

# Lösungen der Kontrollfragen

## 1 Einleitung

1. Was wird unter erweiterter Parametrik verstanden?

⇒ Erweiterte Parametrik beschreibt die Verwendung von Parametern, welche über das reine Zuweisen von Parametern zu Maßen und das Ändern von Parameterwerten hinausgeht. Dabei kommen u. a. verschiedenen Parametertypen wie Zahlen, Zeichenfolgen oder Boolesche Ausdrücke in Kombinationen mit mathematische Berechnungen, logischen Bedingungen, Messungen und Attributen zum Einsatz.










2. Welche mathematischen und logischen Operatoren gibt es in NX?

⇒ In NX werden folgende grundlegende mathematische Operatoren unterstützt:

- + Addition
- Subtraktion
- \* Multiplikation
- / Division
- ^ Exponent

Darüber hinaus existiert eine Vielzahl mathematischer Funktionen, welche über die Funktion *Mathematische oder Engineering-Funktion* ausgewählt und eingefügt werden können.

⇒ Zur Definition von logischen Bedingungen stehen in NX folgende Operatoren zur Verfügung:

<		Kleiner als
<=		Kleiner als oder gleich
= bzw. ==		Gleich
!=		Ungleich
>		Größer als
>=		Größer als oder gleich
& bzw. &&		Und
bzw.		Oder
- bzw. !		Nicht bzw. negiert

### 3. Was beschreibt das Master-Modell-Konzept?

- ⇒ Das Master-Modell-Konzept beschreibt die Modell- und Dateihierarchie in NX. Dabei werden die Modelle nachgelagerter Anwendungen auf das Master-Modell eines Bauteils oder einer Baugruppe referenziert, welches die notwendige Geometrie enthält.

Die in den Anwendungen verwendeten Modelle beinhalten nicht direkt die Geometrie des CAD-Modells, sondern referenzieren nur auf das Master-Modell. Die Modellstruktur ist dabei analog zur Struktur einer Baugruppe, mit der Ausnahme, dass jeweils nur ein Master-Modell eingebunden ist und nicht mehrere wie bei einer Baugruppe.

### 4. Wie können Master-Modelle erstellt werden?

- ⇒ Master-Modell-Strukturen werden erzeugt, wenn bei der Erstellung einer neuen Datei die Beziehung *Vorhandenes Teil referenzieren (Reference Existing Part)* gewählt und ein Referenzteil ausgewählt wird.

### 5. Worin liegt der Vorteil des Master-Modell-Konzeptes?

- ⇒ Der wesentliche Vorteil des Master-Modell-Konzeptes liegt in dem Vorhandensein mehrerer Dateien, welche zwar durch die Referenzierung verbunden sind, sonst jedoch unabhängig voneinander bearbeitet werden können.

Dies erlaubt die Bearbeitung der Anwendungsmodelle, ohne dass die Originalgeometrie des Master-Modells verändert wird. Somit lassen sich verschiedene Entwicklungsaufgaben parallelisieren, da gleichzeitig an den unterschiedlichen Anwendungsmodellen gearbeitet werden kann, die auf **ein** Master-Modell referenzieren, welches sich ebenfalls noch in Bearbeitung befinden kann.

Durch die Referenzierung werden die Anwendungsmodelle aktualisiert, sobald das Master-Modell verändert wird. Die Aktualisierung kann dabei automatisch oder manuell erfolgen.

## 2 Top-Down-Modellierung

### 1. Was ist die Top-Down-Modellierung?

⇒ Bei dieser grundlegenden Modellierungsmethode von Baugruppen wird zunächst die Baugruppenstruktur ohne geometrisch vorhandene Komponenten angelegt und anschließend die Geometrie der Komponenten erzeugt und dann detailliert.

### 2. Wie kann die Top-Down-Modellierung in NX realisiert werden?

⇒ Top-Down-Modellierung kann in NX über folgende Funktionen realisiert werden:

- *WAVE-Geometrie-Linker (WAVE Geometry Linker)*
- *Teileübergreifende Ausdrücke (Interpart Expression)*

### 3. Was sind Führungsparameter?

⇒ Führungsparameter dienen in der Regel als Eingabeparameter und definieren die wesentlichen Eigenschaften und Ausprägungen eines Produktes. Von ihnen können weitere Parameter abhängen, z. B. Geometrieparameter.

### 4. Wie werden Parameter teileübergreifend verknüpft?

⇒ Bevor Parameter teileübergreifend verknüpft werden können, müssen zunächst die Führungsparameter erstellt werden. Dies erfolgt in der Regel auf Baugruppenebene.

Anschließend werden die Parameter im Ausdrucksdialog auf Komponentenebene über folgende Funktionen erzeugt:

- *Teileübergreifenden Ausdruck erstellen/bearbeiten (Create/Edit Interpart Expression)*
- *Mehrere teileübergreifende Ausdrücke erstellen (Create Multiple Interpart Expressions)*

### 5. Mit welcher Formel können bauteilübergreifende Parameter direkt erzeugt werden?

⇒ Bauteilübergreifende Parameter können im Ausdrucksdialog direkt über die Formel **"Baugruppe"::Parametername** erzeugt werden.

Die Formel kann auch beim Import einer Parameterdatei verwendet werden.

6. Wie lassen sich bauteilübergreifende Beziehungen analysieren?

⇒ Die Analyse verlinkter bauteilübergreifender Beziehungen erfolgt über die folgenden Funktionen:

- *Teileübergreifender Verbindungs-Browser (Interpart Link Browser)*
- *Beziehungsbrowser (Relations Browser)*

7. Wie werden Schweißnähte modelliert?

⇒ Die Modellierung von Schweißnähten erfolgt über das Menü *Schweiß-Assistent*. Hier stehen verschiedene Funktionen zum Erstellen von Schweißnähten zur Verfügung.

### 3 Teilefamilien

1. Wie erfolgt das Erzeugen und Speichern von Bauteilen aus einer Teilefamilie heraus?

⇒ Bei der Erstellung einer Teilefamilie wird zunächst nur das Vorlagenteil (Template) gespeichert. Erst bei der Anwendung der Teilefamilie und der damit verbundenen Erzeugung der benötigten Bauteile der Teilefamilie werden diese auch als eigenständige Dateien gespeichert.

2. Wie kann eine bestehende Teilefamilie geändert oder erweitert werden?

⇒ Zum Ändern einer Teilefamilie muss das Vorlagenteil geändert werden. Die Erweiterung einer bestehenden Teilefamilie um zusätzliche Varianten erfolgt über die Erweiterung der Tabelle des Vorlagenteils.

3. Für welche Bauteile ist es sinnvoll, eine Teilefamilie zu verwenden?

⇒ Die Erstellung einer Teilefamilie ist vor allem bei einer großen Anzahl topologisch gleicher oder ähnlicher Bauteile mit unterschiedlichen Abmessungen sinnvoll, z. B. bei Standardteilen.

4. Was ist beim erneuten Öffnen von Baugruppenfamilien zu beachten, wenn Komponenten nicht gefunden werden?

⇒ Beim Anwenden einer Baugruppenfamilie muss darauf geachtet werden, dass die Komponenten, welche in der Template-Datei verwendet werden, im gleichen Verzeichnis wie die Template-Datei gespeichert sind.

Wird die Baugruppe, in der die Teilefamilie angewendet wurde, nach dem Schließen erneut geöffnet, werden die Familienelemente womöglich nicht gefunden, da sie im Familienspeicherverzeichnis gespeichert wurden und in den *Ladeoptionen für Baugruppen (Assembly Load Options)* standardmäßig *Aus Ordner* eingestellt ist. In einem solchen Fall müssen die Ladeoptionen angepasst werden.

Alternativ können die Elemente der Teilefamilie sowie die dazugehörigen Komponenten auch aus dem Familienspeicherverzeichnis in das Verzeichnis der Baugruppe kopiert werden.

## 4 Deformierbare Teile

1. Was sind deformierbare Teile und wozu werden sie genutzt?

⇒ Deformierbare Teile sind Bauteile, welche ausgehend von einer ursprünglichen Geometrie dann in einer Baugruppe einen deformierten Zustand einnehmen. Auf diese Weise lassen sich durch ein einziges Modell verschiedene Zustände eines Bauteils abbilden, ohne dass für die verschiedenen Einbaustände weitere Modelle erstellt werden müssen. Deformierbare Teile finden häufig bei leicht verformbaren Bauteilen Anwendung, z. B. bei Federn, Klammern, Dichtungen, Klebestreifen oder Schläuchen.

2. Wie können alternativ zu deformierbaren Teilen verschiedene Zustände eines Bauteils realisiert werden und was sind die Vor- und Nachteile dieser Methode?

⇒ Alternativ zu deformierbaren Teilen können unterschiedliche Zustände eines Bauteils in einer Baugruppe auch über verschiedene *Reference Sets* realisiert werden.

Diese Methode eignet sich insbesondere für die Modellierung von großen Verformungen, welche gar nicht oder nur schwer mit Parametern oder Geometrievariation abgebildet werden können, z. B. bei Nieten. Nachteilig bei dieser Methode ist, dass jeder Zustand ein eigenes Reference Set erfordert und somit nur eine begrenzte Anzahl an Zuständen abgebildet werden kann.

3. Wie können deformierbare Teile nach dem Verformen in einer Baugruppe bearbeitet werden?

⇒ Der Dialog zum Verformen einer Komponente wird über RMT auf die Komponente im Baugruppen-Navigator ⇒ *Verformen (Deform)* aufgerufen.

Die Deformation der Komponente wird zusätzlich als Formelement in der Modellhistorie im Teile-Navigator der Baugruppe abgelegt. Über einen Doppelklick wird der Dialog zum Verformen der Komponente geöffnet und die Deformation kann bearbeitet werden.

## 5 User Defined Features (UDF)

1. Was sind UDF und wann werden sie verwendet?

⇒ User Defined Features (UDF) sind benutzerdefinierte Formelemente, welche vom Benutzer selbst erstellt werden. Sie kommen zur Anwendung, wenn die in NX bereitgestellten Formelemente nicht ausreichen, um ein Produkt effizient zu modellieren. Dabei lassen sich oft genutzte Features oder Feature-Gruppen zusammenfassen und somit später schneller aufrufen.

2. Auf welche zwei Arten kann die UDF-Bibliothek konfiguriert werden?

⇒ Die Konfiguration der UDF-Bibliothek kann über folgende Arten erfolgen:

- Innerhalb der NX-Bedienoberfläche: Die Konfiguration der UDF-Bibliothek über die Bedienoberfläche erfordert eine geöffnete Datei, da das Konfigurieren nur in der Konstruktionsumgebung möglich ist. Der Dialog für die Konfiguration wird wie folgt aufgerufen:
  - ⇒ Menü ⇒ Werkzeuge ⇒ UDF (Benutzerdef. Formelem.)
  - ⇒ *Bibliothek konfigurieren (Configure Library)*
- Durch Umgebungsvariablen: Dies kann durch Starten von NX über eine Batch-Datei oder durch die Definition der Variablen in der Datei *ugii\_env.dat* im Ordner *UGII* im NX-Installationsverzeichnis durchgeführt werden. Dabei werden folgende Variablen verwendet:
  - `UGII_UDF_DEFINITION_FILE` ⇒ Bibliotheksdefinitionsdatei
  - `UGII_UDF_DATABASE_FILE` ⇒ Datenbankdatei
  - `UGII_UDF_LIBRARY_DIR` ⇒ Standarddateiverzeichnis

3. Wie werden UDF organisiert und gespeichert?

⇒ Die Organisation von UDF erfolgt in Bibliotheken. Somit wird mehreren Nutzern die Anwendung der erstellten UDF ermöglicht.

Bei der Speicherung des UDF werden zwei Dateien verwendet:

- prt-Datei: Modelldaten des UDF
- cgm-Datei: Bilddatei zur Auswahl des UDF in der Bibliothek

4. Aus welchen Schritten besteht die Erstellung eines UDF?

⇒ Die Erstellung eines UDF besteht in der Regel aus folgenden Schritten:

- Konfigurieren der UDF-Bibliothek
- Modellieren der UDF-Geometrie
- Definieren des UDF über den UDF-Assistenten

5. Wo können UDF für die Anwendung ausgewählt werden?

⇒ Erstellte UDF können über folgende Wege angewendet werden:

- Einfügen aus der *UDF-Bibliothek (UDF Library)*
- Auswahl über die *Ressourcenleiste (Resource Bar)*
- Verwendung der *Wiederverwendungsbibliothek (Reuse Library)*

6. Wie können UDF nachträglich bearbeitet werden?

⇒ Die nachträgliche Bearbeitung eines UDF erfolgt in der prt-Datei, welche die Modell- und die Definitionsdaten des UDF enthält.



## 6 Konstruktionsbegleitende Simulation - FEM

1. Welche Arten von Finiten Elementen gibt es?

⇒ Finite Elemente können hinsichtlich ihrer Dimension (1D, 2D, 3D) und hinsichtlich ihrer Ansatzfunktion (linear, quadratisch, kubisch...) unterschieden werden.

2. Welche Finiten Elemente sind bei einer Festigkeitssimulation prinzipiell zu bevorzugen?

⇒ Ziel einer Volumenvernetzung (3D) sollte immer ein Hexaeder-Netz sein (linear oder quadratisch), da Hexaeder-Elemente prinzipiell eine bessere Ergebnisqualität bei gleichem numerischem Aufwand erzielen.

Lineare Tetraeder-Elemente sollten aufgrund ihres steiferen Verhaltens vermieden und höchstens als Füllelemente (in einem Hexaeder-Netz) in unkritischen Bereichen eingesetzt werden.

Bei der Vernetzung von dünnwandigen Strukturen (2D) sollten stets Vierecks-Elemente verwendet werden. Die Vernetzung kann dabei auch automatisch erfolgen.

3. Was ist eine Konvergenzanalyse?

⇒ Eine Konvergenzanalyse wird durchgeführt, um den Einfluss eines verwendeten Netzes auf die Ergebnisse einer Finite-Elemente-Analyse zu untersuchen. Die FE-Analyse wird dabei jeweils mit unterschiedlicher Elementgröße durchgeführt und untersucht, bei welcher Elementgröße das Ergebnis gegen einen Wert konvergiert.

4. Aus welchen Schritten besteht eine Finite-Elemente-Analyse?

⇒ Eine Finite-Elemente-Analyse besteht in der Regel aus folgenden Schritten:

- Preprocessing:
  - Geometriaufbereitung, Idealisierung
  - Vernetzung
  - Aufbringen von Lasten und Zwangsbedingungen
- Solving: Berechnen des numerischen Problems
- Postprocessing: Ergebnisauswertung
- Plausibilitätsbetrachtung: Macht die Lösung Sinn?

5. Welche Dateien werden bei einer Finite-Elemente-Analyse in NX verwendet und wie wird zwischen ihnen gewechselt?

⇒ Bei einer Finite-Elemente-Analyse werden in NX die folgenden Dateien verwendet:

- Simulationsdatei (sim): Enthält Lastfälle, Lasten, Zwangsbedingungen
- FEM-Datei (fem): Beinhaltet das Finite-Elemente-Netz
- Idealisiertes Teil (prt): Enthält die vereinfachte bzw. idealisierte Geometrie des Bauteils, Verwendung ist optional
- CAD-Modell (prt): Enthält die ursprünglichen Geometriedaten des Bauteils

Der Wechsel zwischen den einzelnen Dateien erfolgt im *Simulationsnavigator* über die *Simulationsdateiansicht*.

6. Wie können Arbeitsspeicher und CPU für eine Berechnung eingestellt werden?

⇒ Die Festlegung des bei einer Berechnung zu verwendenden Arbeitsspeichers und CPU erfolgt in den *Solver-Parametern* im Berechnungsdialog.

## 7 Konstruktionsbegleitende Simulation - MKS

1. Aus welchen Schritten besteht eine Mehrkörpersimulation in NX?

⇒ Die Vorgehensweise zur Simulation eines Mehrkörpersystems in NX ist vergleichbar mit der Vorgehensweise der FE-Simulation und besteht in der Regel aus den folgenden Schritten:

- Erstellen der Baugruppe in der Konstruktionsumgebung
- Wechsel in die Motion-Umgebung
- Preprocessing:
  - Überprüfen der Gelenkdefinitionen, ggf. Erstellen oder Anpassen von Gelenken
  - Aufbringen von Lasten und Randbedingungen
  - Definieren von Markierungen und Sensoren sowie Festlegen der Ausgabegrößen
- Solving: Berechnen des numerischen Problems, Lösen der Bewegungsgleichungen
- Postprocessing: Auswerten der Ergebnisse
- Plausibilitätsbetrachtung: Macht die Lösung Sinn?

2. Welche Gelenke gibt es in der Motion-Umgebung?

⇒ Folgende Gelenke sind verfügbar:

- |                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| • Drehgelenk    | • Konstante Geschwindigkeit |
| • Schiebegelenk | • Bei Punkt                 |
| • Zylindrisch   | • Innen                     |
| • Schraube      | • In Ebene                  |
| • Universal     | • Ausrichtung               |
| • Kugelförmig   | • Parallel                  |
| • Planar        | • Senkrecht                 |
| • Festgesetzt   |                             |

3. Wie werden Gelenke in der Motion-Umgebung editiert?

⇒ Jedes Gelenk kann im *Bewegungsnavigator* über einen Doppelklick editiert werden.

#### 4. Was sind Sensoren?

- ⇒ Mit Hilfe von Sensoren können Daten wie Verschiebungen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen oder Kräfte über relative Positionen von Verbindungen und Markierungen ermittelt werden.

#### 5. Welchen Einfluss hat die Anzahl der Zeitschritte auf das Simulationsergebnis?

- ⇒ Die notwendige Anzahl der Zeitschritte hängt von der Art der benötigten Ergebnisse sowie vom gewählten Solver ab. Soll nur ein Video erzeugt oder ein Bewegungsverlauf veranschaulicht werden, so werden in der Regel nicht sehr viele Zeitschritte benötigt (z. B. 1000).

Werden Kräfte analysiert, ist oft eine feinere Auflösung notwendig, insbesondere wenn sich der Kraftverlauf über die Zeit sehr schnell ändert. In diesem Fall kann es auch sinnvoll sein, die Anzahl der Zeitschritte zu variieren und zu untersuchen, wann die Kräfte gegen einen Wert konvergieren.

#### 6. Wie werden die Simulationsergebnisse in einem Diagramm dargestellt?

- ⇒ Über die Funktion *XY-Ergebnisse* wird im Bewegungsnavigator die *XY-Ergebnisansicht* eingeblendet. Die Objekte, welche die gewünschten Ergebnisse abbilden (z. B. Gelenke oder Sensoren), werden nach ihrer Auswahl in der XY-Ergebnisansicht angezeigt und können über RMT *geplottet* werden.

#### 7. Wie werden Lasten aus einer Mehrkörpersimulation exportiert und in eine FE-Simulation importiert?

- ⇒ Hierzu muss in der *Motion*-Umgebung zunächst ein *Lasttransfer* erzeugt werden. Dabei sollte auch der für den Lasttransfer interessante Zeitschritt ausgewählt werden.

Nach der Erstellung einer FE-Simulation können die Lasttransferdaten in der *Pre/Post*-Umgebung über die Funktion *Kinematiklasten importieren* eingelesen und z. B. über *1D-Verbindungen* an das FE-Netz angebunden werden.

## 8 Optimierung

1. Was versteht man unter einer Optimierung in der Produktentwicklung?

⇒ Bei einer Optimierung wird der iterative Entwicklungsprozess zum Teil automatisiert und durch einen Optimierungsalgorithmus gesteuert. Das Ziel ist es, die für die jeweilige Problemstellung optimalen Parameterwerte zu ermitteln, unter der Berücksichtigung relevanter Zwangsbedingungen.

2. Was beinhaltet eine Empfindlichkeitsstudie und wozu kann sie genutzt werden?

⇒ Bei einer Empfindlichkeitsstudie werden die Designvariablen innerhalb vorgegebener Grenzen und Schrittweiten variiert und somit alle möglichen Wertekombinationen überprüft.

Eine Empfindlichkeitsstudie kann eingesetzt werden, um den Raum, welcher durch die verwendeten Variablen und ihre Wertebereiche definiert wird, zu untersuchen. Dadurch kann der Einfluss einzelner Parameter analysiert oder das Modell auf seine Robustheit getestet werden.

3. In welchen Umgebungen können in NX Optimierungen durchgeführt werden und welche Optimierungsalgorithmen stehen zur Verfügung?

⇒ Funktionen zur Optimierung stehen in NX in den Umgebungen *Konstruktion* und *Pre/Post* zur Verfügung.

In der *Konstruktion* können folgende Optimierungsalgorithmen gewählt werden:

- Simuliertes Glühlen
- Globales Simplex
- Powell
- Gradient Konjugieren
- Lexikographisch
- Pattern Swarm

In der *Pre/Post*-Umgebung kann lediglich ein lokaler Optimierungsalgorithmus genutzt werden.

4. Worin unterscheiden sich die zur Verfügung stehenden Optimierungsalgorithmen der Konstruktionsumgebung?

⇒ *Simuliertes Glühlen* und *Globales Simplex* repräsentieren globale Optimierungsalgorithmen. Sie liefern in der Regel eine gute Ergebnisqualität, benötigen jedoch ebenfalls eine große Anzahl an Iterationen.

*Powell* und *Gradient Konjugieren* sind Suchrichtungsverfahren und zählen zu den lokalen deterministischen Optimierungsalgorithmen. Diese benötigen oft nur eine relativ geringe Anzahl an Iterationen, liefern jedoch auch schlechtere Ergebnisse.

Die Algorithmen *Lexikographisch* und *Pattern Swarm* liefern ebenfalls sehr gute Ergebnisse, streuen jedoch auch stärker.

5. Durch welche Schritte lässt sich das Konvergenzverhalten einer Optimierung verbessern, wenn keine Lösung gefunden wurde?

⇒ Die Werte der Designvariablen sollten im Vorfeld so gewählt werden, dass der Zwangsbedingungswert innerhalb der definierten Grenzen liegt und die Optimierung somit aus dem zulässigen Bereich heraus gestartet wird.

Weiterhin ist es möglich, eine erfolgreich durchgeführte Optimierung als Ausgangspunkt für einen zweiten Optimierungslauf zu verwenden.

Zudem kann die max. Anzahl der erlaubten Iterationen vergrößert werden, um das Konvergenzverhalten der Lösung zu verbessern.

<http://www.springer.com/978-3-658-31560-3>

Siemens NX für Fortgeschrittene – kurz und bündig

Wünsch, A.; Pilz, F. - Vajna, S. (Hrsg.)

2020, VIII, 218 S. 1260 Abb., 837 Abb. in Farbe.,

Softcover

ISBN: 978-3-658-31560-3