

UNIVERSITÄT  
BAYREUTH

Seminar „Übungen im Vortragen – OC“

Herbizide

Claudia Pöhner, SS 01; Katja Schütz, SS 11

Gliederung

[1 Einteilungsmöglichkeiten 1](#_Toc43385297)

[1.1 Nach Wirksamkeit 1](#_Toc43385298)

[1.2 Nach Wirkungsweise 2](#_Toc43385299)

[2 Wirkungsweise von Glyphosat 3](#_Toc43385300)

[3 Wirkungsweise von Paraquatdichlorid 4](#_Toc43385301)

[4 Wirkungsweise von Atrazin 6](#_Toc43385302)

1. **Einstieg**: Bei den Herbiziden handelt es sich um Pflanzen-Vernichtungsmittel, die „unerwünschten“ Pflanzen-Wuchs (Schad-Pflanzen) beseitigen. Sie bestehen aus den unterschiedlichsten Wirkstoff-Klassen, wobei 95% aller angewandten Herbizide organische Verbindungen sind. Anorganische Verbindungen, wie z. B. Kupfer(II)-sulfat (CuSO4\*5H2O) oder Natriumchlorat (NaClO3) standen zwar am Anfang der chemischen Unkraut-Bekämpfung, wurden jedoch nach und nach durch organische Verbindungen ersetzt.
2. **Herbizide werden verwendet, um**
   * + den Ertragsverlust in der Landwirtschaft durch Unkraut-Konkurrenz einzudämmen,
     + Geld zu sparen (chemische Unkraut-Vernichtung schneller als manuelle Entfernung),
     + einen gepflegten Rasen vorzeigen zu können.
3. Um sich in dem „Durcheinander“ der Herbizide zurechtzufinden, werden diese sinnvoll unterteilt.

# Einteilungsmöglichkeiten

## Nach Wirksamkeit

Herbizide kann man in **Total-Herbizide** und **selektive Herbizide** unterteilen. Eine Selektivität kann unterschiedliche Ursachen haben:

* Unterschiede zwischen der Aufnahme in die verschiedenen Pflanzen,
* unterschiedliche Empfindlichkeit des Stoffwechsels gegenüber den Herbiziden,
* unterschiedliche Fähigkeit der Pflanzen, diese Fremd-Stoffe zu entgiften.

Allerdings handelt es sich hier um eine problematische Einteilungsweise, da es oft nur auf die aufzuwendende Wirkstoff-Menge pro Flächen-Einheit ankommt. Weitaus sinnvoller ist folgende Unterscheidung.

## Nach Wirkungsweise

Für die Herbizide kann nach ihren Angriffspunkten im Stoffwechsel der Pflanzen eine Einteilung vorgenommen werden. Man unterscheidet hierbei:

|  |  |
| --- | --- |
| **Angriffspunkt im Stoffwechsel** | **Beispiele** |
| Photosynthese-Hemmer | Harnstoff-Derivate, Triazin-Derivate |
| Atmungshemmer | Pentachlorphenol, substituierte Dinitrophenole |
| Wuchs-Stoffe | Phenoxyalkylcarbonsäuren |
| Mitose-Hemmer | Carbamate, Aniline |
| sonstige Eingriffe in wichtige Biosynthese-Wege | Phosphonsäure-Derivate |

Auf folgende Herbizide wird nun näher eingegangen:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Verbindungsklassen** | **Beispiele** | **Wirkungsweise** | **Sonstiges** |
| Phosphonsäure-Derivate | Glyphosat | hemmt die Synthese aromatischer Aminosäuren | Total-Herbizid |
| Heterocyclische Verbindungen (Bipyridinium-Verbindungen) | Paraquatdichlorid | Photosynthese-Hemmer (PS II) | Total-Herbizid, eingeschränktes Anwendungsverbot in Deutschland |
| Heterocyclische Verbindungen (Triazin-Derivate) | Terbutylazin | Photosynthese-Hemmer (PS I) | wirkt selektiv, Mais dagegen resistent |

Ein großer Teil der Pflanzen-Substanz (bei manchen Pflanzen bis zu 50% der Trocken-Substanz) wird über den **Shikimat-Weg** gebildet.

Ein Eingriff in diesen Biosynthese-Weg geschieht mit Glyphosat (N-Phosphonomethylglycin).

# Wirkungsweise von Glyphosat

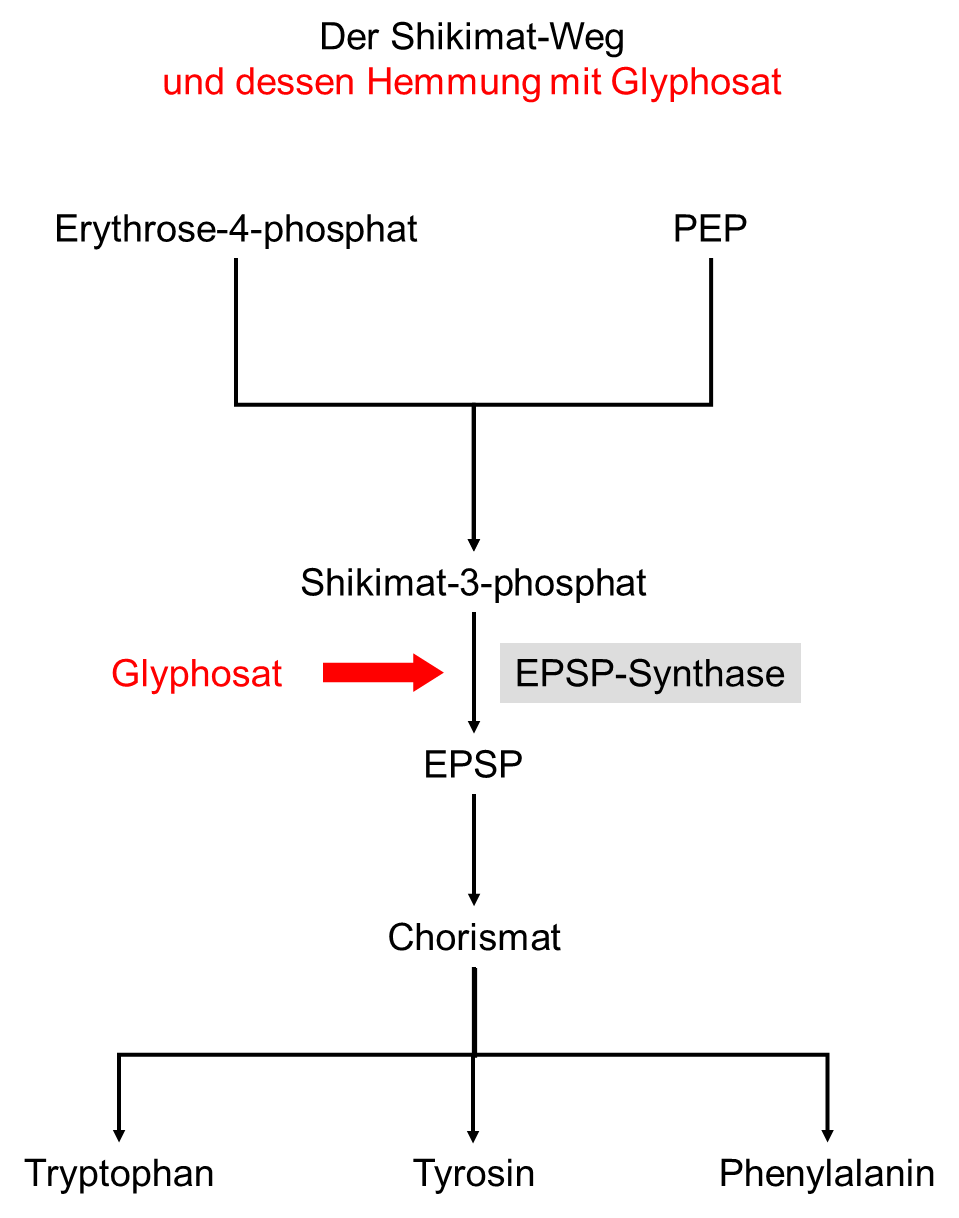


Abb. : Der Shikimat-Weg und dessen Hemmung.

Vorläufer für die Bildung lebenswichtiger aromatischer Aminosäuren sind Erythrose-4-phosphat und Phosphoenolpyruvat PEP (siehe Abb. 1). Es erfolgt eine Reaktion (über mehrerer Zwischenstufen, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird) zu Shikimat-3-phosphat. Die 5-Hydrocy-Gruppe des Shikimat-3-phosphat wird mit Phosphoenolpyruvat zu dem Enolether 5-enolpyruvylshikimat-3-phosphat (EPSP) verknüpft (Enzym: EPSP-Synthase). An dieser stelle greift das Glyphosat folgendermaßen in den Stoffwechsel ein:

Glyphosat ist ein sehr starker Hemmer der EPSP-Synthase. Wegen seiner ähnlichen Struktur hemmt es kompetitiv zu Phosphoenolpyruvat. Demzufolge wird kein EPSP und somit auch keine aromatischen Aminosäuren gebildet. Der Shikimat-Weg kommt bei Tieren nicht vor – daher besteht für Tiere keine Gefahr. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Glyphosat aufgrund seiner einfachen Struktur relativ schnell durch Boden-Bakterien abgebaut wird.

# Wirkungsweise von Paraquatdichlorid

Die Photosynthese besteht aus zwei Vorgängen: Licht-Reaktionen (Photo-Teil der Photosynthese) und Calvin-Zyklus (Synthese-Teil der Photosynthese) (siehe Abb. 2)

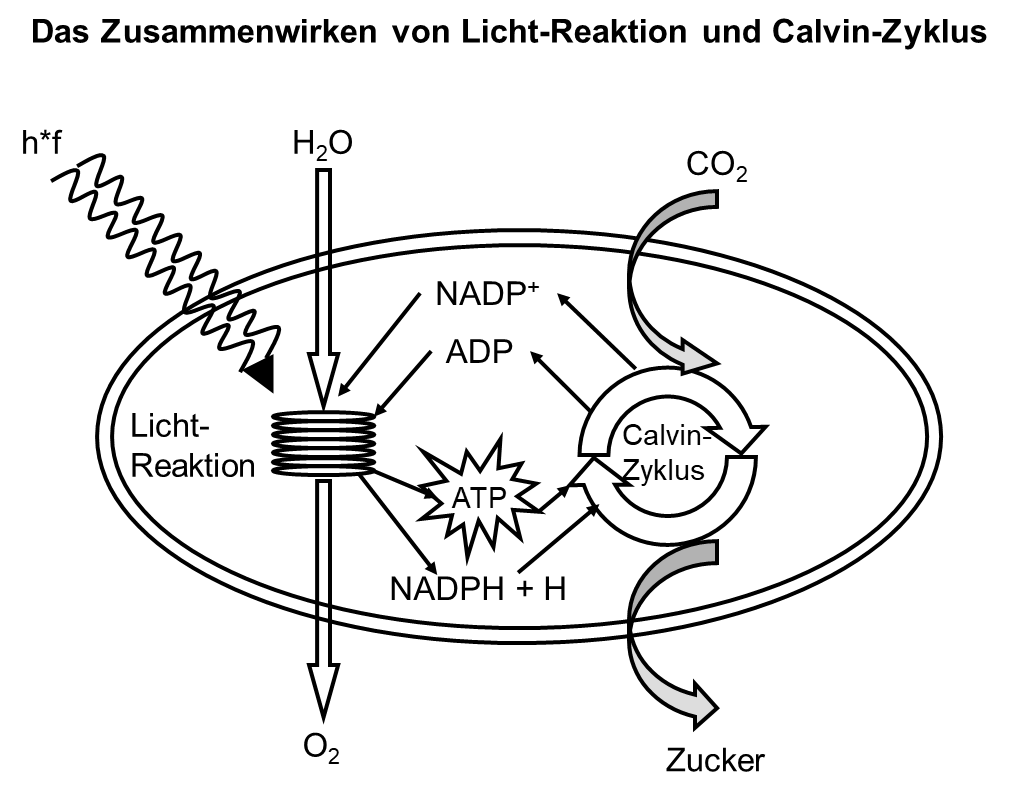


Abb. : Licht-Reaktion und Calvin-Zyklus.

Bei den Richt-Reaktionen wird Sonnen-Energie in chemische Energie umgewandelt. Das vom Chlorophyll absorbierte Licht treibt die Übertragung von Protonen und Elektronen vom Wasser auf den Akzeptor NADP+ an, bei diesem Vorgang wird Wasser gespalten. Zusätzlich erzeugen die Licht-Reaktionen ATP. Im Calvin-Zyklus wird Kohlenstoffdioxid zum Kohlehydrat umgesetzt, wobei ATP und NADPH aus den Licht-Reaktionen benötigt wird. Photosystem I kann anstatt Ferredoxin Fd auch Paraquatdichlorid reduzieren (siehe Abb. 3).

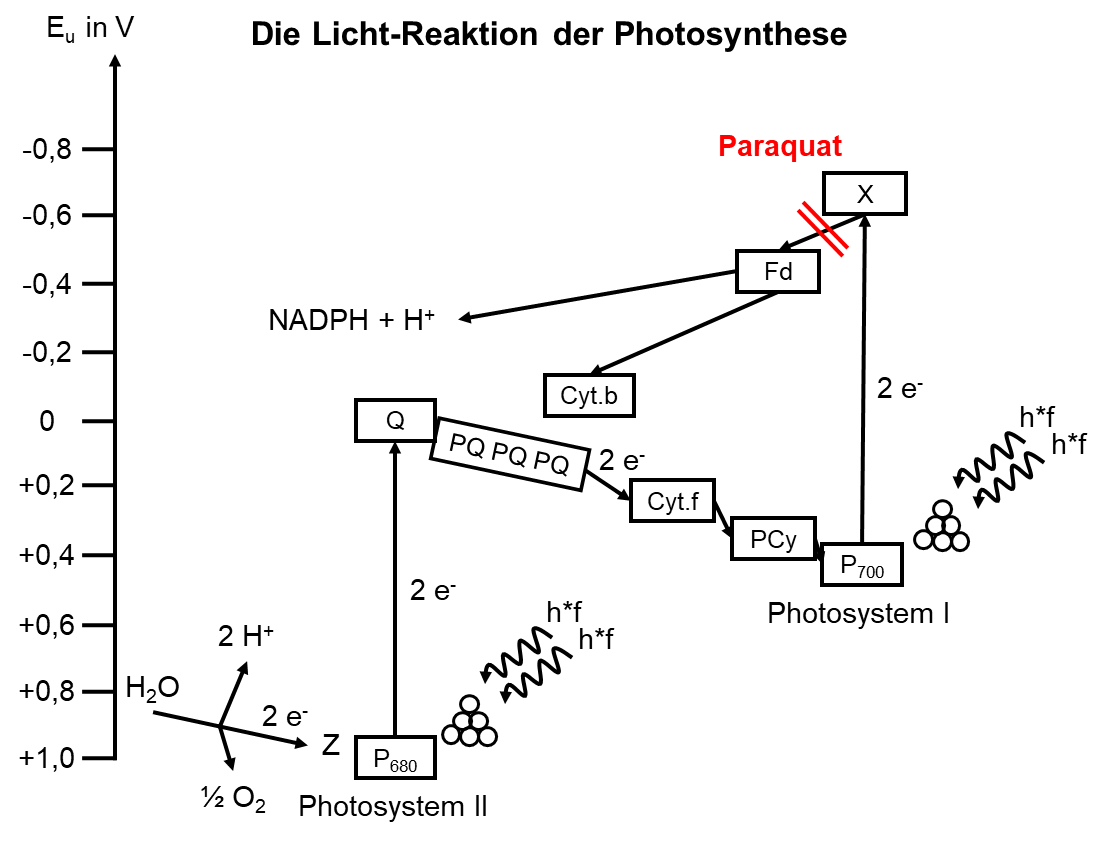


Abb. : Die Licht-Reaktion der Photosynthese und der Angriffspunkt von Paraquat.

**Legende**:

* P680: Reaktionszentrum von Photosystem II
* Z: primärer Elektronen-Donator
* Q: primärer Elektronen-Akzeptor
* PQ: Plastochinon-Pool
* PCy: Platocyanin
* P700: Reaktionszentrum von Photosystem I
* X: primärer Elektronen-Akzeptor von Photosystem I
* Fd: Ferredoxin
* Cyt: Cytochrome

Die entstehende radikalische Substanz überträgt das Elektron auf Sauerstoff unter Bildung des chemisch aggressiven Hyperoxid-Radikals O2- (siehe Abb. 4)

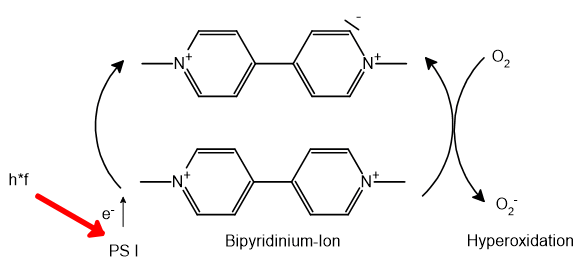


Abb. : Entstehung des Hyperoxid-Anions.

„ASF“ (= aktive Sauerstoff-Formen) werden in der Pflanze zwar abgefangen; in diesem Falle jedoch ist die Kapazität der Abfang-Reaktionen nicht mehr ausreichend (Radikal-Fänger: v. a. α-Tocopherol (Vitamin E), Vitamin C). Allerdings besteht das „wirkliche Kunststück“ darin, Herbizide herzustellen, die selektiv arbeiten, wie z. B Atrazin und seine Derivate:

# Wirkungsweise von Atrazin

Sie Selektivität hat unterschiedliche Ursachen (siehe auch 1).

Beispiel: Resistenz von Mais gegen Atrazin. Atrazin ist ein Photosynthese-Hemmer. Das Herbizid wird von Mais-Pflanzen zwar gut aufgenommen, erreicht seinen Wirkungsort jedoch nicht, sondern wird vorher unschädlich gemacht und „entsorgt“. Atrazin ist seit 10 Jahren in Deutschland verboten, allerdings werden ähnliche Triazin-Derivate weiterhin verwendet (z. B. Terbutylazin, Simazin). Bei der Entgiftung spielen ich folgende Vorgänge in der Pflanze ab:

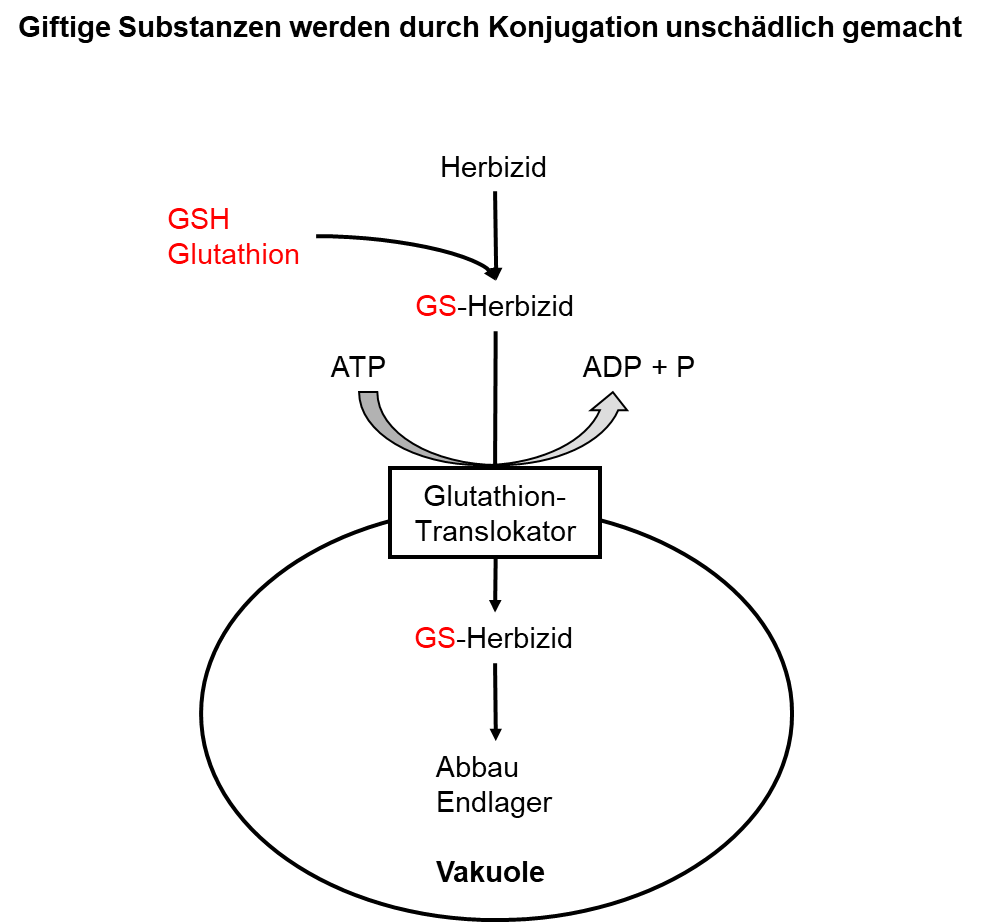


Abb. : Entgiftung in der Pflanze.

Bei Glutathion handelt es sich um ein Tripeptid, bestehend aus Glutaminsäure, Cystein (SH-Gruppierung) und Glycin. Bei der Glutathion-Konjugation handelt es sich bei Pflanzen um einen weit verbreiteten Entgiftungsmechanismus für Xenobiotika. Mais enthält besonders viel Glutathion in den Zellen (50 – 300 mg je g Frisch-Gewicht) und ein besonders aktives konjugierendes Enzym (Glutathion-S-Transferase GTS). Erforderlich für die GSH-Konjugation ist die Gegenwart einer „leaving group“, die in der GST-Reaktion durch GS- ersetzt wird (in Terbutylazin ist dies Cl-).

1. **Abschluss**: Wie sieht es mit umwelt-freundlicheren Methoden zur Unkraut-Bekämpfung aus? Diese gibt es sehr wohl (man denke hierbei nur an das mühsame Unkraut-Jäten!) – sie sind allerdings nicht so wirksam bzw. oft zu umständlich.

**Quellen:**

1. Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis Teil 1 (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Bundesrepublik Deutschland), Saphir Verlag Ribbesbüttel, 48. Auflage, **2000**
2. Schopfer, Brennicke, Pflanzenphysiologie, Springer-Verlag Berlin, 5. Auflage, **1999**
3. Heldt, Pflanzenbiochemie, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2. Auflage, **1999**
4. Hock, Fedtke, Schmidt, Herbizide, Georg Thieme Verlag Stuttgart, **1995**
5. CD Römpp Chemie Lexikon, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 9. Auflage, **1995**
6. Campbell, Biologie, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, **1997**
7. Lüttge, Kluge, Bauer, Botanik, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 2. Auflage, 1997