

## KTA 3101.1

### Auslegung der Reaktorkerne von Druck- und Siedewasserreaktoren

#### Teil 1: Grundsätze der thermohydraulischen Auslegung

##### Inhalt

	Seite
Vorbemerkung.....	2
1 Anwendungsbereich.....	2
2 Begriffe.....	2
3 Allgemeine Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung von Reaktorkernen .....	2
4 Spezielle Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung von Reaktorkernen .....	3
4.1 Auslegungsleistungsverteilung.....	3
4.2 Durchsatzverteilung im Reaktorkern .....	3
4.3 Druckdifferenzen im Reaktorkern.....	4
4.4 Brennelementniederhaltung (DWR), Brennelementkästen (SWR) .....	4
4.5 Wärmeübertragung an das Kühlmittel .....	5
4.6 Angrenzende Systeme und Komponenten.....	5
5 Anforderungen an Versuche und daraus abgeleitete empirische Korrelationen.....	6
5.1 Allgemeine Anforderungen.....	6
5.2 Korrelationen zur Bestimmung kritischer Siedezustände.....	6

## Vorbemerkung

Dieser Teil 1 der Regel KTA 3101 behandelt die Grundsätze der thermohydraulischen Auslegung der Reaktorkerne von Druck- und Siedewasserreaktoren. Zur Regel KTA 3101 gehören als weitere Teile:

- Teil 2: Nukleare Auslegung (in Vorbereitung)
- Teil 3: Mechanische und thermische Auslegung (in Vorbereitung)

## 1 Anwendungsbereich

Diese Regel gilt für ortsfeste Kernkraftwerke mit Druck- oder Siedewasserreaktoren. Sie behandelt die Anforderungen, die an die thermohydraulische Auslegung des Reaktorkerns für den bestimmungsgemäßen Betrieb sowie an die dazu erforderlichen Versuche zu stellen sind, und weist auf Zusatzanforderungen aus Störfallanalysen hin. Zum Reaktorkern gehören: Brennelemente, Brennelementkästen (SWR), Steuerelemente, festeingebaute Absorberelemente, Kerninstrumentierung, Neutronenquellen und Drosselemente.

Anforderungen an die nukleare, mechanische und thermische Auslegung des Reaktorkerns aus Störfallanalysen und daraus folgende spezielle Auslegungsanforderungen an Primärkreislaufkomponenten, Regelsysteme, Schutzsysteme, Zustands- und Schutzbegrenzungs-systeme und Instrumentierungseinrichtungen sowie zugehörige Maßnahmen und Analysen sind nicht Bestandteil dieser Regel.

## 2 Begriffe

### 2.1 Ausgleichsleistungsverteilung

Eine Auslegungsleistungsverteilung ist eine Modellverteilung, die als Basis zur Reaktorkernberechnung dient und dadurch gekennzeichnet ist, daß sie die im Normalbetrieb erwarteten Leistungsdichteverteilungen abdeckt.

### 2.2 Austrocknen einer Heizfläche

Das Austrocknen einer Heizfläche ist das teilweise oder vollständige Verschwinden des benetzenden Flüssigkeitsfilms auf einer beheizten Oberfläche.

### 2.3 Brennelement

Das Brennelement ist ein Spaltstoff enthaltendes Bauteil, das beim Laden und Entladen eines Reaktors eine Einheit bildet.

#### Hinweis:

Beim Siedewasserreaktor werden Brennelement mit zugehörigem Brennelementkasten gemeinsam be- und entladen.

### 2.4 Brennelement, stärkstbelastetes

Das stärkstbelastete Brennelement ist das Brennelement, das hinsichtlich einer Eigenschaft den geringsten Abstand zur zugehörigen technologischen Grenze besitzt.

### 2.5 Brennstab

Der Brennstab ist ein beidseitig verschlossenes, mit Kernbrennstoff gefülltes Metallrohr.

### 2.6 Brennstabgruppe

Die Brennstabgruppe ist der Teil eines Brennelements, der als kleinste Einheit der Auslegung zugrunde gelegt wird.

### 2.7 Dampfmassenanteil, kritischer

Der kritische Dampfmassenanteil ist der Dampfmassenanteil, bei dem das Austrocknen der Heizfläche einsetzt.

### 2.8 Filmsieden

Filmsieden ist der Siedevorgang, bei dem sich zwischen dem Brennstabhüllrohr und der kühlenden Flüssigkeit ein stabiler Dampffilm befindet.

### 2.9 Grenze, technologische

Eine technologische Grenze ist der Wert einer physikalischen Größe, die zur Beschreibung jenes Zustands von Komponenten, Systemen oder darin enthaltenen Medien benutzt wird, bei dessen Überschreiten ein Versagen der betrachteten Komponente oder des betrachteten Systems nicht mehr auszuschließen ist.

### 2.10 Korrelation zur Beschreibung kritischer Siedezustände

Die Korrelation zur Beschreibung kritischer Siedezustände gibt die Abhängigkeit der kritischen Wärmestromdichte oder des kritischen Dampfmassenanteils von den Eigenschaften der Kühlmittelströmung und der Geometrie des Kühlkanals an.

### 2.11 Kühlkanal

Ein Kühlkanal ist die Anordnung, die die Brennstabgruppe, das anteilige Kühlmedium und die anteiligen Einrichtungen zur Strömungsführung umfaßt.

### 2.12 Leistungsformfaktor

Der Leistungsformfaktor für eine Stelle im Reaktorkern ist das Verhältnis aus Leistungsdichte an dieser Stelle zur mittleren Leistungsdichte im Reaktorkern oder Teilbereichen des Reaktorkerns.

#### Hinweis:

Leistungsformfaktoren können auch durch Verhältnisbildung von Stablängenleistung, Wärmestromdichte oder Aufwärmspanne gebildet werden.

### 2.13 Siedezustand, kritischer

Ein kritischer Siedezustand liegt sowohl bei Einsetzen des Filmsiedens als auch bei Einsetzen des Austrocknens der Heizflächen vor.

### 2.14 Übergangssieden

Das Übergangssieden ist ein instabiler Wärmeübergangsvorgang, bei dem entweder Blasensieden und Filmsieden oder Austrocknen und Wiederbenetzen der Heizfläche abwechseln.

### 2.15 Wärmestromdichte, kritische

Die kritische Wärmestromdichte ist die Wärmestromdichte, bei der Filmsieden einsetzt.

## 3 Allgemeine Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung von Reaktorkernen

Im Reaktorkern sind Brennelementgeometrie und Strömungsführung des Kühlmittels so festzulegen, daß Reaktivitätskontrolle, zum Beispiel Abschaltfähigkeit, und Kernkühlung sowohl bei bestimmungsgemäßigem Betrieb als auch bei Störfällen sichergestellt sind.

Um beim bestimmungsgemäßen Betrieb die Integrität der Brennstäbe, deren Hüllrohre als Barriere für radioaktive Stoffe dienen, zu erhalten, sind aus thermohydraulischer Sicht folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Vermeidung von Brennstoffschmelzen und
- entweder

- Vermeidung kritischer Siedezustände oder
- eine Begrenzung der auftretenden Temperaturen

der Brennstabhüllrohre auf solche Werte, daß die werkstofftechnischen Auslegungsgrenzen der Brennstäbe nicht überschritten werden. Dazu sind Leistungsdichteverteilung, Durchsatz durch den Reaktorkern, Durchsatzverteilung, Eintrittstemperatur und Systemdruck so zu bemessen, daß innerhalb des durch Reaktorschutz, Zustands- und Schutzbegrenzungen, Regelungen und Betriebsanweisungen festgelegten Betriebsbereiches der Reaktoranlage die entsprechenden technologischen Grenzen nicht überschritten werden.

Für die Komponenten des Reaktorkerns ist eine Kühlung derart vorzusehen, daß an keiner Stelle Temperaturen auftreten, die die Eigenschaften der eingesetzten Werkstoffe unzulässig verändern.

Anforderungen, die sich aus Störfallbetrachtungen für die Auslegung des Reaktorkerns ergeben, sind ebenfalls zu erfüllen. Der notwendige Vorhalt für die Abdeckung der Auswirkungen von anzunehmenden Störfällen muß durch zusätzliche Sicherheiten und durch im Vergleich zum bestimmungsgemäßen Betrieb weitergehende Anforderungen an die Auslegung der Primärkreiscomponenten, Regelsysteme, Schutzsysteme, Zustands- und Schutzbegrenzungssysteme und Instrumentierungseinrichtungen (siehe Abschnitt 4.6) sichergestellt werden.

Der Reaktorkern muß so ausgelegt werden, daß er im Zusammenspiel mit dem neutronenphysikalischen Kernverhalten, der Dynamik des Kühlmittelkreislaufs und den Überwachungseinrichtungen im Normalbetrieb thermohydraulisch stabil betrieben werden kann.

Die systematischen Anteile der Schwankungen von Prozessvariablen müssen in vollem Umfang erfaßt werden, während nicht-systematische Anteile, die ihre Ursache in Fertigungs-, Meß- oder Verfahrenstoleranzen haben, voneinander unabhängig entweder gemäß ihrem statistischen Gewicht oder wie systematische Anteile zu erfassen sind.

Bei der thermohydraulischen Auslegung des Reaktorkerns sind die in **Bild 3-1** dargestellten Zusammenhänge zu beachten.

Hinweis:

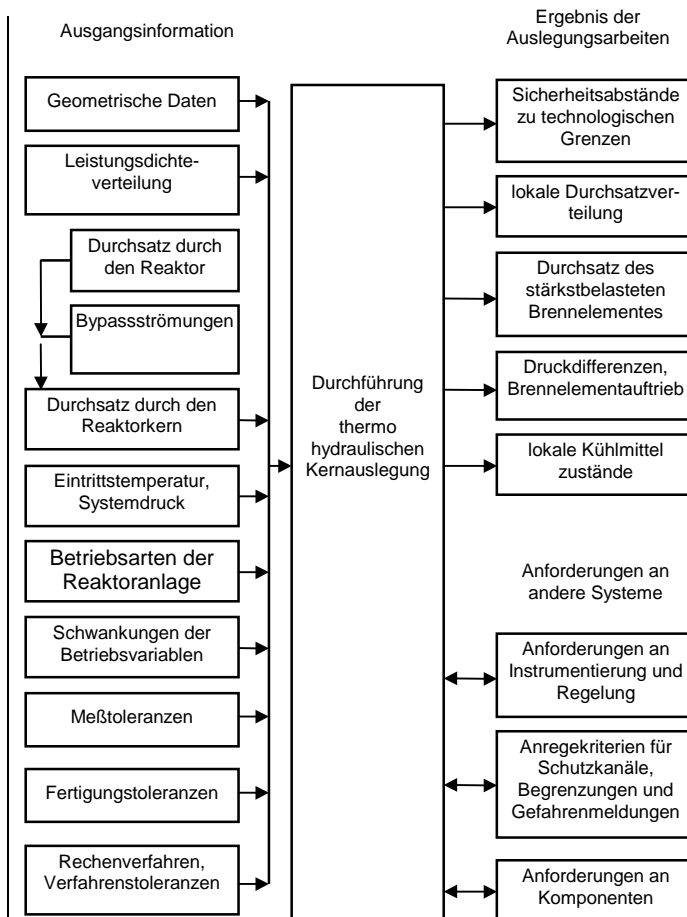
**Bild 3-1** zeigt, wie die Ausgangsinformationen mit den wesentlichen Ergebnissen der thermohydraulischen Kernausslegung verknüpft sind. Bei den Anforderungen an andere Systeme und Komponenten kommt durch wechselseitige Pfeilung im Bild zum Ausdruck, daß die Absätze zu den technologischen Grenzen sowie Ausmaß und Redundanz von Instrumentierungs- und Überwachungseinrichtungen wechselseitig voneinander abhängen.

Bei der thermohydraulischen Auslegung des Reaktorkerns sind nach **Bild 3-1**, ausgehend von

- geometrischen Daten der Brennelemente und der übrigen Kerneinbauten,
- Leistungsdichteverteilung,
- Durchsatz durch den Reaktorkern,
- Systemdruck und
- Eintrittstemperatur

zum Beispiel die folgenden Größen zu ermitteln (vergleiche allgemein **Bild 3-1**, bezogen auf den Kühlkanal speziell **Bild 4-1**):

- Durchsatzverteilung,
- Druckdifferenzen
- Dampfmasseanteile und -volumenanteile,
- Wärmestromdichte an der äußeren Hüllrohroberfläche,
- Hüllrohrtemperatur,
- Dichte des Kühlmittels und
- Enthalpie des Kühlmittels.



**Bild 3-1:** Zusammenhänge bei der thermohydraulischen Auslegung von Reaktorkernen

## 4 Spezielle Anforderungen an die thermohydraulische Auslegung von Reaktorkernen

### 4.1 Auslegungsleistungsverteilung

Die thermohydraulische Auslegungsleistungsverteilung ist zu ermitteln. Dazu müssen entweder

- dreidimensionale Leistungsdichteverteilungen oder
- vereinfacht radiale Leistungsformfaktoren einschließlich der zugehörigen axialen Verteilungen

benutzt werden.

Die Auslegungsleistungsverteilung soll folgende Einflüsse umfassen:

- Anreicherung,
- Abbrand,
- Temperatur im Brennstoff,
- Xenon,
- Temperatur und Dampfblasen im Kühlmittel,
- Steuerelemente,
- sonstige Absorber,
- Strukturmaterial.

### 4.2 Durchsatzverteilung im Reaktorkern

#### 4.2.1 Allgemeines

Durchsatzverteilung vor Kerneintritt, Durchsatz durch den Reaktorkern, Kerngeometrie, unterschiedliche Beheizung und Kühlmitteldurchmischung im Reaktorkern sind mit ihrer Wirkung auf die Durchsatzverteilung im Reaktorkern zu bestimmen.

**Hinweis:**

Die Ungleichförmigkeit der Kühlmittelzuführung an den Eintrittsstutzen (DWR) oder durch die Umwälzpumpen (SWR) wird durch hydraulische Ausgleichsstrecken und Vorwiderstände bis zum Kerneintritt abgebaut. Die weitere Vergleichmäßigung der Strömung hängt ab von der Gestaltung des Reaktorkerns, wie zum Beispiel offener Reaktorkern oder geschlossene parallele Kühlkanäle, und von den nachfolgenden hydraulischen Widerständen im Reaktorkern, wie Eintrittsdrosseln, Stabreibung, Abstandshaltergitter.

Der unterschiedliche Kühlmittelzufluß, die unterschiedliche Beheizung auf Grund der nuklearen Leistungsdichteverteilung und die gegebenenfalls durch die Abstandshalterkonstruktion verstärkte Turbulenz der Strömung bestimmen im Brennelement die lokalen Kühlmitteltemperaturen und Dampfmassenanteile, die über die Stoffwerte des Kühlmittels auf die lokalen Kühlmitteldurchsätze zurückwirken.

**4.2.2 Durchsatzverteilung vor Kerneintritt**

In die Ermittlung der Durchsatzverteilung vor Kerneintritt sind alle hydraulischen Vorwiderstände einzubeziehen, die die Durchsatzverteilung beeinflussen.

**4.2.3 Durchsatz durch den Reaktorkern**

Der Durchsatz durch den Reaktorkern ist aufzuschlüsseln nach dem Anteil, der aktiv zur Kühlung der Brennelemente beiträgt, und dem Anteil, der durch Bauspiele oder Öffnungen in Reaktordruckbehälter- und Kerneinbauten abfließt und gegebenenfalls zur Kühlung anderer Reaktordruckbehälter- und Kerneinbauten benutzt wird. Die Verteilung des Durchsatzes im Reaktorkern ist hinsichtlich der auftretenden minimalen, mittleren und maximalen Durchsätze durch die Kühlkanäle auszuwerten. Bei Angaben des Durchsatzes sind die zugehörigen Zustandsgrößen des Kühlmittels anzugeben.

**4.2.4 Durchsatz durch Brennelemente oder Brennstabgruppen**

In die Analyse des Durchsatzes durch einzelne Brennelemente oder Brennstabgruppen sind neben der Reaktorkerngeometrie alle hydraulischen Rückwirkungen durch vor- und nachgeschaltete Reaktordruckbehälter- und Kerneinbauten einzubeziehen.

**Hinweis:**

Darunter werden verstanden Kühlmittelzufuhr zum Brennelement, Bemessung von Eintrittsblenden, Reibungs- und Verteilungseinflüsse durch Brennstäbe, Abstandshalter und gegebenenfalls Brennelementkästen sowie die Abströmverhältnisse am Brennelementaustritt.

**4.2.5 Kühlmittelverdrängung infolge unterschiedlicher Aufheizung**

Die Beeinflussung des lokalen Kühlmitteldurchsatzes durch räumlich unterschiedliche Kühlmitteldichte (einschließlich Dampfvolumenteil) ist, sowohl bereichsweise im Reaktorkern, als auch lokal im Brennelement, zu ermitteln.

**4.2.6 Querdurchmischung des Kühlmittels**

Wird der Abbau von lokalen Überhöhungen der Aufheizung im Brennelement durch Querdurchmischung von Kühlmittel in Rechnung gestellt, muß eine experimentelle Absicherung der Ansätze erfolgen.

**4.3 Druckdifferenzen im Reaktorkern**

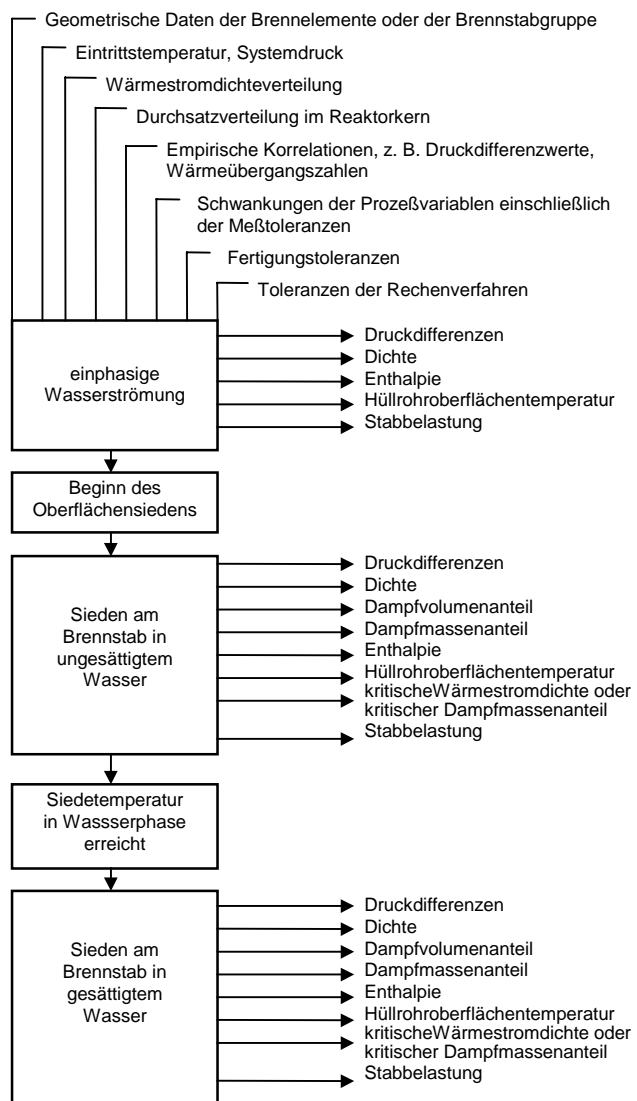
Die Ermittlung der Druckdifferenzen im Reaktorkern umfaßt die Einflüsse durch:

- Brennelementfuß (gegebenenfalls Eintrittsblending),
- Stabreibung,
- Änderung der Geschwindigkeit
- geodätische Höhendifferenzen,
- Abstandshalter,
- Brennelementkopf.

Gleichzeitig sind die zugehörigen Durchsätze durch das Brennelement und die Kühlmittelzustände anzugeben.

Werden Kerneinbauten von Wasser-Dampfgemischen durchströmt, sind die dabei auftretenden, gegenüber Einphasenströmung veränderten Druckdifferenzen in analoger Weise zu behandeln.

Hinsichtlich der Durchsätze sind die Aussagen in Abschnitt 4.2 und hinsichtlich der Behandlung von experimentellen Unterlagen die in Abschnitt 5 maßgebend.



**Bild 4-1:** Anforderungen an die Behandlung der Wärmeübertragung an das Kühlmittel in Reaktorkernen von Druck- und Siedewasserreaktoren

**4.4 Brennelementniederhaltung (DWR), Brennelementkästen (SWR)**

Zur Auslegung der Brennelementniederhaltungen und Brennelementkästen sind die Belastungen anzusetzen, die sich aus den maximalen Druckdifferenzen (je nach Erfordernis unter

Verwendung der maximalen Durchsätze durch die Brennelemente oder der maximalen Zweiphasenmultiplikatoren) ergeben. Die Niederhaltung des Gesamtkerns muß die Kräfte beherrschen, die sich aus der mittleren Druckdifferenz zwischen Ein- und Austritt an den Brennelementen bei maximalem Durchsatz durch den Reaktorkern ergeben.

#### 4.5 Wärmeübertragung an das Kühlmittel

##### 4.5.1 Untersuchungsumfang

Der Nachweis, daß die technologischen Grenzen im Reaktorkern nicht überschritten werden, muß sich mindestens auf die stärkstbelasteten Brennelemente oder die stärkstbelasteten Brennstabgruppen im Reaktorkern erstrecken.

In die zum Nachweis notwendigen Analysen gehen - wie in Bild 4-1 dargestellt - neben den Anforderungen an die Ermittlung der Leistungsdichteverteilung des Durchsatzes durch den Reaktorkern und der Druckdifferenzen folgende Einflüsse ein:

- Betriebsschwankungen der Prozeßvariablen,
- Meßtoleranzen der Prozeßvariablen
- Fertigungstoleranzen,
- Toleranzen der Rechenverfahren.

Die zur wärmetechnischen Auslegung benutzten Rechenverfahren sollen die in Bild 4-1 dargestellten Sachverhalte umfassen.

##### 4.5.2 Betriebsschwankungen und Meßtoleranzen der Prozeßvariablen

Die Betriebsschwankungen der Prozeßvariablen sind einschließlich der zugehörigen Meßtoleranzen zu bestimmen. Dabei müssen systematische Anteile in vollem Umfang erfaßt werden, während nicht-systematische Anteile, die ihre Ursache in Meß- und Regeltoleranzen haben, voneinander unabhängig entweder entsprechend ihrem statistischen Gewicht oder wie systematische Anteile zu erfassen sind.

##### 4.5.3 Fertigungstoleranzen

Die Fertigungstoleranzen gehen entweder als Eingangsgrößen im Rechenverfahren oder als Zuschläge zum Ergebnis ein. Im einzelnen sind folgende Einflüsse abzudecken:

- geometrische Toleranzen im Reaktorkern
- Brennstofftoleranzen bezüglich Dichte und Anreicherung.

Dabei müssen systematische Anteile in vollem Umfang erfaßt werden, während nicht-systematische Anteile voneinander unabhängig entweder entsprechend ihrem statistischen Gewicht oder wie systematische Anteile zu erfassen sind.

##### 4.5.4 Toleranzen der Rechenverfahren und -programme

Die Toleranzen der verwendeten Rechenverfahren und -programme sind zu begründen. Versuchsergebnisse in Form von Korrelationen und Tabellen sind gemäß den Anforderungen nach Abschnitt 5 zu verwenden. Bei der Übertragung von Versuchsergebnissen auf die Reaktoranlage und bei der Auswertung von Versuchen sind soweit sinnvoll - die gleichen Methoden, Rechenverfahren und -programme zu verwenden.

Die benutzten Rechenverfahren und -programme sind hinsichtlich ihrer physikalischen Grundlagen und ihres programmtechnischen Aufbaus zu dokumentieren.

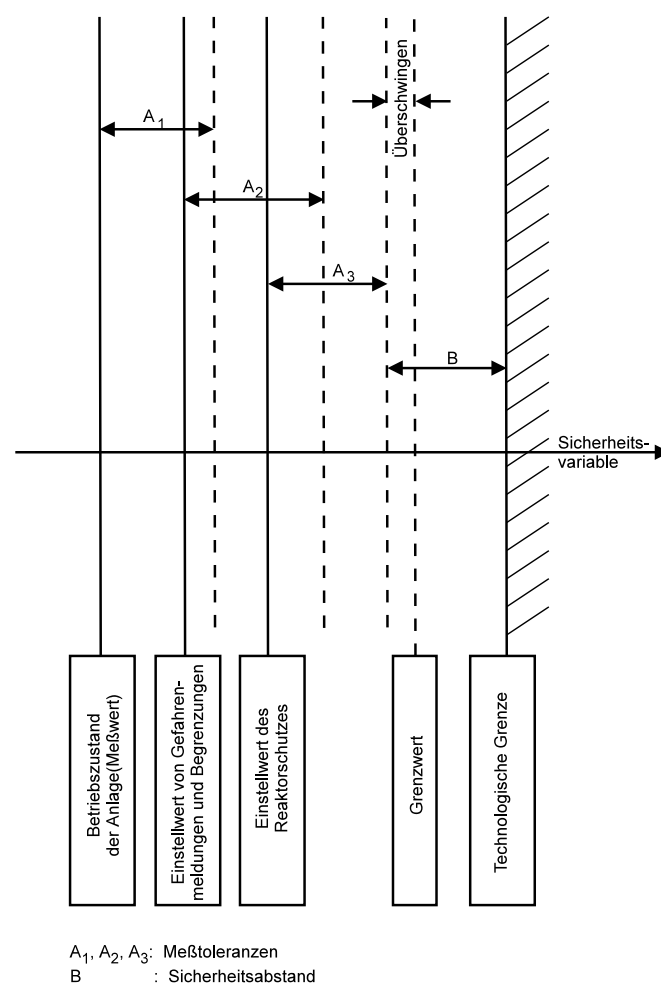
#### 4.6 Angrenzende Systeme und Komponenten

##### 4.6.1 Gesamtdurchsatz und Auslegung der Kühlmittelpumpen

Der der Auslegung der Kühlmittelpumpen zugrunde zu legende Gesamtdurchsatz umfaßt den Durchsatz durch den Reaktorkern nach Abschnitt 4.2.3 sowie die Bypass-Durchsätze, die sich aus der Gestaltung und Kühlung der Einbauten im Reaktordruckbehälter ergeben.

Die der Auslegung der Kühlmittelpumpen zugrunde zu legende Förderhöhe setzt sich neben den in Abschnitt 4.3 genannten Kerndruckdifferenzen aus den Druckdifferenzen der anderen Komponenten des Strömungspfad zusammen.

Die Drehmassen der Pumpenläufer einschließlich notwendiger Zusatzdrehmassen sind so zu bemessen, daß beim Auslaufen der Kühlmittelpumpen die Anforderungen nach Abschnitt 3 eingehalten werden.



**Bild 4-2:** Verarbeitung einer im Reaktorschutz und in Begrenzungseinrichtungen verwendeten Sicherheitsvariablen

##### 4.6.2 Schutz des Reaktorkerns vor unzulässigen Betriebszuständen und notwendige Instrumentierung

Durch die Überwachung der Sicherheitsvariablen muß sichergestellt sein, daß die Betriebszustände der Anlage im bestimmungsgemäßen Betrieb die technologischen Grenzen nicht überschreiten (siehe Abschnitt 3). Die technologischen Grenzen sind durch den Reaktorschutz und, falls notwendig,

durch vorgelagerte Begrenzungen und Gefahrenmeldungen zu überwachen. Die Zusammenhänge sind in Bild 4-2 dargestellt.

Neben den Meßtoleranzen A1, A2, A3 sind bei der Festlegung der Grenzwerte der Grenzsignalgeber der zu überwachenden Sicherheitsvariablen Sicherheitsabstände B einzuhalten. Ihre Größe ergibt sich aus dem Überschwingen der Prozeßvariablen bei Transienten, aus dem Umfang der meßtechnischen Erfassung der Prozeßvariablen und aus der Genauigkeit der zur Beschreibung der technologischen Grenzen benutzten empirischen Korrelationen, Methoden, Meßverfahren und Fertigungstoleranzen.

Folgende physikalische Größen sind vorrangig zu ermitteln:

- Integrale Anlagenleistung,
- Durchsatz durch den Reaktor,
- Systemdruck,
- Kühlmitteltemperatur,
- Wasserstand im Reaktordruckbehälter (SWR) und Druckhalter (DWR),
- Speisewasserdurchsatz,
- Frischdampfdurchsatz,
- Sekundärdruck (DWR).

## 5 Anforderungen an Versuche und daraus abgeleitete empirische Korrelationen

### 5.1 Allgemeine Anforderungen

Ergebnisse von Versuchen sind entweder direkt oder zusammengefaßt in empirischen Korrelationen oder Tabellen anzuwenden. Im folgenden werden die Anforderungen an Versuche und Korrelationen oder Tabellen festgelegt.

#### Hinweis:

Nicht alle Methoden, die man zur thermohydraulischen Auslegung der Reaktorkerne heranzieht, lassen sich an der Reaktoranlage verifizieren. Daher werden bei vielen Fragestellungen entweder Versuche in geeigneten Nachbildungen der Originalverhältnisse des Reaktors durchgeführt oder experimentelle Ergebnisse, die in der Literatur beschrieben sind, sinngemäß auf die Bedingungen im Reaktorkern übertragen.

Der experimentelle Nachweis der Zulässigkeit der benutzten Methoden kann je nach Problemstellung in folgenden Nachweisebenen vollzogen werden:

- (1) Einfache Modelle, die der Literatur entnommen sind und die dort eine experimentelle Absicherung besitzen.
- (2) Kombinationen von einfachen Modellen nach (1).

- (3) Meßtechnische Erfassung des Komponentenverhaltens an Originalbauteilen oder an Nachbildungen von Originalbauteilen im verkleinerten oder vergrößerten Maßstab.
- (4) Meßtechnische Erfassung der Prozeßvariablen an der ausgeführten Reaktoranlage.

Die Versuche sollen den Betriebsbereich der Reaktoranlage hinsichtlich der in der Korrelation oder der Tabelle verwendeten Parameter überdecken. In Fällen, wo eine Nachbildung der originalen Reaktorbedingungen nicht erfolgt ist, zum Beispiel der Geometrie eines Bündels bei Rohrversuchen, muß die Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf Reaktorverhältnisse begründet werden.

Bei der Anwendung von Korrelationen und Tabellen sind die durch die Experimente vorgegebenen Parametergrenzen einzuhalten. Falls in Ausnahmefällen Extrapolationen erforderlich werden, muß ihre Zulässigkeit begründet werden.

Die systematischen und statistischen Fehler von Korrelationen und Tabellen physikalischer Zusammenhänge sind zu ermitteln. Sie gehen entweder unmittelbar oder durch Zuschläge in die Auslegung ein.

Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung, Versuchsergebnisse, Datenaufbereitung, Auswertung der Versuche einschließlich Fehleranalyse und Herleitung der Korrelationen und Tabellen sowie die benutzten Programme sind zu dokumentieren.

### 5.2 Korrelationen zur Bestimmung kritischer Siedezustände

Um die in Abschnitt 3 angegebenen Anforderungen zu erfüllen, sind an Korrelationen zur Darstellung kritischer Siedezustände neben Abschnitt 5.1 die folgenden Bedingungen zu knüpfen.

Die experimentelle Bestimmung der kritischen Wärmestromdichte oder des kritischen Dampfmasseanteils darf in Bündel- oder Rohrversuchen (siehe Abschnitt 5.1) erfolgen. Werden Modellfluide benutzt, so ist die zuverlässige Übertragung der Ergebnisse auf Wasser nachzuweisen.

Für Betriebszustände, bei denen der kritische Siedezustand ausgeschlossen werden soll, ist der minimal zulässige Abstand zum kritischen Siedezustand so festzulegen, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % mindestens 95 % der betroffenen Brennstäbe vor Filmsieden oder Austrocknen geschützt sind.

Dies darf auch durch eine gleichwertige Festlegung von Grenzkurven oder die unmittelbare Verwendung der Versuchsdaten erreicht werden.