

Fernstudium

## Computational Engineering

---

### 5. Studienplansemester Spezialgebiete des CAE

Modul 19 / Kurseinheit 156

### Spezielle Berechnungs- und Visualisierungssoftware II

Prof. Dr.-Ing. Christopher Bode

Fernstudieninstitut

# 1 Einführung in ANSYS

## Lernziel

Das Lernziel dieses Kapitels besteht in erster Linie darin, einen Einblick in das FEM-Programm ANSYS zu erhalten und die vielfältigen Möglichkeiten kennen zu lernen. Darüber hinaus wird eine kurze Einführung in die „klassische“ Benutzeroberfläche von ANSYS einschließlich der verschiedenen Menüs sowie eine kurze Übersicht über die von ANSYS während einer Session angelegten Dateien gegeben. Der eigentliche Umgang mit ANSYS erfolgt aber erst in den darauffolgenden Kapiteln im Zuge der Behandlung der verschiedenen Problemstellungen.

## 1.1 Einleitung

ANSYS ist eines der weltweit führenden FEM-basierten Simulationstools. Die Anwendungsbereiche erstrecken sich branchenübergreifend von Strukturanalysen (statisch, dynamisch und Beulanalysen), über Strömungsanalysen, thermische Analysen, elektromagnetische Analysen bis hin zu Multiphysik-Anwendungen, d. h. Berechnungen von mehreren gleichzeitig auftretenden und gekoppelt wirkenden physikalischen Effekten.

ANSYS ist als ein durchgängiges, ganzheitliches Simulationstool konzipiert, das neben eigenen, integrierten Pre- und Postprozessoren auch Schnittstellen zu CAD-Programmen sowie zu anderen FEM-Tools (z. B. Patran) besitzt. Ergänzt wird die „klassische“ FEM-orientierte Benutzeroberfläche seit der Version 7.0 durch eine moderne CAE-orientierte Benutzeroberfläche, die sogenannte ANSYS Workbench, deren Funktionsumfang sich an den gängigen Anwendungsfällen orientiert.

Die im Rahmen dieser Kurseinheit verwendete Einstiegsversion ANSYS ED 10.0 (Educational Version) weist praktisch alle wesentlichen Berechnungsfeatures der aktuellen Release ANSYS 12.0 auf. Unterschiede werden, sofern vorhanden und als wesentlich erachtet, an den entsprechenden Stellen aufgegriffen und erläutert. Einschränkungen (Limitations) seitens der Educational Version bestehen vor allem hinsichtlich der Modellgröße, die sich in erster Linie in der Beschränkung auf maximal 10.000 Knoten und maximal 1000 Elemente widerspiegeln. Darüber hinaus existieren noch Beschränkungen bezüglich der Anzahl zu erzeugender Linien, Flächen und Volumina, diese werden aber im Rahmen dieses Kurses ebenso wenig ausgeschöpft, wie die Beschränkungen hinsichtlich der Element- und Knotenanzahl.

Wie viele andere FEM-Programme auch, so ist auch ANSYS ausschließlich in englischer Sprache abgefasst, angefangen bei den Menüs bis hin zur Dokumentation und Online-Hilfe. Von daher wird zum leichteren Verständnis eine kurze (sinngemäße) Übersetzung für die wichtigsten Begriffe und Bezeichnungen an den jeweiligen Stellen mitgeliefert.

## 1.2 ANSYS-Benutzeroberfläche

Gestartet wird ANSYS unter dem Betriebssystem Windows über die Schaltfläche **START** und dann weiter über **Programme > ANSYS ED 10.0 > ANSYS Product Launcher** (oder nur **START > ANSYS Product Launcher**). In der darauf folgenden Maske ist zunächst die Benutzeroberfläche („klassische“ Oberfläche oder Workbench) festzulegen. Im Rahmen dieses Kurses werden wir ausschließlich mit der klassischen Oberfläche arbeiten, insofern ist bei *Simulation Environment* die Einstellung **ANSYS ED** auszuwählen (falls nicht bereits voreingestellt). Gleichzeitig wechselt auch die Anzeige bei *Product* auf ANSYS ED. Danach ist in der darunter angezeigten Registerkarte *File Management* ein Arbeitsverzeichnis (*Working directory*) sowie ein Dateiname (hier: *Job Name*) für die während des Programmlaufs erzeugten Dateien einzugeben. Beide Einstellungen können aber auch später noch innerhalb der ANSYS-Umgebung geändert werden. Umlaute und Sonderzeichen sind jedoch in beiden Fällen zu vermeiden.

Alle weiteren Registerkarten sind für uns nicht weiter von Interesse. Mit dem Button **[Run]** am unteren Rand der Maske und einem weiterem **[OK]** wird danach ANSYS gestartet und es erscheint die in Bild 1.1 dargestellte „klassische“ ANSYS-Benutzeroberfläche (Graphical User Interface = GUI) mit mehreren Menüs (hier jedoch mit weißem Hintergrund).

### Anmerkungen:

- Sollen die Einstellungen aus der vorangegangenen Sitzung (Session) übernommen werden, so kann der Programmaufruf einfach über **START > Programme > ANSYS ED 10.0 > ANSYS** und dann **[Run]** erfolgen.
- Zur gleichen Zeit ist im Hintergrund ein weiteres Fenster aufgegangen, das sogenannte *ANSYS 10.0 Output Window*. Hier werden sämtliche Eingaben und Einstellungen protokolliert (ist für uns im Weiteren ohne Bedeutung, darf aber nicht geschlossen werden).

### ANSYS Main Menu

Von den verschiedenen Bereichen der Oberfläche wollen wir uns zunächst nur auf die wesentlichen konzentrieren. Dazu gehört das *ANSYS Main Menu* auf der linken Seite, von dem wir zunächst nur die ersten fünf Unterpunkte betrachten wollen. Diese stellen jedoch zugleich auch die wesentlichen Schritte bei einer FEM-Analyse in chronologischer Abfolge dar.

Bei den *Preferences* (Voreinstellungen) sind lediglich einige wenige Angaben zu tätigen, so z. B. ob es sich um eine Strukturanalyse (Structural Analysis), eine thermische Analyse (Thermal Analysis) oder eine andere Analyseart handelt.

Im *Preprocessor* erfolgt die eigentliche Modellerstellung (Geometrie) zusammen mit der Charakterisierung des Materialverhaltens, der Auswahl geeigneter Elementtypen bis hin zur Vernetzung des Modells. Hier lassen sich auch die Randbedingungen und Belastungen definieren.

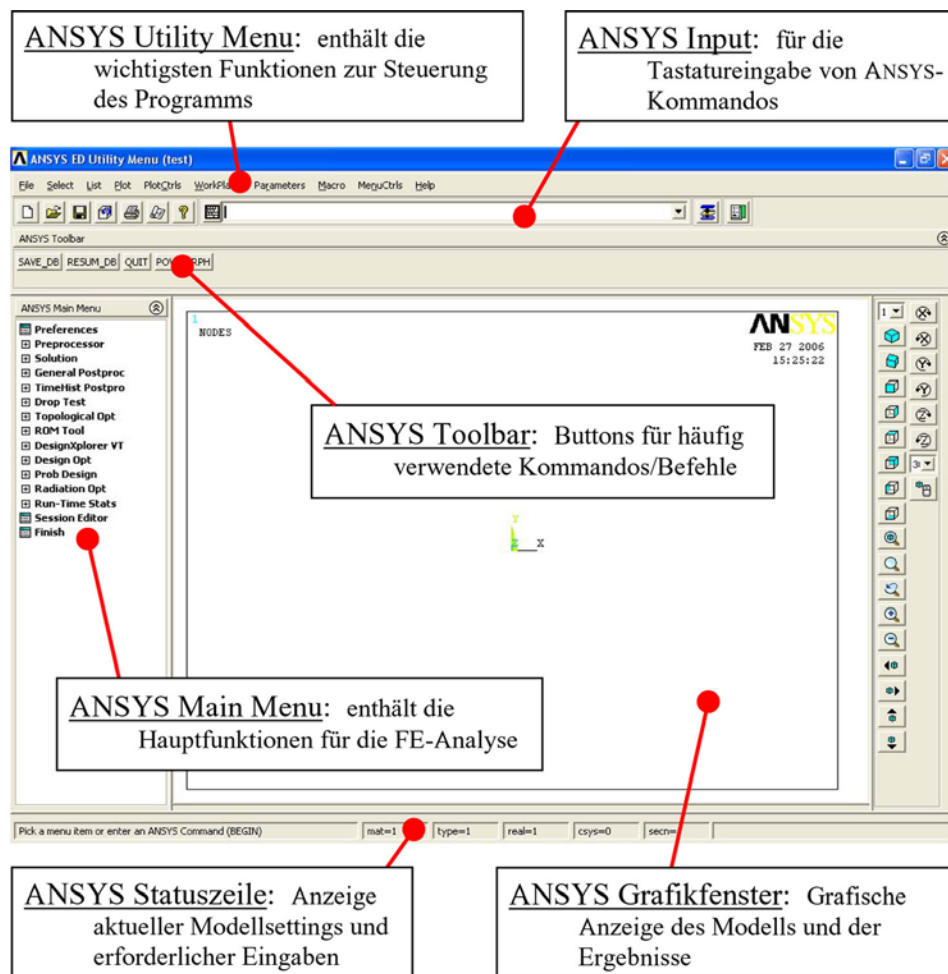


Bild 1.1: „Klassische“ ANSYS-Benutzeroberfläche

Bei *Solution* (Lösung) erfolgt die eigentliche FEM-Berechnung, d. h. die Aufstellung der Systemmatrizen und -vektoren und die anschließende Lösung des daraus resultierenden Gleichungssystems. Alternativ können auch hier die Randbedingungen und Belastungen eingegeben werden.

Der *General Postprocessor* (Allgemeiner Postprozessor) dient der Auswertung von Ergebnissen im gesamten Bauteil oder in Teilbereichen, so zum Beispiel zur Darstellung von Bauteilverformungen sowie Spannungen im gesamten Bauteil oder in ausgewählten Schnittebenen.

Im *TimeHistory Postprocessor* (Zeitverlaufs-Postprozessor) hingegen können einzelne Ergebnisgrößen an ausgewählten Knoten oder Elementen als Funktion der Zeit oder Frequenz aufbereitet und dargestellt werden. Bei nichtlinearen Strukturanalysen ermöglicht er beispielsweise auch die Darstellung des Kraftverlaufs als Funktion der Verschiebung.

Das *ANSYS Utility Menu* am oberen Rand enthält eine Vielzahl von Steuerungsfunktionen, angefangen bei den üblichen Standardfunktionen (wie Datensicherung, Daten einlesen, Import, Export, etc.) über Befehle zum Selektieren (Select), Auflisten (List) und Zeichnen (Plot) der verschiedenen Objekte, bis hin zu diversen Einstellungen zur grafischen Darstellung. Nicht zu vergessen ist die ebenfalls in diesem Menü zu findende äußerst umfangreiche Online-Hilfe.

[ANSYS Utility Menu](#)

## ANSYS Input (Kommandozeile)

Alle über die jeweiligen Menüs getätigten Eingaben können wahlweise, bei Kenntnis der entsprechenden Befehle und Befehlsstrukturen, auch über die Tastatur in der Kommandozeile (*ANSYS Input*) eingegeben werden. Obwohl wir die Arbeit mit ANSYS zunächst mit der Menü-geführten Eingabe beginnen werden, so lassen sich die für den späteren Übergang auf die kommando-orientierte Eingabe erforderlichen Kommandonamen dennoch oft schon anhand der Eingabemaske am Ende des menügeführten Eingabepfades erkennen. Bild 1.2 zeigt hierzu exemplarisch den Menüpfad zum Erzeugen (Create) einer rechteckigen Fläche (Area, Rectangle). In der Eingabemaske für die Abmessungen (Dimensions) des Rechtecks ist das entsprechende Kommando oben links in eckigen Klammern aufgeführt (hier also RECTNG). Ist das entsprechende Kommando nicht explizit aufgeführt, so erhält man über den [HELP]-Button eine Beschreibung des Kommandos mitsamt Angaben zu den erforderlichen Werten und möglichen Optionen sowie deren Bedeutung und Anordnung (Kommandosyntax).

Umgekehrt lässt sich bei bekanntem Kommandonamen auch der entsprechende Menüpfad rekonstruieren, am einfachsten über die ANSYS-Online-Hilfe für das jeweilige Kommando. So führt beispielsweise die Eingabe

**HELP, RECTNG** (Groß- oder Kleinschreibung unerheblich)

in der Kommandozeile zur Online-Dokumentation des RECTNG-Befehls. Am unteren Ende der daraufhin angezeigten Seite sind dann die möglichen Menüpfade aufgelistet, siehe Bild 1.3.

Kommando-orientierte Eingaben bieten den Vorteil, dass alle Eingaben als Eingabestrom in einer Datei zusammengefasst werden können, die dann in ANSYS eingelesen werden kann, woraufhin sämtliche Befehle automatisch nacheinander ausgeführt werden. Dies ist insbesondere für Variantenrechnungen ein wesentlicher Vorteil, da sich auch Eingabewerte benutzerdefiniert parametrisieren lassen und ANSYS zudem über eine eigene Programmiersprache verfügt (APDL = Ansys Parametric Design Language).

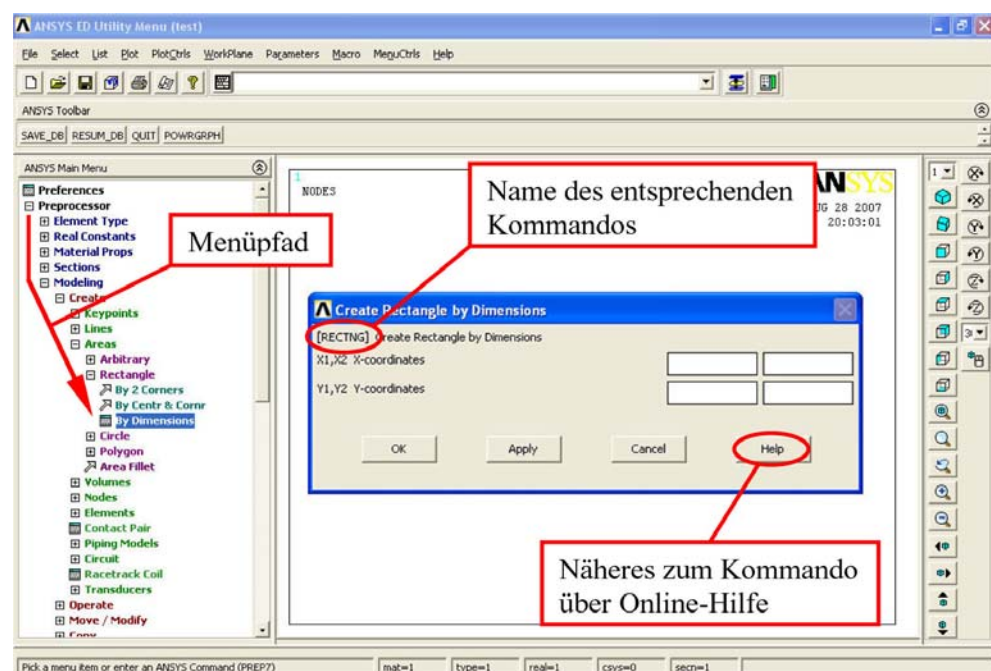


Bild 1.2: Menüfolge zur Erzeugung eines Rechtecks

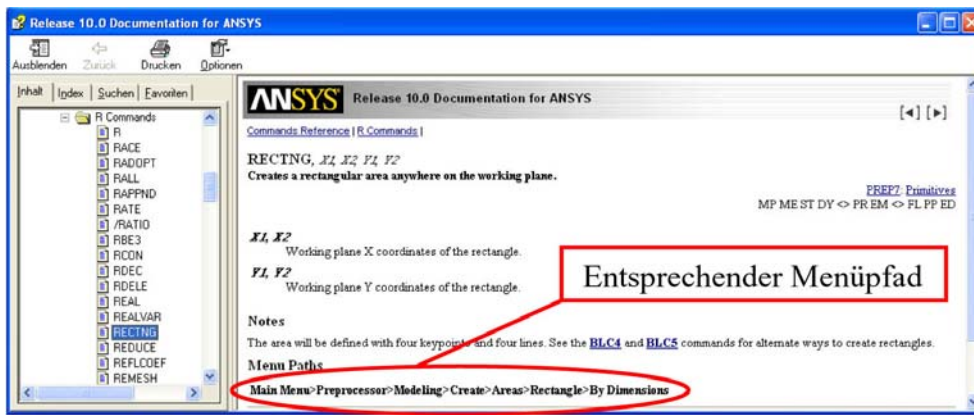



Bild 1.3: Online-Dokumentation zum Befehl RECTNG in der Ansys-Hilfe

Im Weiteren soll noch auf die bisher noch nicht näher bezeichnete Symbolleiste am rechten Rand von Bild 1.1 hingewiesen werden. Dieses sogenannte Grafik-Panel beinhaltet gängige Funktionen zur Anpassung der grafischen Darstellung, insbesondere die Funktionen Verschieben, Drehen, Zoom sowie verschiedene Ansichten.

Beim Verlassen von ANSYS über **ANSYS Utility Menu > File > Exit ...** oder durch Anklicken des Kästchens  rechts oben kann abschließend zwischen verschiedenen Speicheroptionen ausgewählt werden. Standardmäßig werden sämtliche Modelldaten (Geometrie + Vernetzung) sowie Randbedingungen und Belastung gespeichert (Save Geom+Loads). Bei Bedarf können zusätzlich auch noch die Ergebnisse gespeichert werden (Save Geo+Ld+Solu oder Save Everything). Die entsprechende Auswahl ist letztlich mit dem Button [Ok] zu bestätigen woraufhin ANSYS dann beendet wird. Allerdings ist dann immer noch die Anmeldemaske des Product Launcher geöffnet, die jetzt (oder auch schon vorher) ebenfalls geschlossen werden kann.

ANSYS  
verlassen

Ein wichtiger Hinweis zum Schluss: Es kommt immer wieder die Frage auf „Wie kann ich eine Eingabe rückgängig machen?“. Die ernüchternde Antwort auf diese Frage lautet leider „gar nicht“. Einen Button „rückgängig“ oder „undo“ gibt es in ANSYS bis zur aktuellen Release nicht.

Wichtig!

### 1.3 ANSYS-Dateien

Während einer ANSYS-Session werden mehrere Dateien angelegt, wobei alle mit der (aktuellen) Aufgabenstellung zusammenhängenden Dateien jeweils denselben Dateinamen erhalten, zuzüglich einer Erweiterung (Extension), die den Inhalt der jeweiligen Datei erkennen lässt. Der Dateiname entspricht dem zuvor im ANSYS Product Launcher festgelegten Jobnamen. Wurde kein Jobname vorgegeben, so wird dieser standardmäßig auf FILE gesetzt. Er kann jedoch auch später noch innerhalb der Benutzeroberfläche z. B. über die Menüfolge **ANSYS Utility Menu > File > Change Jobname...** geändert werden, beispielsweise um die Daten unterschiedlicher Berechnungen innerhalb einer ANSYS-Session getrennt voneinander zu speichern.

Von der Vielzahl möglicher Dateien sind nachfolgend nur die wichtigsten mit ihren Inhalten kurz erläutert:

*.DB	Datei mit allen Modelldaten (Database-File)
*.DBB	Backup der Datenbasis (nicht immer vorhanden)
*.LOG	Eingabe-Protokolldatei (LOG-File): hier wird der Verlauf der Eingaben der aktuellen Session protokolliert
*.ERR	Datei mit Fehlermeldungen und Warnungen (Error-File)
*.RST	Datei mit Ergebnissen einer Strukturanalyse (Results of <u>S</u> tructural Analysis)
*.RTH	Datei mit Ergebnissen einer thermischen Analyse (Results of <u>T</u> hermal Analysis)

Je nach Verwendungszweck werden die Daten in unterschiedlicher Form gespeichert. Dateien, in denen für den Anwender wichtige und eventuell nachzuvollziehende Informationen stehen können, wie z. B. das LOG-File und das Error-File, werden in Textform (ASCII) geschrieben, die anderen hingegen werden in Binärform abgelegt.

#### DB-File

Die wohl wichtigste Datei ist das DB-File. Die in ihr abgespeicherte Datenbasis kann jederzeit in derselben oder einer anderen ANSYS-Session wieder eingelesen werden. Dabei ist zu beachten, dass die DB-Datei, wie alle anderen Binär-Dateien auch, nicht abwärtskompatibel ist. Eine beispielsweise mit der ANSYS-Version 10.0 erzeugte DB-Datei kann nicht mit einer früheren ANSYS-Version eingelesen werden.

Das Speichern von Modelldaten geschieht am einfachsten mit Hilfe des [SAVE\_DB]-Buttons in der ANSYS-Toolbar. Das Einlesen von Modelldaten mit dem aktuellen Jobnamen kann anhand des Buttons [RESUM\_DB] oder über die Menüfolge **ANSYS Utility Menu > File > Resume Jobname.db...** erfolgen, das Einlesen einer anderen Datenbasis erfolgt entsprechend über die Menüfolge **ANSYS Utility Menu > File > Resume from...** Ebenso kann mit einem Doppelklick auf die DB-Datei ANSYS gestartet werden. In diesem Fall werden die sonst über den ANSYS Product Launcher vorgenommenen Einstellungen aus der letzten ANSYS-Session übernommen.

Neben den zuvor aufgelisteten Dateien gibt es noch weitere Dateien, auch solche die nur temporär während des Programmlaufs angelegt werden, beispielsweise die \*.LOCK-Datei. Mit ihr wird verhindert, dass mehr als eine ANSYS-Anwendung mit dem gleichen Namen im gleichen Verzeichnis läuft.

#### LOG-File

Abschließend noch ein paar Hinweise zum LOG-File. Im LOG-File wird der gesamte Arbeitsfortschritt in Form der entsprechenden Kommandos gespeichert, nicht nur bei kommandogeführten Eingaben sondern auch bei menügeführten Eingaben. Insofern bietet das LOG-File eine weitere Möglichkeit, die zu einer Menüeingabe äquivalenten Kommandos mitsamt Syntax in Erfahrung zu bringen. Allerdings werden in dem LOG-File auch die voreingestellten Werte und Optionen protokolliert, was die Datei bisweilen etwas unübersichtlich erscheinen lässt.

Das LOG-File kann während einer laufenden ANSYS-Session mit einem beliebigen Texteditor geöffnet werden. Dabei ist zu beachten, dass sämtliche

Kommandos jeweils ans Ende der bestehenden Datei angehängt werden. Dies gilt auch für ein zu Beginn einer neuen Session bereits vorhandenes LOG-File, welches nicht überschrieben wird, sondern bei dem auch nur alle neuen Kommandos lediglich ans Ende angehängt werden. Allerdings trifft das natürlich nur in solchen Fällen zu, in denen eine ANSYS-Session im selben Verzeichnis ausgeführt wird und dort ein LOG-File mit dem aktuellen Jobnamen bereits besteht.

### **Ergänzende bzw. weiterführende Literatur zu Kapitel 1:**

Müller, C., Groth, C.: „FEM für Praktiker – Band 1: Grundlagen“, Expert Verlag, Renningen, 2007.