

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

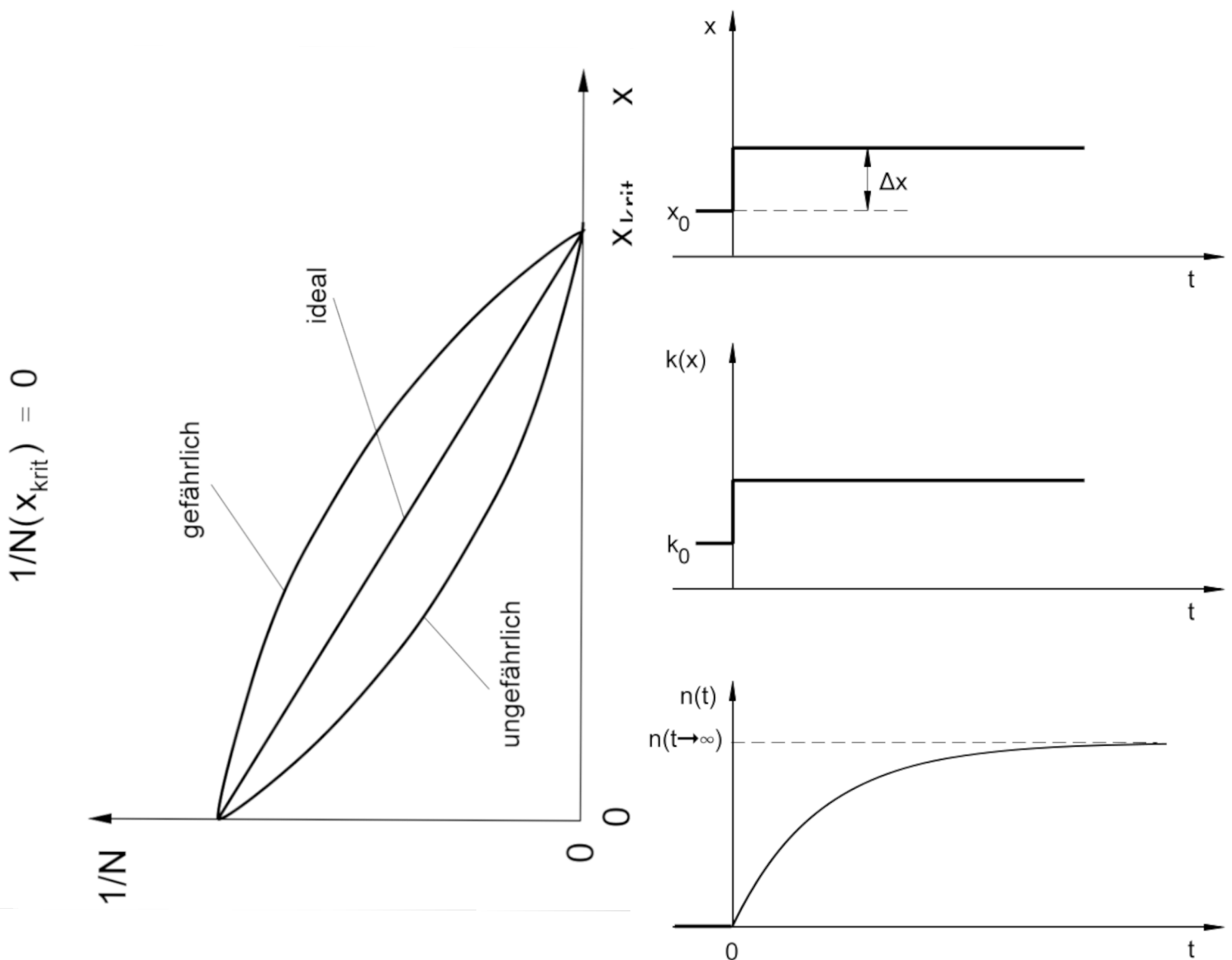
$$n(t) = \frac{S \cdot l}{1 - k} \left(1 - e^{-\frac{(1-k)}{l} \cdot t} \right)$$

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

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

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

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



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: $X_{\text{krit,aus}}(i) < X_{\text{max}} < X_{\text{krit,ein}}(i)$.
Ein normaler Verlauf des Kritischen Experiments ist in Abb. 5 skizziert.
- 5.8. Ist $x_{\text{krit,aus}}(i) > X_{\text{max}}$, enthält die Spaltzone zu wenig Brennstoff, ist $X_{\text{krit,ein}}(i) < X_{\text{max}}$ 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.

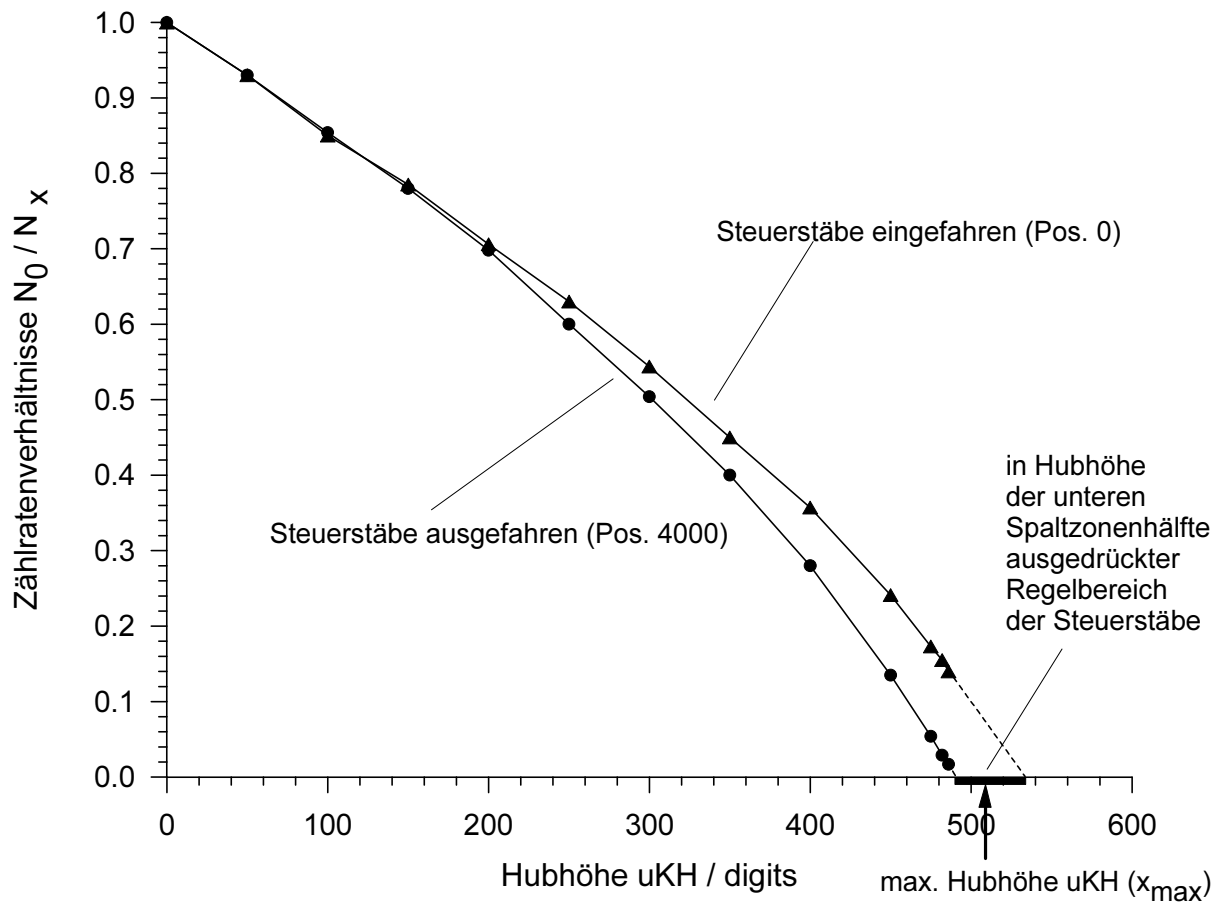


Abb. 5, Normaler Verlauf des Kritischen Experiments