

1	Eine Blattzelle ist in mehrere metabolische Kompartimente unterteilt.	1
1.1	Die Zellwand verleiht der Pflanzenzelle mechanische Stabilität	4
1.2	Vakuolen haben vielfältige Funktionen	8
1.3	Plastiden differenzieren sich in verschiedene Typen	9
1.4	Mitochondrien sind durch Endosymbiose entstanden	13
1.5	In den Peroxisomen laufen die Fettsäure-Oxidation, Photorespiration und Biosynthese von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) ab	13
1.6	Endoplasmatisches Retikulum und Golgi-Apparat bilden ein Netzwerk zur Verteilung von Proteinen	15
1.7	Unterschiedliche Transportmechanismen vermitteln den Stoffaustausch zwischen Kompartimenten	17
2	Die Energie des Sonnenlichts und die Photosynthese sind die Grundlage für das Leben auf der Erde	27
2.1	Der Ursprung der Photosynthese	27
2.2	Der Energiegehalt des Lichts hängt von seiner Wellenlänge ab	28
2.3	Chlorophyll ist der zentrale Photosynthesefarbstoff	29
2.4	Das optimale Einfangen von Licht gelingt mit Antennen-Proteinkomplexen	34
3	Die Photosynthese ist ein Elektronentransportprozess	41
3.1	Photosyntheseapparate sind aus Modulen aufgebaut	41
3.2	Bei der Photosynthese entstehen Reduktions- und Oxidationsmittel	43
3.3	Die 3D-Struktur des photosynthetischen Reaktionszentrums wurde durch Röntgenstrukturanalyse aufgeklärt	44
3.4	Wasser wird durch das Photosystem II gespalten	52
3.5	Herbizide hemmen die Photosysteme und werden deshalb in der Landwirtschaft eingesetzt	55
3.6	Der Cytochrom- <i>b₆f</i> -Komplex vermittelt den Elektronentransport zwischen Photosystem II und Photosystem I	56
3.7	Das Photosystem I produziert reduziertes Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid-Phosphat (NADPH ⁺)	61
3.8	Die Verteilung eingefangener Photonen auf beide Photosysteme wird reguliert	66
4	Bei der Photosynthese wird ATP erzeugt	71
4.1	Ein Protonengradient vermittelt die ATP-Biosynthese	72
4.2	Entkoppler bewirken die Dissipation des elektrochemischen Protonengradienten in Wärme	73
4.3	H ⁺ -ATP-Synthasen in Bakterien, Chloroplasten und Mitochondrien besitzen eine einheitliche Grundstruktur	75
4.4	Die Biosynthese des ATP wird durch eine Konformationsänderung des Proteins bewirkt	78

5	Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zellen	81
5.1	Kohlenhydrate werden in Kohlendioxid und gebundenen Wasserstoff zerlegt.	81
5.2	Zellatmung findet in den Mitochondrien statt	81
5.3	Die biologische Oxidation findet im Matrixraum statt	82
5.4	Die mitochondriale Atmungskette besitzt Gemeinsamkeiten mit der Elektronentransportkette der Photosynthese	88
5.5	Pflanzliche Mitochondrien erfüllen spezielle Stoffwechselfunktionen	94
5.6	Die Kompartimentierung des mitochondrialen Stoffwechsels erfordert spezifische Membran-Translokatoren.	96
6	Der Calvin-Benson-Bassham-Zyklus katalysiert die photosynthetische CO₂-Assimilation.	99
6.1	Carboxylierung, Reduktion und Regeneration sind die drei Prozesse in der CO ₂ -Assimilation	99
6.2	Die Ribulosebiphosphat-Carboxylase/Oxygenase (RubisCO) katalysiert zwei Reaktionen.	100
6.3	Die Reduktion von 3-Phosphoglycerat führt zu Triosephosphat	105
6.4	Der CO ₂ -Akzeptor Ribulosebiphosphat wird aus Triosephosphat regeneriert	106
6.5	Der reduktive und oxidative Pentosephosphatweg kommen beide in Chloroplasten vor.	112
6.6	Reduzierte Thioredoxine übertragen das Signal für den Zustand „Belichtung“ und aktivieren oder deaktivieren Enzyme	114
7	Der Photorespirationsweg recycelt Phosphoglykolat	119
7.1	Ribulose-1,5-bisphosphat wird durch das Recycling von 2-Phosphoglykolat zurückgewonnen	119
7.2	Für die Reduktion des Hydroxypyruvats müssen Peroxisomen mit Reduktionsäquivalenten versorgt werden	124
7.3	Die Refixierung des im Photorespirationsweg freigesetzten Ammonium-Ions erfolgt mit hoher Effizienz	126
7.4	Die peroxisomale Matrix entsorgt toxische Metabolite.	128
8	Photosynthese ist mit Wasserverbrauch verbunden	129
8.1	Bei der Aufnahme von CO ₂ in das Blatt geht Wasser aus dem Blatt in Form von Wasserdampf verloren.	129
8.2	Stomata regulieren den Gasaustausch in einem Blatt	130
8.3	Diffusion von CO ₂ in eine Pflanzenzelle	132
8.4	C ₄ -Pflanzen benötigen bei der CO ₂ -Assimilation weniger Wasser als C ₃ -Pflanzen.	134
8.5	Der Crassulaceen-Säurestoffwechsel ermöglicht vielen Pflanzen, auch bei sehr großem Wassermangel zu überleben	142
9	Polysaccharide sind Speicher- und Transportform der durch Photosynthese gebildeten Kohlenhydrate.	147
9.1	Die Saccharose wird im Cytosol synthetisiert.	148
9.2	Fruktose-1,6-bisphosphatase ist das Eingangsventil für die Saccharose-Biosynthese.	149
9.3	Große Kohlenhydratmengen werden in Form von Stärke für den nächtlichen Metabolismus und das Wachstum gespeichert.	153
9.4	Der Abbau von Stärke erfolgt auf zwei verschiedenen Wegen	158
9.5	Manche Pflanzen exportieren Assimilate der Blätter als Zuckeralkohole oder als Oligosaccharide der Raffinosefamilie.	164

9.6	Fruktane werden als Speichersubstanz in der Vakuole gelagert	166
9.7	Cellulose wird durch Enzyme der Plasmamembran synthetisiert	168
10	Die Assimilation von Nitrat wird zur Biosynthese von organischem Material benötigt	171
10.1	Die Reduktion von Nitrat zu NH_3 erfolgt in zwei Teilreaktionen	171
10.2	Die Nitratassimilation unterliegt vielfältigen Regulationen	177
10.3	Endprodukt der Nitratassimilation ist die Gesamtheit aller Aminosäuren	179
10.4	Glutamat ist Ausgangsmetabolit für die Biosynthese von Chlorophyllen und Cytochromen	188
10.5	Degradation von Chlorophyll	191
11	Durch N_2-Fixierung kann der Luftstickstoff für das Pflanzenwachstum genutzt werden	193
11.1	Leguminosen bilden eine Symbiose mit Knöllchenbakterien	193
11.2	Die Dinitrogenase-Reduktase liefert Elektronen für die Dinitrogenasereaktion	197
11.3	Pflanzen verbessern ihre Nährstoff-Versorgung durch die Symbiose mit Pilzen	200
12	Produkte der Nitratassimilation und Stickstoff-Fixierung werden in Pflanzen als Proteine gespeichert	203
12.1	Globuline sind die am weitesten verbreiteten Speicherproteine	204
12.2	Die Protein-Biosynthese der Speicherproteine erfolgt am rauen endoplasmatischen Retikulum	205
13	Die Assimilation von Sulfat ermöglicht die Biosynthese schwefelhaltiger Verbindungen	209
13.1	Sulfatassimilation	209
13.2	Glutathion dient der Zelle als Antioxidans und zur Entgiftung von Schadstoffen	213
13.3	Methionin wird aus Cystein synthetisiert	215
13.4	Sulfat spielt eine wichtige Rolle bei Trockenstress	217
14	Durch den Phloemtransport erreichen die Photoassimilate ihre Verbrauchs- und Speicherorte	219
14.1	Die symplastische und apoplastische Phloembeladung	220
14.2	Der Phloemtransport erfolgt durch einen Massenstrom	221
14.3	Durch Phloementladung werden Sink-Gewebe versorgt	222
14.4	Durch die Glykolyse werden Kohlenhydrate metabolisiert	223
15	Lipide sind Membranbausteine und Kohlenstoffspeicher	227
15.1	Polare Lipide sind wichtige Membranbausteine	227
15.2	Triacylglycerine sind Reservesubstanzen	232
15.3	Glycerin-3-phosphat ist Ausgangsmetabolit für die Biosynthese von Glycerolipiden	238
15.4	Während der Samenkeimung erfolgt die Mobilisierung des Kohlenstoffs aus den Speicherlipiden in den Glyoxysomen	243
15.5	Spezialisierte Fettsäuren und deren Derivate erfüllen besondere Aufgaben	247
16	Spezialmetabolite erfüllen in Pflanzen spezielle biologische und ökologische Funktionen	253
16.1	Pflanzen schützen sich gegen phytopathogene Mikroorganismen und Herbivoren	253
16.2	Degradation von cyanogenen Glykosiden setzt toxische Blausäure frei	258
16.3	Glukosinolatdegradation führt zur Freisetzung von toxischen Senfölen	259

16.4	Alkaloide umfassen eine Vielfalt heterozyklischer Spezialmetabolite	262
16.5	Transport, Speicherung und Umsatz von Spezialmetaboliten	264
17	Die große Vielfalt der Isoprenoide	265
17.1	Höhere Pflanzen haben zwei verschiedene Biosynthesewege für Isoprenoide	266
17.2	Monoterpene werden aus Geranylpyrophosphat gebildet	270
17.3	Sesquiterpene werden aus Farnesylpyrophosphat gebildet	272
17.4	Geranylgeranylpyrophosphat ist die Vorstufe für Diterpene und Polyterpene	274
17.5	Regulation der Isoprenoid-Biosynthese	277
18	Viele pflanzliche Spezialmetabolite und Zellwandbestandteile sind Phenylpropanoide	279
18.1	Die Phenylalanin-Ammoniak-Lyase und Monooxygenasen sind wichtige Enzyme des Phenylpropanstoffwechsels	280
18.2	Phenylpropane polymerisieren zu Makromolekülen	283
18.3	Die Biosynthese der Flavonoide und Stilbene nutzt Acetat für den zweiten aromatischen Ring	286
19	Vielfältige Signale koordinieren Wachstum und Entwicklung verschiedener Pflanzenorgane und ermöglichen die Anpassung an unterschiedliche Umweltbedingungen	293
19.1	Signalketten und Netzwerke beginnen mit Rezeptoren	293
19.2	Phytohormone sind strukturell diverse Substanzen	300
19.3	Lichtsensoren steuern Wachstum und Entwicklung von Pflanzen	311
20	Eine Pflanzenzelle besitzt drei verschiedene Genome	317
20.1	Im Kern sind die Gene auf mehrere Chromosomen verteilt	317
20.2	Transposons vagabundieren durch das Genom	328
20.3	Plastiden besitzen ein zirkuläres Genom	331
20.4	Das Mitochondrien-Genom von Pflanzen variiert sehr stark in seiner Größe	334
21	Biosynthese, Prozessierung und Abbau von Proteinen in Pflanzen	339
21.1	Die Protein-Biosynthese erfolgt durch Ribosomen	340
21.2	Proteine erreichen durch Modifikationen und kontrollierte Faltung ihre biologischen Eigenschaften	345
21.3	Kernkodierte Proteine werden auf verschiedene Zellkompartimente verteilt	349
21.4	Proteine werden durch Proteasomen abgebaut	355
22	Durch Gentechnik können Pflanzen den Bedürfnissen von Landwirtschaft, Ernährung und Industrie angepasst werden	357
22.1	Ein Gen wird isoliert und in einer Genbank archiviert	357
22.2	Der DNA-Polymorphismus liefert genetische Marker für die Pflanzenzüchtung	364
22.3	Agrobakterien können Pflanzenzellen transformieren	368
22.4	CRISPR/Cas ist eine spezifische Methode des Genome Editings	375
22.5	Für die pflanzliche Gentechnik bestehen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten	379
	Stichwortverzeichnis	383