

**Zeitschrift:** Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten

**Band:** 102 (1995)

**Heft:** 2

**Artikel:** Simulation als Werkzeug einer aggressiven Produktstrategie

**Autor:** Meyer, Urs

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-677533>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Neue Systemanforderungen	
▶ Die Qualität des Fasermaterials sinkt, weil die natürlichen Ressourcen besser ausgenutzt werden müssen (Recycling).	Folgerung: Die Forschung in den physikalischen Grundlagen ist weiter voranzutreiben
▶ Ein sparsamerer Einsatz von Energie wird zur Voraussetzung für jede Prozessinnovation.	Folgerung: Guter Wirkungsgrad wird wichtiger als höchste Produktivität.
▶ Die Produktion muss jederzeit und kurzfristig dem Bedarf folgen: kleinere Losgrößen bei häufigeren Umstellungen.	Folgerungen: Der Materialfluss ist neu zu gestalten Neue Gebindeformen bedingen auch neue Maschinenkonstruktionen.

Es gibt kaum eine Sparte, in der sich technisch überlegene Lösungen weltweit so rasch und vollständig durchsetzen, wie bei den Textilmaschinen. Im freien Spiel des Wettbewerbes und unter dem Druck, den immer grösseren Aufwand für die Produktentwicklung durch entsprechende Stückzahlen auf einem weltweiten Markt hereinzuspielen, konzentriert sich die technologische Führung heute auf wenige Dutzend Firmen in Europa und Japan. Konzeptfehler in der Produktentwicklung bringen dabei auch die grössten Anbieter an den Rand des geschäftlichen Zusammenbruches.

zum Kunden gelangen müssen. Hier unter Zeitdruck innovative Lösungen voranzutreiben, setzt leistungsfähige Werkzeuge für das Systems Engineering voraus. Die Simulation von verketteten Prozessen ist eines davon.

Eine zweite Herausforderung besteht in den höheren Anforderungen der Prozesse selbst. Auf Antrieb verdoppelte Leistungen – eine im Textilmaschinenbau übliche Mindestforderung bei der Einführung einer neuentwickelten Maschine – lassen sich nur mit einem Technologiesprung erreichen. Das damit verbundene technische Risiko muss mit allen Mitteln begrenzt werden, denn die Entwicklung einer modernen Textilmaschine

bedeutet ein Engagement im Bereich einer dreistelligen Millionensumme in Schweizer Franken. Die Extrapolation einer bekannten Technik um den Faktor zwei oder mehr erfordert umfassende Vorstudien. Frei parametrisierbare, computergestützte Modelle gehören hier zu den wichtigsten Entwicklungswerkzeugen.

Die Produktentwicklung ist erst mit der Einführung auf dem Markt abgeschlossen. Auch hier hilft die Simulation Zeit zu gewinnen: Sobald die ersten Maschinen im praktischen Einsatz stehen, bildet die Ausbildung des Personals eine kritische Hürde. Zumindest was die Handhabung der Steuerung und Überwachung betrifft, ist die Ausbildung am Simulator deutlich kostengünstiger als jene «auf Vordermann».

In jeder Phase des Produktzyklus dient die Simulationstechnik einem bestimmten Zweck:

- In der Konzeptphase, eingesetzt von einem kleinen Kreis von Spezialisten, zum raschen Entwickeln von Konzepten und Varianten in der Systemgestaltung. Die Programmentwicklung muss hier besonders einfach und rasch sein, «quick and dirty».
- In der Konzeptüberprüfung, vor der definitiven Freigabe des Projektes, zur Überprüfung und Festlegung

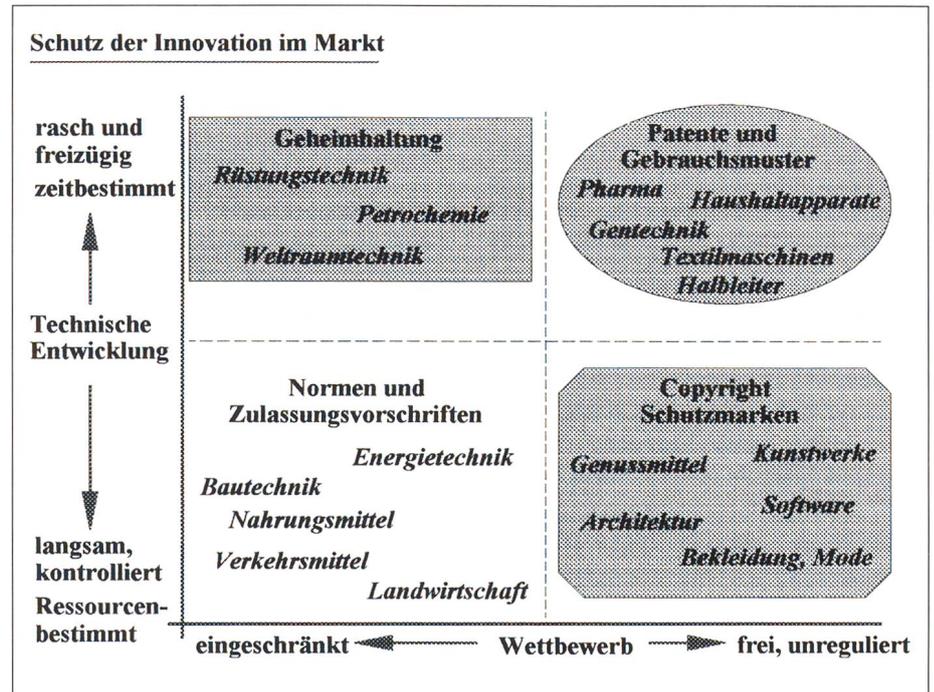
### Wie lassen sich Konzeptfehler vermeiden?

In einem verketteten Produktionsprozess wird jede neue Lösung mit ihrem Beitrag zur gesamten Produktionskette bewertet. Diese Kette ist in der textilen Verfahrenstechnik ausserordentlich vielstufig und entsprechend vielgestaltig. Die Baumwolle durchläuft beispielsweise von der Pflanze bis zum Jeansstoff 16 verschiedene Verarbeitungsschritte mit 7 Zwischengebunden und ebenso vielen Lager- und Transportprozessen. Allein die dispositiven Aufgaben der Logistik sind beeindruckend: Eine Spinnereilinie erzeugt stündlich Garn für 3000 Herrenhemden, die schliesslich in den verschiedensten Schnitten, Grössen und Farbmustern einzeln verpackt

Verfahrensstufe:	Putzerei	Karden	Vorwerke	Vorspinnen	Ringspinnen	Spulen
<b>Aufgabe:</b>	Öffnen Reinigen	Reinigen Fasern vereinzeln	Parallelsieren Vergleichsmässigen	Verziehen Verdrehen	Verziehen Verdrehen	Umspulen Prüfen Spleissen
<b>Produkt:</b>	Ballen	Flocken	Faserband	Faserband	Vorgarn	Garn-cops
<b>Produktionsstellen:</b>	1	10	3	3 x 120	10 x 1008	10 x 26
<b>Produktion/Stufe:</b>	350 kg/h	40 kg/h	120 kg/h	0,9 kg/h	30 g/h	1,2 kg/h
<b>Gebinde:</b>	Ballen 200 kg	Kanne 35 kg	Kanne 35 kg	Spule 2 kg	Cops 50 g	Spule 2,5 kg
<b>Transport:</b>	Luftstrom	Hand/ aut. Trsp.- anlage	Hand/ aut. Trsp.- anlage	Wagen/ Hängebahn	Wagen/ Förderband	Hängebahn/ Stapler

der vorgesehenen Spezifikationen. Hier steht die Zuverlässigkeit der Ergebnisse an oberster Stelle. Die Simulation ist in dieser Phase gewissermassen Sorgfaltspflicht. Die eingesetzten Programme müssen von Schritt zu Schritt an Hand der Plausibilität verfolgbar, also zumindest gut dokumentiert sein. Es handelt sich aber immer noch um Software zur Einmal-Verwendung.

- Integriert in der Herstellung, als Prüfmittel für Systemkomponenten, die erst beim Kunden zusammengesetzt und verbunden werden. Die Programme werden in der Regel zusammen mit der Anlagen- bzw. Maschinensteuerung entwickelt und parallel zu dieser laufend dem neuesten Stand angepasst. Sie müssen deshalb nach professionellen Massstäben erstellt und dokumentiert werden.
- Zur Ausbildung des Bedienungs- und Wartungspersonals ohne Beanspruchung der Produktionsanlage. Hier steht das Zusammenwirken von Text, Bild und Ton im Vordergrund. Die Programmentwicklung erfolgt wieder in professionellem Stil, wobei die Interaktion Mensch-Computer besonders berücksichtigt werden muss.



- Schliesslich kann die Simulation als eigentliches Entscheidungshilfsmittel zur Prognose des Systemverhaltens in die Zukunft eingesetzt werden, allenfalls in Ergänzung zu einer Prozesssteuerung. Weil dabei die Entscheidung des Benützers direkt beeinflusst wird, stellt diese Anwendung die höch-

sten Ansprüche an die Softwarequalität. In der Folge wird über Erfahrungen in der erstgenannten Anwendung berichtet: Konzeptstudien und Konzeptüberprüfung im Vorfeld der Produktentwicklung.

**Systementwicklung mit Simulation**

Übliche Hilfsmittel	Projektablauf	Simulation:
Verbal, Protokolle Diagramme	Zweck der Anlage beschreiben	Strukturierte Analyse
Verbal, Protokolle, Diagramme, Skizzen	Lösung konzipieren	Simulation des Gesamtsystems und der kritischen Komponenten
Schätzung, analytische Berechnungen	Konzept überprüfen	Spezifikation der Steuerung
Spezifikationsblätter, Flussdiagramme, Listen	Anlageteile spezifizieren	
Zeichnungen, Stück- listen, Flussdiagramme	Anlageteile konstruieren und aufbauen	
Prüfstände, Mock-Up, Simulatoren	Anlageteile einzeln erproben	Simulation der Umgebung
Netzplan, Improvisation, Bottom-Up-Erprobung	Anlage zum System zusammenstellen	Fehlersuche mit Simulator
Betriebsanleitung	Dokumentation zusammenstellen	Funktionsbeschreibung
Abnahmeprotokoll	Anlage als Gesamtes überprüfen	
Ausbildungsunterlagen, Ausb. auf Vordermann	Personal des Betreibers ausbilden	Simulation der bedienrelevanten Aktionen
Entwicklungsunterlagen	Betreuung der Anlage unterstützen	Ereignis-Nachvollzug

Im Unterschied zur vorindustriellen Forschung wird über die industriell eingesetzten Entwicklungsmethoden kaum öffentlich berichtet. Die enorm angestiegenen Kosten der Produktentwicklung setzen Massnahmen zum Schutz der Exklusivität voraus. Die wichtigsten davon sind die Geheimhaltung der Methoden und der Patentschutz der Ergebnisse. Die hier gezeigten Einsatzfälle für die Simulation sind als Fallbeispiele typisch, entsprechen aber zwangsläufig nicht dem allerletzten Stand bezüglich der eingesetzten Hardware und Software. Sie kommen aus dem Textilmaschinenbau, lassen sich aber ohne weiteres auf andere innovative Produkte in hart umkämpften Märkten übertragen.

Ein entscheidender Grund für das Benützen der Simulationstechnik ist

der Aufwand von Grossversuchen, und die Schwierigkeit, solche hinter verschlossenen Türen durchzuführen. Gerade in der Entwicklung verketteter Produktionssysteme und von Maschinen dazu sind Probeläufe in vollem Produktionsmassstab nicht zu umgehen. Entscheidend ist, dass diese erst in einem so fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung angesetzt werden, dass dem Wettbewerb keine Zeit mehr bleibt zum Aufholen.

Ein typisches Szenario der Systementwicklung unter Einbezug der Simulation kann etwa wie folgt ablaufen:

– Die Konzeptentwicklung mit Funk-

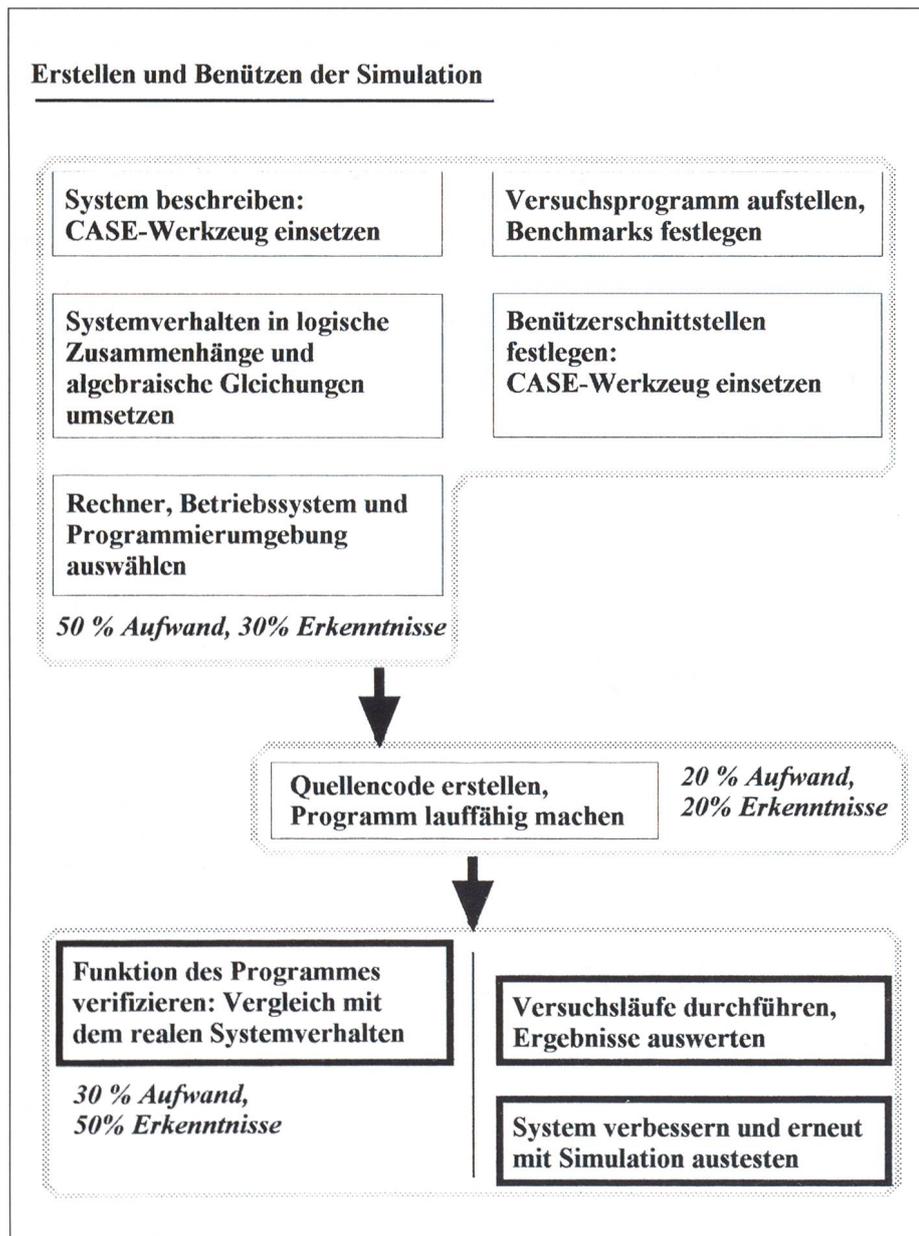
tionsmustern der Schlüsselbaugruppen und Simulation des Gesamtsystems dauert ein Jahr. Sie wird in einem kleinen Team durchgeführt, abgeschirmt von anderen Aufgaben. Als Ergebnis liegt die Spezifikation des Gesamtsystems vor. Die Machbarkeit ist nachgewiesen, die grundsätzlichen Patente werden jetzt angemeldet.

– Für Konstruktion und Aufbau der Prototyp-Anlage werden alle zur Verfügung stehenden Kräfte eingesetzt. Anschliessend folgt die praktische Erprobung, immer mit laufender Bereinigung der aufgetauchten Problemstellen. Das Konzept-

team bewertet die Ergebnisse an Hand des Systemmodelles. Als flankierender Schutz werden Ausfühungspatente eingereicht. Im Idealfall steht die Anlage bereits in der Erprobung, wenn die Grundlagenpatente zur Offenlegung kommen.

– Parallel zur Erprobung werden die Produktionsvorbereitungen getroffen. Damit ist die Geheimhaltung in der Regel nicht mehr gewährleistet. Für das Erstellen der Simulatoren zur Prüfung der Steuerung und zur Schulung des Bedienpersonals können deshalb problemlos auswärtige Spezialisten beigezogen werden.

### Erstellen und Benützen der Simulation



### Praxisbeispiele aus dem Textilmaschinenbau

Die erste Anwendung in der folgenden Tabelle betraf ein bestehendes Produkt, das bei der Einführung auf Vorbehalte der Kunden und sogar im eigenen Unternehmen stiess. Für die gleiche Aufgabe – Bedienung einer Rotorspinnmaschine – werden zwei unterschiedliche Konzepte eingesetzt: Mehrere Bedienroboter mit unterschiedlicher Spezialisierung, oder ein einziger Roboter mit allen Funktionen, der bei grossem Bedienungsbedarf durch einen zweiten gleichartigen Roboter ergänzt wird.

Die Simulation deckte dabei einige Effekte auf, die in der Praxis immer wieder beobachtet wurden, aber keine Erklärung fanden. Insbesondere gelang der Nachweis, dass auch bei hervorragend funktionierenden Anlagen kurze Zeitabschnitte vorkommen, in denen der Bedienroboter überlastet ist. Dieser Belastungsverlauf gleicht sich um so rascher aus, je mehr Ereignisse in der Anlage als Grundlast zu bewältigen sind. Die Maschine mit der höheren Fadenbruchrate und dem schlechteren Nutzeffekt läuft subjektiv gleichmässiger, so lange die Behebungskapazität der Bedienroboter genügt.

Im Anschluss an diesen defensiven Einsatz wurde nun eine Reihe von zukunftsgerichteten Entwicklungsvorha-

ben mit Hilfe der Simulation konzipiert. Es geht dabei um die Automatisierung der Ringspinnanlage, gekennzeichnet durch parallele Eingriffe des Bedieners und des Bedienroboters. Die Anlage umfasst bis zu 20 000 unabhängige Produktionsstellen, aufgeteilt in 20 Maschinen mit je einem separaten Produktionsprogramm, bedient durch 10 bis 20 Roboter und 3 bis 10 Bedienpersonen. Hier stiess die Rechenkapazität des PCs an eine Grenze, so dass die Zeitverkürzung (Realzeit / Simulationsablauf) auf den Wert 10 sank. Immerhin konnte das gefundene Robotik-Konzept rein mit Hilfe der Simulation so weit ausgearbeitet werden, dass sich die Überraschungen im Anschluss an die Inbetriebnahme auf Einzelheiten der Konstruktion beschränkten.

Hier, wie im Fall der Putzereisteue-

rung mit Fuzzy-Regelung, wurde dank der Simulationstechnik eine ganze Generation von Vorversuchen und Funktionsmustern übersprungen. Der Zeitgewinn, in diesem Fall geschätzt auf 12 bis 18 Monate, verwandelte einen Rückstand gegenüber den schärfsten Wettbewerbern in einen knappen, aber genügenden Vorsprung. Dank diesem Zeitvorsprung konnten die wesentlichen Merkmale zeitgerecht zum Patent angemeldet werden.

Gleichzeitig musste aber auch erkannt werden, dass mit dem gewohnten Programmierstil des Ingenieurs kein übersichtliches, übertrag- und wartbares Programm mehr zu erwarten war. Erst mit der Strukturierten Analyse steht nun eine Methode zur Verfügung, die eine durchgängige Systembeschreibung mit schrittweiser

Verfeinerung (Top Down oder Bottom Up) erlaubt. Die schwierigste Frage ist nach wie vor, welche der verschiedenen Simulationssprachen eingesetzt werden soll, weil zu Beginn des Projektes der nötige Detaillierungsgrad und die Ansprüche an die Zeitverkürzung noch kaum abzusehen sind. Mit dem Vordringen der PC-Plattformen in klassische Anwendungen der Workstations wird die Wahl des Werkzeuges noch unübersichtlicher.

Welche Rezepte lassen sich nun zur Anwendung der Simulation in der Produktstrategie angeben?

- Um eine Simulation einzusetzen, muss bereits ein Konzept für das neue Produkt oder Verfahren vorhanden sein.
- Weil wichtige Erkenntnisse beim Programmieren und bei der Inbetriebnahme des Programmes anfallen, geschieht dies am besten durch die Projekt Equipe selbst.
- Die Überprüfung eines Konzeptes und das Optimieren der Lösung mit Simulation beansprucht einige Wochen bis einige Monate. Es lohnt sich, diese Zeit zu investieren, bevor die systemkritischen Parameter langfristig festgelegt werden.
- Eine unter Zeitdruck erstellte Simulation zur Abklärung eines Systemkonzeptes lässt sich nicht noch für weitere Zwecke einsetzen. Oder umgekehrt: Ein für die Produktionssteuerung oder Schulung erstelltes Simulationsprogramm ist in der Regel nicht genügend flexibel, um innovative Systemkonzepte zu entwickeln.
- Eine besondere Simulationssprache ist nur lohnend, wenn sie der Aufgabe von vornherein entspricht und ihr sicher gewachsen ist (Vorführung!). Andernfalls ist der Aufbau der Simulation mit einer klassischen Programmiersprache vorteilhafter, selbst wenn dabei auf einen grossen Komfort in der Bedienung verzichtet wird.

*Prof. Urs Meyer, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie*

Ausgeführte Simulationen aus den Jahren 1986 ... 1993			
Abgebildetes System:	Zweck der Simulation:	Ergebnis/Nutzen:	Simulationstechnik:
Rotorspinnmaschine Rieter M2/1 (1986) 220 Spinnstellen, 2 ... 3 Roboter	Überprüfung der Roboter-Belastung	Bestätigung des Konzeptes	Apple II/BASIC Sperry/FORTRAN PC-286/FORTRAN Ausgabe: numerisch
Kannentransport Karde-Strecke: Materialfluss	Erarbeiten von Konzept-Varianten	Transportfunktion allein nicht wirtschaftlich	PC-286/DOSIMIS 3 Ausgabe: grafisch
Vollautomatischer Verbund Karde-Strecke	Überprüfen des gewählten Konzeptes parallel zum Funktionsmuster	Strategische Patente, Werkzeug für die Anlagenplanung	PC-386/DOS/ SIMSCRIPT II.5
Ringspinn-Anlage mit 20'000 Spindeln und 20 ... 40 Robotern, inkl. Bedienpersonal	Einsatz-Strategie der Bedienroboter festlegen	Je ein Roboter pro Maschinenseite Grenzen der Simulation erreicht	PC-386/DOS/ FORTRAN/ virtuelles Multitasking
Ringspinn-Anlage mit Flyer, Ringspinn- und Spulmaschinen, Transportsysteme für Spulen und Copse, Bedienungsrobotern	Entwicklungswerkzeug für die ganze Automatisierung der Ringspinnerei Erarbeiten von Einsatzkonzepten für das Personal	Verschiedene strategische und Ausführungspatente  Erleichterte Inbetriebnahme der Erstanlagen	PC-486/OS2/ SIMSCRIPT II.5  Module teilweise mit analytischer Nachbildung vereinfacht
Baumwoll-Putzereinlinie Fuzzy-Regelung der verbundenen Maschinen	Forschungswerkzeug zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens	Grundlegende Erkenntnisse zu Struktur und Verhalten der Regelkreise	PC-486/Win3.11 Quickbasic 4.5 Farbgrafik-Darstellung