

**DIN 25478**

ICS 27.120.20

Einsprüche bis 2020-11-25  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN 25478:2014-06

**Entwurf****Einsatz von Berechnungssystemen beim Nachweis der Kritikalitätssicherheit**

Application of computer codes for the assessment of criticality safety

Application de codes informatiques pour l'évaluation de la sûreté en matière de criticité nucléaire

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-09-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nmp@din.de](mailto:nmp@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 16 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

## Inhalt

|                                                                                                                                   | Seite     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort</b> . . . . .                                                                                                          | <b>3</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich</b> . . . . .                                                                                              | <b>4</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen</b> . . . . .                                                                                         | <b>4</b>  |
| <b>3 Begriffe</b> . . . . .                                                                                                       | <b>4</b>  |
| <b>4 Auswahl eines Berechnungssystems</b> . . . . .                                                                               | <b>6</b>  |
| 4.1 Allgemeine Anforderungen . . . . .                                                                                            | 6         |
| 4.2 Anforderungen an Erzeugung und Verwendung von Datensätzen der nuklearen Daten . . . . .                                       | 6         |
| 4.2.1 Einsatz von Feingruppendaten-Bibliotheken oder Punktdaten-Bibliotheken . . . . .                                            | 6         |
| 4.2.2 Einsatz von Breitgruppendaten-Bibliotheken . . . . .                                                                        | 7         |
| 4.3 Berechnung von Nuklidinventaren . . . . .                                                                                     | 7         |
| 4.3.1 Grundlegende Anforderungen . . . . .                                                                                        | 7         |
| 4.3.2 Kenngrößen, Einflussgrößen und Randbedingungen . . . . .                                                                    | 7         |
| 4.3.3 Zulässige Vereinfachungen und Näherungen in den angewendeten Rechenverfahren . . . . .                                      | 9         |
| 4.3.4 Zulässige Vereinfachungen der Modellierung von Brennelementen und der Beschreibung der Reaktorbetriebsbedingungen . . . . . | 9         |
| 4.4 Berechnung des effektiven Neutronenmultiplikationsfaktors $k_{\text{eff}}$ . . . . .                                          | 10        |
| <b>5 Vorgehensweise bei der Anwendung eines Berechnungssystems beim Nachweis der Kritikalitätssicherheit</b> . . . . .            | <b>10</b> |
| 5.1 Allgemeine Anforderungen . . . . .                                                                                            | 10        |
| 5.2 Analyse der zu betrachtenden Spaltstoffanordnung . . . . .                                                                    | 11        |
| 5.3 Umsetzung in ein Rechenmodell . . . . .                                                                                       | 11        |
| <b>6 Hinweise zur Durchführung und Kontrolle der Berechnung</b> . . . . .                                                         | <b>12</b> |
| <b>7 Betrachtung der Rechenunsicherheiten und des Kritikalitätssicherheitsakzeptanzkriteriums</b> . . . . .                       | <b>12</b> |
| <b>8 Verifikation und Validation des Berechnungssystems</b> . . . . .                                                             | <b>13</b> |
| 8.1 Verifikation . . . . .                                                                                                        | 13        |
| 8.2 Validation . . . . .                                                                                                          | 13        |
| 8.2.1 Validation des Berechnungssystems zur Bestimmung des Neutronenmultiplikationsfaktors . . . . .                              | 13        |
| 8.2.2 Validation des Nuklidinventars . . . . .                                                                                    | 15        |
| <b>9 Dokumentation</b> . . . . .                                                                                                  | <b>15</b> |
| <b>Literaturhinweise</b> . . . . .                                                                                                | <b>16</b> |

## Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-07-54 AA „Kritikalitätssicherheit und Zerfallsleistung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erstellt.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Zu DIN 25478 ist ein Beiblatt 1 erschienen.

## Änderungen

Gegenüber DIN 25478:2014-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Änderungen sowie Anpassung an DIN 820-2 vorgenommen;
- b) Abschnitt 4.3 „Berechnung von Nuklidinventaren“ ausformuliert und ergänzt;
- c) Abschnitt 8.2 „Validation“ neu strukturiert und ergänzt;
- d) Verweisungen aktualisiert.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist für die Anwendung von Berechnungssystemen beim Nachweis der Kritikalitätssicherheit von Spaltstoffanordnungen anzuwenden.

Es enthält Anforderungen zu

- den Kriterien, denen die Wahl eines Berechnungssystems genügen muss,
- der Verifikation und Validation eines gewählten Berechnungssystems und der Dokumentation der zur Verifikation bzw. Validation durchgeführten Analysen,
- den zur Vorbereitung von Berechnungen notwendigen Schritten,
- der Durchführung und Kontrolle der Berechnungen, und
- der Auswertung der erhaltenen Rechenergebnisse und der Analyse der Rechenunsicherheiten.

Das Dokument wird durch DIN 25478 Beiblatt 1 mit Erläuterungen ergänzt, welches weitergehende Informationen insbesondere zur Berücksichtigung von Rechenunsicherheiten enthält.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 13303-1, *Stochastik — Wahrscheinlichkeitstheorie, Gemeinsame Grundbegriffe der mathematischen und der beschreibenden Statistik — Begriffe und Zeichen*

DIN 25401, *Begriffe der Kerntechnik*

DIN 25471, *Kritikalitätssicherheit unter Anrechnung des Brennelementabbrands bei der Lagerung und Handhabung von Brennelementen in Brennelementlagerbecken von Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren*

DIN 25472, *Kritikalitätssicherheit bei der Endlagerung ausgedienter Kernbrennstoffe*

DIN 25712, *Kritikalitätssicherheit unter Anrechnung des Brennstoffabbrands bei Transport und Lagerung bestrahlter Leichtwasserreaktor-Brennelemente in Behältern*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 13303-1, DIN 25401, DIN 25471, DIN 25472, DIN 25712 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term/>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

### 3.1

#### Benchmark

zur *Validation* eines Berechnungssystems für einen Anwendungsfall verwendetes Experiment oder verwendete Messung an einer Referenzanordnung

### 3.2

#### Berechnungssystem

<Nachweis der Kritikalitätssicherheit> Kombination von *Rechenverfahren* und *Datensatz*

### 3.3

#### Bias

Abweichung  $b_N(\Theta) = E[\Theta] - \Theta_W$  des Erwartungswertes  $E[\Theta]$  einer auf einer Anzahl  $N$  von Beobachtungen mit den Resultaten  $(y_1, \dots, y_N)$  basierenden Schätzfunktion  $\Theta = \Theta(y_1, \dots, y_N)$  eines Parameters  $\Theta$  von dessen wahrem Wert  $\Theta_W$

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen sind weder der Erwartungswert der Schätzfunktion von  $\Theta$  noch der wahre Wert  $\Theta_W$  bekannt. Für den Bias kann daher im Allgemeinen nur eine Abschätzung geliefert werden, siehe Begriff des „empirischen Bias“ unter 3.5.

### 3.4

#### Datensatz

für die Anwendung des Rechenverfahrens erforderliche, vom speziellen Fall unabhängige Eingangsdaten

BEISPIEL Beispiel für unabhängige Eingangsdaten sind mikroskopische Wirkungsquerschnitte.

### 3.5

#### empirischer Bias

Abschätzung  $\hat{b}_n(\Theta) = \Phi(b_1, \dots, b_n)$  des nach 3.3 definierten Bias, die erhalten wird durch die Anwendung eines statistischen Verfahrens  $\Phi$  auf die beobachteten Differenzen  $b_i = \Theta_i - \Theta_i^R, i = 1, \dots, n$ , zwischen den für den Parameter  $\Theta$  in einer anhand einer Anzahl  $n$  von Referenzmessungen oder Benchmarks durchgeführten vergleichenden Analyse erhaltenen Resultate  $\Theta_i$  und den für diese Referenzmessungen bzw. Benchmarks angegebenen Referenzlösungen  $\Theta_i^R$

BEISPIEL Ein Beispiel für ein statistisches Verfahren ist die Bildung des arithmetischen oder gewichteten Mittelwerts.

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für empirische Biaswerte sind: Schätzwert der systematischen Abweichung eines Berechnungssystems, Schätzwert der systematischen Abweichung eines Messverfahrens.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine für eine Referenzmessung oder ein Benchmark angegebene Referenzlösung ist im Allgemeinen nicht identisch mit dem der Referenzmessung bzw. dem Benchmark eigenen wahren Wert  $\Theta_W$  des interessierenden Parameters  $\Theta$ . Eine Referenzlösung stellt nämlich im Allgemeinen selbst eine — möglichst die methodisch beste — Abschätzung des Parameters  $\Theta$  dar, der wahre Wert  $\Theta_W$  bleibt im Allgemeinen unbekannt. Eine Referenzlösung kann daher mit einem Bias behaftet sein. Dies zeigt die Notwendigkeit auf, z. B. in der *Validation* eines Berechnungssystems eine größere Anzahl  $n$  von Referenzmessungen oder Benchmarks auszuwerten.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Notwendigkeit, ein statistisches Verfahren  $\Phi$  zur Ermittlung des empirischen Bias anzuwenden, zeigt die Notwendigkeit auf, die mit diesem Verfahren verbundene statistische Unsicherheit des ermittelten empirischen Bias zu berücksichtigen.

Anmerkung 4 zum Begriff: Eine Abschätzung des für ein Berechnungssystem charakteristischen empirischen Bias kann erhalten werden durch Vergleiche von Resultaten, die mit diesem Berechnungssystem für in Bezug auf den Anwendungsfall repräsentative theoretische Benchmarks erzielt werden, mit Resultaten, die mit einem nach 8.2 validierten Berechnungssystem für diese theoretischen Benchmarks erhalten wurden.

### 3.6

#### effektiver Neutronenmultiplikationsfaktor

$k_{\text{eff}}$

statischer Multiplikationsfaktor einer endlichen Anordnung