

Festlegung NE-03

Rev. 3
Juli 1998

Berichterstattung über Festigkeitsnachweise

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. Zweck	3
2. Geltungsbereich	3
3. Übergeordnete Festlegungen	3
4. Allgemeines	3
5. Gestaltung des Berichtes	3
5.1 Titelblatt	4
5.2 Inhaltsverzeichnis	4
5.3 Zweck und Inhalt des Berichtes	4
5.4 Komponentenspezifikation	4
5.5 Klassierung der Komponente	4
5.6 Bauvorschrift	5
5.7 Unterlagen über die Ausführung der Komponente	5
5.8 Referenzdokumente	5
5.9 Zeichnungen	5
5.10 Abkürzungen und Symbole	5
5.11 Sprache und Masseinheiten	5
5.12 Revision von Berichten	6
5.13 Anzahl Kopien	6
6. Anforderungen an den sachlichen Inhalt des Berichtes	6
6.1 Materialkennwerte	7
6.2 Beschreibung des Rechenmodells und der Randbedingungen	7
6.3 Beschreibung der Berechnungen und Berechnungsmethoden	11
7. Bewertung der Resultate und Vergleich mit der Komponentenausführung	13
7.1 Ergebnisse des Festigkeitsnachweises	13
7.2 Übereinstimmung mit der Komponentenausführung	13
7.3 Anschlusskräfte und Momente	13
8. Zusätzliche Unterlagen	14

1. Zweck

Die Festlegung NE-03 beschreibt die Anforderungen an die Berichterstattung über Festigkeitsnachweise für nuklear abnahmepflichtige Komponenten und Systeme, welche im Rahmen der Vorprüfung nach NE-02 vom SVTI geprüft werden.

2. Geltungsbereich

Die in dieser Festlegung beschriebenen Anforderungen an die Berichterstattung über Festigkeitsnachweise gelten für alle nuklear abnahmepflichtigen Komponenten und Systeme der Sicherheitsklassen 1 bis 3 sowie für Komponenten der Sicherheitsklasse 4, für welche aufgrund von HSK-Forderungen zusätzliche Festigkeitsnachweise erstellt werden müssen.

Falls der ASME-Code als Bauvorschrift zur Anwendung kommt, so sind die Festlegungen des "Certificate Holder's Design Report" (Section III, Division 1, Appendix C) zu berücksichtigen.

3. Übergeordnete Festlegungen

[1] SVTI-Festlegung NE-02
Vorprüfung

4. Allgemeines

Als "Festigkeitsnachweise" im Sinne dieser Festlegung gelten sämtliche Berechnungen und allgemeine Untersuchungen, die zum Nachweis der Festigkeit einer Komponente durchgeführt und vom SVTI Nuklearinspektorat überprüft werden. Dieses sind:

- a) Auslegungs- (Dimensionierungs-) Rechnungen
- b) Festigkeitsberechnungen ("Spannungsanalysen") für Komponenten und Rohrleitungssysteme jeder Art, samt deren Abstützungen
- c) Erdbebensicherheitsnachweise bzw. Abstützungsnachweise
- d) Einzeluntersuchungen im Zusammenhang mit oder als Ergänzung zu Festigkeitsnachweisen (z.B. Berechnung von Eigenschwingungszahlen, Ermüdungsrechnungen, Temperaturverteilung bei Transienten, Berechnungen für Wasserschlag, Auswertung von Dehnungsmessungen usw.)
- e) Bruchsicherheitsanalysen

Sämtliche verwendete Unterlagen (Komponentenspezifikation, Bauvorschrift, Zeichnungen usw.) sind unter Angabe des Revisionsindex und -datums aufzuführen. Zitate von Literaturstellen (Buch, Zeitschrift) sind vollständig und möglichst detailliert (Angabe Seite, Gleichung usw.) anzugeben.

5. Gestaltung des Berichtes

Der Bericht kann in der Form eines Gesamtberichtes oder in Teilberichten erstellt werden. Werden Teilberichte verfasst, so ist in einem zusammenfassenden Bericht zu erklären, wie sich die Teilberichte zu einem Ganzen zusammenfügen. Sowohl ein Gesamtbericht, als auch alle Teilberichte müssen den folgenden Anforderungen genügen:

5.1 Titelblatt

Der Bericht muss mit einem Titelblatt versehen sein, das die folgenden Informationen liefert:

- a) Art des Festigkeitsnachweises entsprechend Ziffer 4, a) bis e)
- b) Individuelle Berichtsnummer, Revisionsindex und Revisionsdatum
- c) Bezeichnung des Kraftwerks
- d) Name der Komponente oder des Systems und zugehörige Identifikationsnummer (Anlagenkennzeichen)
- e) Komponentenhersteller
- f) Berechnungsfirma und Sachbearbeiter

5.2 Inhaltsverzeichnis

Jeder Bericht muss ein Inhaltsverzeichnis (mit Seitenangaben) enthalten. Entsprechend sind auch sämtliche Seiten des Berichtes mit einer Seitennummer zu versehen. Anlagen, z.B. Computerausdrucke, können in den Text eingebunden oder mit separater Seitennumerierung versehen werden.

5.3 Zweck und Inhalt des Berichtes

In einem einleitenden Abschnitt sollen Veranlassung, Zweck und Inhalt des Berichtes erklärt werden. An dieser Stelle ist auch darzulegen, wenn ein Bericht noch provisorische Informationen, Mängel oder Lücken enthält, die erst in einer späteren Revision bereinigt werden können.

Im Bericht ist klar zu definieren, für welche Teile einer Komponente oder eines Systems der Festigkeitsnachweis gilt. In vielen Fällen empfiehlt sich eine Zeichnung oder Skizze. Bauteile, die zwar im Berechnungsmodell mit modelliert wurden, für die aber der Festigkeitsnachweis nicht gelten soll, sind deutlich als solche zu bezeichnen.

Wo sich der Festigkeitsnachweis über Bauteile verschiedener Klassierung (Sicherheitsklasse, seismische Klasse) erstreckt, oder wo aus anderen Gründen nicht für alle untersuchten Bauteile die gleichen Vorschriften gelten, sind die Gebiete gleicher Vorschriften klar zu definieren, wenn nötig anhand einer Zeichnung oder Skizze. Die Grenzen zwischen den verschiedenen Gebieten müssen mit aller notwendigen Präzision angegeben werden.

Insbesondere ist genau anzugeben, wie die Grenze relativ zu den Verbindungselementen (Schweissnähte, Schraubverbindungen usw.) verläuft.

5.4 Komponentenspezifikation

Die als Grundlage verwendete Komponenten-/Detailspezifikation ist genau anzugeben, mit Nummer, Revisionsindex und Revisionsdatum.

Als Teile der Komponenten-/Detailspezifikation gelten dabei alle vom Besteller an den Hersteller angegebenen Dokumente mit Spezifikationscharakter, die für den Festigkeitsnachweis benötigt werden.

5.5 Klassierung der Komponente

Es sind nach Komponentenspezifikation anzugeben:

- Sicherheitsklasse
- Seismische Klasse

Bei Pumpen und Armaturen ausserdem:

- Einstufung als "aktiv" oder "inaktiv"

5.6 Bauvorschrift

Die nach Komponentenspezifikation zu verwendende Bauvorschrift ist genau zu definieren. Beim ASME Code sind anzugeben:

- Section (evtl. mit "Division")
- Subsection(s)
- ASME-Klasse
- Ausgabejahr
- letzte noch mit berücksichtigte zu verwendende Addenda

Bei SVTI-Vorschriften oder anderen spezifizierten Bauvorschriften ist neben der exakten Bezeichnung immer auch der Revisionsstand (Revisionsindex, -datum usw.) anzugeben.

Ebenfalls anzugeben sind evtl. spezifizierte weitere Dokumente mit Bauvorschriftscharakter (z.B. Briefe und Aktennotizen der Behörde mit zusätzlichen Auflagen).

5.7 Unterlagen über die Ausführung der Komponente

Die für den Festigkeitsnachweis benutzten Unterlagen über die Ausführung der Komponente sind mit Revisionsindex und -datum in einer Liste aufzuführen.

- Zeichnung mit Stücklisten
- Rohrleitungsisometrien
- Materialspezifikationen usw.

5.8 Referenzdokumente

Alle Referenzdokumente, die für den Festigkeitsnachweis benutzt wurden und die für ein Nachvollziehen des Festigkeitsnachweises benötigt werden, sind in einer Liste anzugeben. Jedes Dokument ist mit sämtlichen für eine eindeutige Identifizierung notwendigen Details aufzuführen. Wo Normen verwendet wurden, sind sie ebenfalls in dieser Liste aufzuführen.

5.9 Zeichnungen

Soweit möglich und sinnvoll sollten Kopien der zum Verständnis und zur Überprüfung des Festigkeitsnachweises notwendigen Zeichnungen in den Bericht eingefügt werden. Die Grösse soll A3 nur übersteigen, falls die Lesbarkeit dies erfordert.

Grössere Zeichnungen müssen entsprechend verkleinert werden. Wenn immer möglich sollte eine Zusammenstellungszeichnung der Komponente mit eingefügt werden. Bei Rohrleitungsberechnungen gehört in jedem Falle die Berechnungsisometrie in den Bericht, wenn möglich ergänzt durch das Rohrleitungsschema.

5.10 Abkürzungen und Symbole

Der Bericht muss eine Liste aller verwendeten Abkürzungen und Symbole enthalten, mit den nötigen Definitionen und Erläuterungen, inkl. Angabe der Masseinheiten.

5.11 Sprache und Masseinheiten

Berichte sind in deutscher oder englischer Sprache einzureichen.

Für die Masseinheiten ist das in der Schweiz gesetzlich vorgeschriebene System der SI-Einheiten zu verwenden. Bei amerikanischen Firmen wird in der Regel die Verwendung des angelsächsischen Masssystems toleriert.

Bei allen Zahlenangaben im Bericht sind die zugehörigen Masseinheiten beizufügen, bei Tabellen gesamthaft für jede Tabelle. Dies ist speziell zu beachten bei der Wiedergabe von Computer-Outputs.

5.12 Revision von Berichten

Jede Änderung in einem Bericht erfordert die Änderung der Revisionsnummer und des Revisionsdatums. Die Änderung ist in geeigneter Weise zu bezeichnen und gegebenenfalls zu erläutern.

Es ist zulässig, Berichte seitenweise zu revidieren, d.h. Austausch- und/oder Ergänzungsblätter nachzuliefern bzw. Seiten zu annullieren, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Jedes Blatt muss mit der Berichtsnummer und einem individuellen Revisionsindex versehen sein.
- b) Bei jeder Revision ist ein neues Titelblatt mitzuliefern, mit neuem Revisionsindex und entsprechendem Revisionsdatum.
- c) Der Bericht muss ergänzt werden durch eine vollständige Aufzählung aller zum Bericht gehörenden Blätter samt individuellen Revisionsindizes. Die Aufzählung ist bei jeder Revision nachzuführen, mit dem neuesten Revisionsindex des Berichtes zu versehen und zusammen mit Austauschblättern und neuem Titelblatt zu verschicken.
- d) Wo nötig ist auch das Inhaltsverzeichnis mit zu revidieren.

Bei mehreren Teilberichten sind in der Liste der Teilberichte des allgemeinen Teils bzw. des zusammenfassenden Berichtes die Revisionsindizes der Teilberichte mit anzugeben und die Liste ist durch Revision stets auf dem neuesten Stand zu halten.

5.13 Anzahl Kopien

Das SVTI Nuklearinspektorat benötigt 2 Kopien des Berichts. In Sonderfällen können 3 Kopien angefordert werden.

6. Anforderungen an den sachlichen Inhalt des Berichtes

Jeder Berechnungsbericht ist durch textliche Erläuterungen zu ergänzen, die es gestatten, die Überlegungen und Entscheidungen bei der Wahl der Berechnungsmethoden, der Modellierung, der Vereinfachungen und Vernachlässigungen u.ä. nachzuvollziehen. Der Bericht muss im weiteren die Überprüfung aller Annahmen durch klare Quellenangaben gestatten.

Bei der Verwendung von umfangreichen Computerprogrammen die selbständig eine ganze Reihe von Berechnungsschritten ausführen, müssen dem Bericht in der Regel Informationen über die Arbeitsweise und eventuelle Überprüfungen der Programme beigelegt werden.

Als Abschluss des Berichtes bzw. in der Zusammenfassung ist zu bestätigen:

- a) dass die Komponente allen Anforderungen von Komponentenspezifikation und Bauvorschrift genügt,
- b) dass alle spezifizierten Belastungen und Belastungskombinationen berücksichtigt worden sind,
- c) dass die Berechnungsannahmen mit der Komponenten- bzw. Systemausführung übereinstimmen.

Im einzelnen sind folgende Informationen erforderlich:

6.1 Materialkennwerte

In jedem Bericht sind für die entsprechenden Bauteile unter Bezugnahme auf die Herstellungszeichnung folgende Angaben in Tabellenform zusammenzufassen:

- a) Bezeichnung und Positionsnummer des Bauteils
- b) Normbezeichnung des Werkstoffes und geltende Werkstoffspezifikation bzw. -norm
- c) Auslegungs- und Betriebstemperatur (en)
- d) Ableitung der Berechnungsfestigkeiten für die Berechnungstemperaturen unter Verwendung der Festigkeitskennwerte aus der Materialspezifikation bzw. -norm.
Andere Quellendokumente sind anzugeben.

Als "Berechnungsfestigkeiten" gelten dabei alle jene Festigkeitswerte, die gemäss Bauvorschrift bereitzustellen sind, um in Berechnungsformeln oder in Gleichungen zur Ermittlung von Spannungslimiten eingesetzt zu werden. Bei Festigkeitsnachweisen nach dem ASME Code, z.B., gelten als "Berechnungsfestigkeiten" je nach Art des Nachweises die "allowable stress values" S , die "design stress intensity values" S_m , die "yield strength values" S_y sowie die "tensile strength values" S_u .

Für die Ermittlung der Berechnungsfestigkeiten S und S_m ist die Festlegung NE-04 zu berücksichtigen.

- e) Berechnungstemperatur, wie:
 - Elastizitätsmodul E (N/mm^2)
 - Querdehnungszahl (Poissonsche Zahl) ν (-)
 - lineare Wärmeausdehnungszahl α (K^{-1}) (Mittelwert und/oder Momentanwert)
 - Wärmeleitfähigkeit λ ($W/m \cdot K$)
 - spezifische Wärme c ($J/kg \cdot K$)

Die Quellendokumente sind anzugeben.

6.2 Beschreibung des Rechenmodells und der Randbedingungen

6.2.1 Allgemeines

Falls für die Berechnung der Komponente oder einzelner Teile davon Rechenmodelle gebildet werden, so sind diese Rechenmodelle in einem besonderen Abschnitt des Berichtes zeichnerisch darzustellen und, zusammen mit den angenommenen Randbedingungen, zu beschreiben. Zeichnungen und Beschreibungen müssen alle Details enthalten, die notwendig sind, um das Rechenmodell mit dem Original vergleichen und die Güte der Modellierung überprüfen zu können.

Vereinfachende Annahmen bei der Modellierung und bei der Wahl der Randbedingungen sind zu erwähnen und, soweit erforderlich zu begründen.

Werden einzelne Charakteristiken des Modells in Form von Zahlenwerten für die nachfolgende Spannungsanalyse bereitgestellt (Trägheitsmomente, Widerstandsmomente, Federkonstanten usw.), so ist, falls nicht völlig eindeutig, die Herleitung aus den Angaben der Ausführungszeichnung im Detail zu erklären.

6.2.2 Modellierung von Rohrleitungssystemen

In Berichten über Rohrleitungsberechnungen sind die für die Berechnung wichtigen Daten des Rohrleitungssystems und des an seiner Stelle verwendeten Rechenmodells wie folgt in übersichtlicher Form zusammenzustellen:

a) Berechnungsisometrie

- alle zur Kontrolle der Koordinaten des Berechnungsmodells notwendigen Abmessungen
- die Definition des globalen Koordinatensystems relativ zum Rohrleitungssystem
- Kennzeichnung sämtlicher Rohrleitungsabschnitte, Gebäudedurchführungen, Abstützungen, Ventile, Pumpen, Behälter usw. nach dem Anlagenkennzeichnungssystem
- Wirkungsrichtungen der verschiedenen Abstützungen, Stossdämpfer usw.
- Art der Abstützungen (durch Symbole dargestellt)
- Biegeradien
- Schweissnahttypen und Position wichtiger Schweissnähte
- Knotennummern des Berechnungsmodells
- Erklärung der verwendeten Symbole
- Modellierung von Ventilen, Pumpen und anderen mitschwingenden Komponenten, inkl. Ventilantriebe, Pumpenmotoren usw. mit ihren Abstützungen
- Abzweigungen von Rohrleitungen, die für die Berechnung "entkoppelt" werden, samt Kennzeichnungen der Zweigleitungen.

b) Tabelle der Rohrleitungsdaten

Die wichtigsten Rohrleitungsdaten sind in einer Tabelle übersichtlich zusammenzustellen (Nenndurchmesser, Aussendurchmesser, Wandstärke, Biegeradius, Gewicht pro Längeneinheit, Medium: Wasser/ Dampf, usw.).

c) Herleitung des Rechenmodells

In einem besonderen Abschnitt des Berichtes ist im Detail zu zeigen, wie die vereinfachenden Annahmen des Rechenmodells hergeleitet worden sind. Dies gilt insbesondere für:

- Modellierung von mitschwingenden Komponenten, samt deren Aufbauten (Ventile, Pumpen, Flanschverbindungen usw.)
- Wahl der Knotenabstände
- Entkopplung von Zweigleitungen
- Modellierung von Abstützungen jeder Art

Unter "Abstützungen jeder Art" sind hier alle jene Bauteile zu verstehen, die ständig oder unter gewissen Lastbedingungen eine Verbindung zwischen dem Rohrleitungssystem (samt Ventilen, Pumpen usw.) und dem Gebäude (der Baustruktur) herstellen. Neben Abstützungen und Aufhängungen gehören dazu o auch Stossbremsen, feste und flexible Wanddurchführungen, usw.

Bei Abstützungen jeder Art sind insbesondere vereinfachende Annahmen betreffend Steifigkeit bzw. Flexibilität zu begründen, in nicht ohne weiteres einleuchtenden Fällen anhand einer Näherungsrechnung, Plausibilitätsuntersuchung oder dergleichen.

Als vereinfachende Annahmen gelten beispielsweise:

- Vernachlässigung der Flexibilität einer Abstützung (Federkonstante vereinfachend als unendlich gross angenommen)
- Vernachlässigung der Steifigkeit eines sehr flexiblen Bauteils, z.B. eines Balg-Kompensators (Federkonstante vereinfachend zu Null gesetzt)
- Modellierung eines nichtlinear wirkenden Stossdämpfers entweder als vollkommen steife Abstützung oder als kraftschlüssig wirkende Feder mit einer endlich grossen Federkonstanten (wobei im letzteren Falle auch der Zahlenwert der Federkonstanten zu begründen ist)
- Annahme eines völlig steifen Verankerungspunktes (alle 6 Freiheitsgrade aufgehoben) an einer Stelle, die nicht eindeutig als vollkommene Einspannung bezeichnet werden kann.

In der Begründung ist stets zu erklären, weshalb der entstehende Fehler nicht nur für die Rohrleitung, sondern auch für die Abstützung zugrunde gelegt werden kann.

Abgesehen von den vereinfachenden Annahmen sind auch die ohne Vereinfachung ermittelten Zahlenwerte von Federkonstanten durch Wiedergabe der Herleitung zu begründen.

Allgemein gilt: Falls die Herleitung einzelner Teile des Rechenmodells (z.B. Ventile oder Pumpen) in separaten Dokumenten gezeigt wird, genügt im Bericht ein Hinweis auf jene Dokumente.

6.2.3 Belastungsfälle und Belastungsannahmen

Alle im Festigkeitsnachweis berücksichtigten Belastungsfälle sind zusammengefasst in einem Abschnitt des Berichtes, soweit möglich in Tabellenform, darzustellen, zusammen mit den zugehörigen Belastungsannahmen.

Für jeden Lastfall ist mit anzugeben:

- in welche Lastkategorie (Auslegung, Normalbetrieb, Betriebsstörung usw.) er eingestuft ist,
- wo in der Komponentenspezifikation er spezifiziert wird,
- falls einzelne oder alle Zahlenwerte nicht der Komponentenspezifikation entnommen sind; woher die nicht spezifizierten Zahlenwerte stammen (detaillierte Quellenangabe) bzw. wie die betreffenden Zahlen hergeleitet worden sind.

Bei Ermüdungsrechnungen muss auf die Transienten eingegangen werden und es sind Aussagen über die Temperaturverteilung im Transienten- und im Beharrungszustand zu treffen.

Bei dynamischen Lastfällen (Erdbeben usw.) sind, soweit umfangsmässig möglich, die verwendeten Diagramme (Antwortspektren, Zeitverläufe usw.) und/oder die daraus für die Berechnung abgeleiteten Zahlentabellen im Bericht wiederzugeben.

Bei zyklischer Belastung (Low-Cycle Fatigue, High-Cycle Fatigue) durch Temperatur, Druck, Massenkräfte und Reaktionen sind die für die Berechnung getroffenen Lastannahmen und Zyklenzahlen anzugeben.

Wo Belastungswechsel in Form von "Zyklendiagrammen" spezifiziert werden, sind diese Diagramme, soweit praktisch möglich, im Bericht wiederzugeben. Auf jeden Fall muss im Bericht gezeigt werden, wie die Annahmen der Berechnung aus dem Zyklendiagramm abgeleitet wurden.

Allgemein gilt, dass jede Abweichung von den Angaben der Spezifikation erwähnt und begründet werden muss, in schwer überblickbaren Fällen anhand einer Näherungsrechnung oder Plausibilitätsbetrachtung. Dies ist z.B. in den folgenden Fällen zu beachten:

- wenn ein spezifizierter Lastfall vernachlässigt wird,
- wenn gewisse Daten eines Lastfalles (z.B. eine Mediumtemperatur) für die Berechnung abgeändert oder vernachlässigt werden, sei es zur Vereinfachung oder aus anderen Gründen,
- wenn mehrere verschiedene Lastfälle durch einen einzigen Lastfall dargestellt ("abgedeckt") werden,
- wenn mehrere verschiedene Arten von Lastzyklen durch eine einzige Lastzyklenart dargestellt ("abgedeckt") werden,
- wenn einzelne Belastungen (z.B. äussere Kräfte und Momente) nur örtlich berücksichtigt werden.

In schwer überblickbaren Fällen sind die verschiedenen Lastfälle und -annahmen anhand von Skizzen oder Zeichnungen zu erklären. Diese Forderung gilt z.B. für Mehrkammerobjekte wie komplexe Rohrleitungsdurchführungen oder hydraulische Ventiltriebe, wenn

1. die Aufteilung in Kammern nicht ohne weiteres klar ist und/oder
2. die Verteilung von Druck und Temperatur auf die verschiedenen Kammern sich von Lastfall zu Lastfall ändert.

Skizzen können aber auch notwendig sein für eine klare Definition der Angriffspunkte und Wirkungsrichtungen von Kräften und Momenten sowie zur Darstellung von komplexen Strömungsbewegungen.

Anschliessend an die Belastungsfälle und Belastungsannahmen sind auch die Lastfallkombinationen übersichtlich darzustellen, wenn möglich in Tabellenform.

Für jede Lastfallkombination ist mit anzugeben:

- in welche Lastkategorie sie eingestuft ist
- wo in der Komponentenspezifikation sie spezifiziert ist
- in welchen Teilen des Festigkeitsnachweises bzw. für welche Teile der Komponente oder des Systems die Kombination zur Anwendung kam. Bei Rohrleitungen: für welche Gleichung der Bauvorschrift sie verwendet wurde.

Abweichungen von der Spezifikation oder Bauvorschrift sowie vereinfachende Annahmen, Vernachlässigungen, usw. sind zu erwähnen und zu begründen.

6.3 Beschreibung der Berechnungen und Berechnungsmethoden

Den wichtigsten Teil des Berichtes bildet die Beschreibung der Berechnungen und Berechnungsmethoden. Die Berechnungen und Berechnungsmethoden müssen mit allen notwendigen Zahlenangaben derart beschrieben werden, dass sie Schritt für Schritt zahlenmässig überprüft werden können.

6.3.1 Handrechnungen

Bei Handrechnungen ist es am zweckmässigsten, die Beschreibung der Berechnungsmethode und die Beschreibung der Berechnungen zu kombinieren.

Referenzdokumente sind mit vollständigen Quellenangaben zu versehen.

Wird die aus einer Quelle entnommene Information (Gleichung, Lehrsatz usw.) nicht direkt benützt, sondern aufgrund eigener Überlegungen abgeändert, so sind diese Überlegungen darzustellen. Analog ist vorzugehen, wenn eine eigene Berechnungsmethode entwickelt wird.

Die zur Ableitung der Berechnungsschritte (Gleichungen usw.) getroffenen Annahmen sind anzugeben.

Vereinfachende Annahmen oder Vernachlässigungen sind hervorzuheben und in schwer überblickbaren Fällen anhand einer Plausibilitätsüberlegung oder einer Näherungsrechnung zu rechtfertigen. Wo ein Berechnungsverfahren (z.B. eine Gleichung) nur innerhalb gewisser Grenzen gültig ist, muss gezeigt werden, dass diese Grenzen bei der Anwendung nicht überschritten werden.

6.3.2 Computerrechnungen

Bei handelsüblichen, qualitätsgesicherten Programmen verzichtet das SVTI Nuklearinspektorat auf Verifikationen. Bei Verwendung selbst entwickelter oder firmeninterner Rechenprogrammen ist eine Verifikation durch Bench-Mark Tests zu belegen.

Kommen mehrere Programme zum Einsatz (Liste Input/Output), oder ein einzelnes Programm mit Vor- und/oder Nachprozessorprogramm(en), so ist der Verlauf der Gesamtberechnung in leicht verständlicher Form zu beschreiben, in komplizierten Fällen anhand eines Flussdiagramms. Dies ist speziell dann notwendig, wenn der Einsatz der Programme mit Eingriffen "von Hand" kombiniert ist.

Von jedem Rechenprogramm sind anzugeben:

- Name und Version des Programms
- Standort des Programms (wo, in welchem Rechenzentrum das Programm eingerichtet ist)
- Hersteller des Programms (Firma)
- Kurzbeschreibung des Programms mit Angabe der Berechnungsmethode, Gültigkeitsbereich, wesentliche Merkmale usw.
- vorhandene Referenzdokumente

Speziell ist darüber Auskunft zu geben, ob ein Benutzerhandbuch existiert und ob Nachweise für das richtige Arbeiten des Programms vorgelegt werden können (Resultate von Vergleichen mit Parallelrechnungen oder Messungen, "Bench-Mark Tests" usw.)

Die Form der Beschreibung der eigentlichen Berechnung ist dem Ersteller der Berechnung überlassen. Wichtig ist jedoch, dass dem SVTI die Originalausdrucke ("Print-out") der Rechneingaben und -ausgaben ("Input" und "Output") auf einem adäquaten Datenträger zur Prüfung zur Verfügung gestellt wird, entweder als Bestandteil oder als Beilage des Berichtes, auf einen Datenträger oder als separate zusätzliche Unterlage.

Dabei gelten die folgenden Anforderungen:

- a) Der Originalausdruck der Eingaben muss enthalten:
 - die Bezeichnung und Version des Programms
 - den vollständigen Satz aller Eingaben; einschliesslich der zur Wahl von Programm-Optionen notwendigen, und/oder
 - den vollständigen Satz der interpretierten Eingaben (interpreted input).
- b) Wird der Originalausdruck als separate Unterlage ("Lesehilfe") geliefert, so muss sein Textbild mit geeigneten Identifizierungsmerkmalen derart versehen sein, dass seine Zugehörigkeit zum Bericht eindeutig erkennbar ist (Laufnummer, Titel, Berichtsnummer usw.).
- c) Neben den Ein- und Ausgabedaten kann es erforderlich sein, auch gewisse Zwischenergebnisse ausdrucken zu lassen, um das richtige Funktionieren des Programmes mit vernünftigem Aufwand überprüfen zu können.
- d) Bei Verwendung von Vor- und Nachprozessorprogrammen (Pre-/Postprocessing Programs) oder allgemein bei Kombination mehrerer Rechenprogramme muss der Originalausdruck die Ein- und Ausgabedaten aller verwendeten Rechenprogramme enthalten. Dies ist vor allem dann notwendig, wenn die "Computerrechnungen" mit Eingriffen "von Hand" kombiniert werden.

Bei einzelnen Programmen der Kombination kann auf den Ausdruck der Eingabedaten und/oder der Ausgabedaten verzichtet werden, falls die von jenen Programmen ausgeführten Rechenschritte auf einfache Weise "von Hand" stichprobenweise überprüft werden können. Eine Reduktion des Ausdrucks ist ferner zulässig, wenn es sich um Teilprogramme eines handelsüblichen Programmsystems handelt, die in einem einzigen Rechenlauf, ohne Eingriffe "von Hand", eingesetzt werden und für die der Rechner einen einzigen gemeinsamen Ausdruck liefert.

Besteht der Originalausdruck aus verschiedenen unabhängigen Teilen (z.B. ein Ausdruck für jedes verwendete Programm), so müssen die Textbilder der Teilausdrucke mit geeigneten Identifizierungsmerkmalen (z.B. Titel, Lauf- bzw. Berichtsnummer) versehen sein, so dass die Zusammengehörigkeit der Teilausdrucke eindeutig erkennbar ist.

- a) Alle handelsüblichen Programme werden akzeptiert.

7. Bewertung der Resultate und Vergleich mit der Komponentenausführung

7.1 Ergebnisse des Festigkeitsnachweises

Die Ergebnisse des Festigkeitsnachweises sind in einem Abschnitt des Berichtes zusammenfassend zu beschreiben und zu beurteilen. Anhand der ermittelten Zahlenwerte ist zu zeigen, dass alle Bedingungen der Bauvorschrift und der Komponentenspezifikation erfüllt sind.

Handelt es sich um eine Vielzahl von zu erfüllenden Bedingungen und/oder eine Vielzahl von Berechnungspunkten (Punkte im Berechnungsmodell), so sind die Ergebnisse der Berechnungen in geeigneter Form tabellarisch aufzuführen. Dabei sind neben den errechneten Spannungen auch die zulässigen Spannungen und/oder die Verhältnisse von errechneter zu zulässiger Spannung in der Tabelle anzugeben.

Bei Berechnungen nach der Methode der finiten Elemente genügt die Angabe der Ergebnisse für die kritischen (höchstbeanspruchten) Stellen der Konstruktion. Zwecks einfacher Verifikation sind Spannungsplots beizulegen.

Bei gerichteten Grössen sind Richtung und Vorzeichen klar zu definieren, z.B. durch Angabe des verwendeten Koordinatensystems oder anhand einer Skizze.

Die massgebenden Punkte grösster Spannungen und Deformationen sind hervorzuheben. Beim Ermüdungsnachweis ist der Bereich der Wechsellastspannungen (elastisch, elastisch-plastisch zu berücksichtigen).

Bei umfangreichen Festigkeitsnachweisen, speziell bei Berechnungen mit Grossrechner, ist bei jedem zitierten Zahlenwert anzugeben, auf welcher Seite des Berichtes bzw. des Rechnerausdrucks die Zahl gefunden werden kann.

Sollten einzelne der Bedingungen nicht erfüllt sein, so ist dies deutlich zu vermerken und es ist zu begründen, weshalb der Festigkeitsnachweis trotzdem als erbracht zu betrachten sein sollte.

Besteht ein Bericht aus Teilberichten, sind die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Teilberichte im zusammenfassenden Bericht in übersichtlicher Form wiederzugeben.

7.2 Übereinstimmung mit der Komponentenausführung

Wenn die Berechnungen nicht auf den gleichen zeichnerischen Unterlagen durchgeführt wurden, wie die Ausführung der Komponente oder des Systems, so ist ein Vergleich in bezug auf die für die rechnerische Auslegung relevanten Daten vorzunehmen und das Resultat zu bestätigen, Abweichungen sind zu bewerten.

Wenn Abweichungen bestehen oder festgestellt werden, ist die Gültigkeit der Festigkeitsberechnung zu überprüfen und nachzuweisen.

7.3 Anschlusskräfte und Momente

Wo die von der betrachteten Komponente auf benachbarte Komponenten ausgeübten Kräfte und Momente ermittelt werden müssen, sind diese Kräfte und Momente in geeigneter Form tabellarisch zusammenzustellen. Dies gilt vor allem bei Rohrleitungsberechnungen für die Angabe der Kräfte und Momente, die auf Abstützungen jeder Art ausgeübt werden.

Hier sind bei gerichteten Grössen nicht nur Richtung und Vorzeichen klar zu definieren, sondern es muss auch eindeutig definiert werden, an welchem Bauteil bzw. an welcher Seite eines betrachteten Schnittes die angegebenen Kräfte und Momente angreifen (Belastung der Abstützung durch das Rohr oder Belastung des Rohres durch die Abstützung).

Momente sind stets als Vektoren zu definieren, nach den international geltenden Regeln der Mechanik. In begründbaren Ausnahmefällen muss die Definition auf jeden Fall anhand einer Skizze erfolgen.

8. Zusätzliche Unterlagen

Jeder Bericht muss begleitet sein von sämtlichen Unterlagen, die für eine unabhängige Überprüfung des Festigkeitsnachweises nötig sind. Sämtliche Unterlagen, die für die Berechnungen benötigt wurden, sind dem SVTI einzureichen.

Das SVTI Nuklearinspektorat benötigt also:

- a) für jedes verwendete Rechenprogramm das Benutzerhandbuch und ein Nachweis für das richtige Arbeiten des Programmes
- b) den Originalausdruck der "Computerrechnungen" (falls nicht im Bericht integriert) oder EDV-Datenträger.

Bei allgemein zugänglichen Referenzdokumenten (Fachliteratur, Normen usw.) genügt es, Kopien der benützten Seiten beizulegen. Von beschränkt erhältlichen Referenzdokumenten (Dokumente von Hersteller, Besteller, Betreiber usw.) sind vollständige Kopien erforderlich.

Ausnahmen: Es kann vorausgesetzt werden, dass der ASME Code sowie schweizerische und deutsche Regelwerke zur Verfügung stehen. Das gleiche gilt für die Benutzerhandbücher von international erhältlichen Rechenprogrammen.

Bei Originalausdruck der "Computerrechnungen" bestehen im Prinzip die Möglichkeiten, den Originalausdruck oder eine Kopie im Format A4 oder Mikrofilm-Kopien in Form von Fiches im Format A6 abzugeben. In der Regel genügt dabei 1 Satz.