

U.26

Ausgewählte Themen

Modell- und Prognosefunktionen – Pharmakokinetik von THC

Mona Hitznauer



© RAABE 2024

Rob Duval / Wikimedia Commons / CCO

Cannabis, Marihuana, Weed, Pot, Dope oder einfach Gras. Es gibt viele Bezeichnungen für eine Droge, die polarisiert und gleichzeitig viele junge Erwachsene anspricht. Sachliche, neutrale und wissenschaftlich fundierte Informationen über Cannabis sind gerade im Zuge der Legalisierung wichtig. Die Pharmakokinetik, also die Beschreibung der Prozesse, die das Betäubungsmittel im Körper durchläuft, bietet zudem interessante mathematische Einblicke und ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, ihr Wissen aus der Analyse anzuwenden.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 10/11/12/13

Kompetenzen: Mathematische Darstellungen verwenden, mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen, Problemlösekompetenz, Textkompetenz, Umgang mit Texten und Medien

Methoden: Analyse, Auswertung, Bildanalyse, Computer- und Softwareeinsatz, Datenauswertung, Diagrammherstellung

Thematische Bereiche: Parabel, gebrochenrationale Funktionen, Exponential- und Logarithmusfunktionen, abschnittsweise definierte Funktionen, Modell- und Prognosefunktionen, Gleichungssysteme, Fehlerquadratsumme, Extremwertproblem, Ableitung, bestimmtes Integral, Transformation einer Funktion

Fachliche Hinweise

Lernvoraussetzungen:

Grundvoraussetzung ist, dass die Schülerinnen und Schüler Gleichungssysteme aufstellen und lösen können, da dies in den Materialien immer wieder vorkommt. Die Lernenden sollten ganzrationale, gebrochenrationale, Exponential- und Logarithmusfunktionen kennen und sie differenzieren können. Außerdem gehen sie sicher mit abschnittsweise definierten Funktionen um und wissen, was Stetigkeit und Differenzierbarkeit an einer Stelle bedeutet.

Die Jugendlichen müssen mit verschiedenen digitalen Werkzeugen umgehen, etwa einem TR/CAS, Tabellenkalkulationsprogramm und GeoGebra. Daher sollten hier Grundkenntnisse vorhanden sein.

Lehrplanbezug:

Im LehrplanPLUS des bayerischen Gymnasiums für Mathematik

<https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium>

(aufgerufen am 12.01.2024) finden sich im Fachlehrplan Mathematik für die Oberstufe folgende Kompetenzerwartungen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- analysieren ganzrationale Funktionen hinsichtlich ihrer Eigenschaften durch flexible und reflektierte Nutzung der Methoden der Differentialrechnung. Zur Kontrolle ihrer Ergebnisse verwenden sie auch eine geeignete Mathematiksoftware.
- lösen Problemstellungen in Sachkontexten, insbesondere im Rahmen der Modellierung von Wachstums- und Abklingvorgängen, und führen dabei auch beliebige Exponentialfunktionen auf die natürliche Exponentialfunktion zurück. Sie nutzen ihre Ergebnisse für eine fundierte Bewertung von Sachverhalten.
- bestimmen aus gegebenen Bedingungen die Werte von Parametern eines Funktionsterms.
- wenden die Methoden der Differential- und Integralrechnung in Sachzusammenhängen flexibel und reflektiert an, sie interpretieren und validieren ihre Ergebnisse. Es wird ihnen bewusst, dass die Differential- und Integralrechnung in unterschiedlichsten Bereichen Anwendung findet (z. B. Wirtschaftsmathematik, Statistik, Klimaforschung, Ingenieurwesen), was ihnen erneut verdeutlicht, dass mathematische Kenntnisse für viele Berufsfelder eine wesentliche Grundlage darstellen.

Didaktisch-methodische Hinweise

M 2

Für die Bearbeitung von **M 2** muss den Lernenden das Material **M 1** vorliegen, da sie die Werte der Tabellen benötigen. Die Daten der Diagramme aus **M 1** stammen aus einer Studienezusammenfassung von der Website

<https://observatoireprevention.org/en/2019/09/16/edible-cannabis-an-effect-of-longer-duration-and-less-predictable-than-with-inhalation/> (aufgerufen am 16.01.2024)

der „Observatoire de la Prévention“ des Kardiologischen Instituts von Montréal des Prof. Dr. Martin Juneau aus dem Jahr 2019. Die Zusammenfassung bzw. die Website können Ihre Schülerinnen und Schülern vor der Bearbeitung von **M 2** durchlesen. Die Seite ist auf Englisch und Französisch verfügbar, damit schaffen Sie gleichzeitig einen übergreifenden Unterricht.

Aufgabe 1:

Die Modellierung des Anstiegs der THC-Blutplasmakonzentrationskurve bei der Inhalation führen die Jugendlichen am besten mit einem Tabellenkalkulationsprogramm durch. Dabei kann es möglicherweise je nach verwendeter Version oder Programm zu unterschiedlichen Lösungen kommen.

Aufgabe 2:

Die erste Teilaufgabe können Sie arbeitsunfähig lösen lassen. Eine Gruppe stellt die Exponential-Modellfunktion und die andere die gebrochen-rationale Modellfunktion auf. Die Jugendlichen müssen dabei Gleichungssysteme bilden und diese von einem digitalen Werkzeug ihrer Wahl lösen lassen. Je nach verwendetem Werkzeug muss man vorher die Gleichungssysteme etwas vereinfachen. Achtung: gewöhnliche, sprachbasierte Chatbots wie ChatGPT können in der Regel nur sehr einfache Gleichungssysteme lösen (falls überhaupt). Weisen Sie Ihre Klasse darauf hin.

Die Teilaufgaben b) und c) untersuchen, welche Modellfunktion besser auf die Daten passt, einmal rein grafisch (b) und einmal mithilfe der Minimierung der Fehlerquadratsumme (c). Hier differenzieren Sie nach Leistungsstärke.

M 3

Aufgabe 1:

Hier differenzieren Sie wieder nach Leistungsstärke: In Teilaufgabe a) müssen die Lernenden ein Gleichungssystem lösen (mittleres Niveau) und in Teilaufgabe b) minimieren sie die Fehlerquadratsumme aus zwei Punkten (schwieriges Niveau), um eine Modellfunktion zu finden.

Aufgabe 2:

Hier präsentieren die Schülerinnen und Schüler den Abfall der THC-Blutplasmakonzentration bei der oralen Einnahme, indem sie eine bekannte Funktion $f(t)$ mit der







Auf einen Blick

Modell- und Prognosefunktionen – Pharmakokinetik von THC

- M 1** THC-Aufnahme und Abbau im Blut
M 2 THC-Konzentrationskurve bei der Inhalation
M 3 THC-Konzentration bei der oralen Einnahme
M 4 THC-Grenzwert im Straßenverkehr
M 5 Hilfefkarten

- Benötigt:**
- Internet
 - GeoGebra
 - Microsoft Excel

Erklärung zu den Symbolen

	Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.				
	leichtes Niveau		mittleres Niveau		schwieriges Niveau
	Zusatzaufgabe		Alternative		

THC-Aufnahme und Abbau im Blut

M 1

Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC) ist die psychoaktive Hauptsubstanz von Cannabis. Sie beeinflusst z. B. das Verhalten, die Schmerzwahrnehmung und den Appetit, kann Entzündungshemmend wirken und Übelkeit bekämpfen. Außerdem ist es auch eine der Substanzen, die abhängig machen können¹.

Das Abhängigkeitspotential einer Droge wird umso größer, je schneller die aktiven Bestandteile das Blut bzw. Gehirn erreichen². Bei der Aufnahme von THC aus Cannabisprodukten gibt es hier deutliche Unterschiede: Bei der Inhalation (durch Rauchen oder Vaporisieren) gelangt THC über die Lunge sehr viel schneller ins Blut als bei der oralen Einnahme (Essen)³. Die folgende Tabelle zeigt die ungefähren Mittelwerte der Blutplasma-Konzentrationen P von THC in ng/ml über die Zeit t in Stunden von sechs Studienteilnehmenden während und nach dem Rauchen einer cannabishaltigen Zigarette (aka Joint) mit ca. 1,8 mg THC:

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,1	0,11	0,12	0,17	0,2	0,4	0,75	1,25	1,6	2,25	2,5
P	0	9	22	33	41	60	70	79	86	79	72	53	39	28	11	6	4,5	2,9	2

In der zweiten Tabelle sehen Sie die ungefähren Mittelwerte für Blutplasma-Konzentrationen bei einer oralen Einnahme von ca. 20 mg THC über eine Gelatine-Kapsel:

t	0	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	6
P	0	1	4	5	6	5	4	7	6	5	6,25	7

Anmerkung: Die Daten stammen aus den Programmen der Studienzusammenfassungen unter Fußnote 3.

1. Bouyatos, Pérez-Acevedo J., et al. Oral Administration of Cannabis and Δ -9-tetrahydrocannabinol (THC) Preparations: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2020 Jun 23;56(6):309. doi: 10.3390/medicina56060309. PMID: 32515912; PMCID: PMC7353904.

2. Samara, AN, Robinson TE. Why does the rapid delivery of drugs to the brain promote addiction? *Trends Pharmacol Sci*. 2005 Feb;26(2):82–7. doi: 10.1016/j.tips.2004.12.007. PMID: 15681025.

3. Observatoire Prévention. Edible cannabis: An effect of longer duration and less predictable than with inhalation, *Observatoire de Prévention*, <https://observatoireprevention.org/en/2019/09/16/edible-cannabis-an-effect-of-longer-duration-and-less-predictable-than-with-inhalation/>

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

