

II.C.54

Vielfalt organischer Verbindungen

Organophosphate und ihre chemische Wirkung als Nervengifte – Mündliche Abiturprüfung

Nach einer Idee von Dr. Monika Pohlmann



© Sven Loeffler/iStock/Getty Images Plus

Mit diesem Material bereiten sich Ihre Lernenden auf den Vortrag in der mündlichen Abiturprüfung zur chemischen Wirkungsweise des Nervengifts Nowitschok vor. Die Verbindung aus der Gruppe der Organophosphate geriet 2018 im Zusammenhang mit dem Anschlag auf den ehemaligen Doppelagenten Sergej Skripal sowie 2020 im Fall des russischen Oppositionellen Alexej Nawalny in den Fokus der Weltöffentlichkeit. Im Zentrum steht die Phosphorylierung des Enzyms Acetylcholinesterase, durch die dessen katalytische Aktivität blockiert wird. Die Lernenden untersuchen den chemischen Aufbau und Reaktionsmechanismus der Verbindung, erläutern ihre toxische Wirkung auf molekularer Ebene und analysieren Möglichkeiten einer chemischen Reaktivierung durch Substanzen wie Atropin oder Obidoxim. So verbinden sie anwendungsbezogene Chemie mit einem aktuellen, gesellschaftlich relevanten Thema.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	11, 12, 13
Dauer:	1
Kompetenzen:	1. Sachkompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 3. Kommunikationskompetenz
Thematische Bereiche:	Organophosphate, Nervengifte, Nowitschok, Acetylcholinesterase, Phosphorylierung, Reaktionsmechanismus, Demokratiebildung, Struktur-Wirkungs-Beziehung, Chemie und Gesellschaft, Nachhaltigkeit

Didaktisch-methodische Hinweise

Vorausgesetztes Fachwissen

Die Prüflinge verfügen über grundlegende Kenntnisse der anorganischen und organischen Chemie. Sie können den Aufbau und die Eigenschaften funktioneller Gruppen, insbesondere Phosphor- und Sauerstoffverbindungen, beschreiben und deren Reaktivität begründen. Bekannte Reaktionstypen wie nucleophile Substitution, Säure-Base-Reaktionen und Hydrolyse sind ihnen vertraut. Sie verstehen den Zusammenhang zwischen Struktur und chemischer Wirkung organischer Verbindungen und können erklären, wie Molekülstruktur und Bindungspolarität die Reaktionsfähigkeit beeinflussen. Darüber hinaus besitzen sie Kenntnisse zu Enzymkatalyse und Enzymhemmung auf molekularer Ebene. Im Rahmen der Bewertung betrachten sie die chemischen Mechanismen toxischer Stoffe auch unter ethischen und gesellschaftlichen Aspekten, etwa im Zusammenhang mit chemischer Sicherheit und Nachhaltigkeit in der Chemie.

Verteilung der Punkte und Anforderungsbereiche

	Aufgaben M 1			Aufgaben M 2	
	1	2	3	1	2
Punkte	15–12	10–10	18–6	12–6	15–6
AFB	I–I	II–II	II–III	II–III	II–III

Weiterführende Medien

- <https://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=atropin>
- <https://flexikon.doccheck.com/de/Atropin>
- <https://www.spektrum.de/wissen/fuenf-antworten-zu-nowitschok-kampfstoffen/1551364>
- <https://www.u-helmich.de/bio/lexikon/A/atropin.html>

[letzter Abruf 31.10.2025]

Auf einen Blick

- M 1** Chemische Analyse des Nowitschok-Anschlags auf Alexej Nawalny
M 2 Gegenmaßnahmen bei Organophosphatvergiftungen

M 2

Gegenmaßnahmen bei Organophosphatvergiftungen

A: Atropin – Gift der Tollkirsche als Gegengift

Eine Vergiftung mit einem Organophosphat wie Nowitschok kann unbehandelt innerhalb weniger Minuten zum Tode führen. Die Behandlung mit Atropin, dem Gift der Tollkirsche (*Atropa belladonna*), hat, obwohl sie erst 55 Stunden nach der Vergiftung des russischen Oppositionspolitikers Alexej Nawalny begonnen wurde, neben der intensivmedizinischen Betreuung sein Leben gerettet.

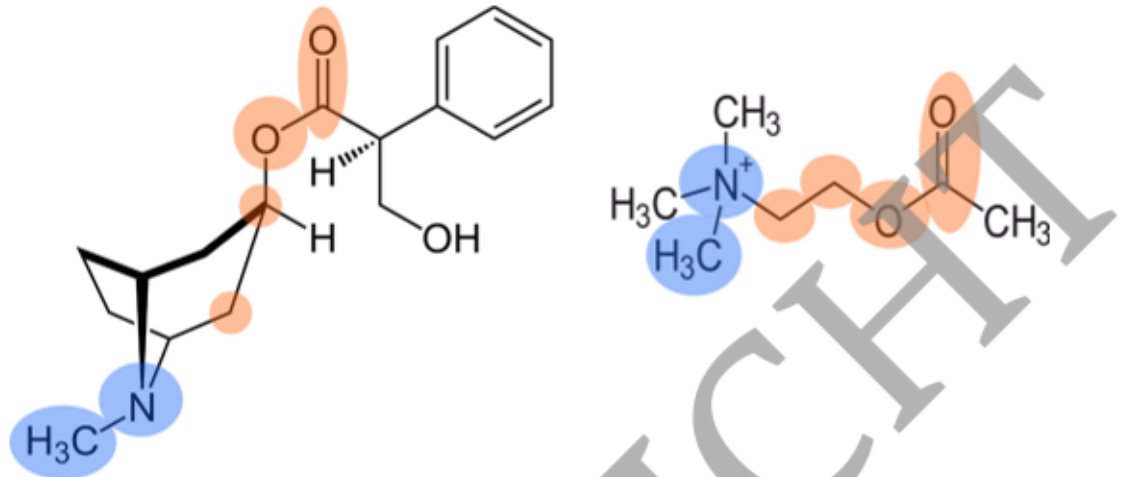


Abbildung 1: Atropin-Molekül (links), Acetylcholin-Molekül (rechts)

© wikicommons-gemeinfrei, verändert

Inhibitor – Strukturanaloges

Als Antagonist an ACh-Rezeptoren hemmt Atropin die Wirkung des Acetylcholins. Es vermindert die Wirkung des Parasympathikus, indem es als kompetitiver, reversibler Antagonist den Neurotransmitter Acetylcholin von den Muskarin-Rezeptoren (mAChR) verdrängt. Atropin wird daher den Anticholinergika bzw. Parasympatholytika zugeordnet.

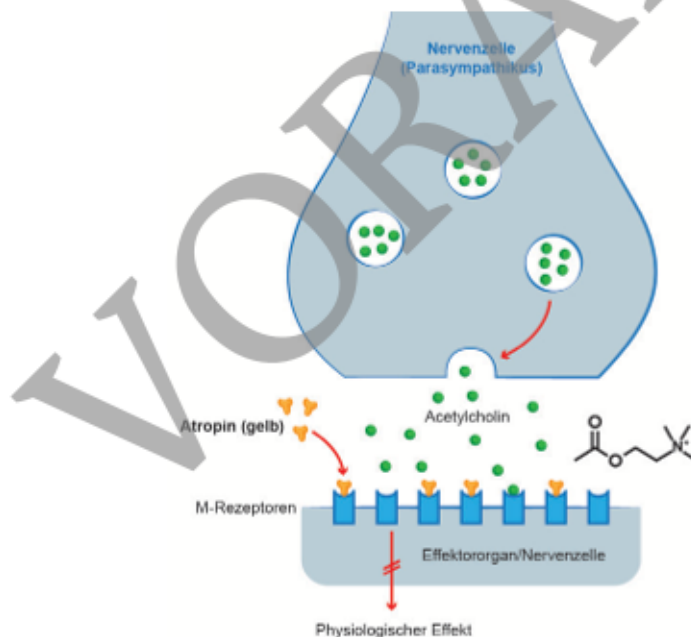


Abbildung 2: Atropin als Gegengift

© RAABE, erstellt von Sylvana Timmer

B: Obidoxim – Wiederherstellung der Enzymaktivität

Als Heilmittel kann auch Obidoxim, ein Oxim, verabreicht werden. Oxime sind Derivate von Aldehyden oder Ketonen, die als funktionelle Gruppe die Gruppierung $C=N-OH$ enthalten. Obidoxim kann die durch eine Phosphatgruppe blockierte Acetylcholinesterase reaktivieren, indem die Phosphatgruppe auf das Oxim übertragen wird. Wird das Gegenmittel rechtzeitig verabreicht, kann die Hemmung des Enzyms aufgehoben werden. Das Enzym wird reaktiviert. Vergeht jedoch zu viel Zeit zwischen Vergiftung und Arzneimittelgabe, bindet das Gift irreversibel an das Enzym und inaktiviert es dauerhaft.

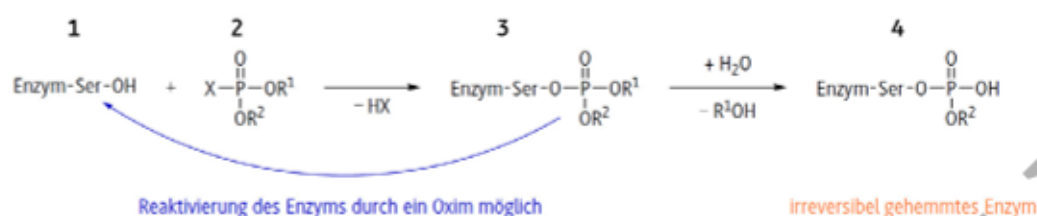


Abbildung 3: Das Organophosphat (2) bindet kovalent an das Serin des Enzyms (AChE) (1), nachdem es die Gruppe X abgespalten hat (3). Bei rechtzeitiger Anwendung eines Gegenmittels kann der inaktivierte Enzymkomplex reaktiviert werden. Vergeht zu viel Zeit, wird ein weiterer Rest des Organophosphats abgespalten (4), und das Enzym wird auf Dauer unwirksam.

© RAABE, erstellt mit ChemDraw

Aufgaben

1. **Erklären** Sie auf der molekularen Systemebene die heilende Wirkung von Atropin bei „akuter cholinergischer Krise“ und **erläutern** Sie das gesundheitliche Risiko in Abhängigkeit von der Atropin-Dosis.
2. **Beschreiben** Sie, wie die Hemmung der Acetylcholinesterase als Folge einer Vergiftung aufgehoben werden kann, und welche physiologische Wirkung zu erwarten ist. **Beziehen** Sie **Stellung** zum Chemiewaffen-Übereinkommen (CWÜ), das durch die Organisation für das Verbot chemischer Waffen (OPCW) überwacht wird.