Miniprojekte zur Simulation mit Comsol

Mathematik 3

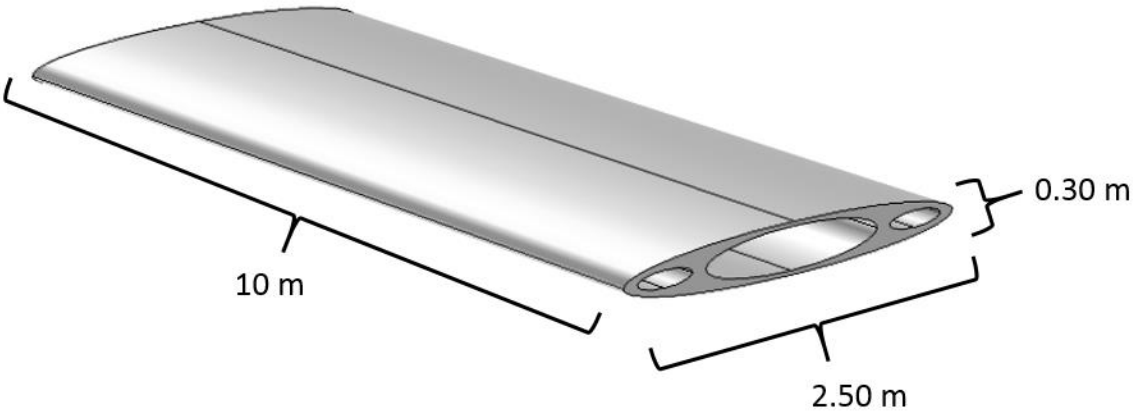
Prof. M. Pieper

Design eines Windradflügels

Sie arbeiten in einem Team aus Ingenieur*innen, dessen Aufgabe es ist, ein neues Design für einen aus Stahl gefertigten Windradflügel zu entwickeln. Etwas genauer entwerfen Sie ein neues Design für die innere Struktur des Flügels.

Hierbei ist die äußere Geometrie fest vorgegeben (vgl. Skizze):

- Die Länge beträgt 10 m.
- Die Querschnittsfläche ist eine Ellipse, bei der die Haupt- und Nebenachse die Maße a = 2.5 m und b =0.3 m besitzt.



Um einen möglichst guten Kompromiss zwischen einer stabilen Konstruktion (geringe durchschnittliche von Mises Spannung) und einem sparsamen Materialverbrauch zu finden, besteht der Flügel nicht aus Vollmaterial. Stattdessen besitzt das Profil ellipsenförmige Aussparungen:

- Zwei kleine Ellipsen mit Mittelpunkte (-1.9, 0) und (1.9, 0) und Achsen a =0.4 m und b =0.1 m.
- Eine größere Ellipse in der Mitte (Mittelpunkt = Ursprung).

Beim ersten Designversuch sind Position und Größe der beiden kleinen Ellipsen fest vorgegeben. Weiter ist die Position (Mittelpunkt) der großen Ellipse vorgegeben, die Größe kann aber geändert werden, indem die Länge der Halbachsen variiert werden.

Aus Messungen ist bekannt, dass die maximal zu erwartende Last an der Unterseite des Flügels auftritt und 2 N/m^2 beträgt. Weiter wird angenommen, dass nur die linke Seite des Flügels fixiert ist.

Lösen Sie das Problem, indem Sie eine Simulation in Comsol aufstellen und mit dieser systematisch nach einem möglichst guten Designkompromiss suchen.

Im Detail besteht ihre Aufgabe aus den folgenden Schritten:

- Stellen Sie eine Simulation in Comsol auf, mit der sowohl die von Mises Spannung als auch die Masse oder das Volumen des Flügels – repräsentativ für den Materialverbraucht - bestimmt werden.
- Führen Sie eine Parameterstudie durch, indem Sie die zuerst die Größe der mittleren Ellipse variieren und machen Sie einen Vorschlag für ein optimales Design.
- Vielleicht finden Sie ein besseres Design? Hierzu können sie auch die anderen Parameter aller drei Ellipsen variieren und den Effekt auf die Ausgangsgrößen analysieren. Es steht ihnen auch frei, ein vollkommen anderes Design zu entwerfen, wobei die äußeren Maße beibehalten werden müssen.

Auslegung eines Wärmetauschers

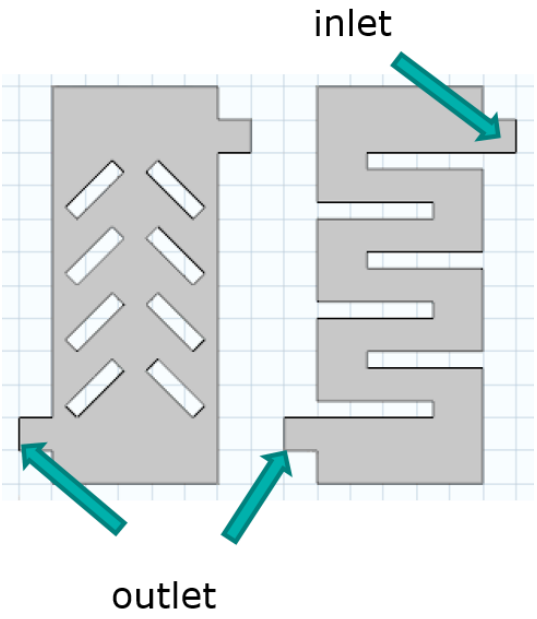
Sie arbeiten in einem Simulationsteam und erhalten einen neuen Auftrag aus der Chef-Etage:

Die Firmenabteilung, welche Wärmetauscher entwickelt, hat zwei neue Produktvorschläge entwickelt. Es soll nun mithilfe einer Simulation entschieden werden, welcher Vorschlag besser ist. Hierbei sind die folgenden beiden Kriterien ausschlaggebend:

- Die Wärmeverteilung sollte möglichst gleichmäßig sein, damit der Wärmeaustausch möglichst effektiv ist.
- Der Druckverlust in den Kanälen des Wärmetauschers sollte möglichst gering sein, um Energiekosten bei der Pumpe zu sparen (Druckverlust zwischen Inlet und Oulet).

Die folgende Abbildung zeigt beide Entwürfe schematisch:

Die äußere Form und die Maße der Wärmetauscherplatten und Position und Größe von Inlet und Outlet sind fest vorgegeben und bei beiden Entwürfen identisch.



Es werden die folgenden Parameter angenommen:

- Inlet: v = 0.5 cm/s
- Outlet: p = 0 Pa
- Inlet-Temp.: T_{in} = 20° C
- Außentemp.: T_{ext} = 90° C
- Wärmeübergang: h = 10 W/m^2 K

Die Flüssigkeit im Wärmetauscher ist Wasser. Die Strömung wird als laminar angenommen. Die externe Wärmequelle wird am Rand (vgl. Skizze unten) durch eine Randbedingung 3. Art dargestellt, welche den Wärmeaustausch mit der 90° C warmen Umgebung modelliert.

Die Aufgabe ihres Teams ist es nun mithilfe einer Comsol-Simulation zu entscheiden, welches Design besser geeignet ist. Hierzu bearbeiten Sie die folgenden Schritte:

- Erstellen Sie eine Simulation für beide Geometrien. Verwenden Sie hierfür das in ILIAS bereitgestellte Comsol-File, welches bereits beide Geometrien und die passende „Physik" enthält.
- Analysieren Sie den Druckabfall zwischen Inlet und Outlet und die Wärmeverteilung, um zu entscheiden, welcher Entwurf besser ist.
- Finden Sie ein besseres Design? Sie können die oberen Entwürfe entsprechend variieren, wobei die Außenmaße beibehalten werden müssen oder sie entwickeln ein komplett anderes Design.

Zu implementierende Randbedingungen:

