

Teil I „Digitaler Produktentwurf“ (3 Seiten, insgesamt 60 Punkte)

1.A (5 Punkte)

Der Ingenieurentwurf von der Idee bis hin zum fertigen Produkt überstreicht gleichzeitig stets mehrere, qualitativ stark unterschiedliche Gebiete.

- Wie kann man diese unterschiedlichen Gebiete prägnant nennen und wie lassen sich deren wesentliche Eigenschaften in wenigen Stichworten kurz charakterisieren?
- Stellen Sie diese Beziehung der drei Gebiete in einer kleinen Skizze graphisch dar. Erläutern Sie dazu kurz, warum es sich um eine Einbettungsbeziehung handelt.

1.B) (5 Punkte)

Der Ingenieurentwurf kann in einer übergeordneten Sichtweise (mit entsprechend gewählten Ein- und Ausstiegspunkten) als eine iterative Entwurfssequenz von (Produkt-)Synthese und Analyse gesehen werden.

- Ordnen Sie (unter Vernachlässigung aller kleineren Iterationsschleifen) die folgenden Begriffe an ihrem zeitlich richtigen Platz innerhalb der Entwurfssequenz ein: *Synthese, Produktvarianten, Anforderungen, Analyse, Funktion, Konzept, Produkt, Marktanalyse, Struktur*. Geben Sie in dieser Sequenz als generelle Pfeilrichtung die Sichtweise des Bottom-Up- und des Top-Down-Entwurfs an.
- Warum kann nicht jeder Entwurf in der Form eines Top-Down-Entwurfs erfolgen? Welche Produkteigenschaften machen an manchen Stellen eine Bottom-Up Vorgehensweise zwingend erforderlich? Nennen Sie zu ihrem theoretischen Argument ein praktisches Beispiel.

1.C) (5 Punkte)

Für welchen Zweck kommen in Entwurfssprachen die folgenden vier Arten von Sprachelementen zum Einsatz: *Axiom, Vokabel, Regel, Programm*?

- Charakterisieren Sie in knappen Worten kurz die Verwendung dieser vier Arten von Sprachkomponenten in einem entsprechenden Entwurfscompiler.
- Skizzieren Sie zu den 4 genannten Sprachkomponenten je ein konkretes Beispiel in einer string-basierten, einer formen-basierten und einer graphen-basierten Entwurfssprache.
- Welchen generellen Vorteil besitzen Entwurfssprachen gegenüber anderen, fest vorgegebenen Entwurfsdarstellungen wie z.B. eine Diskretisierung des Entwurfs in Form einer Finite-Elemente- oder Mehrkörperdarstellung?

1.D) (20 Punkte)

Es sei für den in Abbildung 1 gezeigten Funkmasten für eine erste Erstellung eine geeignete, zunächst sehr einfache graphenbasierte Entwurfssprache gesucht. Diese dargestellte Mast sei aufbauend auf einem Fundament aus mehreren identischen Verlängerungselementen aufgebaut und in der Spitze, die auch die Funkantennen trägt, zusätzlich mit 4 Seilen seitlich abgespannt im Boden verankert.



Abbildung 1: Funkmast

- Wählen Sie sich Vokabeln und Regeln für Ihre Entwurfssprache so, damit später nicht nur dieser, sondern auch noch andere Funkmasten ähnlicher Bauart gebaut werden können. Definieren Sie sich hierfür alle erforderlichen Sprachkomponenten und stellen Sie sie auch kurz graphisch dar.
- Geben Sie das zur erstellten graphen-basierten Entwurfssprache passende Axiom und die Programmliste für den Funkmasten in Abbildung 1 an.
- Skizzieren Sie den Entwurfsgraphen zu Beginn und am Ende des Übersetzungsvorganges. Skizzieren Sie jeweils die dazu gehörende Geometriedarstellung des Funkmasten, die durch den Entwurfscompiler generiert würde.

1.E) (5 Punkte)

Eine Vokabel kann in einer graphenbasierten Entwurfssprache eine Vielzahl unterschiedlichster Beschreibungen (symbolische Formeln, Geometrieskripte, ...) integrieren, die dann durch Plugins des Entwurfscompilers an die unterschiedlichsten Analyseprogramme zur Auswertung weitergegeben werden.

- Welche Konsequenz ergibt sich für die Aufbringung von Entwurfsmodifikationen, wenn die mathematische Dimensionalität der einzelnen Analysedarstellungen unterschiedlich ist?
- Gibt es in diesem Zusammenhang eine Alternative zur Methode der systematischen Vorwärtsvariation? Begründen Sie Ihre Antwort.

1.F) (15 Punkte)

Aus der Analyse eines Entwurfsgraphen durch das Plugin des Lösungspfadgenerators ergebe sich zu einem bestimmten Zeitpunkt folgendes Gleichungssystem (1) bis (4):

$$P_3 - P_2 = 0 \quad (1)$$

$$P_4 - P_1 = 0 \quad (2)$$

$$P_1 - \rho \cdot R \cdot T_1 = 0 \quad (3)$$

$$P_2 - P_1 \cdot C = 0 \quad (4)$$

mit folgenden Randbedingungen (5) bis (12) (von denen möglicherweise nicht alle erforderlich sind):

$$T_1 = 298 \text{ [K]} \quad (5)$$

$$\kappa = 1.402 \text{ [1]} \quad (6)$$

$$C = 4.0 \text{ [1]} \quad (7)$$

$$\dot{m} = 1.4 \text{ [kg/s]} \quad (8)$$

$$c_p = 1008.0 \text{ [J/kg K]} \quad (9)$$

$$T_3 = 1280.0 \text{ [K]} \quad (10)$$

$$\rho = 1.3002 \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (11)$$

$$R = 287.04 \text{ [J/kg K]} \quad (12)$$

- Erstellen Sie die Adjazenzmatrix zum genannten Gleichungssystem. Zeichnen Sie daraus den entsprechenden bipartiten Graphen und geben Sie ein mögliches Matching (z.B. mit einer deutlich gestrichelten Linie) an.
- Durch eine bereits erfolgte Analyse durch das Plugin des Lösungspfadgenerators ergebe sich aus einem anderen Entwurfsgraphen der folgende Ausschnitt symbolischer Gleichungen (13) und (14) nach dem topologischen Sortieren:

$$\begin{array}{l} \dots \\ z = y + \frac{1}{65} \sqrt{h^2} \end{array} \quad (13)$$

$$\begin{array}{l} x = \frac{1}{z - 2} \\ \dots \end{array} \quad (14)$$

Erwarten Sie, daß die symbolische und numerische Auswertung dieses Ausschnitts des Lösungspfadges in einem Computeralgebraprogramm Probleme aufwirft? Wenn ja, benennen Sie das jeweilige Problem und beschreiben Sie kurz die erforderlichen Maßnahmen zur Behebung.

1.G) (5 Punkte)

Ihre Entwurfssprache aus dem vorigen Aufgabenteil 1.D spiegelt die Systemsicht des Entwerfers wieder.

- Beschreiben Sie rein verbal und nur qualitativ, mit welchen beiden generischen Schritten Sie den erzeugten Entwurfsgraphen in einen Fertigungsgraphen überführen.
- Was bedeuten nun im daraus endgültig resultierenden Fertigungsgraphen jeweils die Existenz eines Knotens und einer Kante genau?

(Hinweis: Bitte fassen Sie sich bei der Beantwortung aller Fragen unter Verwendung der geeigneten Stichworte kurz.)