



Standicherheit

Hinweise zu
Form und Inhalt prüffähiger statischer Berechnungen



Bundesvereinigung
der Prüfengeure für Bautechnik e. V.

Stand: 11/2025

Vorwort

Diese Hinweise enthalten allgemeine Empfehlungen für die Erstellung statischer Berechnungen. Ziel ist es, durch Hinweise bezüglich der äußeren Form, der Gliederung und des Inhalts zur Übersichtlichkeit und Verständlichkeit der statischen Unterlagen beizutragen.

Die Einhaltung der nachfolgend näher beschriebenen Empfehlungen sichert auch die Prüffähigkeit der statischen Unterlagen in solchen Fällen, in denen diese durch Prüfsachverständige oder Prüfingenieure oder Prüfsachverständige in statisch-konstruktiver Hinsicht geprüft werden sollen.

Dieses Dokument enthält auch allgemeine Hinweise für solche Fälle, bei denen die statischen Nachweise vollständig oder teilweise unter Zuhilfenahme von EDV-Programmen an großen statischen Modellen bis hin zu Gesamtmodellen der Struktur geführt werden. Weiterführende Hinweise können dem *„Leitfaden zur Aufstellung prüffähiger statischer Berechnungen am 3D-Gesamtmodell“* der VPI entnommen werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass für spezifische Bauvorhaben weitergehende Regeln bestehen können. Zu nennen sind hier beispielhaft Kunstbauten im Zuge von Straßen, Bahnstrecken oder Wasserverkehrswegen.

I. Normen, Richtlinien, sonstige Unterlagen	4
II. Allgemeines	5
II.1. Grundsätze	5
II.2. Verantwortlichkeiten und Koordination	5
III. Statische Berechnung	6
III.1. Allgemeine Anforderungen	6
III.2. Gliederung	6
III.3. Titelseite	6
III.4. Ggf. Unterschriften der Aufsteller Revisionsverzeichnis	6
III.5. Inhaltsverzeichnis und Seitennummerierung	7
III.6. Vorbemerkungen	7
III.7. Positionspläne, Übersichtszeichnungen, Konstruktionsskizzen	7
III.8. Standsicherheitsberechnungen	8
III.8.a Allgemeines	8
III.8.b Einwirkungen und Einwirkungskombinationen	9
III.8.c Statische Systeme.....	9
III.8.d Berechnungsergebnisse	10
III.8.e Unterschriften	10
III.8.f Anhang	11
IV. Besonderheiten bei EDV-unterstützten Berechnungen	11
IV.1. Einleitung.....	11
IV.2. Anforderungen und Anwenderqualifikation	11
IV.3. Aufbereitung der Berechnungsdaten.....	12

I. Normen, Richtlinien, sonstige Unterlagen

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
ZTV-ING, Dezember 2023
Teil 1, Abschnitt 2: Technische Bearbeitung
- [2] VDI-Richtlinie 6201:
Softwaregestützte Tragwerksberechnung
Grundlagen, Anforderungen, Modellbildung
- [3] VPI, Fachkommission der VPI in Niedersachsen, Bremen und Hamburg
Anforderungen für das Aufstellen EDV-gestützter Nachweise
Oktober 2002
- [4] bauforumstahl
Arbeitshilfe „Aufbau statischer Berechnungen“
- [5] Deutscher Stahlbauverband
Anforderungen an statische Unterlagen im Stahlbau
- [6] bauforumstahl
Richtlinie BFS-RL 07/102
Dokumentation von Standsicherheitsnachweisen im Stahlbau
- [7] DAfStb-Heft 631; Hilfsmittel zur Schnittgrößenermittlung und zu besonderen Detailnachweisen
bei Stahlbetontragwerken
- [8] Eurocode 2 für Deutschland: Kommentierte Bemessungsregeln für den Hochbau nach Euro-
code 2

II. Allgemeines

II.1. Grundsätze

Bauliche Anlagen sowie andere Anlagen und Einrichtungen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass sie die öffentliche Sicherheit oder Ordnung sowie die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährden. Dabei sind die Grundanforderungen an Bauwerke gemäß Anhang I der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 zu berücksichtigen. Dies gilt entsprechend auch für die Änderung ihrer Benutzung und ihren Abbruch.

Zum Nachweis dieser Anforderungen ist in der Regel ein rechnerischer Nachweis der ausreichenden Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der geplanten baulichen Anlage und ihrer Teile erforderlich. Nachweise des Wärmeschutzes, des Schallschutzes und des baulichen Brandschutzes gehören nicht zu den statischen Unterlagen, haben aber Einfluss auf die Wahl der Materialien und die Anforderungen an diese.

Die statischen Unterlagen sind auf der Basis der anerkannten Regeln der Baukunst und unter Beachtung des Standes der Technik zu verfassen. Sie müssen vollständig, übersichtlich und für Dritte nachvollziehbar sein.

Zur Sicherstellung der bauaufsichtlichen Anforderungen müssen die statische Berechnung und die Ausführungsunterlagen genehmigungspflichtiger Bauvorhaben in statisch-konstruktiver Hinsicht geprüft werden. Diese Aufgabe wird in der Regel durch Prüfsachverständige oder Prüfingenieure übernommen.

Das vorliegende Dokument soll dazu beitragen, die Prüffähigkeit einer statischen Berechnung sicherzustellen. Es wird darauf hingewiesen, dass an Form und Inhalt statischer Berechnungen Anforderungen gestellt werden können, die über die vorliegenden Empfehlungen hinausgehen, beispielsweise wegen der Erfordernisse des behördlichen Genehmigungsverfahrens oder aufgrund von Forderungen des Bauherrn.

Alle Texte und Zeichnungen statischer Unterlagen sind in deutscher Sprache abzufassen bzw. auf Verlangen in deutscher Übersetzung vorzulegen. Dies gilt auch für die wesentlichen EDV-Unterlagen. Ergänzende Dokumente wie bspw. ETAs, Leistungserklärungen, etc. sind nach Möglichkeit in deutscher Fassung ansonsten mindestens in englischer Sprache vorzulegen.

II.2. Verantwortlichkeiten und Koordination

Der Aufsteller ist für die technische und rechnerische Vollständigkeit und Richtigkeit des Standsicherheitsnachweises verantwortlich.

Sind an Standsicherheitsnachweisen eines Bauwerks mehrere Aufsteller beteiligt, sollte einer der Beteiligten die Vollständigkeit des Gesamtstandsicherheitsnachweises als Koordinator vertreten.

Bei Tragwerken mit höheren Anforderungen kann in einer frühen Bearbeitungsphase ein Aufklärungs- und Abstimmungsgespräch der Projektbeteiligten mit dem Prüfsachverständigen sinnvoll sein.

III. Statische Berechnung

III.1. Allgemeine Anforderungen

Die statische Berechnung muss unter Einbeziehung der EDV-Berechnungen und aller sonstigen erforderlichen technischen Unterlagen ein für Dritte nachvollziehbares, technisch und rechnerisch geschlossenes Ganzes bilden. Die Tragfähigkeit und - soweit erforderlich - die Gebrauchstauglichkeit der betrachteten Bauteile müssen unter Berücksichtigung aller maßgebenden Bau-, Montage- und Endzustände für alle tragenden Bauteile einschließlich deren Anschlüsse und Verbindungen nachgewiesen werden. Dabei müssen die wesentlichen Wechselwirkungen zwischen Bauwerk, Baugrund und Hinterfüllung zutreffend erfasst werden. Hierbei ist zu beachten, dass in der Regel Bau- und Montagezustände erst durch die ausführende Firma final festgelegt und dann nachgewiesen werden.

Die statische Berechnung muss vollständig und klar gegliedert, lesbar und - soweit sie in Papierform erstellt wird - kopier- und scanfähig sein. Sie muss alle notwendigen Angaben zur Weiterverarbeitung für Anschlussgewerke und Anschlussbauteile sowie zur Erstellung der Ausführungszeichnungen enthalten. Soweit für das Verständnis erforderlich, sind hierzu Erläuterungen in Textform, Skizzen und Übersichtszeichnungen einzufügen.

Die statische Berechnung ist durchlaufend oder – bei größerem Umfang – abschnittsweise fortlaufend zu nummerieren. Ergänzungs- und Austauschseiten sind eindeutig durch unterschiedliche Indizes zu kennzeichnen. Zur Dokumentation des Bearbeitungsstandes sollte ein Revisionsverzeichnis geführt werden.

Ergebnisse EDV-gestützter Berechnungen müssen vollständig, nachvollziehbar und reproduzierbar dargestellt werden. In der Regel sollte auch hier eine positionsbezogene Aufbereitung erfolgen.

Umfangreichere EDV-Ausdrucke können in den Anhang aufgenommen werden. Die wesentlichen Ergebnisse sind im Ausdruck zu kennzeichnen und in der statischen Berechnung zusammenzufassen.

Auch bei der Einreichung der statischen Berechnung als digitales Exemplar sind die vorgenannten Anforderungen sinngemäß zu beachten und anzustreben,

III.2. Gliederung

Die statische Berechnung sollte prinzipiell wie folgt aufgebaut sein:

1. Titelseite,
2. Revisionsverzeichnis,
3. Inhaltsverzeichnis,
4. Vorbemerkungen, (Baubeschreibung, statisches Konzept, Lastabtrag, Stabilisierung)
5. Positionspläne, Übersichtszeichnungen, Konstruktionsskizzen
6. Standsicherheitsberechnungen,
7. Unterschriften (wenn nicht auf der Titelseite enthalten),
8. Anhang.

III.3. Titelseite

Auf der Titelseite sind anzugeben bzw. vorzusehen:

- Bauherr, Bauort, Bauvorhaben, Bauabschnitt,
- Kontaktdaten des Bauherrn, des Aufstellers und ggf. des Koordinators,
- Umfang der statischen Berechnung,
- Ggf. Unterschriften der Aufsteller

III.4. Revisionsverzeichnis

Revisionen entstehen, wenn ein bereits übergebenes Dokument überarbeitet oder ergänzt wird. Das Revisionsverzeichnis listet alle Ergänzungen oder Änderung mit Datum und Begründung auf.

III.5. Inhaltsverzeichnis und Seitennummerierung

Ein Inhaltsverzeichnis ist bei größerem Umfang der statischen Berechnung unerlässlich. Bei Änderungen und Ergänzungen während der statischen Bearbeitung (z. B. im Zusammenhang mit Nachträgen) ist es laufend zu ergänzen. Es sollte auch Positionspläne sowie den Anhang umfassen. Bei digitalen Dokumenten ist eine Verlinkung der Seiten zur besseren Navigierbarkeit im Inhaltsverzeichnis anzustreben.

Die Seiten sind fortlaufend zu nummerieren. Bei größeren Dokumenten kann eine abschnittsweise Nummerierung sinnvoll sein. Einschub- und Austauschseiten sind eindeutig durch entsprechende Indices zur Seitennummerierung zu kennzeichnen.
(z.B. 45-1 bzw. 45-1.1 für eine Einschubseite, 45-a bzw. 45.1-a für eine Austauschseite)

III.6. Vorbemerkungen

Die Vorbemerkungen sollen einen Überblick über die Gesamtbaumaßnahme geben und die bearbeitete Aufgabenstellung beschreiben. Dabei ist im gebotenen Umfang die statische Gesamtkonzeption einschließlich der Gebäudeaussteifung zu erläutern. Hierzu gehören in der Regel insbesondere Angaben zu folgenden Punkten:

- Angaben zum Standort, (Windlastzone, Schneelastzone, Erdbebenzone, ggf. geografische Sonderlagen).
- Hauptabmessungen.
- Art der Nutzung, nutzungsbedingte Anforderungen:
 - Maßhaltigkeit und Toleranzanforderungen,
 - Verformungsbeschränkungen und Überhöhungen,
 - Schwingungsverhalten,
 - Anprallschutz,
 - Dichtigkeitsanforderungen.
- Angaben zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen.
- Gründungskonzept mit entsprechenden Bodenkennwerten.
- statische Systeme für den Abtrag der Vertikal- und Horizontallasten.
- Grundsätze der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit, (Betondeckung, Abdichtung, Rissbreitenkonzept, Dehnfugen, Korrosionsschutz, usw.).
- Angaben zu Baustoffen und Bauprodukten, insbesondere die notwendigen statischen Werte
- Liste der verwendeten Normen und Literatur.
- Verwendete Computerprogramme mit Versionsnummer, wenn nicht durch die Ausgaben innerhalb der Statik erkennbar.
- Auflistung der zur statischen Berechnung gehörenden Zeichnungen.
Hinweis: Folgende Nachweise und Angaben werden in der Regel im weiteren Verlauf des Projekts von den Baufirmen zur Verfügung gestellt:
- Bauhilfsmaßnahmen (Baugrubensicherung, Wasserhaltung, Sicherungsmaßnahmen).
- Verwendbarkeitsnachweise von Baustoffen und Bauprodukten.

III.7. Positionspläne, Übersichtszeichnungen, Konstruktionsskizzen

Positionspläne bilden die Grundlage für den Aufbau der statischen Berechnung. Aus ihnen sollten die Lage der nachgewiesenen Bauteile in der Gesamtstruktur sowie deren gegenseitigen Abhängigkeiten eindeutig hervorgehen.

In einfachen Fällen können Positionspläne auch gleichzeitig Konstruktionszeichnungen sein, z. B. als Schalpläne, Mauerwerkspläne und dergleichen. In komplexen Strukturen kann ein gesonderter Lastenplan hilfreich sein.

Die wesentlichen Nachweisergebnisse wie Bauteilabmessungen und Bewehrungsmengen sollten in Übersichtszeichnungen und -skizzen aufbereitet werden. Hieraus sollte auch das zugrunde liegende statische System ablesbar sein.

Für nachgewiesene Detailpunkte sollten unter der entsprechenden statischen Position Konstruktions-skizzen enthalten sein. Diese bilden die Grundlage für die Ausführungsplanung, ersetzen diese aber nicht.

Die genannten Unterlagen sollten insbesondere folgende Angaben enthalten:

- Bauwerksachsen,
- Systemmaße,
- Positionsnummern (in Übereinstimmung mit der statischen Berechnung),
- Fugenanordnung,
- Koordinatensysteme.

III.8. Standsicherheitsberechnungen

III.8.a Allgemeines

Für Begriffe in den Berechnungen und für Formelzeichen gilt DIN 1080. Für Lasten, Gewichte und daraus hergeleiteten Größen sollten die gesetzlich vorgeschriebenen Einheiten verwendet werden.

In der statischen Berechnung sind sämtliche tragenden Bauteile in allen standsicherheitsrelevanten Bau-, Montage und Endzuständen und unter Beachtung der Wechselwirkungen zwischen Bauwerk und Baugrund zu erfassen. Gegebenenfalls muss der Einfluss von Verformungen aus Lasten oder infolge des zeitabhängigen Materialverhaltens (Kriechen und Schwinden) auf die Schnittgrößen berücksichtigt werden.

Die statische Berechnung kann unter Umständen auch Standsicherheitsnachweise für Baubehelfe (z. B. als Baugrubenverbau) enthalten. Oftmals werden diese auch erst im weiteren Verlauf durch die ausführenden Firmen erstellt.

Querverweise auf Werte und Darstellungen an anderer Stelle des Standsicherheitsnachweises sind eindeutig zu kennzeichnen.

Ordnungssysteme wie:

- Koordinatensysteme,
- Vorzeichenkonventionen für Schnitt- und Verschiebungsgrößen,
- Zuordnungen (Bauteile, Positionen, Teilsysteme, Knoten- und Elementnummerierungen)

müssen eindeutig erkennbar und einander zugeordnet sein.

Auch wenn die Berechnungen an einem größeren Modell (Gesamtmodell) durchgeführt werden, sollten die Ergebnisse zur besseren Nachvollziehbarkeit und um die Ausführungsplanung zu erleichtern, positionsweise aufbereitet werden. Typische Bestandteile einer positionsweisen Gliederung sind:

1. Positionsnummer mit Bezeichnung des betrachteten Bauteils,
2. Systemskizze mit Bemaßung,
3. Zusammenstellung der Einwirkungen und Einwirkungskombinationen,
4. Zusammenstellung von Einzelschnittgrößen und kombinierten Schnittgrößen,
5. Charakteristische Lagerkräfte
(für Lastweiterleitung, Anschlussnachweise, Fundamentbemessung).
6. Nachweisergebnisse für die einzelnen Grenzzustände.
7. Ggf. Konstruktions- und/oder Bewehrungsskizzen.

III.8.b Einwirkungen und Einwirkungskombinationen

Die getroffenen Lastannahmen sind nachvollziehbar zusammenzustellen. Alle Einwirkungen müssen nach Größe und Lage eindeutig beschrieben werden. Zu nennen sind insbesondere:

- ständige Lasten,
- Nutz- und Verkehrslasten,
- Schnee- und Eislasten,
- Windeinwirkungen,
- Temperatureinwirkungen,
- Vorspannung,
- Imperfektionen,
- Baugrundbewegungen und Lagerverschiebungen,
- maschinen-, wind- oder menschenerreichte Schwingungen,
- Anprall,
- Erdbebeneinwirkungen,
- Lasten aus Füll- und Schüttgütern,
- Besondere Bau- und Montagezustände, wenn die Einhaltung zwingend vorgegeben ist. Diese Nachweise werden ansonsten oftmals durch die ausführende Firma erstellt,
- Strömungsdrücke,
- Umwelteinflüsse.

Neben den charakteristischen Werten für die Einwirkungen sind auch die maßgebenden Bemessungssituationen und Einwirkungskombinationen anzugeben.

III.8.c Statische Systeme

Das zugrundeliegende statische System ist mit allen Lagerungsbedingungen, Gelenken, Anschlüssen, Exzentrizitäten, Einwirkungen usw. so zu beschreiben und darzustellen, dass alle wesentlichen Parameter eindeutig nachvollziehbar sind. Hierzu gehören:

- Positions- und Achsbezeichnungen, Stab- und Knotennummern,
- Baustoff- und Baugrundeigenschaften,
- Querschnittswerte (Querschnittsfläche, Trägheitsmomente, Schwerpunkt, Schubmittelpunkt. Lage der Bewehrung, Bewehrungsränge usw.),
- Dehn-, Biege- und Torsionssteifigkeiten,
- Federsteifigkeiten (Lager, Gründung, Gelenke),
- Rand- und Lagerungsbedingungen, Exzentrizitäten,
- Stabilisierung (lokal und global),
- Zusammenwirken von Teilsystemen, Lastweiterleitung,
- Einwirkungen mit Bezug zu den globalen Lastannahmen (soweit Ergebnisse aus anderen Positionen übernommen werden, ist dies zu erläutern),
- Einwirkungskombinationen mit Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten,
- Bei Berechnungen mit der FE-Methode ist für Flächen- und Volumenelementen das Netz darzustellen.

Weiterhin müssen alle sonstigen Berechnungsannahmen, die die Ergebnisse beeinflussen, beschrieben werden, wie z.B.

- Drillsteifigkeit und Schubsteifigkeit von Platten,
- Modellierung von Balken und Stützen in Platten- und Falterkwerkssystemen,
- Ausrundung von Stützmomenten,
- Momentenumlagerungen,
- nichtlineare Effekte.

III.8.d Berechnungsergebnisse

Der Inhalt der statischen Berechnung sollte sich auf für die Ausführung maßgebenden Nachweise beschränken. Zu nennen sind hier insbesondere:

- Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit,
- Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit,
- Nachweise im Grenzzustand der Ermüdung,
- Nachweise der äußeren Standsicherheit (Gleiten, Kippen, Grundbruch, Aufschwimmen usw.),
- Nachweis der Gebäudeaussteifung,
- Stabilitätsnachweise (Biegedrillknicken, Beulen, Stabilisierungssysteme).
- Ergänzende Nachweise (Lasteinleitung, Anschlüsse, Lager, Einbauteile usw.)

Soweit typisierte Bauprodukte o.ä. zum Einsatz kommen sollen, ist der zur Ausführung vorgesehene Bauteiltyp eindeutig zu benennen.

Berechnungs- und Nachweisverfahren sowie Formeln, die nicht allgemein bekannt und geläufig sind, sind mit Angabe der verwendeten Quellen zu belegen oder nachvollziehbar und vollständig herzuleiten. Auf Verlangen sind die Quellen digital zur Einsicht vorzulegen.

Für eine nachvollziehbare Aufbereitung und Kontrollierbarkeit der Berechnungsergebnisse ist in der Regel die Darstellung zumindest der folgenden Ergebnisse notwendig:

- Darstellung zumindest der wesentlichen Einzellastfälle,
- Lastfallweise Darstellung der daraus resultierenden charakteristischen Schnittgrößen, Lagerreaktionen und Verformungen,
- Zusammenstellung der nachweisrelevanten Einwirkungskombinationen,
- Darstellung der Nachweisergebnisse.

Gegebenenfalls müssen auch relevante Zwischenergebnisse oder besondere, für Plausibilitätskontrollen geeignete, Berechnungsergebnisse dargestellt werden.

Wegen der besseren Übersichtlichkeit sollten die Ergebnisse vorzugsweise positionsweise in maßstabgerechten Grafiken dargestellt werden. Diese müssen eine ausreichende Größe aufweisen und eindeutig lesbar beschriftet sein.

III.8.e Unterschriften

In dem Dokument (auf der Titelseite oder auf einer Schlussseite) sind anzugeben

- Ort und Datum der Ausfertigung der statischen Berechnung,
- Anschrift und Unterschrift des Aufstellers nach Abschnitt 6.1,
- Name des zuständigen Sachbearbeiters beim Aufsteller.

III.8.f Anhang

Im Anhang der statischen Berechnung sollen u.a. Aufnahme finden

- EDV-Ausdrucke und Programmbeschreibungen,
- Bodengutachten,
- Sonstige gutachterliche Stellungnahmen und externe Dokumente,
- Ausführungsunterlagen (Rammpläne, Spannanweisungen, ...)
- Bauaufsichtliche Zulassungen, Typenprüfungen (mit zugehörigem Prüfamtsbericht),
- Versuchsberichte,
- Belege über nicht allgemein zugängliche Quellen.

Hinweis: Die nachfolgend aufgeführten Angaben sind für die Prüfung notwendige Angaben, werden im weiteren Ablauf aber dann von den ausführenden Firmen geliefert:

- Konformitätserklärungen,
- Befähigungsnachweise (z.B. für Leimen, Schweißen),
- Nachweise der Gütesicherung und Güteüberwachung.

IV. Besonderheiten bei EDV-unterstützten Berechnungen

IV.1. Einleitung

Statische Berechnungen und Standsicherheitsnachweise werden heute in der Regel ganz oder teilweise unter Zuhilfenahme von entsprechender Software durchgeführt. Die gestiegene Leistungsfähigkeit der Anwendungen hat dazu geführt, dass häufig Schnittgrößenermittlungen, aber auch die erforderlichen Nachweise an immer komplexeren Tragwerksmodellen bis hin zu 3D-Gesamtmodellen durchgeführt werden. Die zu erwartende flächendeckende Einführung der BIM-Methode in den Planungsprozess wird diesen Trend sicher noch verstärken.

Bei EDV-unterstützten Berechnungen kann es aus den verschiedensten Gründen zu Fehlern und Fehlinterpretationen kommen, die in extremen Fällen zu gravierenden Bauwerksschäden führen und sogar die Standsicherheit der Struktur gefährden können. Außerdem kommt es häufig zu Diskussionen zwischen den Beteiligten (Aufsteller, Prüfingenieur, Bauunternehmer) hinsichtlich der Plausibilität der Berechnungsergebnisse.

Die folgenden Hinweise und Empfehlungen sollen dabei helfen, solche Schwierigkeiten zu vermeiden. Dabei werden Begriffe und Bezeichnungen gemäß Anlage 3 verwendet.

IV.2. Anforderungen und Anwenderqualifikation

Eine Verwendung von Berechnungsprogrammen nach dem „Black-Box-Prinzip“ kann zu Anwendungsfehlern und Fehlinterpretationen der Berechnungsergebnisse führen. Daher erfordert die Anwendung von Berechnungssoftware neben vertieften Kenntnissen der numerischen Methoden insbesondere auch umfassende Kenntnisse in der Anwendung und Bewertung der eingesetzten Software. Dem Anwender müssen die Grundlagen und Anwendungsgrenzen der Software bekannt sein, er muss für den Einzelfall geeignete numerische Modellierungen einschließlich einer ausreichenden Netzfeinheit erarbeiten können und er muss das Konvergenzverhalten und die Lösungsqualität richtig einschätzen können. Dies erfordert in Abhängigkeit von der Komplexität der Software eine intensive Einarbeitung sowie regelmäßige produktspezifische und produktübergreifende Fortbildungen und Schulungen.

Vor Beginn der Berechnungen ist zu prüfen, ob die zur Anwendung vorgesehene Software überhaupt geeignet ist, um die zu lösende Problemstellung mit ausreichender Genauigkeit zu beschreiben. Der Anwender einer Software ist dafür verantwortlich, für die zu behandelnde Problemstellung ein zutreffendes mechanisches Modell mit den richtigen Randbedingungen zu wählen und unter Berücksichtigung der programmspezifischen Eigenschaften und Anwendungsgrenzen ein geeignetes numerisches Modell aufzubauen. Insbesondere ist darauf zu achten, dass die bemessungsspezifischen Besonderheiten einzelner Bauteile (Balken, Stütze, Rahmen, Platte, Scheibe, wandartiger Träger usw.) und ihr Zusammenwirken im Gesamtsystem zutreffend erfasst werden.

IV.3. Aufbereitung der Berechnungsdaten

- **Allgemeines**

Die Dokumentation der softwaregestützten Berechnung muss folgende Programmkenndaten enthalten:

- Programmbezeichnung (Name, Versionsnummer, verwendete Programmodule),
- Kurzbeschreibung des Anwendungsbereichs (zugrunde gelegte Theorie, Berechnungs- und Bemessungsmethoden, Informationen zu Ein- und Ausgabe),
- Programmintern verwendete Nachweisformate,
- Zugrunde liegende Vorschriften und Regelwerke,
- Begriffe, Formelzeichen, Einheiten.

Für den prinzipiellen Aufbau einer EDV-gestützten Berechnung gelten die Grundsätze gemäß Abschnitt 3. in Verbindung mit den folgenden weiterführenden Hinweisen.

- **Eingabedaten**

Das zugrundeliegende Strukturmodell ist mit allen Lagerungsbedingungen, Gelenken, Anschlüssen, Exzentrizitäten usw. so zu beschreiben, dass alle wesentlichen Parameter eindeutig nachvollziehbar sind. Bei Flächen- und Volumenelementen ist das Netz darzustellen.

Eine alphanumerische Ausgabe des Eingabedatensatzes allein ist nicht ausreichend.

- **Ausgabedaten**

Die Berechnungsergebnisse einer softwaregestützten Berechnung sind in das Gesamtdokument einzubinden und so aufzubereiten, dass eine Beurteilung und eine Prüfung durch Dritte mit vertretbarem Aufwand möglich sind.

Jede Ausgabedatei muss Angaben zur Versionsnummer der verwendeten Software und die Bezeichnung des Eingabedatensatzes enthalten. Im Übrigen sind auch für FEM-Berechnungen die Hinweise zur Dokumentation von Revisionen zu beachten.

Auch für große numerische Modelle sollten die Ergebnisse vorzugsweise positionsweise und grafisch dargestellt werden. Umfangreiche Ausgabelisten sollten gesondert im Anhang aufgeführt werden.

Auf eine lesbare grafische Ausgabe ist besonders zu achten. Schriftgrößen, Dimensionen der Ausgabegrößen und die Anzahl der Ziffern sind entsprechend zu wählen. Höhenlinienplots, Ergebnisflächen usw. sind vorzugsweise farbig in ausreichend großem Maßstab und mit einem geeigneten Wertebereich darzustellen.

- **Übergabe der Berechnungsdaten in elektronischer Form**

Bei umfangreichen Berechnungen an großen 3D-Modellen kann in Abstimmung mit den Beteiligten eine Übergabe der Berechnungsdaten in elektronischer Form (z.B. im IFC-Format) in Frage kommen. Dann kann sich die Dokumentation in der statischen Berechnung auf eine genaue Systembeschreibung beschränken, die alle wesentlichen Bauteile, Belastungen und Nachweisgrundlagen enthält.

Die Angaben müssen geeignet sein, das Bauwerk mit einer alternativen Software neu berechnen und nachweisen zu können.

Die Berechnungsergebnisse können dann als Grafiken in einem allgemein zugänglichen Dateiformat zur Verfügung gestellt werden.

- **Kontrollen**

Zur Überprüfung der Plausibilität der gewählten Modellierung und der Berechnungsergebnisse sind unabhängige Kontrollen durch den Anwender unabdingbar. Hierzu zählen:

- Kontrolle des Eingabedatensatzes auf Eingabefehler,
- Gleichgewichts- und Verformungskontrollen,
- Kontrolle der Lagerungen, Kopplungen und Anschlüsse,
- Plausibilität des Kraftflusses (vorzugsweise an Einzellastfällen),
- Vergleich mit vereinfachten Strukturmodellen,
- Sensitivitätsuntersuchungen (Netzfeinheit, Variation von Eingabeparametern),
- Einfluss des Bauablaufs auf Berechnungsergebnisse,
- Bei materiell nichtlinearen Berechnungen:
Überprüfung der angesetzten Steifigkeiten in Abhängigkeit vom Bemessungsziel
(Zwang vs. Verformung)

- **Prüfung von EDV-gestützten Berechnungen**

Wird ein softwaregestützter Standsicherheitsnachweis durch eine softwaregestützte Vergleichsrechnung geprüft, so sollte diese unabhängig von der Aufstellung sein, z.B. durch die Verwendung eines anderen Softwareprodukts oder durch Variation der numerischen Modellierung.

Bei nachweisrelevanten Abweichungen zwischen den Ergebnissen von Aufsteller und Prüferingenieur/Prüfsachverständiger sollten die Ursachen gemeinsam geklärt werden.

Soweit nach Abschluss des Abstimmungsprozesses Differenzen verbleiben, werden diese im Rahmen der Prüfung durch den Prüferingenieur/Prüfsachverständigen bewertet.