

Zusammenarbeit Ingenieure/Technik bei CERN Aktivitäten

Rüdiger Schmidt - CERN

KET November 2007

Bad Honnef



Deutsche CERN Programme: Doktoranden und Fachhochschüler
CERN Projekte und ihr Umfeld
Technologische Herausforderungen
Beispiele für Themen: Analyse des Doktorandenprogramms
Schlussfolgerungen und Thesen



*Das neue deutsche
Doktorandenprogramm
am europäischen Zentrum
für Teilchenphysik CERN in Genf*

Wolfgang-Gentner-Stipendien

deutscher Kernphysiker (1906 – 1980)

am CERN koordiniert von einer
Arbeitsgruppe, Leitung Michael Hauschild

- **Existierendes CERN Doktorandenprogramm**

(finanziert aus regulärem CERN Etat)

- derzeit ca. 85 Doktoranden des Programms am CERN

- **gemeinsame Betreuung** durch

- (i.A.) Gruppenleiter der CERN-Gruppe
- Hochschullehrer an der Heimathochschule

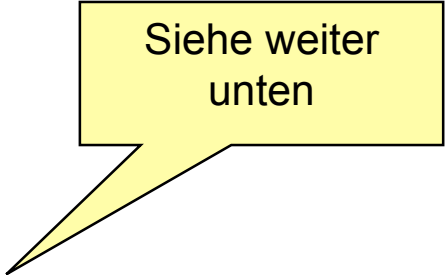
- **technisch orientierte Themen**

- keine experimentelle oder theoretische Teilchen- oder Kernphysik
(keine Analyse experimenteller Teilchen- oder Kernphysikdaten)

- typisch **2 - 3 Jahre Aufenthalt am CERN**

- danach Promotion an Heimathochschule

- **Bislang nur (sehr) geringe deutsche Beteiligung**



Siehe weiter
unten

- Initiative des BMBF
 - Neues deutsches technisches Doktorandenprogramm am CERN (Wolfgang-Gentner-Stipendien)
 - gleiche Bedingungen wie existierendes CERN Programm
 - Unterschied: BMBF zahlt Doktorandenstipendium
 - Mittel-/langfristige Ziele:
 - Bessere Nutzung der CERN Ressourcen
 - Erhöhung des Anteils an deutschen CERN-Mitarbeitern
- Start: **Oktober 2007**
- Volumen: **2 Mill. Euro/Jahr**
 - ausreichend für ca. **20 Doktoranden pro Jahr** bei 2 – 3 Jahren Aufenthaltsdauer
(= nach 3 Jahren ca. 50 – 60 zusätzliche deutsche Doktoranden am CERN)



Fachhochschulprogramm(e)

- Fachhochschulprogramm der Hochschule Karlsruhe
 - seit Anfang 2007
 - etwa 7 Fachhochschüler / Jahr für 6 Monate
 - evtl. in Zukunft auch 12 Monate möglich
- Das Programm ist sehr erfolgreich
- Eine Ausweitung auf andere Fachhochschulen in Baden-Württemberg wird diskutiert
- Bei Eignung ist eine spätere Promotion in Zusammenarbeit mit einer Universität möglich
- Fachgebiete (zur Zeit)
 - Computer science, Kryotechnik, Automatisierung,
- Überlegungen in NRW für ähnliches Programm

am CERN koordiniert von Friedrich Haug
und Stephan Russenschuck



CERN Projekte und ihr Umfeld

- Am CERN hat es schon immer eine enge Zusammenarbeit zwischen Physikern und Ingenieuren gegeben
- Die Anlagen (LHC Beschleuniger und Experimente) sind wesentlich komplexer geworden (von LEP zu LHC um einen Faktor 5-10)
- Neue Technologien sind hinzugekommen, und traditionelle Technologien sind weiter entwickelt worden
- Der Bau einer solch komplexen Anlage und die sehr lange Projektlaufzeit (20 Jahre Bau, mindestens 20 Jahre Betrieb) benötigt wesentlich mehr Aufwand im Bereich Organisation und Management (meetings, documentation, procedures, ...)
- Im CERN (Beschleunigerbereich) wird heute anders gearbeitet als vor 20 Jahren
 - wesentlich weniger festangestellte Mitarbeiter
 - viele Mitarbeiter, deren Verweilauer zeitlich befristet sind (z.B. beim „LHC Hardware Commissioning“)
 - mehr Kollaborationen mit Universitäten und Instituten

Technologische Herausforderungen

- LHC-Teilchendetektoren, Speicherung und Verarbeitung von immensen Datenmengen (ca. 10 PetaByte pro Jahr nach Reduktion der Rohdaten um Faktor 100'000)
 - ◆ präzise und zugleich robuste und strahlungsresistente Teilchendetektoren, schnelle Elektronik, Entwicklung neuer Computertechnologien/-vernetzung und Software, GRID u.v.m.
- Bau und Betrieb von Beschleunigern erfordert Spitzentechnologie mit völlig neuen Herausforderungen
 - ◆ z.B. 20 km supraleitende Magnete bei LHC mit supraflüssigem Helium (1.9 K), >8 T Magnetfeld mit 10 GJoule gespeicherter Energie, Teilchenstrahlen mit einer gespeicherten Energie von 730 MJ
 - ◆ Komplexität: mehr als 1700 Starkstromkreise mit ~10000 Magneten

Beschleunigerphysik und Technologie, Magnettechnik, Maschinenbau, Informationswissenschaft, Tieftemperaturtechnologie und Kryotechnik, Materialforschung, Strahlenschutz, Hochfrequenztechnologie, Vakuumtechnologie, Elektrotechnik und Elektronik, elektrische Netzwerktechnologie, Systemsteuerung, Vermessungswesen, etc.



Beispiele aus dem Beschleunigerbereich (LHC)

Energie und Luminosität des LHC Beschleunigers sind extrem „challenging“ und führen zu vielen Forschungsschwerpunkten

- **Supraleitendes Magnetsystem**
 - High temperature superconductors for current leads
 - Dynamic effects in superconductors / magnets (persistent currents, ...)
 - Very high precision power supplies and precision current measurements
- **Energie im Strahl**
 - Beam dynamics with high intensity beams and beam losses
 - Novel beam monitors
 - New concepts and materials for beam intercepting devices
 - Shock impact on materials within short time scales
 - Advanced mechanical engineering (shock waves)
 - Radiation damage of materials
 - Novel materials for beam intercepting devices in UHV systems



Beispiele aus dem Beschleunigerbereich (LHC)

- **Strahlenschutz**
 - Development of calculation tools
 - Novel instrumentation
 - Radiation field standards
 - Remote handling
 - Radiation hard optical fibres
 - Radiation hard / tolerant electronics
 - Impact on radiation on electronics devices
- **Komplexität des LHC Beschleunigers**
 - Describing the enormous complexity
 - Reliability, Availability, Maintainability and Inspectability

Forschungsthemen am CERN

Accelerator technology	90
Cryogenics / Superconductivity	21
Vacuum Technology	13
Beam Instrumentation and Controls	12
Sources, Injection and Extraction	12
Electrical Engineering and Magnet Technology	9
Mechanical Engineering and Material Science	9
RF Technology	9
Energy production and Radioactive Beams	5
Accelerator physics	52
Beam Dynamics	43
Design	9
Radiation Protection	13
Dosimetry	5
Radiation Assessment	8

Themengebiete von Doktorarbeiten am CERN von 1992 bis heute

Detectors	152
Controls and DAQ	38
Detector Development	37
Detector Performance	30
Read-Out Systems	19
Electronics / partially rad.hard	11
Cryogenics / Thermodynamics	5
Electrical Engineering and Magnet Technology	5
Alignment and Mechanical Engineering	4
Computer Science	46
Databases	15
Others	14
Grid	8
Controls and DAQ	2
Algorithms	1
Communication	1
Medical applications (Accelerators and Detectors)	13
Project Management	7
Experimental Physics	7
Reliability, Availability, Maintainability and Safety	6
Nuclear Physics	3
Others	3

24 November 2007



Examples for CERN PhD Topics

Precision measurements of the LEP beam energy for the determination of the W boson mass

Ionisation cooling for a neutrino factory

Cooperative Databases for Physics Analysis

Object oriented programming techniques for a large Monte-Carlo program as GEANT4

ATLAS trigger computing system: clustering algorithms

The readout control unit of the ALICE TPC

Development of micro-strip chambers for high-rate radiation detection

A 0.13 um CMOS technology: radiation hardness and application in HEP experiments

Benchmarking of the simulation of the Atlas Hall background

Hadronic energy calibration of the ATLAS barrel calorimeter

Optical design of a synchrotron with optimisation of the slow extraction for hadron therapy

Transmutation of Nuclear Waste in Accelerator-Driven Systems

Conceptual design of sc magnets for the LHC using genetic optimization algorithms

Getter coatings for UHV application in LHC machine and experimental areas



Schlussfolgerungen und Thesen

- Teilchenphysik an Beschleunigern benötigt hochkomplexe Anlagen, an deren Realisierung Spezialisten aus vielen verschiedenen (Ingenieurs)-disziplinen mitarbeiten (LHC accelerator and detectors, CLIC studies, injector complex, other future projects, ...)
- Viele Aufgaben sind auf wissenschaftlich hohem Niveau
- **Zu wenig Ingenieure aus Deutschland:** Eine vermehrte Zusammenarbeit mit Universitäten und Fachhochschulen ist notwendig
- Schwerpunkt sollten gesetzt werden (Zusammenarbeit mit ausgesuchten Hochschulen)
- Die verschiedenen Programme (W.Gentner Stipendien, Fachhochschulprogramme, ...) bieten einen guten organisatorischen Rahmen. Es gibt ausserdem Förderungsmöglichkeiten im Rahmen der EU (FP6, FP7)

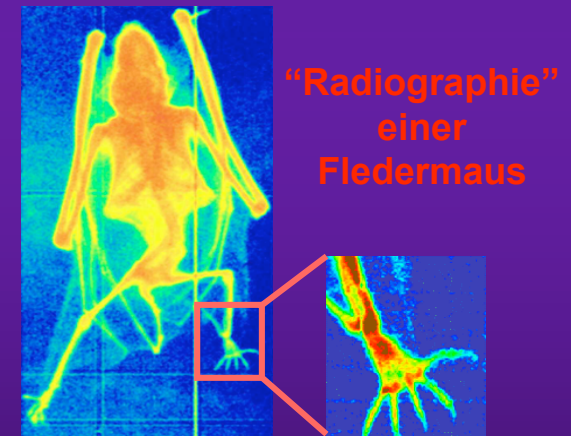


Kollaborationen mit deutschen Universitäten und Instituten (Beschleunigerbereich)

- GSI Darmstadt
- DESY Hamburg
- RWTH Aachen
- TU Berlin
- (Fach-) Hochschule Karlsruhe
- Uni Dresden
- TU Darmstadt,
- Uni Mainz
- Uni Greifswald
- Uni Heidelberg
- Uni Dortmund
- Uni Hamburg
- Uni Erlangen
- Uni Frankfurt
- Uni Münster
- Uni Mannheim

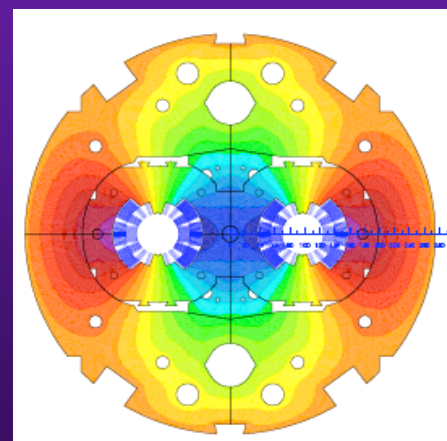
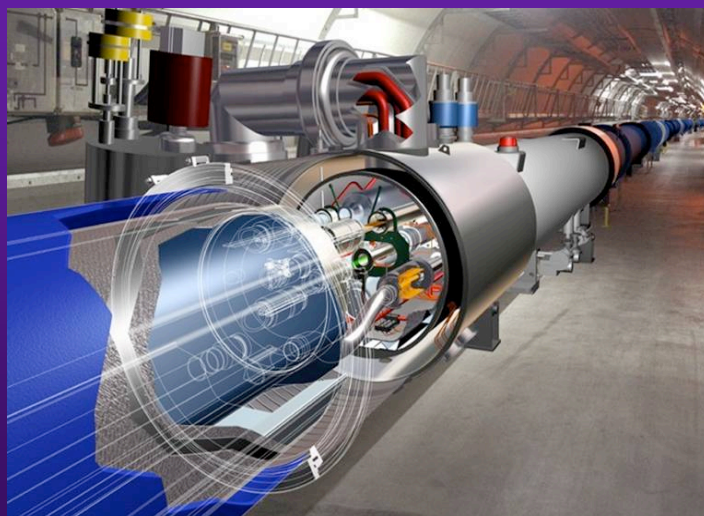
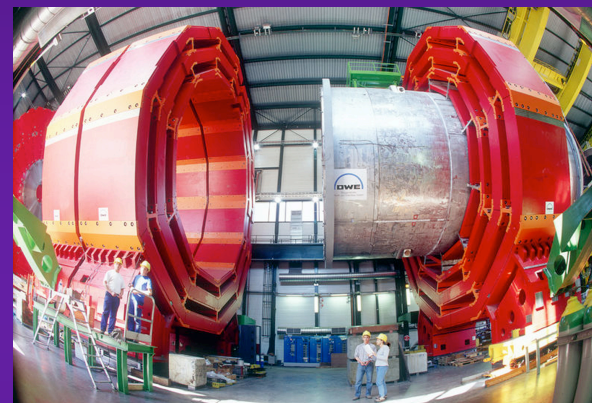
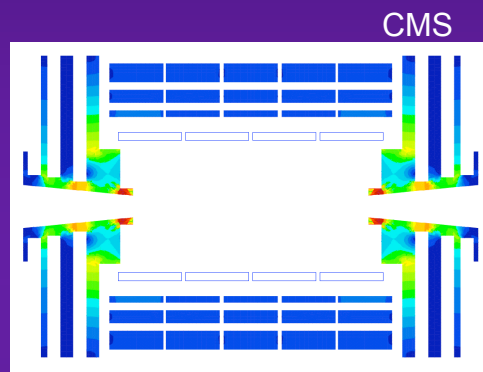
Technologie “Spin-Offs”

- “Spin-Offs” von ursprünglich für die Teilchenphysik entwickelten Technologien und Verfahren
 - ◆ **WWW (World-Wide-Web)**
 - entwickelt zur effektiveren Kommunikation zwischen den weltweit verteilten Teilchenphysikern
 - ◆ **PET (Positronen-Emissions-Tomographie)**
 - entstanden aus einer Zusammenarbeit von CERN und Hopital Cantonal Genf
- Beispiele fuer aktuelle Projekte
 - ◆ **Detektoren für medizinische Diagnostik**
 - ◆ **Dünnschicht-Beschichtungen für Vakuumanwendungen**
 - ◆ **Schnelle Elektronik**

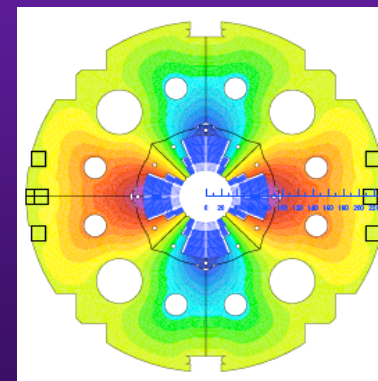


Themenbeispiele

Numerische Berechnung von Feldern in supraleitenden Magneten mit Hilfe von Diskreten Differentialformen



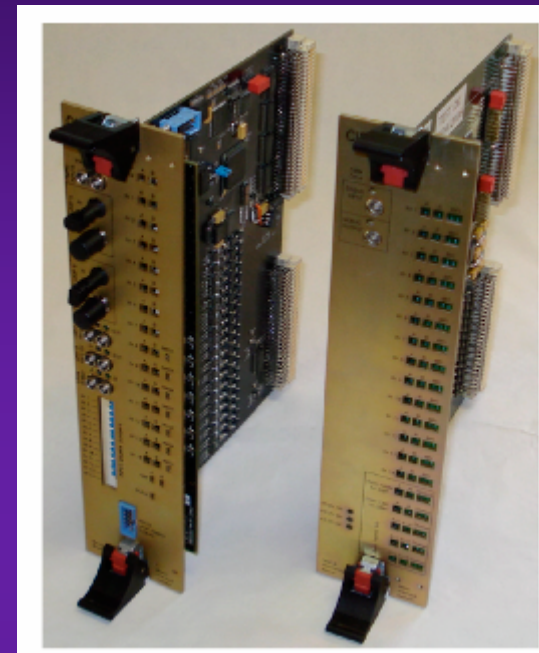
Feldbilder von LHC Magneten



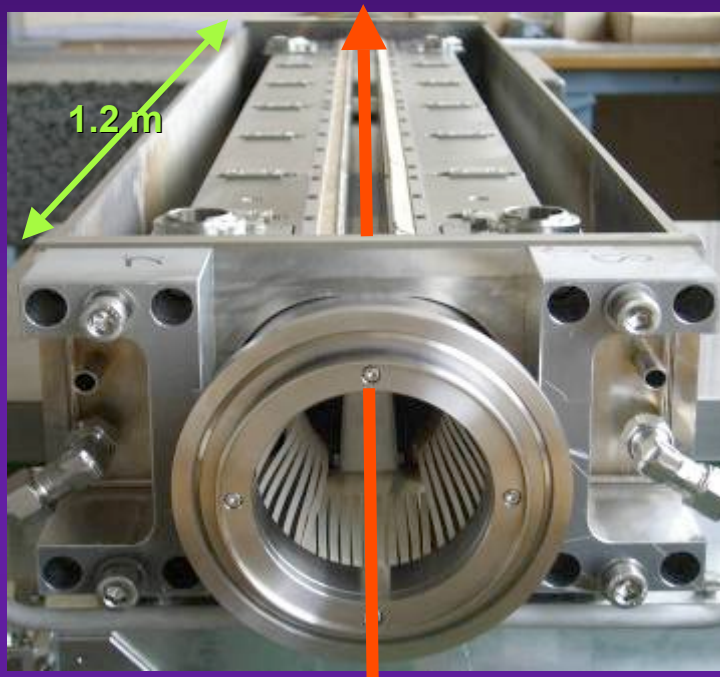
Themenbeispiele



Protecting the LHC in the presence of fast beam losses, with a fast and dependable Beam Interlock System

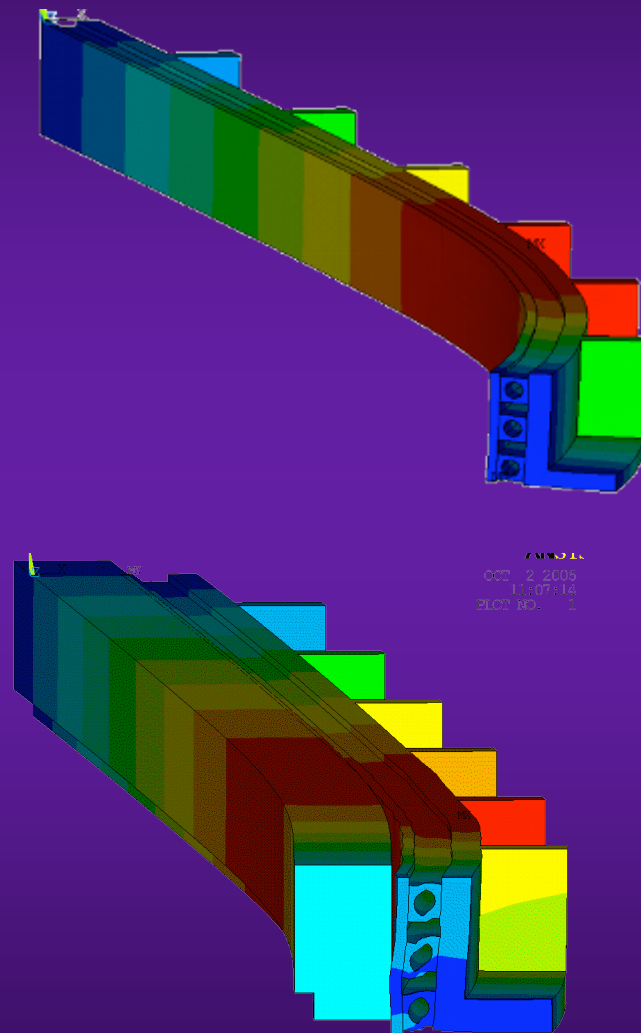


Themenbeispiele



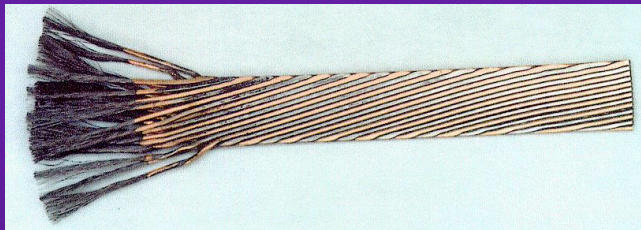
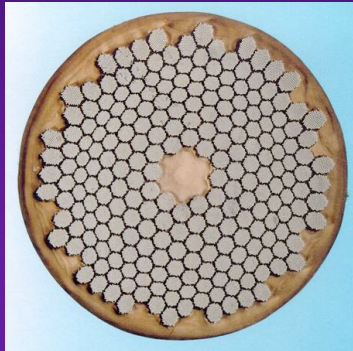
360 MJ proton beam

Extensive coupled Monte Carlo (MC) and Finite Element (FE) analyses on the energy deposition of the LHC beam on its collimators

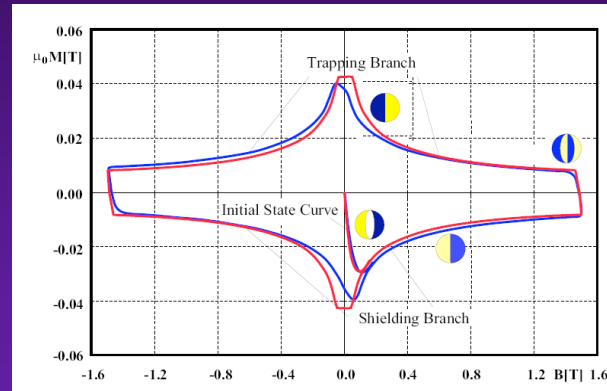


Themenbeispiele

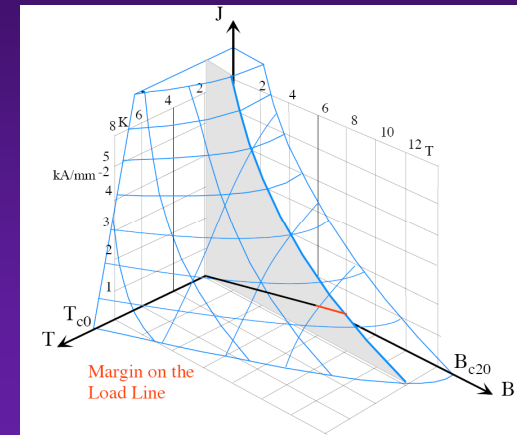
Kabel, Litze, Filamente



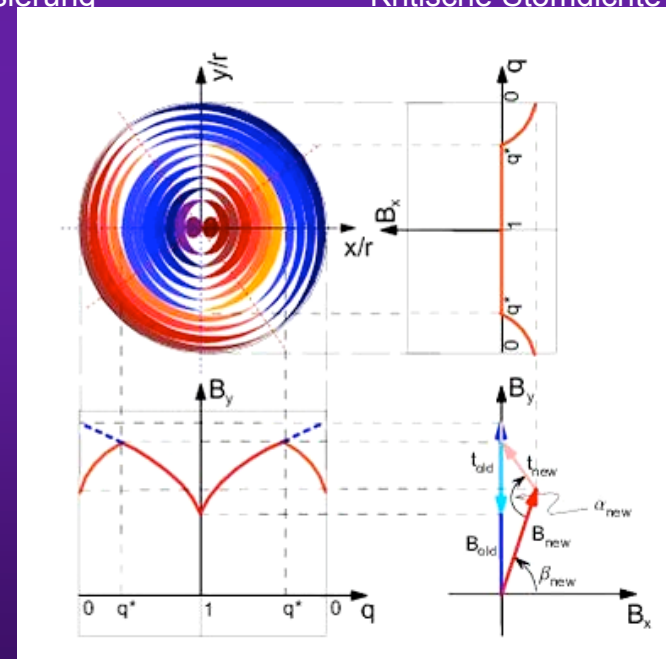
Berechnung der Magnetisierung (Vektor Hysterese) in harten Supraleitern



Supraleiter Magnetisierung



Kritische Stromdichte

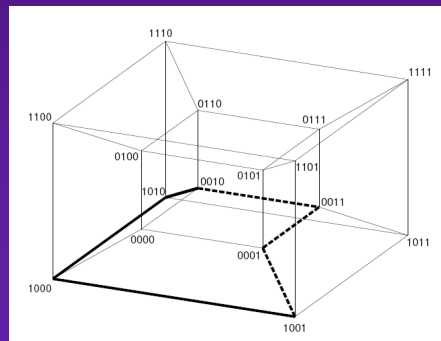


Vektor-Magnetisierungsmodell

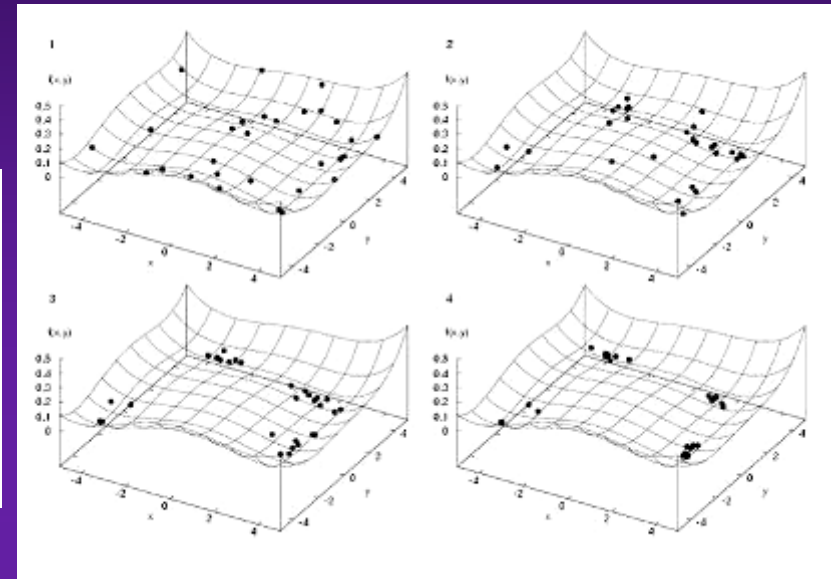
Themenbeispiele



Rekombination



Genetische Optimierung in der Natur



Nicht-Optimierung

Anwendung der genetischen Optimierung in der Magnettechnik

Magnetisch äquivalente Spulen

