

Die erste ChETEC-INFRA Masterclass „Eine Reise durch die Elemente“ beschäftigt sich mit den Grundlagen der nuklearen Astrophysik. Dafür werden Grundprinzipien der Kernphysik aufgegriffen und in astrophysikalischen Kontext behandelt, um die Entstehung der Elemente zu rekonstruieren. Essentieller Bestandteil der Masterclass ist die Vermittlung der Grundideen und Forschungsansätze des Wissenschaftsfeldes nukleare Astrophysik, indem gemeinsam mit den Teilnehmer:innen Daten eines aktuellen, für das Themengebiet relevanten Experimentes analysiert werden. Im Folgenden wird der Ablauf der Masterclass beschrieben und alle notwendigen Informationen beigelegt, damit sie selbst eine Masterclass in nuklearer Astrophysik geben können.

## Allgemeines

- Ziel dieses Projektes ist es, ein **reproduzierbares Vermittlungskonzept** für nukleare Astrophysik zu entwerfen. Daraus folgt dass
  1. alle verwendeten Materialien leicht erstellt werden können. Es sind keine Softwareinstallationen notwendig und die Masterclass beinhaltet auch keine komplexen Experimentieraufbauten.
  2. die Materialien in verschiedene Sprachen übersetzt und international verwendet werden. Somit gibt es auch keine gezielte Lehrplanorientierung.
  3. Alle Materialien wurden unter der Creative-Commons-Lizenz CC-BY-SA 4.0 veröffentlicht:  
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International \(CC-BY-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
- **Zielgruppe** der Masterclass sind Schülerinnen und Schüler ab 15 Jahren sowie Studienanfänger im Bereich Physik & Physik Lehramt.
  - Für das Verständnis der Masterclass sind keine Vorkenntnisse auf dem Bereich der Astrophysik und Astronomie notwendig.
  - Grundkenntnisse der Kernphysik (grundlegender Aufbau von Atomkernen und Kernumwandlungen) sind ebenfalls nicht notwendig, aber hilfreich.
  - Aufgrund von Gruppen- und Partnerarbeiten sollte die Gruppenstärke bei einem Masterclassdurchgang idealerweise zwischen 12 und 24 Teilnehmenden liegen.
- Die Gesamtdauer der Masterclass beträgt 5-6 Stunden bzw. 7 Unterrichtsstunden à 45min. Die Zeitangaben (siehe Ablaufplan) sind als grobe Richtwerte zu verstehen.

## Lernziele

Im Folgenden sind die **Konzeptziele** der Masterclass aufgelistet. Diese werden im Ablaufplan mit ihren Nummern referenziert und den Arbeitsphasen zugeordnet.

Die Teilnehmer:innen

1. Kennen die physikalischen Kenngrößen, die ein chemisches Element und ein Nuklid definieren.
2. Verstehen den grundlegenden Aufbau von Atomkernen sowie das Konzept der Stabilität von Atomkernen.
3. Wenden Erhaltungssätze an, um Kernreaktionsgleichungen aufzustellen.
4. Gewinnen einen Einblick in die verschiedenen Arten von Sternen und ihre Kenngrößen.
5. Verstehen den Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Sternen und den kernphysikalischen Prozessen, die diese antreiben.
6. Verstehen, wie chemische Elemente durch Kernfusionsprozesse in Sternen entstehen können.
7. Gewinnen einen Einblick in die Entstehung höherer Elemente durch Neutroneneinfangprozesse.
8. Gewinnen einen Einblick in den stochastischen Charakter thermonuklearer Prozesse in Sternen.
9. Untersuchen eine Kernreaktion mithilfe von Gammaskopie.
10. Gewinnen einen Einblick in kernphysikalische Untersuchungsmethoden.
11. Entwerfen ein Verständnis von den Grundideen der nuklearen Astrophysik.

### Benötigte Materialien & Medien

Um eine Masterclass zu geben, wird Folgendes benötigt:

1. Eine Beamer, um die vollständige **PowerPoint-Präsentation** darzustellen (idealerweise interaktive Tafel)
2. Ein **Notebook** oder PC mit Internetzugang für jeden zweiten Teilnehmenden.
3. Ein **Taschenrechner** für jeden Teilnehmenden
4. Die Raumstruktur und der Platz, damit in Vierergruppen und Partnerarbeit gearbeitet werden kann.
5. Für das Nuklid-Brettspiel wird 1 Würfel für jede Vierergruppe sowie eine Spielfigur für jeden Teilnehmenden benötigt.
6. Folgende Materialien ausgedruckt  
(siehe [http://mc.chetec-infra.eu/de/materials/materials\\_print.zip](http://mc.chetec-infra.eu/de/materials/materials_print.zip)):
  - Die Gruppenpuzzle-Arbeitsblätter **GroupPuzzle\_Full.pdf** in A4, für jeden Teilnehmenden eine Seite
  - Die Sternenkarten **StarCards.pdf** vollständig ausgedruckt, farbig und zugeschnitten (Am Ende sollte jede Sternenkarte ca. A6-Format haben)
  - Die Datenanalyse-Arbeitsblätter **WS\_Data.pdf** in A4, für jeden Teilnehmenden
  - Das Dokument **Energy Levels.pdf** muss nicht zwingend ausgedruckt werden sondern kann am Computer eingesehen werden ([http://mc.chetec-infra.eu/de/materials/Energy\\_Levels.pdf](http://mc.chetec-infra.eu/de/materials/Energy_Levels.pdf))
  - Das Dokument **Nuclide\_board.pdf** für jede Vierergruppe ausgedruckt in A3. Hierbei handelt es sich um ein Spielbrett, es kann also nach Bedarf Sinn machen, es auf dickeren Papier auszudrucken oder zu laminieren.
  - Das Dokument **rules.pdf** für jede Vierergruppe ausgedruckt in A4
7. Weiterhin werden folgende Websites verwendet, welche auch auf <http://mc.chetec-infra.eu/de/materials.html> verlinkt sind:
  - Die **interaktive Nuklidkarte** mit 3D-Ansicht.  
<https://energyeducation.ca/simulations/nuclear/nuclidechart.html>  
*Hinweis: Hier ist zu beachten, dass ein Plugin verwendet wird, welches nicht alle Browser unterstützen, sodass idealerweise Google Chrome oder Mozilla Firefox verwendet werden sollten*
  - Das Datenanalyse-Tool <http://mc.chetec-infra.eu/histo/histogram.html>
  - Mehrere Shared-Boards über das Tool **Miro.com**
    1. Brainstorm-Board für den Einstieg und Abschluss:  
[https://miro.com/app/board/uXjVPbnzW6w=?share\\_link\\_id=368518916330](https://miro.com/app/board/uXjVPbnzW6w=?share_link_id=368518916330)
    2. Gemeinsames Hertzprung-Russell-Diagramm:  
[https://miro.com/app/board/uXjVPbnlwcM=?share\\_link\\_id=304811754210](https://miro.com/app/board/uXjVPbnlwcM=?share_link_id=304811754210)
    3. Data-Sheet, um die Messergebnisse und Berechnungen der Datenanalyse einzutragen:  
[https://miro.com/app/board/uXjVPbnlwlJM=?share\\_link\\_id=264914864616](https://miro.com/app/board/uXjVPbnlwlJM=?share_link_id=264914864616)*Hinweis: Hier ist zu beachten, dass der Vermittler vor Beginn der Masterclass sicherstellt, dass alle Boards leer sind und nach der Masterclass die Boards wieder in ihren Ursprungszustand bringt.*

	Phase	Inhalt	Methode	Materialien	Lernziel	Zeit
Part I Einführung	Einstieg & Begrüßung	Vorstellung, Überblick über den Ablauf geben	Vortrag	Präsentation	-	5
	Aktivierung: Brainstorming	Brainstorming-Board öffnen, Fragen beantworten lassen und anschließend diskutieren	Gruppenarbeit, Plenum	Brainstorming-Board	-	15
	Geschichte der chemischen Elemente	Entwicklung der Idee des chemischen Elements über die Jahrhunderte, Einblick in Elementhäufigkeiten	Vortrag	Präsentation	11	5
	Einblick in moderne Forschung	Rundgang Felsenkellerlabor: Forschungstechnik	Video	Präsentation: Video	10	5
Part II Atomkerne und ihre Eigenarten	Grundlagen der Kernphysik	Aufbau von Atomkernen und Kennzeichnung von Nukliden	Vortrag	Präsentation Nuklidkarte	1,2	10
	Grundlagen von Kernreaktionen	Aufgaben siehe AB: Erst Expertengruppen für die 4 Reaktionen, anschließend in Stammgruppen Ergebnisse teilen	Gruppenpuzzle	AB Gruppenpuzzle Nuklidkarte	2, 3	40
	Bindungsenergie und (In)stabilität	Tal der Stabilität und Zusammenhang mit Elementhäufigkeiten	Vortrag	Präsentation Nuklidkarte	2	5
Part III Entwicklung von Sternen	Das Hertzsprung-Russell-Diagramm	1-2 Sternenkarten pro Teilnehmer:in, Karte lesen und Stern in Board eintragen	Gruppenarbeit, Plenum	HRD-Board Sternenkarten	4,5	25
	Geschichte eines Sternes	Entwicklung unserer Sonne von Protostern über Hauptreihe bis zum weißen Zwerg, Entwicklungsstadien und Fusionsprozesse	Vortrag	Präsentation	4,5,6	15
Part IV Auf zu höheren Elementen!	Neutronenquellen und ihre Bedeutung	Entstehung der Elemente nach Eisen	Vortrag	Präsentation	7	5
	Das Nuklidrennen	In Vierergruppen Spielregeln befolgen, erst s-Prozess und dann r-Prozess nachspielen	Gruppenarbeit, Brettspiel	Spielbrett, Regeln, Würfel, Spielfiguren	7,8	30
	Zusammenfassung S- und R-Prozesse	Wiederholung und Vergleich der beiden Prozesse	Vortrag	Präsentation	7,8	5
Part V Sterne im Labor	Messung von Kernprozessen	Astronuclear-Nibble-Video: Grundlagen + Messtechnik	Video	Präsentation: Video	10	10
	Grundlagen der Gammaskopie	Aufgaben siehe AB, Diskussionsaufgaben gemeinsam	Partnerarbeit Plenum	AB Datenanalyse 1 Nuklidkarte	9	40
	Zusammenfassung Gammaskopie	Ziel der Messung und Überleitung zu Datenanalyse	Vortrag	Präsentation	9	10
	Datenanalyse: Messung & Auswertung	Bearbeitung der Aufgaben siehe AB, Messergebnisse in DataSheet eintragen, Messunsicherheiten qualitativ diskutieren	Partnerarbeit Plenum	AB Datenanalyse 2, Datenanalyse-Tool, Data-Sheet-Board Präsentation	9,10	60
Abschluss	Wiederholung Brainstorming	Antworten nochmal durchgehen und korrigieren, Lerneffekt überprüfen	Gruppenarbeit, Plenum	Brainstorming-Board	11	5
	Ausblick in die nukleare Astrophysik	Offene Fragen der nuklearen Astrophysik, Rolle des Wissenschaftsfeldes und kosmologische Betrachtung	Vortrag	Präsentation	11	10

300min