

Rechnergestützte Systemoptimierung für Ingenieure in der DDR

WILFRIED KRUG

wkrug@dualis-it.de

Im Beitrag wird aufgezeigt, wie im Rahmen der Kammer der Technik KDT der DDR und später an der TU Dresden die Systemoptimierung für die Produkt- und Prozessgestaltung im Maschinenbau für Konstrukteure, Entwickler und Fertigungsingenieure entwickelt und nutzbar gestaltet wurde. Dabei wird der mühevollen Weg aufgezeigt, der geduldig gegangen werden musste, um diesen Teil der Angewandten Informatik in der DDR in Lehre und Forschung an den Hochschulen zum Durchbruch zu verhelfen. Nicht zuletzt wird dargestellt, wie die erreichten Ergebnisse des ingenieurgerechten und heuristischen Herangehens des rechnergestützten Optimierens in Verbindung mit der Simulation industriell weiterentwickelt und marktreif gestaltet wurden.

1 Einleitung

In [1] und [2] wurde vom Autor ausführlich auf die sich entwickelnde Rechen-technik in der DDR und deren Nutzung zur Modellierung, Simulation und Optimierung von technischen Systemen eingegangen. Die dabei zu untersuchen- den Ziele waren dabei oft sehr vielschichtig und komplex, so dass sich die Auswertungen sehr zeitraubend und teilweise sehr ungenau, also ohne mathe- matische Optimierung am Ziel vorbei, gestalteten.

Es wurden deshalb oft Mathematiker zu Rate gezogen, um die Optimie- rungsziele mit mathematisch fundierten Grundlagen zu verbessern und ein- eindeutige Beweise für das globale Optimum zu ergründen.

Dies war ebenfalls sehr zeitaufwendig und dazu noch sehr kostspielig, so dass Ingenieure aus der Industrie davon kaum Gebrauch machten. Andererseits gab es oft auch große Verständigungsschwierigkeiten zwischen Ingenieuren und Mathematikern.

Deshalb wurde 1965 in der KDT, als Interessenvertreter der Ingenieure in der DDR, eine Arbeitsgemeinschaft AG „Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure“ gegründet. Diese AG hatte bereits kurz nach der Aufnahme der Arbeit über 100 Ingenieure aus der Industrie. Zunächst waren es vor allem Produktentwickler und Konstrukteure aus dem Maschinenbau der DDR. Später kamen auch Fertigungsexperten und angewandte Mathematiker hinzu.

Der Grundtenor lag in der AG vor allem darin, praktisch auf dem Tisch des Ingenieurs in der Industrie liegende Optimierungsprobleme zeitnah rechen-technisch zu lösen. Dabei spielte die Entwicklung eines Optimierungsmodells, bestehend aus den Zielfunktionen, Nebenbedingungen und Optimierungsparameter eine wichtige Rolle und danach war ein Suchalgorithmus zu finden, der eine optimale Lösung berechnete; bzw. verbesserte Lösungen hervor brachte, als im Startpunkt.

Mit den Mathematikern wurde zu dieser Frage ein harter Kampf ausgetragen, weil die Forderung nach einer analytischen Beschreibung des Optimierungsmodells oft nicht möglich war. Meist war nur durch Anwendung von Simulationsmodellen in Kopplung mit rechen-technisch umgesetzten Suchverfahren eine verbesserte Lösung gegeben. Eine mathematische Beweisführung, ob ein globales Optimum vorliegt oder nicht, war damit unmöglich. Das erreichte Ergebnis lehnten daher die Mathematiker strikt ab.

Erst in den 70 Jahren gewann die praxisorientierte AG-Arbeit in den Ingenieurwissenschaften der Hochschulen wie z. B. TU Chemnitz und Dresden immer mehr an Gehör, so dass die rechnergestützte Optimierung für Ingenieure mit seiner heuristischen Herangehensweise kaum noch ignoriert wurde.

Leider war aber in den 80er Jahren in der DDR an den Hochschulen die Rechnergestützte Optimierung in den sich etablierten Lehrgebieten der Informationsverarbeitung nur schwach ausgebildet. Daher wurden ausschließlich über die KDT Lehrgangsunterlagen zu dieser Thematik herausgegeben und Seminare und Tagungen für Ingenieure durchgeführt.

Auch Lehr- und Fachbücher über die Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure wurden von den AG-Mitgliedern der KDT verfasst, die bereits über 200 Fallbeispiele und Suchalgorithmen, über rechen-technische Lösungen von Optimierungsproblemen unterschiedlichster Art aus Industrie und Wirtschaft zum Inhalt hatten.

2 Gemeinschaftsarbeit der KDT in der DDR

Die Gemeinschaftsarbeit in der DDR wurde ausschließlich zentral gesteuert bzw. verordnet und so auch die Kammer der Technik KDT. Sie sollte eine fachliche Heimat für Ingenieure sein, um möglichst zentral und mit politischem Anstrich in den Kombinat die industriellen Prozesse der Volkswirtschaft besser steuern zu können. Um den Maschinenbau mit seinen Kombinat, wie Werkzeugmaschinen, Schwermaschinen- und Anlagenbau, Schiffbau, Luft- und Kältetechnik u. a., vor ran zu bringen, bekam die KDT den Auftrag alle ingenieurtechnischen übergreifenden Aufgaben zentral zu bündeln.

So entstanden in den 60er Jahren in den Bezirksverbänden der KDT die Arbeitsgemeinschaften Konstruktionstechnik, Verfahrenstechnik, Fertigungsverfahren und in Chemnitz 1965 die AG „Rechnergestützte Optimierung“.

Optimierung war hier so zu verstehen, dass möglichst modernste Erzeugnisse der Kombinate mit Unterstützung der EDV zu konstruieren und zu fertigen waren, um in der Westlichen Welt konkurrenzfähig zu sein, wie dies z. B. für das Fritz-Heckert-Werkzeugmaschinenkombinat in Chemnitz im besonderen Maße galt.

3 Wege der rechnergestützten Optimierung in der DDR

In den 70er Jahren wurde zentral beschlossen, die Kombinate mit Rechentechnik auszustatten, um eine rechentechnische Anwendung in allen Bereichen der Unternehmen zu ermöglichen. Dazu wurde vor allem auf Rechnersysteme von VEB ROBOTRON orientiert, aber in Schwerpunktkombinaten erfolgte, wie auch immer, der Einsatz von Rechentechnik aus dem so genannten Kapitalistischen Ausland.

Am Beispiel der rechentechnischen Durchdringung der Konstruktionsbüros in den Kombinaten soll dies näher verdeutlicht werden.

In Abbildung 1 und Abbildung 2 ist der Trend der rechnergestützten Optimierung in der Konstruktionstechnik aufgezeigt, der in [3] ausführlich untersucht wurde.

Es ist in Abbildung 1 zu erkennen, dass ausgehend vom gesellschaftlichen Bedürfnis, die Voraussetzungen für eine rechentechnische Optimierung gegenüber der herkömmlichen manuellen Arbeitsweise untersucht wurden. Daraus konnte damit ein rechnergestützter Optimierungsprozess, bestehend aus interdisziplinärer Arbeit von manuellen und maschinellen Tätigkeiten abgeleitet werden, wie Abbildung 2 zeigt.

Dabei bezog sich die manuelle Tätigkeit für einen optimalen Konstruktionsentwurf vor allem auf den kreativen Entwurf des Optimierungsmodells und die maschinellen Aufgaben waren dann unter Nutzung rechentechnischer Mittel durchzuführen. Dies erfolgte iterativ solange, bis die optimale Lösung erreicht war.

Der Unterschied zur bisherigen „nur“ Reisbrettarbeit bestand also darin, einerseits ein gefundenes mathematisches Optimierungsmodell so komplex wie möglich lösen zu können und andererseits den Konstrukteur von Routinearbeiten zu entlasten und möglichst schnell optimale Varianten für die Entscheidungsfindung anzubieten.

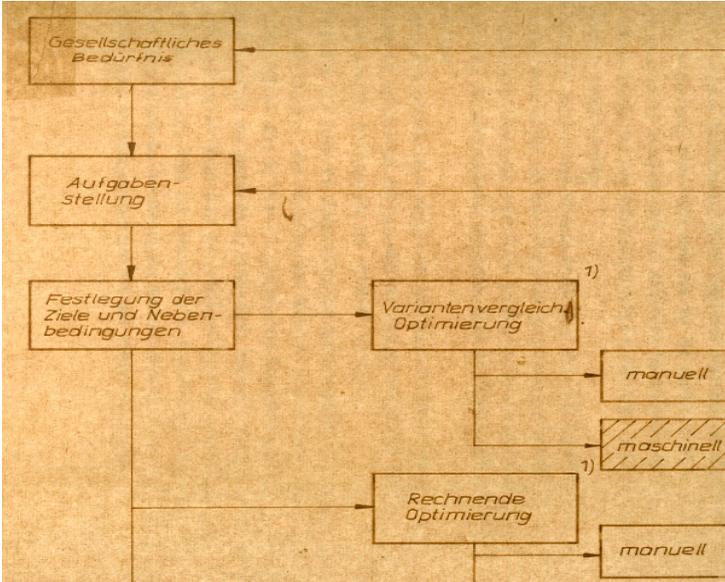


Abbildung 1: Wege zur rechnergestützten Optimierung – gesellschaftspolitisch [3]

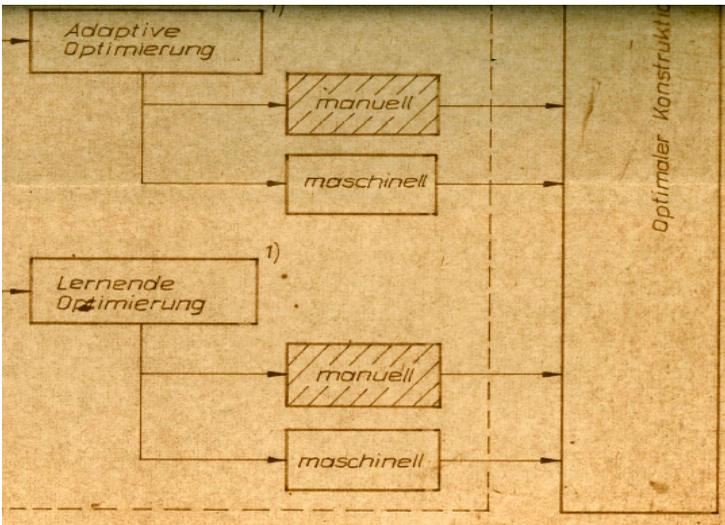


Abbildung 2: Wege zur rechnergestützten Optimierung – rechentechnisch [3]

4 Lösungen der rechnergestützten Optimierung in Konstruktionsbüros

In den Konstruktionsbüros konnte die rechentechnische Umsetzung Ende der 70er Jahre weiter umgesetzt werden, wie Abbildung 3 in der Übersicht zu den Entwicklungstendenzen der Konstruktionstechnik erkennen lässt. Die Untersuchungen in [3] haben gezeigt, dass der iterative Entwicklungsprozess eines Erzeugnisses in mehreren Etappen abläuft und unterstützt wird.

Auch die Visualisierung der konstruktiven Entwürfe, damals noch mit primitiven EDV-Hilfsmitteln durchgeführt, kam zum Einsatz (was heute CAD-Systeme erledigen).

Abbildung 3 zeigt weiterhin, wie in dieser Zeit zunehmend mit wieder verwendbaren Baukasten- und Modellsystemen gearbeitet wurde. Dies war unter anderem eine Voraussetzung, um die rechnergestützte Optimierung praxisrelevant in den Konstruktionsbüros überhaupt umzusetzen.

So erfolgte z. B. im Kombinat Luft- und Kältetechnik LuK in den 70er Jahren die Entwicklung und der erfolgreiche Einsatz eines ILKA-Baukasten- und Modellsystems zur rechnergestützten Optimierung von Klimaaggregaten und -anlagen [4].

Zur rechentechnischen Unterstützung der Projektierungs- und Konstruktionsbüros im LuK wurde ein leistungsfähiges Programmsystem LASSO2 entwickelt und erfolgreich eingesetzt [5].

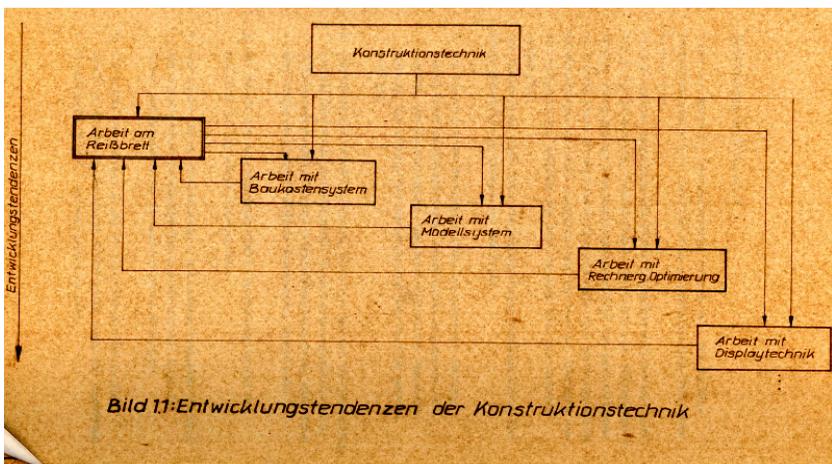


Abbildung 3: Entwicklungstendenzen in der Konstruktionstechnik [3]

In den Abbildungen 4 bis 6 sind die spezifischen Inhalte des Programmsystems LASSO2 dargestellt. Daraus ist erkennbar, dass die strukturellen Aspekte der rechnergestützten Optimierungsalgorithmen und die nutzerfreundlichen Ge-

sichtspunkte in den 70er und 80er Jahren bis heute wie folgt, sehr bedeutsam waren:

- Schnittstellen zu Modell- und Simulationssystemen
- geringe Kenntnisse über mathematische Suchalgorithmen
- multivalenter Einsatz bei Modellen mit starken Nichtlinearitäten des Optimierungsproblems
- quasi parallele Arbeitsweise von mehreren Suchalgorithmen
- adaptive Steuerung der Suche des Optimums mit Lernprozess
- gleichzeitige Optimierung von mehreren Zielen (Pareto-Optimalität)

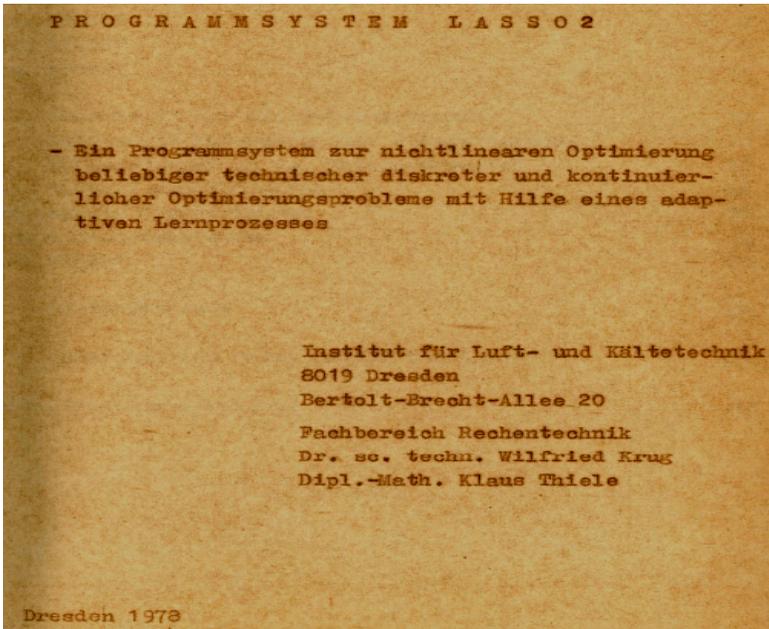


Abbildung 4: Erstes Programmsystem zur rechnergestützten Optimierung LASSO [5]

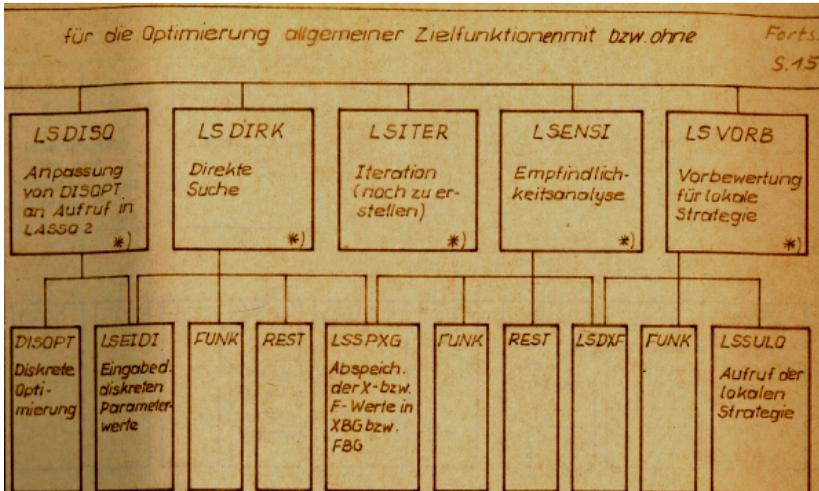


Abbildung 5: Ausschnitt der in [5] entworfenen Programmstruktur

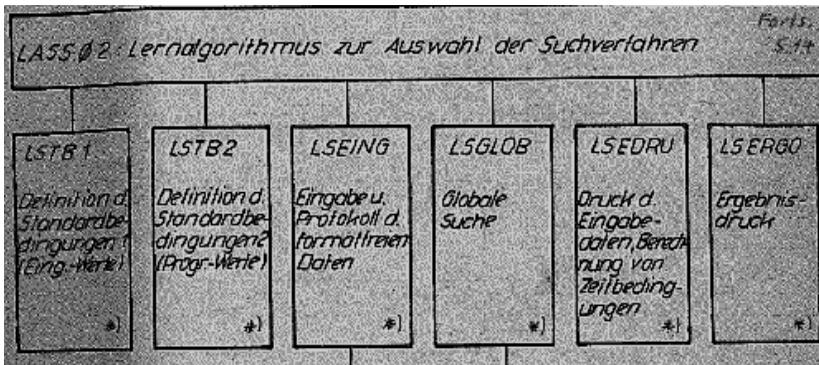


Abbildung 6: Ausschnitt von den in [5] entworfenen Suchverfahren mit Lernprozess

5 Systemcharakter der rechnergestützten Optimierung für den Ingenieur

In den 80er Jahren kam mehr und mehr die Forderung aus der Industrie, bei der rechnergestützten Optimierung nicht nur punktuell beste Lösungen, z. B. beim Konstruktionsentwurf zu berechnen, sondern auch die Optimierungsziele auf die betrieblichen Anforderungen insgesamt auszudehnen, wie Abbildung 7 erkennen lässt.

Dies brachte für den Ingenieur eine völlig neuartige Herangehensweise in drei Modellstufen und danach erst die Nutzung der EDVA mit sich. Der in den Kombinatbetrieben tätige Ingenieur musste aber dafür ausgebildet werden, was aber von den Hochschulen nicht erfolgte.

Die AG Rechnergestützte Optimierung der KDT stellte sich deshalb dieser Aufgabe und erarbeitete Ausbildungsmaterialien unterschiedlichster Art und führte Seminare, Vorlesungen und fachspezifische Tagungen für Ingenieure aus der Industrie durch.

Anfang der 80er Jahre entstand auch ein Fach- und Lehrbuch „Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure“ [6], das über 100 Fallbeispiele, Suchalgorithmen und industrielle Optimierungslösungen aus dem Werkzeugmaschinenbau, der Luft- und Kältetechnik, dem Schiffbau, dem Bauwesen und anderen Branchen enthielt.

Für die spätere Ausbildung an den Hochschulen wurde bis in die 90er Jahre dieses Buch als Pflichtliteratur empfohlen, weil es eine erste Komplettübersicht aller heuristischen Optimierungsverfahren enthielt und eine hohe Anwenderfreundlichkeit für die ingenieurtechnische Nutzung beinhaltete. Im Anhang befand sich außerdem eine umfangreiche Aufgabensammlung, die eine interessante Klassifizierung der Optimierungsaufgaben nach Kurz- und Langzeitverhalten, Nichtlinearitätsgesichtspunkten, diskretem oder kontinuierlichem Problemzustand repräsentierte.

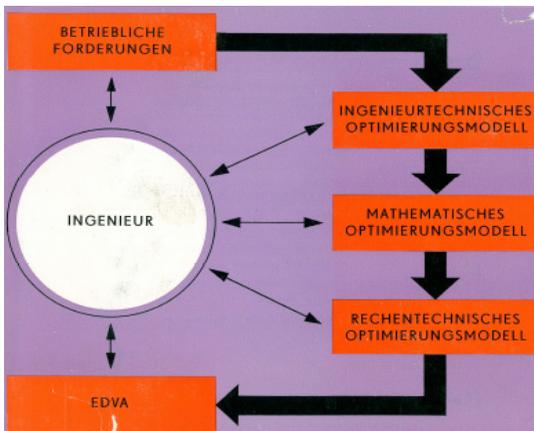


Abbildung 7: Der Ingenieur als Nutzer der rechnergestützten Systemoptimierung [6]

6 Erfolgsfaktoren der Systemoptimierung nach der Wende

Ab dem Jahr 1990 konnten sofort die erarbeiteten Algorithmen der rechnergestützten Optimierung von LASSO2 recht schnell auf PC-Technik umprogrammiert und noch wesentlich nutzerfreundlicher den Ingenieuren in der Industrie auch bei Simulationsaufgaben zur Verfügung gestellt werden. Nach dem Niedergang der KDT-Ära erfolgte eine Mitgliedschaft in der ASIM (Arbeitsgemeinschaft Simulation innerhalb der GI), wo auf Tagungen und Symposien die Rechnergestützte Optimierung in der Simulation als neuartiges Fachgebiet aufgenommen wurde. 1996 erfolgte zu diesem Thema ein Symposium in Dresden zu Fortschritten in der Simulationstechnik, wie Abbildung 8 erkennen lässt, wo die erfolgreichen Arbeiten von Simulation gekoppelt mit Optimierung präsentiert wurden.



Abbildung 8: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik

Von den Fachexperten und Ingenieuren wurden auf den ASIM-Tagungen immer wieder positiv die quasi parallel arbeitenden Suchalgorithmen unterstützt durch einen Lerneffekt bewertet.

Mit der Gründung eines Softwarehauses 1990, der DUALIS GmbH, konnte die lernprozessorientierte adaptive Optimierung ständig weiter entwickelt und marktreif zu einem lizenzierten Programmsystem **ISSOP** (Intelligentes System zur Simulation und Optimierung) mit quasi parallel arbeitenden deterministischen, stochastischen und evolutionären Suchverfahren gestaltet werden.

Durch standardisierte Schnittstellen gelingt es heute **ISSOP** in Verbindung mit 2D- und 3D-Simulatoren sowie Planungssystemen zur rechnergestützten Optimierung von Digitalen Fabrikprozessen einzusetzen, wie Abbildung 9 in einer Übersicht zeigt.

Im Jahr 2002 wurde in Dresden ein internationales Symposium ESS 2002 gemeinsam mit der Society for Computer Simulation SCS durchgeführt, wo die Simulation und Optimierung von Produktions- und Logistikprozessen im Mittelpunkt von Fachbeiträgen stand.

Auf diesem Symposium wurde erstmalig ein umfassendes Fachbuch zu „Modelling, Simulation and Optimization for Manufacturing, Organisational and Logistical Processes mit ISSOP“ vorgestellt und verkauft [7]. Der Erlös wurde den Flutopfern in Sachsen gespendet mit der Widmung:

„This book is dedicated to the victims of the flood catastrophe of August 2002, which devastated Dresden and large areas along the Elbe river.“

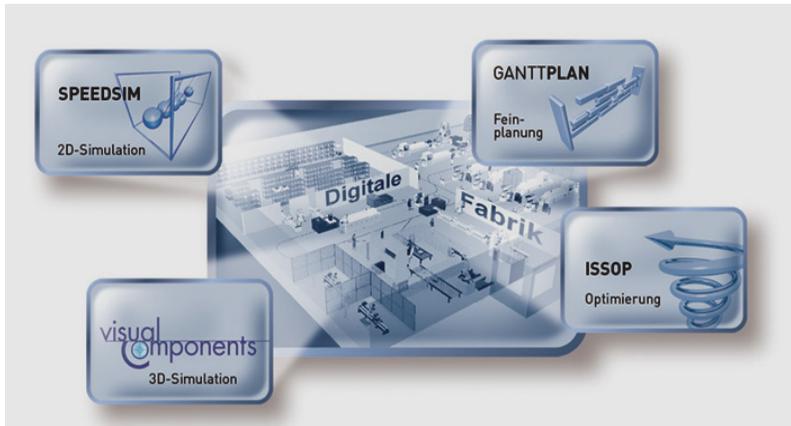


Abbildung 9: Einsatz der rechnergestützten Systemoptimierung mit ISSOP – heute, www.dualis-it.de

7 Literatur

- [1] NAUMANN, F. & SCHADE, G. (2004): Entwicklung der Analog-, Hybrid- und digitalen Rechentechnik zur Modellierung, Simulation und Optimierung technischer Prozesse und Systeme in der DDR. In: Krug, W. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – eine Bilanz, GI Edition*, S. 556-566.
- [2] DEMUTH, B. (2008): Zur Entwicklung der Fertigungsinformatik in der DDR. In Krug, W. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – Grundlagen und Anwendungen, GI Edition*, S. 314-325.
- [3] KRUG, W. (1977): Ein Beitrag zur rechnergestützten Optimierung in der Konstruktion mit Hilfe eines adaptiven Lernsystems. *Dissertation zum Dr.sc.techn. (heute Dr. habil) an der TU Karl-Marx-Stadt (heute Chemnitz), eingereicht 1976, verteidigt 1977.*
- [4] KÖNIG, P. & KRUG, W. (1971): Durchgängige automatisierte Berechnung von Klimaanlageanlagen. *LKT 7 (2)*, S. 59-66.
- [5] KRUG, W. & THIELE, K. (1978): Anwenderdokumentation zum Programmsystem LASSO 2 zur nichtlinearen rechnergestützten Optimierung beliebiger technischer Systeme und kontinuierlicher Optimierungsprobleme mit Hilfe eines adaptiven Lernprozesses. *ILK Dresden, FB Rechen-technik.*
- [6] KRUG, W. & SCHÖNFELD, S. (1981): Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure. Berlin: VEB Verlag Technik, DK 658,5; LSV 3403-VT 1/5493-1.
- [7] KRUG, W. (2002): Modelling, Simulation and Optimization for Manufacturing. *Organisational and logistical Processes, SCS – Europe BVBA, 2002, ISBN 3-936150-20-6.*