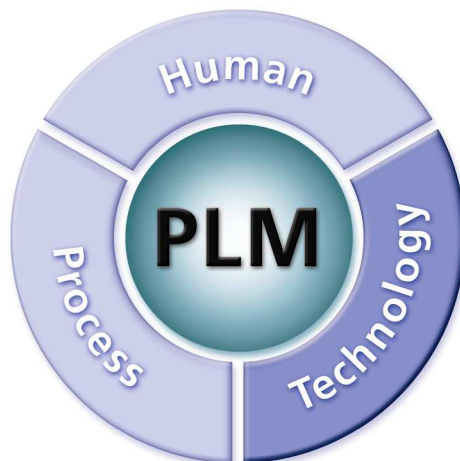




**cenit**

## White Paper



CENIT  
Industriestraße 52-54  
70565 Stuttgart  
Germany

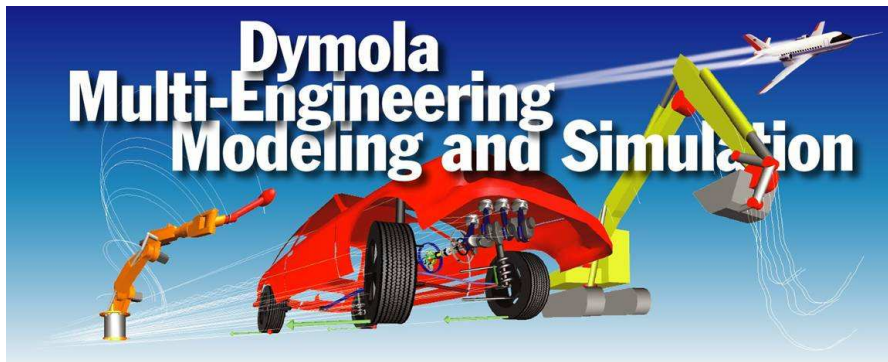
Phone: +49 711 7825-30  
Fax: +49 711 7825-4000  
E-Mail: [info@cenit.de](mailto:info@cenit.de)

[www.cenit.de/dymola](http://www.cenit.de/dymola)

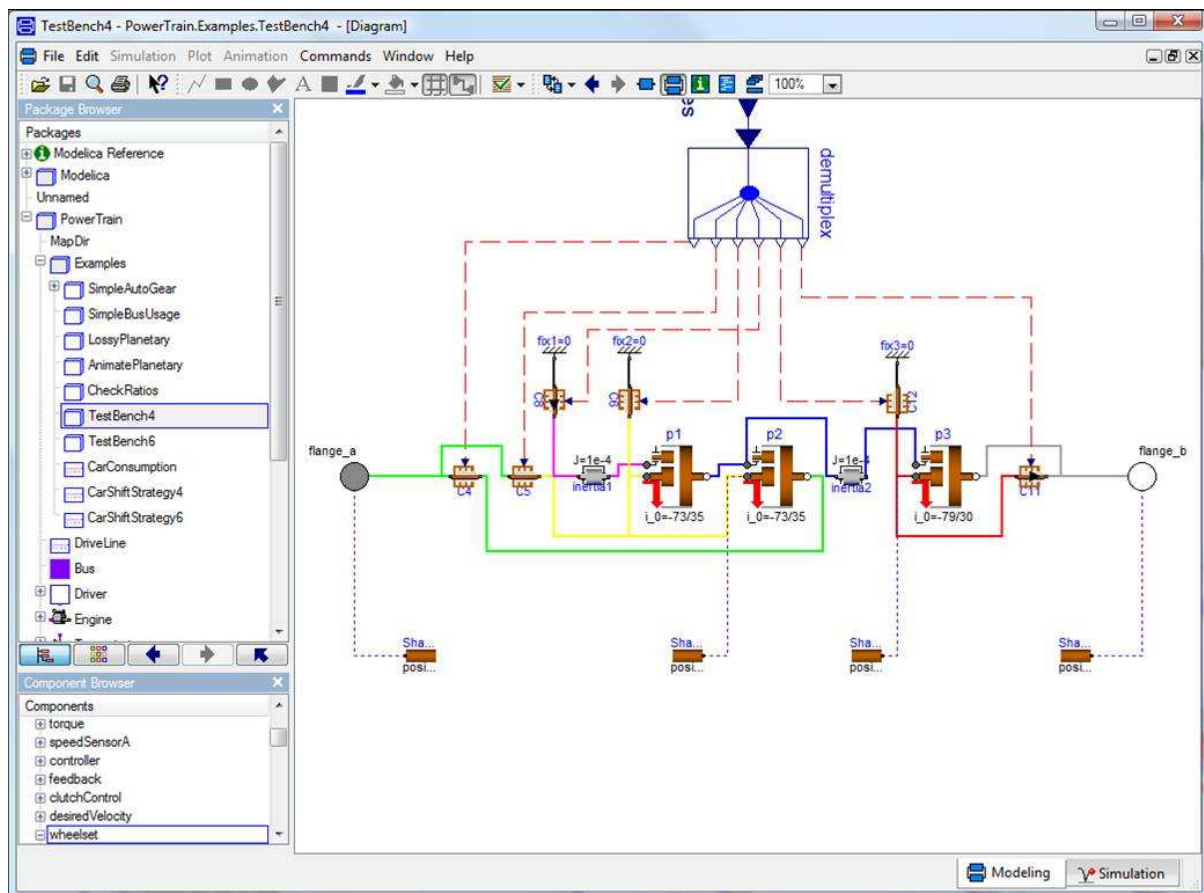
[www.cenit.de/plm](http://www.cenit.de/plm)

# Dymola – Interdisziplinäre Modellierung und Simulation von physikalischen Systemen

Um die wachsende Komplexität moderner Produkte und Projekte beherrschbar zu machen, hat sich die Simulation als disziplinübergreifender, integrierter Entwicklungsansatz etabliert. Darunter versteht man die geschlossene Modellierung der physikalischen und logischen Eigenschaften zu entwickelnder Produkte. Die anschließende Simulation soll das Modell des Produkts bezüglich der geforderten Eigenschaften überprüfen und optimieren. So entstehen letztlich bessere Produkte bei deutlich kürzeren Entwicklungszeiten und mit weniger realen Prototypen und Versuchsaufwand.



Die objektorientierte Modellierungssprache Modelica bietet dafür einen offenen Standard, der die einfache und zugleich korrekte Beschreibung komplexer physikalischer Systeme sämtlicher Ingenieurdisziplinen mittels mathematischer Gleichungen ermöglicht. Mit Dymola steht die zurzeit leistungsfähigste und flexibelste Modellierungs- und Simulationsumgebung für Modelica zur Verfügung. Sie bietet dem Ingenieur ein homogenes Werkzeug zur effizienten Validierung und Optimierung komplexer Systeme.



## 1 Produkteigenschaften

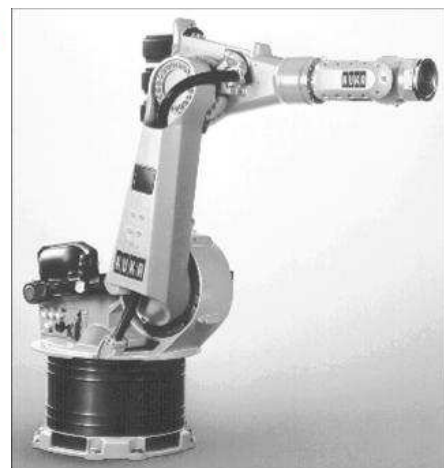
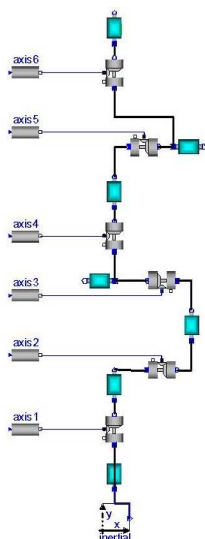
- Überzeugende Lösung für die Modellierung physikalischer Systeme unter anderem aus Mechanik, Elektrik, Thermodynamik, Hydraulik, Pneumatik, Fluid- und Regelungstechnik
- Vollständige Unterstützung des offenen Sprachstandards Modelica
- Umfangreiche Auswahl von OpenSource und kommerziellen Modellbibliotheken
- Erlaubt die Erstellung eigener Modellbibliotheken zur Anpassung an spezielle Anforderungen
- Symbolische Vereinfachung von komplexen mathematischen Gleichungssystemen zur Beschleunigung der Simulation
- Grafische Darstellung der Berechnungsergebnisse mittels konfigurierbarer Diagramme und 3D-Animationen
- Komfortable Modell-Schnittstelle zu Simulink®
- Automatische Generierung von C-Code zur „Hardware-in-the-loop“-Simulation und der Schaffung von Schnittstellen zu anderen Programmen
- geplant in CATIA V6: Übernahme des Geometriemodells und seiner physikalischen Eigenschaften z.B. für eine Mehrkörpersimulation
- MATLAB®-Schnittstelle zur Aufbereitung und Auswertung von Daten

## 2 Kundennutzen

- Besseres Abbild der Wirklichkeit durch die Berücksichtigung aller physikalischen Phänomene in einem Simulationsmodell
- Einfacher und schneller Modellaufbau durch die Nutzung, Wiederverwendung und Abwandlung bestehender Modellbibliotheken
- Freier Zugang zu einer stetig wachsenden Sammlung von Modellen der Modelica Association
- Effizientere Ressourcennutzung und schnellere Simulationsmodelle infolge vorgeschalteter symbolischer Vereinfachung der Modellgleichungen
- Bessere Produkte dank disziplinübergreifender Simulation bereits in der Spezifikationsphase

## 3 Modelica – Objektorientierte Modellierung

Modelica ist eine objektorientierte OpenSource Sprache für die physikalische Modellierung von großen Systemen, die aus Teilmodellen hierarchisch zusammengesetzt werden. Die Modelle werden mathematisch durch Differential-, algebraische und diskrete Gleichungen beschrieben. Vorhandenes Modellierungswissen wird in Bibliotheken bereitgestellt. Die Kopplung zwischen Teilmodellen wird durch physikalische Verbindungselemente (connectors) beschrieben. Modelica wird seit 1996 von einer europäischen Forschergruppe (Modelica Association) entwickelt. Diese besteht aus Experten, die über langjährige Erfahrung mit Modellierungssprachen und differential-algebraischen Gleichungssystemen verfügen. Die Modelica Association unterhält die Homepage [www.modelica.org](http://www.modelica.org). Regelmäßige Tagungen ermöglichen den Informationsaustausch zwischen Anwendern, Softwareentwicklern und Entwicklern der Bibliotheken.



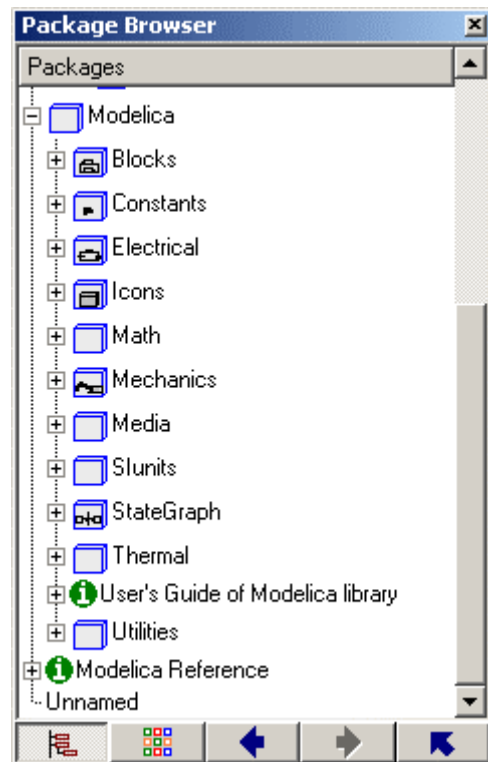
## 4 Bibliotheken

Damit der Ingenieur ein Systemmodell schnell aufbauen kann, ist es wichtig, dass Bibliotheken mit den gebräuchlichsten Komponenten zur Verfügung stehen. Diese müssen so vorbereitet sein, dass sie sofort einsatzfähig und austauschbar sind. Darum entwickelt und pflegt die Modelica Association die stets wachsende Modelica Standard-Bibliothek, eine kostenfreie Bibliothek, die ohne jegliche Restriktionen benutzt werden darf. Diese enthält Komponenten für:

- Blockdiagramme
- Analoge und digitale elektrische Komponenten
- Elektrische Maschinen
- Zustandsgraphen
- Mehrkörpersysteme
- Rotatorische und translatorische 1D-Mechanik
- Thermische Modelle
- SI-Einheiten

und deckt somit elektrische, mechanische, rotatorische, translatorische, 3D-mechanische, thermodynamische und regelungstechnische Aufgaben ab.

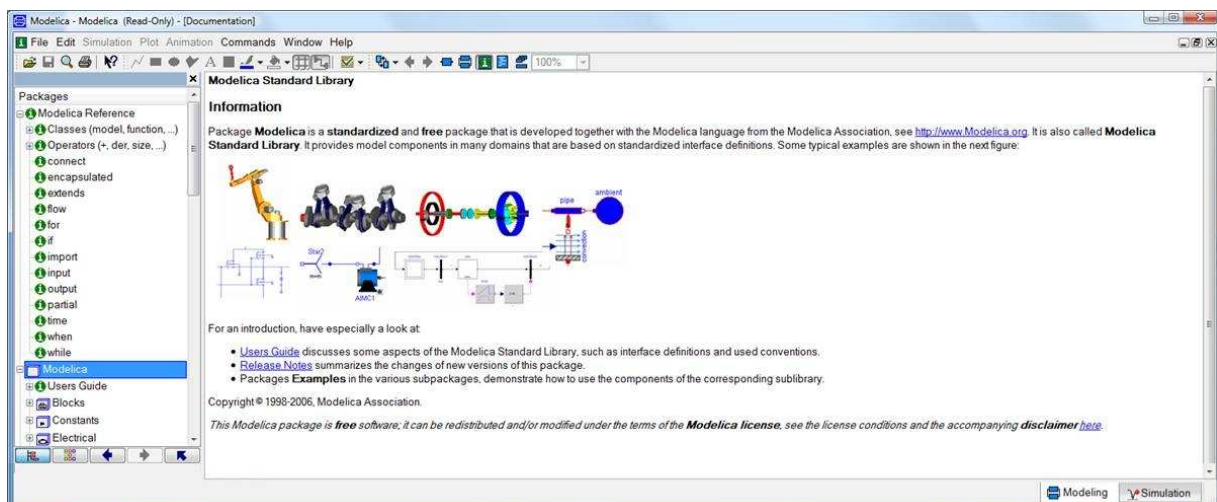
Die Modelle werden üblicherweise hierarchisch und graphisch durch Einbettung von Komponentenmodellen aus den Grundbibliotheken gebildet. Nur auf der untersten Ebene werden Gleichungen verwendet. Dieses Verfahren erleichtert eine echte Wiederverwendung von Modellen in verschiedenen Anwendungen.



## 5 Arbeiten mit Dymola

### Intuitives Modellieren

Der grafische Editor macht das Modellieren der physikalischen Systeme sehr einfach. Bestehende Teilmole werden aus den Bibliotheken per Drag&Drop auf die Modellierungsoberfläche gezogen. Die bestehenden Parameterformulare erleichtern die Definition systemspezifischer Parameter. Mit Hilfe des Texteditors lassen sich eigene Modelle schnell gleichungsbasiert entwickeln. Die Modell-Dokumentation wird aus dem Modellcode automatisch in HTML erstellt, was dem Ingenieur erheblichen Zeitaufwand bei der Dokumentation einspart.



### Übersetzung der Modelle

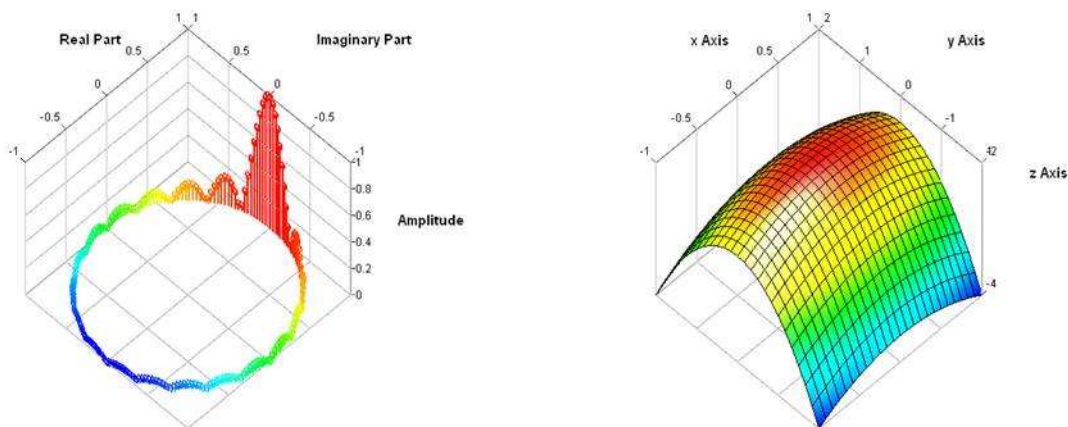
Mittels symbolischer Vereinfachung und Indexreduktion werden die mathematischen Gleichungen und algebraischen Schleifen aufgelöst. Zeit- und ereignisabhängige Unstetigkeiten sowie Kausalitäten werden automatisch analysiert. Das Modell wird in C-Code übersetzt, woraus dann ein lauffähiges Programm erzeugt wird.

### Simulation

Mittels leistungsfähiger numerischer Integrationsalgorithmen wird die korrekte und robuste Verarbeitung der Modelle gewährleistet. Externe C-Funktionen lassen sich einbinden.

### Grafische Ausgabe

Die Ergebnisse eines Simulationslaufs können in einem Diagramm dargestellt werden. Hierbei erleichtert die interaktive Auswahl der zu plottenden Größen die Erzeugung der grafischen Ausgabe. Die Diagramme können mit bereits vordefinierten visuellen Klassen wie z.B. Rahmen, Kugeln und Zylindern sowie Funktionen wie Schattierungen oder Entfernung verdeckter Flächen optimiert werden. Außerdem ist der Import von DXF- und STL-Dateien möglich.



## 6 Dymola Historie

Im Jahr 1978 wurde an der Technischen Hochschule Lund (LTH) in Schweden von Hilding Elmqvist mit einer rein alphanumerischen Modellierungssprache der Grundstein zum heutigen Modelica-Sprachstandard gelegt.

Im Jahre 1981 entwickelte er zusätzlich eine Oberfläche zur grafischen Beschreibung physikalischer Systeme, einem Vorläufer des heutigen Dymola.

1992 gründete Hilding Elmqvist die Firma Dynasim AB, um die bisherigen universitären Ansätze weiterzuentwickeln und zu industrialisieren.

## 7 Lieferbare Konfiguration

### Konfiguration Dymola Standard Version

Vollversion mit graphischem Modelleditor, Modelica-Interpreter, Modell- und Symbolprozessor, Simulator, graphischer Ausgabe und HTML-Modelldokumentationsgenerator.

## 8 Lieferbare Optionen

### Option Simulink-Interface

übersetzt Dymola-Modelle in Systems-Functions (S-Functions) als C-Code. Ein- und Ausgänge müssen in Dymola festgelegt werden. Das Dymola-Modell steht in Simulink als ein Block mit veränderbaren Anfangsbedingungen und Parametern zur Verfügung.

### Option Real-Time Simulation

ermöglicht die Echtzeitsimulation von Dymola-Modellen auf Windows-PCs und unterstützt Hardware-in-the-loop-Simulationen auf verschiedenen Plattformen. Diese Option sollte zusammen mit der Option Simulink-Interface bestellt werden.

### Option Binary Model Export

ermöglicht den Export eines Dymola-Modells in eine andere Windows-Umgebung, in der keine Dymola-Lizenz zur Verfügung steht.

### Option Source Code Generation

ähnlich dem Binary Model Export, jedoch nicht auf Windows-Umgebungen limitiert. Zusätzlich wird ein lesbarer C-Code generiert, um die eigenständige Simulation des Modells und die Schaffung von Schnittstellen zu anderen Programmen zu ermöglichen.

### Option Model Management

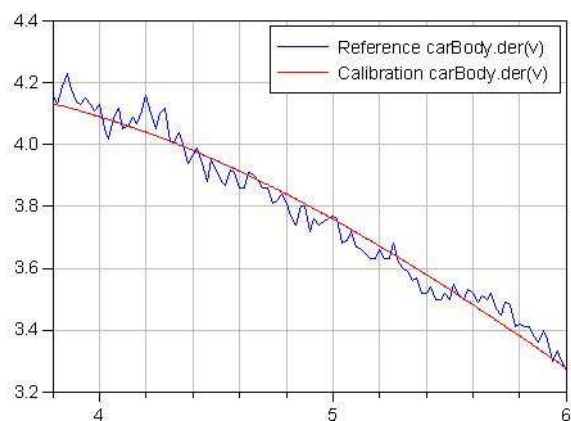
ermöglicht die Verschlüsselung von Modellen, die Schaffung von Schnittstellen zu Programmen zur Versionskontrolle und stellt Hilfen zum Prüfen, Testen und Vergleichen von Modellen bereit.

### Option Model Calibration

ermöglicht die Bestimmung unbekannter Modellparameter durch Anpassung der simulierten Zeitverläufe an vorgegebene Zeitverläufe.

### Option Design Optimization

ermöglicht den Abgleich von Modellparametern zur Verbesserung der Systemdynamik. Eine Mehrzieloptimierung erlaubt die Vorgabe mehrerer Kriterien sowie die interaktive Entscheidung über einander widersprechende Forderungen.



## 9 Lieferbare Bibliotheken

### Powertrain Library

enthält Modelle für Getriebe, wie z.B. Planetengetriebe, Ravigneaux-, Lepelletier-, Simpson-Radsätze, Differentialgetriebe, stufenlose Getriebe, Kupplungen und Steuergeräte (ECUs).

### Flexible Bodies Library

für die Modellierung von flexiblen Balken.

### Smart Electric Drives Library

erlaubt die Modellierung und Simulation eines vollständigen elektrischen Antriebssystems und ist ideal für die Simulation von Hybrid-Fahrzeugen und neuen alternativen Antriebskonzepten geeignet. Es können alle Komponenten wie Energiespeicher, Leistungselektronik, Steuerelemente und elektrische Maschinen simuliert werden.

### Hydraulics Library

liefert Komponenten für die Modellierung von hydraulischen Pumpen, Motoren, Zylindern, Regelventilen, Hydraulikleitungen und Sensoren.

### Pneumatics Library

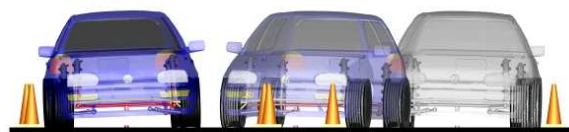
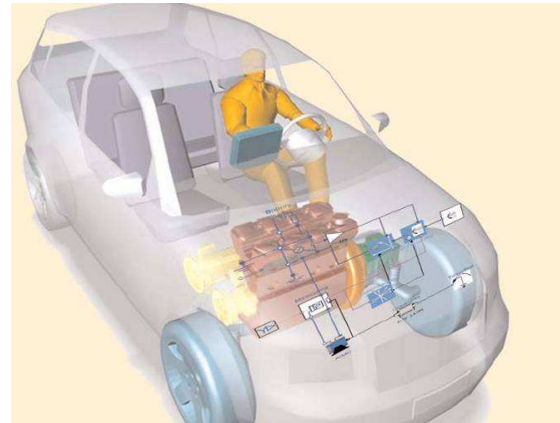
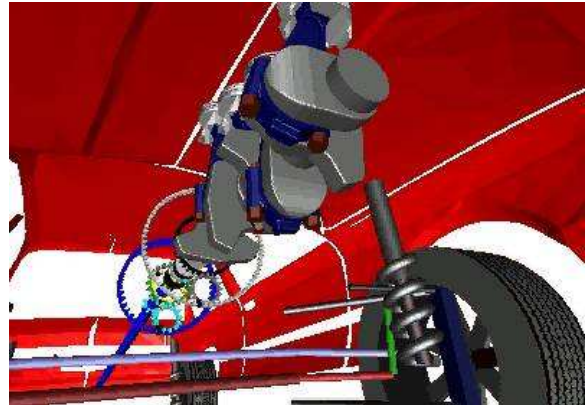
unterstützt die Definition und Simulation von pneumatischen Zylindern, Motoren, Ventilen und Spritzdüsen und stellt Komponenten für Pneumatikleitungen und Sensoren bereit.

### Vehicle Dynamics Library

wird benutzt, um das fahrdynamische Verhalten zu simulieren. Die Bibliothek enthält Komponenten wie Reifen, Fahrermodelle, Radaufhängungen, Antriebsstränge, Bremssysteme, Lenksysteme. Außerdem gibt es vordefinierte Chassis einer Mittelklasselimousine und eines Formel 3 Rennwagens. Viele vordefinierte Standardexperimente ergänzen das Produkt.

### Air Conditioning Library

ist eine Modellbibliothek für Kältetechnik und Klimakreisläufe mit dem häufig eingesetzten Medium R314a und sogar mit CO<sub>2</sub>. Sie enthält Zweiphasenströmungs- und Lüftungsmodelle für alle Entwicklungsschritte, von der Konzeptidee bis zur Detaillierungsphase. Die Air Conditioning Library wurde insbesondere zur Modellierung von Klimaanlage in Kraftfahrzeugen entwickelt.



## 10 Kontakt

### **CENIT**

Industriestrasse 52-54  
70565 Stuttgart

[info@cenit.de](mailto:info@cenit.de)  
[www.cenit.de](http://www.cenit.de)

Michael Rieder

Telefon: +49 211 530 652-48  
Fax: +49 711 7825 44-7048  
E-Mail: [m.rieder@cenit.de](mailto:m.rieder@cenit.de)

### **BAUSCH-GALL GmbH**

Wohlfartstr. 21 b  
80939 München

[info@Bausch-Gall.de](mailto:info@Bausch-Gall.de)  
[www.Bausch-Gall.de](http://www.Bausch-Gall.de)

Dr. Ingrid Bausch-Gall

Telefon: +49 89 323 26 25  
E-Mail: [Ingrid.Bausch-Gall@Bausch-Gall.de](mailto:Ingrid.Bausch-Gall@Bausch-Gall.de)