

Warum ist Gras grün?

Bachelorarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)

Prüfling: Max Musterjung

Matrikelnummer: 1234567

Studiengang: Angewandte Naturwissenschaften

Hochschule: Universität Musterstadt

Erstprüfer: Prof. Dr. Max Mustermann

Zweitprüferin: Prof. Dr. Gisela Musterfrau

4. Oktober 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
	Motivation und Kontext	3
	Physikalisch-biochemischer Rahmen	3
	Zielsetzung der Arbeit	3
	Leitfragen	4
	Aufbau der Arbeit	4
2	Theoretischer Hintergrund	5
	Licht, Spektrum und Farbwahrnehmung	5
	Der photosynthetische Apparat in Chloroplasten	5
	Organisation der Chloroplasten	5
	Photosysteme und Elektronentransport	5
	Energieumwandlung und Effizienz	6
	Pigmentklassen und Absorptionsspektren	6
	Chlorophyll a und b	6
	Akzessorische Pigmente und Photoprotektion	6
	Historischer Abriss der Erkenntnisse	6
	Blattoptik, Streuung und die „grüne Lücke“	7
	Mehrfachstreuung in Blattgeweben	7
	Reflexion, Transmission und Wärmemanagement	8
	Rolle von grünem Licht im Blätterdach	8
	Tiefe Eindringung und Schattentoleranz	8
	Spektrale Filterung in Beständen	8
	Variation der Grünfärbung	8
	Arten, Ontogenese und Umweltfaktoren	8
	Saisonale Dynamik	8
	Evolutionäre und ökologische Perspektiven	9
	Messmethoden und Ableitungen	9
	Spektroskopie und Fluoreszenz	9
	Fernerkundung und Vegetationsindizes	9
	Zwischenfazit	9

3 Diskussion	11
Kulturelle und kontextuelle Wahrnehmung	11
Biologische Grundlage der Grünfärbung	11
Evolutionäre Perspektiven und Schutzmechanismen	12
Visuelle Sensitivität und Wahrnehmungsökologie	12
Synthese	12
4 Fazit	13

1 Einleitung

Motivation und Kontext

Gras ist ein allgegenwärtiger Bestandteil unserer natürlichen Umgebung. Es bedeckt große Flächen in Gärten, Parks, Wiesen und landwirtschaftlich genutzten Flächen und erfüllt dabei vielfältige ökologische und ästhetische Funktionen. Trotz dieser Allgegenwärtigkeit stellen sich viele Menschen kaum die Frage, warum Gras eigentlich seine charakteristische grüne Farbe hat, eine Eigenschaft, die wir oft als selbstverständlich wahrnehmen.

Physikalisch-biochemischer Rahmen

Die Farbe einer Pflanze ist keineswegs ein bloßes Zufallsprodukt, sondern Ergebnis komplexer physikalischer und biochemischer Prozesse. Insbesondere das Zusammenspiel zwischen Licht, Pflanzenzellen und spezifischen Farbstoffen wie Chlorophyll führt zu dem visuellen Eindruck, den wir als „grün“ wahrnehmen. Die Ursache liegt unter anderem in der Art und Weise, wie elektromagnetische Wellen von bestimmten Molekülen absorbiert, reflektiert oder durchgelassen werden.

Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die grundlegenden Mechanismen zu beleuchten, die dazu führen, dass Gras grün erscheint. Dazu werden sowohl die physikalischen Eigenschaften des Lichts als auch die biochemischen Prozesse in der Pflanze untersucht. Im Zentrum steht die Rolle des Farbstoffs Chlorophyll, der für die Absorption bestimmter Wellenlängen des Lichts verantwortlich ist und damit die entscheidende Basis für die Photosynthese bildet. Darüber hinaus wird auf die evolutionäre Bedeutung der Farbgebung eingegangen, um zu zeigen, dass selbst eine scheinbar einfache Eigenschaft wie „Grünsein“ eine Vielzahl biologischer Funktionen erfüllen kann.

Leitfragen

- Welche optischen und physiologischen Mechanismen führen zur grünen Erscheinung von Gras?
- Welche Rolle spielen Chlorophyll und akzessorische Pigmente im Absorptionsspektrum?
- Wie lässt sich die Farbwirkung im Kontext von Ökologie und Evolution einordnen?

Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in mehrere Abschnitte. Zunächst wird ein theoretischer Hintergrund zu Licht, Farbwahrnehmung und pflanzlicher Pigmentierung geschaffen. Anschließend folgt eine detaillierte Betrachtung der Photosynthese und ihrer physikalischen Rahmenbedingungen. Im Anschluss werden mögliche Deutungen und Erweiterungen diskutiert, bevor die Ergebnisse im abschließenden Kapitel zusammengefasst werden.

2 Theoretischer Hintergrund

Die grüne Farbe des Grases ist auf den Farbstoff *Chlorophyll* zurückzuführen, der in der Photosynthese zentrale Aufgaben übernimmt. Photosynthese bezeichnet die Umwandlung von Lichtenergie in chemisch gebundene Energie und erklärt zugleich, weshalb Gras für das menschliche Auge grün erscheint. Im Folgenden werden die physikalischen, biochemischen und optischen Grundlagen, der photosynthetische Apparat, Pigmentklassen sowie ökologische und methodische Aspekte systematisch dargestellt.

Licht, Spektrum und Farbwahrnehmung

Licht im sichtbaren Bereich umfasst grob Wellenlängen von etwa 400 bis 700 nm. *Chlorophyll* absorbiert bevorzugt im blauen Bereich um 430 bis 470 nm sowie im roten Bereich um 640 bis 680 nm, während der mittlere Bereich um 500 bis 570 nm vergleichsweise schwach absorbiert wird. Das relativ ungenutzte grüne Licht wird reflektiert oder transmittiert, wodurch Gras grün erscheint (Meyer 2018). Die physiologische Farbwahrnehmung ergibt sich aus der spektralen Empfindlichkeit der Zapfenrezeptoren im menschlichen Auge, deren Empfindlichkeitsmaximum im grünen Bereich liegt (Renoult und Mendelson 2017).

Der photosynthetische Apparat in Chloroplasten

Organisation der Chloroplasten

Chloroplasten sind von einer Doppelmembran umgeben. Im Inneren liegen membranöse Thylakoidstapel, in deren Membranen die photosynthetischen Pigment-Protein-Komplexe eingebettet sind. Dort erfolgt die *Primärreaktion* der Photosynthese, also die Absorption von Photonen und die Einleitung des Elektronentransports (Meyer 2018).

Photosysteme und Elektronentransport

Das *Photosystem II* spaltet Wasser zu Sauerstoff, Protonen und Elektronen. Die Elektronen werden über eine Transportkette dem *Photosystem I* zugeführt, das schließlich die

Reduktion von NADP^+ zu NADPH ermöglicht. Parallel treibt der durch Protonengradienten aufgebaute chemiosmotische Potentialunterschied die ATP-Synthese an. ATP und NADPH dienen anschließend der Fixierung von CO_2 im Calvin-Zyklus (Zhao und Wang 2012).

Energieumwandlung und Effizienz

Die Umwandlung von Anregungsenergie nach Photoneneinfang erfolgt über schnelle Energietransferprozesse innerhalb der Antennenkomplexe hin zum Reaktionszentrum. Die gebildeten Energieäquivalente ATP und NADPH stellen die chemische Grundlage für den Aufbau organischer Substanz dar (Zhao und Wang 2012). Unter hohen Lichtintensitäten werden überschüssige Anregungen durch Regulationsmechanismen abgeführt, um photochemische Schäden zu vermeiden (Gao und Li 2010).

Pigmentklassen und Absorptionsspektren

Chlorophyll a und b

Chlorophyll a ist das primäre Reaktionszentrumspigment. *Chlorophyll b* erweitert das nutzbare Spektrum im blauen und roten Bereich und verbessert damit die Effizienz der Lichtsammlung. Unterschiede im Verhältnis von Chlorophyll a zu b führen zu variierenden spektralen Reflexionen und erklären unterschiedliche Grüntöne bei Gräsern (Schmidt 2015).

Akzessorische Pigmente und Photoprotektion

Carotinoide und *Xanthophylle* absorbieren im blauen bis grünlich-blauen Bereich und schützen den photosynthetischen Apparat vor Überanregung, etwa durch *nichtphotochemische Löschung* von Anregungsenergie. So wird die Bildung reaktiver Sauerstoffspezies vermindert und Wärme abgeführt (Gao und Li 2010).

Historischer Abriss der Erkenntnisse

Frühe Deutungen pflanzlichen Wachstums setzten stark auf Wasser als Hauptursache der Massenbildung. Berühmt ist das Weidenbaum-Experiment von *Jan Baptist van Helmont*, der aus dem nahezu konstanten Bodenmassesstandard und starkem Pflanzenzuwachs schloss, die zusätzliche Masse müsse aus dem zugegebenen Wasser stammen (Helmont 1648). Die Interpretation war ein Meilenstein der Quantifizierung, blieb aber unvollständig, da der Beitrag von Gasen nicht erfasst wurde.

Im 18. Jahrhundert zeigte *Joseph Priestley*, dass eine Kerzenflamme in abgeschlossener Luft erlischt und eine Maus erstickt, eine grüne Pflanze im Sonnenlicht die Luft jedoch wieder „erneuert“. Er sprach von einer *Reinigung* der Luft (Society 2012). Kurz darauf wies *Jan Ingenhousz* nach, dass dieser Effekt Licht benötigt und vor allem von den grünen Pflanzenteilen ausgeht. Im Schatten oder bei Dunkelheit ist der Effekt umgekehrt (Ingenhousz 1779).

Jean Senebier prägte anschließend die Einsicht, dass Pflanzen im Licht Kohlendioxid aufnehmen und Sauerstoff abgeben. Damit rückte das Gasgleichgewicht in den Fokus (Britannica 2025). *Nicolas-Théodore de Saussure* kombinierte chemische Bilanzierung und Pflanzenphysiologie und zeigte, dass die Zunahme der Pflanzenmasse nicht allein aus Wasser stammen kann, sondern aus der Einlagerung von Kohlenstoff aus CO_2 und aus Wasserstoff aus Wasser. Damit wurde die Massenquelle korrekt zugeordnet (Saussure 1804).

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts verknüpfte *Theodor W. Engelmann* Wellenlängen und Photosyntheserate, indem er Bakterien als Sauerstoffindikator an einer mit Spektralfarben beleuchteten Alge beobachtete. Maximale Aktivität zeigte sich im roten und blauen Bereich, was mit den Absorptionsmaxima von Chlorophyll übereinstimmt und die sogenannte „grüne Lücke“ erklärt (MikroBalpina 2023).

Im 20. Jahrhundert klärten Arbeiten von *Robin (Robert) Hill*, dass die Sauerstoffbildung an isolierten Chloroplasten auch ohne CO_2 möglich ist, wenn ein geeigneter Elektronenakzeptor vorhanden ist. Damit wurden Lichtreaktionen und CO_2 -Fixierung funktionell getrennt (Hill 1937). Kurz darauf beschrieben *Calvin, Benson und Bassham* den Weg des Kohlenstoffs in der Photosynthese. Der heute gebräuchliche Calvin–Benson–Bassham-Zyklus ordnet die Dunkelreaktionen systematisch (Bassham u. a. 1950).

Zusammenfassend führte der Weg von der Massenbilanz über Gaschemie und Spektralphysiologie bis zur Trennung von Licht- und Dunkelreaktionen. Frühere Irrtümer, etwa die Überschätzung des Wasseranteils an der Biomasse oder die fehlende Trennung der Reaktionsphasen, waren wichtige Zwischenschritte, die die heutigen Modelle erst ermöglichten.

Blattoptik, Streuung und die „grüne Lücke“

Mehrfachstreuung in Blattgeweben

Neben der Pigmentabsorption prägt die Gewebearchitektur die Reflexion. Palisaden- und Schwammparenchym bewirken Mehrfachstreuung und erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass Photonen Pigmente treffen. Gleichzeitige Rückstreuung im grünen Bereich verstärkt

die visuelle Grünwirkung (Meyer 2018).

Reflexion, Transmission und Wärmemanagement

Die vergleichsweise geringe Absorption im grünen Bereich senkt die Wahrscheinlichkeit thermischer Überlastung, da weniger Anregungsenergie in hitzegenerierende Nebenwege abgeleitet werden muss. Photoprotektive Prozesse und Gewebestreue tragen zum Wärmemanagement bei (Gao und Li 2010).

Rolle von grünem Licht im Blätterdach

Tiefe Eindringung und Schattentoleranz

Grünes Licht dringt tiefer in Blattgewebe und in tiefer liegende Blätter eines Bestandes ein. Dadurch kann es in tieferen Schichten fotosynthetisch wirksam werden, obwohl seine Absorption am Einzelblatt geringer ist. Dies unterstützt die Gesamtproduktivität geschlossener Bestände (Zhao und Wang 2012).

Spektrale Filterung in Beständen

In Blätterdächern wird blaues und rotes Licht stärker abgefangen als grünes Licht. Das an unteren Blattlagen ankommende Spektrum ist daher relativ grün- und nahinfrarotreich, was Selektionsdruck auf eine effiziente Nutzung dieser Bedingungen ausübt (Renoult und Mendelson 2017).

Variation der Grünfärbung

Arten, Ontogenese und Umweltfaktoren

Grüntöne variieren mit Art, Entwicklungsstadium und Umweltbedingungen. Stickstoffmangel, Trockenstress oder hohe Lichtintensität verändern Pigmentgehalte und damit Reflexionseigenschaften. Unterschiede im Chlorophyll a:b-Verhältnis sowie in Carotinoidanteilen führen zu helleren oder dunkleren Grüntönen (Schmidt 2015; Gao und Li 2010).

Saisonale Dynamik

Chlorophyllabbau in der Seneszenz legt Carotinoide frei. Bei Gräsern kann häufiges Mähen, Hitze oder Nährstofflimitierung die Pigmentdynamik beschleunigen und die Farbwirkung sichtbar verändern (Schmidt 2015).

Evolutionäre und ökologische Perspektiven

Die Dominanz chlorophyllbasierter Photosynthese und damit die grüne Farbwirkung lassen sich als evolutionär erfolgreiche Lösung zur Nutzung des Sonnenlichtspektrums deuten. Selektion begünstigte Organismen, die unter variablen Lichtbedingungen stabile Energiegewinnung und Schutzmechanismen kombinieren konnten (Schmidt 2015; Renoult und Mendelson 2017). Das Zusammenspiel aus Pigmentchemie, Blattoptik und Regulationsprozessen liefert eine konsistente Erklärung für die Verbreitung grüner Vegetation.

Messmethoden und Ableitungen

Spektroskopie und Fluoreszenz

Reflexions- und Transmissionsspektren von Blättern erlauben die Bestimmung von Pigmentgehalten. Chlorophyllfluoreszenzparameter wie F_v/F_m geben Auskunft über die maximale Quantenausbeute der Photosysteme. Änderungen dieser Größen zeigen Stress oder Anpassungsreaktionen an (Zhao und Wang 2012; Gao und Li 2010).

Fernerkundung und Vegetationsindizes

Spektrale Indizes wie der NDVI nutzen die hohe Reflexion im nahen Infrarot und die Absorption im roten Bereich, um grüne Biomasse und Vitalität abzuschätzen. Die physikalische Grundlage liegt in Pigmentabsorption und Gewebestreuung (Meyer 2018).

Zwischenfazit

Die grüne Farbe von Gras entsteht aus dem Zusammenwirken von Pigmentabsorption, Blattoptik und Regulationsmechanismen. *Chlorophyll* absorbiert blaues und rotes Licht effizient, grünes Licht wird stärker reflektiert oder transmittiert. Akzessorische Pigmente schützen den Apparat und unterstützen das Energiemanagement. Ökologisch führt die tiefere Eindringung von grünem Licht zu Vorteilen im Bestand. Evolutionär betrachtet ist die grüne Farbwirkung ein Nebenprodukt einer robusten, selektiv begünstigten Energiestrategie (Meyer 2018; Schmidt 2015; Zhao und Wang 2012; Gao und Li 2010; Renoult und Mendelson 2017).



Abbildung 2.1: Grasfläche bei Sonnenschein. Das reflektierte grüne Licht prägt die Farbwirkung.

3 Diskussion

Kulturelle und kontextuelle Wahrnehmung

Die Wahrnehmung der Farbe **Grün** ist nicht nur ein physiologischer Prozess, sondern auch kulturell und kontextuell geprägt. In vielen Gesellschaften gilt Grün als Symbol für *Leben, Frische, Natur* und *Erneuerung*. **Gras** ist dabei ein Paradebeispiel für dieses kulturelle Verständnis: Es steht sinnbildlich für *Fruchtbarkeit, Wachstum* und einen *intakten Naturhaushalt*. Diese Assoziationen beeinflussen maßgeblich, wie wir die Farbe von Pflanzen, insbesondere von Gras, interpretieren (Weber 2016).

Während wir Gras als „natürlich grün“ empfinden, würde dieselbe Farbgebung bei anderen Organismen – etwa bei Tieren oder bestimmten Früchten – mitunter als *untypisch* oder gar *krankhaft* wahrgenommen werden. Das zeigt, dass unsere **Erwartungshaltung hinsichtlich Farben** stark kontextabhängig ist. Diese kulturelle Codierung ist tief im Alltag und in der Sprache verankert, was sich etwa in Redewendungen wie „*alles im grünen Bereich*“ oder „*Grünes Licht geben*“ widerspiegelt (Fischer 2010).

Biologische Grundlage der Grünfärbung

Auf biologischer Ebene ist die Farbgebung des Grases jedoch kein Selbstzweck, sondern eine Folge **funktionaler Optimierung**. Die grüne Farbe ergibt sich aus der selektiven Absorption von Licht durch *Chlorophyll*: energiereiches *rotes* und *blaues Licht* wird zur Energiegewinnung genutzt, während das *grüne Licht* reflektiert wird. Diese physikalische Reflexion führt zur *visuellen Wahrnehmung von Grün* durch das menschliche Auge (Meyer 2018).

Neuere Studien zeigen zudem, dass Chlorophyll nicht nur der dominierende Pflanzenfarbstoff ist, sondern auch mit hoher Effizienz **Energie in Form von ATP und NADPH** umwandeln kann. Diese Moleküle sind essenziell für den anschließenden Aufbau organischer Substanzen aus anorganischem Kohlenstoff (Zhao und Wang 2012).

Evolutionäre Perspektiven und Schutzmechanismen

Evolutionär gesehen stellt diese Anpassung einen **Überlebensvorteil** dar. Pflanzen, die ihr *Lichtspektrum* effizient nutzen können, sind in der Lage, in verschiedenen Lichtverhältnissen – etwa unter direkter Sonne oder im Schatten – ausreichend Energie zu erzeugen. Es wird vermutet, dass die *Dominanz von Chlorophyll-haltigen Pflanzen*, und damit auch die grüne Färbung, durch **Selektion** begünstigt wurde (Schmidt 2015). Die vergleichsweise geringe Absorption im grünen Bereich könnte dabei auch ein *Schutzmechanismus gegen Überhitzung* durch exzessive Lichtaufnahme sein (Gao und Li 2010).

Visuelle Sensitivität und Wahrnehmungsökologie

Zudem ist es bemerkenswert, dass die Augen vieler Tiere – darunter auch des Menschen – besonders **empfindlich für den grünen Wellenlängenbereich** sind. Diese Sensitivität liegt evolutionär vermutlich daran, dass in vegetationsreichen Umgebungen ein Großteil der Umweltinformationen im grünen Spektralbereich liegt. Ob diese Sensitivität eine *Anpassung an die Umweltfarbe* oder umgekehrt ein **treibender Faktor für die grüne Ausprägung** war, ist Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion (Renoult und Mendelson 2017).

Synthese

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die grüne Farbe des Grases ein Resultat aus **biochemischen Prozessen, physikalischen Eigenschaften des Lichts** und **evolutionärer Optimierung** ist – ihre Wahrnehmung jedoch auch stark **kulturell überformt** ist. Dieses Zusammenspiel aus *Naturwissenschaft* und *Kultur* macht die scheinbar einfache Frage „Warum ist Gras grün?“ zu einem interdisziplinären Thema.

4 Fazit

Gras erscheint grün, weil der in Pflanzen enthaltene Farbstoff *Chlorophyll* Licht in spezifischen Wellenlängen absorbiert. Insbesondere rotes und blaues Licht werden für die Photosynthese genutzt, während grünes Licht reflektiert wird. Dies ist kein zufälliger Nebeneffekt, sondern eine evolutionäre Anpassung, die Pflanzen eine möglichst effiziente Nutzung der Sonnenenergie ermöglicht. Die grüne Farbe ist somit ein sichtbares Resultat komplexer biophysikalischer Prozesse.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die Farbwahrnehmung nicht nur biologisch erklärbar ist, sondern auch kulturell und symbolisch interpretiert wird. In vielen Gesellschaften ist die Farbe Grün tief mit Vorstellungen von Natur, Leben und Harmonie verbunden (Weber 2016). Diese Verknüpfung beeinflusst, wie wir natürliche Umgebungen emotional bewerten und wahrnehmen.

Trotz der umfassenden Kenntnisse über Chlorophyll gibt es weiterhin offene Fragen:

- Welche Rolle spielen andere Pflanzenfarbstoffe wie *Anthocyane* oder *Carotinoide* bei der Farbgebung?
- Gibt es ökologische Vorteile für Pflanzen, die nicht grün erscheinen (z. B. rotblättrige Arten)?
- Wie wirkt sich die zunehmende Lichtverschmutzung auf die Farbwahrnehmung und Lichtnutzung von Pflanzen aus?

Diese Fragen könnten in zukünftigen Studien vertieft untersucht werden, insbesondere im Hinblick auf sich wandelnde Umweltbedingungen und genetische Anpassungsstrategien von Pflanzenarten weltweit.

Eigene Einschätzung

Die Frage „Warum ist Gras grün?“ mag auf den ersten Blick banal erscheinen – tatsächlich verbirgt sich dahinter jedoch ein beeindruckendes Zusammenspiel aus Physik, Biologie und Kultur. Persönlich finde ich besonders faszinierend,

wie ein scheinbar selbstverständliches Naturphänomen so tief in komplexe evolutionäre Mechanismen eingebettet ist. Gleichzeitig zeigt sich, dass unsere Wahrnehmung stark kulturell geprägt ist. Dass wir „grün“ mit „gut“ oder „lebendig“ assoziieren, ist nicht biologisch notwendig, sondern ein soziales Konstrukt – und das macht den Blick auf eine Wiese beim Sonnenuntergang nicht weniger schön, sondern vielleicht sogar bewusster.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Grasfläche bei Sonnenschein. Das reflektierte grüne Licht prägt die Farbwirkung.	10
-----	--	----

Literatur

- Bassham, J. A., A. A. Benson und M. Calvin (1950). „The path of carbon in photosynthesis“. In: *Journal of Biological Chemistry* 185.2, S. 781–787.
- Britannica, Encyclopaedia (2025). *Jean Senebier*. URL: <https://www.britannica.com/biography/Jean-Senebier> (besucht am 04.10.2025).
- Fischer, Bernd (2010). *Die Farbe in Sprache und Kultur*. UTB Verlag.
- Gao, Qiang und Shufen Li (2010). „Light absorption and heat dissipation in chlorophyll-containing tissues“. In: *Journal of Experimental Botany* 61.4, S. 1109–1117.
- Helmont, Jan Baptist van (1648). *Ortus medicinae*. Willow tree experiment; posthum veröffentlicht.
- Hill, Robin (1937). „Oxygen evolved by isolated chloroplasts“. In: *Nature*.
- Ingenhousz, Jan (1779). *Experiments upon Vegetables: discovering their great power of purifying the common air in the sun-shine, and of injuring it in the shade and at night*. London: P. Elmsly und H. Payne. URL: <https://www.loc.gov/item/18000763/> (besucht am 04.10.2025).
- Meyer, Thomas (2018). *Photosynthese leicht erklärt*. Wissenschaftsverlag Berlin.
- MikroBalpina (2023). *Engelmanns Bakterienversuch*. Zusammenfassung des klassischen Experiments. URL: <https://www.mikrobalpina.org/en/lexikon/engelmannschen-bakterienversuch/> (besucht am 04.10.2025).
- Renoult, Julien P. und Tamra C. Mendelson (2017). „The evolution of visual sensitivity and its relevance for understanding plant coloration“. In: *Trends in Ecology & Evolution* 32.8, S. 573–585.
- Saussure, Nicolas-Théodore de (1804). *Recherches chimiques sur la végétation*.
- Schmidt, Anna (2015). „Chlorophyll und seine Wirkung“. In: *Biologie Heute* 48.3, S. 123–130.
- Society, American Chemical (2012). *Joseph Priestley, Discoverer of Oxygen* (National Historic Chemical Landmark). URL: <https://www.acs.org/education/whatischemistry/landmarks/josephpriestleyoxygen.html> (besucht am 04.10.2025).
- Weber, Petra (2016). *Farbpsychologie: Wirkung von Farben in Kultur und Alltag*. Springer Fachmedien.
- Zhao, Lihua und Yuchen Wang (2012). „Efficiency of chlorophyll in energy conversion in higher plants“. In: *Plant Science Reports* 34.2, S. 98–104.