



Leseprobe

Jörg Kahlert

Einführung in WinFACT

ISBN: 978-3-446-41960-5

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41960-5>

sowie im Buchhandel.

## 2 **Aller Anfang ist schwer – ein erster Streifzug durch WinFACT**

### 2.1 **Was ist WinFACT?**

WinFACT stellt ein *modular* aufgebautes Programmsystem dar, welches sich schwerpunktmäßig an Anwender in der Steuerungs- und Regelungstechnik richtet. Durch die Vielzahl von Programmkomponenten und -erweiterungen (Add-Ons) ist es aber auch für Aufgabenstellungen der unterschiedlichsten technischen und nichttechnischen Fachgebiete geeignet:

- *Simulieren* Sie dynamische Systeme nahezu beliebiger Art mit Hilfe des WinFACT-Kernmoduls BORIS – seien es Regelstrecken oder komplette Regelkreise, logische Schaltungen und Netzwerke, digitale Filter oder auch Wachstumsprozesse in der Biologie.
- *Optimieren* Sie technische Systeme mit Hilfe der integrierten numerischen Parameteroptimierung, sodass diese beispielsweise energie- oder kostenoptimal arbeiten.
- *Messen* Sie den Verlauf physikalischer Größen durch Einsatz entsprechender Messmodule, werten Sie die Messdaten unter Zuhilfenahme entsprechender Auswertungswerkzeuge aus oder speichern Sie sie zur weiteren Verwendung in einer Datenbank ab.
- *Steuern* und *regeln* Sie Prozesse und Anlagen in Echtzeit unter Verwendung speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) oder beliebiger stetiger oder unstetiger Reglertypen.
- *Identifizieren* Sie Regelstrecken anhand gemessener Verläufe von Eingangs- und Ausgangsgrößen und erstellen Sie auf diese Weise ein Streckenmodell für eine spätere Simulation oder Optimierung (Systemidentifikation).
- *Analysieren* Sie Regelstrecken und Regelkreise im Zeit- und Frequenzbereich.
- *Entwerfen* Sie Regler für vorgegebene Reglerstrecken nach einer Vielzahl unterschiedlicher Entwurfsverfahren (Reglersynthese).
- *Bedienen* und *visualisieren* Sie Anlagen oder Anlagenmodelle mit Hilfe einer Vielzahl virtueller Instrumente und interaktiver Komponenten wie Schaltern, Schieberegler etc.
- *Generieren* Sie vollautomatisch ANSI-C-Code aus der blockorientierten Simulationsumgebung BORIS heraus und nutzen Sie diesen Code beispielsweise zur Portierung auf eingebettete Systeme (Embedded Systems).
- *Modellieren* Sie grafisch das Verhalten von ereignisdiskreten Systemen mit Hilfe von Zustandsautomaten (Statecharts) und binden Sie diese Modelle in eine Simulation oder Codegenerierung ein.

Neben konventionellen Methoden liegt ein Schwerpunkt des Programmkonzeptes im Bereich neuartiger Verfahren wie *Fuzzy-Logik* und *Fuzzy Control* ([KAHLERT93], [KAHLERT95A]). WinFACT bietet hierzu Module an, die sämtliche Ebenen beginnend bei der

Durchführung von Fuzzy-Logik-Experimenten über den interaktiven Entwurf regelbasierter Systeme bis hin zur Synthese und Simulation komplexer Fuzzy-Regelkreise erschließen. Dabei können alle Freiheitsgrade, die die Fuzzy-Logik bietet, vollständig ausgeschöpft werden. Neben Fuzzy-Systemen können auch *Neuronale Netze* in die Simulation eingebunden werden.

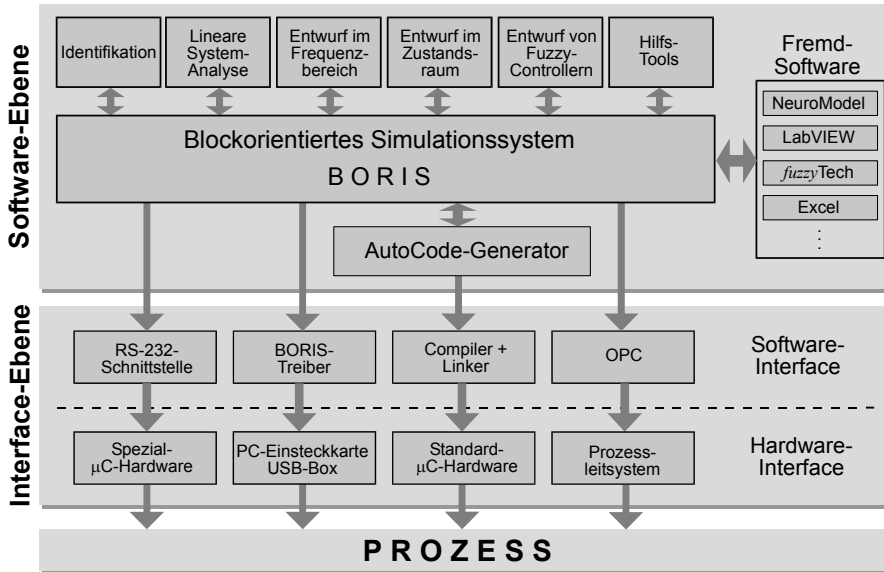
WinFACT unterstützt eine ganze Reihe verschiedenartiger Hardware-Schnittstellen, über die eine Prozessankopplung (beispielsweise zur Messdatenerfassung oder Online-Regelung) möglich ist oder sich mit WinFACT entworfene Strukturen (z. B. Regler) auf die Zielhardware portieren lassen:

- *A/D-D/A-Karten* (in der Regel für den PCI-Steckplatz des PCs) besitzen neben analogen Ein- und/oder Ausgängen zumeist auch noch eine Reihe digitaler Ein- und Ausgänge sowie Zählerbausteine und sind damit sehr universell einsetzbar. Nahezu alle handelsüblichen Kartentypen werden von WinFACT unterstützt (z. B. Advantech, Meilhaus, National Instruments, Keithley, Sorcus, Wasco, Bitzer, Analog Devices, Intelligent Instrumentation, PCMCIA-Cards usw.). Der Einsatz dieser Karten empfiehlt sich insbesondere für Ausbildungszwecke und Prototypenregelungen am realen Prozess.
- *USB-Module* (beispielsweise von der Firma LabJack) eignen sich insbesondere für die mobile Verwendung, beispielsweise am Notebook. Derartige Module sind bereits für weniger als 100 EUR zu bekommen, weisen in der Regel aber eine geringere erreichbare Abtastrate auf als PC-interne Module.
- *Ethernet-Module* können direkt in ein Rechnernetz integriert werden und benötigen damit keinerlei weitere Verkabelung; insbesondere ermöglichen sie den einfachen Fernzugriff auf Messdaten über das Netz.
- Auch für die *serielle Schnittstelle* werden noch I/O-Module angeboten, z. B. die ISM-Serie der Fa. Gantner oder die ADAM-Module der Fa. Advantech.
- Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) und Prozessleitsysteme werden über spezielle Treiber (z. B. für die SIEMENS S7-Baureihe) oder eine herstellerübergreifende Software-Schnittstelle wie OPC (OLE for Process Control) in WinFACT integriert.
- Für die PC-unabhängige, autarke Realisierung bietet sich der optionale *C-Code-Generator* an. Er „übersetzt“ beliebige Systemstrukturen in universellen ANSI-C-Code, der dann auf praktisch jede Zielhardware (z. B. Microcontrollerboards mit Standard-Controllern) übertragen werden kann. Auf diese Weise sind auch hochdynamische Prozesse in Echtzeit steuer- und regelbar.

Bild 2.1 zeigt das Zusammenspiel der einzelnen WinFACT-Komponenten untereinander sowie mit entsprechender Hardware bzw. realen Prozessen.

Durch die grafische Benutzeroberfläche aller WinFACT-Komponenten wird ein extrem geringer Einarbeitungsaufwand bei gleichzeitig hohem Bedienungskomfort gewährleistet. Die ersten Erfolge lassen sich auf diese Weise wesentlich schneller erzielen als mit textorientierten Entwicklungssystemen wie z. B. MATLAB [STEIN09]. Eine Vielzahl von Programm-schnittstellen und Datenformaten ermöglicht die Kommunikation mit den unterschiedlichsten Peripheriegeräten, externen Prozessen und anwendereigenen Softwareprodukten

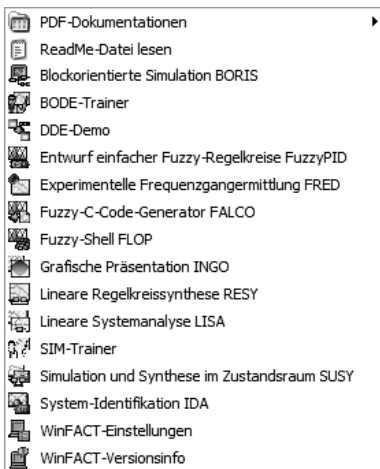
sowie Fremdsoftware. Aus diesem Grunde ist WinFACT sowohl für die Lehre als auch für Forschung und Entwicklung von Interesse.



**Bild 2.1** Zusammenspiel von WinFACT mit anderen Softwarekomponenten und externer Hardware

## 2.2 WinFACT-Programmkomponenten

Nach erfolgter Installation finden Sie alle WinFACT-Programmkomponenten im Windows-Startmenü unter *WinFACT 7* (Bild 2.2).








**Bild 2.2** WinFACT-Programmgruppe




Bevor die wichtigsten Programmkomponenten in den nachfolgenden Kapiteln eingehend vorgestellt werden, soll hier zunächst eine Kurzübersicht über die einzelnen Teilkomponenten von WinFACT gegeben werden (Tabelle 2.1).

**Tabelle 2.1** WinFACT-Programmkomponenten

Icon	Programmname	Kurzbeschreibung
	BORIS	BORIS ermöglicht die blockorientierte Simulation dynamischer Systeme nahezu beliebiger Art. Die Simulationsstruktur wird dabei schrittweise aus den Blöcken der BORIS-Systemblockbibliothek aufgebaut, die anschließend dem Daten- bzw. Signalfluss entsprechend miteinander verbunden werden. BORIS stellt das Kernmodul von WinFACT dar und wird ausführlich in Kapitel 3 besprochen.
	BODE-Trainer	Der BODE-Trainer ist ein primär für die Ausbildung konzipiertes Programm zum Erlernen des Umgangs mit Bode-Diagrammen einfacher und zusammengesetzter Systeme und zur Stabilitätsanalyse nach dem <i>Nyquist</i> -Kriterium. Dazu können beliebig viele lineare Standardglieder (P-, P-T-, P-T <sub>2</sub> -Glieder etc.) zu einer Reihenschaltung kombiniert und die Bode-Diagramme aller Einzelglieder sowie des zusammengesetzten Systems in vielfältiger Form dargestellt werden. Darüber hinaus können charakteristische Kennwerte ermittelt werden, die eine Stabilitätsanalyse des zugehörigen geschlossenen Regelkreises ermöglichen (→ Kapitel 10).
	FuzzyPID	Das Programm FuzzyPID ermöglicht den interaktiven Entwurf eines Fuzzy-PI- bzw. Fuzzy-PD-Reglers für einen einschleifigen Standardregelkreis mit linearer Regelstrecke. Der geschlossene Regelkreis kann simuliert werden, wobei alle interessierenden Zeitverläufe grafisch dargestellt werden. FuzzyPID ist besonders geeignet für erste Gehversuche im Bereich Fuzzy Control sowie Demonstrations- und Lehrzwecke. Komplexere Fuzzy-Regelkreise sollten mit BORIS entworfen werden. Hinweise zur Nutzung von FuzzyPID finden Sie in der zugehörigen Online-Hilfe.
	FRED	Das WinFACT-Modul zur Frequenzgang-Datenerfassung, FRED, ermöglicht die experimentelle Aufnahme von Frequenzgängen. Hierzu wird durch die Anbindung der WinFACT-Treiber ein Wobbelgenerator <sup>2</sup> aufgebaut, der die unterschiedlichen Frequenzen erzeugt. Einzelheiten dazu entnehmen Sie bitte der Originaldokumentation.
	FALCO	Der C-Quellcode-Generator FALCO ermöglicht die Erzeugung von ANSI-C-Code für Fuzzy-Systeme, die mit Hilfe der WinFACT-Fuzzy-Shell FLOP entwickelt wurden. Der C-Quellcode wird auf zwei Dateien aufgeteilt. Eine von ihnen beinhaltet die Implementierung, die andere ist die zugehörige Headerdatei; sie definiert die Schnittstelle zur eigenen Anwendung (→ Kapitel 9).
	FLOP	Die Fuzzy-Shell FLOP ( <b>F</b> uzzy <b>L</b> ogic <b>O</b> perating <b>P</b> rogram) ermöglicht den Entwurf und die Analyse regelbasierter Systeme basierend auf Fuzzy-Logik. Die auf diese Weise entworfenen Fuzzy-Systeme können später beispielsweise in C-Code überführt oder in die blockorientierte Simulation BORIS eingebunden werden (→ Kapitel 9).

<sup>2</sup> Ein Wobbelgenerator ist ein elektronisches Gerät für die Erzeugung von Schwingungen, wobei die erzeugte Frequenz zwischen zwei einstellbaren Endwerten variiert.



Icon	Programmname	Kurzbeschreibung
	INGO	Das WinFACT-Modul INGO ermöglicht die grafische Darstellung aller WinFACT-typischen Grafikdateien. INGO bietet eine Exportfunktion an, die die jeweilige Grafik als WMF-Datei (Windows Meta File) abspeichert. Somit ist eine Weiterverarbeitung mit Grafikprogrammen wie CorelDRAW ohne Qualitätsverlust möglich, ebenso ein Einbinden der Grafiken in Textverarbeitungen wie WORD. Die Druckerausgabe von INGO kann derart erfolgen, dass Achsenbeschriftungen sich mit Millimeterangaben auf dem zu bedruckenden Blatt decken. Dadurch können in dem Ausdruck mit Hilfe eines Lineals leicht weitere Messungen vollzogen werden (→ Kapitel 7).
	RESY	RESY ermöglicht die Analyse, Synthese und Simulation linearer einschleifiger Regelkreise. Regler und Regelstrecke können schrittweise aus linearen Standardkomponenten aufgebaut werden. Sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich können charakteristische Kenngrößen ermittelt werden, die einen Anhaltspunkt für das dynamische Verhalten des Systems darstellen. Der Frequenzgang kann wahlweise in Form des Bode-Diagramms oder der Nyquist-Ortskurve dargestellt werden (→ Kapitel 6).
	LISA	LISA ermöglicht die Analyse linearer Systeme mit der Eingangsgröße $u(t)$ und der Ausgangsgröße $y(t)$ , die in Form einer gebrochen rationalen Übertragungsfunktion mit Totzeit vorliegen. Alternativ dazu kann das zu analysierende System auch in Form einer Blockliste – d. h. einer Reihenschaltung linearer Standardglieder – konfiguriert werden, die dann programmintern in die resultierende Übertragungsfunktion umgerechnet wird. Die Systemanalyse umfasst die Berechnung der Sprungantwort, die Darstellung des Frequenzgangs in Form des Bode-Diagramms oder der Nyquist-Ortskurve sowie die Berechnung der Wurzelortskurve und der Pol- und Nullstellen (→ Kapitel 5).
	SIM-Trainer	Der SIM-Trainer ist ein primär für die Ausbildung konzipiertes Programm zum Erlernen des Umgangs mit Sprungantworten einfacher und zusammengesetzter Systeme und zur Analyse der Systemdynamik. Dazu können beliebig viele lineare Standardglieder (P-, P-T <sub>1</sub> -, P-T <sub>2</sub> -, Glied etc.) zu einer Reihenschaltung kombiniert und die Sprungantworten aller Einzelglieder sowie des zusammengesetzten Systems (Reihenschaltung der Einzelglieder und/oder zugehöriger geschlossener Regelkreis) in vielfältiger Form dargestellt werden. Darüber hinaus können charakteristische Kennwerte ermittelt werden, die eine Beurteilung der Systemdynamik ermöglichen (→ Kapitel 10).
	IDA	IDA ermöglicht die Identifikation linearer Systeme anhand des gemessenen Ein-/Ausgangsverhaltens. Die Eingangsgröße kann prinzipiell einen beliebigen Verlauf aufweisen. Zur Identifikation wird das Verfahren der mehrfachen Integration benutzt, das sich insbesondere durch seine Robustheit gegenüber Messrauschen auszeichnet. Zählergrad und Nennergrad des Systemmodells können vom Anwender vorgegeben oder vom Programm automatisch ermittelt werden. Die Totzeit wird ebenfalls – nach Eingabe einer Unter- und Obergrenze – automatisch vom Programm ermittelt (→ Kapitel 4).

Icon	Programmname	Kurzbeschreibung
	SUSY	Das WinFACT-Modul SUSY ermöglicht die Behandlung von Eingrößensystemen in Zustandsraumdarstellung, die gegebenenfalls über einen linearen Zustandsregler zu einem geschlossenen Regelkreis ergänzt werden können. Zur Systemanalyse kann dabei sowohl der Verlauf der Ausgangsgröße bei Anregung durch unterschiedliche Testfunktionen ermittelt werden wie auch der Verlauf einzelner Systemtrajektorien oder kompletter Trajektorienfelder. Die Synthese von Zustandsreglern ist durch Riccati-Entwurf, Polplatzierung oder manuelle Reglervorgabe möglich (→ Kapitel 8).
	WFSETUP	Erlaubt die Modifikation einiger programmübergreifender Einstellungen wie den Voreinstellungen für die Projekt-Information, das Ausgabeformat für Fließkommazahlen, das Verzeichnis für temporäre Dateien sowie diverse Farbeinstellungen.
	WFINFO	Liefert Informationen über die installierte WinFACT-Version. Diese umfassen beispielsweise den Lizenztyp, Programmbeschränkungen (z. B. im Zusammenhang mit Lite-Versionen) oder installierte Zusatzkomponenten. Die Informationen werden dabei für jedes WinFACT-Programmmodul auf einer separaten Registerkarte angezeigt (→ Abschnitt 1.2).

## 2.3 WinFACT-Dateioperationen

### Laden und Speichern von Dateien

Alle von den unterschiedlichen WinFACT-Komponenten erstellten Systemdateien sind ASCII-Textdateien, die bei Bedarf mit einem beliebigen Texteditor oder beispielsweise auch Textverarbeitungsprogrammen wie WORD geöffnet werden können. Eine *Bearbeitung* von WinFACT-Dateien auf diese Weise ist jedoch nicht zu empfehlen, da die Gefahr besteht, dabei durch versehentliche Fehleingaben eine zuvor korrekte Datei für das entsprechende WinFACT-Programm unlesbar zu machen.

Das Öffnen einer bereits vorhandenen Systemdatei erfolgt in praktisch allen WinFACT-Komponenten über die Menüoption DATEI | DATEI ÖFFNEN...<sup>3</sup>, die Schaltfläche  oder die Taste <F3>. Zum Speichern von Dateien dient entsprechend die Menüoption DATEI | DATEI SPEICHERN bzw. DATEI | DATEI SPEICHERN UNTER..., die Schaltfläche  oder die Taste <F2>. Wird eine Datei das erste Mal gespeichert, erscheint automatisch ein Dialog zur Eingabe des Dateinamens.

<sup>3</sup> Menüoptionen werden im Weiteren durch KAPITÄLCHEN gekennzeichnet.