

Friedhelm Kemmeter



ulmer



REICHE ERNTE DURCH PROFESSIONELLE BESTÄUBUNG

Praxisbuch für Imker, Landwirte und Gärtner

Mit Honigbienen, Hummeln und Wildbienen
Erträge optimieren

Inhalt

Vorwort 7

Reiche Ernte durch gezielte Bestäubung
– Ein Blick zurück 8

Veränderungen in Landwirtschaft und Natur 11

Maßnahmen und Konsequenzen für Imker 14

Maßnahmen und Konsequenzen für
den Landwirt 14

Umsetzung naturschutzrechtlicher Vorgaben 15

Bestäubungsdienstleistungen benötigen
fachkundiges Personal 17

WICHTIGES GRUNDLAGENWISSEN 19

Bestäubungsinsekten in der Landwirtschaft 20

In landwirtschaftlichen Kulturen
eingesetzte Bestäubungsinsekten 20

Lebenszyklen der relevanten
Bestäubungsinsekten 24

Wie kann der Landwirt zum
Bestäubungserfolg beitragen? 36

GRUNDLAGEN FÜR EINE ERFOLGREICHE BESTÄUBUNG 43

Bestäuberbiologie, Boden und Nährstoffe, Pflanzenanatomie 44

Räumliche Orientierung – Wo bin ich,
wie finde ich mein Ziel 44

Die Welt der Düfte – Riechen aufs
Molekül genau 46

Die Welt der Farben – Farbwahrnehmung
auch im ultravioletten Bereich 47

Verhalten während der
Bestäubungsphase 49

Anatomische Strukturen
und ihre Funktion 55

Boden und Pflanzenernährung 58

Funktionelle Pflanzenanatomie 75

Blütenökologie 90

Formen der Vermehrung 90

Formen der Bestäubung 90

Befruchtung 93

Genetische Vielfalt als Ziel 94

Zoophilie und die Zwitterigkeit
der Blüten 98



BESTÄUBUNGSDIENSTLEISTUNG IN DER PRAXIS 101

Der Imker als Dienstleister 102

- Kontaktaufnahme: Das erste Gespräch 102
- Benötigte Anzahl der Bestäubungsinsekten je Hektar 105
- Der Stellplan 110
- Der geeignete Stellplatz 111
- Vorbereitung der Bestäubungsinsekten 113
- Vorbereitung der Kultur bzw. Kulturfläche 114

Praktische Umsetzung 116

- Aufstellen und Versorgen der Insekten 116
- Wasserversorgung und Hitzeschutz 116
- Futterkontrolle 117
- Erholungsflächen 117
- Verhalten der Insekten in der Kultur 117
- Kontrolle des Bestäubungs- bzw. Befruchtungserfolges 118

Was tun bei unerwarteten Ereignissen 119

- ... bei plötzlich eintretender Frostperiode 119
- ... wenn Bienen und Hummeln im Gewächshaus oder Folientunnel nicht fliegen 120
- ... wenn Bienen und Hummeln im Freiland nicht fliegen 121
- ... bei Verdacht auf Faulbrut während der Bestäubungsphase 122
- ... bei einer Erkrankung oder einem Unfall 122
- ... wenn Absprachen nicht eingehalten werden 122
- ... bei Diebstahl oder Vandalismus 123
- ... bei undichten Zuchteinheiten in der Saatgutzüchtung 123

Imkern anhand des phänologischen Kalenders 124

- Koordination von Bestäubungsaufträgen anhand phänologischer Beobachtungen 129

Zucht der Wildbienen *Osmia cornuta* und *Osmia bicornis* 133

- Geeignetes Zuchtmaterial 134
- Zuchtablauf 137
- Rechtliche Situation 139

PFLANZENSTECKBRIEFE 141

Apfel 142

Süßkirsche 146

Sauerkirsche 150

Erdbeere 152

Himbeere 156

Johannisbeeren 160

Kulturheidelbeere 164

Pfirsich 168

Pflaume 172

Raps 176

Speisekürbis / Zucchini 180

SERVICE 185

Quellenverzeichnis 186

Über den Autor 187

Dank 187

Register 188

Bestäubungsinsekten in der Landwirtschaft

Es wird gemeinhin angenommen, dass die Bestäubung von Blütenpflanzen in Abhängigkeit der Art durch Insekten, Vögel oder Wind erfolgt. Dies mag für Mitteleuropa zutreffen, für andere Kontinente zeigt sich, dass nahezu alle Tierarten an der Bestäubung von Blütenpflanzen beteiligt sind.

In Mitteleuropa gelten Insekten als die Hauptbestäuber. In den letzten Jahren beobachtet man jedoch eine deutliche Abnahme der Insekten in der Landschaft, so dass allgemein von einem Insektensterben gesprochen wird. Über die zugrundeliegenden Ursachen wird diskutiert, vermutlich sind sie multikausal und lassen sich nicht auf einen Aspekt reduzieren. Eine natürliche Bestäubung von weitläufigen Flächenkulturen, die auf Insektenbestäubung angewiesen sind, erscheint kaum mehr möglich. Für die landwirtschaftliche Produktion, insbesondere im Obstbau, ist ein hoher Befruchtungserfolg aber ein wichtiger Aspekt für die Wirtschaftlichkeit.

Neben der Ertragssicherheit soll die Ernte zudem hohe Qualitätsmerkmale erfüllen wie z. B. ansprechende Fruchtform, geeignetes Zucker-Säure-Verhältnis und gute Lagerfähigkeit. Durch einen möglichst einheitlichen Reifezeitpunkt können die Erntekosten reduziert werden, eventuell notwendige Behandlungsmaßnahmen der Kulturen sind früher möglich. Um diesen Zielen gerecht zu werden, ist ein Einsatz von Bestäubern zum richtigen Zeitpunkt in den Anbaukulturen notwendig.

Die passenden Bestäubungsinsekten für die unterschiedlichen Kulturen zu finden, deren Entwicklungszyklus zu berücksichtigen, rechtzeitig notwendige Maßnahmen einzuleiten, um die Tiere zu fördern bzw. sie vor Schäden zu schützen – mit diesen und anderen Fragen ist der Landwirt nun neben seiner Kulturführung konfrontiert.

IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN KULTUREN EINGESetzte BESTÄUBUNGsinsekTEN

Lediglich sieben Insektenarten werden bei Bestäubungsdienstleistungen in Mitteleuropa eingesetzt. Der Hauptgrund für diese geringe Zahl liegt in der Komplexität einer gut funktionierenden Zucht von Bestäubern und der Möglichkeit, große Mengen an Zuchteinheiten den inzwischen ganzjährigen Kulturbedingungen individuell anpassen zu können.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in Mitteleuropa vorwiegend verwendeten Bestäubungsinsekten.



Insekt	Trivialname	wissenschaftlicher Name	Nahrung	Pollenübertragung	Einsatzgebiet
Schmeißfliegen (Calliphoridae)	Goldfliege (Pinkey)	<i>Lucilia sericata</i>	Kot und/oder sich zersetzende organische Substrate im Larvenstadium, Pollen und Nektar als adulte Fliege	Pollenübertragung durch Pollen im Kopfhair	Saatgutzüchtung in Gewächshaus, Folientunneln und Kleinstzelten
	Blaue Schmeißfliege (Asticom)	<i>Calliphora vomitoria</i> , <i>Calliphora vicina</i>	Aas, Kot und/oder sich zersetzende organische Substrate im Larvenstadium, Pollen und Nektar als adulte Fliege	Pollenübertragung durch Pollen im Kopfhair	Saatgutzüchtung in Gewächshaus, Folientunneln und Kleinstzelten
Hummeln	Erdhummel	<i>Bombus terrestris</i>	Nektar und Pollen	Pollen-Beinsammler Pollenübertragung durch Pollen im Haarkleid	Saatgutzüchtung (Kleinstzelte bis Folientunnel), Freiland, Gewächshaus insbesondere zur Tomatenbestäubung
Hummeldrohnen	Erdhummel	<i>Bombus terrestris</i>	Nektar und Pollen	Pollenübertragung durch Pollen im Haarkleid	Saatgutzüchtung in Kleinstzelte (1×1 m; 3×3 m)
Bienen	Honigbiene	<i>Apis mellifera</i>	Nektar und Pollen	Pollen-Beinsammler Pollenübertragung durch Pollen im Haarkleid	Saatgut- und Erwerbsanbau, Freiland, Gewächshaus und Folientunnel nach vorheriger Volksvorbereitung
	Gehörnte Mauerbiene	<i>Osmia cornuta</i>	Nektar (adult) Pollen für die Brutentwicklung	Pollen-Bauchsammler Sehr effektive Pollenübertragung durch Pollenvorrat an der Bauchseite	Saatgut- und Erwerbsanbau, vorwiegend Freiland, auch Einsatz in Gewächshaus und Folientunnel
	Rostrote Mauerbiene	<i>Osmia bicornis</i>	Nektar (adult) Pollen für die Brutentwicklung	Pollen-Bauchsammler Sehr effektive Pollenübertragung durch Pollenvorrat an der Bauchseite	Saatgut- und Erwerbsanbau, vorwiegend Freiland, auch Einsatz in Gewächshaus und Folientunnel
	Luzerne-Blattschneiderbiene	<i>Megachile rotundata</i>	Nektar (adult) Pollen für die Brutentwicklung	Pollen-Bauchsammler Sehr effektive Pollenübertragung durch Pollenvorrat an der Bauchseite	Freiland für Klee- saaten-Vermehrung, Luzernesaaten-Vermehrung

In Mitteleuropa verwendete Bestäubungsinsekten.

Die Wahl des Landwirts, den geeigneten Bestäuber für seine Kulturpflanze auszuwählen, richtet sich nach

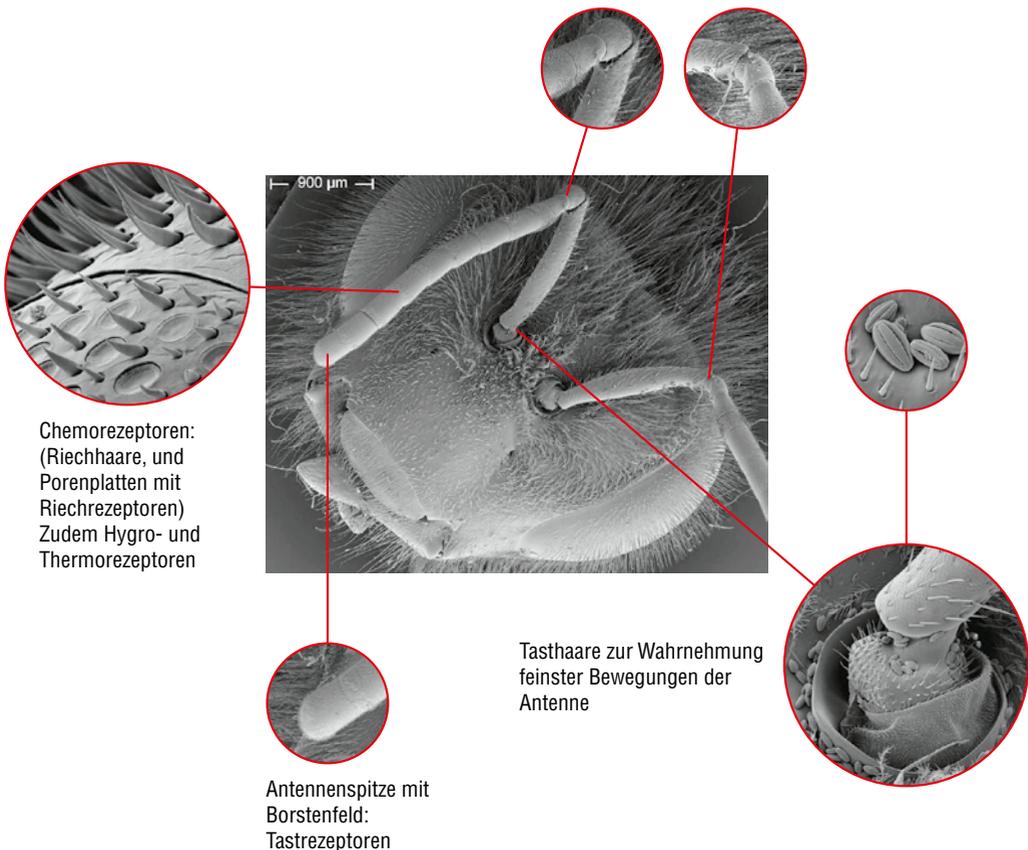
- dem Bestäubungsverhalten,
- den biologischen Bedürfnissen der Bestäuber,
- den Zielen, die zusätzlich neben der Befruchtung und damit einhergehend der Ertragssicherung erreicht werden sollen.

Besonders beachtenswert sind die Antennen. Auf ihnen befinden sich mehrere Tausend Sinnesrezeptoren zum Riechen, Schmecken, Tasten sowie ein besonderes Organ, das Johnstonsche Organ. Darauf befindliche Rezeptoren dienen u. a. der Wahrnehmung von Schallwellen (Hören), der Strömungsgeschwindigkeit und gemäß neuesten Erkenntnissen der Wahrnehmung von elektrostatischen Feldern.

ANTENNEN Die Antennen der Bienen und Hummeln sind vollgepackt mit Tausenden von Sinnesrezeptoren. Der anatomische Aufbau unterstützt dabei die Wahrnehmung unterschiedlicher Sinneseindrücke.

Sie sind in drei Abschnitte untergliedert. Das Grundglied (Scapus) ist in einem Kugelgelenk an der Kopfkapsel verankert. An dieser Basis sitzt ein markantes Sinnesfeld mit kurzen Härchen

Pedicellus mit Borstenplatten: Rezeptoren zur Wahrnehmung der Antennenauslenkung durch Muskelbewegung oder Luftwiderstand (Fluggeschwindigkeit), des Schall (Chordotonalorgan bzw. Johnstonsches Organ) sowie elektronischer Felder



Anatomischer Aufbau der Antenne, rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.

(Mechanorezeptoren), die kleinste Auslenkungen der Antenne wahrnehmen. Zusammen mit anderen Mechanorezeptoren, die Druck- und Tastreize verarbeiten, liefern sie Informationen zur Stellung von Körperteilen zueinander, der Ausrichtung des Körpers zur Schwerkraft sowie zu Einwirkungen von Wind- und Flugbewegungen.

Dem Scapus folgt ein knieartiges Gelenk (Pedicellus), auf dem sich ebenfalls eine große Ansammlung von Sinneshaaren befindet, die den Schalldruck wahrnehmen und als Gehör der Insekten zu verstehen ist, das Johnstonsche Organ. Zudem ist dieser Antennenabschnitt mit einer hohen Anzahl von Mechanorezeptoren, den Borstenplatten, ausgestattet, die die Auslenkung des Luftwiderstandes während des Flugs verarbeiten.

Dem Pedicellus folgt das in 10 (bei Hummeln 13) Antennengliedern unterteilte Flabellum. Auf seinen äußeren 8 Antennengliedern befinden sich dichtgepackt mehrere Tausend verschiedene Riech-Rezeptoren (Chemorezeptoren), die es den Hummeln und Bienen ermöglichen, ihre Umgebung als Dufttraum zu erschließen.

NACKENORGAN Sowohl bei Bienen wie auch bei Hummeln wird ein Großteil der überlebenswichtigen Arbeiten im Nest durchgeführt. Daher sind Körperstellung und Orientierung relativ zur Schwerkraft von immenser Bedeutung. Auch die Umsetzung des Schwänzeltanzes mit der Lotrechten als Koordinate zum Sonnen-Trachtquellen-Winkel wäre ohne entsprechende Sinnesorgane nicht möglich. Am Kopfansatz im Nackenbereich befindet sich eine dichte Ansammlung von Sinneshaaren, die auf Druckreize reagieren. Dieser Druck wird durch den Kopf ausgeübt, der wie ein Pendel zum Erdmittelpunkt gezogen wird. Der dabei entstehende Druckreiz auf die Sinneshaare ermöglicht es dem Gehirn, die Lage des Körpers relativ zum Erdmittelpunkt zu bestimmen.

VERDAUUNG Das Aufschließen der Nahrung findet im stark aufgefalteten Mitteldarm und im Dünndarm statt. Bei der Honigbiene wird der Übergang von der Honigblase zum Mitteldarm durch 4 dreieckige bewimperte Lappen und den nachfolgenden Ventilschlauch, den Proventriculus, gesteuert. Er verhindert, dass Verdauungsenzyme in die Honigblase gelangen.

Je nach Alter und Geschlecht finden sich im Darm der Honigbienen verschiedene Bakterien, Pilze und Flagellaten, die – wie bei anderen Lebewesen und auch dem Menschen – wichtige Helfer für das Aufschließen der Nahrung sind. Nach neuen Untersuchungen gibt es Hinweise, dass einige Pflanzenschutzmittel (z. B. Glyphosat) schädigend auf die Darmflora wirken können, wenngleich sie keinen direkten Einfluss auf den Bienenorganismus nehmen. Als Folge wird das Immunsystem der Insekten enorm geschwächt.

FETTKÖRPER Ein besonderes Augenmerk sollte auf den Fettkörper gerichtet werden. Er nimmt einen Großteil der Leibeshöhle ein und übernimmt ähnliche Funktionen wie die Leber bei Säugetieren. In ihm werden Fette, Eiweiße und Kohlenhydratbestandteile verarbeitet, gespeichert und reaktiviert. Der Fettkörper der Winterbienen ist deutlich ausgeprägter als der von Sommerbienen. Dies ist wichtig, da nach der Winterruhe die langlebigen Winterbienen trotz ihres Alters alle erforderlichen Stoffe für die Aufzucht der neu angelegten Brut zur Verfügung stellen müssen. Auch die Mauerbienen, die überwintern, beziehen ihre Energie im Frühjahr weitgehend aus dem Fettkörper.



Einige typische Eigenschaften eines Bodens wie Wasserhaltevermögen, Mineralienverfügbarkeit und Durchwurzelbarkeit sowie die landwirtschaftliche Bearbeitbarkeit stehen im Zusammenhang mit der Korn- und Partikelgröße. Zur Einteilung der Partikelgröße wurde eine Skala des Äquivalenzdurchmessers von 2 mm bis unter 0,0002 mm (2000 µm – <0,2 µm) festgelegt. Von Feinboden spricht man bei einer Körnung unter 2 mm.

Die Feinbodenpartikel werden den jeweiligen Fraktionen zugewiesen und je nach Partikelgröße in drei Unterfraktionen, **fein**, **mittel** und **grob**, unterteilt. Die Lehmfraktion als häufigste Fraktion wird keiner Partikelgröße zugeordnet.

Neben der Unterteilung nach Partikelgröße erfolgt eine weitere Spezifizierung, bei der die Stärke der Beimischung der einzelnen Nebenfraktionen in **2** (schwach), **3** (mittel) und **4** (stark) unterschieden wird. Beispielsweise wird mit der Bezeichnung „Ls4“ ein stark sandiger Lehm und mit „Slu“ ein schluffig-lehmiger Sand bezeichnet.



Bodenprofil (Schwarzerde, Mannheim Nord).

Bodenarten	Bezeichnung der Kornfraktionen	Äquivalenzgröße		
		in mm	in µm	
Grobboden (Bodenskelett)	Kiese (gerundet) / Steine (eckig-kantig)	Blöcke / Geschiebe	> 200	
		Gerölle / Grobsteine	200–63	
		Grobkies / Mittelsteine	63–20	
		Mittelkies / Feinsteine	20–6,3	
		Feinkies / Grus	6,3–2	
Feinboden	Sand	Grobsand	2–0,063	2000–630
		Mittelsand	2–0,063	630–200
		Feinsand	2–0,063	200–63
	Schluff	Grobschluff	0,063–0,002	63–20
		Mittelschluff	0,063–0,002	20–6,3
		Feinschluff	0,063–0,002	6,3–2,0
Ton	Grohton	< 0,002	2,0–0,63	
	Mitteltton	< 0,002	0,63–0,2	
	Feinton	< 0,002	< 0,2	

Einteilung der Kornfraktionen anhand des Äquivalenzdurchmessers

BRAUNERDE Sie zeichnet sich durch einen gering humosen A-Horizont aus, gleitend in einen mächtigen braunfarbenen B-Horizont, mit Tonanreicherung in den Unterboden übergehend. Der ackerbauliche Wert dieses Bodens schwankt sehr je nach Porenverteilung und damit verbunden der Durchlüftung des Bodens, der Wasserleitfähigkeit und des Wasserrückhalte- sowie Nährstoffbindevermögens. Im Allgemeinen sind Braunerden nicht besonders fruchtbar.

STÖRUNGEN DES BODENGEFÜGES

Eine für das Pflanzenwachstum günstige Bodenstruktur ist gekennzeichnet durch einen guten Anschluss an Kapillarwasser und Nährstoffe. Sie zeichnet sich aus durch rasche Erwärmung und damit gute Keim- und Auflaufvoraussetzungen sowie eine unverdichtete Oberfläche mit hoher Speicherkapazität für Nährstoffe. Eine hohe Porendichte und somit gute Belüftung des Bodens sorgt für eine optimale Luftversorgung der Wurzeln und Lebensraum von Bodenlebewesen.

Den Boden für die jeweilige Kultur in solch ein optimales Gefüge zu versetzen, ist vorrangiges Ziel im Ackerbau.

Die Bodenstruktur befindet sich in einem ständigen Veränderungsprozess. Setzungen, Einschlammungen oder Schrumpfungen etwa durch Trockenheit bewirken ein Verdichten. Frostsprengungen, Quellungsprozesse und biologische Einflussfaktoren wie beispielsweise Regenwürmer erzielen eine Auflockerung der Bodenteilchen.

In ähnlicher Weise wirken sich anthropogene Einflüsse aus, nämlich beim Betreten, Befahren, Walzen oder Pflügen, Eggen, Fräsen oder Grubbern des Geländes. Insbesondere das Verdichten der Bodenstruktur beeinflusst das Wachstum der Kultur, denn die Wasserinfiltration wird gehemmt. Dies ist gut zu beobachten bei Getreidefeldern, wo sogar in den Fahrspuren aus vergangenen Jahren ein vermindertes Wachstum deutlich zu erkennen ist.



Verladestelle der Maisernte, Getreidekultur im Folgejahr. Bedingt durch die verdichtete Bodenstruktur Wachstumshemmung im Folgejahr.

Eine Verschlämmung der Bodenstruktur wie z. B. bei Löss- oder Tonböden kann aufgrund des daraus folgenden behinderten Gasaustauschs zu Ernährungsstörungen (Phosphatmangel) der Pflanzen führen. Zudem kann es durch den verminderten Abfluss des Oberflächenwassers zu Bodenerosion und somit zum Abschwemmen von Humus und Pflanzennährstoffen kommen. In niederschlagsarmen Zeiten bilden solche Flächen eine feste Kruste, die u. a. undurchdringlich für auflaufendes Saatgut ist.

Im Allgemeinen haben Störungen des Bodengefüges einen erheblichen Einfluss auf den Ertrag der jeweiligen Kultur. Daher ist es sinnvoll, die Ursachen zu erkennen und wenn möglich darauf zu reagieren. Auf landwirtschaftlichen Flächen wird das Bodengefüge durch Erhebung eines Bodenprofils oder durch Bodenkernbohrungen ermittelt.

Eine sehr aufschlussreiche und einfach durchzuführende Feldmethode ist die **Spatenprobe**. Sie kann von Landwirten, Gärtnern und Hobbygärtnern gleichermaßen angewandt werden.

Hierbei wird mit einem Handspaten ein Block des oberen Bodenprofils von 20–40 cm Tiefe herausgestochen und auf Farbe, Boden-Aggregatzustand, Körnung, Feuchtigkeitsgehalt, Wurzelbildung und Geruch hin untersucht. Störungen des Bodengefüges sind so bereits erkennbar. Bei einer feuchten Erde können mithilfe der Fingerprobe (Gleiten und Verreiben der Erde durch Finger und Handfläche) weitere Eigenschaften ermittelt werden: Plastizität, Rollfähigkeit, Schmierfähigkeit, Rauheit und Glanz. Mit etwas Übung kann daraus auf den Bodentyp geschlossen werden.

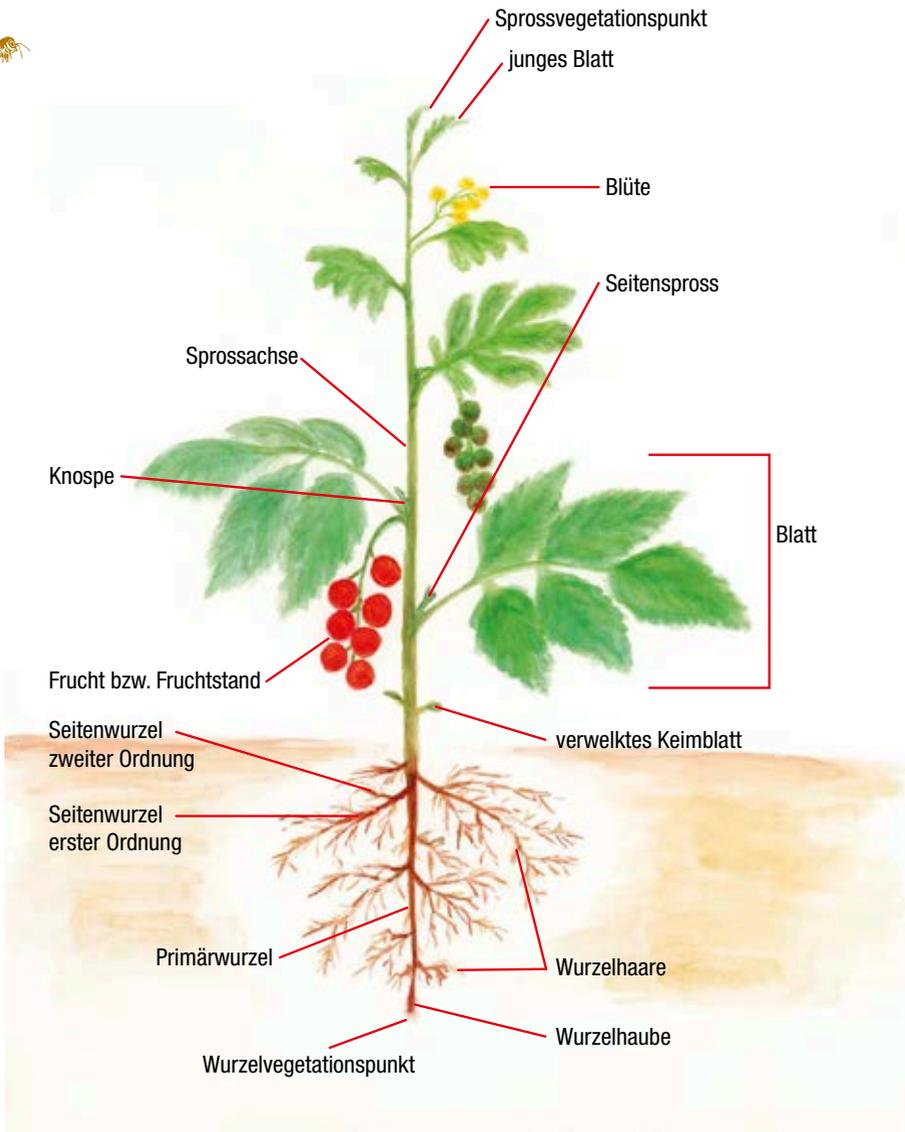


Professioneller kann diese Untersuchung anhand der „Göribinger Spatendiagnose“ (1930) mithilfe des „Göribinger Flachspatens“ durchgeführt werden.

Die Messung der Bodendichte kann mit einer Bodensonde beziehungsweise durch die Messung des Abscherwiderstandes mit einer Flügelbodensonde erfolgen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick der ermittelbaren Bodenparameter.

Kriterien	Beobachtungen und Bewertungen	
	positive Eigenschaften	negative Eigenschaften
Bodenoberfläche	locker, krümelig, mit Makroporen und Wurmkothaufen	verschlämmt, verhärtet, fehlende Grobporen und Wurmakktivität, Boden zum Teil erodiert
Bodengeruch	erdig bei guter Durchlüftung	faulig abstoßend durch schlechte Durchlüftung
Bodenfarbe	gelb, braun, rot bei guter Durchlüftung, grau bis schwarz durch Humus	blaugrau durch nicht abgebaute organische Substrate (z. B. Gülle) bzw. verdichtete Böden bei Luftmangel Rost- und Grauflecken bei Staunässe
Bodenfeuchte: Bestimmung mithilfe der Fingerprobe	plastisch formbar bei guter Bodenfeuchte	schmierig bei hoher bis zu hoher Feuchte nicht formbar, rasches Zerfallen bei hoher Bodentrockenheit
Bodengefüge (Struktur der festen Bodenbestandteile, im Wesentlichen durch die Bodenart beeinflusst)	Krümelgefüge: rund, porös mit gleichmäßig verteilten Hohlräumen, mit Humushülle, Bodenteilchen mit runden Kanten, durch Wurzelwachstum und Regenwurmätigkeit vorhandene Biopore; typisch für sandige Schluff- und Lehm Böden Bröckelstruktur: abgerundete, raue Kanten	



Die Pflanze und ihre Organe.

AUFNAHME VON WASSER UND GELÖSTEN NÄHRSTOFFEN Eine Pflanze kann grundsätzlich über ihre gesamte Oberfläche Nährstoffe aufnehmen. So können mittels gezielter „Blattdüngung“ etwa 15 % der benötigten Nährsalze rasch in das Pflanzengewebe gelangen. Der Großteil der Nährsalze wird – in Form von Ionen im Wasser gelöst – durch einen kleinen Bereich der Wurzel, die Wurzelhaare, aufgenommen. Dieser unverholzte Wurzeltyp ist sehr fein und wächst als dichter Flaum direkt oberhalb des Wurzelvegetationspunktes. Infolge des Wurzel-

wachstums sterben diese Wurzelhaare ab, werden aber ständig an der nachwachsenden Wurzelspitze neu gebildet.

Durch die Ausbildung der Wurzelhaare wird die Aufnahme­fläche bzw. die Aufnahmekapazität für Wasser und die darin gelösten Nährsalze enorm gesteigert. So kann die Gesamtoberfläche einer einzelnen Roggenpflanze circa 400 m² betragen.

Die Aufnahme von Nährsalz­ionen kann in unterschiedlicher Art und Weise erfolgen. Ist der Wasser­gehalt im Boden höher als in der Wurzel, strömt Wasser mit den darin gelösten Nährsalzen in die Wurzel ein und gelangt entlang der Zell­wände beziehungsweise durch die Zellen zu den Leitsystemen für den Ferntransport.

Von den im Boden verfügbaren Ionen sind lediglich rund 2 % für die Pflanze verfügbar. Hiervon sind maximal 10 % aufgelöst in der Bodenlösung vorhanden, der überwiegende Anteil haftet an Boden­kolloiden. Die Wurzel kann die verfügbare Ionenmenge durch **Austausch-Adsorption** beträchtlich steigern. Durch die Abgabe von Protonen (H⁺) werden positiv geladene Ionen (Kationen) und durch Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) negativ geladene Ionen (Anionen) ausgetauscht und aufgenommen. Zudem kann die Wurzel organische Säuren abgeben und schwer lösliche Mineralien wurzelverfügbar machen.

SPEICHERUNG VON RESERVSTOFFEN Wurzeln können in großen Mengen Reservestoffe wie Stärke in stark verdickten Bereichen speichern. Solche Speicherwurzeln fungieren als Reservespeicher zum Überwintern der Pflanze. Zum einen kann dieser aus Seitenwurzeln bestehen, den Wurzelknollen. Bei Zierpflanzen wie Dahlien oder einigen Orchideen ist dies deutlich erkennbar; typische Nahrungspflanzen sind Süßkartoffeln/Batate (*Ipomoea batatas*), Yams (*Dioscorea* sp.) oder Maniok (*Manihot esculenta*). Zum anderen kann der Reservespeicher auch aus der Verdickung der Hauptwurzel gebildet werden wie bei Zuckerrübe oder Karotte.



Roggenpflanzen, Verhältnis Wurzel zu oberirdischen Pflanzenteilen.

Wasseraufnahme und Nährstofftransport innerhalb der Pflanze

Wurzel, Sprossachse und Blätter sind durch ein Leitungssystem, die Leitbündel, miteinander verbunden. Dieses Leitbündel-System durchzieht die gesamte Pflanze und besteht aus zwei Gewebekomplexen, dem Xylem und Phloem.

Das **Xylem** besteht im funktionsfähigen Zustand aus toten Zellen und dient dem Ferntransport von Wasser und den darin gelösten Mineralsalzen.

Das **Phloem** hingegen besteht aus lebenden Zellen und dient der Verteilung von Assimilaten aus den Blättern innerhalb der Pflanze. Siebzellen beziehungsweise Siebröhren und Geleitzellen sind Zelltypen des Phloems und bilden eine funktionelle Einheit. Die Geleitzellen haben die Aufgabe, Assimilate in die Siebröhren zu transportieren und sie von dort wieder zu entnehmen. Die Siebröhren dienen ebenfalls dem Ferntransport.

Der Assimilatferntransport ist noch nicht hinreichend geklärt. Angenommen wird, dass der Assimilatstrom entlang dem osmotischen Gefälle von höherer Massenkonzentration hin zur niedrigen Konzentration erfolgt.

Der Ferntransport von Wasser und darin gelöster Substanzen im Xylem ist ein rein physikalischer Prozess und anders als beim Assimilatstrom im Phloem gut untersucht. Der „Motor“ für diesen Ferntransport wird durch Saugspannung, Transpirationsstrom und Anhaftkraft (Adhäsion) betrieben: Der durch die Transpiration bedingte Wasserverlust erzeugt einen Sog (Saugspannung), der Wasser und Nährsalze nach oben zieht (Transpirationsstrom). Unterstützt wird dieser Vorgang durch die Adhäsion des Wassers an den Zellwänden sowie die Bindekräfte der Wassermoleküle untereinander, die Kohäsion. Da die Saugspannung zum Teil sehr hoch ist, sind die Leitbahnen des Xylems durch netz-, spiral- oder ringförmige Leisten verstärkt.

An Tagen mit sehr hoher Luftfeuchtigkeit in der Umgebung beziehungsweise während der Nacht ist die Transpiration deutlich reduziert oder wird ganz eingestellt. Einige Pflanzen verfügen über spezielle Zellen, die Hydratoden, die aktiv Wasser nach außen abgeben und somit den Xylemstrom aufrechterhalten. Bezeichnet wird dieser Vorgang als Guttation. In den Morgenstunden sind die dann ausgeschiedenen Guttationstropfen deutlich zu erkennen. Bei Einsatz von systemischen Pflanzenschutzmitteln wird diese Flüssigkeitsausscheidung zum Problem für Wasser aufnehmende Tiere, vornehmlich Insekten, da sich in diesen Tropfen eine hohe und möglicherweise schädigende Konzentration der Mittel befindet.

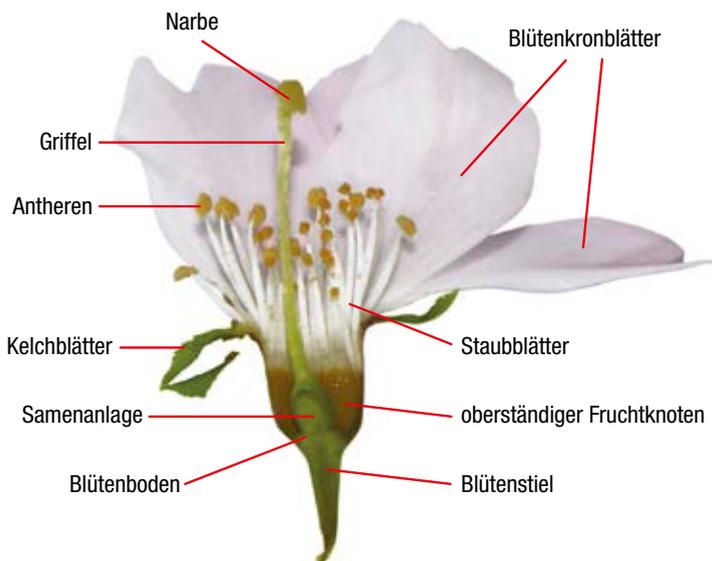


BLÜTE

Die Blüte ist kein Grundorgan. Definiert wird sie als Spross begrenzten Wachstums, dessen Blattorgane direkt oder indirekt der generativen Vermehrung dienen – direkt durch die **Ausbildung von Fortpflanzungsorganen** wie Staub- und Fruchtblätter, indirekt durch den **Schutz der Fortpflanzungsorgane** sowie durch Ausbildung einer oft farbigen Blütenhülle zum **Anlocken möglicher Bestäuber**.

Es gibt zwei unterschiedliche Blütentypen: Bedecktsamer (Angiospermen), bei denen die Samenanlagen durch Fruchtblätter geschützt sind, und Nacktsamer (Gymnospermen), deren Samenanlagen offen daliegen.

Die Blüten bei Bedecktsamern bestehen im Allgemeinen aus Blütenachse beziehungsweise Blütenboden als direkte Fortsetzung des Blütenstieles und Versorgungs- und Ansatzstelle für die Blütenorgane, den Kelch- und Blütenkronblättern sowie den Staub- und Fruchtblättern.



Blüte im Längsschnitt.

Die **Fruchtblätter** verwachsen zu einem Fruchtknoten, der in seinem Inneren gut geschützt die Samenanlagen (Ovulum) mit den Samenzellen beherbergt. Zudem bilden die Fruchtblätter den Griffel und die Blütennarbe aus.

Über einen kleinen Stiel (Funiculus) ist die Samenanlage über die gut versorgte „Placenta“ mit dem Fruchtblatt verbunden. Die Samenanlagen werden direkt über Leitbündel mit Nährstoffen versorgt, die durch den Funiculus bis zum unteren Bereich der Samenanlage, der

den sind als F1-Generation bekannt, genetisch uniform und weisen in jeder Pflanze die gewünschten Eigenschaften auf. Eine weitere Vermehrung der F1-Generation würde aufgrund der Rückkreuzung zum Verlust der Eigenschaften führen. Ein Landwirt ist daher letztlich auf den Einkauf von F1-Saatgut angewiesen, sofern er sich die Zeit von mitunter 15 Jahren sparen möchte, die er für eine klassische Zucht benötigen würde.

Gezielte Fremdbestäubung in Saatgutzucht und Saatgutvermehrung sowohl im Freiland als auch im geschützten Anbau sind klassische Arbeitsgebiete eines Bestäubungsimkers. Je nach Kultur und Zeltgrößen, die von 1×1 m, 3×3 m, Gazegroßzelten bis hin zu Gewächshausgröße variieren, kommen dementsprechend verschiedene Bestäubungsinsekten zum Einsatz. Sofern ein auffälliges, sonst nicht übliches Verhalten der Insekten beobachtet wird, ist dies für den Züchter von enormer Bedeutung, denn die Attraktivität der gezüchteten Pflanze muss für die bestäubenden Insekten auf jeden Fall gegeben sein.



Saatgutzucht von verschiedenen Kohlarten im geschützten Anbau, Saatgutvermehrung von Raps im Freiland. Weibliche und männliche Linien werden im Wechsel angepflanzt.

ZOOPHILIE UND DIE ZWITTRIGKEIT DER BLÜTEN

Windbestäubte Pflanzen müssen riesige Pollenmengen zur Verfügung stellen, da ein Großteil des produzierten Pollens aufgrund von Windverdriftung nicht das Ziel erreicht. Dies bedeutet einen enormen Energieaufwand. Auch Tiere, vornehmlich Insekten, sind nicht von großem Nutzen, da die Blütenbesucher beständig die Pollen tragenden männlichen Blüten aufsuchen, um sich mit Nahrung zu versorgen, jedoch die für sie unattraktiven weiblichen Blüten unbe-



achtet lassen. Um den Vorteil der durch Tiere stattfindenden Bestäubung zu erhalten, müssen Pflanzen ihre männlichen und weiblichen Blütenorgane in räumliche Nähe rücken.

In der mittleren Kreidezeit vor etwa 120 Millionen Jahren traten zwittrige, also vereint weibliche und männliche Blütenstände in einer Blüte, auf. Mit wenig Aufwand war ab jetzt eine Selbst- oder auch Fremdbestäubung durch die Nachbarblüten möglich, auch wenn Wind weiterhin als Pollenüberträger genutzt wird.

Eine deutlich höhere Effizienz jedoch wird erreicht, wenn Pollen oder andere von der Blüte angebotene Nahrung von Bestäubern aufgenommen und verteilt wird. Das Nahrungsangebot kann einfach oder vielfältig sein, in beiden Fällen erhält die Pflanze durch einen Blütenbesuch ein Pollenpaket einer anderen Pflanze. Im Laufe der Co-Evolution kam es zu gegenseitigen Anpassungen der Blüten und bestäubenden Tiere:

- Ausbilden einer Blütenhülle,
- Entwicklung von farblich prägnanten Blütenblättern,
- Vertiefen der Samenanlage als Schutz vor rabiaten Bestäubern,
- sukzessive Reduzierung der energiereichen Pollenproduktion,
- Vertiefen der Nektarien,
- Ausbilden von zygomorphen Blüten.

Bei all den Veränderungen der Pflanzen haben sich auch die Bestäubertiere angepasst:

- Verfeinerung der Sinnesorgane zur Wahrnehmung von Farbe,
- Ausbilden von effektiven Sammeleinrichtungen (Pollenkörbchen bei Honigbienen),
- Verlängerung der Rüssel.

Eine enorme Veränderung bot sich durch das neue Futterangebot in Form von Nektar, den die Pflanze über Drüsenzellen direkt aus dem Phloemsaft entnehmen kann und dem Bestäuber anbietet. Für die Pflanze ist dies energetisch deutlich effizienter.

Das Modell der Zwitterigkeit ist so erfolgreich, dass ein Großteil der heute vorkommenden Pflanzenarten zwittrige Blüten aufweist. Zwitterigkeit und ein Höchstmaß an Fremdbestäubung und somit genetischer Variabilität schließen sich nicht aus, denn die Pflanzen haben vielfältige Strategien entwickelt, um Selbstbestäubung zu vermeiden.

Die Blütengestalt von landwirtschaftlichen Kulturen bedarf keiner näheren Untersuchung, um eine erfolgreiche Bestäubung zu ermöglichen. Viele Obstarten sind Rosengewächse (Rosaceen), die meisten Feld- oder Gartenfrüchte zählen zu den Kreuzblütlern (Brassicaceen) oder den Kürbisgewächsen (Cucurbitaceen). Gemeinsam haben diese verschiedenen Arten, dass sie für Insekten einen guten Zugang zu Pollen und Nektar ermöglichen. Zudem sind für Landwirt und Imker Informationen zur jeweiligen Kultur vorhanden.

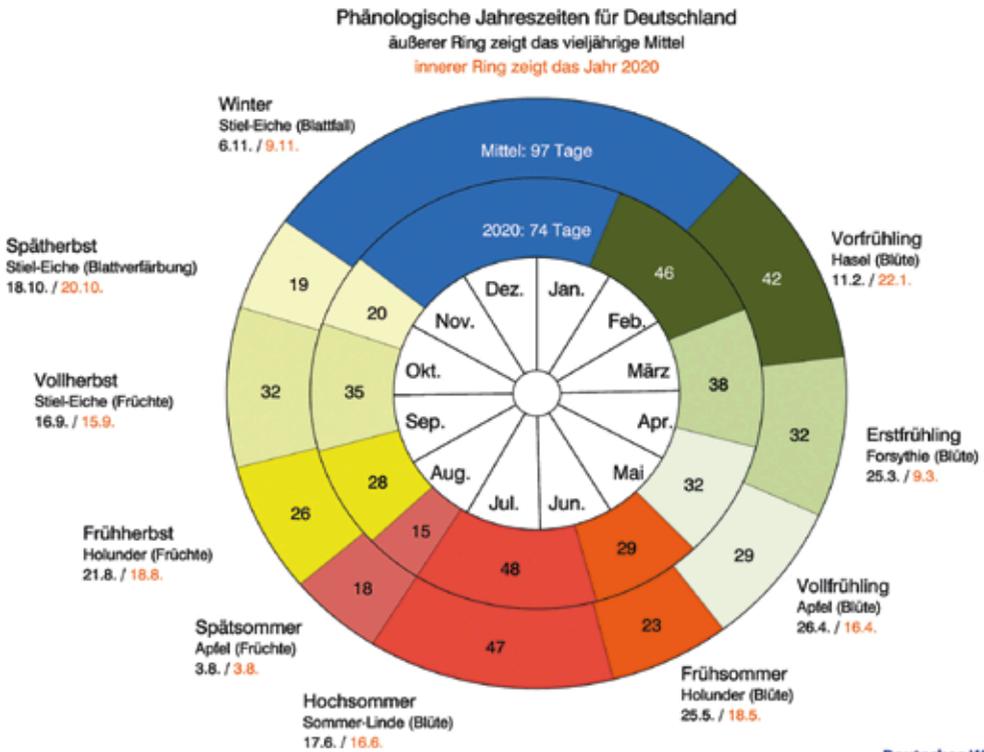
Bestäubungsimker, die ihre Dienstleistung im Zierpflanzenbau oder in der Saatgutzüchtung anbieten, sind gegebenenfalls mit Pflanzenfamilien konfrontiert, deren Bestäubungsmechanismen sich auf den ersten Blick nicht direkt erschließen. Beim Studium der Blütenmorphologie und der entsprechenden Bestäubungsmechanismen kann sich u. a. zeigen, dass die üblicherweise eingesetzten Insekten für den Auftrag ungeeignet sind, da sie nicht den gewünschten Erfolg erzielen würden. Typisches bereits erwähntes Beispiel ist Luzerne, deren mögliche Bestäuber die Alfalfabiene (*Megachile rotundata*) oder die Alkalibiene (*Nomia melanderi*) sind.

Als Lektüre zum weiteren Studium ist das Buch „Die Blüte“ von Prof. Dieter Heß zu empfehlen (14).



Imkern anhand des phänologischen Kalenders

Ein Bestäubungsdienstleister hat sowohl die Entwicklung und das Wohl seiner Bienen im Blick, richtet zudem aber auch seine Aufmerksamkeit auf die erwachende Natur und deren Abläufe. Er steht in der Verantwortung, seine Bestäubungsinsekten zum passenden Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen. Dazu muss er terminlich gut orientiert sein, um beispielsweise zu entscheiden, wann Wildbienenkokons aus der Kühlung genommen werden müssen, Hummeln vor Ort sein sollen, Bienenvölker zu höherer Brutaktivität angeregt werden können. Jedes Jahr stellt ihn vor neue und immer wieder andere Herausforderungen.

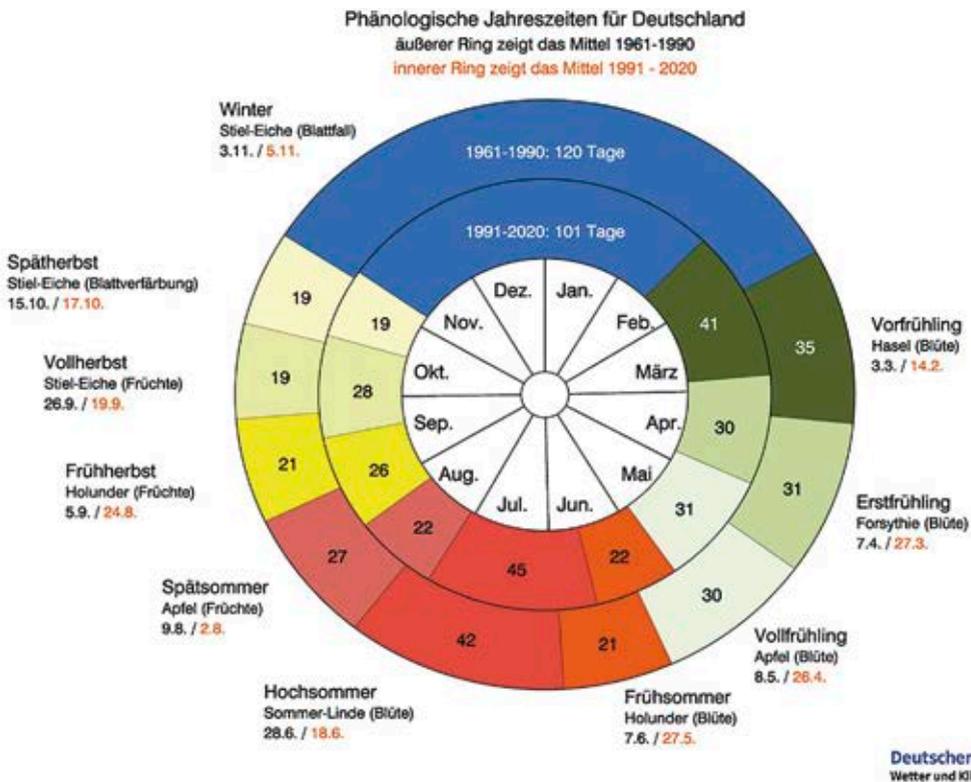


Mit Hilfe des **phänologischen Kalenders**, der Beobachtung der 10 Jahreszeiten und dem daraus sich ergebenden Handeln ist eine Optimierung des bestäubungsimkerlichen Jahresablaufs möglich.

Generell gilt, dass sämtliche Naturvorgänge unmittelbar im Zusammenhang stehen mit den herrschenden Witterungsgegebenheiten. Die klimatischen Bedingungen geben den Rhythmus vor, Flora und Fauna reagieren darauf und folgen ihm. Diese jährlich sich wiederholenden sichtbaren Veränderungen der Wachstums- und Entwicklungserscheinungen der Pflanzen (Blattaustrieb, Blühbeginn, Blattverfärbungen) ermöglichen es anhand von bestimmten Zeigerpflanzen, den Vegetationsverlauf relativ genau zeitlich zu fixieren und die Handlungen danach auszurichten. Diese Vorgehensweise wurde bereits vor 2000 Jahren genutzt, um den besten Zeitpunkt für Aussaaten festzulegen.

In heutiger Zeit wird die „Lehre der Erscheinungsformen“ oder Phänologie als Teilgebiet der Meteorologie verstanden. Phänologische Daten werden zu landwirtschaftlichen Prognosemodellen, zur Information über bevorstehenden Pollenflug sowie zur Erforschung des Klimawandels genutzt.

Der julianische und gregorianische Kalender als Solarkalender nehmen den Lauf der Erde um die Sonne als Basis für die Jahreseinteilung, das Jahr wird in 12 Monate gegliedert. Die



Phänologische Kalenderuhren von 2020 sowie phänologische Verschiebungen der letzten 30 Jahre.





**PFLANZEN-
STECKBRIEFE**

Erdbeere

Erdbeeren zählen zu den beliebtesten Früchten. Als erste Frucht des Jahres wird die Erdbeere im Allgemeinen mit dem Frühlingsbeginn assoziiert. Neue Zuchtlinien und entsprechende Kulturführung ermöglichen jedoch inzwischen eine fast ganzjährige Verfügbarkeit.

FAMILIE

Rosengewächse (Rosaceae)

HEIMAT

Die Gattung *Fragaria* umfasst rund 20 Arten. Ihre Hauptverbreitungsgebiete sind warme Regionen der nördlichen Halbkugel.

GESCHICHTE

Erdbeeren hat man bereits in der Steinzeit verzehrt; im Mittelalter wurde die europäische Wald-Erdbeere (*Fragaria vesca*) großflächig vermehrt. Da die Wald-Erdbeere schnell verdirbt, muss sie innerhalb eines Tages verzehrt beziehungsweise verarbeitet werden. Durch Kreuzung der südamerikanischen großfruchtigen Chile-Erdbeere (*Fragaria chiloensis*) mit der nordamerikanischen aromareichen Scharlach-Erdbeere (*Fragaria virginiana*) gelang es um 1750, die Garten-Erdbeere (*Fragaria* × *ananassa*), eine sowohl großfruchtige wie auch länger haltbare Fruchtsorte, zu züchten. Aus dieser Urform wurden die heutigen Erdbeersorten gezüchtet.





BESCHREIBUNG

Mehrjährige Staude mit rosettig angeordneten langstieligen, 3-fiedrigen, manchmal 5-fiedrigen Blättern. Blätter und Sprosse mit Drüsenhaaren. Neben der generativen Vermehrung bilden Erdbeeren ausgehend von den Blattachselknospen Ausläufer, die auswurzeln und neue Pflanzen bilden (vegetative Vermehrung).

Der Blütenstand ist eine Trugdolde. Jede radiärsymmetrische Einzelblüte besitzt 5 grüne Kelchblätter, zwischen denen 5 kleinere Nebenkelchblätter stehen. Die weißen Kronblätter sind rundlich. Die zahlreichen, einzeln stehenden, kleinen, gelbgrün gefärbten Fruchtblätter mit seitenständigem Griffel befinden sich auf einem stark aufgewölbten Blütenboden. Die 20 Staubblätter mit gelben Antheren sind kreisförmig angeordnet. Nektarien befinden sich in einer Rinne zwischen dem Staubblattkreis. Die Blüten sind zwittrig und selbstfertil, jedoch ist für eine gleichförmige Fruchtausbildung sowie für die Fruchtqualität eine Insekten-

bestäubung erforderlich. Nach erfolgter Befruchtung entwickelt sich aus jeder Samenanlage ein Nüsschen, das dem sich weiter aufwölbenden Blütenboden außen aufsitzt. Die Erdbeere ist aus botanischer Sicht eine Sammelnussfrucht.

BLÜTEZEIT

Die übliche Blütezeit ist April bis Juni. Nach erfolgreicher Befruchtung der Samenanlagen können nach 4–5 Wochen ausgereifte Früchte geerntet werden. Durch Züchtung gibt es auch remontierende Sorten, die über mehrere Wochen Früchte hervorbringen.

STANDORT UND VERBREITUNG

Erdbeeren bevorzugen einen sonnigen, warmen und geschützten Standort. Optimal ist ein humoser, leicht feuchter, nährstoffreicher und durchlässiger Boden. Die Pflanzen vertragen keine Staunässe. Ideales Wachstum bietet ein Boden mit einem leicht sauren bis neutralem pH-Wert von 6,0–7,0.

