine niedrigere kritische Tageslänge als Spätsorten auf, die in niederen Breiten mit den dort kürzeren Tageslängen Probleme bei der Bulbenbildung haben.

2.3.3 Phytohormone und Wachstumsregulatoren

Phytohormone sind chemische Verbindungen, welche die Pflanze selbst produziert, um Wachstum und Entwicklung zu steuern. Zu den wichtigsten Phytohormonen gehören die Auxine, Gibberelline, Cytokinine, die Abscisinsäure und das Ethylen. Zusammen mit synthetisch hergestellten Stoffen, die ähnliche Wirkungen zeigen oder aber die Wirkung von pflanzeigenen Phytohormonen hemmen, werden sie auch als Wachstumsregulatoren bezeichnet.

Früher wurden Tomaten häufig mit Auxinen behandelt, um bei ungünstigen Befruchtungsbedingungen den Fruchtansatz zu fördern. Auxine fördern auch die Wurzelbildung von Stecklingen und kommen so, wie auch Gibberelline (u. a. Förderung der Blütenbildung) in der Züchtung und Samenproduktion zum Einsatz. Gibberelline werden auch zur Brechung der Dormanz von Saatgut (z. B. Feldsalat) eingesetzt, auch eine

Brechung der Austriebsruhe von Rhabarber wäre möglich. Mit Gibberellinen und Silbernitrat kann bei sonst weiblichen Gurkensorten die Entwicklung männlicher Blüten ausgelöst werden.

Im praktischen Gemüsebau spielt insbesondere das **Ethylen** (Ethen) eine wichtige Rolle. So führt das besonders von nachreifenden (= klimakterischen) Früchten (z. B. Äpfeln, Tomaten, Melonen), aber auch Brokkoli gasförmig ausgeschiedene Ethylen zu schnellem Vergilben und Verderb von Blattgemüse. Bei kopfbildenden Gemüsearten kommt es zum Blattabwurf. Daher ist eine gemeinsame Lagerung von derartigen Früchten mit Blattgemüsearten äußerst ungünstig. Aber auch bei unvollständiger Verbrennung von Propan (CO₂-Generatoren, Gabelstapler) kann Ethylen entstehen.

Ethylen fördert auch die Fruchtreifung, sodass es, je nach Zulassungsstand, zur Reifebeschleunigung bei Tomaten, teilweise auch anderen Fruchtgemüsearten eingesetzt wird. Dazu verwendet man die chemische Verbindung Ethephon, die bei Zersetzung Ethylen freigibt, oder direkt gasförmiges Ethylen, wie es auch zur Reifeförderung bei Bananen eingesetzt wird. Möchte man die Reifung von Früchten verzögern, so ist Ethylen so weit wie möglich aus der Lagerluft zu entfernen. Darüber hinaus können aber auch die Ethylenrezeptoren, also die Orte in der Pflanze, die auf das Ethylen reagieren, mit Methylcyclopropan (MCP) blockiert werden. Dieses Verfahren zur Reifeverzögerung wird bei Äpfeln schon länger angewendet, ist mittlerweile aber auch für die Lagerung verschiedener Gemüsearten zugelassen.

Neben der Förderung der Fruchtreife und der Blattalterung (Seneszenz) hemmt der Lagerluft zudosiertes Ethylen auch das Austreiben von Kartoffeln und Zwiebeln.

Ein anderes Verfahren zur Austriebshemmung bei diesen Kulturen ist die Anwendung von **Maleinsäurehydrazid**, das die Zellteilung in den Meristemen

Tab. 6 Einfluss von Vernalisation und Tageslänge auf die Blütenbildung (Schossen) wichtiger Gemüsearten (KRUG und WIEBE 1991 entnommen aus KRUG 1991, ergänzt)

Gemüseart	Kältebedürfnis ¹⁾	Beginn der Reizaufnahme ²⁾ (BLZ > 2 cm)	Induktiver Temperaturbereich [°C] ³⁾	Einwirkungsdauer [Wochen] ⁴⁾	De- oder Antivernalisation	Temperatur	Photoperiode ¹⁾ KT = Kurztag ⁵⁾ LT = Langtag	
Artischocke	O	---KP	0-2/7-(15)	2-4	De	> 18 °C	(KT)/LT	F
Blumenkohl	O	---P (4-12)	0-10-16	1-6	De gering			
Brokkoli	F	---P (> 4)	(0)-5-(20)	2-4				
Chicorée	O	ESKP	(0)-5-12	4-8	De		LT	F
Chinakohl	O	-SKP	0-5/8-20	1-4	Anti	> 20 °C	LT	F
Endivie	F	-SKP	(0)-4-17	3-4	Anti	> 20 °C	LT	F
Erbse	F	ESK?	-4/7-	2-4	De + Anti		LT	F
Feldsalat	O	---P	(0)-2/0-14	2				
Grünkohl	O	---P (> 4)	(0)-6-13	3-5				
Kohlrabi	O	---P (> 2)	(0)-5-12	4-8	De stark	> 16 °C		
Kopfkohl	O	---P (4-15)	0-4/7-12	4-20	De stark	> 16 °C	(LT)	F
Kopfsalat	F	ESKP	0-2/5-12	2-3	De		LT	F
Möhre	O	---P (> 8)	0-2/6-10	5-12	De	> 20 °C	KT/LT	F
Pastinaken	O	---P	(0)-2-10	6-10				
Petersilie	O	---P (> 5)	(0)-2/6-(10)	5-8				
Porree	O/F	---P (> 5)	0-5/8-18	3-6	De	> 18 °C	KT/LT	F
Radicchio	O/F	ESKP	0-5/10-15	2-3	Anti schwach	> 15 °C	LT	F
Radies	F	--K?	-5-	1-3			LT	F
Rettich	O/F	--KP	0-5/8-15	1-4	De	> 20 °C	LT	F
Rhabarber	O	---P	-0 < 10	12-16	-			
Rosenkohl	O	---P (> 15)	(0)-4/7-(12)	5-9				
Rote Rübe	O	ESKP	(0)-5/9-18	3-5	De stark	> 18 °C	LT	F
Schwarz- wurzeln	O	-SKP	(0)-2-	3				
Sellerie	O	---P (4-6) ⁶⁾	0-5/8-14	2-5	De + Anti ⁶⁾	> 20 °C ⁶⁾	KT/LT	F
Speiserübe	O	--KP	(0)-7-18	2-4	De	> 18 °C		

Tab. 6 Einfluss von Vernalisation und Tageslänge auf die Blütenbildung (Sossen) wichtiger Gemüsearten (KRUG und WIEBE 1991 entnommen aus KRUG 1991, ergänzt) (Fortsetzung)

Gemüseart	Kältebedürfnis ¹⁾	Beginn der Reizaufnahme ²⁾ Stadien (BLZ > 2 cm)	Induktiver Temperaturbereich [°C] ³⁾	Einwirkungsdauer [Wochen] ⁴⁾	De- oder Antivernalisation	Photoperiode ¹⁾ KT = Kurztag ⁵⁾ LT = Langtag
Kohlrübe	O	--KP	(0)–7–18	2–4	De	> 18 °C
Spinat	F	–SKP	0–5/8–12	1–3		LT O/F
Tomate	F	---P	< 16	1–2		(KT)
Zwiebel	O	---P (4–6)	2–9/13–18	4–12	De + Anti	> 20 °C LT F

¹⁾ O = obligatorisch, F = fakultativ;
²⁾ E = Embryo auf Mutterpflanze, S = Samen nach Quellung, K = Austritt der Keimwurzel, P = Pflanzen ab spezieller Größe, BLZ = Mindestblattzahl (Jugendphase);
³⁾ Werte in () geschätzt, mittlere(r) Wert(e) = optimale(r) Wert(e);
⁴⁾ erster Wert kürzeste Dauer für optimale Vernalisationstemperatur, zweiter Wert für späte Sorten;
⁵⁾ KT/LT = KT während und LT nach Vernalisation
⁶⁾ laut WIEBE 1998 Ende der Jugendphase ab 2–4 Blätter, Devernalisation ab 14 °C, Antivernalisation ab 16 °C

hemmt. Die Anwendung erfolgt im Feld auf die noch grünen Pflanzen, wobei das Knollen- bzw. Bulbenwachstum aber wegen der Hemmung der Zellteilung zum Abschluss gekommen sein muss.

Weitere Wachstumsregulatoren werden gegenwärtig im deutschsprachigen Raum, auch aus Rückstands- und Qualitätsgründen, praktisch nicht eingesetzt.

2.4 Gemüsebestände

In Pflanzenbeständen herrschen zwischen den Individuen vielfältige Wechselbeziehungen, die vor allem aber durch den Wettbewerb um die limitierten **Wachstumsfaktoren** Wasser, Nährstoffe und Licht geprägt sind. Positive Bestandeswirkungen sind die Verbesserung des Kleinklimas, in Mischkulturen auch phytosanitäre Effekte, die zu einem geringeren Schaderregerbefall führen können. Aktiv abgegebene Stoffwechselprodukte (Allelopathie) können positiv auf benachbarte Pflanzen wirken, vielfach sollen sie aber auch Nachbarpflanzen in ihrem Wachstum hemmen.

2.4.1 Konkurrenz zwischen den Pflanzen

Pflanzen konkurrieren mit ihren Nachbarn um die Wachstumsfaktoren Wasser, Nährstoffe und Licht.

Diese Konkurrenz tritt allerdings erst dann auf, wenn sich die Bereiche der Wasser-, Nährstoff- und Lichtaufnahme der Pflanzen überschneiden, in Reinkulturen also eine bestimmte Bestandesdichte überschritten wird. Da Wasser- und Nährstoffmangel unter intensiven Anbaubedingungen auch ausgeglichen werden können, ist die Konkurrenz um Licht hier der bedeutendste Faktor.

Beim Anbau von Gemüse wird sinnvollerweise eine **Bestandesdichte** gewählt, die eine zu starke Konkurrenz zwischen den Gemüsepflanzen ausschließt (Kap. 2.4.2). Insbesondere hochwachsende, die Blätter der Kulturpflanzen überragende Unkräuter können aber die Lichtaufnahme und damit die Wachstumsleistung der Kulturpflanzen massiv beeinträchtigen. Kulturpflanzen mit relativ hoher **Konkurrenz-kraft** gegenüber Unkräutern zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch eine

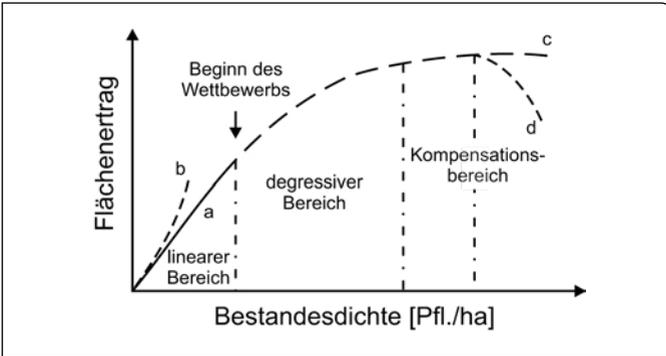


Abb. 6
Einfluss der Bestandesdichte auf den Ertrag (schematisch nach WILHELM und KRUG 1974 in KRUG et al. 2002)

schnellere Blattentwicklung und möglichst hohen Wuchs eher die Unkräuter beschatten als umgekehrt. Diese schnellere Blattentwicklung ist vor allem bei Pflanzkulturen mit ihrem Wachstumsvorsprung gegenüber den bei unkrautfreiem Boden sich erst aus den Samen entwickelnden Unkräutern gegeben. Gegenüber Wurzelunkräutern, die aufgrund ihrer eingelagerten Reservestoffe ebenfalls eine schnelle Blattentwicklung zeigen, sind dagegen auch Pflanzkulturen wenig konkurrenzstark. Bei Säukulturen weisen schnell auflaufende Arten mit zügiger Jugendentwicklung, die zudem mit hoher Bestandesdichte kultiviert werden (z. B. Spinat, Radieschen), eine relativ hohe Konkurrenzkraft auf. Als extrem konkurrenzschwach stellen sich die direkt gesäten Lauchgewächse dar (Speisezwiebel, Porree, Schnittlauch), die durch ihre langsame Keim- und Jugendentwicklung monatelang nicht den Boden und die sich dort entwickelnden Unkräuter beschatten.

Die Konkurrenz um Nährstoffe, und hier insbesondere um den Stickstoff, führte im Lauf der Evolution dazu, dass Pflanzen durch ein sehr dichtes Wurzelsystem versuchen, jeweils ihrem Nachbarn bei der Nährstoffausschöpfung zuvorzukommen. Mit den so aufgenommenen Nährstoffen können neue Blätter aufgebaut werden, mit denen dann wiederum die Lichtaufnahme gegenüber dem Nachbarn verbessert werden kann. Leguminosen, die durch ihre Fähigkeit, Luftstickstoff zu binden, nicht zwingend

auf eine N-Aufnahme angewiesen sind, investieren weniger Energie in ihr Wurzelsystem und weisen so eine geringere Durchwurzelungsintensität auf.

Bei der Konkurrenz um Wasser stehen unseren Gemüsearten nur wenige Strategien zur Verfügung, Vorteile gegenüber einem Mitbewerber zu erlangen. Am effektivsten ist hier ein großer Wurzeltiefgang, um entsprechende Bodenvorräte zu erschließen. Unter nicht bewässerten Bedingungen sind auch Kulturen mit kurzer Kulturzeit von Vorteil, weil sie in der Summe eine geringere Wasserverdunstung aufweisen, sodass hier die Bodenvorräte (in Verbindung mit Niederschlägen) den Wasserbedarf decken können.

Einige tropische Pflanzen, unter ihnen als Gemüseart der Zuckermais, können durch einen CO_2 -Anreicherungsmechanismus auch bei teilweise geschlossenen Spaltöffnungen noch effektiv Photosynthese betreiben. Diese sogenannten C_4 -Pflanzen haben damit einen Vorteil gegenüber den normalen C_3 -Pflanzen, bei denen mit dem Schließen der Spaltöffnungen die Photosyntheseleistung aufgrund von CO_2 -Mangel deutlich schneller zurückgeht.

2.4.2 Bestandesdichte und Strandraumform

Bei Reinkulturen, also Pflanzenbeständen nur einer Art, steigt die Wachstumsleistung und damit der Ertrag zunächst proportional mit der **Bestandesdichte** an. So ist beispielsweise der Flächenertrag von Kopfsalat bei einer Bestandesdichte von 6 Pflanzen/ m^2 doppelt so hoch wie der bei einer Bestandesdichte von nur 3 Pflanzen/ m^2 (Kurvenabschnitt a in Abb. 6). Wäre bei 6 Pflanzen/ m^2 beispielsweise das Mikroklima für ein Wachstum günstiger als bei nur 3 Pflanzen/ m^2 , könnte sich ein überproportionaler Ertragsanstieg zeigen (Kurve b).

Mit weiter steigender Bestandesdichte kommt es zur gegenseitigen Beschattung oder gegebenenfalls auch

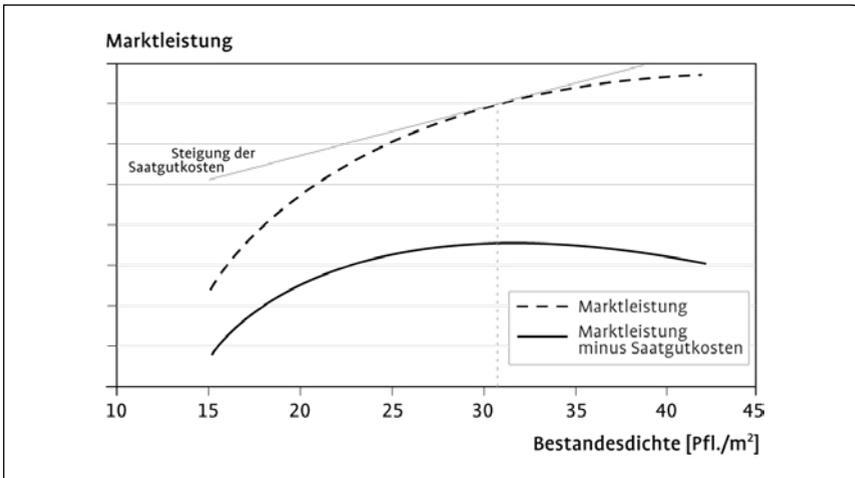


Abb. 7
Ertragszunahme von
Buschbohnen bei steigen-
der Bestandesdichte und
daraus berechnete wirt-
schaftlich optimale Be-
standesdichte (schemati-
sch)

zur Konkurrenz um andere Wachstumsfaktoren, sodass die Ertragszunahme mit zunehmender Bestandesdichte immer geringer ausfällt. Wird durch einen entsprechenden Blattapparat (Blattflächenindex, siehe Abb. 4) nahezu das gesamte Licht absorbiert, kommt es nicht mehr zu einer Ertrags-
erhöhung und jede weitere Erhöhung der Bestandesdichte wird durch entsprechend kleinere Einzelpflanzen kompensiert (Kurve c). Wird vom Markt eine bestimmte Produktgröße verlangt (typisch für kopfbildende Gemüsearten sowie alle als Gemüse verspeiste Speicherorgane), nimmt der Marktertrag bei zu hoher Bestandesdichte teilweise rapide ab (Kurvenabschnitt d). So ist beispielsweise eine hohe Ausbeute an „6er“-Blumenkohl nur bis zu einer Bestandesdichte von ca. 3 Pflanzen/m² erzielbar. Bei höherer Dichte bleiben die Einzelpflanzen kleiner und bilden damit kleinere, gegebenenfalls nicht mehr marktfähige Blumen aus. Insofern ist die optimale Bestandesdichte immer auch vom Produktionsziel abhängig (z. B. deutlich höhere Bestandesdichte bei Minigemüse oder höhere Bestandesdichte im Früh- oder Unterglasanbau, da der Markt hier auch kleinere Produkte toleriert).

Bei **Einmalernte** von Buschbohnen, Erbsen und Einlegegurken sind höhere Bestandesdichten als bei mehrmaliger (Hand-)Pflücke angezeigt, da dichtere Bestände unter anderem durch eine geringere Seitentriebsbildung eine konzentriertere Reife zeigen, sodass zum Erntezeitpunkt mehr Früchte bzw. Samen das gewünschte Reifestadium aufweisen.

Auch der Frühertrag von Blattgemüsearten wie Spinat wird durch eine hohe Bestandesdichte gefördert. Soll sich dagegen früh ein Reserveorgan wie die Rübe einer Möhre ausbilden, sind geringere Bestandesdichten als im Normalanbau günstig. So kann die Einzelpflanze lange ohne größere Beeinträchtigung durch Nachbarpflanzen wachsen und früh eine marktfähige Rübe ausbilden.

Die wirtschaftlich optimale Bestandesdichte wird noch von den Saatgut- bzw. Pflanzgutkosten und dem Produktpreis beeinflusst. Nimmt mit zunehmender Bestandesdichte der Erlös nicht stärker zu, als die Saatgut- bzw. Pflanzgutkosten ansteigen, lohnt sich keine weitere Erhöhung der Bestandesdichte. Bei der Buschbohne (siehe Abb. 7) ergibt sich so ein relativ großer Bereich mit einem quasi optimalen wirtschaftlichen Ergebnis. Steigt der Produktpreis, liegt die

wirtschaftlich optimale Bestandesdichte höher. Steigen die Saatgut- bzw. Pflanzgutpreise, sind geringere Bestandesdichten zu wählen.

Bei einem limitierten N-Angebot wie beim Öko-Anbau sind geringere Bestandesdichten günstig, weil so das N-Angebot je Einzelpflanze höher ausfällt. Auf den Wasserverbrauch eines Bestandes hat die Pflanzendichte dagegen unter unseren klimatischen Verhältnissen nur einen relativ geringen Einfluss. Zwar würde die Transpiration mit geringerer Dichte etwas zurückgehen, dafür würde allerdings die Evaporation des so weniger bedeckten Bodens zunehmen.

Höhere Bestandesdichten führen durch einen schnelleren **Bestandeschluss** (Blätter decken den Boden weitestgehend ab) zu einer höheren Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern. Da allerdings aufgrund der angesprochenen Effekte die Bestandesdichte nur im begrenzten Maße variiert werden kann, sind die Wirkungen eher gering. Die Durchlüftung ist bei dichteren Beständen allerdings vermindert, sodass die Pflanzen weniger schnell abtrocknen und feuchtigkeitsliebende Schaderreger gefördert werden.

Neben der Bestandesdichte wird die gegenseitige Konkurrenz um Licht auch von der **Standraumform** beeinflusst. Bei einer quadratischen Form (z. B. 30×30 cm) oder bei einer Stellung „im Verband“ (jeweils 3 benachbarte Pflanzen bilden ein gleichseitiges Dreieck) setzt die gegenseitige Beschattung später ein als bei dem aus praktischen Gründen oft gewählten Reihenanbau, bei dem der Abstand zwischen den Reihen zumeist deutlich größer ist als der Abstand in der Reihe. Bei Pflanzen, die aufgrund ihres Wuchscharakters in der Lage sind, ihre Blätter in den Bereich zwischen den Reihen wachsen zu lassen und damit der früh im Reihbereich einsetzenden Konkurrenz um Licht entfliehen können, ist dieses nur mit geringen Ertragseinbußen verbunden. Bei-

spiele hierfür sind Porree, Zuckermais oder auch langblättrige Möhrensorten. Kopfsalat und viele andere kopfbildende Gemüsearten sind dagegen nur begrenzt in der Lage, ihre Blätter in noch belichtete Bereiche hineinwachsen zu lassen. Zudem würde bei zu engem Stand die Form der Umblätter leiden, sodass bei einer Vermarktung mit Umblatt der Abstand in der Reihe nicht wesentlich kleiner sein darf als der Pflanzendurchmesser.

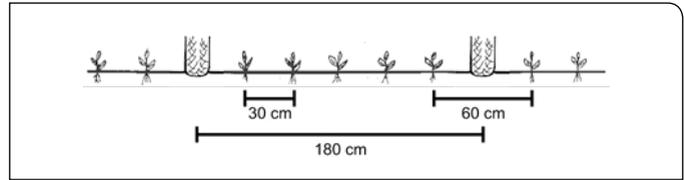
Bei Speiseweibeln, Roten Rüben und anderen können sich zwar die Bulben bzw. Wurzelknollen gegenseitig aus einem zu eng werdenden Bereich herausdrücken, doch bilden sich bei einem zu engen Stand auch kantige Querschnitte aus. Bei Möhren und anderen Wurzelgemüsen besteht bei zu eng stehenden Pflanzen die Gefahr, dass miteinander verschlungene Rübenkörper heranwachsen (siehe Abb. 56).

Oft müssen aufgrund von anbautechnischen Erfordernissen relativ große Reihenabstände gewählt werden (z. B. beim Dammanbau). Bei weiterhin normaler Bestandesdichte ergeben sich so relativ geringe Abstände in den Reihen mit den oben aufgeführten Nachteilen. Um diese Probleme zu mindern, kann durch eine Band-, zumeist aber Doppelreihen- oder auch 3er-Reihensaat der Abstand in der Reihe entzerrt oder deutlich vermindert werden (Kap. 8.1). Bei relativ großen Reihenabständen ist es zudem günstig, diese in Nord-Süd-Richtung auszurichten, da so die morgendlichen und abendlichen langen Schatten auf ohnehin unbewachsenen Boden fallen. Häufig wird allerdings empfohlen, die Reihen in Hauptwindrichtung, also West-Ost-Richtung auszurichten und so die Durchlüftung des Bestandes zu verbessern. Untersuchungen an Buschbohnen zeigen aber, dass eine Reihenausrichtung quer zur Hauptwindrichtung durch die dann turbulenteren Strömung das Abtrocknen begünstigt, sodass auch diesbezüglich eine Nord-Süd-Ausrichtung vorteilhaft erscheint.

Neben der Standraumform hat auch die **Standraumverteilung** Einfluss auf die Lichtaufnahme der Pflanzen. Stehen die Pflanzen innerhalb der Reihen in einem einheitlichen Abstand (Idealfall bei einer Einzelkornsaat; exakte Pflanzung, siehe Abb. 31), besteht für alle Pflanzen ein einheitliches Lichtangebot). Auch bei einer exakten Dibbel- oder **Horstsaat** (z. B. bei Schnittlauch, Busch-/Stangenbohnen) herrschen für alle Pflanzen nahezu die gleichen Bedingungen. Allerdings stehen die Pflanzen bei einer Horstsaat nicht im Zentrum der ihnen (theoretisch) zur Verfügung stehenden Fläche; durch diese ausgeprägte „Exzentrizität“ setzt innerhalb eines Horstes frühzeitig gegenseitige Konkurrenz ein. Drillsaat oder Doppelbelegungen bei Einzelkornsaat führen dagegen zu früherer Lichtkonkurrenz bei den dichter stehenden Pflanzen, während Lücken oder Fehlstellen den Lichtgenuss bei den verbliebenen Pflanzen verbessern, sodass sich insgesamt der Bestand weniger einheitlich entwickelt.

Im Freiland hat sich, abgesehen von Kulturen mit Reihenabständen ≥ 45 cm und dem großflächigen Anbau für die Verarbeitungsindustrie, weitgehend die Beetanbauweise durchgesetzt. Der Trend geht zu größeren Spurbreiten $\geq 2,00$ m und somit geringerem Spuranteil.

Im Bereich von Fahrgassen, die beim **Beetanbau** jeweils im Abstand der Spurbreite des Schleppers ausgespart werden (siehe Abb. 8), werden die Randreihen besser belichtet (und gegebenenfalls auch besser mit Nährstoffen versorgt) als die Zentralreihen. Bei Kulturen wie Kopfsalat, die ohnehin so weit gepflanzt werden, dass kaum eine Lichtkonkurrenz zwischen den Pflanzen auftritt, tritt dies allerdings kaum in Erscheinung. Bei anderen Arten (z. B. Radieschen, Möhren/Karotten) wird teilweise versucht, diesen Randeffect durch eine höhere Aussaatdichte in den



Randreihen auszugleichen. Hier gehen die Empfehlungen bis hin zur doppelten Saatstärke in den Randreihen und selbst für die zweitäußersten Reihen werden Zuschläge von bis zu 25 % genannt.

Abb. 8

Beispiel für einen Beetanbau mit 1,80 m Spurbreite (nach KRUG et al. 2002, verändert)

2.4.3 Mischkulturen

Der Gemüseanbau findet in der Praxis fast ausnahmslos in **Reinkultur** (nicht zu verwechseln mit Monokultur = Selbstfolge) statt, sodass bei Unkrautfreiheit nur Pflanzen einer Art, zumeist auch nur einer Sorte auf zum Teil großen Flächen stehen. Vorteile sind vor allem die rationellere Bestandesgründung (einheitliche Saat bzw. Pflanzung) und -pflege (z. B. gleicher Pflanzenschutz) und einfachere (maschinelle) Ernte. Als nachteilig wird insbesondere die schnellere Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen diskutiert. Bei Arten mit langsamer Jugendentwicklung, z. B. Speisezwiebeln, ist der Boden lange unbedeckt und damit erosionsgefährdet. Außerdem wird bei derartigen Kulturen die Strahlung durch den langsamen Blattaufbau lange Zeit kaum genutzt und damit Wachstumspotenzial verschenkt. Ein Reinbestand von Flachwurzlern ist nicht in der Lage, Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten zu nutzen, rankende Pflanzen, wie Stangenbohnen, finden auf ihrer Suche nach Stützpflanzen keinen Halt.

Nur vereinzelt und häufig lediglich im Versuchsstadium wird versucht, die angesprochenen Nachteile durch **Mischkultur**, also den Anbau mehrerer Arten nebeneinander, zu vermindern. Bei Handaussaat von Möhren wurden teilweise Radieschen mit ausgesät. Diese Markiersaat diente vor allem dazu, früh den Reihenverlauf erkennen und so besser hacken zu können. Gleichzeitig

nutzten die Radieschen mit ihrer schnellen Blattentwicklung das Licht zu Beginn besser als die sich nur langsam entwickelnden Möhren und es konnte ein Mehrertrag (Radieschen) erzielt werden. Verbreitet war auch der Anbau von anderen schnell räumenden Kulturen, wie Kopfsalat, zwischen sich anfangs nur langsam entwickelnden Kulturen, wie Gurken und Tomaten. Mit der stärkeren Mechanisierung, aber auch dem Einsatz von Herbiziden, die nur selten für alle Mischungspartner verträglich sind, verschwanden solche Anbauformen nahezu gänzlich.

In Gemüsekulturen wurden versuchsweise auch **Untersaaten** mit Getreide, Gras und anderem getestet, meist mit dem Ziel, dass nach der Ernte der Gemüsekultur die sich dann entwickelnde Untersaat Reststickstoff aufnimmt und so vor Auswaschung schützt. Problematisch ist aber immer das richtige „Timing“: Entwickelt sich die Untersaat (durch zu frühe Aussaat) zu stark, kommt es zu Ertragseinbußen; wird die Untersaat zu spät gesät, entwickelt sie sich kaum und kann nur wenig Stickstoff aufnehmen.

Bei Versuchen mit Porree konnte durch eine Untersaat ein geringerer Befall mit der Papierfleckenkrankheit beobachtet werden, da durch die Bodenbedeckung weniger Bodenpartikel mit Spritzwasser an den Porree gelangten. Bei vielen anderen, auf Blattlässe angewiesenen Pilzkrankheiten sind aber durch die geringere Bestandesdurchlüftung eher nachteilige Effekte durch eine Untersaat zu erwarten. Vereinzelt liegen positive Versuchsergebnisse zur Abwehr von Schädlingen durch Mischkulturen/Untersaaten vor. Allerdings sind die Effekte fast immer nur begrenzt wirksam, sodass nicht auf entsprechende Pflanzenschutzmaßnahmen verzichtet werden kann.

Die Anlage von Blühstreifen etc. fördert die Biodiversität bei allerdings räumlicher Trennung von Gemüse und blühenden (Wild-)Pflanzen. Daher wird sie zumeist nicht zu den verschiedenen Formen der Mischkulturen gerechnet; sie ist aber durch die Förderung von Nützlingen eine der praktizierten Formen des biologischen Pflanzenschutzes im Freiland (Kap. 12.3.3).

3 Natürliche und wirtschaftliche Standortfaktoren

HERMANN LABER

3.1 Boden

Der Boden stellt den Pflanzen Wasser und Nährstoffe bereit, die sie mit ihren Wurzeln entnehmen. Die Wasser- und Nährstoffhaltefähigkeit sind damit wesentliche Faktoren der Bodenfruchtbarkeit.

Die Bodenwertzahl („Bodenpunkte“) drückt die Ertragsfähigkeit eines Bodens als Relativzahl (100 Punkte = höchste Güte) aus. Die Bodenwertzahl ergibt sich vor allem aus der Bodenart und dem Bodenzustand.

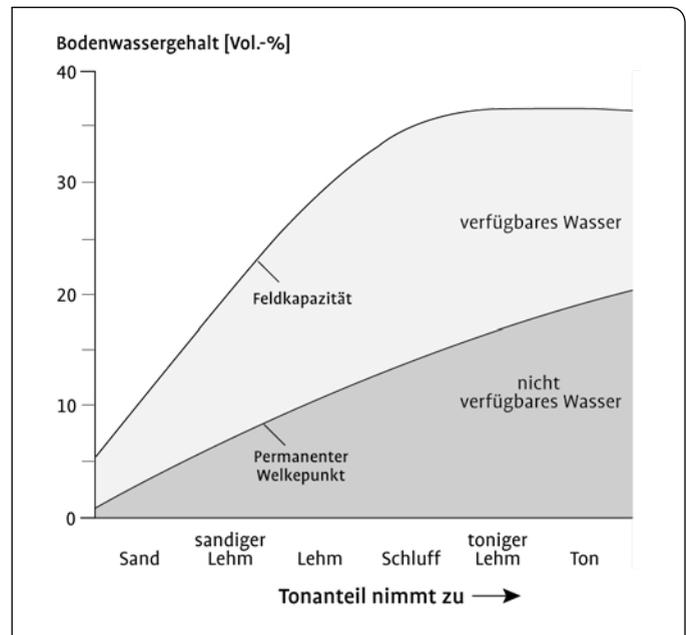
Sandböden enthalten viele Grobporen, die Wasser nicht gegen die Schwerkraft halten können und daher mit Luft gefüllt sind. Damit weisen Sandböden eine geringe Wasserhaltefähigkeit (**Feldkapazität**) auf. Da bei Wasser viel Energie zu dessen Erwärmung notwendig ist, erwärmen sich Sandböden im Frühjahr schneller als Böden, die mehr Wasser speichern. Der geringe Wassergehalt und die geringe Neigung zum Verschmieren erlauben ein baldiges Befahren und Bearbeiten des „leichten Bodens“ nach Niederschlägen. Allerdings fehlt Sandböden die Fähigkeit zur Selbstlockerung, die bei tonhaltigen Böden durch das Quellen und Schrumpfen entsteht. Damit sind (Unter-)Bodenverdichtungen bei einem Sandboden sehr dauerhaft.

Tonböden weisen mit einem hohen Anteil an Mittel- und Feinporen eine sehr hohe Wasserhaltefähigkeit auf, sodass sich ein „kalter“ Tonboden auch nur langsam erwärmt. Das Wasser in den Feinporen ist allerdings so fest gebunden, dass es unsere Kulturpflanzen nicht aufnehmen können (**Totwasser**).

Schluffböden, meist aus dem vom Wind angewehten Löss entstanden, weisen die höchste Feldkapazität auf. Zwischen den mehlig kleinen Schluffteilchen befinden sich vor allem Mittelporen mit pflanzenverfügbarem Wasser. Damit weisen Schluffböden die höchste **nutzbare Feldkapazität** auf, ein wesentlicher Grund, warum sie zu den fruchtbarsten Böden zählen.

Mischungen mit jeweils nennenswerten Anteilen der Kornfraktionen Sand, Schluff und Ton werden als **Lehmböden** bezeichnet. Die Bodenart **sandiger Lehm** hat noch große Sandanteile, der **tonige Lehm** enthält dementsprechend viel Ton und ist damit ein sehr „schwerer Boden“, was sich auf das Gewicht im feldfeuchten Zustand, vor allem aber auf die Bearbeitbarkeit bezieht.

Abb. 9
Feldkapazität sowie pflanzenverfügbares Wasser verschiedener Böden (nach BRADY 1990 in EHLERS 1996)



Schluff- und tonreiche Böden haben nur wenig luftgefüllte Grobporen. Damit den Pflanzenwurzeln trotzdem genügend Luft zur Verfügung steht, müssen sie eine gute Struktur (Krümelung) aufweisen: Ton und Humus verkleben die Bodenpartikel zu größeren Aggregaten, zwischen denen sich luftgefüllte Hohlräume befinden. Tonteilchen stabilisieren die Aggregate aber nur dann gut, wenn sie an ihrer Oberfläche viele Calciumionen gebunden haben (siehe Kalkung, Kap. 9.3.3). Tonarmen Schluffen fehlt die bindende Kraft des Tons und die Aggregate zerfallen leicht, sodass der Boden bei Starkregen sehr schnell verschlämmt. Damit kann das Niederschlagswasser nicht mehr schnell genug versickern, fließt oberflächlich ab und reißt dabei Boden mit (**Wassererosion**). Nach Austrocknung bildet ein verschlämmter Boden eine harte Kruste, die von zarten Keimlingen schwer durchbrochen werden kann.

Insbesondere bei ton- und schluffreichen Böden verbessert Humus die Stabilität der Bodenaggregate und verbessert so die Durchlüftung und Wasseraufnahmefähigkeit.

Für die Aggregatbildung und -stabilität spielt auch das Bodenleben eine große Rolle. Die Losung der Regenwürmer bildet sehr stabile Bodenkrümel (Krümelgefüge). Die durchgängigen Regenwurmgänge stellen optimale Poren für die Durchlüftung, Drainage und Tiefendurchwurzelung des Bodens dar. Größter Feind des Regenwurms ist die intensive Bodenbearbeitung, sodass man auch im Gemüsebau nach Methoden der **konservierenden Bodenbearbeitung** sucht (Kap. 6.5). Viele Bodenlebewesen zeigen bei pH-Werten um 7 die höchste Aktivität (Kap. 9.3.3).

Die **Nährstoffhaltefähigkeit** eines Bodens beruht vor allem auf der Fähigkeit von Ton- und Humusteilchen, positiv geladene Ionen wie Calcium, Magnesium, Kalium und Ammonium zu bin-

den (Kationenaustauschkapazität). Die negativ geladenen Nitrat- und Sulfationen können nicht adsorbiert werden und liegen gelöst im Bodenwasser vor. Bei starken Niederschlägen oder übermäßiger Bewässerung können sie daher ausgewaschen werden, was bei Sandböden mit ihrer geringen Wasserhaltefähigkeit besonders leicht passieren kann. Phosphat und viele Mikronährstoffe sind fest an Bodenteilchen gebunden und damit gegen Auswaschung geschützt.

Der **Nährstoffgehalt** der mineralischen und organischen Substanz ist ein weiterer Aspekt der Bodenfruchtbarkeit. Sandböden bestehen vor allem aus dem nur schwer verwitterbaren und kaum Nährstoffe enthaltenden Quarz, während die Schluff- und Tonfraktion auch größere Anteile nährstoffreicher Minerale enthält. Stickstoff und Schwefel sind vor allem in der organischen Substanz gebunden und werden bei der sogenannten Mineralisation freigesetzt.

Die verschiedenen Bodenarten eignen sich unterschiedlich gut für den Gemüseanbau. **Leichtere Böden** sind prädestiniert für den Frühhanbau (schnelle Erwärmung) und den Anbau von Gemüsearten, die täglich geerntet und damit im Satzanbau auch termingerecht gepflanzt oder gesät werden müssen (schnelle Wiederbefahrbarkeit nach Niederschlägen). Durch die leichte Bearbeitbarkeit sind sie auch der ideale Standort für den Bleichspargelanbau. Die gute Siebfähigkeit nutzt man beim Anbau von kleinfallenden Wurzel- oder Zwiebelgemüsearten (z. B. Pariser Karotten, Silberzwiebeln). Die geringe Wasserhaltefähigkeit setzt aber eine Bewässerungsmöglichkeit voraus. Auf rohhumushaltigen (podsoligen) Sandböden kann es zu Verfärbungen bei Möhren und anderen Wurzelgemüsearten kommen, die sich auch kaum abwaschen lassen. Sehr grobe, scharfkantige Sande können beim Waschprozess zu Verletzungen der Möhrenoberfläche führen.

Schwerere Böden mit hohem Gehalt an pflanzenverfügbarem Wasser sind weniger bewässerungsbedürftig und damit klassische Standorte für den etwas extensiveren Anbau von Lager- und vielen Industriegemüsearten, die zumeist auch nicht punktgenau bestellt oder geerntet werden müssen. Verschlämmungsgefährdete Schluffböden bergen allerdings die Gefahr, dass es durch Krustenbildung zu Auflaufproblemen bei Feinsämereien wie Möhren und Zwiebeln kommen kann. Die späte Bodenbedeckung bei diesen Kulturen erhöht auch das Erosionsrisiko dieser Bodenart. Die ton- und nährstoffreichen Marschböden sind gute Standorte für Lagerkohl, reine Tonböden scheiden aber für den Gemüsebau aus. Auch Niedermoorstandorte werden gemüsebaulich genutzt.

Steinbesatz ist für den Gemüsebau generell ungünstig. Bei Wurzelgemüsearten führen Steine zu ungeradem Wuchs der Rüben, bei der Ernte mit Siebkettenrodern (Wurzel- und Zwiebelgemüse) zu Verletzungen und Verschmutzungen des Ernteguts. Sie erschweren Bodenbearbeitung, Saat- und Pflanzarbeiten und führen zu höherem Werkzeugverschleiß. Steinbesatz kann durch eine **Bodenseparierung** krumentief vermindert werden, auch Umkehrfräsen hinterlassen einen weitgehend steinarmen Bodenhorizont.

Insgesamt gibt es aber kaum Möglichkeiten, die vorgefundenen Bodeneigenschaften großflächig mit vertretbarem Aufwand zu verbessern. Eine Erhöhung des Humusgehaltes führt, entgegen der landläufigen Meinung, nur zu einer geringfügigen Erhöhung der nutzbaren Feldkapazität. **Humus** verbessert aber deutlich die Bodenstruktur, sodass der Boden weniger schnell verschlämmt und damit bei Starkregenereignissen besser Wasser aufnehmen kann. Auf tonarmen Böden trägt der Humus wesentlich zur Nährstoffhaltefähigkeit bei. Dem Humus fehlen allerdings die spezifischen Sorp-

tionsplätze der Tonminerale, sodass die einwertigen Kalium- und auch Ammoniumionen nur locker oberflächlich gebunden werden können und damit auswaschungsgefährdet sind.

Eine Verdoppelung des Humusgehaltes der Krume erhöht die nutzbare Feldkapazität eines Bodens um 1–2 Vol.-%. Das entspricht einer Wassermenge von 3–6 mm.

Die meisten gemüsebaulich genutzten Standorte sind dem **Bodentyp** Braunerde und Parabraunerde zuzuordnen, die über einen humosen Oberboden und einen verwitterten (verbräunten) Unterboden verfügen. Bei der Parabraunerde kam es zur Tonverlagerung, sodass diese Böden im oberen Bereich tonärmer, im unteren tonreicher sind. Kommt es hierdurch zu ausgeprägter Stauwasserbildung, sind derartige Pseudogleye nur bedingt für den Gemüsebau geeignet. Durch Verheidung und Bildung von Rohhumusauflagen kam es auf kalk- und nährstoffarmen Sanden zur Podsolidierung mit Eisen- und Humusverlagerung. Bei intensiver Bewässerung sind podsolige Standorte aber für den Gemüsebau meist geeignet (siehe auch leichtere Böden).

Böden können von Natur aus auch mit Schwermetallen belastet sein. Meist ist der **Schadstoffgehalt** auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen, teilweise aber auch auf die Landbewirtschaftung selbst. So findet man noch heute vereinzelt größere Mengen an persistenten chlorierten Kohlenwasserstoffen von ehemaligen Pflanzenschutzbehandlungen. Auch die Phosphordüngung ist durch den natürlichen Schwermetallgehalt der Lagerstätten nicht unproblematisch. Böden mit hoher Schadstoffbelastung scheiden für den Gemüsebau aus; insbesondere im Bereich der Produktion für die Diätindustrie (z. B. Babykost) werden Anbauflächen im Vorfeld auf eine etwaige Belastung hin standardmäßig untersucht.

3.2 Klima und Klimafaktoren

Als **Klima** eines Standortes bezeichnet man den über längere Zeiträume hinweg typischen Jahresverlauf der Witterung. Wesentliche Klimafaktoren sind Intensität und jahreszeitliche Verteilung von **Strahlung**, **Temperatur** und **Niederschlägen** sowie **Luftfeuchte** und **Wind**.

Großräumig zählt Mitteleuropa zum feucht-gemäßigten Klimaraum mit relativ milden Wintern und feuchten, mäßig warmen Sommern und somit guten Bedingungen für den Gemüsebau. Diese Bedingungen sind vor allem dem ozeanischen Einfluss zu verdanken, der sich in Deutschland im Nordwesten besonders bemerkbar macht. Damit ist beispielsweise das Niederrheingebiet ein idealer Standort für Überwinterungskulturen. Milde, schneearme Winter (mit ausreichender Strahlungsintensität) und moderat-warme Sommer begünstigen auch den Unterglasgemüsebau, da hier Heizkosten eingespart werden und die Gewächshauskonstruktion weniger aufwendig gebaut werden kann.

In (süd-)östlicher Richtung nimmt der ausgleichende Einfluss des Meeres ab, das Klima wird kontinentaler mit zunehmend größeren Unterschieden zwischen Winter- und Sommertemperatur. Sommerliche Hitzeperioden mit trockenen Ostwinden treten häufiger auf. Arten wie die Speisezwiebel profitieren von den trocken-warmen Bedingungen während ihrer Abreife, im Allgemeinen ist ein kontinentaler Einfluss für den Gemüsebau aber wenig günstig. In Nord-Süd-Richtung wird das Klima stark von der Strahlungsintensität der Sonne beeinflusst. Insgesamt weist so der Südwesten mit seinem „Weinbauklima“ die längste Vegetationsperiode auf und ist damit für den Früh- und Spätanbau prädestiniert. In kleinem Umfang können hier auch sehr wärmebedürftige Kulturen unter Freilandbedingungen kultiviert werden.

Frühgemüsebau findet man besonders in Gebieten mit höherer Temperatur und geringem Frostrisiko.

Neben kleinräumigeren Effekten (z. B. Regenschatten-/Föhngebiete) wird das Klima auch stark durch die Höhenlage bestimmt. Je 100 m Höhenzunahme beträgt die Temperaturabnahme ca. 0,6 °C, sodass oberhalb 300–400 m, im wärmeren Süden oberhalb 600–700 m, kaum Gemüse erwerbsmäßig angebaut wird.

Die an einem Standort vorgefundenen Klimabedingungen können nur mit einem mehr oder weniger großen Aufwand für den Gemüsebau verbessert werden. Im intensiven Gemüsebau ist die Zusatzbewässerung nahezu Standard. Auch der Windschutz und die moderate Temperaturerhöhung durch den Einsatz von Folien und Vliesen sind relativ einfach zu realisieren. Geheizte Gewächshäuser mit CO₂-Düngung und Zusatzbelichtung stellen gegenwärtig die intensivste Form des Gemüsebaus dar. Im Rahmen der Diskussionen zum „urban farming“ (kommerzielle Produktion in Ballungsgebieten) wird auch über eine sonnenlichtunabhängige Produktion in geschlossenen Räumen (u. a. „vertical farming“) nachgedacht, die jedoch zurzeit extrem kostenintensiv ist und (daher) nur sehr vereinzelt praktiziert wird.

3.2.1 Luft

Luft bzw. die Luftbewegung bringt den Pflanzen das Kohlendioxid (CO₂) für die Photosynthese und den Sauerstoff (O₂), den die oberirdischen Pflanzenteile besonders nachts, die Wurzeln ständig zur Atmung brauchen. Gleichzeitig führt sie das von Boden und Pflanzen abgegebene Wasser als Luftfeuchte ab. Leguminosen binden mithilfe der Knöllchenbakterien molekularen Stickstoff aus der Bodenluft. Luft enthält etwa 78 Vol.-% N₂, 21 Vol.-% O₂ und inzwischen über 0,04 Vol.-% CO₂, dazu noch andere Gase wie Wasserdampf, Edelgase und Luftschadstoffe.

Das CO₂ stammt zum Teil aus der Zersetzung von organischer Substanz durch die Mikroorganismen im Boden. Es vermischt sich schnell mit der darüberliegenden Luft. Im geschlossenen Bestand oder durch Windschutz wird dieser Vorgang verlangsamt. In Gewächshäusern und besonders bei der Kultur auf inerten Substraten wird CO₂ durch Lüften nur unzureichend ergänzt; meist ist dort eine CO₂-Düngung wirtschaftlich. Bei anhaltender Vernässung des Bodens können Wurzeln auf Grund von Sauerstoffmangel absterben.

Bei geringer **Luftfeuchtigkeit** haben Pflanzen einen hohen Wasserbedarf und die Böden trocknen sehr schnell aus. Hohe Luftfeuchten vermindern die Verdunstung, begünstigen aber häufig viele Schadpilze in ihrer Entwicklung.

Luftschadstoffe haben durch Umweltauflagen an Bedeutung für den Gemüsebau verloren, der Gehalt an Schwefeldioxid ist inzwischen so gering, dass zum Teil Schwefel gedüngt werden muss. Nur die Ozonkonzentration erreicht bei hochsommerlichen Bedingungen ein Niveau, das zu Pflanzenschäden führen kann. Als besonders ozonempfindlich gelten Buschbohnen.

3.2.2 Wind und Windschutz

Der Wind gleicht Unterschiede in der Temperatur und in der Zusammensetzung der Luft aus, führt damit auch die Luftfeuchte ab und erhöht so Transpiration und Evaporation. Pflanzen und Boden trocknen schneller ab, womit sich der Infektionsdruck durch verschiedene Pilzkrankheiten verringert. Andererseits werden mit dem Wind auch Pilzsporen und kleinere Schädlinge über größere Distanzen verfrachtet. In Küstennähe ist durch den wenig belasteten Seewind der Schaderregerdruck oft geringer als im Landesinneren.

Wind führt aber auch bodennahe Warmluft ab und vergrößert bei Gewächshäusern den Heizenergiebedarf. Windgeschwindigkeiten über 2–3 m/s erhöhen die Abdriftgefahr bei

Pflanzenschutzspritzungen und verschlechtern die Verteilgenauigkeit bei Beregnungs- und Düngungsmaßnahmen. Das Auflegen von Folien und Vlies wird erschwert und es kommt zu Schlagschäden. Stürme führen zum Zerreißen und Fortwehen von Bedeckungsmaterialien, im Extremfall auch zu Schäden an Gewächshäusern.

Pflanzenteile reiben mit zunehmendem Wind stärker aneinander (z. B. Windschorf bei Bohnenhülsen). Insbesondere bei frisch gepflanzten (überständigen) Jungpflanzen kommt es zum Abknicken und Abdrehen von Blättern. Pflanzen passen sich an Wind mit einem gedrunken Wuchs an, zeigen dann aber auch geringere Wachstumsleistungen. Bei noch wenig bewachsenen Sandböden kann es zur **Winderosion** kommen, bei der neben dem Bodenabtrag auch Schäden an den jungen Pflanzen durch die Sandstrahlwirkung auftreten.

In windreichen Gebieten oder Lagen lässt sich das Kleinklima durch **Windschutz** (Schutzstreifen mit Gehölzen, kleinflächig durch 1–2 m breite Streifen von Mais, Getreide) verbessern.

3.2.3 Licht

Unsere Gemüsearten zeigen nur bei voller Belichtung hohe Wachstumsleistungen.

Lichtmangel vermindert nicht nur die Photosynthese (Kap. 2.3.1), er kann auch zum Vergeilen von Pflanzen (z. B. Jungpflanzen) oder zu ungenügenden Inhaltsstoffen, wie Zucker, Vitamin C oder Carotin, und verstärkter Speicherung von Nitrat führen. Zum Einfluss der Tageslänge auf die Entwicklung von Gemüsearten siehe Kapitel 2.3.2.

Die an einem Tag eintreffende Globalstrahlung (Wellenlänge 300–2800 nm) wird von der **geografischen Breite** des Standorts (Entfernung vom Äquator), der Jahreszeit und der Bewölkung bestimmt. In der Zeit um die Sommer Sonnenwende (ca. 21. Juni) treffen theoretisch (ohne atmosphärische Einflüsse wie Bewölkung, Trübung etc.) an einem

Tag in Mittel- und Nordeuropa mit gut 11 kWh/m² vergleichbare Energiemengen wie in Südeuropa (oder sogar Äquatornähe!) ein. Tatsächlich liegt die Globalstrahlung in Mitteleuropa um diese Zeit im Mittel bei 5–6 kWh/m² pro Tag. Die Strahlung ist im Süden insbesondere um die Mittagszeit durch die „höher“ stehende Sonne zwar deutlich intensiver, dafür scheint die Sonne nach Norden hin zunehmend länger. Durch diese Verteilung der Energiemenge über einen längeren Tageszeitraum ist die maximale Wachstumsleistung im Norden zum Teil höher als in den Tropen.

Um die Zeit der (weltweiten!) Tag- und-Nacht-Gleiche (ca. 20. März; ca. 23. September) kehren sich die Verhältnisse um und nach Süden hin werden die Tage im Winterhalbjahr immer länger. Beispielsweise liegt in Frankfurt am Main (50° nördlicher Breite) die theoretische Einstrahlung um die Zeit der Tag- und-Nacht-Gleiche durch die dann auch flacher stehende Sonne nur noch bei ca. 60 % des Sommerwertes. Um den 21. Dezember (Wintersonnenwende) werden nur noch rund 2 kWh/m² pro Tag eingestrahlt. Zur gleichen Zeit ist die Einstrahlung im spanischen Gemüseanbauggebiet Almeria (36° nördlicher Breite) mehr als doppelt so hoch. Hinzu kommen der Einfluss der **Bewölkung** etc., sodass die tatsächliche Einstrahlung an den kürzesten Tagen des Jahres in Frankfurt im Mittel unter 1 kWh/m² pro Tag liegt, ein Niveau, auf dem kaum noch eine effektive Produktion stattfinden kann. Zur gleichen Zeit werden im wolkenarmen Almeria aber 2,5 kWh/m² pro Tag eingestrahlt, ein Wert, der in Frankfurt erst im März erreicht wird. Insbesondere klassische Unterglas- und Frühgemüseanbaugebiete sind deshalb durch eine große Zahl von heiteren Tagen und einen geringen Bewölkungsgrad gekennzeichnet.

Neben Lichtmangel durch Bewölkung kann dieser auch durch Luftverschmutzung, Staub, Wasserdampf, verschmutzte Gewächshäuser bzw.

Abdeckmaterialien von Kulturen oder durch Neigung des Feldes nach Norden verursacht werden.

Möglichkeiten zur positiven Beeinflussung des Faktors Licht:

1. Wahl heller Gewächshäuser (z. B. durch möglichst große Scheiben und wenige Einbauten im Dachraum),
2. Reinigen der Dachflächen,
3. Bedecken des Bodens mit weißem Mulchmaterial, z. B. Folie oder Perlite, sodass mehr Licht auf die Pflanzen reflektiert wird, mit dem Erfolg verstärkter Assimilation, sofern der Boden warm genug ist und
4. Zusatzbelichtung (die aus Kostengründen allerdings nur begrenzt eingesetzt wird).

Beispiele hierfür sind die Zusatzbelichtung bei Topfkräutern von November bis Februar mit 40–80 W_{elektrisch}/m² für 8–20 Stunden/Tag und sehr frühe Jungpflanzensätze von Tomaten, Gurken, Paprika im Dezember bzw. Januar.

In bestimmten Fällen entzieht man sogar Pflanzen Licht, damit sie bleichen oder vergeilen, z. B. Chicorée, Spargel, Rhabarber, Löwenzahn. Die Gründe hierfür sind teilweise historischer Art (weiß bzw. bleich ist nobel), sie sind aber auch dadurch bedingt, dass manche dieser Gemüsearten nach dem Bleichen zarter sind und weniger Bitterstoffe enthalten. Kopfbildende Arten bleichen in ihrem Inneren von allein, bei Endivien wird dies zuweilen durch Abdeckungen weiter forciert.

3.2.4 Temperatur

Der Jahresgang der Temperaturen eines Standortes wird maßgeblich vom Sonnenstand (Breitengrad, Jahreszeit), der Höhenlage und der Bewölkung beeinflusst. Westeuropa profitiert zudem von den enormen Wärmemengen, die mit dem Golfstrom Richtung Norden transportiert werden. Durch ihn liegen die Temperaturen bei uns im Jahresdurchschnitt rund 6 K höher, als aufgrund der

Tab. 7 Beispiele für Wärmeansprüche einiger Gemüsearten [°C] (aus WONNEBERGER/KELLER 2004)

Bereich des Wachstums			
18–35	10–35	7–30	1–25
Optimalwachstum bei			
22–30	20–25	um 20	um 18
Melone	Gurke	Zwiebel	Erbse
	Eierfrucht	Porree ¹⁾	Kohlarten ¹⁾
	Paprika	Chicorée	Radies ¹⁾ , Rettich ¹⁾
	Tomate	Kopfsalat	Spinat ¹⁾
	Gartenbohne	Spargel	Endivie ¹⁾
	Kürbis	Zuckermais	Feldsalat ¹⁾
	Zucchini		Möhre ¹⁾

¹⁾ ertragen einige Minustemperaturen

geografischen Breite normal wäre. So liegt beispielsweise die Jahresdurchschnittstemperatur im kanadischen Winnipeg nur bei knapp 3 °C, korrigiert um die etwas höhere Lage bei rund 3,5 °C, in Frankfurt am Main (beide ca. 50. Breitengrad) bei knapp 10 °C.

Da sich der Boden und insbesondere die Mitteleuropa umgebenden Meere im Frühjahr nur langsam erwärmen, werden die höchsten Temperaturen erst im Juli/August gemessen, also rund 6 Wochen nach dem Sonnenhöchststand am 21. Juni. Durch diese zeitliche Verzögerung gegenüber der Strahlung ist die Temperatur im Frühjahr der limitierende Faktor des Wachstums. Mit dem Einsatz von Flachfolien/-vliese, Folientunneln, Gewächshäusern und Beheizung versucht man dieses Wärme-defizit auszugleichen. Im Herbst liegen die Verhältnisse anders: Hier sind Boden und Wasser noch vom Sommer aufgewärmt und die, je nach Breitengrad, rapide abnehmende Strahlung begrenzt das Wachstum. Ein Vlieseinsatz etc. würde hier den Lichtgenuss noch weiter schmälern.

Die meisten der in Mitteleuropa angebauten Kulturpflanzen wachsen ab einer durchschnittlichen Tagestemperatur von etwa +5 °C. Deshalb bezeichnet man als **Vegetationsperiode** den Zeitraum, in welchem die durchschnittliche Tagestemperatur höher als 5 °C liegt. Die Vegetationsperiode dauert in Deutschland 200 bis 250 Tage.

Wärmeliebende Gemüsepflanzen, wie Gurke, Tomate oder Bohne, brauchen wesentlich höhere Temperaturen, im Allgemeinen mehr als 10–12 °C, sodass für diese Arten die Vegetationsperiode meist weniger als 150 Tage beträgt.

Höhere Temperaturen beschleunigen Stoffwechselprozesse und damit beispielsweise Keimung und Photosynthese. Mit steigender Temperatur nehmen allerdings auch die Atmungsverluste zu, sodass die höchste Netto-Photosyntheseleistung eines Blattes oft schon bei Temperaturen im Bereich von 10–15 °C gefunden wird. Da die Entwicklung der Pflanze und hier insbesondere der zur Lichtaufnahme wichtige Blattaufbau durch höhere Temperatu-

ren weiter gefördert wird, zeigen sich aber zumeist bei 15–20 °C, bei Pflanzen tropischen Ursprungs bei 20–25 °C, die höchsten Wachstumsleistungen. Bei nur schwacher Einstrahlung (Winter) liegen die Temperaturoptima jeweils einige Grad niedriger.

Pflanzen kultiviert man anfangs bei höheren Temperaturen, damit sich möglichst schnell ein effektiver Blattapparat aufbaut. Im Freiland nutzt man hierzu die Temperaturerhöhung durch Folien und Vliese.

Zu hohe Temperaturen beeinträchtigen beispielsweise die Kopfbildung bei Kopfsalat und verursachen Blattbrand, das Pelzigwerden von Rettich und Radies, das Holzigwerden von Kohlrabi, Frühblüher an Blumenkohl und lockere Köpfe bei Spargel. Blatttemperaturen über 40–50 °C führen zu dauerhaften Schäden.

Im Allgemeinen brauchen Pflanzen eine **höhere Tag- und kühlere Nachttemperatur**, um nicht zu viel der im Laufe des Tages assimilierten Substanz zu veratmen. Die meisten Gemüsearten reagieren positiv auf sonnige, warme, aber nicht heiße Tage im Wechsel mit kühlen Nächten.

Niedrige Temperaturen unter 10 °C führen bei den Gemüsearten tropischen Ursprungs (z. B. Bohne, Gurke, Tomate) bereits zu **Kälteschäden** (Probleme bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme, Blattschäden, Befruchtungsstörungen) und fördern bei den entsprechenden Gemüsearten das Schossen (Kap. 2.3.2).

Auch bereits leichter **Frost** führt bei den tropischen Gemüsearten zum Absterben. Viele andere Gemüsearten überstehen einige Minusgerade. Allerdings treten schon relativ schnell Blattschäden auf, sodass die Marktfähigkeit von Blatt- oder Wurzelgemüsearten, die mit Blatt vermarktet werden (Bundware) schnell beeinträchtigt wird. Wurzelgemüsearten sind je nach Lage der Wurzel(-knolle) erst mit dem Eindringen des Frostes in den Boden gefährdet.

Bei Vermarktung ohne Umblatt zeigen auch die kopfbildenden Gemüsearten eine gewisse Frosttoleranz.

Frostverträgliche Arten tolerieren zum Teil Temperaturen bis zu –25 °C. Generell ungünstig sind Kahlfröste ohne schützende Schneedecke, sodass die tiefen Temperaturen unvermindert an die Blätter gelangen und der Boden tief reichend durchfrieren kann. Gefrorener Boden in Kombination mit intensiver Einstrahlung am Tag, wie sie im Spätwinter auftreten kann, führt zu starken Blattschäden, die man mit Frostschutzvliesen vermindern kann (Kap. 11).

Für die Überwinterung werden bei den entsprechenden Arten (z. B. Porree, Spinat, Wirsing, Rosenkohl) spezielle Sorten mit hoher Winterfestigkeit gezüchtet, beim Frühbau sind hingegen kaum Unterschiede zwischen den Sorten bezüglich der Frostempfindlichkeit festzustellen. Die durch die warmen Anzuchtbedingungen weichen Jungpflanzen müssen, soweit möglich, im Frühjahr durch allmähliches Abhärten an die kalten Feldbedingungen gewöhnt werden (Kap. 8.2.3).

3.2.5 Wasser

Die meisten Gemüsepflanzen enthalten 80–95 % Wasser. Ein Gemüsebestand entnimmt dem Boden an einem Sommertag bis zu 6, bei sehr sonnigem und trockenem Wetter auch bis zu 8 l Wasser/m². Mit diesem Wasser, das sie zu über 98 % wieder verdunsten (**Transpiration**), transportieren die Pflanzen Nährstoffe von der Wurzel in das Blatt. Durch die Transpiration schützen sie sich vor Überhitzung. Wasser wird außerdem zur Erhaltung des Turgors, als Transportmedium, Quell- und Baustoff sowie für biochemische Reaktionen benötigt. Bei der Photosynthese wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Aus diesem Wasserstoff bilden die Pflanzen zusammen mit dem CO₂ der Luft einfache Assimilate. Die CO₂-Aufnahme erfolgt durch die geöffneten Spaltöffnungen der Blätter. Dabei

wird zwangsläufig auch Wasser abgegeben, sodass der hohe Wasserbedarf von Pflanzen vor allem als Nebeneffekt der CO₂-Aufnahme gesehen werden muss.

Um die Wasserabgabe zu reduzieren, vermindern Pflanzen bei Wassermangel bereits frühzeitig den Neuzuwachs an Blattfläche und schließen ihre Spaltöffnungen. Allerdings wird so auch die Strahlungs- und CO₂-Aufnahme und damit die Photosynthese vermindert. Hohe Wachstumsleistungen sind damit nur bei voller Wasserverfügbarkeit möglich.

Wasser verdunstet auch direkt von der Bodenoberfläche (**Evaporation**). Ist die Bodenoberfläche feucht, liegt die Evaporation eines unbewachsenen Bodens durchaus bei 80 % der Transpiration eines Pflanzenbestandes, trocken der Boden oberflächlich ab, geht die Evaporation deutlich zurück. Bei bindigen Böden versucht man deshalb, durch eine oberflächliche Bodenlockerung den ansonsten lang anhaltenden kapillaren Wassernachschub zu unterbrechen. Mit zunehmender Bodenbedeckung durch die Pflanzen nimmt der Anteil der Evaporation an der **Evapotranspiration** (Summe aus Trans- und Evaporation) ab. Mit Bestandesschluss findet kaum noch eine Evaporation statt.

Die Meeresnähe und die vorwiegende Westströmung versorgen Mitteleuropa relativ reichlich mit Niederschlag, der die Höhe der Verdunstung zumeist deutlich übertrifft (humides Klima), sodass es zur Sickerwasserbildung kommt. Dadurch wird insbesondere im Winter das Grundwasser wieder aufgefüllt. Mit dem Sickerwasser werden auch Nährstoffe und Salze ausgewaschen, sodass es in unseren Regionen nicht zur Bodenversalzung kommt. Unter Gewächshausbedingungen vermeidet man bei Erdanbau (auch aus Umweltgesichtspunkten) durch eine „gesteuerte Wasserzufuhr“ die Sickerwasserbildung; unter diesen arideren Bedingungen besteht die Gefahr einer Versalzung (siehe Kap. 9.8.1).

Wichtig für die Wasserversorgung der Freilandkulturen sind weniger die Gesamtniederschläge eines Jahres, sondern die Niederschläge und deren Verteilung in der Vegetations- und Kulturperiode. Je nach Wasserhaltekapazität des Bodens können aber kürzere Trockenphasen überbrückt werden. Regentage erschweren die Arbeit, häufiger Starkregen und Hagel erhöhen das Anbaurisiko durch Verschmutzung, Blattschäden, Verschlammung und Bodenerosion.

Niederschlagsarme Gebiete sind aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und wegen ihrer hohen Sonneneinstrahlung für die meisten Gemüsearten besonders gut geeignet, wenn die Betriebe mit leistungsstarker und kostengünstiger Bewässerung ausgerüstet sind.

Die Gemüsearten haben unterschiedlichen, aber allgemein großen **Wasserbedarf**, der von Temperatur, Einstrahlung, Wind, Bodenart, Kulturtechnik und Entwicklungszustand abhängt.

Der Wasserbedarf der Kulturen ist vor allem von der Kulturzeit und damit Verdunstungszeit abhängig, sodass beispielsweise Kopfkohl, Sellerie, Möhren und der ausdauernde Rhabarber den höchsten Wasserbedarf zeigen. Ist der Boden bei Kulturen wie der Zwiebel lange unbedeckt, ist der Wasserbedarf aufgrund der niedrigeren Verdunstung des Bodens geringer (Tab. 30).

Grundsätzlich errechnet sich der **Bewässerungsbedarf** aus dem Wasserbedarf einer Kultur abzüglich der fallenden Niederschläge. Auch die von den Wurzeln erreichbaren Bodenvorräte können angerechnet werden, was allerdings dazu führt, dass der Boden zu Kulturende entsprechend entleert ist. Gemüsearten, die bei mäßigem Wassermangel nur leichte Qualitäts- und Ertragseinbußen zeigen, werden auf guten Böden und/oder in regensicheren Regionen durchaus auch ohne Bewässerungsmöglichkeit angebaut. Geht mit den Qualitätseinbußen aber auch

schnell die Marktfähigkeit verloren, ist eine Bewässerung nahezu unabdingbar. Hier ist dann auch die Verfügbarkeit von Bewässerungswasser ein wesentlicher Standortfaktor.

3.3 Ökonomische Standortfaktoren

Neben den ökologischen spielen die ökonomischen Standortfaktoren eine wichtige Rolle. Durch veränderte Transportbedingungen, Technisierung, Verkehrswegebau, Vermarktungseinrichtungen und Nachfragestruktur hat sich die Bedeutung mancher Standorte verändert. Insbesondere in den Ballungsgebieten fallen durch die Ausdehnung der städtischen Räume Anbauflächen weg, neue Anbaugebiete werden interessant.

Aus wirtschaftlicher und auch sozialer Sicht haben im Gemüsebau folgende Faktoren Bedeutung:

- Verfügbarkeit von Arbeitskräften,
- Verkehrslage zum Absatzmarkt,
- Agglomerationseffekte,
- Agrar- und Umweltpolitik.

Die Verfügbarkeit von Arbeitskräften ist im Gemüsebau – vor allem in großen Betrieben – von entscheidender Bedeutung. Zumeist müssen Arbeitskräfte aus größeren Entfernungen (vorwiegend Osteuropa) angeworben werden, da einheimische Arbeitskräfte zu den gebotenen Konditionen (schwere, häufig monotone körperliche Arbeit; Mindestlohniveau) nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen. Neben der Beschaffung von Saison- und Hilfskräften darf nicht übersehen werden, dass im Gemüsebaubetrieb auch ein verlässlicher und gut ausgebildeter Stamm an Arbeitskräften benötigt wird.

Die Verkehrslage zum Absatzmarkt spielt für den Gemüsebau eine entscheidende Rolle. Indirekt absetzende Betriebe vermarkten an genossenschaftliche Absatzorganisationen, städtische

Großmärkte, Großverbraucher, direkt an Handelsketten sowie an die Verwertungsindustrie. Die Entfernung und die Beziehung zu diesen Abnehmern ist nicht nur eine Transport- und somit Kostenfrage, sondern wirkt sich auf Frische, Qualität und die Angebotselastizität aus. Bei „Just-in-time-Belieferungen“ kann die Verkehrslage ein ausschlaggebender Standortfaktor sein. Für direkt an den Verbraucher absetzende Betriebe (Endverkaufsbetriebe) sind die Nähe zu einer größeren Stadt, eine günstige Verkehrsanbindung und die Bereitstellung von Parkplätzen für die Kunden wichtig.

Agglomerationseffekte können durch eine regionale Häufung von Betrieben der gleichen Branche, z. B. Gemüsebaubetriebe, oder von vor- und nachgelagerten Betrieben entstehen. Zu Letzteren gehören Spezialfirmen zur Belieferung und zum Kundendienst von Gewächshäusern, Spezialmaschinen, Materialien und auch Banken zur besseren Kreditbeschaffung. Erhebliche Vorteile werden beim Absatz durch leistungsfähige Absatzorganisationen gesehen. Vorteile von konzentrierten Gemüsebaugebieten gibt es auch durch besseren Erfahrungsaustausch, bei der Nachbarschaftshilfe, Nutzung gemeinschaftlicher Maschinen, Lager und Sortiereinrichtungen sowie bei der Aus- und Fortbildung und Beratung. Agglomerationseffekte erleichtern damit insbesondere kleinen und mittleren Betrieben die Arbeit, Großbetriebe sind in vielerlei Hinsicht unabhängiger.

Die Agrar- und Umweltpolitik kann mit ihren Gesetzen, Verordnungen und/oder kommunalen Bauleitplänen regionale Standortvor- oder -nachteile bewirken. Dies reicht von einer besseren Aus- und Fortbildung, Beratung, Zulassung, Genehmigung von Pflanzenschutzmitteln, Aussiedlung und Bebauung im Außenbereich, Förderung von Betrieben bis zu Verboten bzw. Einschränkungen bei der Ausbringung von Agrochemikalien in Schutzgebieten.

4 Wichtige rechtliche Grundlagen

GERALD LATTAUSCHKE

4.1 Gesetze und Verordnungen

In den meisten Bereichen des Gemüsebaus sind die gesetzlichen Regelungen für die Länder der EU vom **EU-Recht** vorgegeben. Diese Richtlinien werden, soweit erforderlich, in nationales Recht umgesetzt. Zur Ausführung des Bundesrechts kann es dann noch landesrechtliche (auf der Ebene der Bundesländer) Gesetze und Verordnungen geben (siehe Übersicht in Kap. 4.1.2). Die nationalen Gesetze müssen sich an die Vorgaben der EU-Vorschriften halten. In Deutschland bricht Bundesrecht Landesrecht.

Zur Unterstützung der Betriebe geben viele Bundesländer jährlich Unterlagen für die „**Gesamtbetriebliche Qualitätssicherung**“ (GQS) mit Checklisten zur betrieblichen Eigenkontrolle hinsichtlich der aktuellen Gesetzeslage sowie der Anforderungen von Qualitätssicherungssystemen heraus.

4.1.1 Anbaubezogene Regelungen

Im landwirtschaftlichen und gartenbaulichen **Fachrecht** sind Regelungen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand, zum Naturschutz, zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung, zur Düngung und zum Pflanzenschutz, zum Saat- und Pflanzgut- sowie Sortenrecht von besonderer Bedeutung.

In der Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 ist die Gewährung von Agrarzah-lungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik festgeschrieben, die an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Umwelt, Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit sowie Tiergesundheit und Tierschutz geknüpft sind (**Cross Compliance** – CC). Diese CC-Regelungen decken damit die wichtigsten

anbau- und produktbezogenen Rechtsvorschriften ab. Die EU setzt im internationalen Vergleich hohe Standards im Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutz. Die Agrarzah-lungen dienen unter anderem dem Ausgleich für die höheren Produktionskosten, die den Betrieben durch diese hohen Standards im Vergleich mit ihren Konkurrenten in anderen Ländern entstehen, sowie zur Einkommenssicherung und Risikoabsicherung der Betriebe.

Die Umsetzung dieser Verordnung in nationales Recht erfolgt in Deutschland durch das Gesetz zur Regelung der Einhaltung von Anforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzah-lungen (AgrarzahlVerpflG) sowie durch die Verordnung über die Einhaltung von Grundanforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzah-lungen (Agrarzahlungsverordnung – AgrarzahlVerpflV). Die Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand wird im Rahmen von Cross Compliance in der Agrarzah-lungen-Verpflichtungsverordnung geregelt. Diese Verordnung umfasst Regelungen zu den Standards „Einhaltung der Genehmigungsverfahren für die Verwendung von Wasser für die Bewässerung“, „Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung“, „Mindestanforderungen an die Bodenbedeckung“, „Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung zur Begrenzung der Erosion“, „Erhaltung des Anteils der organischen Substanz im Boden“ sowie „Keine Beseitigung von Landschaftselementen“.

Die sogenannten **Grundanforderungen an die Betriebsführung** betreffen

Richtlinien, die bereits seit Jahren existieren und für alle Betriebe, also auch für diejenigen, die keine Agrarzählungen erhalten, gelten. Hier sind in erster Linie Regelungen zur Düngung, zum Naturschutz sowie zum Pflanzenschutz zu nennen.

Hinsichtlich der **Düngung** gilt die Richtlinie (91/676/EWG) zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratrichtlinie). Die Nitratrichtlinie wird in Deutschland durch das Düngegesetz (DüngG), die Düngeverordnung (DüV) sowie die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) umgesetzt. Schwerpunkte der Düngeverordnung sind Vorgaben zur Düngung mit stickstoffhaltigen Düngemitteln sowie zur Phosphatdüngung, Auflagen zur mineralischen und organischen Düngung an Gewässern, zur Aufzeichnungspflicht sowie zum Ausbringen und Einarbeiten von organischen Düngemitteln. In Ergänzung zur Düngeverordnung, besonders im Hinblick auf die Bilanzierung, regelt die Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV), wie landwirtschaftliche Betriebe mit Nährstoffen umgehen müssen und wie betriebliche Stoffstrombilanzen zu erstellen sind. Die Bioabfallverordnung (BioAbfV) befasst sich mit der Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Im Düngegesetz (DüngG) werden u. a. Begriffsbestimmungen (Düngemittel, Wirtschaftsdünger, Festmist, Gülle, Jauche, Bodenhilfsstoffe, Pflanzenhilfsstoffe, Kultursubstrate, Herstellen, Inverkehrbringen) vorgenommen, die Anwendung, das Inverkehrbringen, die Kennzeichnung und Verpackung und Toleranzen bei den Inhaltsstoffgehalten von Düngemitteln vorgeschrieben sowie die Überwachung und die Bußgeldvorschriften geregelt. Die Düngemittelverordnung (DüMV) regelt die Zulassung und Kennzeichnung von Düngemitteln sowie von

Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln.

Während allgemeine Anforderungen zum **Naturschutz** durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) abgedeckt werden, sind Anforderungen des Vogelschutzes (Richtlinie 2009/147/EG) und der Flora-Fauna-Habitat-(FFH)-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG) CC-relevant. Die EU-Mitgliedstaaten sind demnach zur Erhaltung und Wiederherstellung von Lebensräumen für alle wildlebenden Vogelarten in und außerhalb von Schutzgebieten verpflichtet. Des Weiteren verpflichten sie sich, besonders bedeutsame Arten und Lebensräume durch geeignete Maßnahmen zu erhalten, ökologische Wechselbeziehungen wiederherzustellen und zu entwickeln.

Die EU-Vorschriften zum **Pflanzenschutz** stützen sich auf den Aktionsrahmen der Europäischen Gemeinschaft für den nachhaltigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Die Pflanzenschutzrichtlinie (1107/2009) über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln regelt die Prüfung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und ihren Wirkstoffen sowie weitere Fragen wie Parallelimporte, Kontrollen oder Aufzeichnungspflichten. Die Richtlinie 2009/128/EG über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden bestimmt die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Die Richtlinie 2009/127/EG betreffend Maschinen zur Ausbringung von Pestiziden schreibt vor, dass neue Pflanzenschutzgeräte bestimmte europäische Normen erfüllen müssen. Diese Richtlinien werden in Deutschland mit dem Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) von 2012 umgesetzt. In Ergänzung zum Pflanzenschutzgesetz gelten die Pflanzenschutzmittelverordnung (PflSchMGV), die Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung (PflSchAnwV) sowie die Pflanzenschutz-Sachkundeverordnung (PflSachkV).

Das Saatgutverkehrsgesetz (SaatG) regelt das Inverkehrbringen von **Saatgut** und **Vermehrungsmaterial** und reglementiert damit die Möglichkeiten der Landwirtschaft und des Gartenbaus. Es dient dem Schutz des Verbrauchers und der Versorgung der Landwirtschaft und des Gartenbaus mit hochwertigem Saat- und Pflanzgut resistenter, qualitativ hochwertiger und leistungsfähiger Sorten. Das Inverkehrbringen von **Anbaumaterial** von Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenarten regelt die Anbaumaterialverordnung (AGOZV). Im deutschen Sortenschutzgesetz (SortSchG) werden Voraussetzungen und Inhalt des **Sortenschutzes** geregelt. Mit dem Sortenschutz wird ein rechtlich gesicherter Eigentumsanspruch auf Pflanzenzüchtungen bezeichnet (siehe Kap. 7).

Die für den **ökologischen Gemüsebau** relevanten Gesetze und Verordnungen werden in Kapitel 5.3.2 besprochen.

4.1.2 Produktbezogene Regelungen

Der Erzeuger trägt die Verantwortung für die Erzeugung und das Inverkehrbringen sicherer Lebensmittel. Alle Erzeuger, die Lebensmittel erzeugen und in Verkehr bringen, unterliegen dem **Lebensmittelrecht**. Es regelt die Produktion von Lebensmitteln. Die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit (Basisverordnung) ist eine europäische Verordnung, die für alle Mitgliedstaaten der EU direkt verbindlich ist. Sie bedarf keiner nationalen Umsetzung. Diese Verordnung schafft die Grundlage für ein hohes Schutzniveau für die Gesundheit des Menschen und die Verbraucherinteressen bei Lebensmitteln. Sie gilt für alle Produktions- und Verarbeitungsstufen von Lebensmitteln. Um das hohe Schutzniveau zu gewährleisten, wurde von der EU ein sogenanntes Hygienepa-

ket verabschiedet. Dazu gehören die VO (EG) Nr. 852/2004 (Lebensmittelhygiene) und VO (EG) Nr. 854/2004 (Lebensmittelüberwachung). Diese Verordnungen fixieren die Registrierung als Lebensmittelerzeuger, die Rückverfolgbarkeit und den Warenverkehr, die Vorgehensweise bei Verdacht auf nicht sichere Lebensmittel (VO EG Nr. 396/2005 – Höchstgehalte Pestizidrückstände sowie Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch), die Personalhygiene, die Lagerung, Behandlung und Transport von Lebensmitteln, die Reinigung und Desinfektion im Lebensmittelbereich sowie Regelungen zu Aufzeichnungen und Mitteilungen zur Lebensmittelsicherheit. Die Lebensmittelhygieneverordnung (LHMV) verpflichtet jeden Betrieb, der Lebensmittel herstellt, verarbeitet oder in Verkehr bringt, im Prozessablauf die für die Lebensmittelsicherheit kritischen Arbeitsstufen zu ermitteln, konsequent zu überwachen und zu dokumentieren sowie angemessene Sicherheitsmaßnahmen festzulegen.

Das 2011 in Kraft getretene Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) verlangt, dass Produkte, die auf dem Markt bereitgestellt werden, die Anforderungen für die für sie vorgesehenen Aufgaben erfüllen. Sie dürfen die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährden. Das Gesetz gilt als zentrale Vermarktungs- und Sicherheitsvorschrift für Produkte.

Über die Vorschriften zur Einhaltung der allgemeinen Vermarktungsnormen gemäß Verordnung (EU) Nr. 543/2011 und 1308/2013 wurde im Kapitel 1.2.2 informiert.

Zur Eindämmung unlauterer Handelspraktiken in der Lebensmittelversorgungskette wurde 2019 von der EU die UTP-Richtlinie (Unfair Trading Practices) in Kraft gesetzt. Insgesamt werden zurzeit 16 unlautere Handelspraktiken verboten. Dazu gehören u. a. die Überschreitung von Zahlungsfristen für verderbliche Lebensmittel, die Stornie-

zung von Bestellungen in letzter Minute, einseitige oder rückwirkende Vertragsänderungen, die Ablehnung von schriftlichen Verträgen oder der Zwang des Lieferanten, für die im Handel entstehenden Lebensmittelabfälle zu zahlen.

Damit wird innerhalb der EU ein einheitlicher Mindestschutzstandard zur Bekämpfung von unlauteren Handelspraktiken in der Agrar- und Lebensmittellieferkette geschaffen.

Übersicht über wichtige Gesetze, Richtlinien und Verordnungen für den Gemüsebau (gelten in der jeweils aktuellen Fassung)

EU-Recht:

- Richtlinie 1980/68/EWG über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe
- Richtlinie 1986/278/EWG über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (Klärschlammrichtlinie)
- Richtlinie 91/676/EWG zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratrichtlinie)
- Richtlinie 1992/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie)
- Verordnung (EG) Nr. 2100/94 über den gemeinschaftlichen Sortenschutz
- Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie)
- Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit
- Verordnung (EG) Nr. 852/2004 über Lebensmittelhygiene
- Verordnung (EG) Nr. 1935/2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen
- Verordnung (EG) Nr. 396/2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs
- Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Grundwasserrichtlinie)
- Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln
- Verordnung (EU) Nr. 2018/848 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen
- Delegierte Verordnung (EU) 2021/2306 über die amtlichen Kontrollen von zur Einfuhr in die Union bestimmten Sendungen von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und Umstellungserzeugnissen sowie über die Kontrollbescheinigung
- Richtlinie 2009/127/EG zur Änderung der Richtlinie 2006/42/EG betreffend Maschinen zur Ausbringung von Pestiziden
- Richtlinie 2009/128/EG über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden
- Richtlinie 2009/147/EG über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (Vogelschutzrichtlinie)
- Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln
- Durchführungsverordnung (EU) Nr. 543/2011 mit Durchführungsbestimmungen für die Sektoren Obst und Gemüse und Verarbeitungserzeugnisse aus Obst und Gemüse
- Verordnung (EU) Nr. 10/2011 über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen
- Verordnung (EU) Nr. 1258/2011 bezüglich der Höchstgehalte für Nitrate in Lebensmitteln
- Verordnung (EU) Nr. 1151/2012 über Qualitätsregelungen für Agrarerzeugnisse und Lebensmittel
- Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER)