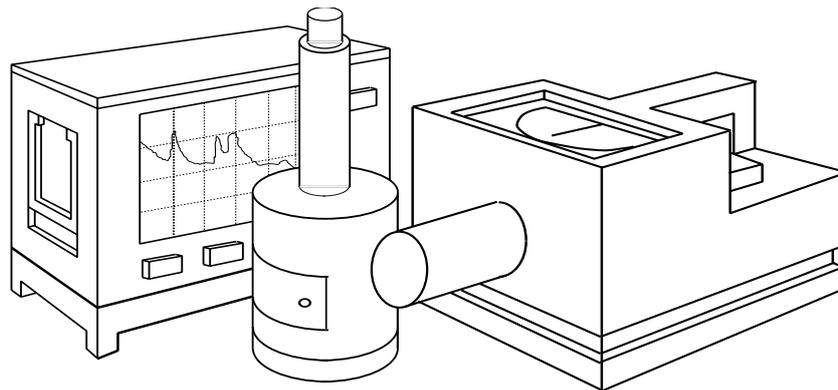


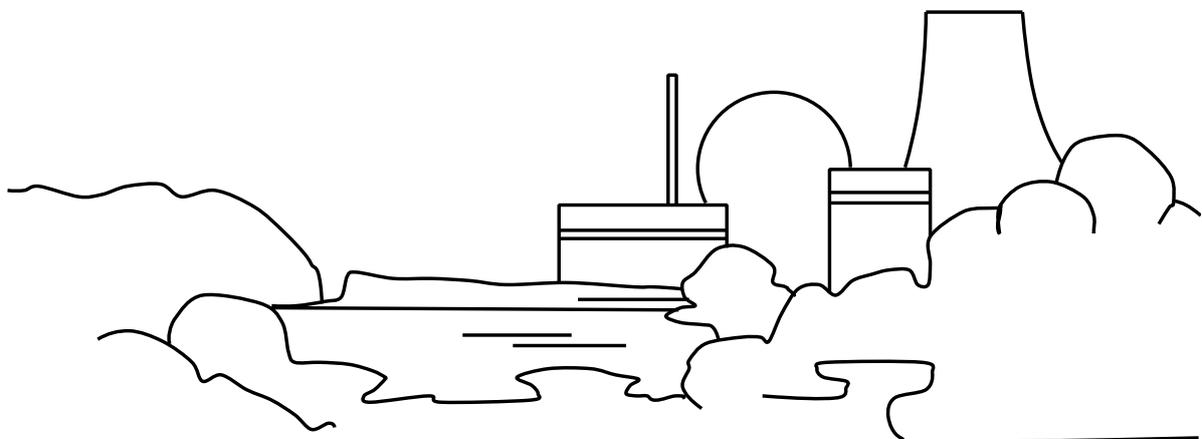
**TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DRESDEN**
Institut für Energietechnik
Ausbildungskernreaktor



REAKTORPRAKTIKUM

VERSUCH

"Kritisches Experiment"



Praktikumsanleitung

Versuch "Kritisches Experiment"

Gliederung:

1. Zielstellung
2. Aufgabenstellung
3. Allgemeine Erläuterungen
4. Theoretische Grundlagen
5. Versuchsdurchführung
6. Weitere Hinweise zum Versuch
7. Kontrollfragen

Anhang:

- Protokollblatt für Kritisches Experiment
- Vorlage für Diagramm

Stand: 08.07.2019

1. Zielstellung

Das "Kritische Experiment" dient der experimentellen Kontrolle der korrekten Beladung eines Kernreaktors mit Kernbrennstoff. Es wird durchgeführt, wenn bei der Erstinbetriebnahme eines Reaktors oder nach Änderungen in der Spaltzone (Geometrie, Beladung) die kritische Masse und die kritische Steuerstabstellung nur aus Rechnungen bekannt sind.

Durch das Kritische Experiment wird gesichert, dass

- einerseits der Reaktor mit genügend Brennstoff beladen wird, um kritisch zu werden und
- andererseits in der Spaltzone nicht zu viel Brennstoff enthalten ist, so dass die zulässige Überschussreaktivität überschritten wäre und im Extremfall der Reaktor sogar prompt überkritisch werden könnte.

Der Reaktor muss stets mit den Steuerstäben regelbar sein, d.h. es müssen durch Steuerstabbewegungen sowohl Multiplikationsfaktoren $k > 1$ als auch (was vom Sicherheitsstandpunkt noch wichtiger ist) $k < 1$ einstellen lassen. Beispielsweise darf es keinesfalls sein, dass durch eine zu große Brennstoffbeladung der AKR bereits bei Annäherung der beiden Spaltzonenhälften kritisch bzw. überkritisch würde, da dann eine Regelbarkeit durch die Steuerstäbe nicht mehr gegeben wäre.

Die Durchführung eines Kritischen Experiments verlangt vom Bedienungspersonal fachliches Verständnis für die physikalischen Vorgänge im Reaktor sowie in besonderem Maße hohes Verantwortungsbewusstsein und muss mit Umsicht und Sorgfalt ausgeführt werden.

Ziel des Praktikumsversuches ist es, die **Mess- und Auswertemethoden** eines Kritischen Experiments zu vermitteln, die

- eine jederzeit sichere Annäherung an den kritischen Zustand und
- die zuverlässige Vorausbestimmung der kritischen Parameter ermöglichen.

Am AKR kann ein Kritisches Experiment auf zwei Arten durchgeführt werden:

- durch Erhöhung der Brennstoffmasse in der Spaltzone durch Zuladung von Brennelementplatten oder
- durch schrittweise Annäherung der Spaltzonenhälften bei gegebener Beladung der Spaltzonenhälfte.

Bei der Erstbeladung des AKR wurde die kritische Masse durch schrittweisen Aufbau der Spaltzone aus plattenförmigen Brennelementen ermittelt. Da die Manipulation mit Kernbrennstoff sehr aufwendig ist und umfangreiche zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen und Vorschriften gelten, wird im Praktikumsversuch das Kritische Experiment durch schrittweises Anheben der unteren Spaltzonenhälfte durchgeführt.

2. Aufgabenstellung

- 2.1. Aus dem Ansteigen der Neutronendichte n beim schrittweisen Anheben der unteren Spaltzonenhälfte des AKR ist durch Extrapolation der Abstand x_{krit} zwischen den beiden Spaltzonenhälften zu ermitteln, bei dem die Anordnung kritisch wird.
- 2.2. Aus den Messwerten für die Zählraten der Neutronendichte n sind in Abhängigkeit von der Position x der unteren Spaltzonenhälfte zu ermitteln und grafisch darzustellen:
 - der Multiplikationsfaktor $k(x)$,
 - die unterkritische Verstärkung $M(x)$ und
 - die Reaktivität $\rho(x)$.

3. Allgemeine Erläuterungen

Bei jeder neuen Reaktoranlage oder nach wesentlichen Veränderungen im Reaktoraufbau müssen die Parameter experimentell bestimmt werden, bei denen die Anordnung kritisch wird. Grundsätzlich betrifft das alle Größen z_i , die die Neutronenbilanz und damit die Kritikalität der Anordnung beeinflussen:

$$k = f(z_1, \dots, z_n)$$

Dazu gehören neben dem Kernbrennstoff selbst auch der Moderator, der Reflektor, die Regelstäbe, Neutronendetektoren, Experimentiereinrichtungen sowie alle anderen Materialien in der Spaltzone.

Den Einfluss bestimmen dabei sowohl die Materialeigenschaften als auch die eingesetzten Massen und die räumliche Anordnung zueinander.

Bei der ersten Inbetriebnahme eines Reaktors geht man i.a. von einer Anordnung aus, deren Aufbau fast vollständig abgeschlossen ist und die durch Variation **nur eines** freien Parameters z_i im sogenannten "Kritischen Experiment" in den kritischen Zustand überführt wird, d.h. für $z \rightarrow z_{\text{krit}}$ geht $k \rightarrow 1$ (Abb. 1).

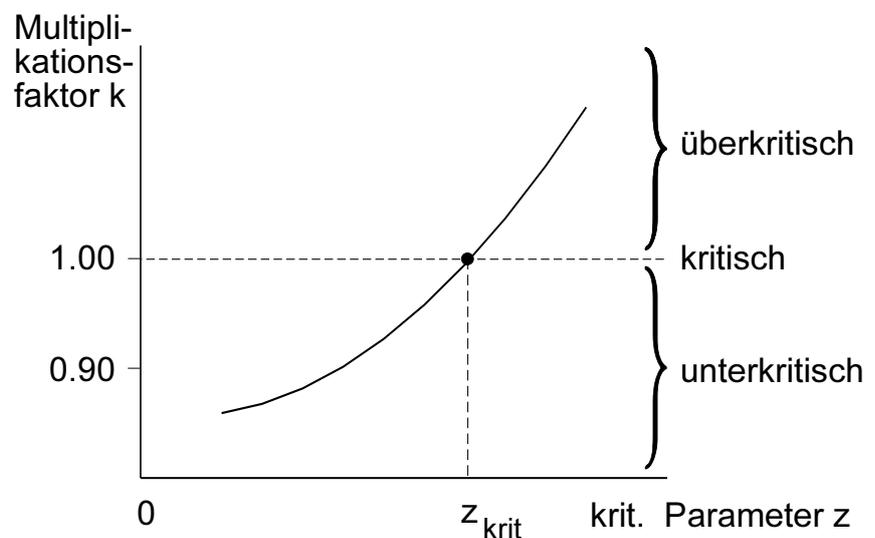


Abb. 1, Abhängigkeit des Multiplikationsfaktors k vom Parameter z des Kritischen Experiments

Beim ersten Kritischmachen eines Reaktors wählt man meist als freien Parameter für das Kritische Experiment die Brennstoffmasse ($z = m_{\text{Brennstoff}}$). Man geht von einer unterkritischen Beladung des Reaktors aus und erhöht schrittweise die Brennstoffmasse in der Spaltzone, bis der Reaktor kritisch oder überkritisch wird. Es ist aber auch möglich, zwei unterkritische Massen, die zusammen eine überkritische Masse ergeben, vorsichtig aneinander anzunähern und den Abstand zwischen beiden als kritischen Parameter zu betrachten. Dieser Weg wird beim Praktikumsversuch begangen (kritischer Parameter z ist dann die Hubhöhe der unteren Spaltzonenhälfte).

4. Theoretische Grundlagen

Bei Versuchsbeginn ist die untere Spaltzonenhälfte des AKR so weit abgesenkt, dass der Reaktor unterkritisch ist ($x=0$). Die Anordnung ist schematisch in Abb. 2 dargestellt.

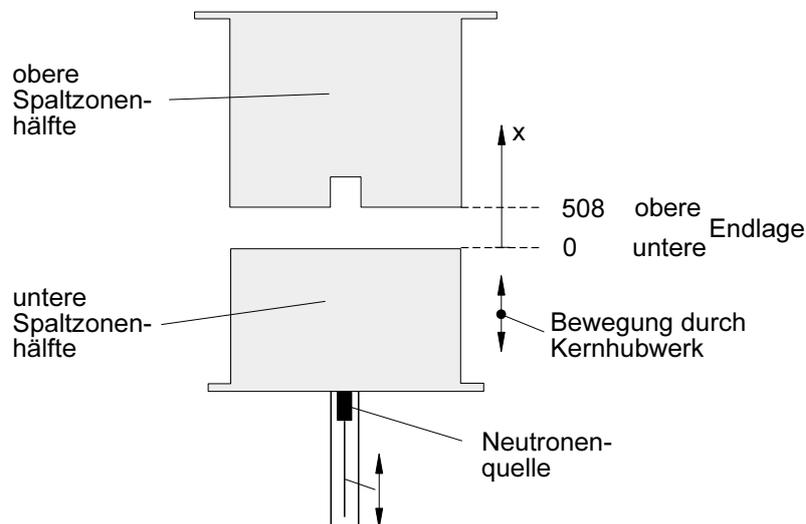


Abb. 2, Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Der unterkritische Reaktor ist fast neutronenleer. Durch das Einfahren der Neutronenquelle mit der Quellstärke S wird durch die Zufuhr von Neutronen die Neutronendichte soweit angehoben, dass

- ein ausreichender Messeffekt bei vertretbaren Messzeiten und damit
- die Sicherheit bei der Durchführung des Experimentes gewährleistet sind.

Als Messgröße für den Reaktorzustand wird die Neutronendichte $n(t \rightarrow \infty)$ benutzt, die durch die unterkritische Verstärkung der Neutronenquelle erzeugt wird und sich nach (theoretisch) unendlich langer Zeit einstellt. Die Neutronendichte n ist proportional zur Neutronenflussdichte Φ im Reaktor, der Reaktorleistung P sowie der an den Neutronendetektoren gemessenen Zählraten N .

Für die asymptotische Neutronendichte nach unendlich langer Zeit gilt

$$\begin{aligned}
 n_{(t \rightarrow \infty)}(\sim \Phi, \sim P, \sim N) &= S \cdot l + S \cdot l \cdot k + (S \cdot l \cdot k) \cdot k + \dots \\
 &= S \cdot l (1 + k + k^2 + k^3 + \dots) \\
 &= S \cdot l \cdot \frac{1}{1-k} \quad (\text{als Summation der geometr. Reihe für } k < 1)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

mit S Quellstärke der Neutronenquelle

l Neutronengenerationszeit

k Multiplikationsfaktor des (unterkritischen) Reaktors

Die Zeitabhängigkeit zur Erreichung der asymptotischen Neutronendichte n lautet

$$n(t) = \frac{S \cdot l}{1 - k} \left(1 - e^{-\frac{(1-k)}{l} \cdot t} \right)
 \tag{2}$$

Gleichung 2 geht nach unendlich langer Zeit in Gleichung 1 über. Aus Gleichung 2 ist ersichtlich, dass die Erreichung des asymptotischen Zustandes mit zunehmender Annäherung an den kritischen Zustand (d.h. $k \rightarrow 1$) immer länger dauert.

Zu Beginn der Versuchsdurchführung habe nun der Abstand zwischen den Spaltzonenhälften für die Zeit $t < 0$ den Wert x_0 . Die gesamte Anordnung besitzt den Multiplikationsfaktor $k(x_0) = k_0$.

Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Abstand der Spaltzonenhälften um den Betrag Δx verringert. Der zu der neuen Hubhöhe x gehörige Multiplikationsfaktor sei $k(x)$. Die Neutronendichte wächst gemäß Gleichung 2 an. Nach hinreichend langer Wartezeit ($t \rightarrow \infty$) hat die Neutronendichte praktisch den asymptotischen Grenzwert $n(t \rightarrow \infty)$ (Gleichung 3) angenommen:

$$n(x, t \rightarrow \infty) = S \cdot l \cdot \frac{1}{1-k(x)}
 \tag{3}$$

Der Faktor

$$M(x) = \frac{1}{1 - k(x)}
 \tag{4}$$

wird dabei auch als **unterkritische Verstärkung** bezeichnet.

Der Zusammenhang zwischen den genannten Größen x , $k(x)$ und $n(x,t)$ ist in Abb. 3 dargestellt.

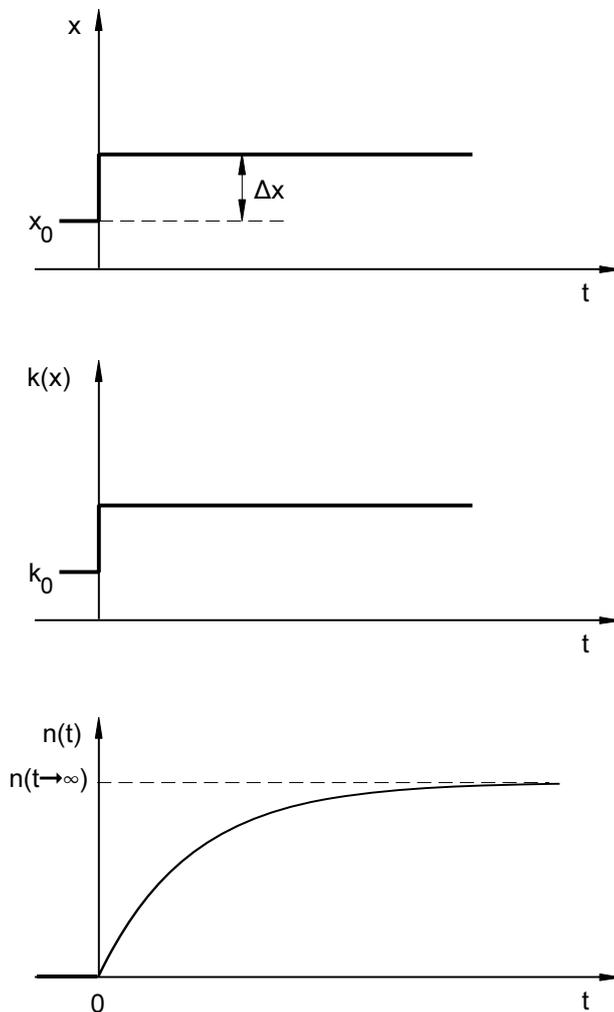


Abb. 3, Zeitverhalten der Neutronendichte mit Annäherung an den asymptotischen Grenzwert bei Verringerung des Abstandes zwischen den Spaltzonenhälften

Bei der Durchführung des Experimentes wird der Abstand zwischen den beiden Spaltzonenhälften schrittweise verringert.

Wartet man nach jeder Abstandsverringerng mit der Bestimmung der Neutronendichte so lange, dass sich der asymptotische Wert eingestellt hat, so streben für $k \rightarrow 1$ sowohl die unterkritische Verstärkung als auch die Neutronendichte $n(t \rightarrow \infty)$ gegen Unendlich:

$$\lim_{k \rightarrow 1} n(t \rightarrow \infty) = \infty \quad (5)$$

Damit geht der reziproke Wert der Neutronendichte $1/n(t \rightarrow \infty)$ für $k \rightarrow 1$ gegen Null:

$$\lim_{k \rightarrow 1} (1/n(t \rightarrow \infty)) = 0 \quad (6)$$

Da die Impulsrate N eines Neutronenmesskanals der Reaktorinstrumentierung der Neutronendichte n direkt proportional ist, gilt

$$N \sim n \quad \text{bzw.} \quad N = C \cdot n \quad (7)$$

Die Konstante C hängt von der Positionierung und der Empfindlichkeit des Neutronendetektors ab. Nach Erreichen des asymptotischen Grenzwertes $n(t \rightarrow \infty)$ ist die **inverse** Impulsrate $1/N$ eines Messkanales gegeben durch

$$1/N(x) = \frac{1}{C \cdot n(t \rightarrow \infty)} = \frac{1 - k(x)}{C \cdot S \cdot l} \quad (8)$$

Trägt man $1/N(x)$ als Funktion von x auf, so ergibt der Schnittpunkt der Kurve mit der Abszisse die Position x_{krit} der unteren Spaltzonenhälfte, bei der die Anordnung gerade kritisch ist (Abb. 4).

$$1/N(x_{\text{krit}}) = 0 \quad (9)$$

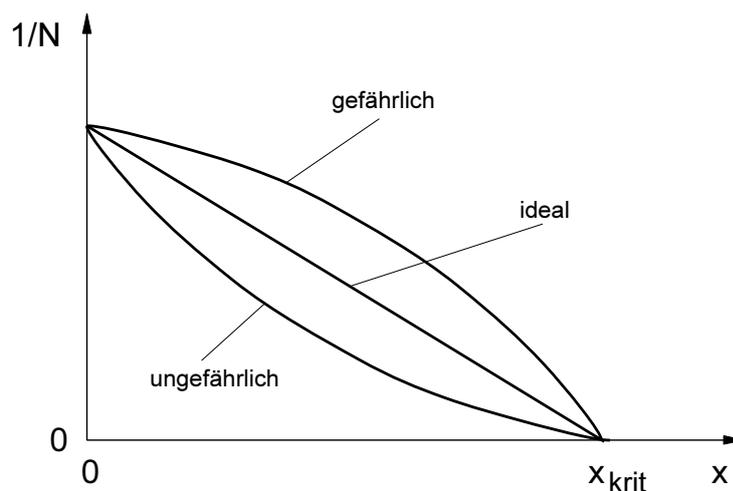


Abb. 4, Grafische Darstellung von $1/N(x)$ zur Ermittlung von x_{krit} durch Extrapolation

Prinzipiell sind drei Kurvenverläufe für $1/N(\mathbf{x})$ möglich:

- idealer Verlauf (linearer Verlauf)
- gefährlicher Verlauf (konkave Seite zur Abszisse)
- ungefährlicher Verlauf (konvexe Seite zur Abszisse).

Welcher Verlauf gemessen wird, hängt entscheidend von der Positionierung zwischen Neutronenquelle und Neutronendetektor ab.

Beim schrittweisen Anheben der unteren Spaltzonenhälfte um den Betrag Δx wächst die Neutronenzählrate N um den Betrag ΔN an:

$$\Delta N = N(x + \Delta x) - N(x) = C \cdot S \cdot l \frac{k(x + \Delta x) - k(x)}{(1 - k(x + \Delta x)) \cdot (1 - k(x))} \quad (10)$$

Durch Division mit $N(\mathbf{x})$ eliminiert man die unbekanntenen Konstanten und erhält

$$k(x + \Delta x) = 1 + \frac{N(x)}{N(x + \Delta x)} (k(x) - 1) \quad (11)$$

Damit kann, ausgehend vom bekannten vorhergehenden Wert des Multiplikationsfaktors, der jeweils nächste iterativ errechnet werden. Der Ausgangswert $k_0 = k(\mathbf{x}_0)$ muss dazu bekannt sein. Beim AKR beträgt der Multiplikationsfaktor für den Zustand mit vollständig getrennten Kernhälften $k_0 = 0.945$.

Mit bekanntem $k(\mathbf{x})$ kann die unterkritische Verstärkung M als Funktion von \mathbf{x} ermittelt werden

$$M(x) = \frac{1}{1 - k(x)} \quad (12)$$

Über den Multiplikationsfaktor k ist die Reaktivität ρ definiert, die sich bei bekanntem $k(\mathbf{x})$ gemäß Gleichung 13 als Funktion von \mathbf{x} berechnen lässt.

$$\rho(x) = \frac{k(x) - 1}{k(x)} \quad (13)$$

Die Reaktivitätsänderung $\Delta\rho(\mathbf{x})$ ist gegeben durch:

$$\Delta\rho(x) = \left(\frac{d\rho}{dx} \right) \cdot \Delta x \quad (14)$$

mit

$$\left(\frac{d\rho}{dx} \right)_x = - \frac{\rho(x)}{N(x)} \cdot \frac{N(x+\Delta x) - N(x)}{\Delta x} \quad (15)$$

Da die Funktion $d\rho/dx$ in der Nähe des kritischen Zustandes unter Umständen stark anwächst (gefährlicher Verlauf!) muss die Annäherung an den kritischen Zustand mit ständig abnehmender Schrittweite Δx erfolgen, damit der Reaktivitätszuwachs $\Delta\rho(\mathbf{x})$, d.h. das Produkt $(d\rho/dx) \cdot \Delta x$ nicht zu groß wird.

5. Versuchsdurchführung

- 5.1. Bedingung für die Durchführung eines kritischen Experimentes durch schrittweises Anheben der unteren Spaltzonenhälfte ist ein durch Experimente gesicherter Zustand der Anlage, bei dem die Überschussreaktivität bei vollständig vereinigten Spaltzonenhälften einen Maximalwert von 0.3 % nicht überschreitet.
- 5.2. Die Anlage wird zunächst wie bei einem Wiederholungsstart geprüft (u.a. Anheben der unteren Spaltzonenhälfte um ca. 30 digit und Auslösen der Totalabschaltung durch Taster "Hand-RESA").

Zusätzlich ist der korrekte Abfall der Steuerstäbe zu testen.

- Dazu ist mit dem Schlüsselschalter "Simulation Kernhälften zusammen" auf dem Steuerpult Reaktor der Endlagenschalter "Kernhälften zusammen" zu brücken. Der Schlüsselschalter stellt administrativ sicher, dass nur bewusst in diesen Betriebszustand gewechselt werden kann.
- Die Steuerstäbe werden nacheinander aus ihrer inneren Endlage gefahren. Die Fahrbewegung wird unterbrochen, wenn auf dem Bedienbildschirm angezeigt wird, dass der jeweilige Steuerstab seine untere Endlage verlassen hat.
- Am Steuerpult wird manuell eine RESA ausgelöst (Hand-AUS).
- Am Bedienbildschirm ist der Abfall der Steuerstäbe zu kontrollieren (Bestätigung durch Anzeige der unteren Endlage).

Nach dieser Überprüfung darf die Anlage bis zum Abschluss des kritischen Experiments nicht mehr abgeschaltet werden.

Die ordnungsgemäße Funktion der partiellen und totalen Abschaltung ist Voraussetzung für den Beginn des kritischen Experiments.

- 5.3. Zu Beginn des Experimentes sind die Kernhälften vollständig getrennt. Danach werden die Anlassneutronenquelle eingefahren und mit dem Schlüsselschalter "Simulation Kernhälften zusammen" auf dem Steuerpult Reaktor das Signal "Kernhälften zusammen" gebrückt. Anschließend werden alle Steuerstäbe bis zur Endlage aus der Spaltzone herausgefahren.
- 5.4. Mit den Weitbereichsmesskanälen i ($i = 1, 2$) werden bei vollständig getrennten Kernhälften die Impulszählraten $N_{\text{aus}}(1,i)$ gemessen. Die Steuerstäbe werden eingefahren und an den Weitbereichsmesskanälen die Zählraten $N_{\text{ein}}(1,i)$ gemessen. Die Messwerte der Weitbereichsmesskanäle werden an den Bildschirmen des Steuerpultes direkt bzw. über die generierte Grafik abgelesen und in vorbereitete Protokolle gemäß Vorgabe in Abschn. 6 eingetragen. Um die Zuverlässigkeit der Ausgangswerte zu erhöhen, werden jeweils 3 Werte abgelesen und der Durchschnitt ermittelt.
- 5.5. Die untere Kernhälfte wird 10 mm (100 digits) gehoben. Die Steuerstäbe werden ausgefahren und die Impulszählraten $N_{\text{aus}}(2,i)$ abgelesen. Die Steuerstäbe werden eingefahren und die Impulszählraten $N_{\text{ein}}(2,i)$ abgelesen. Um die Zuverlässigkeit der Messung zu erhöhen, werden jeweils 2 Werte abgelesen und der Durchschnitt ermittelt.
Es sind die Verhältnisse $W_{\text{aus}}(2,i) = N_{\text{aus}}(1,i) / N_{\text{aus}}(2,i)$ und $W_{\text{ein}}(2,i) = N_{\text{ein}}(1,i) / N_{\text{ein}}(2,i)$ für jeden Messkanal i zu bilden und in das jeweilige Protokoll gemäß Anlage einzutragen. Die ermittelten Werte für $W_{\text{aus}}(2,i)$ und $W_{\text{ein}}(2,i)$ werden in ein Diagramm über der Hubhöhe x der unteren Kernhälfte eingetragen und durch jeweils eine Gerade mit dem Punkt $W_{\text{aus}}(1,i)$ bzw. $W_{\text{ein}}(1,i)$ verbunden [$W_{\text{aus}}(1,i) = N_{\text{aus}}(1,i) / N_{\text{aus}}(1,i) = 1$ bzw. $W_{\text{ein}}(1,i) = N_{\text{ein}}(1,i) / N_{\text{ein}}(1,i) = 1$]. Durch Extrapolation der beiden Geraden nach der x -Achse ergeben sich die voraussichtlichen Hubhöhen $x_{\text{krit, aus}}(i)$ bzw. $x_{\text{krit, ein}}(i)$ für den kritischen Reaktor, jeweils für aus- bzw. eingefahrene Steuerstäbe (vgl. Abb. 5). Der Abstand zwischen $x_{\text{krit, aus}}(i)$ und $x_{\text{krit, ein}}(i)$ drückt den Regelbereich der Steuerstäbe, ausgedrückt in Hubhöhe der unteren Kernhälfte, aus. Die maximale Hubhöhe der unteren Kernhälfte x_{max} , gegeben durch die mechanische Konstruktion, muss zwischen $x_{\text{krit, aus}}(i)$ und $x_{\text{krit, ein}}(i)$ liegen, wenn das Experiment erfolgreich enden soll.
- 5.6. Der kleinste von den Werten $x_{\text{krit, aus}}(i)$ wird als kritische Hubhöhe angesetzt. Im nächsten Schritt wird die untere Kernhälfte um die Hälfte der Differenz zwischen der aktuellen Hubhöhe und der minimalen kritischen Hubhöhe, jedoch nicht mehr als 10 mm (100 digits), angehoben, d.h.

$$\Delta x_{\text{max}} = \frac{x_{\text{krit, min}} - x}{2} \leq 100 \text{ digit} \quad (16)$$

Es ergeben sich neue Impulszählraten $N_{\text{aus}}(3,i)$ für aus- bzw. $N_{\text{ein}}(3,i)$ für eingefahrene Steuerstäbe, aus denen die Verhältnisse $W_{\text{aus}}(3,i) = N_{\text{aus}}(1,i) / N_{\text{aus}}(3,i)$ bzw. $W_{\text{ein}}(3,i) = N_{\text{ein}}(1,i) / N_{\text{ein}}(3,i)$ gebildet werden. Es wird jeweils eine Gerade gezeichnet zwischen den Punkten $W_{\text{aus}}(2,i)$ und $W_{\text{aus}}(3,i)$ sowie zwischen $W_{\text{ein}}(2,i)$ und $W_{\text{ein}}(3,i)$. Die Extrapolation dieser Geraden führt zu den neuen (präziseren) kritischen Hubhöhen $x_{\text{krit, aus}}(i)$ und $x_{\text{krit, ein}}(i)$.

- 5.7. Der Punkt 5.6 ist so lange zu wiederholen, bis die Extrapolations-Schnittpunkte der beiden Geraden zuverlässig die Bedingung erfüllen: $X_{\text{krit,aus}}(\mathbf{i}) < X_{\text{max}} < X_{\text{krit,ein}}(\mathbf{i})$. Ein normaler Verlauf des Kritischen Experiments ist in Abb. 5 skizziert.
- 5.8. Ist $x_{\text{krit,aus}}(\mathbf{i}) > X_{\text{max}}$, enthält die Spaltzone zu wenig Brennstoff, ist $X_{\text{krit,ein}}(\mathbf{i}) < X_{\text{max}}$ ist zu viel Brennstoff eingeladen.
- 5.9. Nach Gewährleistung der Bedingung gemäß Pkt. 5.7 ist zum Abschluss des Kritischen Experiments der Abstand zwischen den beiden Kernhälften in kleinen Schritten weiter bis auf Null zu verringern (Kernhälften vollständig vereinigt). Dabei ist der Reaktivitätszuwachs durch das Einfahren der Steuerstäbe zu kompensieren.
- 5.10. Durch Lösen des Schlüsselschalters "Simulation Kernhälften zusammen" wird die Brücke für den Endlagenschalter "Kernhälften zusammen" beseitigt. Das Experiment endet mit der Eintragung der kritischen Steuerstabpositionen und des Zeitpunktes des Erreichens des kritischen Zustandes ins Betriebsjournal.

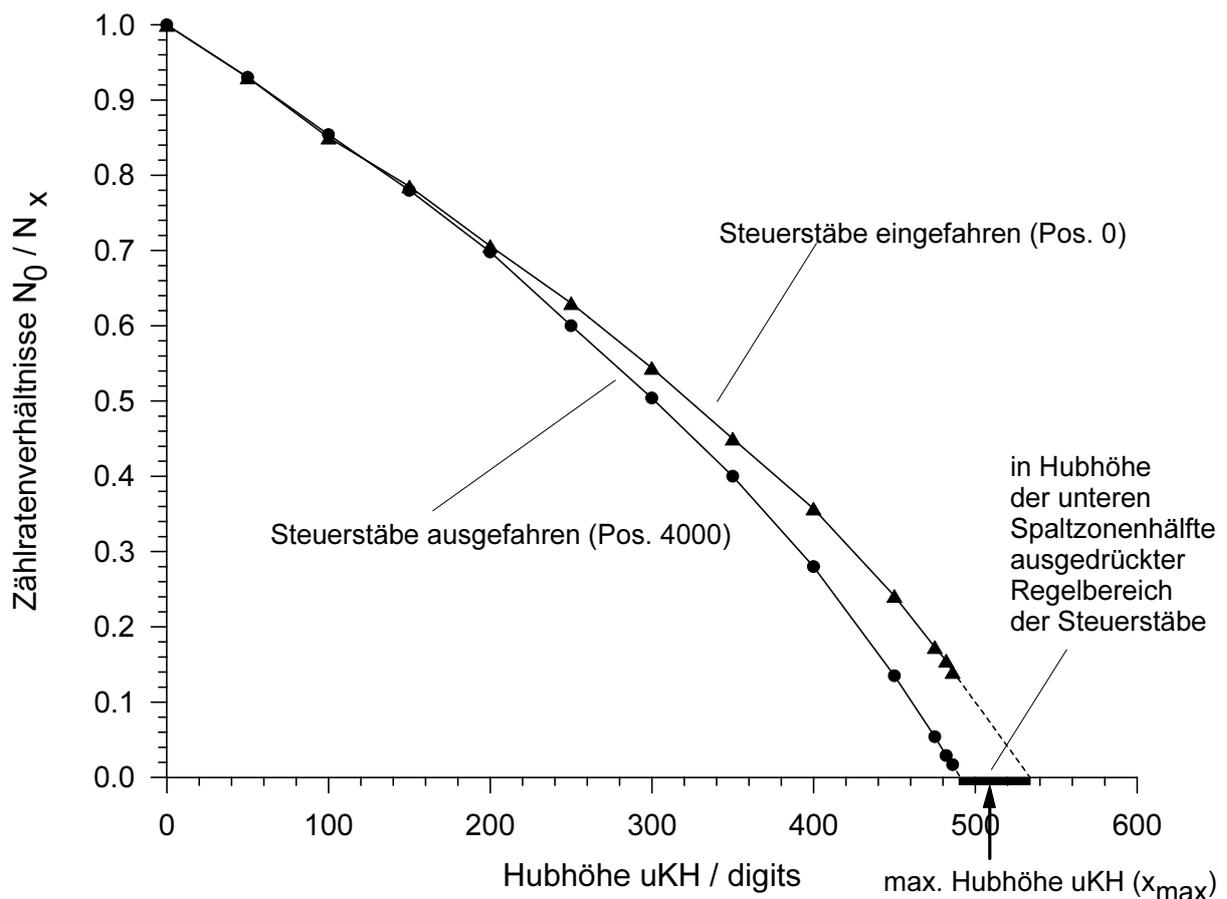


Abb. 5, Normaler Verlauf des Kritischen Experiments

6. Weitere Hinweise zum Versuch

Die grafischen Darstellungen zur Ermittlung der kritischen Positionen werden **während** der Versuchsdurchführung angefertigt.

Dazu werden benötigt:

- Millimeterpapier A4
- Lineale
- Taschenrechner

In einer Tabelle werden folgende Werte eingetragen bzw. berechnet (jeweils für ein- und ausgefahrene Steuerstäbe):

Hubhöhe x_i / digits	Steuerstab- position ein / aus	Zählraten $N(x,i)$	Verhältnisse $W(x,i)$	Multiplika- tionsfaktor $k(x)$	unterkrit. Verstärkung $M(x)$	Reaktivität $\rho(x)$ / %
---------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------

7. Kontrollfragen

1. Warum muss vor jeder Erstinbetriebnahme eines Kernreaktors ein kritisches Experiment durchgeführt werden ?
2. Nennen Sie einige Größen, die Einfluss auf die Kritikalität einer Kernanlage haben !
3. Nennen Sie die möglichen Betriebszustände eines Kernreaktors !
Welche Betriebszustände sind erlaubt und welche dürfen auf keinen Fall eintreten?
Begründen Sie Ihre Antworten!

Protokollblatt für Kritisches Experiment

Formeln:

$$k_i = 1 + \frac{N_{i-1}}{N_i} (k_{i-1} - 1) \quad \text{mit } k_0 = 0.945 \quad (1)$$

$$M_i = \frac{1}{1 - k_i} \quad (2)$$

$$e_i = \frac{k_i - 1}{k_i} \quad (3)$$

Maximal zulässige Hubdifferenz der unteren Spaltzonenhälfte:

$$\Delta x_{\max} = \frac{x_{\text{krit, min}} - x}{2} \leq 100 \text{ digit} \quad (4)$$

Weitbereichskanal 1 (WB 1)	Weitbereichskanal 2 (WB 2)
Impulsrate Spaltkammer	Impulsrate Spaltkammer
Name:	Name:

Bestimmung der Ausgangswerte N_0 :

	Steuerstab- stellung	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Mittelwert N_0
WB 1	ein (0)				
	aus (4000)				
WB 2	ein (0)				
	aus (4000)				

