

Interaktive Präsentationen für asynchrone Vorlesungsinhalte

Inhalte erstellt im Rahmen des 5x5000 Wettbewerbsprojektes

“Adaptive Lehrergänzung durch Systematische Digitalisierung”

Vorlesung: *Grundlagen der Quantenmechanik und Statistik* (6tes Semester 2-Fach Bachelor, Physik)

Dozent und Konzept: Christopher Körber (christopher.koerber@rub.de)

Hilfskräfte: M. Abolnikov, N. Conrad, D. Hillenkötter, H. Huesmann, I. Jaroschewski, H. Mouqadem, S. Reibert und M. Ziehfrend

Kontext

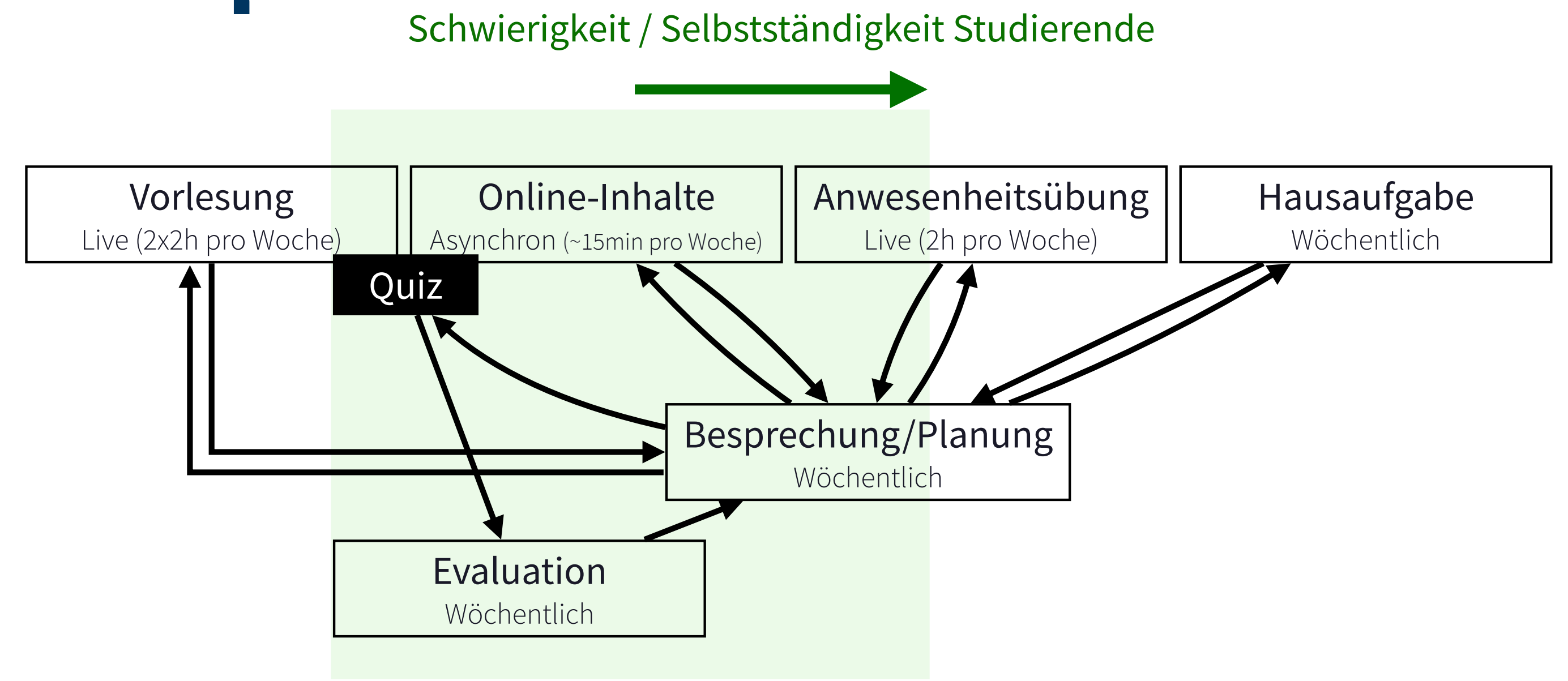
Vorlesung

- GQMS ist eine theoretische Physikvorlesung, die mathematische Vorkenntnisse voraussetzt.
- Traditionell handelt es sich um eine Tafelvorlesung unterstützt durch “Hausaufgaben”.
- Studierende, die die Vorlesung besuchen, weisen oft unterschiedliches Vorwissen auf.
- Erfahrung aus vorherigen Iterationen: Aktive Teilnahme an Präsenzübung und Hausaufgaben erhöht die Wahrscheinlichkeit die finale Klausur zu bestehen.

Konzept

- Zusatzinhalte (Quiz, Widgets, asynchrone Präsentationen, ...) sollen den Einstieg ins selbständige Arbeiten erleichtern.
- Interaktive Elemente sollen den Studierenden (und Lehrenden) Feedback über den Fortschritt liefern (z.B. Identifikation von falschen Konzepten, Kontext und Bezug von Inhalten).
- Ressourcen sollen nachhaltig erstellt werden:
 - Nutzung in nächster Iteration soll ohne großen Aufwand / technische Kenntnisse möglich sein.
 - Anpassungen / Erweiterungen sollen inkrementell möglich sein.
 - Software / Ressourcen sollen ausschließlich (gängige) Open Source Produkte nutzen.

Konzept



Zusätzliche Inhalte sollen den Einstieg in das selbstständige Arbeiten/Lernen der Studierenden erleichtern. Der grüne Bereich stellt die zusätzlich erarbeiteten Elemente da.

Beispiel für Inhalte

Vertonte Präsentation, die eine Wiederholung mit Quiz Widget nutzt. Ähnliche Ressourcen wurden auf dem zugehörigen Moodle-Kurs veröffentlicht.

Vertonte & animierte Slides

Aus der Vorlesung

Streuung, Bindung und Tunnelung

Der Tunneleffekt beschreibt das Propagieren eines Quants durch eine endlich Potentialbarriere.

Siehe auch das Potentialbarrieren Quiz auf der nächsten Seite

- Die **WKB-Näherung** erlaubt es die **Tunnelwahrscheinlichkeit T** für allgemeine Potentiale zu approximieren

Sie nimmt an, dass die Amplitude der Wellenfunktion innerhalb der Barriere langsam oszilliert

$$T \approx \exp \left\{ -\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} |p(x)| dx \right\} \text{ und } p(x) = \pm \sqrt{2m(E - V(x))}$$

$x_{1/2}$ sind die Punkte an denen die Potentialbarriere berührt wird mit $E = V(x_{1/2})$ (im obigen Bild ist $x_1 = -a$ und $x_2 = a$)

Beispiel: Der α -Zerfall durch die Starke Wechselwirkung nach Gamow

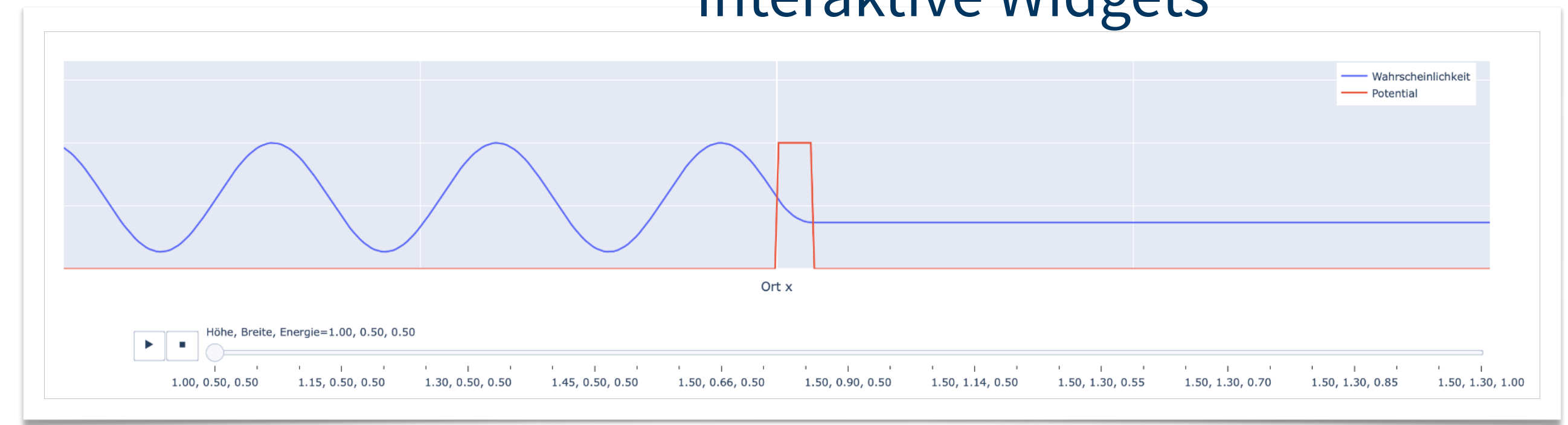
Potentialannahme + WKB-Approximation bestätigt den experimentelle Skalierung der Halbwertszeit

$$\ln(\tau) = a/\sqrt{E} + b$$

Abstumpfpotential zur Bindung der pos. geladenen Nucleonen
Atomhüllpotential \neq Coulombpotential

Grundlagen der Quantenmechanik und Statistik | Ruhr-University Bochum | 160121-SS 2022

Interaktive Widgets



Multiple Choice Quiz

Im Kontext mit der WKB Näherung wurde auch der Tunneleffekt besprochen. Hierbei ist es einer quantenmechanischen Welle erlaubt, in eine Potentialbarriere einzudringen, obwohl dies klassisch verboten wäre. Ein Widget mit einer vorprogrammierten "Tour" ist oben eingefügt. Hier variiert nacheinander die Höhe der Potentialbarriere, die Energie des Teilchens und die Breite der Barriere. Unter Betrachtung des Widgets, welche der folgenden Aussagen zum Tunneleffekt sind korrekt?

Das einfallende Teilchen im obigen Graphen kommt von links. Interferenz der einfallenden und reflektierten Welle sorgt auf der linken Seite für Interferenz und somit Berge und Täler in der Wahrscheinlichkeit. Auf der rechten Seite handelt es sich um eine reine harmonische Schwingung, die Wahrscheinlichkeit ist konstant.

Leider nicht korrekt, diese Antwort wäre richtig gewesen. In der Tat setzen wir zwei Exponentialfunktionen (mit \pm im Exponenten für (ein-)auslaufende Wellen) an. Bildet man hier den Betrag, erhält man Kreuzterme, sodass das Ergebnis nicht ortsunabhängig ist. Da wir rechts keine einfallenden Teilchen von rechts haben, ist hier nur ein einzelnes Exponential angesetzt, welches natürlich betragslich 1 ergibt.

Aus der Überlegung $\frac{d^2 \psi}{dx^2} = E_{kin} = E - V$ in einer Potentialbarriere erhält man, dass $p \in i\mathbb{R}$. Mit der WKB Näherung impliziert dies exponentielle Dämpfung der Welle.

Leider nicht korrekt, diese Antwort wäre richtig gewesen. Da die WKB Näherung den Impuls als Phase in einem komplexen Exponential besitzt, wird der Exponent bei rein imaginären Impulsen reell und negativ. Somit fällt die Welle exponentiell ab.

Wie an der WKB Näherung ersichtlich tritt der Tunneleffekt auch auf, wenn die Potentialbarriere kleiner ist, als die Energie des Teilchens. Auch hier wird das Teilchen teils reflektiert und hinter der Barriere ist die Wahrscheinlichkeit des Auffindens geringer. (1)

Leider nicht korrekt, diese Antwort ist nicht richtig. Falls das Potential im gesamten Raum kleiner ist, als der Impuls, so ist dieser immer reell. Damit fällt die Wahrscheinlichkeit nie ab -- im Potentialwall verringert sich natürlich die Frequenz der Welle durch geringes p , allerdings nicht ihre Amplitude.

Wie jede Näherung ist die WKB Näherung in einigen Fällen durchaus gerechtfertigt. Dies lässt sich z.B. daran erkennen, dass die Lebensdauer von α emittierenden Kernen, bedingt durch Tunnelwahrscheinlichkeiten der Teilchen, dem richtigen experimentellen Gesetz folgt. (1)

Korrekt, diese Antwort ist richtig Auch der α Zerfall ist durch das Tunneln der Teilchen bestimmt. Da hier die Amplituden nicht besonders schnell variieren, ist in den meisten Fällen die WKB Näherung als angemessen anzunehmen. Dass sie hier in der Tat das experimentelle Gesetz bestätigt, ist ein weiterer Hinweis darauf.

0/3 Lösung anzeigen Wiederholen

Links

(Idealerweise auf Tablet oder größer)

Beispiel-Slides



koerbcki.io/noc.ruhr-uni-bochum.de/gqms-demo/

Source-Code



git.noc.ruhr-uni-bochum.de/koerbcki/gqms-demo/

(Gastzugang auf Anfrage)

Moodle-Kurs



moodle.ruhr-uni-bochum.de/course/view.php?id=44724

Anleitung



cjoerber.github.io/group-theory-example-lecture/docs/

Warum nicht doch ein Video?

Aus Dozierenden Sicht

Pro Slides

- Interaktivität: Widgets, Quiz in einem Format
- Versionskontrolle: Ein Detail passt nicht? Einfach austauschen
- Keine Software/Plattformbindung
- Kleinere Files (Audio .mp3s am größten)

Con Slides

- Höhere Eintrittsschwelle / technisches Know How (Einarbeitung SHK ~ 2 Wochen)
- Browserbasiertes Rendern besser auf größeren Bildschirmen

Umsetzung

Siehe auch Source-Code

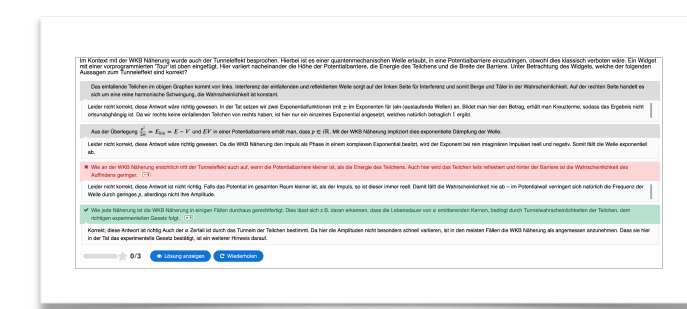
Slides via revealjs.com (HTML/JavaScript)

- Slidgestaltung ist ähnlich zu LaTeX Beamer.
- Kann alle Gängen HTML/JS Elemente beinhalten (Videos, Widgets, ...).
- Vertonung entspricht austauschbaren .mp3 Files.

```
<section>
<h3>About (Zum Start: Play-Button unten)</h3>
<h4>Das Konzept</h4>
<ul>
<li>Beispiel anhand der "Grundlagen der ...</li>
<li>Dozent und Konzept: Christopher Körber ...</li>
<li>Hilfskräfte: M. Abolnikov, N. Conrad.</li>
</ul>
<div class="r-stack">

</div>
<div class="fragment">
<h4>Inhalte</h4>
<ul>
<li>Nachbesprechung der Vorlesung...</li>
<li>Quiz (H5P) mit interaktivem Widget (Python/JS)</li>
</ul>
</div>
</section>
```

Quiz via H5P (YAML/Python)



- Quiz-Erstellung im “Keyword-Stil” — Speicherung als Textdatei.
 - (Alternativ kann auch Moodle zur Erstellung genutzt werden.)
- Nutzung von Parser, welcher YAML Files in Moodle-importierbare .h5p Files verwandelt (somit Änderung gezielt und lokal möglich).
- Quizzes geben ausführliches Feedback.

```
- type: "multiple choice"
name: "Der Tunneleffekt"
question: "Im Kontext mit der WKB Näherung wurde auch ..."
single-answer: False
reference: "Fichter Skript S.46-50"
intention: "Verständnis der Herkunft des Tunneleffekts und ..."
answers:
# 1. Antwort
- answer: "Das einfallende Teilchen im obigen Graphen ..."
solution: True
response:
hint: "Wie sieht der Ansatz ..."
default: "In der Tat setzen ..."
# 2. Antwort
- answer: "Aus der Überlegung ..."
solution: True
response:
hint: "Wo in der WKB Näherung findet ..."
default: "Da die WKB Näherung den Impuls ..."
```

Widgets via Plotly (Python)



- Widgets via Plotly (Python Modul).
 - (Es können auch externe Ressourcen eingebettet werden.)
- Python Plots können als JS/HTML Widgets exportiert werden.

```
import pandas as pd
import plotly.express as px

... # Erstellung der Plot Arrays und Funktionen

# Erstellung der Plot- und Metadaten in "Tabellenform"
df = pd.DataFrame(
    data={"x": x, "y": f(x, hbe), "Höhe, Breite, Energie": hbe}
)

# Erstellung des Plots und export als HTML Datei
fig = px.line(
    df,
    x="x",
    y="y",
    animation_frame="animate",
    labels={"animate": "Höhe, Breite, Energie"},
)
fig.write_html("widget.html")
```