

# Software: FEM - Tutorial

Aus OptiYummy

↑ *weitere FEM-Systeme für die Lehre*

← →

## Praktische Einführung in die Finite Element Methode (FEM)

*(Online-Kurs mit 6 Übungen)*

**Autor: Dr.-Ing. Alfred Kamusella**

*In dem Maße, in dem eine Technologie allgegenwärtig wird, wird sie auch unsichtbar.  
Das Maß für den Erfolg einer Technologie besteht darin, wie unsichtbar sie wird.  
- frei nach **Kevin Kelly** in **NetEconomy** -*

Am Beispiel für Lehrzwecke kostenlos verfügbarer FEM-Programme werden in diesem **Tutorial** folgende Problemkreise behandelt:

- Grundlagen des FEM-Prozesses für unterschiedliche physikalische Domänen
- Methodik zum Aufbau parametrisierter Finite-Element-Modelle,
- Einbindung von FEM-Modellen in einen Experiment-Workflow zur Analyse und Optimierung,
- Gewinnung von Übertragungsfunktionen als Ersatzmodelle für die Systemsimulation,
- Strukturoptimierung von Bauteilen.

### A. Präludium

- Einleitung
- Zielstellung der Übungen
- In den Übungskomplexen verwendete Software:
  - FEMM-Installation
  - OptiY-Installation
  - Autodesk Fusion 360 (Schnellstart)
  - Ansys-Installation
- **"Literatur"-Empfehlung: CADFEM-Wiki (Grundlagen zur FEM)**

### B. Übungsbausteine

1. **FEM-Prozess (am Beispiel "flaches Bauteil")**
2. **3D-Mechanik (mit Kontakten zwischen Bauteil-Oberflächen)**
3. **Elektrostatistisches Feld (elektr. Kapazität)**
4. **Elektrisches Flussfeld (ohm. Widerstand)**
5. **Magnetfeld (Elektromagnet)**
6. **Optimierung mech. Strukturen mit bionischen Prinzipien**

---

### Archiv:

- Beispiele für **Materialdaten**
- Übungen (Stand 2013) mit der **FEMAP-Demoversion**
- Übungen (Stand 2017) mit **Autodesk Simulation Mechanical**
- Übungen (Stand 2019) mit **Autodesk Inventor Professional**
- Übungen (Stand 2021) mit **Z88-Programmen**
- Beispiele mit dem **FEMM-Programm**
- Hinweise zum **Aufbau einer Autodesk-Materialbibliothek (PDF)** - *Autor: Felix Kirsten*

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial&oldid=26040](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial&oldid=26040)“

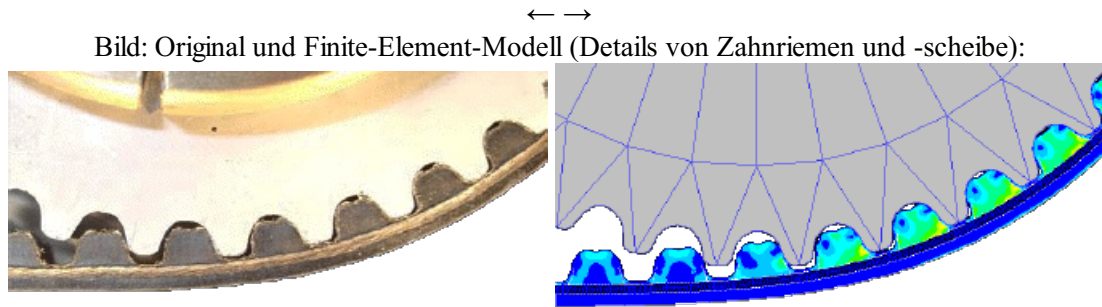
---

■

# Software: FEM - Tutorial - Einleitung

Aus OptiYummy

↑



Die Finite-Elemente-Methode (**FEM**) ist ein numerisches Verfahren zur näherungsweise Lösung von partiellen Differentialgleichungen mit Randbedingungen.

Die Lösungen dieser partiellen Differentialgleichungen beschreiben die räumliche und auch zeitliche Verteilung der zugehörigen physikalischen Größen in einem betrachteten Raumgebiet. Man erhält im Ergebnis für das Innere eines räumlichen Objektes z.B.:

- mechanische Spannungen und Verformungen
- Drücke und Strömungen
- Temperaturen
- Verläufe elektrischer und magnetischer Felder

Damit kann man sowohl die Belastung des betrachteten Objekts als auch seine Wirkung auf die Umgebung berechnen. Deshalb ist die praktische Anwendung dieser Methode für Konstrukteure sehr interessant, wenn da nicht die Hürden der Mathematik wären! Leider führt fast jede Einführung zur FEM unweigerlich über die grundlegenden Vektordifferentialgleichungen und über die Verfahren ihrer numerischen Lösung. Das kann den Einsteiger schon etwas abschrecken!

## FEM-Simulationen in CAD-Umgebungen

Zum Glück gehört die FEM zu den erfolgreichen Technologien. Wer heutzutage mit einem modernen CAD-System arbeitet, wird früher oder später die FEM nutzen, ohne etwas von FEM auf der Bedienoberfläche zu sehen. Sie verbirgt sich dabei z.B. unter dem Begriff "Belastungsanalyse" und bietet dem Konstrukteur nur die ihm geläufigen Fachbegriffe zur Konfiguration des "Belastungsexperiments", zur Durchführung der Simulation und zur Aufbereitung der Simulationsergebnisse.

Die Möglichkeiten solcher FEM-Simulationen innerhalb von CAD-Systemen sind im Vergleich zu FEM-Systemen zur Zeit noch begrenzt:

- Häufig nur für lineare Probleme, d.h. mit konstanten Materialkennwerten.
- Strukturmechanik, teilweise in Wechselwirkung mit Temperaturfeldern.
- Häufig schon Strömungsmechanik, zugeschnitten auf Spritzguss-Probleme.
- Kaum Möglichkeiten zur Nutzung unterschiedlicher Finite-Element-Typen.
- Die Generierung des FE-Modells aus dem CAD-Modell erfolgt automatisiert. Die Berechnungsgenauigkeit kann dabei durch Parameter für die globale und lokale Vernetzungsdichte beeinflusst werden.

In modernen CAD-Systemen ist die FEM für den Nichtspezialisten bereits soweit aufbereitet, dass er damit viele seiner alltäglichen Dimensionierungsprobleme weitestgehend lösen kann.

"Nichtspezialist" für FEM bedeutet jedoch auch dann nicht, keinerlei Wissen über die Grundprinzipien und Fehlermöglichkeiten der FEM-Simulation besitzen zu müssen. Erforderlich sind folgende Grundkenntnisse:

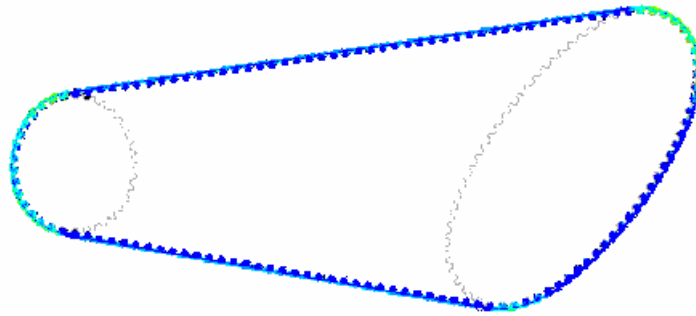
- Ist ein linearer Ansatz im Sinne der erforderlichen Genauigkeit überhaupt zulässig?

- Sind die Vereinfachungen bei der Definition der Randbedingungen (Lager, Kräfte usw.) zulässig?
- Welche geometrischen Details des CAD-Modells sind kritisch in Hinblick auf die Bildung eines FE-Modells?
- Welche Auswirkungen haben die Möglichkeiten zur FEM-Konfiguration?
- Welche Probleme existieren bei der Darstellung und Interpretation der Simulationsergebnisse?

Fehlt dieses erforderliche Grundwissen, so ist die Gefahr einer Fehlinterpretation der erhaltenen Ergebnisse sehr groß. Z.B. lässt sich die Richtigkeit der berechneten Belastungen und Verformungen komplexer Bauteile nur mit "gesundem Menschenverstand" im Detail nicht immer überprüfen.

## Simulationen in FEM-Systemen

In absehbarer Zukunft wird es immer FEM-Probleme geben, welche man mit den in CAD-Systemen "versteckten" FEM-Tools nicht lösen kann. Ein repräsentatives Beispiel sind die Belastungen von Zahnriemen unter verschiedensten Betriebsbedingungen:



- Die Materialeigenschaften des Zahnriemens sind Belastungs- und Richtungsabhängig. Es handelt sich deshalb um ein nichtlineares Problem.
- Die Randbedingungen (Eingriff der Zähne des Riemens in die Scheibe) sind abhängig von der Riemen-Verformung und dem Drehwinkel der Scheibe. Normale Lagerstellen können diese Abhängigkeiten nicht abbilden.
- Der im Riemen-Elastomer eingebettete Zugstrang erfordert spezielle Maßnahmen bei der Bildung des FE-Modells.
- Die Simulation der Getriebe-Bewegung erfordert eine Vielzahl einzelner FE-Simulationen mit schrittweise verändertem Drehwinkel der Riemenscheibe.
- ... und viele Probleme mehr!

In solchen Fällen hilft nur der Übergang vom CAD-System zu einem ausgereiftem FEM-System. Anstatt des CAD-Modells mit Geometrie- und Materialeigenschaften arbeitet man im FEM-Programm mit einem 2D- oder 3D-Netz Finiter Elemente.

Neben der Bedienung des FEM-Systems sind nun umfangreichere Kenntnisse zur Methode der Finiten Elemente erforderlich:

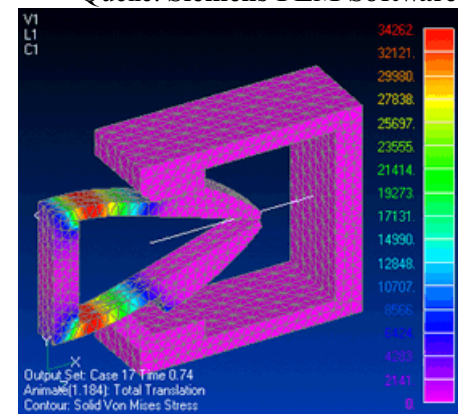
- Welche Modell-Elemente sind für das konkrete Problem geeignet?
- Welche Vereinfachungen der Geometrie sind erforderlich bzw. zulässig, um das Problem überhaupt mit der FEM behandeln zu können?
- Wie sind die Randbedingungen definierbar?
- Wie ist das FE-Netz aufzubauen, damit in möglichst kurzer Zeit hinreichend genaue Ergebnisse berechnet werden?
- Wie ist mit der gleichen Zielstellung der Gleichungslöser zu konfigurieren?
- ...

Obwohl alle FEM-Systeme letztendlich mit einem FE-Netz arbeiten, bieten sie dem Anwender unterschiedlichste Benutzer-Oberflächen:

- Je universeller die Möglichkeiten eines FEM-Systems sind, desto stärker orientiert sich die Funktionalität an der Bearbeitung von FE-Netzen (Editieren von Knoten, Elementen, Subnetzen).
- Je spezialisierter ein FEM-System in Hinblick auf die physikalischen Domänen oder den Benutzerkreis ist, desto mehr

Bild: FEMAP mit NX-NASTRAN

Quelle: **Siemens PLM Software**



orientiert sich die Funktionalität am Anwendungsbereich bzw. an der Benutzergruppe (Editieren von Geometrie, Benutzung fachspezifischer Begriffe, Tendenz zum automatisierten Vernetzen).

Wer mit FEM-Systemen simuliert, sollte über das erforderliche Erfahrungswissen in einer möglichst allgemeinen Form verfügen. Die Grundlage dafür bietet der verallgemeinerte FEM-Prozess auf Basis des FE-Netzes. Dann existieren erfahrungsgemäß auch kaum Probleme bei der Einarbeitung in ein neues FEM-System.

## Entwicklung eigener Element-Typen

FEM-Systeme stellen Bibliotheken von Element-Typen für die FE-Netze bereit. Diese Element-Typen entstanden im Verlaufe von Jahren auf Grund unterschiedlichster Anforderungen der Nutzer (2D/3D-Probleme, Axialsymmetrische Probleme, diverse Belastungsfälle der Strukturmechanik usw.).

Neue Element-Typen benötigt man nur, wenn man ein neues Feldproblem bearbeitet, für das im FEM-System noch keine Element-Typen existieren. Dies könnte erforderlich sein, wenn man z.B. in Nanostrukturen mit ihren Quanteneffekten vorstößt. Erst dann benötigt man dafür die gesamte Theorie, die man in den so genannten Einführungen zur FEM erhält. Die numerische Umsetzung der theoretischen Grundlagen erfordert Tage- bis Monatelanges Programmieren, bis ein neuer Element-Typ funktioniert.

Der normale FEM-Nutzer wird mit diesen anspruchsvollen Aufgaben kaum konfrontiert werden. Solche Entwicklungen bleiben Spezialisten vorbehalten, die sowohl über das nötige theoretische Rüstzeug als auch über tiefgründige Erfahrungen im Umgang mit FEM-Systemen verfügen müssen.

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Einleitung&oldid=23631](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial_-_Einleitung&oldid=23631)“

---

▪

# Software: FEM - Tutorial - Zielstellung

Aus OptiYummy

↑

← →

## Zielstellung der Übungen

In der vorangestellten kurzen Einleitung wurde angedeutet, über welche Kenntnisse ein FEM-Anwender verfügen sollte. Das ist davon abhängig, auf welchem Niveau er die FEM nutzt:

1. FEM-Simulationen in CAD-Umgebungen
2. Simulationen in FEM-Systemen
3. *Entwicklung eigener Element-Typen*

Nach dem Durcharbeiten der folgenden Übungsaufgaben hat man noch nicht das erforderliche Wissen, um eigene Element-Typen für FEM-Systeme zu entwickeln!

Ziel ist vielmehr die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses für die qualitativen Zusammenhänge bei der Anwendung der FEM. Das ermöglicht dem Nutzer:

- den schnellen Einstieg in die praktische Anwendung der FEM unter den verschiedenen Umgebungsbedingungen;
- die kompetente Wertung der Modell-Ansätze und der Simulationsergebnisse;
- einen sinnvollen Einstieg in die theoretischen Grundlagen der FEM und ihrer numerischen Umsetzung.

Vorausgesetzt wird dabei ein grundlegendes Verständnis für die mit der FEM behandelten physikalischen Domänen (Mechanik, Wärme, elektrische und magnetische Felder). Dafür reicht zur Not schon das Schulwissen, eine gewisse Vertiefung durch das Grundstudium in den Ingenieurwissenschaften ist jedoch von Vorteil.

In Hinblick auf die probabilistische Simulation und Optimierung bestehen die Ziele der Übungen in der Vermittlung einer Methodik für

1. die Parametrisierung von FE-Modellen durch die Nutzung von Script-Sprachen.
2. die Einbindung von FE-Modellen in die System-Simulation auf der Basis von Ersatzmodellen.

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Zielstellung&oldid=5923](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial_-_Zielstellung&oldid=5923)“

---

■

# Software: FEM - Tutorial - Software

Aus OptiYummy

↑

← →

## Verwendete Software

Bei der Auswahl der für die Übung genutzten Software wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

1. Transparenz des FEM-Prozesses für den Nutzer.
2. FEM-Fachsprach-Niveau für die Begriffe auf der Benutzeroberfläche.
3. Reproduzierbarkeit der typischen Fehlermöglichkeiten bei der FEM-Anwendung.
4. Kopplung von CAD- und FEM-Modell innerhalb einer CAD-Umgebung.
5. Einbindung der FEM-Simulation in eine Analyse- und Optimierungsumgebung sollte möglich sein.
6. Beschaffung und Nutzung der Software von allen Interessenten ohne großen zeitlichen und finanziellen Aufwand.

Die Wahl fiel nach einigen Recherchen auf ein **3D-CAE-System**, ein **3D-CAD-Programm**, zwei **FEM-Programme** (Struktur-Mechanik bzw. elektro-magnetische Felder) sowie ein **Analyse- und Optimierungstool**. Dieser Umfang gewährleistet eine praxisrelevante Einführung in die vielen Facetten der FEM-Anwendung.

### Autodesk Fusion 360:

*Autodesk* bemüht sich mit großem Aufwand um einen engen Kontakt zum Ingenieur Nachwuchs. Schüler und Studenten können kostenlos auf eine breite Produktpalette zugreifen. Voraussetzung ist eine Registrierung bei Internetportal [www.autodesk.com/education](http://www.autodesk.com/education).

**Autodesk Fusion 360** ist seit einigen Jahren der Versuch von *Autodesk*, eine möglichst umfassende, aber einheitliche Plattform für den Konstruktionsprozess von ersten Designstudien bis zur rechnerunterstützten Fertigung zu entwickeln. Da das System diesen Anspruch erhebt, allumfassend den Konstruktionsprozess zu unterstützen, wählte man die Zahl **360** im Sinne von 360°:

- Bei diesem Programm handelt es sich um ein grundlegend neu konzipiertes Produkt, in welches schrittweise alle erforderlichen Funktionen integriert werden.
- Hierbei orientiert man sich primär an der Funktionalität von *Autodesk Inventor*, welche man durch bewährte Funktionen aus anderen Autodesk-Programmen ergänzt.
- Zusätzlich dient *Fusion 360* den Autodesk-Entwicklern als "Spielwiese" zum Erproben und Implementieren neuer Konzepte. Die Entwicklung ist also noch im vollen Fluss!
- Inzwischen hat das Programm einen Stand erreicht, dass man es für diejenigen Teilprozesse sehr gut nutzen kann, welche nicht das Erstellen "Technischer Zeichnungen" als Hauptziel verfolgen.
- Die für die Erstellung der CAD-Modelle mit *Autodesk Fusion 360* erforderlichen Bearbeitungsschritte werden im Rahmen des FEM-Tutorials detailliert beschrieben. Vorkenntnisse sind hierfür nicht erforderlich.

### FEMM\_4.2:

- Es handelt sich um ein FEM-Programm zur Berechnung von 2D- und axialsymmetrischen Problemen:
  - niederfrequente magnetische Felder
  - elektrostatische Felder
  - elektrische Flussprobleme
  - Wärmeleitungsprobleme.
- Dieses FEM-System wurde von **David Meeker** entwickelt.
- Neben den numerischen Qualitäten dieses Programms spricht auch der "Freeware"-Status für den Einsatz zu Lehrzwecken. Es kann kostenlos unter [www.femm.info/wiki/HomePage](http://www.femm.info/wiki/HomePage) geladen und als Vollversion genutzt werden.
- Da es sich hierbei um ein "spezialisiertes" FEM-Programm handelt, tritt der allgemeine FEM-Prozess nicht mehr so deutlich in den Vordergrund. So erhält man also bereits im Rahmen dieser Übungen einen Eindruck von unterschiedlichen Benutzeroberflächen.

### OptiY (Analyse- und Optimierung):

- OptiY® ist eine offene und multidisziplinäre Entwurfsumgebung, welche modernste Optimierungsstrategien und probabilistische Algorithmen zur Unsicherheits- und Sensitivitätsanalyse, Robustheitsbewertung, Zuverlässigkeitsanalyse, Lebensdauerberechnung, Data-Mining und Meta-Modellierung bereitstellt.

- Die Modelle, auf deren Basis die Optimierung erfolgen soll, werden dabei als Blackbox mit Ein- und Ausgangsgrößen betrachtet. Damit ist es ein offenes System für unterschiedlichste Modellklassen. Die Anpassung an eine spezielle Modellumgebung erfolgt über die Schnittstellen. Möglich ist das Zusammenwirken mit verschiedenen CAD- und CAE-Systemen (z.B. für Netzwerkanalogien, Finite-Element-Methode, Starrkörper-Dynamik) aber auch mit "materiellen" Versuchsständen (z.B. Regler-Optimierung für Antriebssysteme).
- **Wichtig:** Teilnehmer der **FEM-Lehrveranstaltung** erhalten die zu verwendende OptiY-Version vom Betreuer! Andere Interessenten können im OptiY-Webportal eine **Trial-Version** anfordern, deren Funktionsumfang für die Bearbeitung der Übungsbeispiele ausreichend ist.

#### Ansys Student:

- Ansys Student ist die frei verfügbare Studentenversion der Softwaresuit von ANSYS Inc.
- Über die sogenannte *Workbench* werden seit einigen Jahren die verschiedenen Simulationsumgebungen des Unternehmens miteinander verknüpft.
- Das Paket ist extrem umfangreich und lädt zum selbstständigen Experimentieren ein.
- In diesem FEM-Tutorial wird hauptsächlich die Komponente *Mechanical* für thermische und mechanische Simulationen eingesetzt.
- Die Studentenversion enthält eine integrierte Lizenz, die die Größe von FE-Modellen auf maximal 128.000 Knoten begrenzt. Diese Einschränkung ist akzeptabel, um ein weit verbreitetes Softwareprodukt besser kennenzulernen. Außerdem ist man damit automatisch gezwungen, auf die Größe der eigenen Modelle zu achten.

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Software&oldid=26056](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial_-_Software&oldid=26056)“

---

■



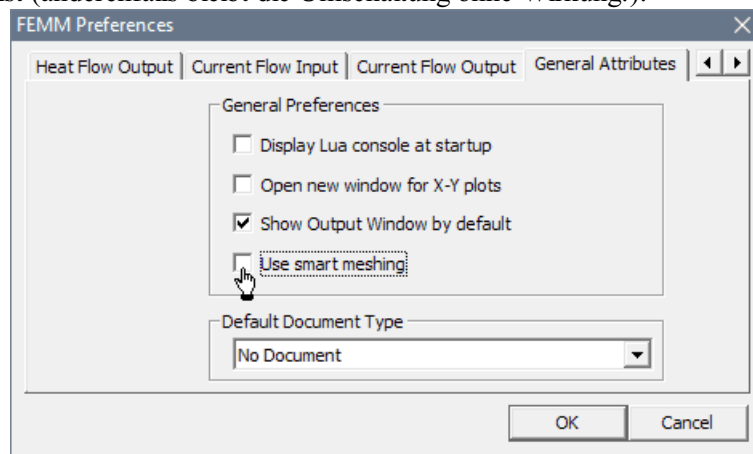
# Software: FEM - Tutorial - FEMM-Installation

Aus OptiYummy

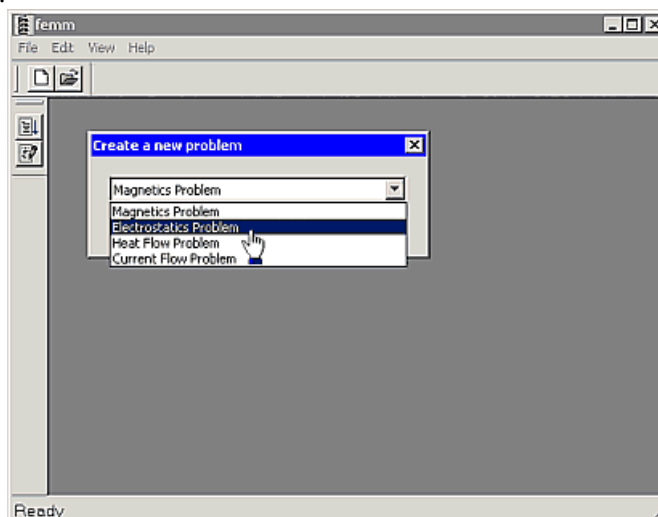
↑

## ← → FEMM 4.2 - Installation (Download der Software)

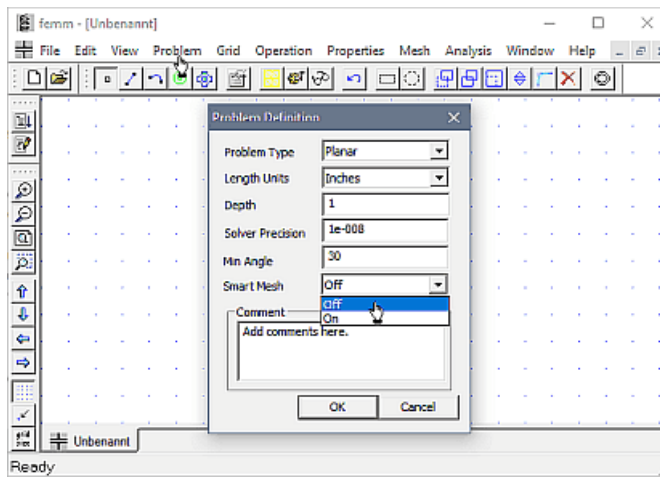
- Es wird zwar noch eine 32-Bit-Version des Programms bereitgestellt. Möchte man *FEMM* in der Analyse- und Optimierungsumgebung des 64-Bit-Programms *OptiY* nutzen, sollte man die 64-Bit-Version wählen. Nach Akzeptieren der Lizenz-Bedingungen kann man das Programm im angebotenen Standard-Ordner installieren.
- **Wichtig:**
  - Die Frage "*Do you want to install FEMM with Mathematica support?*" muss man mit "*Nein*" beantworten. Sonst wird bei jedem *FEMM*-Start versucht, die Mathematica-Schnittstelle *ML32I2.dll* zu laden, die nur existiert, wenn auf dem PC das Mathematica-Programm installiert ist.
  - **Den ersten Programm-Start** muss man "*Als Administrator ausführen*", um das COM-Interface korrekt zu initialisieren!
  - Wenn man sich einmal im Administrator-Modus befindet, sollte man unter *Edit > Preferences > General Attributes* das standmäßig für alle Modell-Dateien aktive *Smart Meshing* deaktivieren, weil dies nur als Administrator möglich ist (anderenfalls bleibt die Umschaltung ohne Wirkung!):



- Nach dem Start von *FEMM* beginnt man die Arbeit mit einer neuen Datei (*File > New*), für welche man zuerst die Art des Problems definieren muss:



- Es erscheint danach das an die Problemstellung angepasste Benutzer-Interface:



- Im Dialog zur **Problem-Definition** ist standardmäßig die globale Einstellung für die **Smart Meshing-Option** eingetragen. Hier kann man bei Bedarf auch ohne Administrator-Rechte für das aktuelle Modell das Smart Meshing Ein-/Ausschalten.
- Das *Smart Meshing* verfeinert das Netz an allen Ecken, weil an Eck-Knoten die größten Feldgradienten zu erwarten sind. Die globale Vernetzung ist ebenfalls sehr fein (Teilung von ca. 50 in Bezug auf Umrandungslinien von Bereichen). Man gelangt damit automatisch zu einem Netz mit sehr guter Genauigkeit für die Simulationsergebnisse.
- Solange man *FEMM* nur für einzelne, manuell gestartete Simulationen benutzt, ist trotz der feinen Vernetzung des *Smart Meshing* die resultierende Rechenzeit für 2D-Probleme nicht störend.

Wir werden in den Übungsbeispielen das *Smart Meshing* abschalten (falls es global noch aktiv ist):

1. Nur durch die manuelle Steuerung der Vernetzung kann man ein Gefühl für die Auswirkungen der Vernetzungsdichte entwickeln.
2. Bei Einbindung des FEMM-Programms in eine Analyse-/Optimierungsumgebung ergeben sich sehr viele Modellberechnungen. Dazu ist im Sinne der Berechnungszeit ein Kompromiss zwischen Vernetzungsdichte und Berechnungsgenauigkeit erforderlich, welcher durch Smart Mesh meist nicht erreicht wird.

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial\\_-\\_FEMM-Installation&oldid=24885](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial_-_FEMM-Installation&oldid=24885)“

■

# Software: FEM - Tutorial - OptiY-Installation

Aus OptiYummy

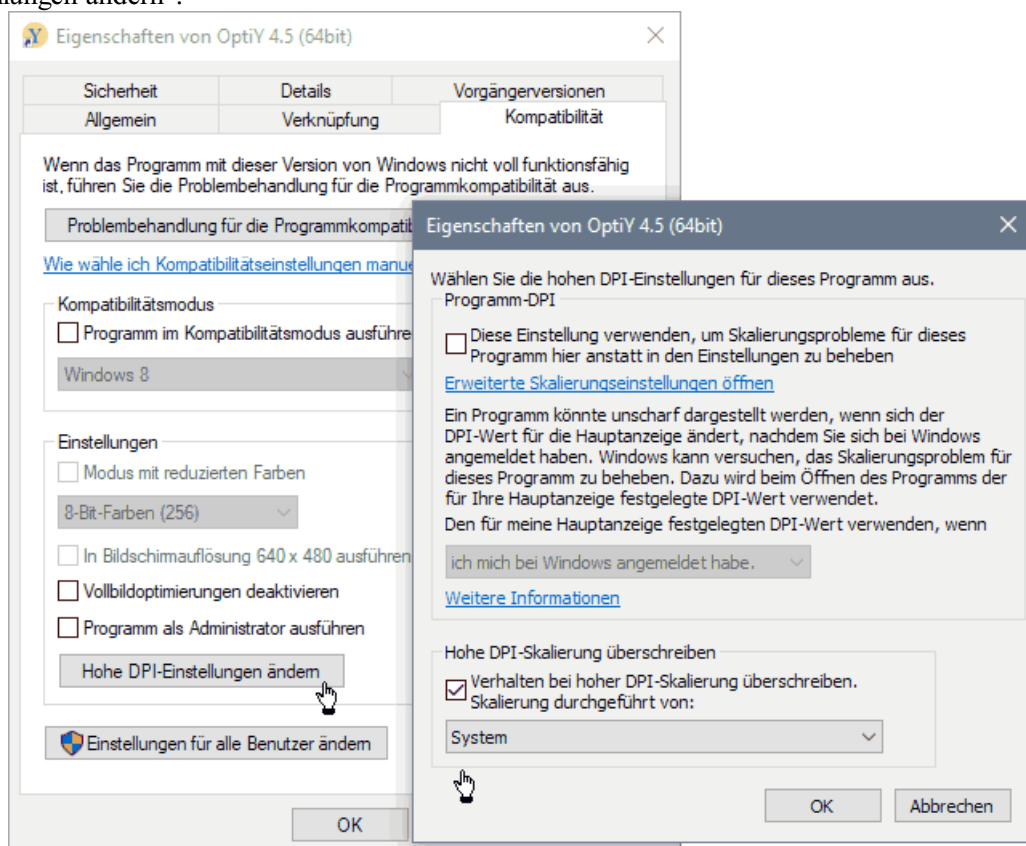
↑

← →

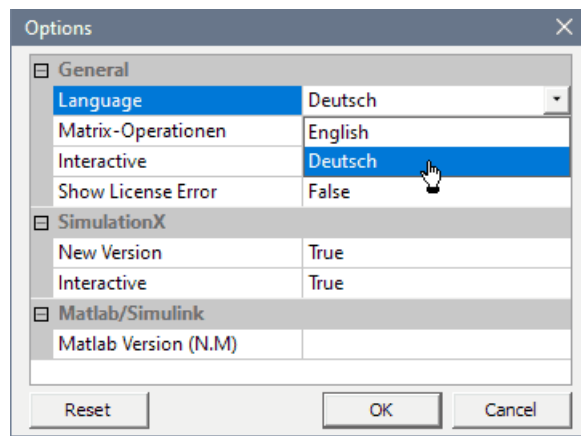
## OptiY - Installation (Bei Bedarf eine Trial-Version anfordern)

**Wichtig:** Teilnehmer der FEM-Lehrveranstaltung erhalten die zu verwendende *OptiY*-Version vom Betreuer!

- **.NET Framework 4.6** oder neuer wird von *OptiY* vorausgesetzt. Dieses ist normalerweise ein Bestand des Betriebssystems MS Windows. Falls dies nicht der Fall ist, kann man diese Software kostenlos von der Microsoft Website herunterladen.
- **Registrierung als COM-Objekt im Windows** erfordert einen einmaligen Start von *OptiY* mit Administrator-Rechten nach der Installation:
  - Unter **Eigenschaften - Kompatibilität** des Programms (Kontextmenü der rechten Maustaste auf *OptiY*-Symbol z.B. auf dem Desktop) wählt man die Berechtigungsstufe "Als Administrator ausführen".
  - Nach Beenden von *OptiY* muss diese Administrator-Berechtigung in den Kompatibilitätseigenschaften wieder deaktiviert werden!
- **Nutzung hochauflösender Displays:**
  - Viele Programme haben Probleme mit extrem hochauflösenden Bildschirmen, wie sie verstärkt z.B. in modernen Tablett-Computern zum Einsatz kommen. In *OptiY* äußert sich dies in teilweise unlesbar kleinen Diagramm-Legenden oder sich überlappenden Listen-Elementen.
  - Abhilfe schaffen hier die Kompatibilitätseinstellungen (Kontextmenü des *OptiY*-Icon auf dem Desktop) "Hohe DPI-Einstellungen ändern":



- Es ist der Modus "Verhalten bei hoher DPI-Skalierung überschreiben" zu aktivieren und "Skalierung durchgeführt von System" einzustellen. Danach sollten alle Programm-Komponente in aufeinander abgestimmter Skalierung dargestellt werden.
- **Umschalten der Bedienoberfläche auf die Sprache "Deutsch"** (um Konsistenz mit den deutschen Übungsanleitungen herzustellen):
  - **Tools > Options > Language > Deutsch**



- Danach *OptiY* beenden, da erst nach erneutem Start die Sprache der Oberfläche komplett umgeschaltet ist.

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial\\_-\\_OptiY-Installation&oldid=24893](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial_-_OptiY-Installation&oldid=24893)“

▪

# Software: CAD - Tutorial - Fusion

Aus OptiYummy

## Autodesk Fusion 360 (Schnellstart)

- **Wichtig:** Für den Download und die Nutzung von *Fusion 360* ist ein verifizierter Autodesk-Account mit Bildungslizenz notwendig! Eine Anleitung zum Anlegen findet sich **hier**.

### Inhaltsverzeichnis

- 1 Standard-Installation
- 2 Nutzung der Webversion in einem HTML5-kompatiblen Browser
- 3 Pool-Installation
- 4 Erster Programm-Start
  - 4.1 Fusion als cloudbasiertes CAE-System
  - 4.2 Benutzer-Interface
- 5 Grundlegende Unterschiede zum Autodesk Inventor
  - 5.1 Top-Down-Konstruktionsansatz
  - 5.2 Funktionsumfang

### Standard-Installation

Man kann nach Anmeldung bei Autodesk unter Microsoft Windows die Software für *Fusion 360* "**Herunterladen**". Wahrscheinlich startet danach automatisch die Installation von *Autodesk Fusion 360* im benutzereigenen Ordner auf dem Computer:

- Falls es hierbei Probleme gibt, hilft vielleicht die Erfahrung aus dem letzten Jahr:
  - Das Installationsprogramm "**Fusion 360 Client Downloader.exe**" sollte man auf dem eigenen Computer speichern, bevor man es ausführt.
  - Nach dem Starten dieses Web-Installers wird die aktuelle *Fusion360*-Version geladen und im eigenen Nutzerverzeichnis im Ordner "AppData" installiert.
- Die Installation umfasst mehrere Gigabyte. Nach jedem Start von *Fusion360* werden vorhandene Updates sofort eingespielt, sodass man immer mit der aktuellsten Version arbeitet. Für die Aktualisierung genügen die normalen Benutzer-Rechte, da alles im eigenen Nutzerordner stattfindet.
- Falls auf einem PC mehrere Nutzer *Fusion360* mit ihrem individuellen PC-Account verwenden möchten, so wird für jeden Nutzer die komplette Fusion360-Installation unabhängig voneinander "gepflegt".

### Nutzung der Webversion in einem HTML5-kompatiblen Browser

Auf Computern, welche nicht über ein 64-Bit-Windows als Betriebssystem verfügen, kann man ohne Installation von zusätzlicher Software *Autodesk Fusion 360* direkt im Web-Browser nutzen: <https://fusion.online.autodesk.com/>. Dazu sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- verifizierter Autodesk-Account mit Bildungslizenz
- moderner HTML5-kompatibler Web-Browser
- stabile Internet-Verbindung (Mindestbandbreite 5 Mbit/s Download und 1,5 Mbit/s Upload)
- Computer mit ausreichend freiem Hauptspeicher (4 GByte RAM?)

Der erste Start der Webversion dauert relativ lange, weil zuerst die erforderlichen Komponenten der Fusion-Webapp geladen werden.

**Hinweis:** Eine Umschaltung der Nutzer-Sprache von "englisch" auf "deutsch" ist in den Einstellungen möglich und soll nach einen anschließenden Neustart der Webversion wirksam werden. Leider blieb danach das Benutzer-Interface trotzdem in Englisch!

**Weitere Hinweise:** FAQ zur Nutzung der Web-Version

## Pool-Installation

In einem PC-Pool mit servergespeicherten Benutzer-Profilen ist die individuelle Fusion360-Installation für jeden Benutzer mit jeweils mehreren Gigabyte natürlich nicht sinnvoll. Deshalb wird von *Autodesk* ein **Fusion Lab Install Package** für die Installation in PC-Pools bereitgestellt:

- Diese Fusion-Version muss vom PC-Pool-Verantwortlichen mit Administrator-Rechten installiert werden. Die Installation erfolgt automatisch in den Programm-Ordner "**c:\Program Files\Autodesk\webdeploy\**" und es wird ein Programm-Icon für alle Benutzer auf dem Desktop abgelegt.
- Leider funktionierte der Start dieser Fusion-Version bis vor einiger Zeit nur mit "echten" Administrator-Rechten (also Aufruf mit "Als Administrator ausführen"). Dies ist in einem PC-Pool natürlich auch nicht realisierbar.

Startet die Spezialversion von *Fusion* für PC-Pools nur mit vollständigen Administrator-Rechten, so liegt dies an fehlenden Schreibrechten für den Ordner **C:\ProgramData\Autodesk\Common**, welcher beim Installieren von *Autodesk Fusion* angelegt wird:

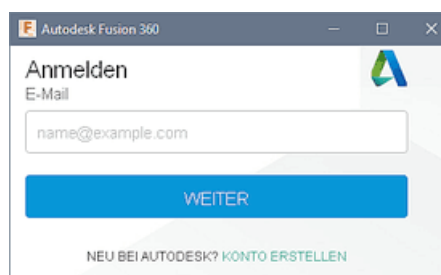
- Man muss allen Benutzern für diesen Ordner Schreibrechte gewähren (Eigenschaften > Sicherheit: Benutzer unter „bearbeiten“ mit Schreibberechtigungen versehen). Danach startet *Fusion* reibungslos.
- Falls der Ordner **ProgramData** nicht angezeigt werden sollte, kann man im Windows Explorer unter **Ansicht > Optionen > Ansicht** unter *Versteckte Dateien und Ordner* den Punkt "**Ausgeblendete Dateien, Ordner und Laufwerke anzeigen**" aktivieren.
- **Hinweis:** Zum Ende des Jahres 2020 wurden an einer Universität die Rechner im Labor neu aufgesetzt und dafür wurde die aktuelle "Fusion 360 Admin Install.exe" benutzt. Dabei waren nun dort keine Admin-Rechte und keine freizugebenden Ordner für das Starten von Fusion 360 mehr notwendig! Es könnte also sein, dass es inzwischen allgemein ohne Admin-Rechten funktioniert.

Leider erfolgt für *Fusion360-Lab* kein automatisiertes Update auf die jeweils aktuelle Version, was zu Problemen führen kann:

- Über den *Autodesk*-Account, über welchen die Installation von *Fusion-Lab* erfolgte, erhält man ungefähr einmal pro Monat per Email eine Nachricht, wenn ein Update zur Verfügung steht.
- Das Einspielen des Updates auf die Pool-PC muss dann manuell erfolgen, was aber aufgrund der guten Anleitung kein Problem ist.
- Von *Autodesk* wurde eine etwas umständliche Möglichkeit beschrieben, ein Update mit Hilfe des "Windows Task Scheduler" in regelmäßigen Abständen anzustoßen. Laut Rückmeldungen von Pool-Verantwortlichen funktioniert dieses Verfahren.
- Falls nach einem Update bei erneutem Programmstart die Fehlermeldung erscheint, dass der Login bei Fusion 360 fehlgeschlagen ist, kann dies an einem Problem mit der Windows Zeiteinstellung liegen. Dazu unter **Einstellungen > Zeit und Sprache > Datum und Uhrzeit** die angegebenen Optionen überprüfen und die Zeit eventuell neu synchronisieren.

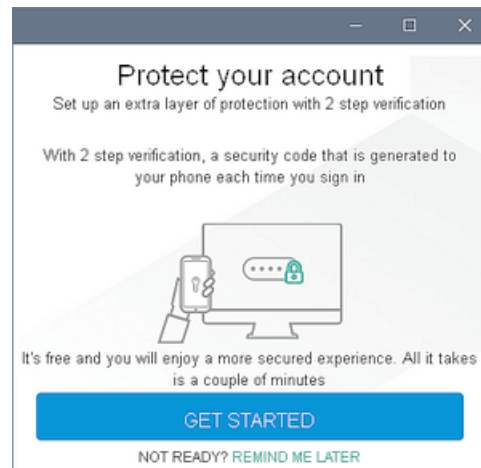
## Erster Programm-Start

Unabhängig von der installierten *Fusion*-Version erfolgt der Programmstart Windows-üblich über Desktop, Taskleiste, Startmenü oder Cortana-Suche. Allerdings gelangt man nicht direkt in die Programm-Oberfläche, sondern muss sich zur mittels seines *Autodesk*-Accounts anmelden:



- Anstatt der geforderten E-Mailadresse kann man auch seinen Autodesk-Nutzernamen für die Anmeldung verwenden.

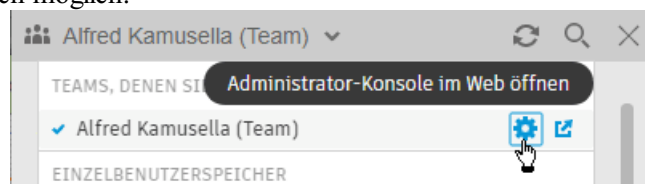
- Nach der ersten Anmeldung wird man auf die Möglichkeit der *2-Step Verification* zur Erhöhung der Zugangssicherheit hingewiesen:



- Dieser Aufwand ist im Rahmen dieser CAD-Übung sicher nicht erforderlich und der Hinweis kann mit "Remind me later" quittiert werden.
- Unter beliebigen Smartphone-Betriebssystemen existieren Authentifikator-Apps, welche man für die 2-Schritt-Authentifizierung nutzen kann. Dazu gibt es eine **Anleitung bei Autodesk**.

Damit man mit *Fusion 360* arbeiten kann, genügt diese Anmeldung als Person noch nicht, sondern man muss sich einem Team (auch "*Team-Hub*" genannt) zuordnen, wofür zwei Möglichkeiten angeboten werden:

1. **Beitritt zu einem vorhandenem Team** (falls eine entsprechende Einladung dazu vorliegt).
2. **Erstellen eines neuen Teams:**
  - im Rahmen der **CAD/FEM-Übungen** an der TU Dresden muss jeder Teilnehmer ein eigenes Team nach folgendem Bezeichner-Schema erstellen:
  - "**Vorname Nachname UUUxx**" mit UUU = CAD bzw. FEM und xx = 00...99 (Teilnehmer-Nummer in der Übung), z.B. *Alfred Kamusella CAD00*
  - → UUU = CAD auch für Teilnehmer der CAD-Übung in der **Geräteentwicklung**
  - **Anmerkungen:**
    - Jeder Team-Bezeichner muss weltweit einzigartig sein, deshalb hier auch der Zusatz zum persönlichen Namen!
    - Wer bereits ein eigenes Team unter einem anderen Bezeichner erstellt hat, kann diesen im Rahmen der Lehrveranstaltungen weiterhin benutzen! Eine Umbenennung des eigenen Teams ist über die Administrator-Konsole im Internet jedoch möglich:



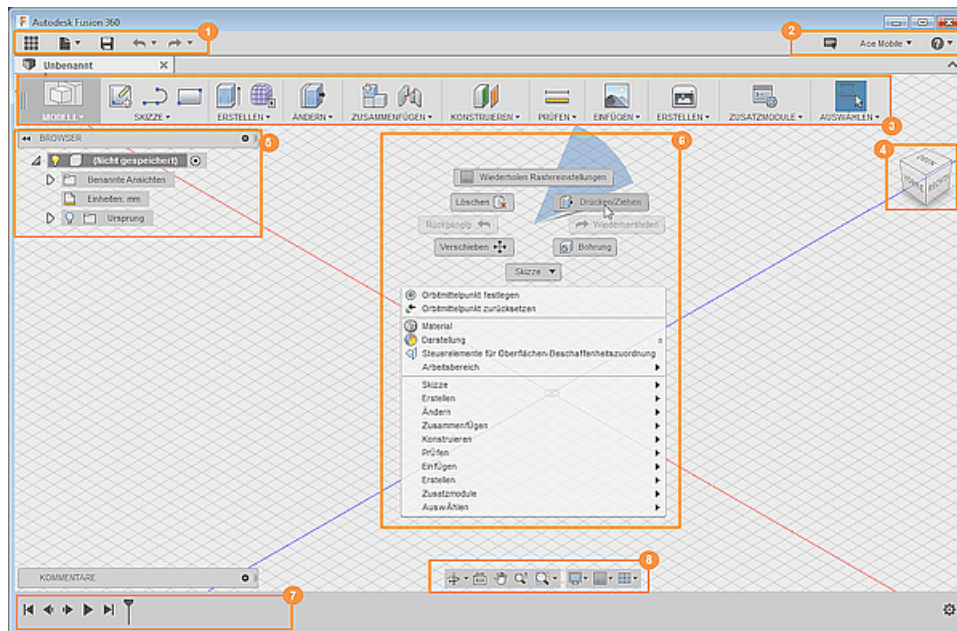
## Fusion als cloudbasiertes CAE-System

Das eigene *Autodesk*-Konto muss zuvor bereits für die Nutzung der 1-Jahres-Lizenz von *Fusion 360* freigeschaltet worden sein:

- Nur dann ist der für die *Fusion*-Nutzung erforderliche Cloud-Bereich eingerichtet (Erläuterung des Cloud-Prinzips: **Cloud Computing**)
- Über den nutzereigenen Cloud-Bereich erfolgt die Verwaltung sämtlicher *Fusion*-Aktivitäten und -Daten.
- Damit steht dem Nutzer unabhängig vom verwendeten Endgerät über das *Fusion*-Benutzer-Interface immer der aktuelle Bearbeitungszustand für alle bearbeiteten Projekte zur Verfügung. Zusätzlich kann auch die Rechen-Power der Cloud für aufwändige Simulationen genutzt werden.
- Ein Offline-Arbeiten in einem lokalen Cache ist zeitweise möglich (z.B. bei fehlender Internet-Anbindung). Während der Offline-Bearbeitung sollte man sich jedoch auf das betroffene Endgerät beschränken, um Synchronisationsprobleme mit dem Zustand in der Cloud zu vermeiden.

## Benutzer-Interface

Die Programm-Oberfläche entspricht dem, was man von einem CAD-Programm erwartet und erinnert an die Oberfläche von *Autodesk Inventor*:



1. **Anwendungsleiste:** Sie ermöglicht den schnellen Zugriff auf die Konstruktionsdateien (z.B. Befehle Dateizugriff, Speichern, Rückgängig und Wiederherstellen).
2. **Profil und Hilfe:** Im Profilbereich kann man auf seine Profil- und Konto-Einstellungen zugreifen. Das Hilfe-Menü (?) bietet sowohl Tutorials als auch ausführliche Erläuterungen zu einzelnen Aspekten.
3. **Werkzeugkasten:** Mittels des Werkzeugkastens kann man den gewünschten Arbeitsbereich (z.B. Modell-Bildung) und das darin aktuell benötigte Werkzeug (z.B. Extrusion) auswählen.
4. **ViewCube:** Dient zur Wahl ein geeigneten Ansichtsposition (wie aus dem Autodesk-Inventor bekannt).
5. **Browser:** Im Browser werden alle Objekte der gewählten Konstruktion aufgeführt (alle Objekte von Ebenen und Skizzen bis hin zu Bauteilen und Baugruppen). Über den Browser kann man Änderungen an Objekten vornehmen und die Sichtbarkeit von Objekten zu steuern.
6. **Ansichtsbereich und Minimenü:** Mittels Klick der linken Maustaste kann man Objekte im Ansichtsbereich auswählen. Klick mit der rechten Maustaste öffnet das Minimenü, welches häufig verwendete Befehle im Rad und alle verfügbaren Befehle im Überlaufmenü enthält.
7. **Zeitachse:** In der Zeitachse sind die Operationen aufgelistet, die an der gewählten Konstruktion vorgenommen werden. Mittels der linken Maustaste kann man Operationen zum Ändern der Reihenfolge an die Position ziehen, in der sie berechnet werden sollen. Änderungen an den Operationen kann man mittels Klick der rechten Maustaste vornehmen.
8. **Navigationsleiste und Anzeigeeinstellungen:** Die Navigationsleiste enthält Befehle für das Zoomen, Schwenken und Umkreisen der Konstruktion. Mit den Anzeigeeinstellungen wird die Darstellung der Benutzeroberfläche und der Konstruktionen im Ansichtsbereich gesteuert.

Leider funktioniert die Taste <F1> nicht für den Aufruf einer Kontext-sensitiven Online-Hilfe. Für einen Einstieg empfiehlt sich der Aufruf der **Hilfe-Startseite** über **Hilfe-Button (?) > Schulungen und Dokumentation > Selbststudium**. Auf der Hilfe-Seite kann eine Umschaltung in die deutsche Sprache erfolgen.

## Grundlegende Unterschiede zum Autodesk Inventor

**Autodesk Inventor** kam 1999 als völlig neu konzipiertes Produkt auf den Markt, welches nicht auf dem seit 1982 erfolgreichen **AutoCAD** beruhte:

- **AutoCAD** ist grundsätzlich ein Vektor-orientiertes Zeichenprogramm, das auf einfachen Objekten wie Linien, Polylinien, Kreisen, Bögen und Texten aufbaut, die wiederum die Grundlage für kompliziertere 3D-Objekte darstellen. Wurden ursprünglich die 2D-Ansichten in den Zeichnungsblättern direkt gezeichnet, so besteht inzwischen natürlich die Möglichkeit, diese 2D-Zeichnungsansichten aus 3D-Volumenmodellen zu generieren.
- **Autodesk Inventor** ist die etwas späte Antwort von *Autodesk* auf das ab 1988 vermarktete *Pro/ENGINEER der Firma PTC*. Mit *Pro/ENGINEER* (inzwischen *PTC Creo*) wurde die Chronologie-basierte parametrische CAD-Modellierung eingeführt. Seitdem kommt das parametrische Prinzip in fast allen gängigen CAD-Programmen zur Anwendung, darunter neben *Autodesk Inventor* z.B. in *SolidWorks*, *CATIA* und *NX*.

**Autodesk Fusion 360** ist seit einigen Jahren der Versuch von *Autodesk*, eine möglichst umfassende, aber einheitliche Plattform für den Konstruktionsprozess von ersten Designstudien bis zur rechnerunterstützten Fertigung zu entwickeln. Da das System diesen Anspruch erhebt, allumfassend den Konstruktionsprozess zu unterstützen, wählte man die Zahl **360** im Sinne von 360°:



- Bei diesem Programm handelt es sich wieder um ein neu konzipiertes Produkt, in welches schrittweise alle erforderlichen Funktionen integriert werden.
- Hierbei orientiert man sich primär an der Funktionalität von *Autodesk Inventor*, welche man durch bewährte Funktionen aus anderen Autodesk-Programmen ergänzt.
- Zusätzlich dient *Fusion 360* den Autodesk-Entwicklern als "Spielwiese" zum Erproben und Implementieren neuer Konzepte. Die Entwicklung ist also noch im vollen Fluss!
- Inzwischen hat das Programm einen Stand erreicht, dass man es für diejenigen Teilprozesse sehr gut nutzen kann, welche nicht das Erstellen "Technischer Zeichnungen" als Hauptziel verfolgen.

Im Folgenden sollen relevante Unterschiede zwischen *Autodesk Inventor* und *Autodesk Fusion 360* etwas detaillierter benannt werden.

### Top-Down-Konstruktionsansatz

*Fusion 360* verwendet im Unterschied zum *Autodesk Inventor* einen Top-Down-Konstruktionsansatz. Als *Top-down* (engl. *von oben nach unten*) und *Bottom-up* (engl. *von unten nach oben*) werden zwei entgegengesetzte Wirkrichtungen in Analyse- oder Synthese-Prozessen bezeichnet. Es handelt sich also um zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze, um komplexe Sachverhalte zu behandeln:

- **Top-down** geht vom Abstrakten, Allgemeinen, Übergeordneten schrittweise hin zum Konkreten, Speziellen, Untergeordneten.
- **Bottom-up** bezeichnet die umgekehrte Richtung.

Entsprechende Beziehungen bestehen auch zwischen den Begriffen:

- **Dekomposition** (*Top-down*): Zerlegung, Auflösung eines Ganzen in einzelne Teile.
- **Aggregation** (*Bottom-up*): Vereinigung von Teilen zu einem Ganzen.

Vereinfacht kann man die grundlegenden Konzepte wie folgt unterscheiden:

- Im *Autodesk Inventor* werden nach dem Bottom-up-Prinzip mittels 3D-Modellierung Einzelteile aus 2D-Skizzen konstruiert und zu Baugruppen zusammengefügt. Die Gestalt der Baugruppen ist somit von der Gestalt der einzelnen Teile und ihrer Einbaulagen zueinander abhängig.
- Im *Fusion 360* wird nach dem Top-down-Prinzip zuerst das zukünftige Aussehen von Baugruppen skizziert. Die eingebauten Komponenten (Einzelteile, Unterbaugruppen) beziehen sich auf diese 3D-Skizzen. Ändert sich die Baugruppen-Skizze, wird damit die Gestalt der Komponenten verändert.

Das Benutzer-Interface und die Datenstrukturen eines CAD-Programms orientieren sich am zugrunde gelegten Konstruktionsansatz:

- Das Konstruieren wird von einem CAD-Programm demzufolge am Harmonischsten unterstützt, wenn man den zugrunde liegenden Konstruktionsansatz anwendet.
- Es ist im Prinzip auch möglich, ein CAD-Programm für einen anderen Konstruktionsansatz zu verwenden. Dann muss man aber häufig einige Tricks anwenden, um mit den Funktionen des Programms dieses Ziel zu erreichen.

### Funktionsumfang

*Autodesk Fusion 360* wird in einigen Jahren sicher vielfältigere und bessere Funktionen als *Autodesk Inventor* enthalten, weil u.a. nur dadurch die Nutzer zum Umstieg auf das moderne System motiviert werden können. Neben den zurzeit geringeren Lizenzkosten sprechen aber bereits jetzt einige Aspekte dafür, das neue System zumindest für neue Projekte in Betracht zu ziehen:

1. Die wesentlichen Funktionen von *Autodesk Inventor* für das Modellieren von Einzelteilen und Baugruppen wurden inzwischen im *Fusion 360* implementiert. Der Zugriff auf Normteile ist über einen externen Anbieter (*McMaster-Carr*) gewährleistet, wobei die Automatismen der Größenanpassung jedoch nicht funktionieren. Hat man bisher nur *Autodesk Inventor* benutzt, so wird man natürlich als *Fusion*-Einsteiger erst einmal suchen, wie man mittels *Fusion 360* zum gewünschten Ergebnis gelangt, weil sich die Abläufe infolge des unterschiedlichen Konstruktionsansatzes unterscheiden.
2. Alle Daten von *Fusion 360* werden grundsätzlich in der Cloud verwaltet. Wenn man einige Kompromisse in Kauf nimmt, kann man diese Daten aber weiterhin mittels "normaler" Ordner-Strukturen auf eigenen Datenträgern sichern und weitergeben.  
**Wichtig:** Bei mangelhafter Internetanbindung ist mit der installierten Programmversion über einen Zeitraum von maximal zwei Wochen ein Offline-Arbeiten möglich (*Siehe in Online-Hilfe: Offline-Modus*).

3. Für die im Konstruktionsprozess wichtige Finite Elemente Simulation stehen im *Fusion 360* bereits umfangreichere Funktionen zur Verfügung, als im *Autodesk Inventor* (z.B. nichtlineare Solver, die thermische Simulation und Varianten-Generierung auf Basis der Struktur-Optimierung). Ressourcen-intensive Simulationen können in die Cloud ausgelagert werden, sodass man dafür keine speziell hochgerüstete Hardware benötigt.
4. In Ergänzung zur Historien-orientierten parametrischen Modellierung (wie in *Autodesk Inventor*) bietet *Autodesk Fusion* ergänzend die Möglichkeit der direkten Modellierung (nachträgliche Transformation von Flächen, z.B. Verschieben, Drehen, Verformen). Eine sehr gute Erläuterung der Unterschiede zwischen beiden Modellierungsansätzen bietet der Artikel "**Worin unterscheiden sich die parametrische und die direkte Modellierung?**" (Autor: Michael Alba)

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_CAD\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Fusion&oldid=26028](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_CAD_-_Tutorial_-_Fusion&oldid=26028)“

---

▪

# Software: FEM - Tutorial - Ansys-Installation

Aus OptiYummy

↑

← →

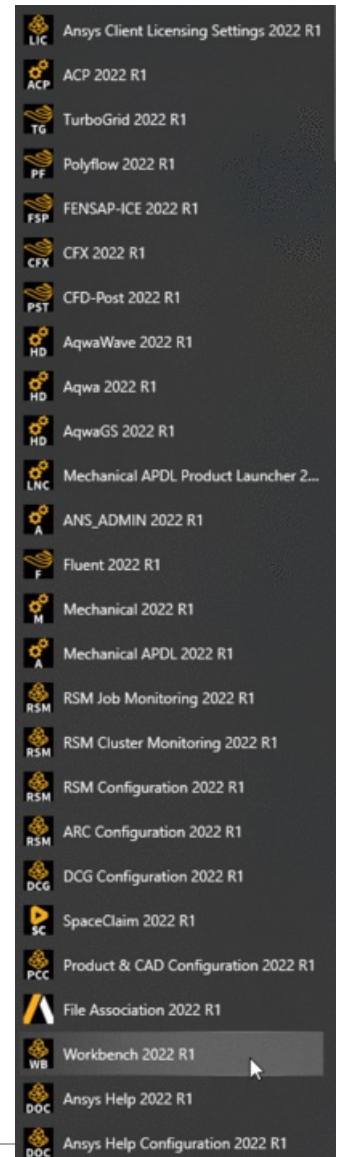
## Ansys Student - Installation (Download der Software)

Für die Teilnehmer der Lehrveranstaltung ist diese Software natürlich schon im PC-Kabinett installiert. Für den privaten Gebrauch muss man sich das **Ziparchiv** bei Ansys herunterladen:

- **Wichtig:** falls bereits eine ältere Version der Software vorhanden ist sollte diese vor der Installation entfernt werden.
- Das heruntergeladene Archiv entpacken (kann nach der Installation wieder gelöscht werden).
- Für die Installation werden etwa **30 GB freier Speicherplatz** auf dem PC benötigt.
- Im entpackten Ordner ganz nach unten scrollen und "**setup.exe**" starten.
- Dem Installationsassistenten folgen und auf Abschluss des Setups warten.
- Sobald der Fortschrittsbalken 100 % erreicht und man die Meldung "Die Installation ist abgeschlossen" sieht, kann man unten rechts auf **Beenden** klicken.
- Ansys umfasst inzwischen eine sehr große Anzahl an Subkomponenten und -systemen. erfahrene Nutzer können hier gleich mit dem passenden Programm ihre Arbeit beginnen. Für unsere Übung wird der Ausgangspunkt immer die "**Workbench 20xx Rx**" sein. Diese kann man sich im Startmenü oder auf dem Desktop verlinken (auch die Windowssuche nach "Workbench" funktioniert recht gut).
- Nach dem ersten Start wird man gefragt, ob Nutzerinformationen zur Produktverbesserung weitergegeben werden sollen. Hier kann man selbst entscheiden, es entstehen keine Nachteile.

← →

Abgerufen von „[https://optiyummy.de/index.php?title=Software:\\_FEM\\_-\\_Tutorial\\_-\\_Ansys-Installation&oldid=26041](https://optiyummy.de/index.php?title=Software:_FEM_-_Tutorial_-_Ansys-Installation&oldid=26041)“



■