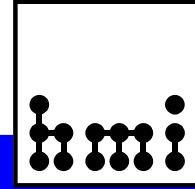


**Bericht der Frühjahrstagung der
Studiengruppe für Elektronische Instrumentierung
26. bis 28. März 2007
Forschungszentrum Dresden Rossendorf**



**Herausgeber: Dr. F. Wulf
HMI-B 616 Berlin, Juli 2007**

ISSN 0936 – 0891



Bericht der Frühjahrstagung der
Studiengruppe für Elektronische Instrumentierung
26. bis 28. März 2007
Forschungszentrum Dresden Rossendorf

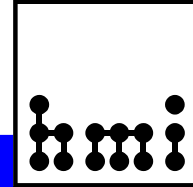


Herausgeber: Dr. Friedrich Wulf

HMI-B 616 Berlin, Juli 2007

ISSN 0936 – 0891

**Hahn-Meitner-Institut Berlin
Abteilung Experimentalsysteme
Glienicker Str. 100
14109 Berlin**

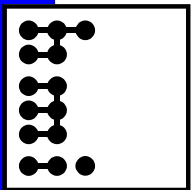


Teilnehmerliste

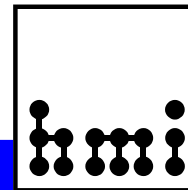
Name

Institut

Badura, Dr. Eugen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH Darmstadt, Abt. EE
Beck, Dr. Dietrich	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH Darmstadt
Brand, Dr. Holger	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH Darmstadt
Büchner, Dr. Andree	Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Drochner, Dr. Matthias	Forschungszentrum Jülich GmbH, ZEL
Dube, Sascha	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH
Engels, Ralf	Forschungszentrum Jülich
Flemming, Dipl.-Ing. (FH) Stefan	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH
Gabriel, Dr. Frank	Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Goettmann, Walter	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH
Grimm, Bernhard	Max-Planck-Institut für Astronomie
Henkelmann, Udo	National Instruments Germany GmbH
Herbrand, Dr. Frank	Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Abt. FWFE
Herbst, Manuel	Meilhaus Electronic GmbH
Herrmannsdörfer, Dr. Thomas	Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Hürttlen, Dipl.Ing. Werner	Forschungszentrum Jülich GmbH, Abt. IBN-TAE
Jainsch, Roland	Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Kämmerling, Peter	Forschungszentrum Jülich, ZEL
Kleines, Harald	Forschungszentrum Jülich
Koch, Dr. Karsten	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH Darmstadt
Kopmann, A.	Forschungszentrum Karlsruhe IPE
Kramer, Frank	Telemeter Electronic GmbH
Krüger, Jens	Technische Universität München, FRM II
Kühnert, Lutz	iseg Spezialelektronik GmbH
Leege, Dr. Karl-Wilhelm	Forschungszentrum Rossendorf
Lenk, Dr. Stephan	SAAS Systemanalyse und Automatisierungsservice GmbH
Nophut, Dipl.-Ing. Werner	Nophut GmbH
Notz, Dr. Dieter	DESY Hamburg, F1
Nowack, Dr.-Ing. Gerd	Ruhr-Universität Bochum, IC5/51
Podehl, Dipl. -Ing. Martin	MACCON GmbH
Pöthig, Dr. Joachim	iseg Spezialelektronik GmbH
Pröhl, Dr. Dieter	Forschungszentrum Rossendorf
Putz, Dipl.-Ing. Alexander	Forschungszentrum Jülich GmbH, IBN-3
Rausch, Dipl. -Ing. Rainer	Forschungszentrum Jülich GmbH, Abt. IBN/TAE
Rossa, Dipl.-Ing. Lutz	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH
Rüschmann, Gustav	Privat
Sauer, Dipl.-Ing. Olaf-Peter	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH
Schamlott, Arndt	Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Schramm, Dr. Ulrich	Forschungszentrum Dresden Rossendorf, Abt. FWT
Stolper, Dipl. -Ing. Matthias	DESY Hamburg, MKS 4
Strasser, Bernhard	Telemeter Electronic GmbH
Voigtländer, Dipl.-Ing. Jörg	Forschungszentrum Rossendorf
von Düring, Dipl.-Ing. (Phys.) Arp-Nico	Caen GmbH
von Walter, Dipl.-Ing. Peter	Universität Heidelberg, Physikalisches Institut
Wagener, Michael	Forschungszentrum Jülich GmbH, ZEL
Winter, Dipl.-Ing. (FH) Armin	Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Wulf, Dr.-Ing. Friedrich	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH
Wüstner, Dr. Peter	Forschungszentrum Jülich GmbH, ZEL
Zillikens, Hans-Peter	Forschungszentrum Jülich GmbH, Abt. IEF-2



Teilnehmer der SEI-Frühjahrstagung 2007, Forschungszentrum Dresden Rossendorf



Vorträge

Seite

Zusammenfassung

Dr. Friedrich Wulf, Hahn-Meitner-Institut Berlin

- V -

Axion-like Particle Search (ALPS) - Ein Experiment zur Suche nach dunkler Materie

Dr. Dieter Notz, Desy Hamburg

- 1 -

Laserbeschleunigte Strahlen und Strahlungsquellen am FZD

Dr. Ulrich Schramm, Forschungszentrum Dresden Rossendorf

- 17 -

Inspire - Design eines Frameworks für Instrumentsteuerungen

Stefan Flemming, Hahn-Meitner-Institut Berlin

- 45 -

JTAG per TCP/IP im DAQ-Frontend

Peter Kämmerling, Forschungszentrum Jülich

- 66 -

Bericht über das Hochfeld-Magnetlabor Dresden

Dr. Thomas Herrmannsdörfer, Forschungszentrum Dresden Rossendorf

- 76 -

Copley Controls und EtherCAT - die Zukunft der modernen Automatisierung

Martin Podehl, MACCON GmbH

- 93 -

Homogene, supraleitende Hochfeldmagnetsysteme für die Spektroskopie – ein idealtypischer Entwurf

Dr. Gerd Nowack, Ruhr-Universität Bochum

- 110 -

Hochpräzise intelligente Module mit Datenverarbeitung in Echtzeit

Werner Nophut, Nophut GmbH

- 138 -

Steuerungstechnische Lösung für ein Photoneutronentarget

Dr. Stephan Lenk, SAAS Systemanalyse und Automatisierungsservice GmbH

- 145 -

CARESS – Die HMI-Software für Neutronenstreuexperimente

Olaf-Peter Sauer, Hahn-Meitner-Institut Berlin

- 170 -

Neues vom CS Framework

Dr. Dietrich Beck, Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH Darmstadt

- 183 -

Kontrollsystemaktivitäten an der GSI

Dr. Holger Brand, Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH Darmstadt

- 194 -

Konzept der Instrumentsteuerung am FRM II

Jens Krüger, Technische Universität München, FRM II

- 217 -

PROFINET IO - Feldbusfunktionalität auf der Basis von Ethernet

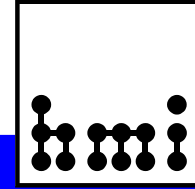
Harald Kleines, Forschungszentrum Jülich

- 227 -

Diskussion "Slow Control"

Dr. Friedrich Wulf, Hahn-Meitner-Institut Berlin

- 235 -



Zusammenfassung

Dr.-Ing. F. Wulf, HMI Berlin

Der Bericht der SEI-Frühjahrstagung 2007, die vom 26. bis 28. März 2007 am Forschungszentrum Dresden Rossendorf (FZD) stattfand, enthält 14 Beiträge. Ich danke allen Vortragenden und Autoren für die sehr interessanten Beiträge. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Frank Herbrand für die sehr gute Organisation und interessante Gestaltung des Rahmenprogramms. Herr Herbrand hat die Nachfolge von Prof. Dr. Frank Gabriel angetreten, der von 1995 bis 2000 die SEI-Tagungen leitete. Die Beteiligung mit 49 Personen aus 19 Forschungseinrichtungen, Universitäten und der Industrie führte wieder zu einer intensiven Diskussion über Fragen aus den unterschiedlichen Fachgebieten.

Drei Vorträge vom FZD gaben einen guten Überblick über die neuen Forschungsprojekte und deren technische Herausforderungen. Im Photoneutronentarget des FZ Dresden wird fließendes, flüssiges Blei in einem Molybdänkanal einem Elektronenstrahl mit einer Energie von perspektivisch 50 MeV ausgesetzt. Die entstehende Photonenbremsstrahlung führt letztendlich zur Emission von Photoneutronen, die dann weiteren Experimenten zur Verfügung stehen. Das Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) verfolgt anwendungsorientierte Grundlagenforschung mit hohen gepulsten Magnetfeldern bis 100 Tesla. Eine Technologie, die in der Verbindungstechnik für die Automobilindustrie neue Fertigungsverfahren ermöglicht. In einem weiteren Vortrag von der Ruhr Universität Bochum wurde der Entwurf von Hochfeldmagneten sehr anschaulich dargestellt. Ein weiteres Projekt ist der Aufbau eines 100 TW Lasers in Verbindung mit Teilchenbeschleunigern.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Zusammenstellung der Konzepte für die Datenerfassung und Experimentsteuerungen in den Forschungsinstituten. Durch die speziellen Anforderungen der Experimentssysteme, der Historie und dem Know-how der Mitarbeiter sind die Lösungen sehr unterschiedlich. Durch die große Funktionalität und Modularität ist LabVIEW ein Framework für viele Anwendungen und wird immer stärker - auch für größere Projekte - eingesetzt. Um den Erfahrungsaustausch zwischen den Instituten einfacher zu ermöglichen soll, in regelmäßigen Abständen über eine PC-Video-Konferenz die Diskussion vertieft werden.

Ein Experiment zur Suche nach dunkler Materie wurde vom Forschungszentrum DESY vorgestellt.

Acht Firmen aus den verschiedenen Bereichen der elektronischen Instrumentierung und IT-Branche präsentierten ihre neuen Produkte und standen für eine intensive Diskussion und Beratung zur Verfügung.

Die SEI-Herbsttagung 2007 ist vom 24. bis 26. September 2007 an der Ruhr Universität Bochum, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik geplant. Die SEI Frühjahrstagung 2008 findet voraussichtlich vom 7. bis 9. April 2008 am Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik statt.

Berlin, Juni 2007



Dr. Friedrich Wulf



Dr. Frank Herbrand



Dr. Dieter Notz



Dr. Ulrich Schramm



Stefan Flemming



Peter Kämmerling



Dr. Thomas Herrmannsdörfer



Martin Podehl



Dr. Gerd Nowack



Werner Nophut



Dr. Stephan Lenk



Olaf-Peter Sauer



Dr. Dietrich Beck



Dr. Holger Brand



Jens Krüger



Harald Kleines



Kolloquium

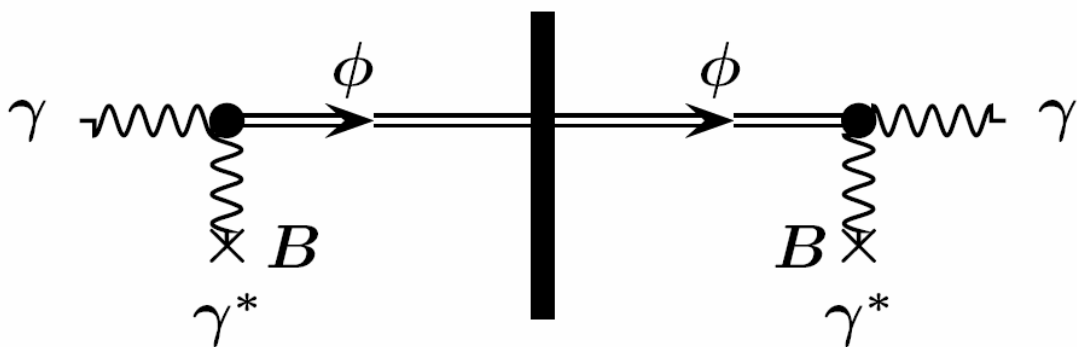


Firmenausstellung

Axion-like Particle Search (ALPS)

Ein Experiment zur Suche nach dunkler Materie

Dieter Notz



$\gamma - \phi$ and $\phi - \gamma$ conversion probability are equivalent

$$P_{1/2} = \frac{g^2}{4} \left| \int_L e^{iq(z)z} B(z) \cos\theta(z) dz \right|^2$$

For homogeneous conditions $B(z) = B$ $q(z) = q$ $\cos\theta(z) = 1$

$$P_{1/2} = \frac{g^2}{4} B^2 L^2 \frac{\sin^2(qL/2)}{(qL/2)^2} \quad q = \frac{m_\phi^2}{2E_\gamma}$$

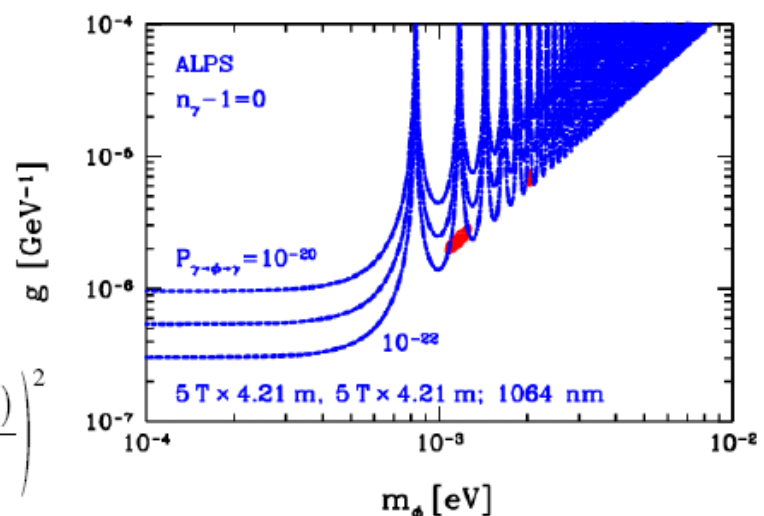
Scalar instead of pseudo-scalar ALP: $\cos\theta \rightarrow \sin\theta$

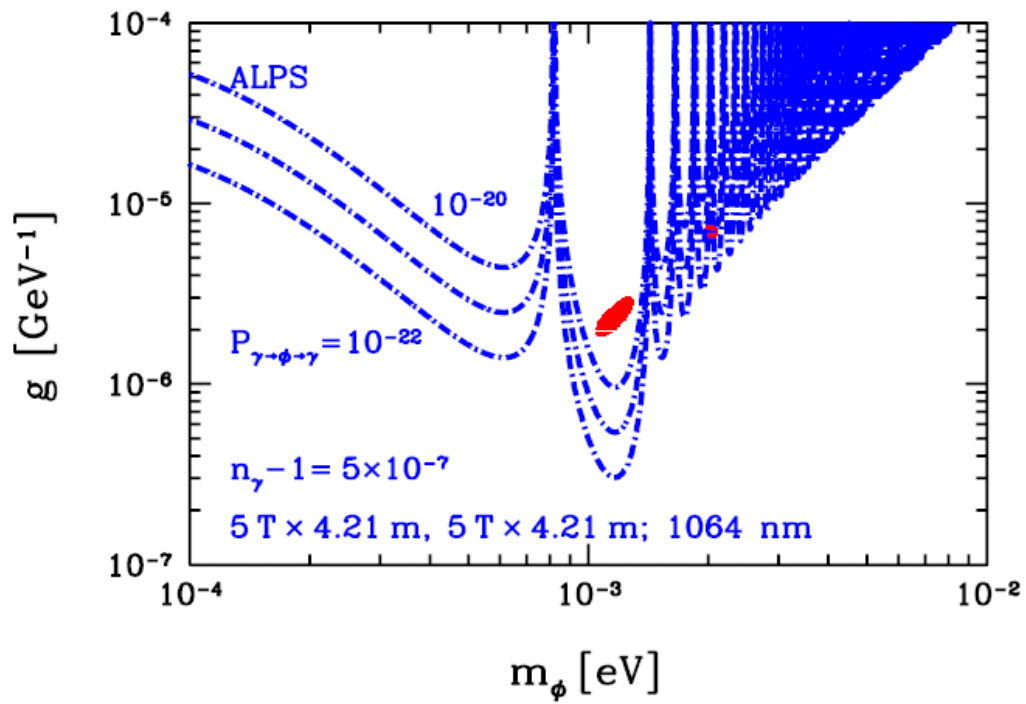
ALPS parameters for PVLAS-like laser:

$$2L = 8.82 \text{ m} \\ (2 \times 4.21 \text{ m} + .4 \text{ m})$$

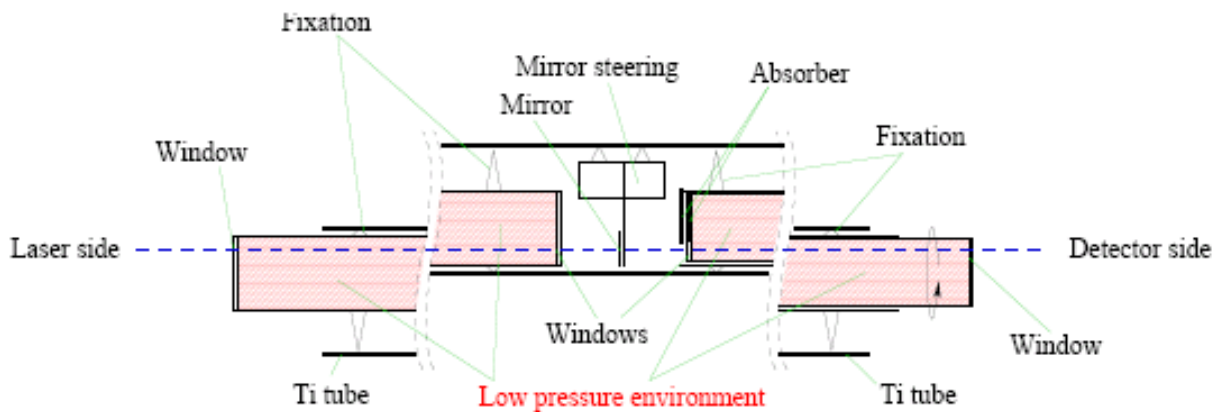
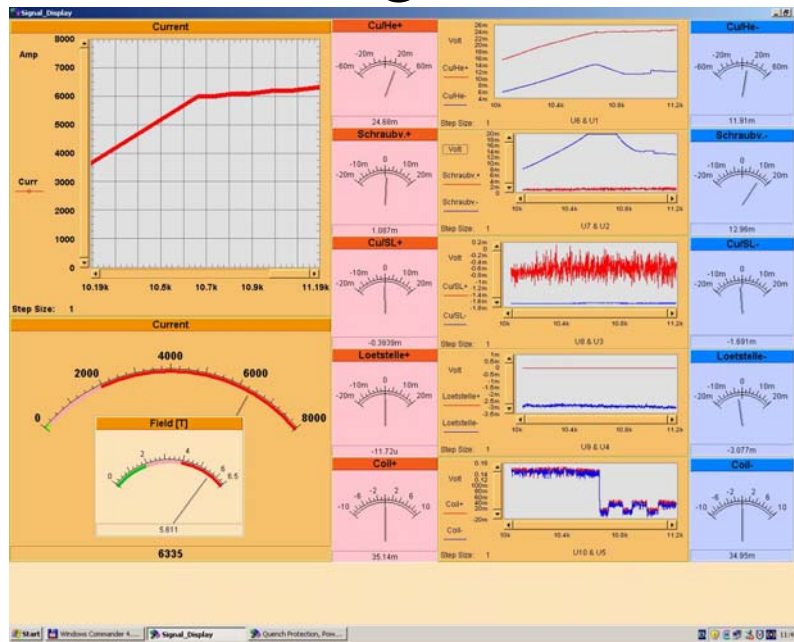
$$B = 5 \text{ T}$$

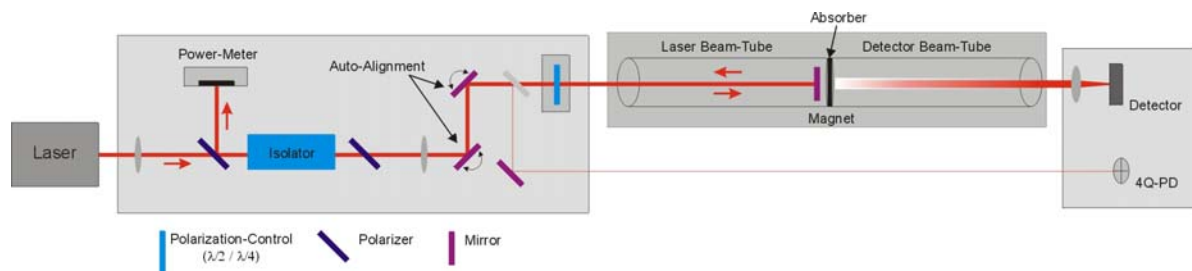
$$P = \left(\frac{g^2}{4} B^2 L^2 \frac{\sin^2(qL/2)}{(qL/2)^2} \right)^2$$





Magnet





Spezifikationen des Laserstrahls:

(Die Spezifikationen der Laserstrahlquelle sind Angaben der Fa. IPG.)

Wellenlänge:	1070 nm (2 nm FWHM)
Laserleistung cw:	400 W
Erwartete Leistung in Beam-Tube:	> 300 W
Polarisationsverhältnis Laser:	10-15 dB
Polarisationsverhältnis in Beam-Tube:	> 25 dB
Strahlqualität Laser:	$M^2 < 1,1$
Strahldurchmesser in Beam-Tube Mitte:	< 10 mm
Fokussierbarkeit auf den Detektor	< 15 μm



Laser System: Beam Quality

- Avoid diffraction losses at laser entrance window:
beam diameter $\sigma < 2/\pi d$ (entrance window) $\Leftrightarrow \sigma < 12$ mm

- Propagation of a Gaussian beam inside the laser beam tube:

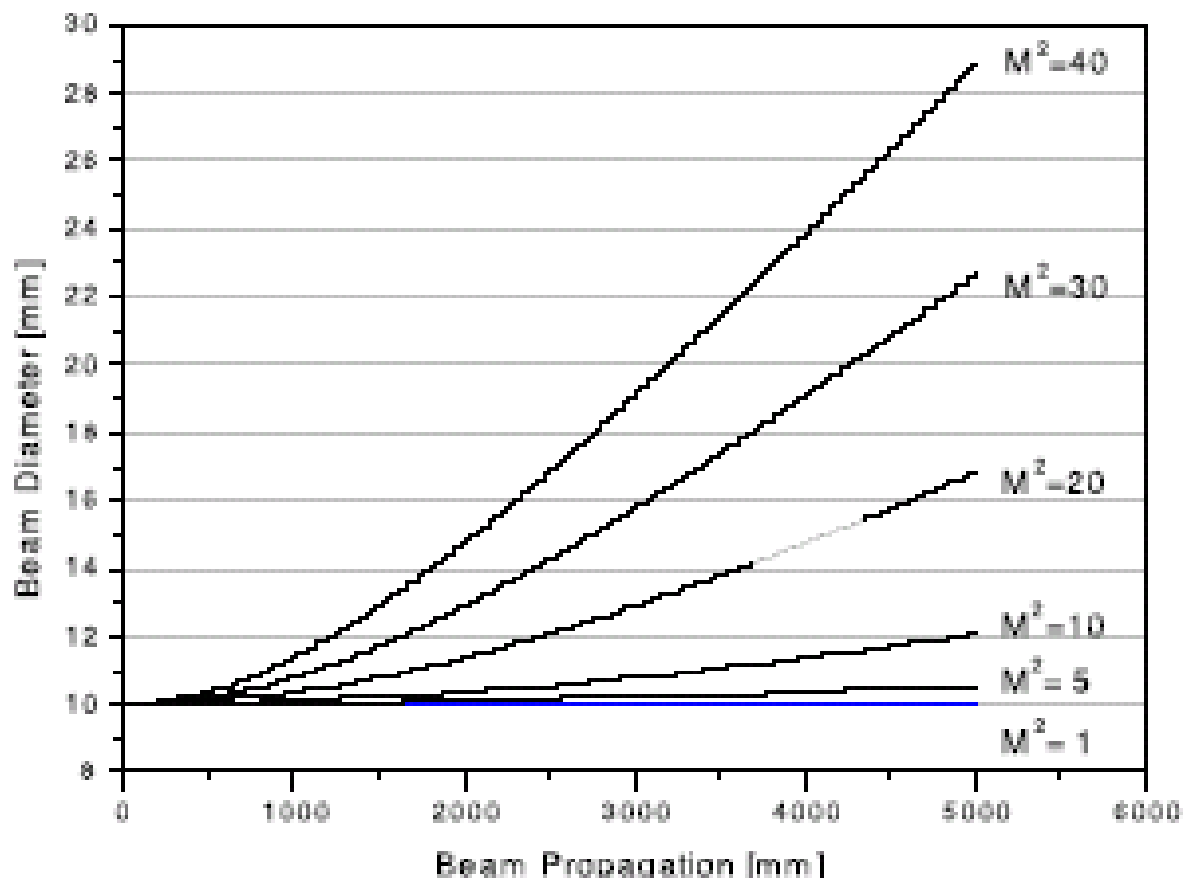
$$\sigma(z) = \sigma_0 \cdot \sqrt{\frac{z^2 \cdot \lambda \cdot M^2}{\pi \cdot \sigma_0^2 / 4}}$$

z = coord. along beam

M^2 = beam quality

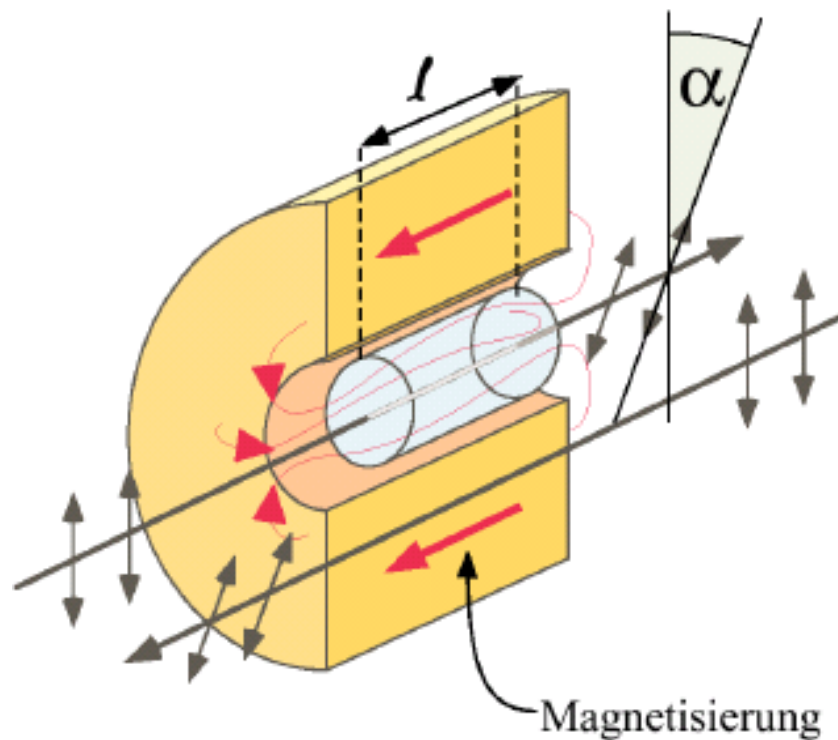
$$M^2 = \sigma_0 \cdot \Theta \cdot \frac{\pi}{\lambda}$$

Θ = divergence angle



Grundprinzip des Faraday Effekts

Der Faradayeffekt ist eine magnetische Einwirkung auf einen ansonsten isotropen Kristall, der eine Drehung der Polarisationsrichtung bewirkt.



Funktionsweise

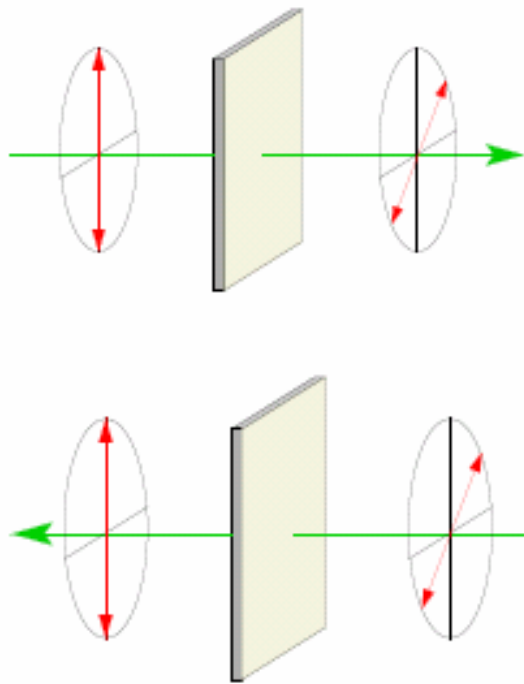
Das isotropes Medium erfährt durch das magnetische Feld eine Verschiebung der atomaren Energieniveaus, was zu einer Änderung der Brechzahl führt und damit das isotropes Medium zirkular doppelbrechend macht.

Der Winkel α , um den sich die Polarisationssebene dreht, ist durch folgenden empirisch ermittelten Ausdruck gegeben:

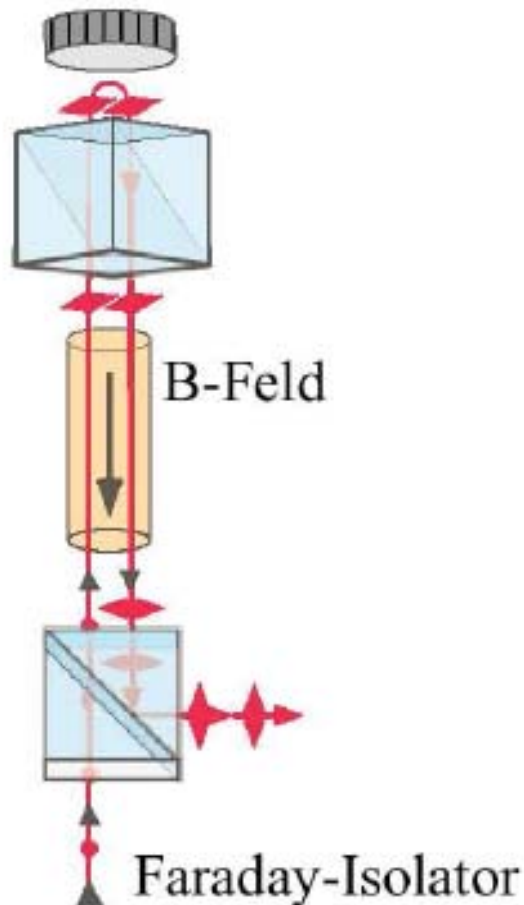
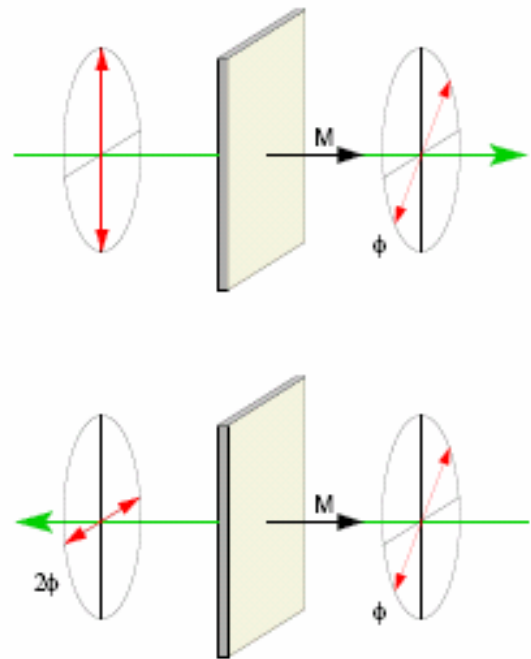
$$\alpha = V \cdot l \cdot H$$

(Mit der materialabhängigen Proportionalitätskonstante V (Verdetkonstante), der Länge l des Materials und der magnetischen Feldstärke H .)

(a) $\lambda/2$ -Plättchen



(b) Farady Rotator



Bei $P_{\gamma-\Phi-\gamma} = 10^{-20}$ und einem 200 W Laser
erwarten wir etwa 10 Photonen/s.

Das entspricht etwa einer Empfindlichkeit von
 $2 \cdot 10^{-18}$ W.

Der Detektor muss Photonen bei dieser niedrigen
Rate messen.

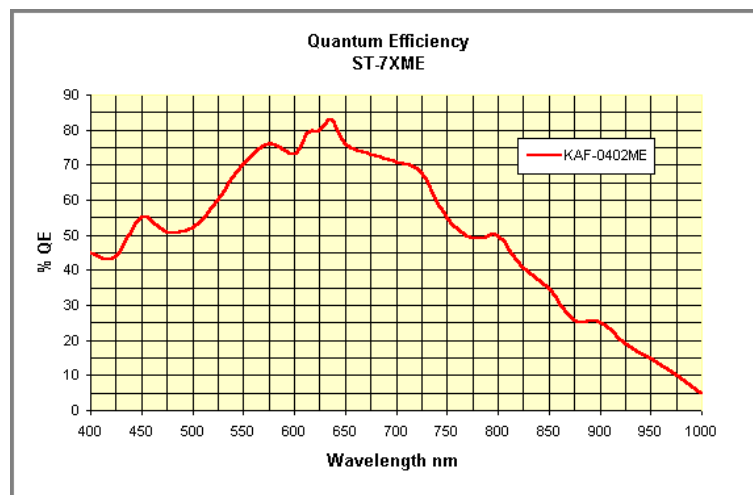
Test mit CCD Kamera

SBIG, Modell ST-402





1013 997 1003 994 993 1012 1000 1019



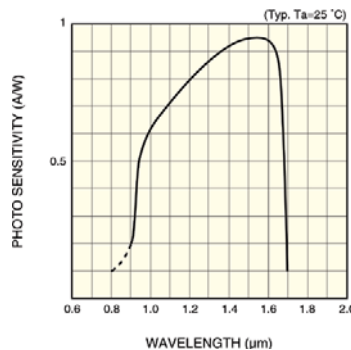
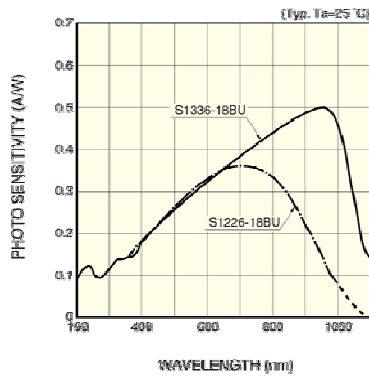
CCDCCD Kodak KAF-0402ME
Pixel Array 765 x 510 pixels
CCD Size 6.9 x 4.3 mm
Total Pixels 390,000
Pixel Size 9 x 9 microns
Full Well Capacity ~100,000 e⁻
Dark Current 1e⁻/pixel/sec at 0° C
Antiblooming Optional

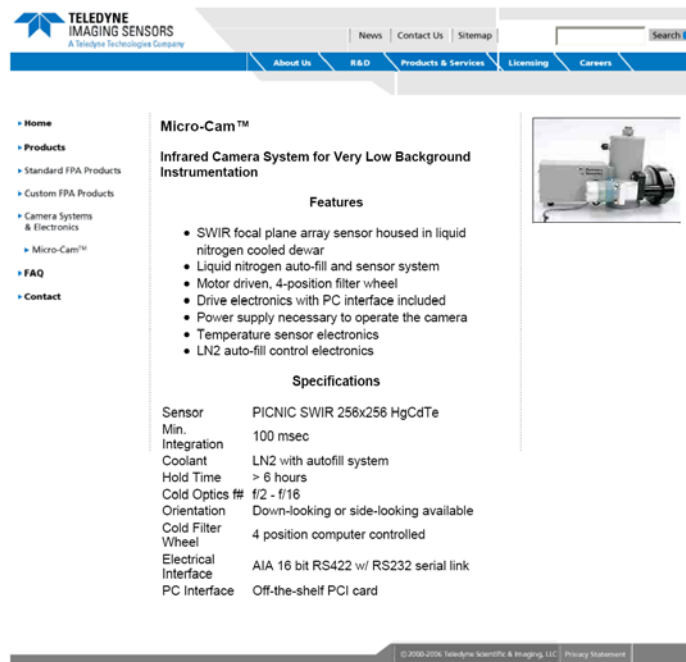
Detektor

PICNIC - 256 x 256 HgCdTe FPA

PICNIC is a 256x256 SWIR hybrid with a four independent quadrant outputs. The NICMOS3 device has been replaced by the PICNIC which has better noise performance. The NICMOS and PICNIC devices are identical in unit cell's number of outputs and general architecture.

Parameter	Specification
Detector technology	HgCdTe (PACE)
Detector input circuit	SFD
Readout mode	Ripple (per quadrant)
Pixel readout rate	Up to 200kHz
Pixel format	256 x 256
Pixel Pitch	40 μm
Fill factor	>90
Output ports	4 total (1 per quadrant)
Spectral range	0.9 - 2.5 μm
Quantum Efficiency @ 2.3 μm	>75%
Read noise: multiple sample	<20
Dark current	<0.2 e-/sec (@77K)
Well capacity	200,000 e-
Pixel operability	>99%





TELEDYNE IMAGING SENSORS
A Rockwell Technologies Company

News | Contact Us | Sitemap

About Us | R&D | Products & Services | Licensing | Careers

Home
Products
Standard FPA Products
Custom FPA Products
Camera Systems & Electronics
Micro-Cam™
FAQ
Contact

Micro-Cam™
Infrared Camera System for Very Low Background Instrumentation

Features

- SWIR focal plane array sensor housed in liquid nitrogen cooled dewar
- Liquid nitrogen auto-fill and sensor system
- Motor driven, 4-position filter wheel
- Drive electronics with PC interface included
- Power supply necessary to operate the camera
- Temperature sensor electronics
- LN2 auto-fill control electronics

Specifications

Sensor	PICNIC SWIR 256x256 HgCdTe
Min. Integration	100 msec
Coolant	LN2 with autofill system
Hold Time	> 6 hours
Cold Optics #	f/2 - f/16
Orientation	Down-looking or side-looking available
Cold Filter Wheel	4 position computer controlled
Electrical Interface	AIA 16 bit RS422 w/ RS232 serial link
PC interface	Off-the-shelf PCI card

© 2006-2008 Teledyne Scientific & Imaging, LLC | Privacy Statement

SWIR 256x256 InGaAs MicroCam Specifications

Readout: PICNIC Source Follower per Detector (SFD) architecture
 Sensor: SWIR 256x256 InGaAs
 Pixel Pitch: 40 μm
 Sensor Grade: Science Grade
 Operating Temp: Target: 82 K
 Orientation: Side-looking
 Electrical Interface: AIA 16 bit RS422 w/ RS232 differential serial link electrically
 +/-12V Analog power, and +5V Digital power

Max Mean Well Capacity: $\geq 1\text{E}+05$ electrons
 Bad Pixel Def $\leq 50\%$ of Mean J-Band QE or $I_{\text{drk}} \geq 50$ e-/sec
 Response Operability: $\geq 98\%$
 Cluster Def > 5 Adjacent bad pixels
 Cluster Zone $1 \leq 2$
 ≤ 4 Cluster Zone2
 Dark current $< 8\text{e-}/\text{pixel}/\text{sec}$
 QE measured in J band $> 75\%$
 QE non-uniformity $\leq 20\%$ (sigma/mean)
 Total Noise ≤ 55 e-

Axion-like Particle Search (ALPS)

Ein Experiment zur Suche nach dunkler Materie

Dieter Notz

Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY, Hamburg, Germany

EMAIL: Dieter.Notz@desy.de

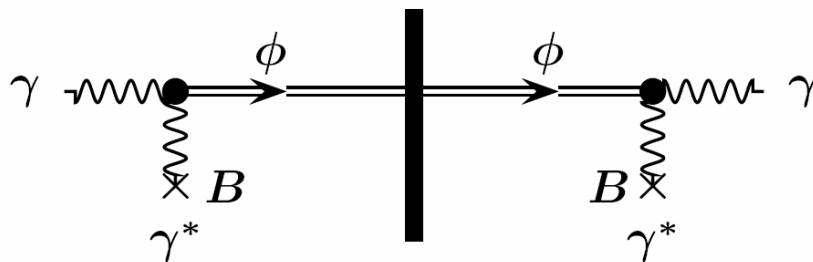
SEI Tagung FZR Rossendorf, 26. 3. – 28. 3. 2007

Zusammenfassung

Axionen sind hypothetische Teilchen mit einer winzigen Masse im milli-eV Bereich. Sie koppeln schwach an normale Materie und könnten ein Kandidat für dunkle Materie sein. Wir wollen bei DESY axion-ähnliche Teilchen mit einem Laser in einem Magnetfeld erzeugen, durch einen Absorber schicken und die regenerierten Photonen nachweisen.

Um zu erklären, weshalb das elektrische Dipolmoment beim Neutron so klein ist, wurden von Roberto Peccei und Helen Quinn Korrekturen eingeführt, die von Steven Weinberg und Frank Wilczek als neue Teilchen mit dem Namen Axion interpretiert wurden. Das Axion ist ein Pseudoskalar (0^-) und sollte die Masse Null haben, bekommt aber durch Wechselwirkungen mit Instantonen eine kleine Masse von $1 \mu\text{eV} < m(\text{Axion}) < 0,01 \text{ eV}$. Sie sind daher Kandidaten für dunkle Materie. (Das Weltall könnte zu etwa 73 Prozent aus dunkler Energie, 23 Prozent aus dunkler Materie, rund 4 Prozent „gewöhnlicher Materie“ (z.B. Atomen) und 0,3 Prozent aus Neutrinos bestehen.)

Die Teilchen die wir suchen sind Axion-ähnlich. Die Masse beträgt etwa 0.001 eV (1 meV). Erzeugt werden sie in einem Prozess, der durch folgenden Feynmangraphen dargestellt wird:



Photonen kommen von links, machen eine Wechselwirkung mit einem Magnetfeld und erzeugen Axionen Φ . Diese fliegen weiter und durchdringen ohne Störungen einen Absorber, während alle anderen Photonen absorbiert werden. Hinter dem Absorber können die Axionen mit dem 2. Magnetfeld wechselwirken und wieder ein Photon generieren (Regenerationsexperiment, Licht durchscheint eine Wand). Diese wenigen Photonen werden in einem Detektor nachgewiesen.

Wir brauchen also

1. eine starke Lichtquelle mit vielen Photonen (Laser);
2. einen Magneten mit Absorber in der Mitte und
3. einen Detektor.

Der Magnet

Bei DESY gibt es einen HERA Dipolmagneten, der als Ersatz für die Beschleunigermagnete betriebsbereit gehalten wird.



Das Bild zeigt den HERA Dipolmagneten, der rechts und links mit der Kälteversorgung verbunden ist. Das Bild ist eine Fälschung, da derselbe Mitarbeiter zweimal dargestellt wird. Die magnetische Länge beträgt 8.82 m, das Feld erreicht 5.355 T. Ein Nachteil ist, dass das Strahlrohr gebogen und dem Beschleuniger HERA angepasst ist. Es bleibt aber eine kleine Öffnung, durch die die Teilchen geradlinig fliegen können. In der Mitte des Magneten kommt der Absorber, links wird der Laserstrahl und rechts der Detektor aufgebaut. Für den Betrieb wird der Magnet auf 4.2 K abgekühlt. So kalt (und im Vakuum) ist auch das (gebogene) Strahlrohr. Um Experimentieren zu können gibt es noch ein 2. Rohr in ca. 5 mm Abstand vom Strahlrohr, das durch Stickstoffströmung auf Zimmertemperatur gehalten wird.

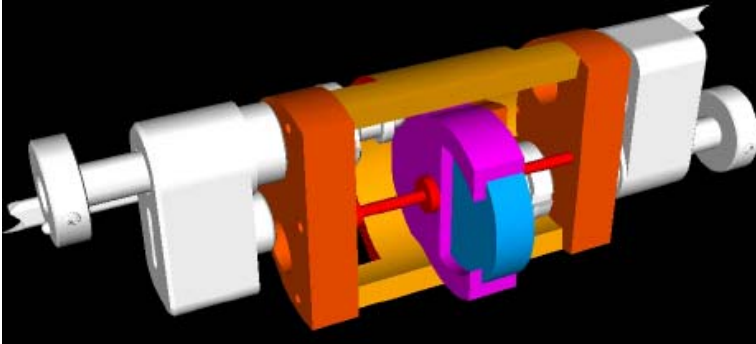
Einbauten in den Magneten

Der Laserstrahl hat eine Leistung im Magneten von ca. 200 W. Diese Leistung wollen wir nicht im Absorber absorbieren, da wir dann Kühlungsprobleme bekommen. Daher wird der Laser auf mit einem Spiegel wieder zurückreflektiert. Zwischen Lasereintritt und dem Spiegel wird ein evakuiertes Rohr mit Quarzfenstern eingebaut. In dieses Rohr könnte man ein Puffergas einspeisen, um über den Brechungsindex die Geschwindigkeit der Photonen der Masse der Axionen anzupassen. Neuere Entwicklungen haben aber gezeigt, dass es zu diesen Überlegungen gewichtige Gegenargumente gibt.

Das rechte Rohr enthält den Absorber, den wir aber zu Kallibrierzwecken öffnen und schließen müssen. Darum besteht das rechte Rohr aus zwei ineinandergesteckten Rohren. Durch Drehen des inneren Rohres können wir den Absorber für Kallibrationsarbeiten am Laser öffnen.

Spiegel

Der Spiegel in der Mitte des Magneten wird mit Pikomotoren justiert. Diese Motoren können im Magnetfeld arbeiten und brauchen keinen Strom, um die einmal eingestellte Position zu halten.



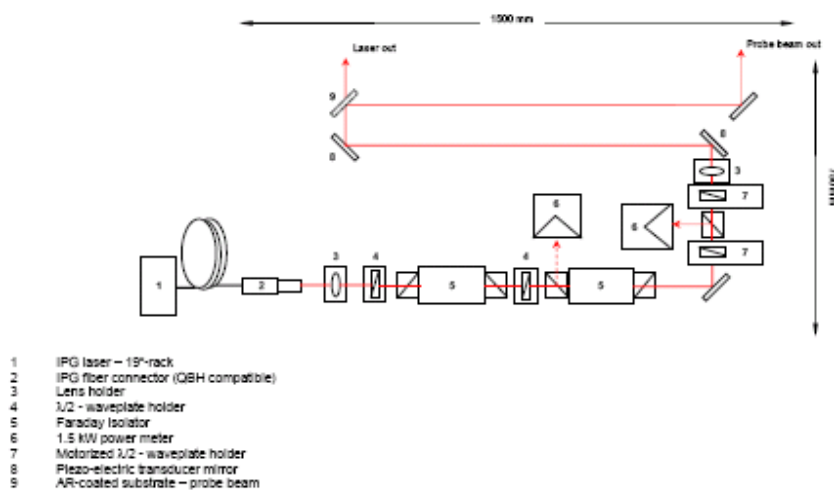
Der Spiegelhalter muss in das Rohr passen und hat daher einen maximalen Außendurchmesser vom 4.3 cm. Rechts und links sind die Pikomotoren sichtbar, die gegen den Spiegelhalter drücken und den Spiegel um zwei Achsen drehen können.

Der Laser

Der Laser muss leistungsstark sein, damit viele Photonen geliefert werden können. Nachdem wir ursprünglich einen Laser aus der Industrieschweißtechnik angesehen hatten (8 kW) bevorzugen wir nunmehr einen Laser von 400 W. Wichtig für uns ist wegen der beengten Raumverhältnisse ein Laserstrahl mit hoher Strahlqualität, d. h. mit geringer Divergenz. Wir benutzen einen Laser der Firma IPG. Die Frequenz des Lasers bestimmt die Energie der einzelnen Photonen. Da die Axion-ähnlichen Teilchen leicht sind, kann die Energie niedrig, d. h. die Frequenz niedrig und die Wellenlänge lang sein. Wir haben uns für die Wellenlänge von 1070 nm im nahen Infrarot entschieden.

Der Laserstrahl wird vom Spiegel zurückreflektiert. Er darf aber auf keinen Fall die Strahlquelle treffen, da diese dann zerstört würde. Es müssen also Vorkehrungen getroffen werden, dass dies nicht passiert.

Schematic Laser Setup – LZH



M. Hildebrandt 10.01.07

Der Laseraufbau zeigt neben $\lambda/2$ Platten zur Drehung der Polarisierung (und damit auch zu Reduktion der Leistung) zwei sog. Faraday-Isolatoren. Diese arbeiten nach folgendem Prinzip: Der Strahl wird um 45° gedreht. Der zurückkommende Strahl wird nicht um 45°

zurückgedreht, sondern um 45° weitergedreht. Er ist daher um 90° gedreht und kann aus dem Strahlengang herausreflektiert werden. Neben dem eigentlichen Laserstrahl gibt es noch zu Justagezwecken einen zweiten Strahl mit minimaler Intensität, der für das Autoalignment benutzt wird.

Der Detektor

Großes Kopfzerbrechen bereitete der Detektor. Dieser muss Photonen von 1070 nm detektieren, und das bei einer sehr niedrigen Rate. Die meisten Nachweisgeräte zeigen zu starkes elektronisches Rauschen beim Auslesen oder einen zu hohen Dunkelstrom. Si-Detektoren sind bei 1070 nm kaum noch sensitiv. Wir hatten uns dann für einen Detektor von Teledyne entschieden, der auf einem HgCdTe Chip basiert. Dieser zeigt geringes Rauschen, so dass man Photonen hätte nachweisen können. Dieser Typ war aber nicht mehr zu bekommen, so dass wir auf einen InGaAs Chip ausgewichen sind. Um das Rauschen zu verringern, arbeitet dieser Detektor bei 80 K Temperatur. Er wird mit flüssigem Stickstoff gekühlt. Erste Tests haben wir mit einer CCD Kamera SBIG, Modell ST-402 gemacht. Diese Kamera wird ohne Objektiv geliefert. Man kann aber Charakteristika wie z. B. Dunkelstrom, Ausleserauschen sowie ihre Abhängigkeit von der Temperatur untersuchen. Die Temperatur kann durch ein Peltierelement um 30 Grad abgesenkt werden. Die Arbeitsweise mit der PC-USB Auslese und der Zugriff auf einzelne Pixels wurde studiert.



Weiterführende Informationen

<http://alps.desy.de>

Laserbeschleunigte Strahlen und Strahlungsquellen am



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

U. Schramm
S. Bock, K. Zeil, R. Sauerbrey

*K.-U. Amthor, B. Liesfeld, T. Heinzl, O. Jäckel, S. Pfotenhauer,
H. Schworer, A. Wipf, W. Ziegler, et al.
K. W. D. Ledingham, T. Esirkepov*



*D. Habs, F. Grüner, S. Becker, T. Eichner, M. Fuchs,
M. Geissler, J. Schreiber, et al .
S. Karsch, L. Veisz, F. Krausz, et al. (MPQ)
H. Backe, W. Lauth (Uni Mainz)*



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

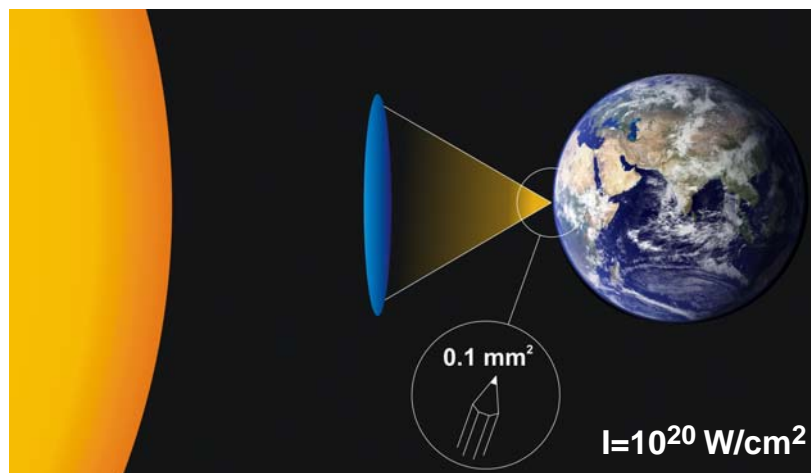
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

laser-plasma acceleration group
U. Schramm (@fzd.de)

03/07

laser-driven radiation sources at the FZD

100TW laser $I=10^{21}$ W/cm² $E=10^{14}$ V/m



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

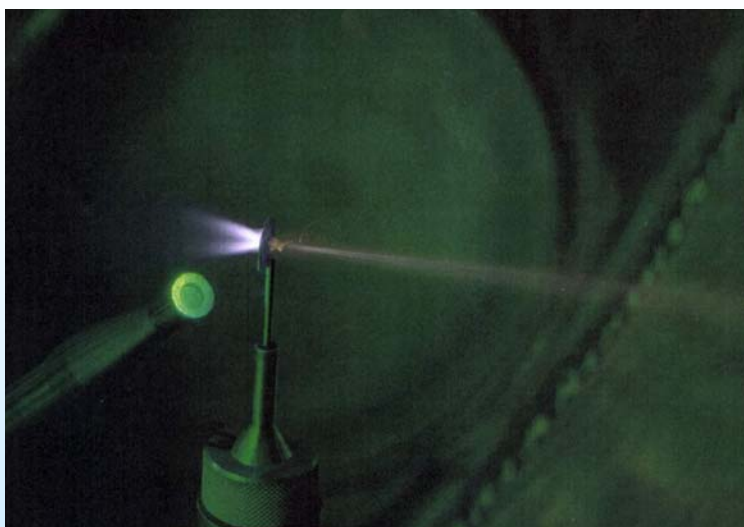
laser-plasma acceleration group
U. Schramm (@fzd.de)

03/07

Protonenbeschleunigung monoenergetische Spektren



Laser acceleration of ions

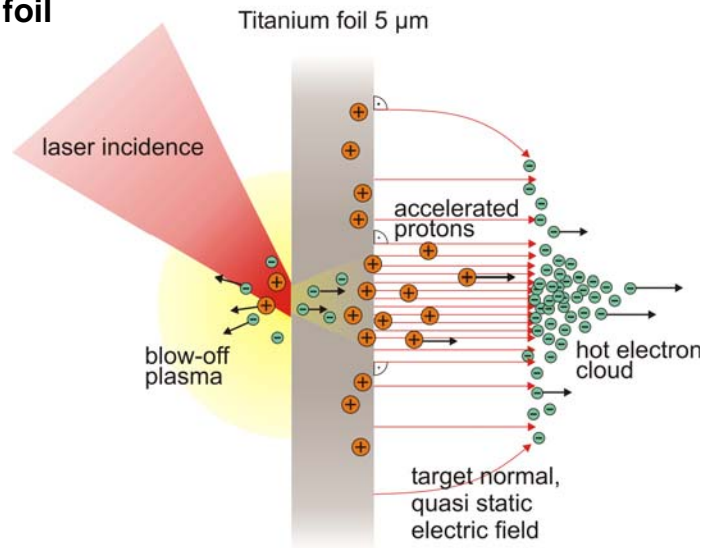


Laser driven, local charge separation accelerates ions perpendicular to the back surface of a thin foil

LLNL Petawatt 1999

proton acceleration by TNSA

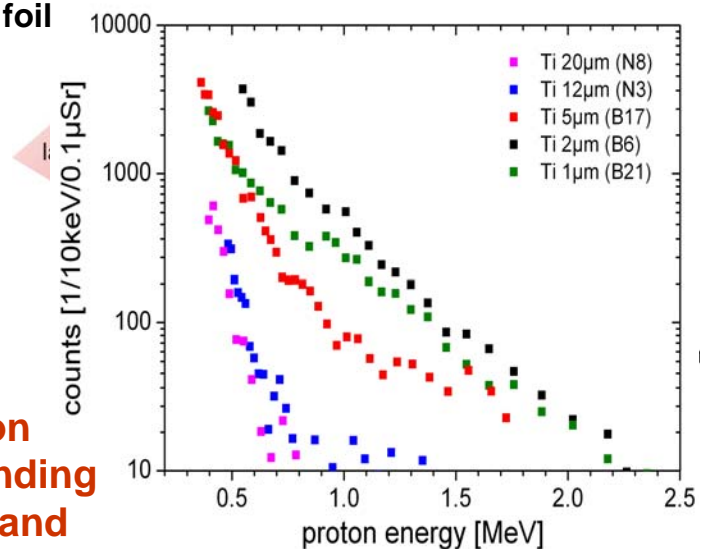
- hot electrons traversing the foil (divergence, pulse length)
- quasi static field normal to target surface (inhomogeneous)
- source size \gg laser spot



proton acceleration by TNSA

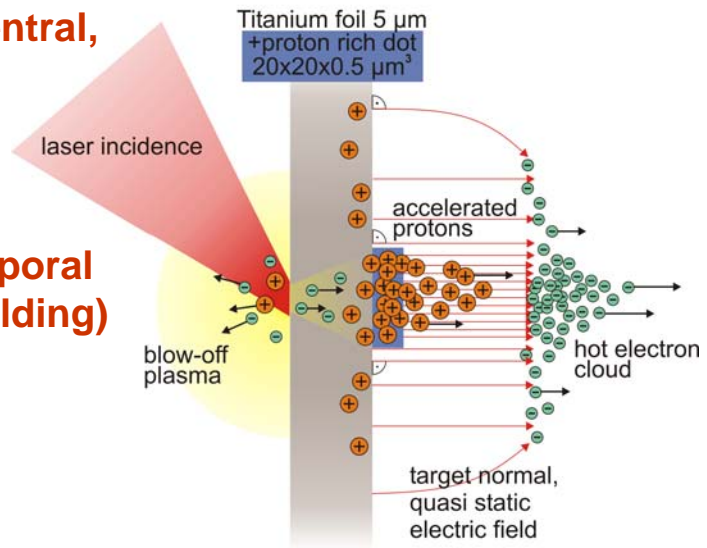
- hot electrons traversing the foil (divergence, pulse length)
- quasi static field normal to target surface (inhomogeneous)
- source size \gg laser spot

broad energy distribution (with max. energy depending on laser pulse duration and energy and target thickness)

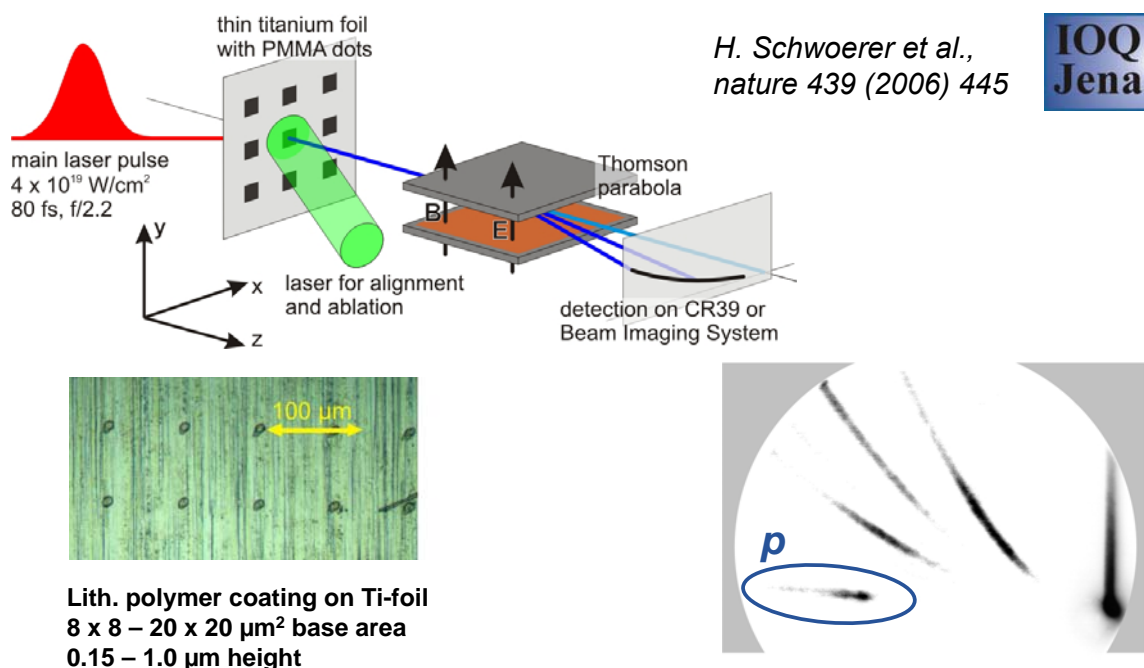


idea for narrow band distribution

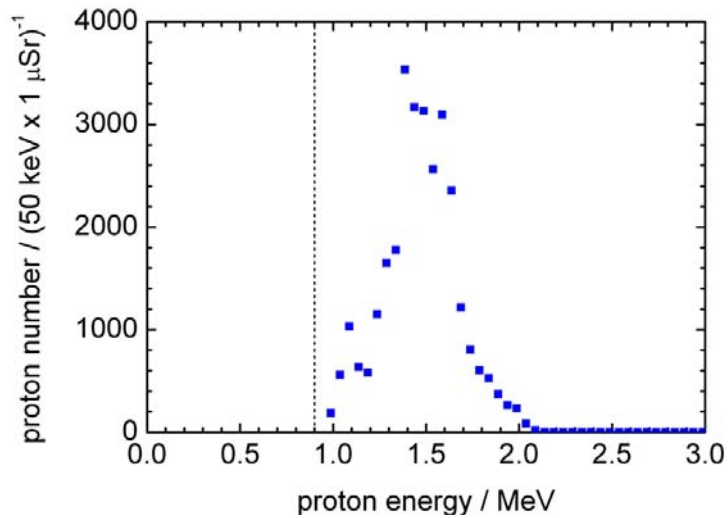
- Enhance yield in the central, homogeneous region, thus apply a proton rich dot
- use thin dot (avoid temporal field depletion and shielding)



exp. status in Jena



exp. status in Jena

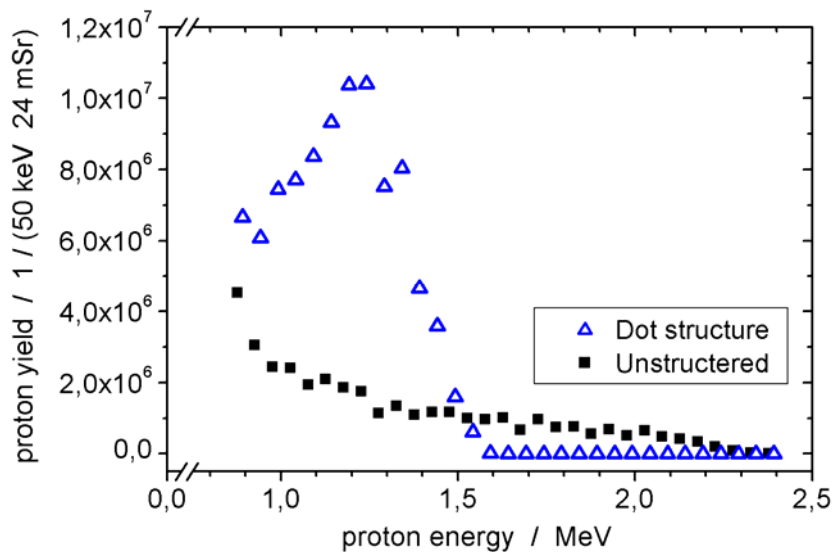


(overall number of ions about 10^8 in 20msr)

exp. status in Jena



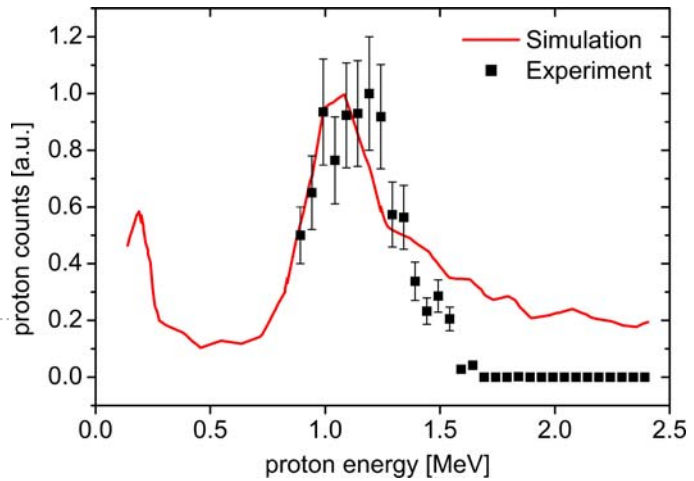
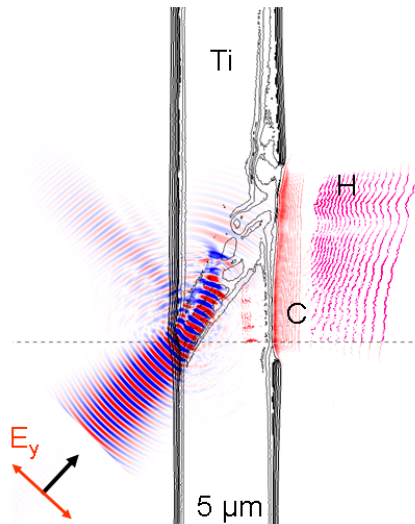
*H. Schwoerer et al.,
nature 439 (2006) 445*



exp. status in Jena

2D-PIC simulation by T. Esirkepov for following conditions :

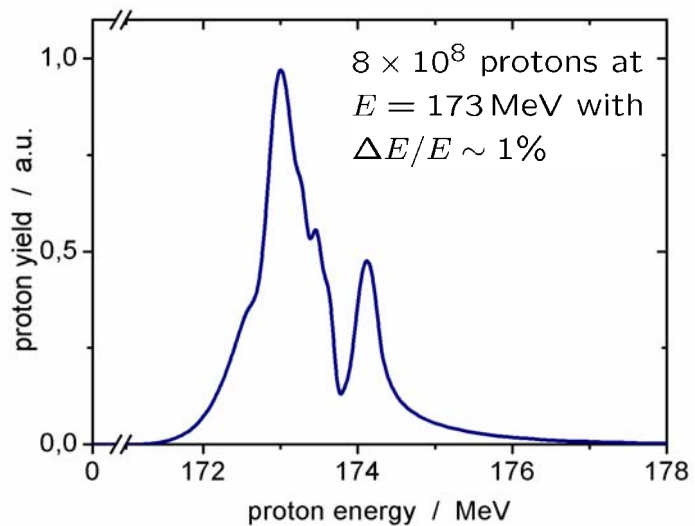
$I_L = 3 \times 10^{19} \text{ W/cm}^2$, $5 \mu\text{m}$ Ti-foil + $0.5 \mu\text{m}$ PMMA dot (20×20) μm^2



expectations for POLARIS

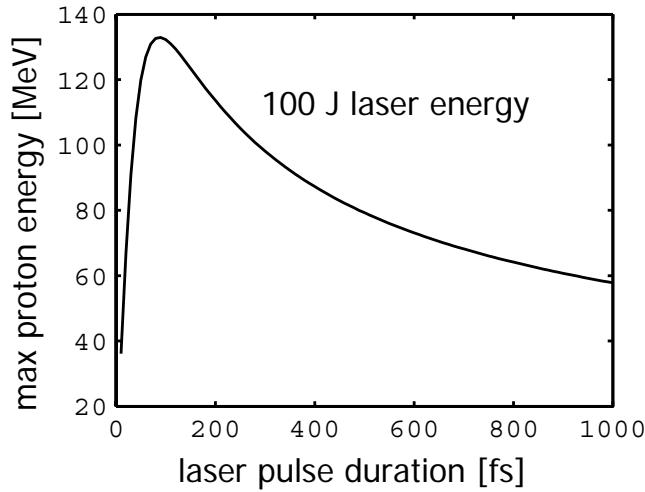
2D-PIC simulation by T. Esirkepov for next laser generation (POLARIS):

100 J in 100 fs, $I_L = 10^{21} \text{ W/cm}^2$, $5 \mu\text{m}$ Ti-foil + $0.1 \mu\text{m}$ PMMA dot ($\varnothing 2.5 \mu\text{m}$)



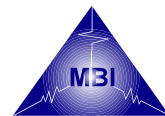
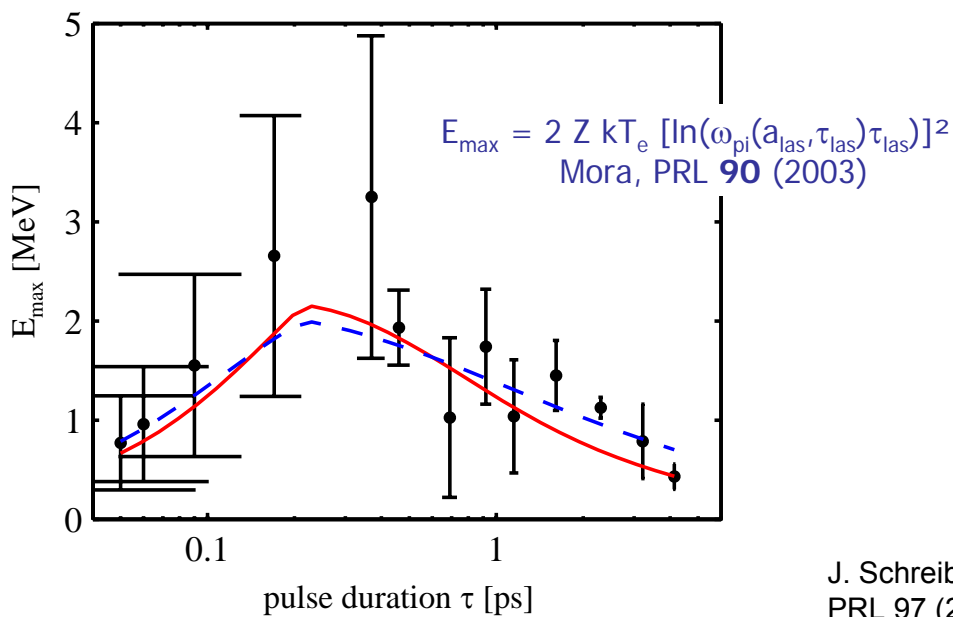
influence of pulse duration

For each laser system there is an optimal pulse duration for TNSA ion acceleration, which is not necessarily the shortest



J. Schreiber, et al,
PRL 97 (2006) 045005

influence of pulse duration



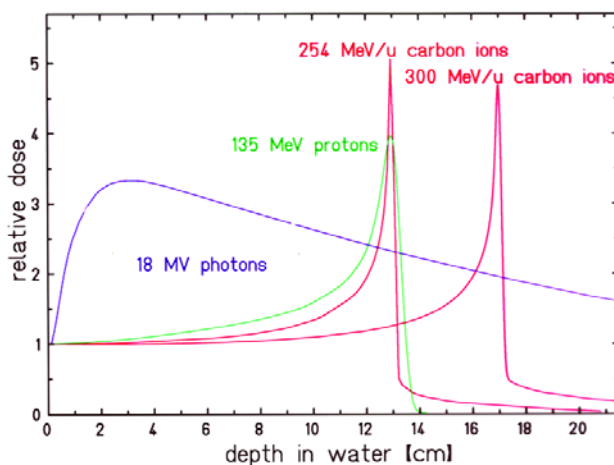
J. Schreiber, et al,
PRL 97 (2006) 045005

Laser Ionenbeschleuniger

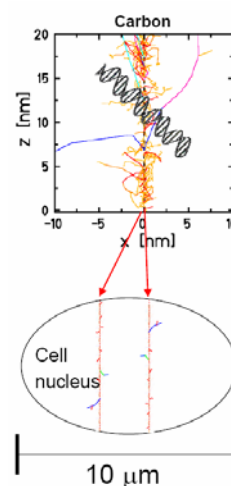
Kompakter Beschleuniger ! Nichtlineare Wechselwirkung

- Strahlenbiologie
- Kernphysik (PET Isotope)

heavy ion cancer therapy



Dose distribution in water of photons, protons and ^{12}C -ions

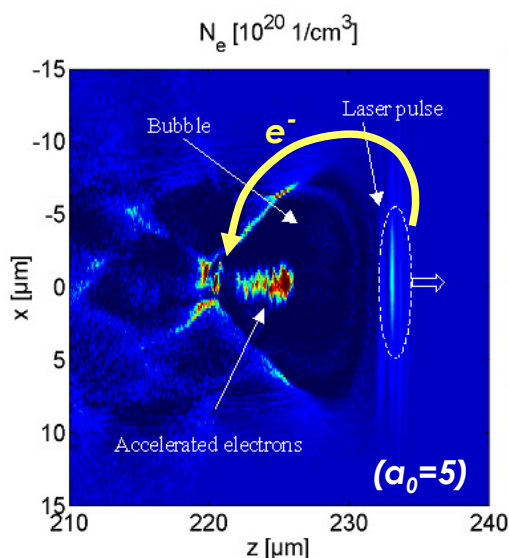


^{12}C -ion-track vs. cell dimensions

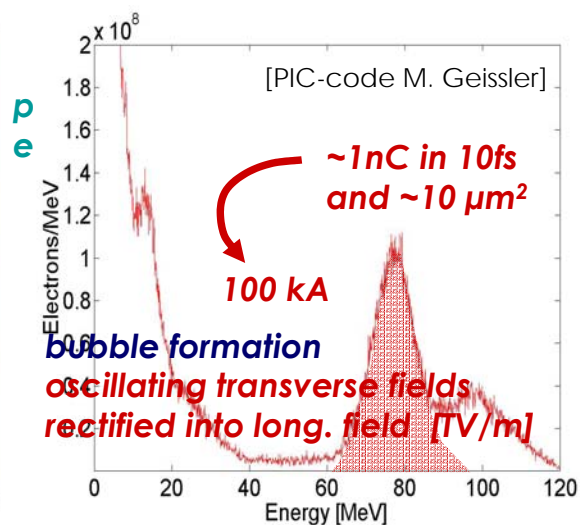
Laserbeschleunigte Elektronen (als Treiber von Strahlungsquellen)



'bubble' acceleration

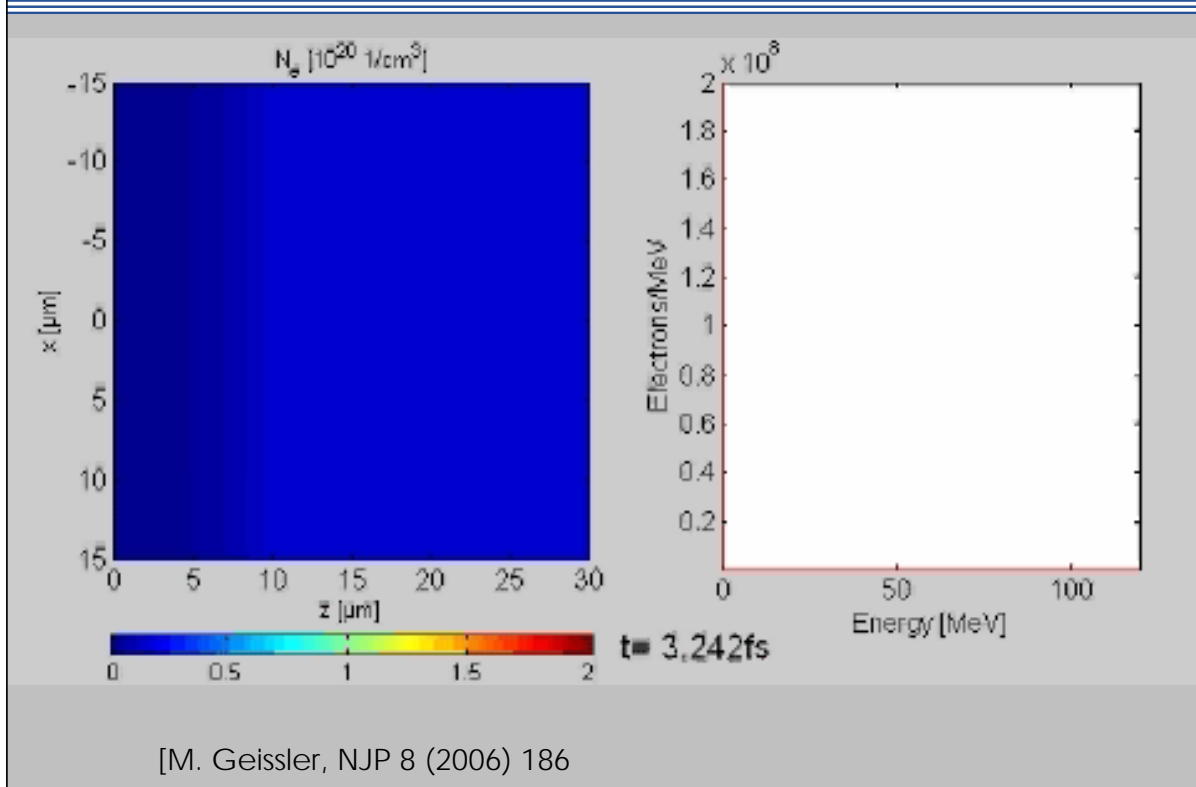


plasma wavelength < pulse length

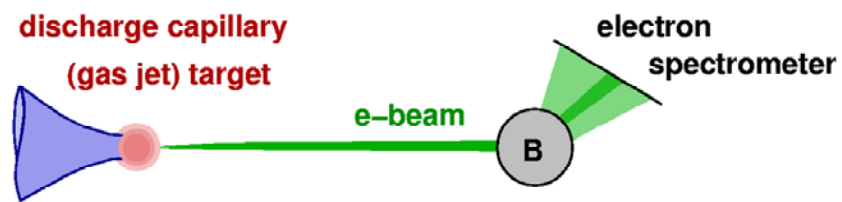


'mono-energetic' pulse

'bubble' acceleration

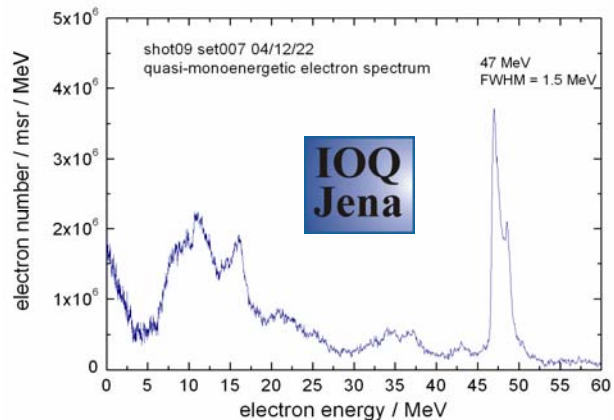


experiment (principle)

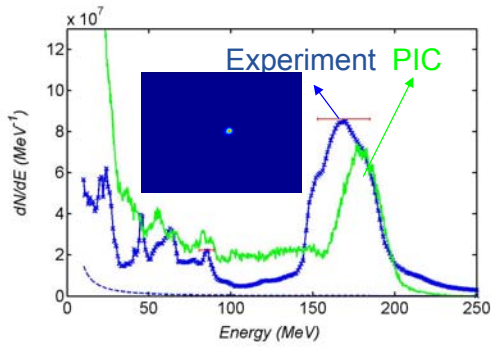


Optimize:

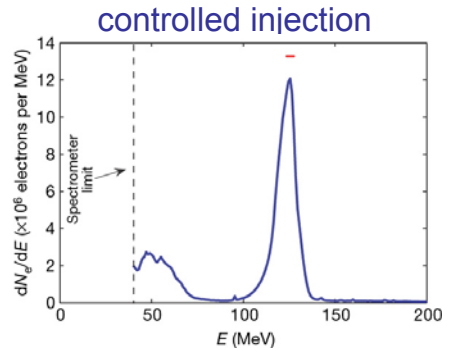
- **charge and pulse duration = current**
- **energy spread**
- **emittance**



"Dream Beams" and Recent Developments

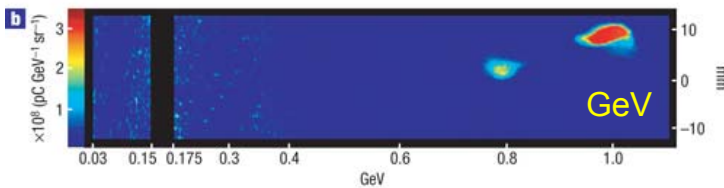


S. Mangles et al., C. Geddes et al., J. Faure et al.,
in Nature 431 (2004)



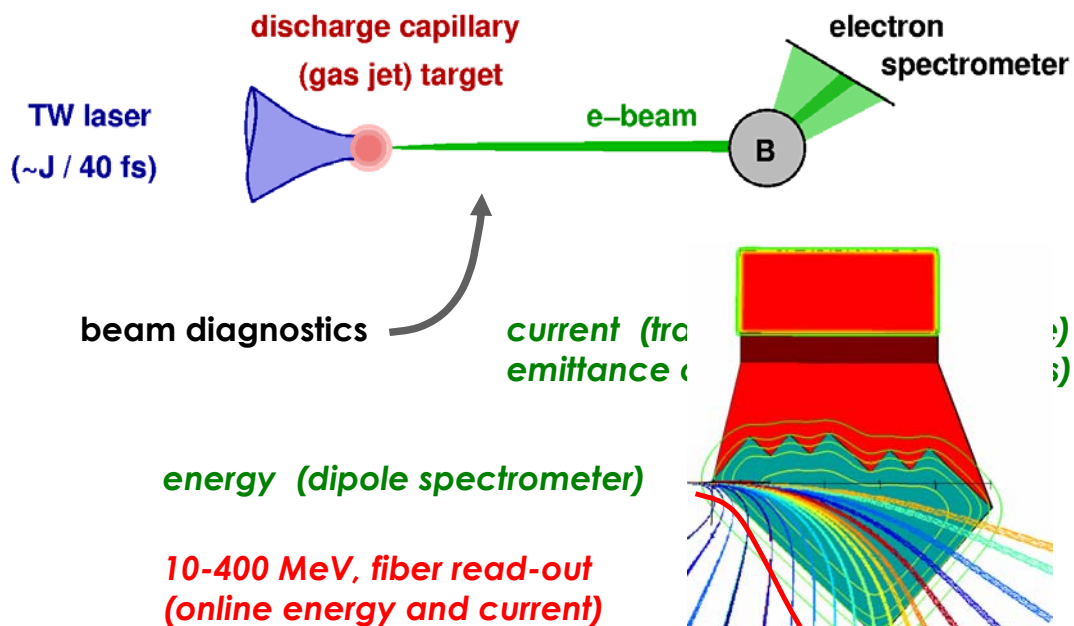
J. Faure, et al., Nature 444 (2006) 737

matched discharge capillary

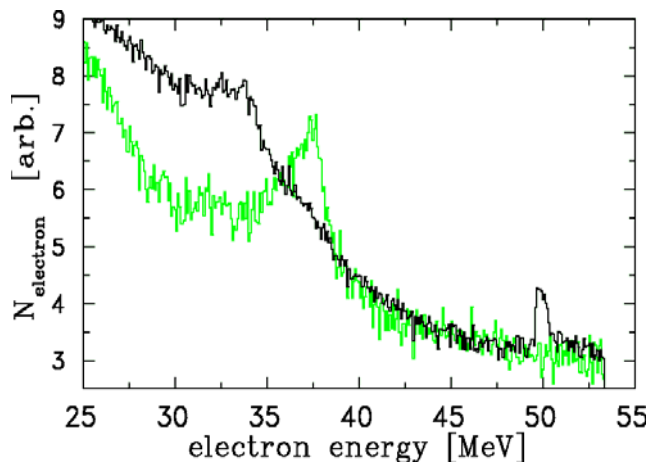


W. Leemans, et al.,
Nature physics 2 (2006) 696

experiment (principle)



exp. status – MPQ started



gas jet exp. started at MPQ
(10 TW ATLAS)



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

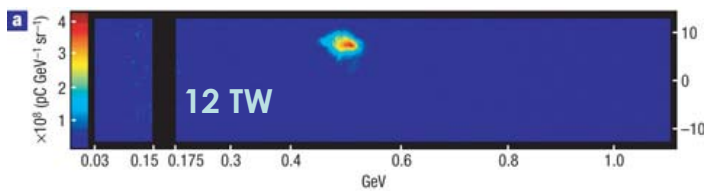
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

laser-plasma acceleration group
U. Schramm (@fzd.de)

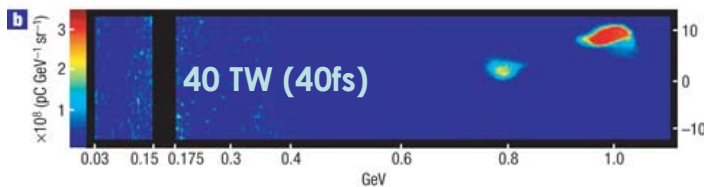
03/07

exp. status – best of

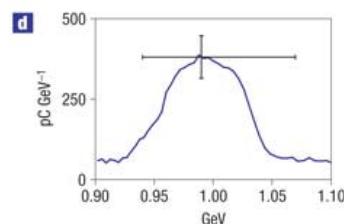
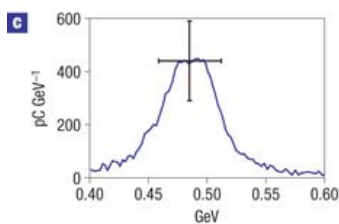
W. Leemans et al, nature online 24.9.06



matched capillary
discharge waveguide



2.5% energy spread
1.6mrad divergence
30pC charge



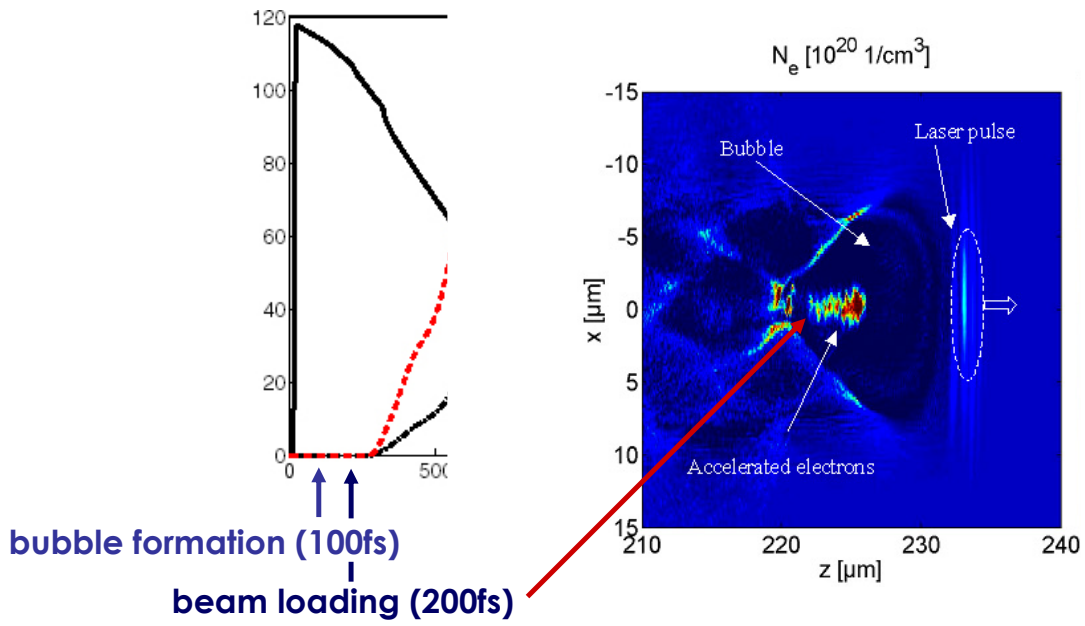
Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

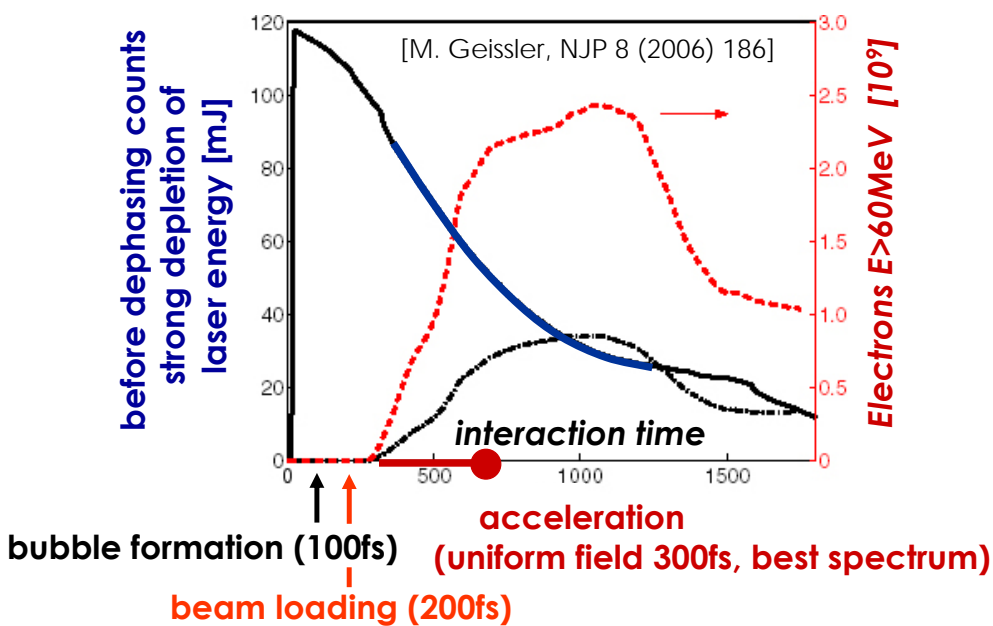
laser-plasma acceleration group
U. Schramm (@fzd.de)

03/07

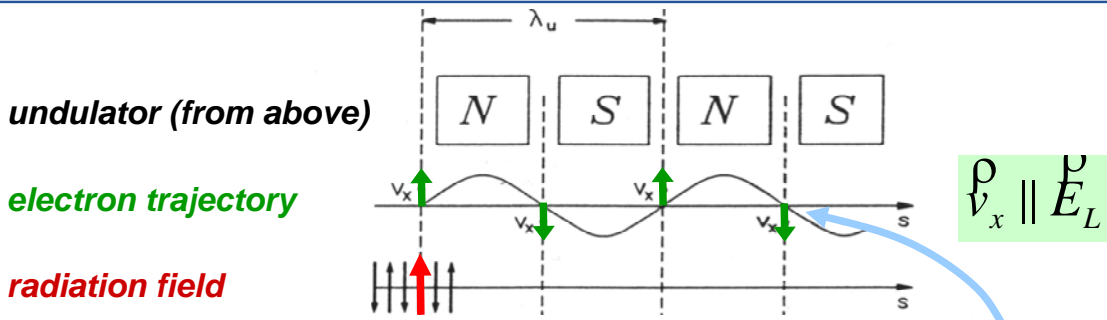
what determines total energy (70 MeV) and energy spread (10%) ?



what determines total energy (70 MeV) and energy spread (10%) ?



undulator radiation



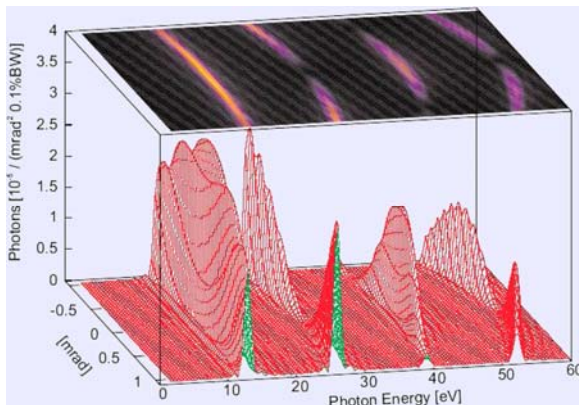
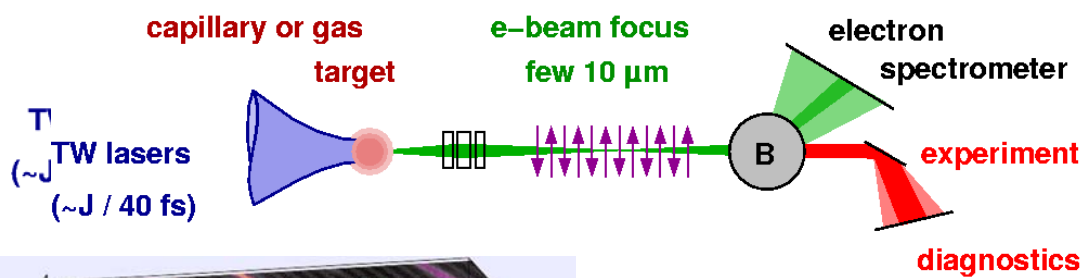
phase slippage

Doppler-like transformation

$$\lambda_L = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)$$

$$K = \gamma\theta_u$$

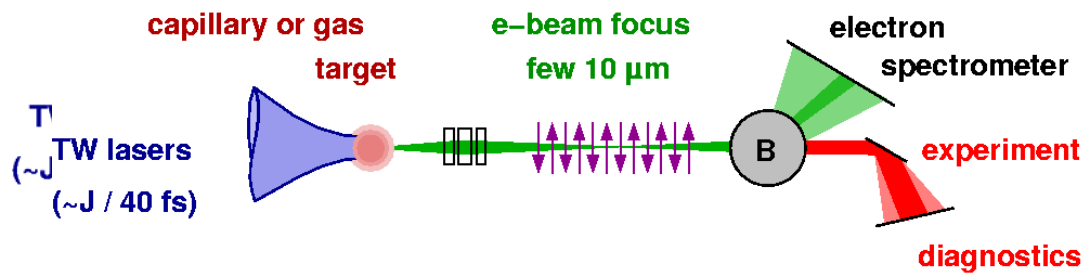
undulator test



no energy spread and higher harmonics only for $K > 1$

broad spectrum, but ...

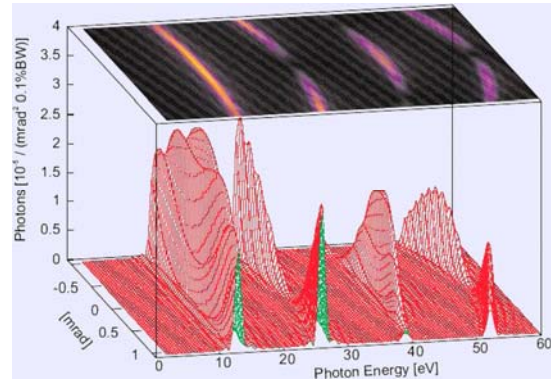
undulator radiation



Doppler-like transformation

$$\lambda_L = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2} + \gamma^2 \theta^2 \right)$$

5mm @ 100 MeV \rightarrow 60 nm (20 eV)



undulator radiation

Doppler-like transformation

$$\lambda_L = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2} + \gamma^2 \theta^2 \right)$$

30mm @ 50 MeV \rightarrow 1500 nm (0.8 eV)
 5mm @ 100 MeV \rightarrow 60 nm (20 eV) <- ideal test case
 3mm @ 1 GeV \rightarrow 0.4 nm (3.2 keV)

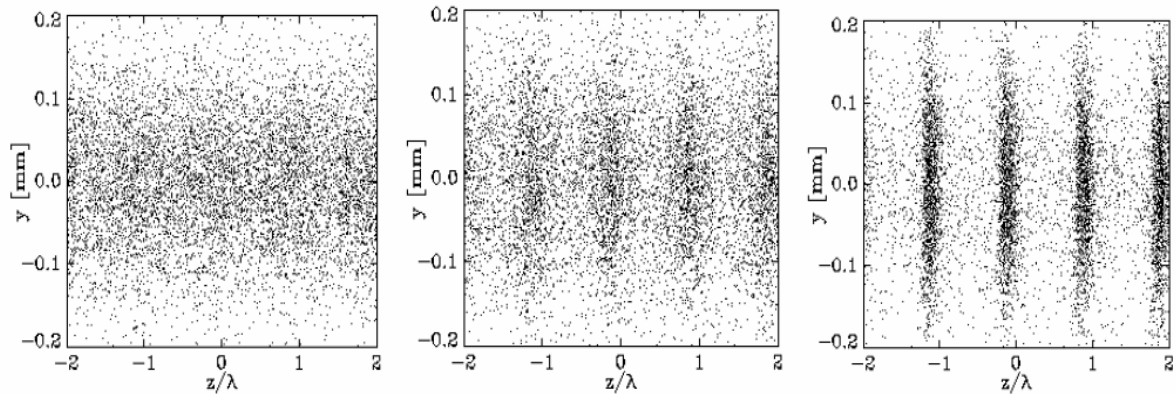
formalism similar to Thomson backscattering, where far higher photon energies are reached as $\lambda_{\text{laser}} \ll \lambda_u$

micro bunching

feedback of the radiation field to the beam -> energy modulation

undulator dispersion -> micro bunching (phase space rotation)

micro-bunching leads to enhanced (coherent) emission ... SASE FEL



(Genesis simulation, from DESY TDR)

How long does it take (gain length, saturation) ?

ideal 1D theory - idea

Gain length described by the Pierce parameter ρ

$$L_{\text{gain,ideal}} \propto \frac{\lambda_u}{\rho}$$

$$\rho = \frac{1}{2\gamma} \left[\left(\frac{I}{I_A} \right) \cdot \left(\frac{\lambda_u A_u}{2\pi\sigma_x} \right)^2 \right]^{1/3}, \quad (A_u \propto K \propto \lambda_u B)$$

- **high current** reduces gain length (increases Pierce parameter)
- for fixed emission wavelength **energy and undulator period length are coupled**

ideal 1D theory - idea

Gain length described by the **Pierce parameter ρ**

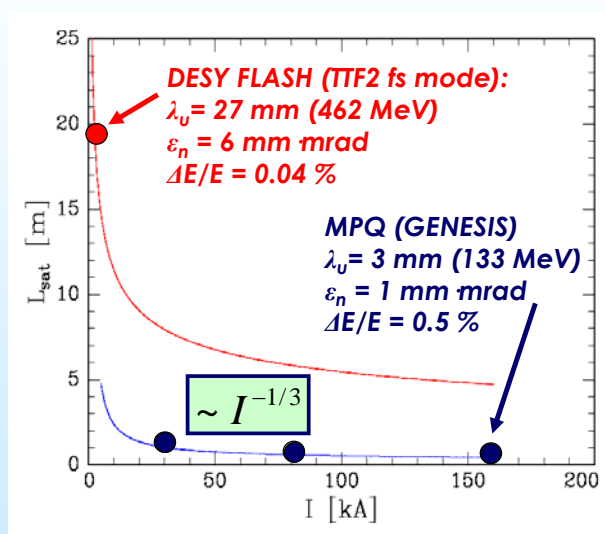
$$L_{\text{gain,ideal}} \propto \frac{\lambda_u^{1/6}}{I^{1/3}} \quad \rho \sim \frac{1}{\gamma} \cdot \lambda_u^{4/3} \cdot I^{1/3} \propto \lambda_u^{5/6} \cdot I^{1/3}$$

- **high current** reduces gain length
- for fixed emission wavelength **energy and undulator period length are coupled**
- reduction of undulator period length only possible for **high currents** (unavoidable for reaching interesting wavelength range in table-top device)

$$P_{\text{sat}} \sim \rho \cdot P_{\text{beam}} \sim (\lambda_u \cdot I)^{4/3}$$

current dependence

saturation length for SASE VUV FEL @ ~28nm



high current
 (=large Pierce par.)
 also important to
increase tolerance !

realistic 1D theory - idea

beam properties (emittance, energy spread, diffraction, ...) enter via a correction factor

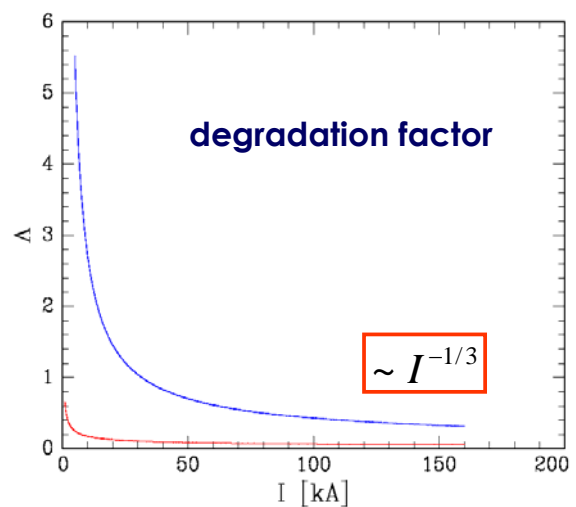
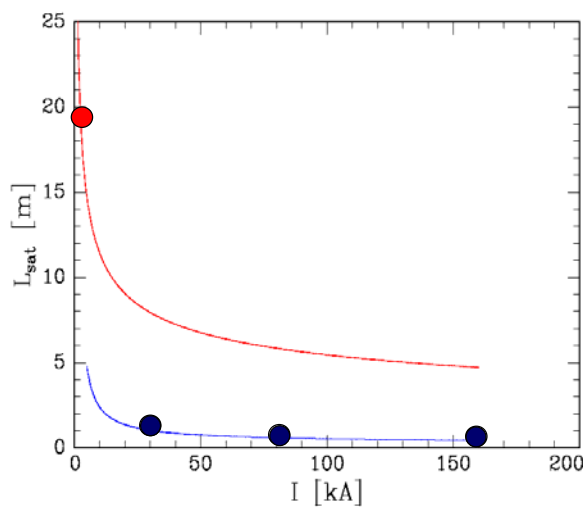
$$L_{\text{gain,real}} = L_{\text{gain,ideal}} \cdot (1 + \Lambda)$$

small correction depends on large Pierce parameter

$$\frac{\Delta E}{E} \stackrel{!}{<} \rho$$

realistic 1D theory - idea

$$L_{\text{gain,real}} = L_{\text{gain,ideal}} \cdot (1 + \Lambda)$$

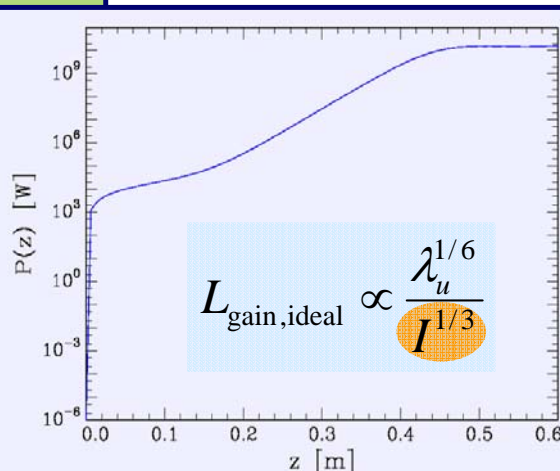


high current also important to increase tolerance !

laser driven vs. conventional FEL

	DESY (FLASH)	MPQ (sample case)
Electron current	1.3 kA	160 kA
Norm. emittance	6 mm-mrad	1 mm-mrad
Energy	461.5 MeV	130 MeV
Energy spread	0.04 %	0.5 %
Und. period	27 mm	3 mm
Pierce par.	0.0016	0.0117
Wavelength	30 nm	25 nm
Sat. Power	0.66 GW	5 GW
Sat. Length	19 m	45 cm

F. Grüner et al.,
AP B86, 431 (2007)

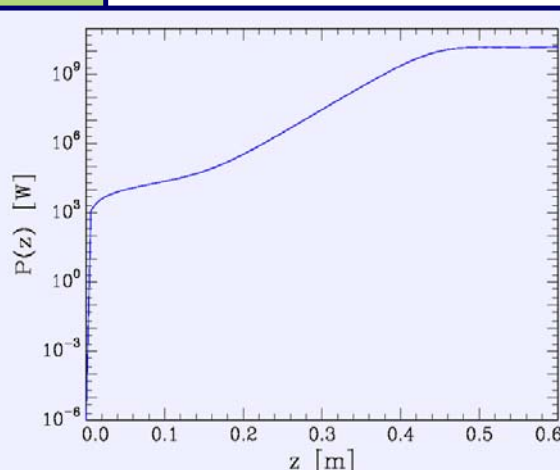


full Genesis simulation of laser driven test case

laser driven vs. conventional FEL

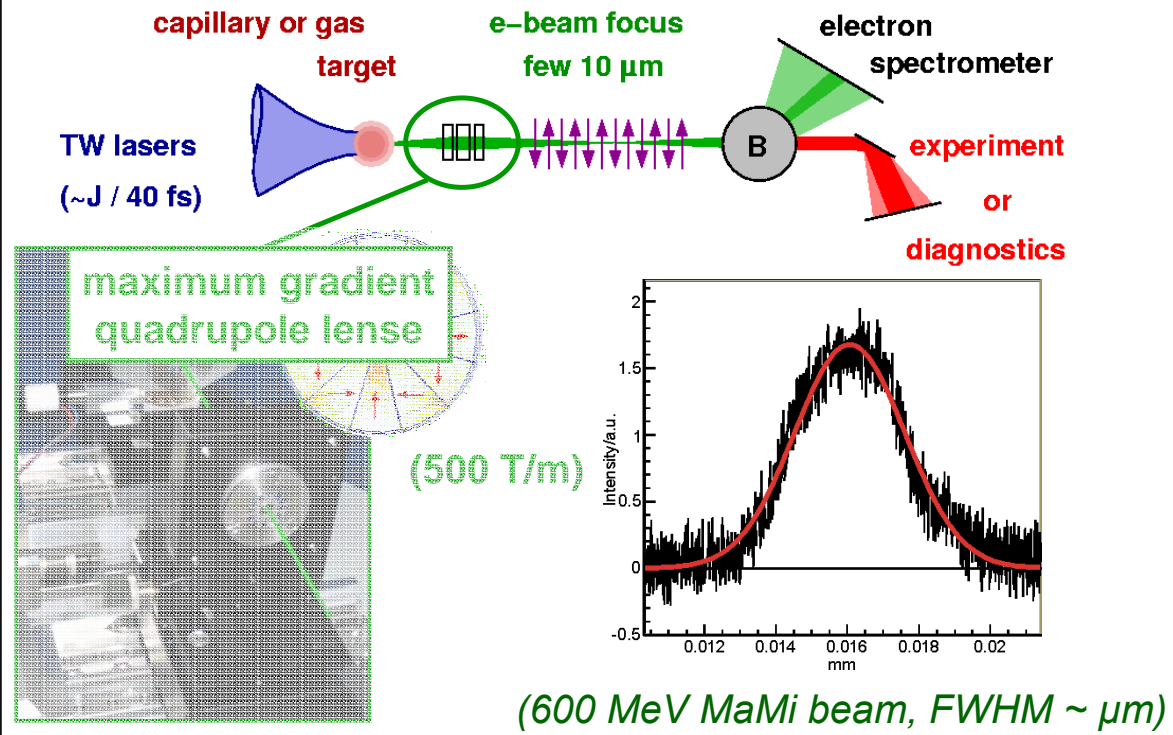
	DESY (FLASH)	MPQ (sample case)
Electron current	1.3 kA	160 kA
Norm. emittance	6 mm-mrad	1 mm-mrad
Energy	461.5 MeV	130 MeV
Energy spread	0.04 %	0.5 %
Und. period	27 mm	3 mm
Pierce par.	0.0016	0.0117
Wavelength	30 nm	25 nm
Sat. Power	0.66 GW	5 GW
Sat. Length	19 m	45 cm

F. Grüner et al.,
AP B86, 431 (2007)

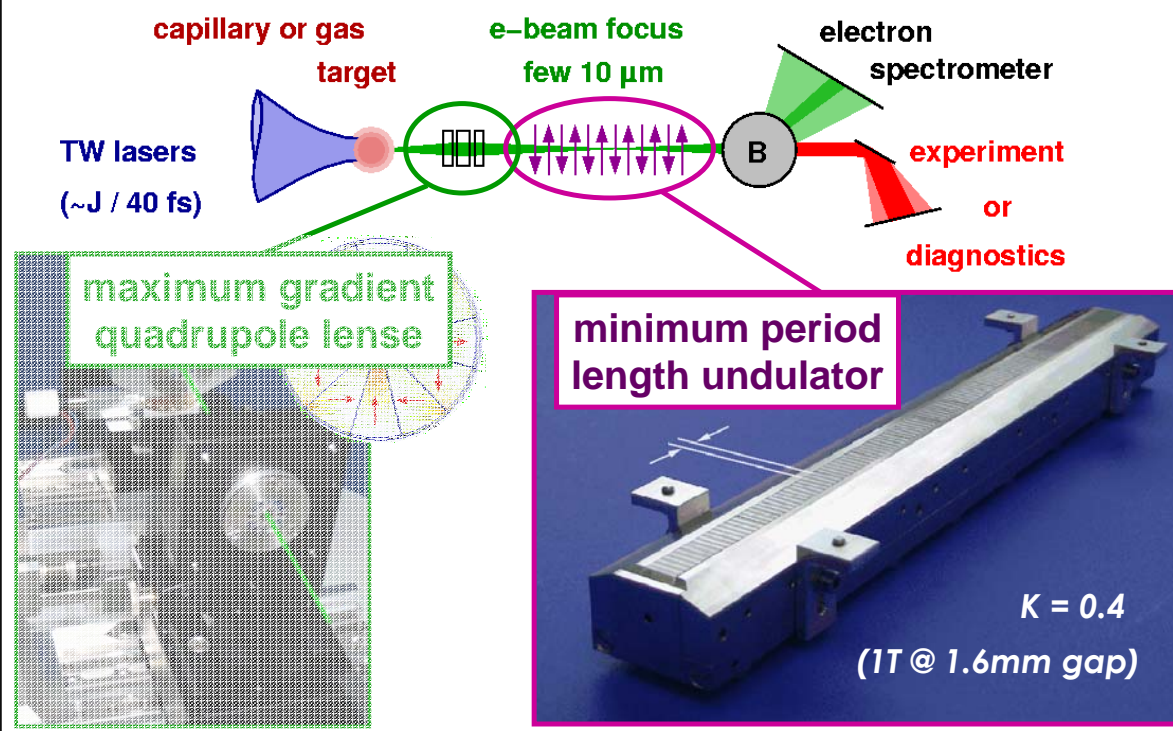


full Genesis simulation of laser driven test case

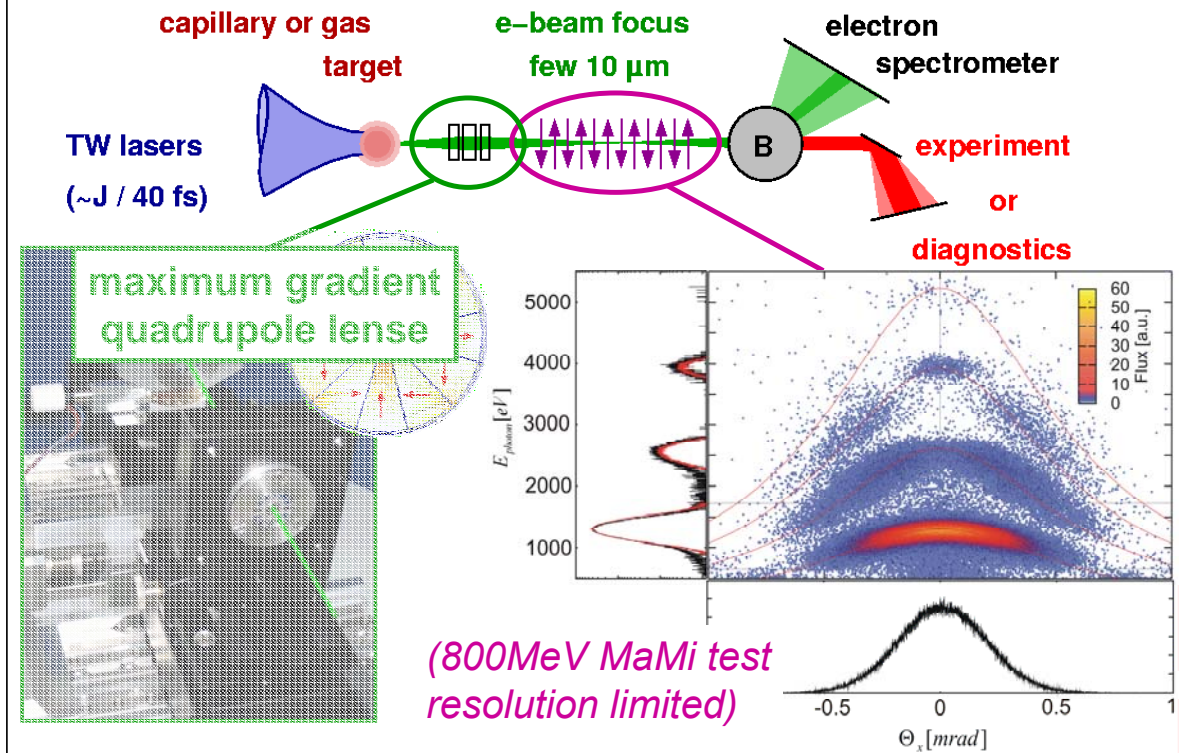
exp. status - components



exp. status - components

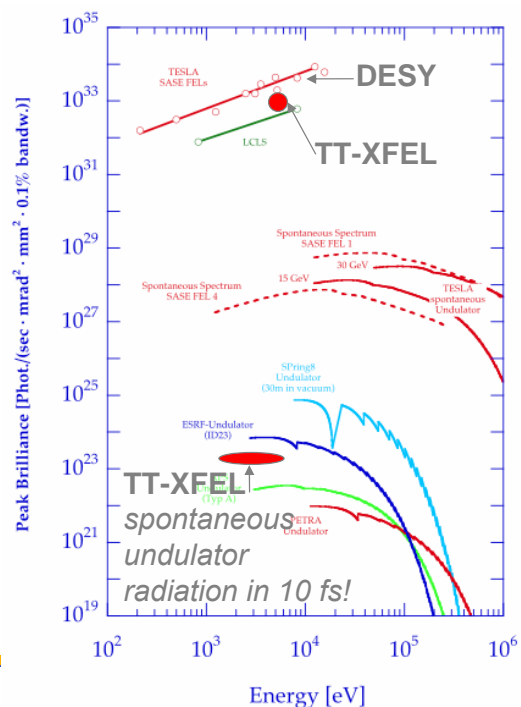


exp. status - components



long term perspective

- **SASE FEL operation seems possible due to extreme current**
- **saturation length of order of 3m for 1GeV electron beams and 10^{12} X-ray photons/bunch/0.1%BW**
- **photon energy can principally be increased into MeV range**



Thomson Rückstreuung (optische Undulatoren)

Thomson backscattering

can be treated as a counterpropagating undulator

$$\lambda_L = \frac{\lambda_{laser}}{4\gamma^2} \left(1 + \frac{a^2}{2} + \gamma^2 \theta_{obs.}^2 \right)$$

$$\theta_{emission} \sim \frac{1}{\gamma \sqrt{N_{laser}}}$$

- short laser wavelength allows for X-rays at lower e-energies
- combination with high brilliance accelerator
(e-beam properties define radiation properties, bandwidth)

$$N_{emission} \sim \alpha \cdot a_0^2 \cdot N_e \cdot N_{laser} \cdot f_{rep}$$

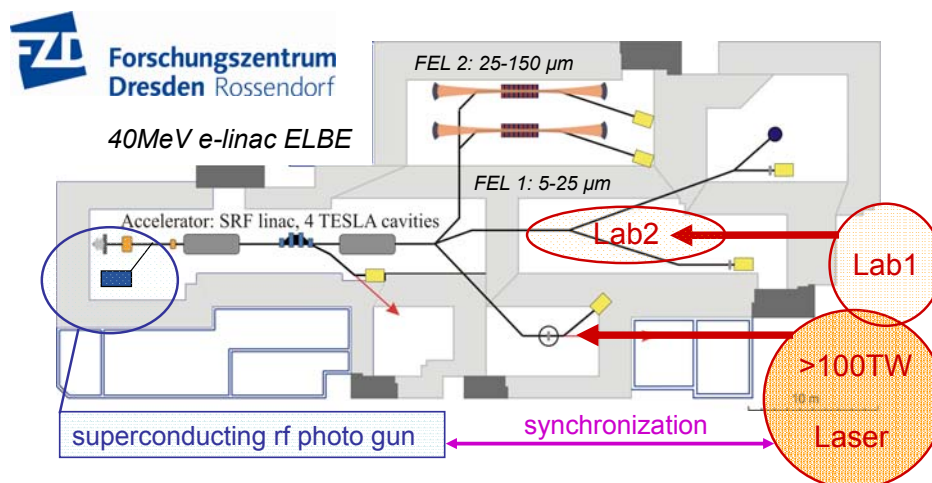
- example: 2 nC, $\epsilon_n = 1.5$ mm mrad, <40 MeV } < 30 keV
100 μ J, 100kHz, 300 fs }
1 J, 10Hz, 30fs } 10^9 - 10^{10} photons / s

Laser Elektronenbeschleuniger

**Treiber für Lichtquellen
(fs-Pulse, extrem brillant)**

- THz (z.B. Übergangsstrahlung)
- UV, Röntgen (Undulatoren, FEL)
- mit ELBE Thomson Rückstreuung

Experimental realization at the FZD



- Thomson scattering source (tunable)
- Ion acceleration – radiobiological studies
- Electron acceleration (self injected and ELBE)

probing high field QED laser induced vacuum birefringence

laser-induced vacuum birefringence

QED regime:

- *small photon energy* (compared to $m_e c^2$)
- *highest intensity* (yet low compared to $I_c = 4 \cdot 10^{29} \text{ W/cm}^2$)

dispersive effect (vacuum polarization) calculated in lowest non-trivial order $O(I)$ and $O(\omega^2_{probe})$ -> birefringence

phase shift
$$\Delta\phi = 2\pi \frac{d}{\lambda_{probe}} \cdot \Delta n = \frac{4\alpha}{15} \frac{d}{\lambda_{probe}} \cdot \frac{I}{I_c}$$

resulting ellipticity

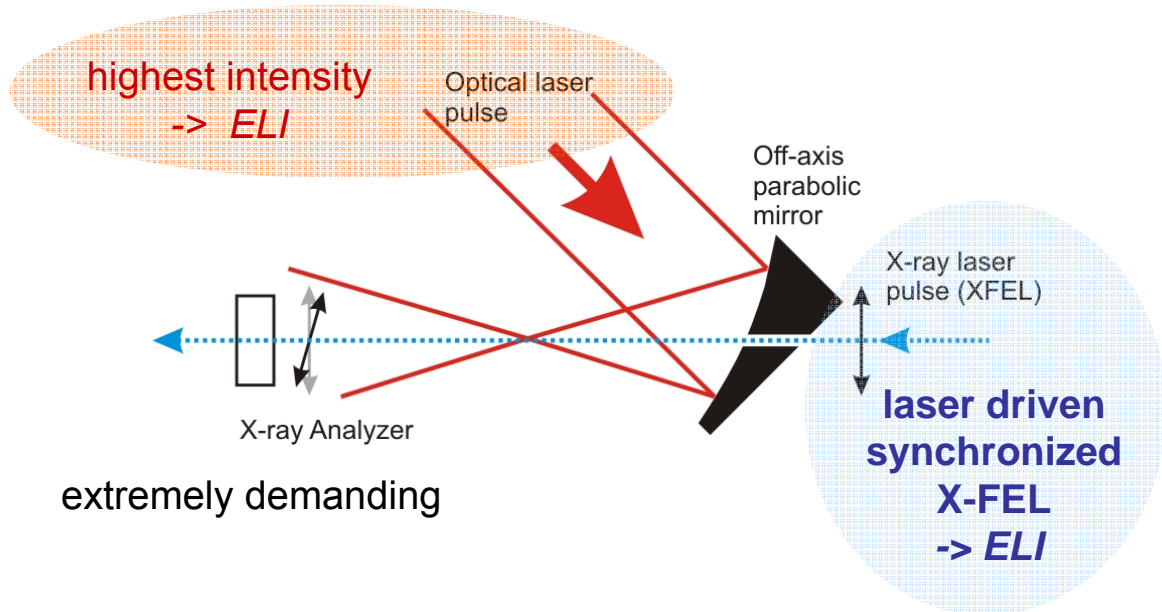
phase shift
$$\Delta\phi = 2\pi \frac{d}{\lambda_{probe}} \cdot \Delta n = \frac{4\alpha}{15} \frac{d}{\lambda_{probe}} \cdot \frac{I}{I_c}$$

measurable ellipticity (intensity measurement)

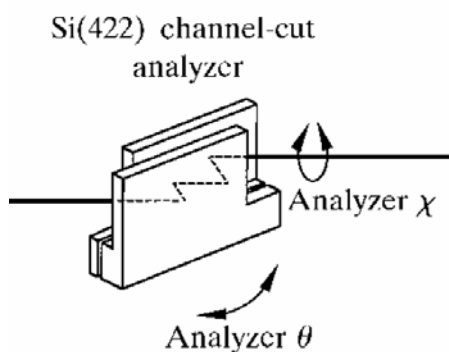
$$\delta^2 \sim (\Delta\phi/2)^2 \sim \omega_{probe}^2 \cdot \left(z_0 \frac{I}{I_c} \right)^2$$

brilliant X-ray probe **high intensity and interaction length**

experimental realization



detector (analyzer) technology



High contrast x-ray analyzers

(Hart 1991, Hasegawa 1999, Alp 2000):

- Multiple Bragg reflections from perfect crystals
- Contrast in the multi-keV range from 10^6 (measured) to possibly 10^{11} (calculated)
- Requiring perfect X-ray beam quality (in polarization and geometry)

experimental feasibility

absolute values for the induced vacuum birefringence

E_{probe} [keV]	I [W/cm ²]	z_0 [μm]	$\Delta\phi$ [rad]	δ^2
1	10^{22}	20	2.3×10^{-6}	1.3×10^{-12}
15	10^{22}	20	3.5×10^{-5}	3.0×10^{-10}
15	10^{24}	20	3.5×10^{-3}	3.0×10^{-6}

T. Heinzl, Opt. Com. 267 (2006) 318

- *completely out of range*
- *theoretically feasible, resolution not demonstrated*
- *possible with proven detector technology, ELI lasers, and ELI X-FEL technology*



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

laser-plasma acceleration group
U. Schramm (@fzd.de)

03/07

summary

100 TW laser system next to radiation facility ELBE and high-field lab

monochromatic ion beams
monochromatic electron beams (acceleration studies)
laser driven X-ray sources (ELBE or FEL)
... biophysics, oncology
high field studies

open positions for Diploma- and PhD students !!!



Die folgenden Seiten sollen einen Überblick über einen neuen Ansatz zur Strukturierung eines Instrumentsteuerungssystems geben.

Inspire wird im Rahmen einer Doktorarbeit an der *Open University in Milton Keynes* durchgeführt und von unterschiedlichen Einrichtungen in verschiedenen Formen unterstützt. Die primäre Softwareentwicklung und Planung wird im *Hahn-Meitner-Institut in Berlin* durchgeführt und an den Neutronenstreufraktometern *E3/E7* in Berlin und *Stress-Spec* der *TU-München* getestet.

Um eine hohe Kompatibilität zu verschiedenen gerätenahen Steuerungen zu realisieren, erfolgt die Entwicklung transparent und in Zusammenarbeit mit den Entwicklern von *CARESS (HMI)*, *TACO/NICOS (TUM)*, *SICS (PSI)* und anderer Hardwaresteuerungssysteme.

Inspire

Infrastructure for **N**atural **S**cience and
Programming in **R**esearch **E**nvironment

Open

Offene Entwicklung mit freien Quellen

Das Akronym „Open Inspire“ steht für

„Infrastructure for **N**atural **S**cience and **P**rogramming in **R**esearch Environment“
und wird der Entwicklergemeinde als offene Software mit freien Quellen zur
Verfügung gestellt.

Inspire beschreibt eine Softwarearchitektur, *Open Inspire* ist die konkrete
Realisierung einer Referenzimplementierung und *Inspire Sunrise* die
Referenzimplementierung eines *Inspire Clients*.

- System zur Gerätesteuerung, Datenerfassung und Archivierung
- Vermittler zwischen heterogenen Technologien
- Eine Ebene, die den Zugriff auf komplexe Systeme erleichtert
- Eine Hilfe, sich auf die eigentliche Aufgabe zu konzentrieren

Inspire dient als Vermittler zwischen heterogenen Komponenten, Softwarearchitekturen und Gerätesystemen und kann von einem plattformunabhängigen Kern unterschiedlichste Systeme zur Gerätesteuerung und Datenerfassung einbinden.

Durch Kapselung von Komplexität und der Möglichkeit, Fassaden für unterschiedliche Typen von Instrumenten zu erzeugen, ist es dem Programmierer möglich, sich auf seine eigentliche Programmieraufgabe zu konzentrieren. Soll beispielweise ein Modul für spezielle Motorpositionierungen entwickelt werden, so kann der Programmierer auf eine Fassade zurückgreifen, die Grundfunktionalitäten aller Motoren zur Verfügung stellt und schränkt sein Produkt nicht auf die konkrete Implementierung eines Steuerungsmodells ein.

Inspire selbst definiert keine Schnittstellen, sondern reduziert Abhängigkeiten durch lose Kopplung von Komponenten und Einführung von Vermittlerobjekten.

- **Software als Hilfe für den Menschen**
 - Einfache Entwicklung, Konfiguration und Anwendung
 - Maximale Flexibilität bei minimaler Einarbeitungszeit
- **Eine maximale Wiederverwertbarkeit schaffen**
 - Einfache Integration von Inspire in bestehende Systeme
 - Leicht bestehende Systeme in Inspire integrieren
 - Das Rad nicht neu erfinden, die richtigen Standards wählen
- **Ein leichtgewichtiges Modell schaffen**
 - Keine Abhängigkeiten zwischen Komponenten und Framework
 - Austauschbarkeit und Skalierfähigkeit

Bei der Entwicklung von *Inspire* wurden einige Leitbilder beachtet:

Die Software soll von Menschen bedient, konfiguriert und erweitert werden.

Aus diesem Grund wird aus dem Auge des Anwenders auf das System geblickt und nicht von der Hardware.

Das bedeutet konkret, dass möglichst viele Daten wie Buscontroller, Hardwareadressen etc. vor dem Anwender verborgen bleiben und nur selbstsprechende Funktionen wie *Motor.getPosition* oder *Detector.getSnapshot* genutzt werden, die auf unterschiedlichste vorhandene Systeme abgebildet werden können. Hardwarenahe Konfigurationsaufgaben werden einmalig bei der Instrumenteneinrichtung konfiguriert. Sollen spezielle proprietäre Funktionen eines Hardwaresteuerungssystems genutzt werden, so ist dies auch möglich, verringert aber die Kompatibilität zu Komponenten die diese Funktionen nicht unterstützen.

***Inspire* erfindet das Rad nicht neu.**

Es gibt inzwischen zahlreiche gut durchdachte Systeme zur Steuerung von Hardware. *Inspire* versteht sich nicht, diese Funktionalitäten zu ersetzen, sondern erweitert die Funktionen bestehender Systeme ohne Abhängigkeiten zu schaffen. Durch die Wahl geeigneter und erprobter Standards und durchweg schlanke Schnittstellen wird nicht nur erleichtert bestehende Systeme an *Inspire* anzubinden, sondern ermöglicht Teile von *Inspire* in andere Systeme einzubinden.

Nutzung eines leichtgewichtigen Modells

Sollen Komponenten von *Inspire* in andere Systeme eingebunden werden, so ist dies problemlos möglich, da keine Abhängigkeiten zwischen Komponenten und zwischen Framework und Komponenten bestehen. Jedes *Inspire* Modul wird mit dem Framework zur Laufzeit lose gekoppelt und kommt komplett ohne proprietäre Methodenaufrufe, Bibliotheken oder Übergabevariablen aus. Durch Nutzung von Mechanismen aus der *Aspektorientierten Programmierung* und Laufzeitmechanismen des JIT-Compilers ist eine spätere Erweiterung ohne Änderung der Komponenten möglich.



- Komponentenmodell
 - Java Beans (Plain Old Java Objects) +
 - Metainformation (XML oder Annotations)
- Vorteile
 - Gut dokumentiert, bewährt, leicht zu erlernen
 - Einbindung von Beans anderer Anwendungen
 - Beans von Inspire ohne Änderung in jeder anderen Anwendung nutzbar, da nicht an Inspire gebunden

Obwohl Inspire ein abstraktes System definiert, welches in vielen modernen Programmiersprachen wie Java oder C# realisiert werden kann, wird derzeit eine konkrete Implementierung mit der Programmiersprache Java realisiert. Java bringt alle notwendigen Eigenschaften mit, ist komplett Quelltextoffen, flexibel, schnell und vor allem plattformunabhängig, was für einen Einsatz in heterogenen Umgebungen spricht.

Als Komponenten kommen Standard Java Beans in Kombination mit Metainformationen zum Einsatz.

Mit Java Beans wird ein seit Jahren bewährter Standard genutzt, dessen Aufbau sehr leicht zu erlernen ist. Durch Verzicht auf ein proprietäres Komponentenmodell kann an dieser Stelle viel Entwicklungsarbeit eingespart werden, denn es sind bereits zahlreiche Dokumente verfügbar, und für Inspire entwickelte Beans können ohne Änderung in jeder Java Anwendung ihren Einsatz finden.

Die genutzten Eigenschaften der Beandefinition sind so trivial, dass der Aufbau in fast jeder anderen Sprache ohne Änderung verwendbar ist. Für einige Sprachen wie C# gibt es sogar Konverter, welche die Beanschnittstellen 1 zu 1 konvertieren.

Nutzung von Metainformationen

Die alleinige Offenlegung von Methoden zur Verknüpfung in *Inspire* ist nicht ausreichend, da bekannt sein muss welche Funktion eine Methode hat, wann sie aufgerufen werden kann, von wem sie aufgerufen werden kann und was eine Methode bewirkt. Hier wird ein Kunstgriff verwendet, der die Unabhängigkeit der Bean wahrt aber dennoch alle benötigten Informationen zur Verfügung stellt.

Die einfachste Möglichkeit ist die Nutzung von Annotations, die seit Java 1.5 zum Java-Standard gehören. Jede Methode kann mit einer entsprechenden Funktion und Beschreibung versehen werden, ohne dass die Methode selbst in ihrer Funktion verändert wird. Inspire kann diese Informationen zur Laufzeit analysieren und die Methoden in Abhängigkeit ihrer Metainformationen unterschiedlich behandeln. Die Nutzung von Annotations ist sehr einfach zu bewerkstelligen, jedoch nicht immer nutzbar, da der Zugriff auf den Quelltext erforderlich ist. Möchte man eine strikte Trennung, lassen sich alle Funktionen auch durch XML-Metabeschreibungen realisieren, die in diesem Fall komplett von der Bean getrennt sind.

Erzeuge seiTagung.sample.SampleMotor.java mit Inhalt

```
package seiTagung.sample; // Eindeutiger Paketname
import inspire.annotations.*; // Annotationsimport (optional)

public class SampleMotor {
    private int speed;

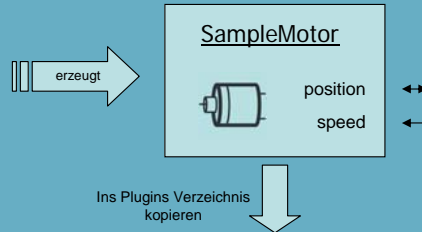
    @IPort public int getPosition(){
        return 23;
    }

    @IPort public void setPosition(int position){
        System.out.printf("Fahre zu %d", position);
    }

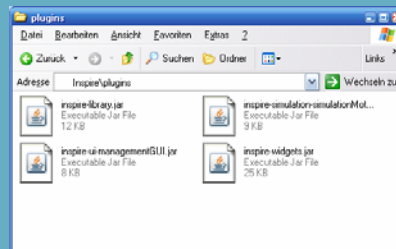
    @IProperty public void setSpeed(int speed){
        this.speed=speed;
    }
}
```

Metainformationen (Alternativ XML)

seiTagung-sample-SampleMotor.jar



Ins Plugins Verzeichnis kopieren



Eventhandling kann durch Property Change Events (Java Beans) realisiert werden

Zum Aufbau einer einfachen *Inspire* Komponente ist nicht viel Wissen erforderlich.

Eine in *Open Inspire* funktionierende Bean lässt sich in wenigen Worten erklären und auch auf andere Programmiersprachen übertragen.

Eine *Inspire Komponente* kommt komplett ohne proprietäre Bindung zu anderen Komponenten aus und kann deshalb durchgehend mit Java-Hausmitteln realisiert werden.

- Es wird eine normale Java Klasse erzeugt (*SampleMotor*)
- Der Javaklasse wird ein eindeutiges Package zugeordnet (*seiTagung.sample*)
- Es werden *Getter-* und *Settermethoden* hinzugefügt durch welche später auf die Komponente von außen zugegriffen wird (*getPosition, setPosition, setSpeed*)
- Es werden Metainformationen wie *@IProperty* und *@IPort* hinzugefügt
- Nach Erstellung der Bean wird eine .jar Datei erzeugt, die sämtliche zur Komponente gehörenden Klassen zu einem Archiv zusammenfasst
- Einfaches Kopieren dieser Komponente in das *plugins-Verzeichnis* von *Inspire* reicht aus, um die Komponente sofort zu aktivieren und zu nutzen.
- Soll Eventhandling genutzt werden, so wird auf *Property Change Events* des Standard-Java-Sprachumfangs zurückgegriffen

- Konfiguration, Erzeugung und Verdrahtung aller Komponenten via XML-Datei mit Spring Syntax
- Inspires IoC-Container nutzt intern das Dependency Injection Pattern und AOP-Techniken
- Komponenten und Framework sind dadurch lose gekoppelt und unabhängig nutzbar
- Programm hat alle Stärken einer monolithische Anwendung trotz vollständiger Modularität

Die alleinige Auswahl von Beans als Komponentenarchitektur reicht noch nicht aus, um ein Steuerungssystem zu realisieren; vielmehr ist es die Hauptaufgabe von *Inspire*, die Komponenten im geeigneten Maß miteinander zu verdrahten.

Sämtliche Ports und Properties werden zur Laufzeit analysiert; dies funktioniert selbst bei bereits kompilierten Klassen.

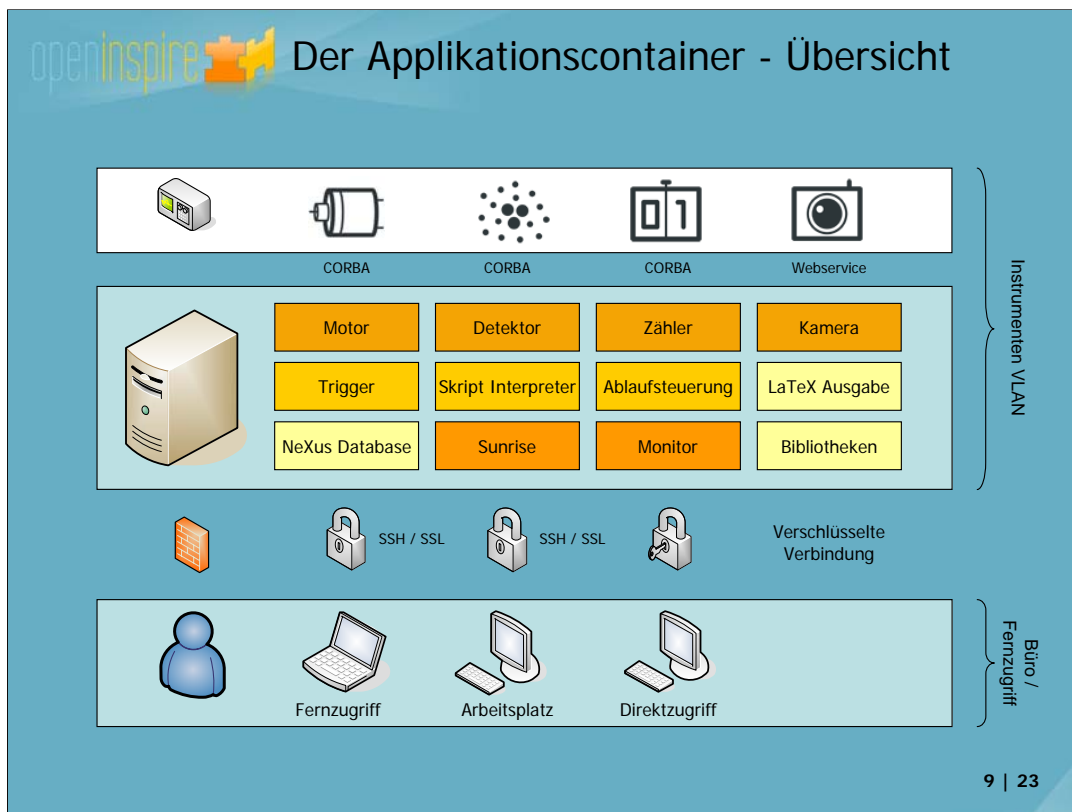
Der Kern ist ein *Inversion of Control Container*, der es ermöglicht, sämtliche Ports der Komponenten via XML-Datei zu verdrahten.

Eine Komponente die sich *im plugins_verzeichnis* befindet, wird automatisch gefunden und kann via XML-Context erzeugt werden; dabei werden beim Start alle Methoden mit Annotation *@IProperty* automatisch mit Werten aus der XML-Datei initialisiert. Methoden mit der Annotation *@IPort* können direkt miteinander verdrahtet werden.

Die Konfiguration und Verdrahtung kann dabei entweder textuell durch die XML-Datei oder grafisch geschehen. Da alle Komponenten lose gekoppelt sind, können diese zu beliebigen Experimenten verknüpft werden. Jede Komponente kann in beliebigen Umgebungen wiederverwendet werden und die Verdrahtung gibt jedem Wissenschaftler die Flexibilität, auch ohne Programmierkenntnisse verschiedenste Experimentkonfigurationen zu erzeugen und anderen zur Verfügung zu stellen.

Trotz vollständiger Modularität steht das System einer monolithischen Umgebung in keinem Bereich nach. Nachdem der Context analysiert wurde, verhält sich das Experiment wie eine monolithische Umgebung und kann Daten durch lokale Referenzen austauschen. Dies ist vor allem ein enormer Vorteil in Bezug auf Speicherplatz und Geschwindigkeit, da auf die gleichen Daten zugegriffen werden kann, ohne komplexe Umformungen und Kopien der Daten zum Transport zwischen den Komponenten vornehmen zu müssen.

Sollen Daten über Rechnergrenzen hinweg verteilt oder wegen Sicherheitsüberlegungen keine Referenzen genutzt werden, so lassen sich die Transfermechanismen dank *Aspektorientierung* systemweit ersetzen.



Das Herz von *Inspire* ist ein *Applikationsserver*, der sinnvollerweise in einem geschützten Instrumentennetz läuft und den *Inspire Container* beherbergt.

Ein *Inspire Inversion of Control*- Container beherbergt eine bestimmte Anzahl baugleicher Komponenten, die unterschiedliche Aufgaben ausführen und mittels *Dependency Injection* miteinander verknüpft werden können.

Jedes Komponente hat die gleiche Berechtigung wie alle anderen und wird in gleicher Weise programmiert, installiert, konfiguriert und angesteuert.

Der Motor, Detektor, Zähler und Kamera sind beispielsweise als Hardwarestellvertreter realisiert. Sie stellen lokale Ports zur Verfügung, die im Container verbunden werden können. Der Programmierer hat dabei die Freiheit, eine geeignete Methode zu wählen, mit der er die Hardware direkt ansteuert. Eine bereits realisierte Möglichkeit ist beispielsweise die Ansteuerung via *CORBA*, wie es beim System *CARESS* eingesetzt wird. Derzeit in Vorbereitung sind Module für *TACO* und *SICS*.

Weiterhin können Komponenten wie der Trigger, der als Thread zu bestimmten Zeitpunkten andere Module anstoßen kann, ein Skriptinterpreter und eine Ablaufsteuerung für die Ausführung von Messabläufen, *LaTeX* für die Generierung von Messprotokollen oder verschiedenste Datenbankkomponenten wie *NeXus* realisiert werden.

Genauso wie sich die bereits genannten Komponenten ins System einfügen, wird für die Komponente *Sunrise* und *Monitor* vorgegangen.

Inspire Sunrise ist die Referenzimplementierung eines grafischen Clients, der unter anderem Komponenten verwalten, Messabläufe konfigurieren und Daten visualisieren kann.

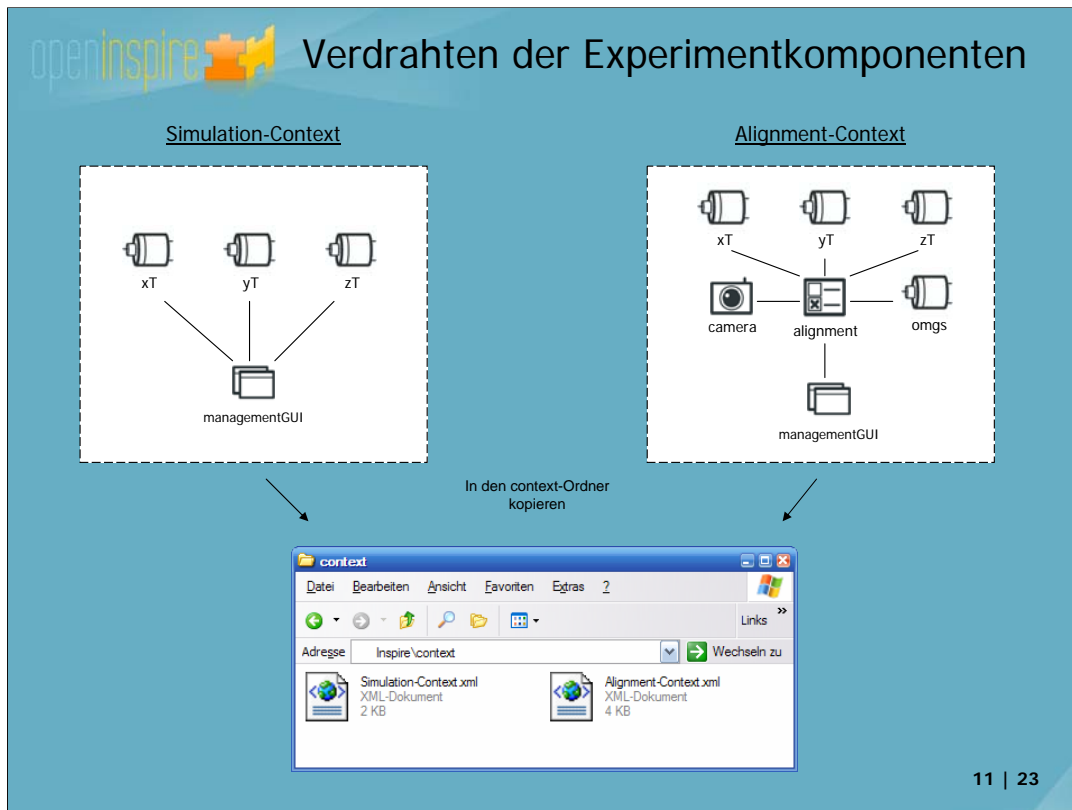
Der *Sunrise Client* koppelt sich dabei via *Webservice* an das im Container liegende Modul an. Der *Monitor* kann verwendet werden, um aktuelle Systemparameter auf einem entfernten Rechner aktualisiert darzustellen.

Durch mehrere Sicherheitsmechanismen ist es möglich, das Messgeschehen je nach Zugriffsrecht direkt am Gerät, vom Arbeitsplatz oder von Zuhause aus zu kontrollieren oder zu beobachten.

Beispielanwendung

Simulation einer Motorpositionierung





Der Vorteil in der Nutzung von XML-Contextdateien zur Verdrahtung von Komponenten liegt klar darin, dass aus wenigen vorgefertigten Komponenten vielfältige Szenarien in kurzer Zeit realisiert werden können. Für jeden Experimenttyp kann ein neuer XML-Context angelegt werden und eine andere Verdrahtung der selben Komponenten erfolgen, die dann geladen werden kann.

Als Beispiel sei hier das einfache Beispiel *Simulation-Context* und *Alignment-Context* genannt.

Beide Context-Dateien erzeugen die selben drei Motoren *xT*, *yT* und *zT* und die *managementGUI*, welche die mit ihr verbundenen Komponenten automatisch erkennt und visualisiert.

Der *Simulations-Context* öffnet mit der *managementGUI* ein Fenster und zeigt Widgets für die Motoren *xT*, *yT* und *zT* an, mit denen z.B. Motorpositionen gesetzt werden können.

Die gleichen Komponenten finden auch Einsatz im *Alignment-Context*. Hier sind jedoch alle Motoren und eine Kamera mit einer zentralen *alignment-Komponente* gekoppelt die ein proprietäres Alignment-Fenster in der *managmentGUI* darstellt.

Wird das Alignment aus der *alignmentGUI* gestartet, so überprüft die Kamera die Position von Proben auf dem Probenstisch und positioniert diese mit Hilfe der Motoren auf Probenstischmitte.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans ...>
  <bean id="motorXT" class="inspire.simulation.simulationMotor.SimulationMotor">
    <property name="name" value="XT" />
    <property name="minimum" value="-200.0" />
    <property name="maximum" value="200.0" />
  </bean>
  <bean id="motorYT" class="inspire.simulation.simulationMotor.SimulationMotor">
    <property name="name" value="YT" />
    <property name="minimum" value="-200.0" />
    <property name="maximum" value="200.0" />
  </bean>
  <bean id="motorZT" class="inspire.simulation.simulationMotor.SimulationMotor">
    <property name="name" value="ZT" />
    <property name="minimum" value="-200.0" />
    <property name="maximum" value="200.0" />
  </bean>
  <bean id="orientationAlignment" class="de.hmi.stx.alignment.orientationAlignment.OrientationAlignment">
    <property name="XT"><ref local="motorXT" /></property>
    <property name="YT"><ref local="motorYT" /></property>
    <property name="ZT"><ref local="motorZT" /></property>
  </bean>
  <bean id="managementGUI" class="inspire.ui.managementGUI.ManagementGUI">
    <property name="components">
      <list>
        <ref local="motorXT" />
        <ref local="motorYT" />
        <ref local="motorZT" />
        <ref local="orientationAlignment" />
      </list>
    </property>
  </bean>
</beans>

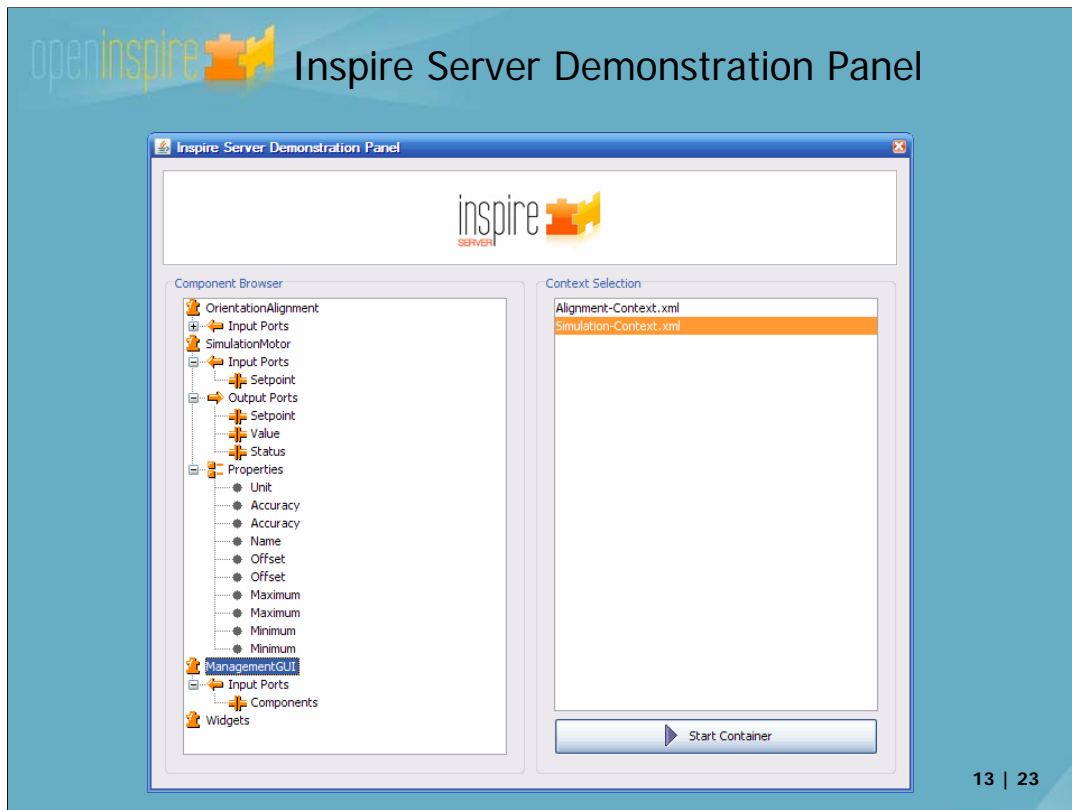
```

- Erzeuge Motor xT
- Setze Parameter
- Erzeuge Motor yT
- Setze Parameter
- Erzeuge Motor zT
- Setze Parameter
- Erzeuge Kalibrierungsmodul
- Binde die Motoren an
- Erzeuge GUI-Modul
- Binde darzustellende Module an

Die GUI erkennt automatisch das Modul und visualisiert es

12 | 23

- Die dargestellte Contextdatei folgt dem *Spring XML-Schema* und erzeugt drei Motoren *xT*, *yT* und *zT*.
- Bei jedem Motor werden Werte für die *Properties* angegeben: *name*, *minimum* und *maximum*.
- Das *orientationAlignment* soll alle Motoren steuern, aus diesem Grund werden Referenzen der benötigten Motoren übergeben
- Mit der *managementGUI* wird das Alignment-Panel und die Motoren angezeigt. Die *managementGUI* akzeptiert Referenzen aller Objekte und visualisiert jene, denen ein Widget zugeordnet ist.

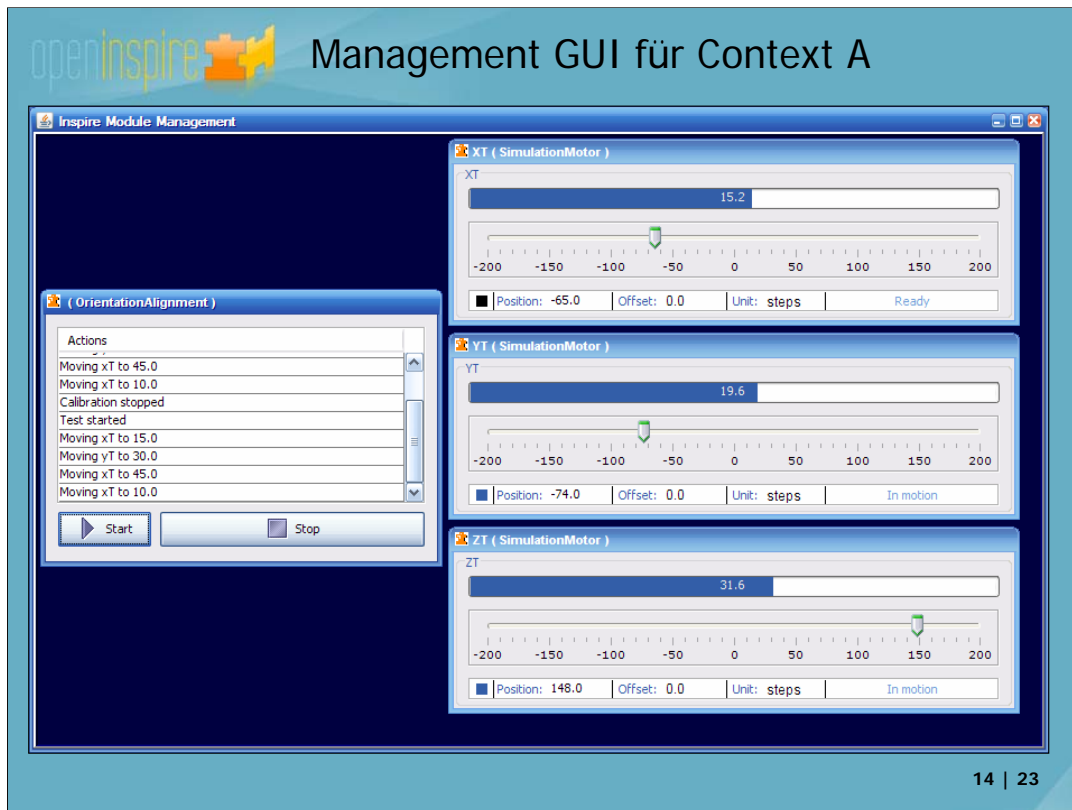


Wird der *Inspire Server* gestartet, so verläuft dies normalerweise als Dienst im Hintergrund, um auf Servern ohne Bildschirm eingesetzt zu werden.

Hier wird der Server mit der Demonstrationsoberfläche gestartet.

Auf der linken Seite werden die verfügbaren Komponenten dargestellt. Ein Mausklick auf die Komponente öffnet eine Baumstruktur in der automatisch die Eingangs- und Ausgangsports sowie Properties der Komponente ermittelt werden.

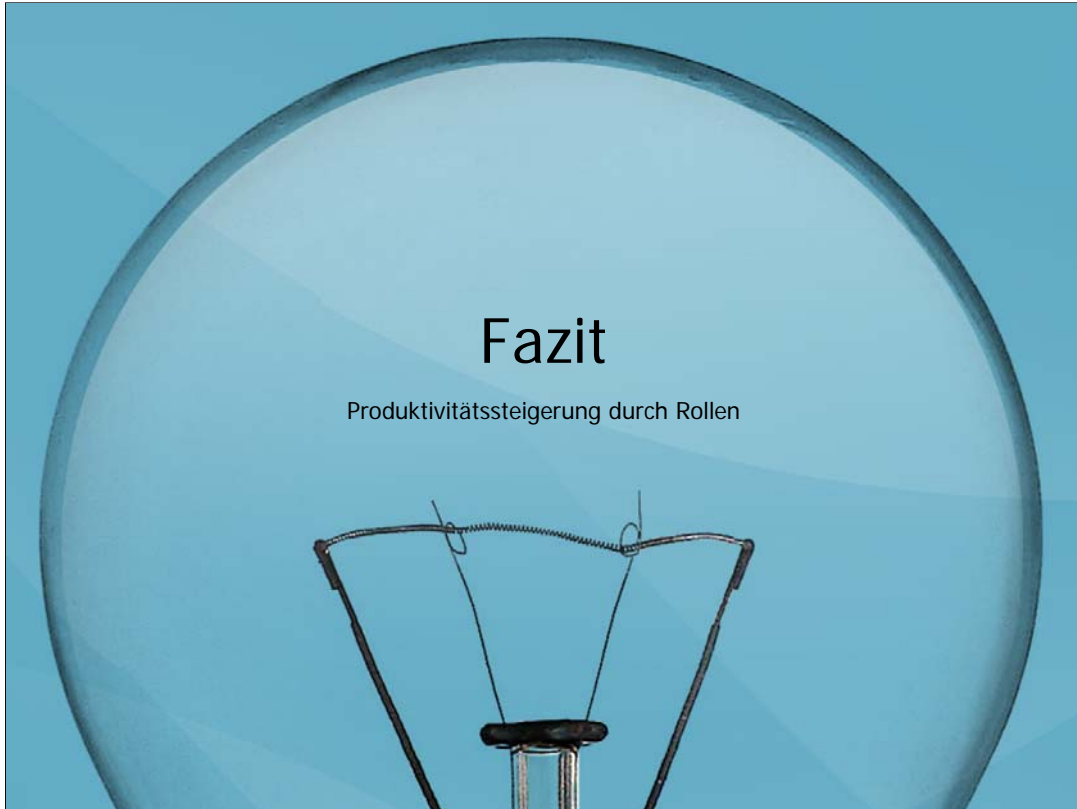
Auf der rechten Seite kann ein entsprechender Kontext geladen werden, der alle Komponenten mit Klick auf den *<Start Container>* -Button erzeugt, verdrahtet und ausführt.



Wurde das vorhergehende Beispiel gestartet, so öffnet sich ein Desktop, auf dem die mit *managementGUI* verbundenen Komponenten dargestellt werden.

Ein Mausklick auf den *<Start>*-Button im *orientationAlignment* fährt hier beispielsweise alle drei Motoren *xT*, *yT* und *zT* zu vordefinierten Positionen.

Gleichzeitig kann auch direkt via MotorPanel auf einen Motor zugegriffen werden.



- Jede Gruppe braucht nur Wissen ihrer Aufgaben
- Dadurch Begrenzung auf nötige Informationen
- Jeder macht das, was er am besten kann
- Parallelarbeit und verbesserte Kommunikation

Die Architektur von *Inspire* zielt darauf, die Aufgaben für unterschiedliche Gruppen von Benutzern des Systems zu vereinfachen.

Jede Gruppe soll dabei ihr Wissen optimal für ihre Aufgabe einsetzen können, ohne mit Bereichen konfrontiert zu werden, in denen wenig oder kein Wissen zur Lösung einer Aufgabe vorhanden ist.

Dieser Ansatz vereinfacht die Parallelarbeit, bietet definierte Kommunikationsschnittstellen zwischen Benutzergruppen und spart Einarbeitungszeit.

openinspire  Aufteilung in drei primäre Gruppen

	Experimentator / Beobachter
	Administrator / Konfigurator
	Komponentenentwickler

17 | 23

Primär werden von Inspire drei Gruppen definiert:

Die Experimentator und Beobachtergruppe, die Administrator und Konfiguratorgruppe und die Gruppe der Komponentenentwickler.

Ein Benutzer kann dabei je nach Aufgabe und Kenntnis beliebig vieler Gruppen angehören.



- Durchführung, Beobachtung und Planung von Experimenten
- Nutzt fertige Experimente oder stellt Experimente aus vorgefertigten Modulen zusammen
- Verwendung austauschbarer grafischer oder textueller Konfigurationswerkzeuge

Jeder Experimentator ist in der Lage, vorgefertigte Komponenten mittels XML-Kontext oder grafischem Editor so zu verdrahten, dass neue Experimente ohne Programmierkenntnisse und Informatiker-Hilfe zu realisieren sind.

Ein **Experimentator** nutzt fertige Komponenten aus dem Repository und betrachtet sie dabei als Blackbox. Einzig und allein die dokumentierten Schnittstellen sind von Interesse und werden in der für das Experiment vorgesehenen Weise verdrahtet. Hiermit ergibt sich eine große Flexibilität und Wiederverwertbarkeit, ohne dass Wissen über die Interna des Frameworks und der Komponenten erforderlich ist. Weiterhin benötigt der Experimentator kein Wissen über Hardwarespezifika wie Buscontroller oder Geräteadressen.

Ein Sonderfall des Experimentators ist der **Beobachter**. Er kann tatsächlich nur aktuelle Daten des Experiments am Instrument, vom Arbeitsplatz oder von zu Hause aus beobachten und nicht selbst ins Geschehen eingreifen.



- Kenntnisse zu der am Instrument verwendeten Hardware und deren Parametrierung
- Installation, Einrichtung und Wartung der Computer und des Instrumentnetzwerks
- Passt fertige Instrumentkontextdateien an die lokalen Hardwareparameter an

Der **Administrator** und **Konfigurator** installiert das *Inspire* System und administriert den Applikationsserver samt Komponenten und Kontextdateien.

Seine Aufgabe ist, installierte Komponenten für die eingesetzte Hardware zu parametrisieren. Im Idealfall ist er Techniker mit weitreichendem Verständnis zur Instrumentenhardware.

Weiterhin trifft er Entscheidungen zur Vernetzung der Komponenten, deren Absicherung und wertet die *Inspire* Logbuchmeldungen aus.

Der **Administrator** und **Konfigurator** betrachtet die Komponenten und das Framework als Blackbox und benötigt keine Programmierkenntnisse oder Kenntnisse zur Physik des Experiments.



- Nur einfache Java-Kenntnisse über Beans notwendig
- Bereitstellung der Metainformationen zur späteren losen Komponentenkopplung
- Fokussierung auf die Aufgabenstellung, da entkoppelt vom Framework und anderen Modulen
- Keine Einschränkungen in der Arbeitsweise des Entwicklers

Die letzte Rolle ist die Rolle des **Komponentenentwicklers**.

Zur Realisierung einer *Inspire* Komponente sind bei *Open Inspire* einfache Javakenntnisse erforderlich.

Er definiert die Zugriffsmethoden, stellt Metainformationen zur Beschreibung der Zugriffsmethoden zur Verfügung, kompiliert die Pakete und verpackt sie in *.jar Dateien* zur sofortigen Nutzung.

Vorteil der *Inspire* Implementierung ist, dass alle benötigten Mittel bereits zum Java Grundumfang gehören und keine proprietären Bibliotheken notwendig sind.

Eine *Inspire* Komponente kann ohne Änderung sofort in *Inspire* oder jeder anderen Java Anwendung genutzt werden.

Somit kann sich der *Inspire* Entwickler auf die konkrete Realisierung seiner Aufgabe konzentrieren, ohne sich spezielles Wissen aneignen zu müssen, welches nur im Umfeld von *Inspire* nutzbar wäre.

- Webservices zur Clientankopplung
- Produktiver Instrumentenkontext
- Komponentenrepository und Update Center
- Inspire Sunrise Client (Netbeans RPC basierend)

Die nächsten momentan in Realisierung befindlichen Schritte sind

- die Ankopplung eines Clients via **Webservice**,
- ein **webbasiertes Repository** und **Update Center**, in das neue Komponenten eingecheckt werden und anschließend jedem *Inspire* System zur Verfügung stehen und
- ein *Netbeans RCP* basierender *Inspire Client*

Die Realisierung eines produktiven Instrumentenkontexts wurde inzwischen im Mai 2006 realisiert und anhand einer Texturanalyse erfolgreich getestet.

JTAG per TCP/IP

Peter Kämmerling, Axel Ackens, Heinz Loevenich, Andrea Borga, Peter Wüstner
Guenter Kemmerling, Willi Erven, Klaus Zvoll, Harald Kleines, Matthias Drochner

- Motivation
- FPGAs konfigurieren
- TCP/IP im Microcontroller
- Implementierung, weitere Entwicklung



Zusammenfassung

Ein RAM-basiertes FPGA wird durch ein Boot-Image aus einem lokalen proprietären FlashPROM, einem JTAG-Adapter an einer lokalen PC-Schnittstelle oder einer anderen Komponente, die eines der FPGA-Konfigurations-Protokolle beherrscht, konfiguriert.

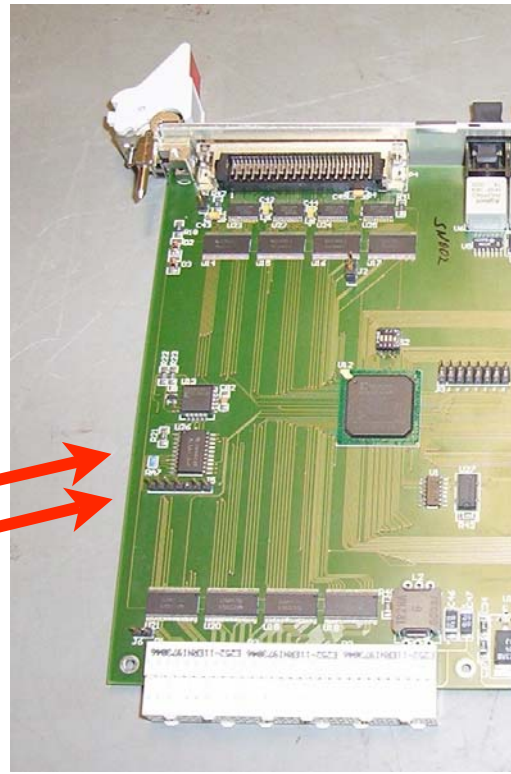
Das Testen des entwickelten FPGA-Code sowie Updates des Boot-Images werden mit Hilfe des JTAG-Adapters vorgenommen.

Anhand einer im ZEL entwickelten Platine zeigen wir einen ersten Schritt hin zu einem eingebetten JTAG-Adapter über TCP/IP-Ethernet.

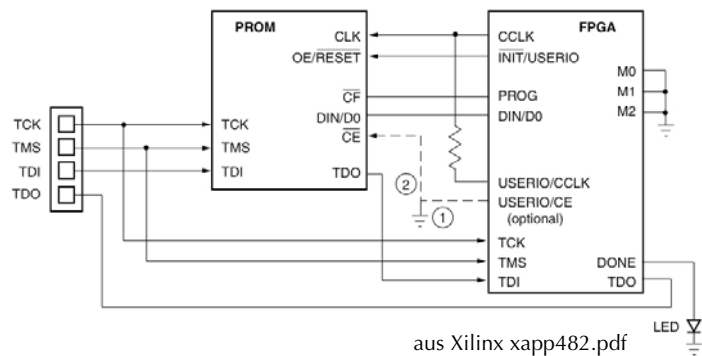


Bisher üblich

- Firmware-Update und FPGA-Entwicklung am JTAG-Stecker
- Gerät ausbauen oder PC in die Nähe stellen
 - unzugängliche oder schwer zugängliche Geräte problematisch
 - JTAG-Anschluß zeit- und arbeitsaufwendig
- FlashPROM mit Boot-Image
- JTAG-Stecker auf PCB des Gerätes
- JTAG-Adapter an lokaler Schnittstelle eines PC



JTAG mit FlashPROM



- JTAG-Chain: synchron seriell
- Aufbau
 - PC mit Parallel-port
 - JTAG-Adapter und -Kabel
 - JTAG-Stecker
 - FlashPROM
 - FPGA



Der JTAG-Adapter wird an einer lokalen PC-Schnittstelle betrieben.

JTAG-Funktionalität

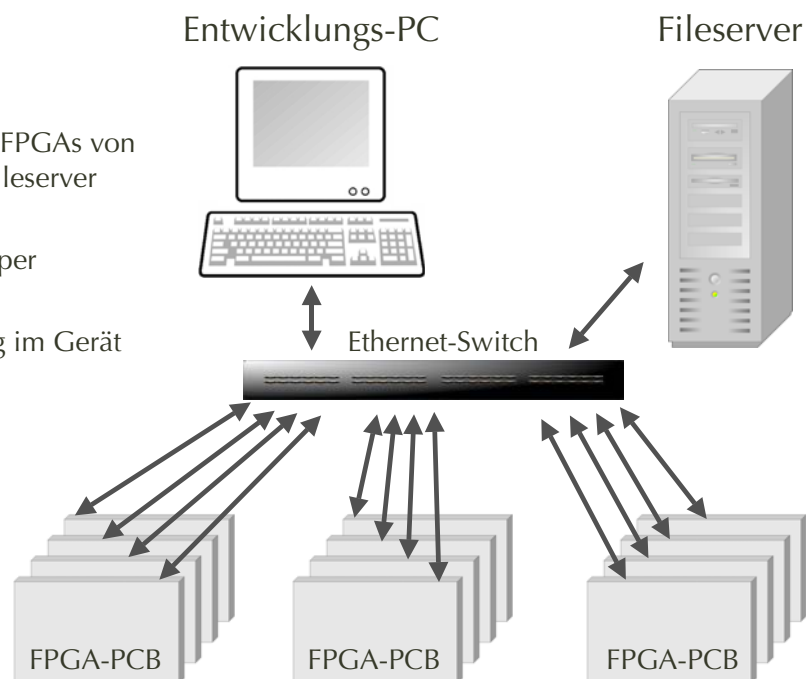
- erkennen der an der JTAG-Chain angeschlossenen ICs
- schreiben und lesen des Boot-Flash-PROM
- schreiben und lesen der FPGA-Hardware-Konfiguration
- schreiben und lesen des FPGA-BRAM
- Hardware-Debug-Kommunikation, z.B. Pin-Test
- FPGA-Debug-Kommunikation, z.B. ChipScope
- CPU-Debug-Kommunikation, z.B. gdb



Mit JTAG wird heute das gesamte Spektrum der notwendigen Entwicklungs- und Programmier-Schritte von FPGAs und Boot-PROMs abgedeckt. Entsprechend umfangreich ist die Funktionalität.

Warum JTAG über TCP/IP-Ethernet?

- große Anzahl von FPGAs von einem zentralen Fileserver booten.
- Firmware-Update per Netzwerk.
- FPGA-Entwicklung im Gerät per Netzwerk.



Ein eingebetteter JTAG-Adapter könnte zusätzliche Netzwerkfunktionalitäten anbieten.

Xilinx Konfigurations-Schnittstellen

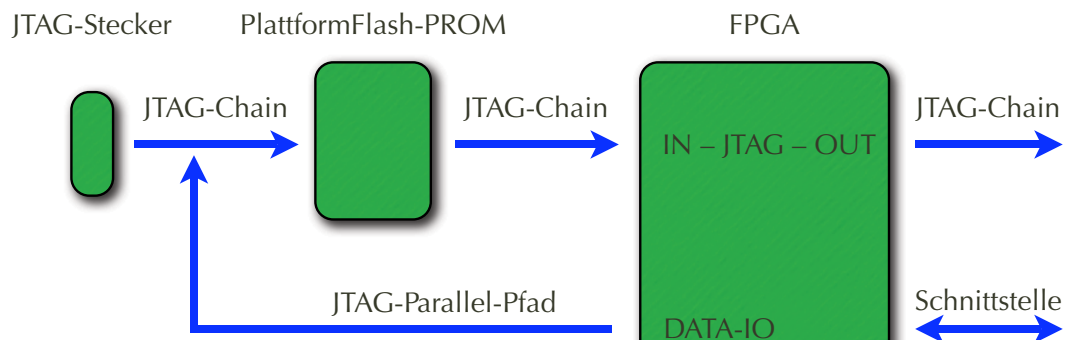
- JTAG: Xilinx PlatformFlash-PROM, PC-JTAG-Adapter, CPU
- SPI (Serial Peripheral Interface): SPI-Flash-PROM
- BPI (Byte Peripheral Interface): parallel Flash-PROM
- Master/Slave – Serial/Parallel & SelectMap: CPU

CPU: CPLD (Statemachine), FPGA, embedded CPU oder PC



Neben JTAG haben Xilinx FPGAs diverse Konfigurationsschnittstellen, über SPI und BPI können preiswerte parallele und serielle Standard-Flash-PROMS direkt angeschlossen werden. Einige der Schnittstellen verlangen die externe Abarbeitung eines Protokolls.

Selbstanschluß der JTAG-Chain – #1 (ZEL)

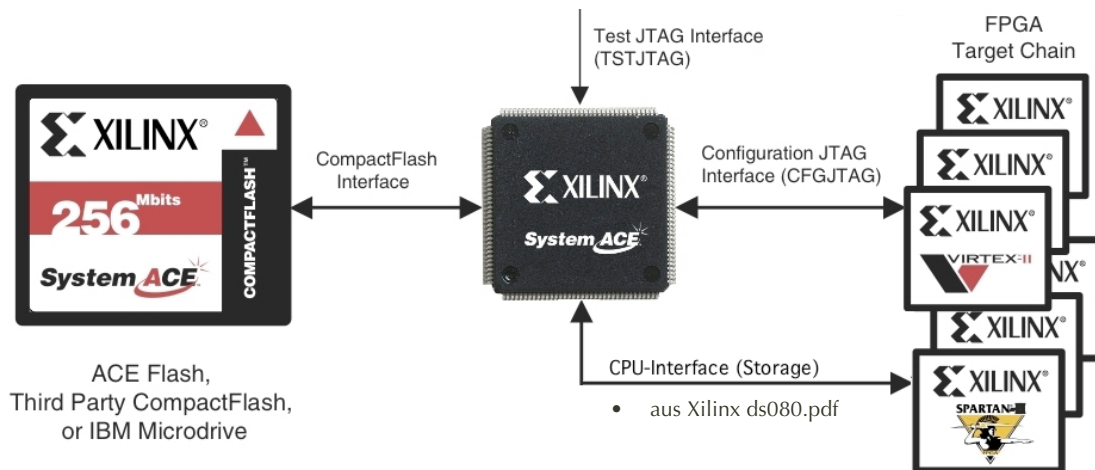


- Willi Erven, Heinz Loevenich (ZEL).
- JTAG-Stecker, FPGA-IOs zusätzlich parallel.
- FlashPROM einmal lokal programmieren.
- FPGA bezieht Update aus anderer Schnittstelle, schreibt es in das Flash-PROM.
- nach dem Reboot des FPGA wird das neue Bootimage benutzt.
- fehlerhaftes Update kann zum Verlust der Funktion und der Kommunikation führen



Diese Schaltung nutzt ein paar IO-Pins des FPGA, um die JTAG-Chain vom FPGA aus selbst zu beschreiben.

Xilinx SystemACE CF – #2

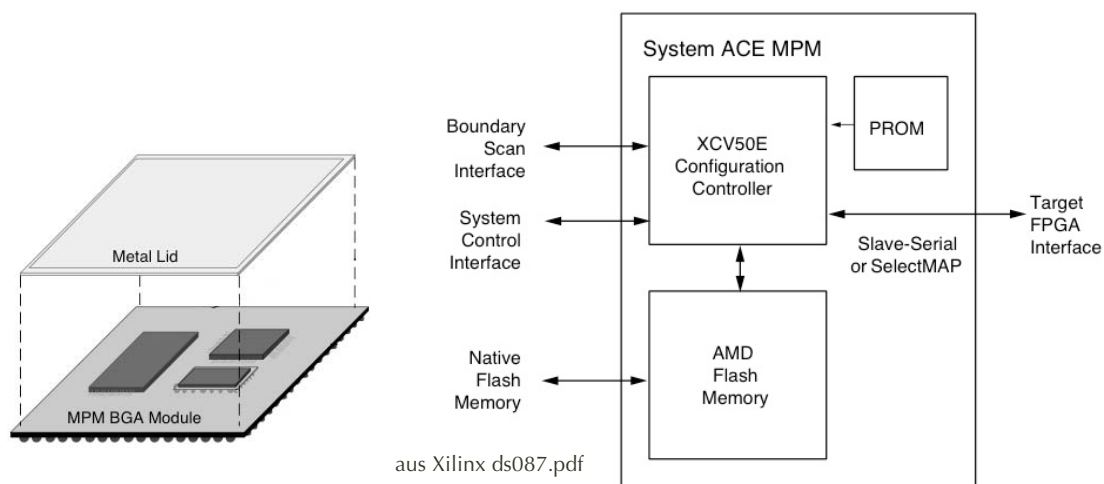


- vorprogrammierter Xilinx CPLD »SystemACE CF«
- CF-Interface für Speicherkarten mit FAT-Format
- bootet auch mehrere FPGAs mit Image-Files aus CF-FAT-Filesystem
- CF-Karte über SystemACE CF als Massenspeicher



SystemACE CF ist für in FPGAs eingebettete Rechnersysteme empfehlenswert, weil nicht nur das Betriebssystem von der CF-Karte nachgeladen werden kann, sondern diese auch als Massenspeicher dient. Sobald der FPGA und das darauf arbeitende System fertig gebootet ist, können darüber auch die Files mit den Boot-Images auf der CF-Karte upgedatet werden.

Xilinx SystemACE MPM – #3

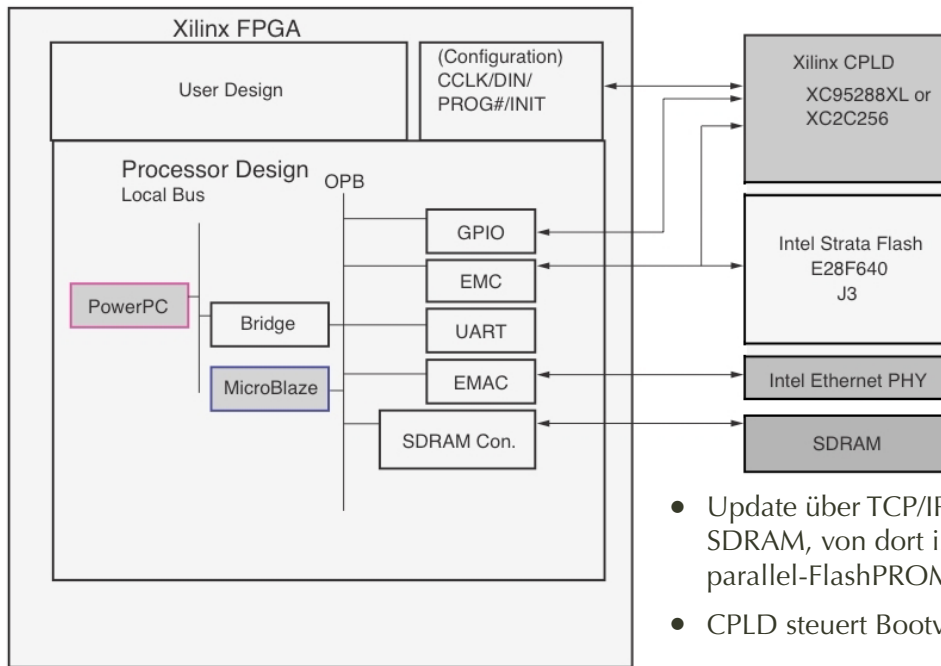


- Xilinx FPGA als Controller mit eigenem kleinem Xilinx Platform-Flash-PROM
- 2,4 und 8 MByte parallel-Flash-PROM für Boot-Images
- 388-Pin BGA
- bootet mehrere FPGAs aus Flash-PROM, alternative Boot-Images möglich
- unter »SystemACE SC« auch als Einzelkomponenten erhältlich



Mit dieser neueren Entwicklung reagiert Xilinx auf die enorm fallenden Preise von parallelen Standard-Flash-PROMS sowie deren rasant steigende Speicherkapazitäten. Die Funktionalität von SystemACE MPM ist ähnlich zu SystemACE CF, nur das Speichermedium ist ein anderes.

CPU im FPGA, CPLD und Flash – #4



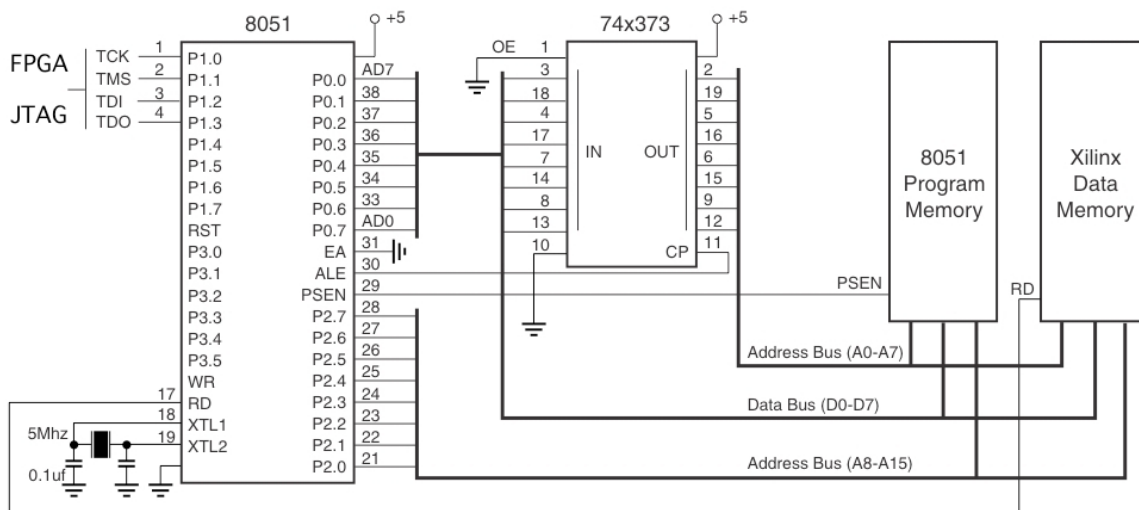
aus Xilinx xapp441.pdf

- Update über TCP/IP ins SDRAM, von dort ins parallel-FlashPROM.
- CPLD steuert Bootvorgang.



Wenn das Design ein eingebettetes Rechnersystem mit CPU, einen Ethernet-Anschluß, ein lokales externes RAM sowie ein Parallel-Flash-PROM vorsieht, dann kann das Boot-Image mit etwas zusätzlicher Software über TCP/IP-Ethernet upgedatet werden.

Microcontroller – #5



aus Xilinx xapp058.pdf

- vom FPGA-Design unabhängiges Soft- und Hardware-Design
- Betrieb vom FPGA-Betrieb unabhängig



Programmspeicher und Latch sind bei modernen Microcontrollern im MC integriert. Dieses Soft- und Hardwaredesign kann für jedes FPGA unverändert übernommen werden, ohne jedes Mal neu ins FPGA-Design einarbeiten werden zu müssen, so wie SystemACE.

Speicherbedarf Konfiguration

	Speicher Byte	Plattform Flash	SPI	BPI
Spartan 3	128kB...2MB	30€		
Spartan 3e 3a	128kB...1MB	15€	3€	50¢
Virtex 5	1MB...11MB	90€	8€	2€



Der Speicherbedarf für für verschiedene Xilinx FPGAs, unterstützte Konfigurations-Schnittstellen sowie der Preis für die PROMS bei maximalem Speicherausbau. BPI und SPI wurden von Xilinx offensichtlich wegen der günstigen PROMS im Zuge neuer FPGA-Familien eingeführt.

Konfigurations-Quellen

	Flash-PROM lokal, fest			Speicherkarte lokal, tauschbar		remote
	Xilinx- Plattform- Flash	SPI-Flash	parallel Flash	MMC SD	CF	Ethernet Backplane USB ...
booten	direkt	direkt	direkt SystemACE CPU	CPU	SystemACE CPU	CPU
lesen + schreiben	CPU	CPU	direkt SystemACE CPU	CPU	SystemACE CPU	CPU

CPU: FPGA, embedded CPU, PC



Hardwareunterstützung zum Booten des FPGA aus verschiedenen Speichertypen, sowie zum Lesen und Schreiben dieser Speichertypen. »CPU« steht hier u.a. für FPGA, d.h. ein aus einem der hier aufgeführten Speichermedien gebooteter FPGA kann danach – ggf. über andere zusätzliche IO-Pins als die Boot-Pins – in sein eigenes Boot-PROM schreiben bzw. daraus lesen.

TCP/IP Ethernet im Microcontroller z.B. Microchip PIC18F97J60 Familie

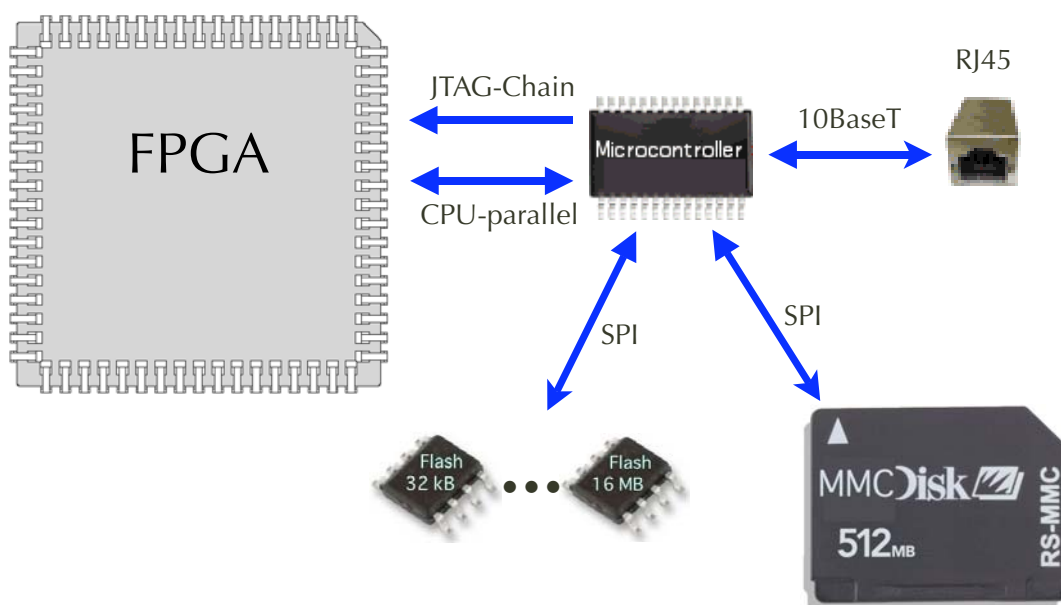
- (fast) alles auf einem Microcontroller
 - CPU 8Bit@6MIPS, Programm 128kB, RAM 3.7kB, MAC-Buffer 8kB
 - div.Peripherie, in-circuit-program & -debug, 10BaseT-Mac & -PHY
 - drei Bauformen TQFP 60, 80 & 100 Pins
- geringer Hardwareaufwand Bauteile
 - Microcontroller, RJ45, RJ12, SPI-FlashPROM ca. 10€
 - optional: MMC- & SD-Karte, RS232 ... ca. 20€
- Design und Betrieb unabhängig vom FPGA



Das Update mit einem fehlerhaften FPGA-Boot-Image kann nicht zum Verlust der Kommunikation führen. Wegen der wenigen Bauteile sowie des vom FPGA-Design unabhängigen Hard- und Software-Design des JTAG-Net ist dessen Einbettung auf die FPGA-Platine mit geringem Aufwand möglich.

15

JTAG-Net



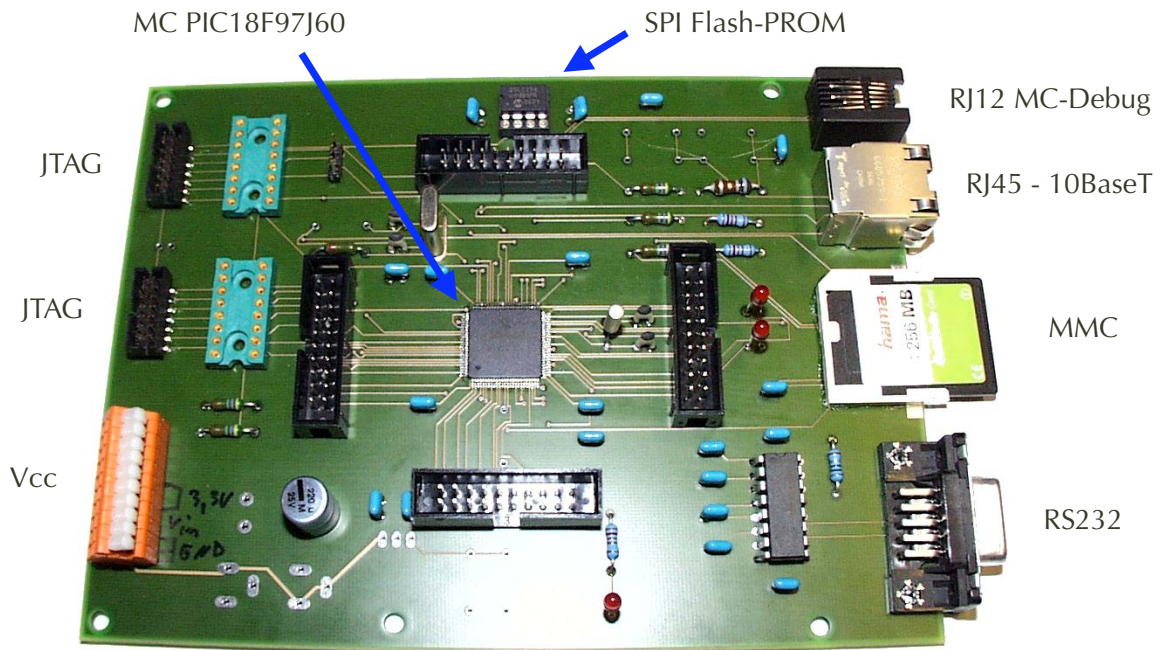
- alle Bauteile werden über direkte Leitungen mit dem Microcontroller verbunden
- der MC besitzt weitere Peripherie u.a.: IOs, IIC, UART, ADC, Watchdog, PWM ...



Ein lokales SPI-Flash-PROM ist preiswert und klein, deswegen sollte es immer im Platinenlayout vorgesehen werden. Der Speicherkarten-Halter benötigt wesentlich mehr Platz und kann optional hinzugenommen werden. Die SPI-Flash-PROMS werden dem FPGA über die parallele CPU-Schnittstelle als Massenspeicher zur Verfügung gestellt.

16

JTAG-Net Testplatine



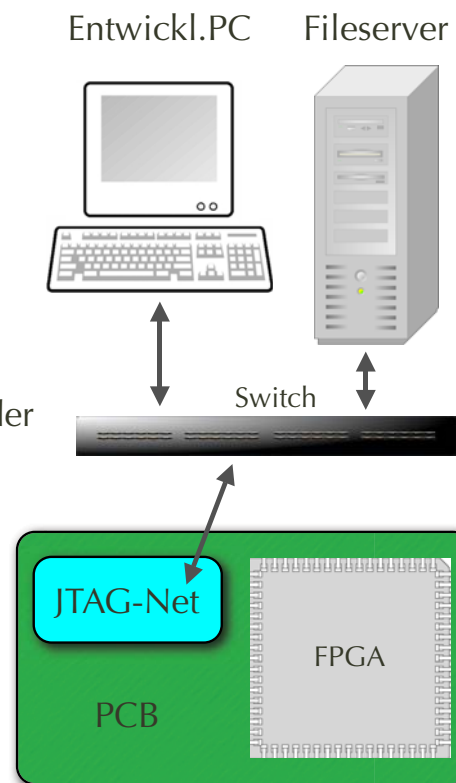
Forschungszentrum Jülich – Zentralinstitut für Elektronik

17

Aus der Testplatine soll ein sehr kleines Piggypack ohne Speicherkartenhalter zum Aufstecken auf den JTAG-Anschluß bestehender FPGA-Platinen entwickelt werden. Danach ist ein größeres Piggypack mit Speicherkartenhalter und mehr IO-Pins geplant. Bei Neuentwicklungen von FPGA-Platine soll JTAG-Net direkt integriert werden.

geplante Funktionen

- Webserver: Webseiten zur Konfiguration und Überwachung
- FTP-Server: SPI-PROM & MMC-Karte
- TFTP-Client: FPGA-Image vom Server
- FPGA-Image vom SPI-Flash-PROM oder von der Speicherkarte
- transparente Integration des JTAG-Anschluß per TCP/IP in die JTAG-Toolchain des PC, z.B. unter Xilinx Impact



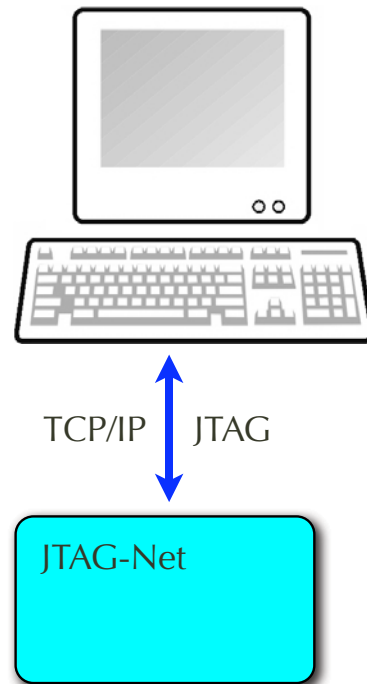
Forschungszentrum Jülich – Zentralinstitut für Elektronik

18

Die Netzwerk-Konfiguration sowie alle

Integration in die Toolchain

- Tools des Entwicklungs-PC
 - z.B. Xilinx ISE: VHDL
 - z.B. Xilinx EDK: embedded CPU
 - Xilinx Impact zur Konfig. über JTAG
 - Xilinx Chipscope: Hardware-Debug
 - z.B. gdb: Software-Debug
- TCP/IP-JTAG-Protokoll zum Konfigurieren, Hardware- und Software-Debugging
- Impact ist ein Command-Line-Tool



Kann JTAG-Net in die Tool-Chain integriert werden, dann ändert sich für den FPGA-Entwickler nichts, er kann JTAG-Net von der GUI ähnlich wie einen JTAG-Adapter benutzen. Um dies zu erreichen, muß auch der Microcontrollerseite eine JTAG-Protokoll auf TCP/IP-Applikationsebene implementiert werden, und auf PC-Seite das Impact-Commandlinetool durch ein »Impact-Net« ersetzt werden. gdb umfaßt bereits einen TCP/IP-Client, so daß der gdb-Server auf JTAG-Net fehlt. Ferner kann eine Kommunikation für Chipscope entworfen werden, die Implementierung ist in Zusammenarbeit mit dem Chipscope-Hersteller möglich.

19

JTAG-Client-Server

- von Microchip kostenlos angeboten:
 - TCP/IP-Stack
 - DHCP-, TFTP- ... Clients; Web-, FTP- ... Server
 - beispielhafte Standalone-Application
- für JTAG-Server auf JTAG-Net zu implementieren:
 - JTAG-TCP-Server, JTAG-Library
 - Web-Seiten für die Oberfläche
 - FAT-Filesystem für die Speicherkarte
- für JTAG-Client auf PC zu entwickeln:
 - JTAG-TCP-Client, JTAG-Library
 - Command-Line-Tool analog zu Xilinx Impact



Der größere Teil der Software wurde bereits von Microchip implementiert. Auf der JTAG-Net-Seite muß ein JTAG-Server entwickelt werden.

20

The Dresden High Magnetic Field Laboratory



Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

Kurzbeschreibung:



Das Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) verfolgt anwendungsorientierte Grundlagenforschung in hohen Magnetfeldern. In erster Linie werden elektronische Eigenschaften metallischer, halbleitender, supraleitender und magnetischer Materialien untersucht. Besondere Beachtung finden dabei exotische Supraleiter, stark korrelierte Elektronensysteme, niederdimensionale Spinsysteme und Nanostrukturen auf anorganischer und organischer Basis.

Das HLD entwickelt eine Vielzahl von quasi-statischen und resonanten Messmethoden, die in hohen gepulsten Magnetfeldern zum Einsatz kommen. Insbesondere können die [Freien-Elektronenlaser \(FEL\)](#) des benachbarten supraleitenden Elektronenbeschleunigers [ELBE](#) für weltweit einzigartige magnetooptische Experimente genutzt werden. Das Hochfeld-Magnetlabor dient als Forschungsanlage sowohl für eigene Vorhaben als auch für den Nutzerbetrieb. Zur Erzeugung höchster gepulster Magnetfelder wird ein eigenes Entwicklungsprogramm für Pulsfeldspulen und gepulste Energieversorgungsanlagen verfolgt, bei dem auch moderne Simulationsverfahren auf Basis der Finiten Elemente zum Einsatz kommen. Die ingenieurtechnischen Arbeiten werden insbesondere auch im Hinblick auf industrielle Anwendungen, z. B. im Bereich der Pulsfeld-Materialverformung, durchgeführt.

Das HLD steht ab 2007 als Nutzereinrichtung zur Verfügung. Messanträge: <http://www.hfml.ru.nl/EuroMagNET>

Weitere Infos: www.fzd.de/HLD

Aktuelle Veröffentlichungen über technische Einrichtungen des HLD:

S. Zherlitsyn, T. Herrmannsdörfer, Yu. Skourski, A. Sytcheva, J. Wosnitza, *Design of Non-Destructive Pulsed Magnets*, J. Low Temp. Phys. (invited article), (2007) in press.

J. Wosnitza, A.D. Bianchi, J. Freudenberger, J. Haase, T. Herrmannsdörfer, N. Kozlova, L. Schultz, S. Zherlitsyn, S.A. Zvyagin, *Dresden Pulsed Magnetic Field Facility*, J. Magn. Magn. Mat., in press.

S. Zherlitsyn, T. Herrmannsdörfer, Yu. Skourski, A. Sytcheva, J. Wosnitza, *Pulsed-Magnet Design at the Dresden High Magnetic Field Laboratory*, J. Phys.: Conference Series **51**, 583 (2006).

J. Wosnitza, A.D. Bianchi, T. Herrmannsdörfer, R. Wünsch, S. Zherlitsyn, S. Zvyagin
Status Quo of the Dresden High Magnetic Field Laboratory, J. Phys.: Conference Series **51**, 619 (2006).



0. „Why and where in Dresden?“

1. Schedule of the project
2. Lab building
3. Coil design, production and tests
4. Capacitive pulsed power supply
5. Experimental equipment and methods
6. Scientific objectives



Why and where in Dresden?

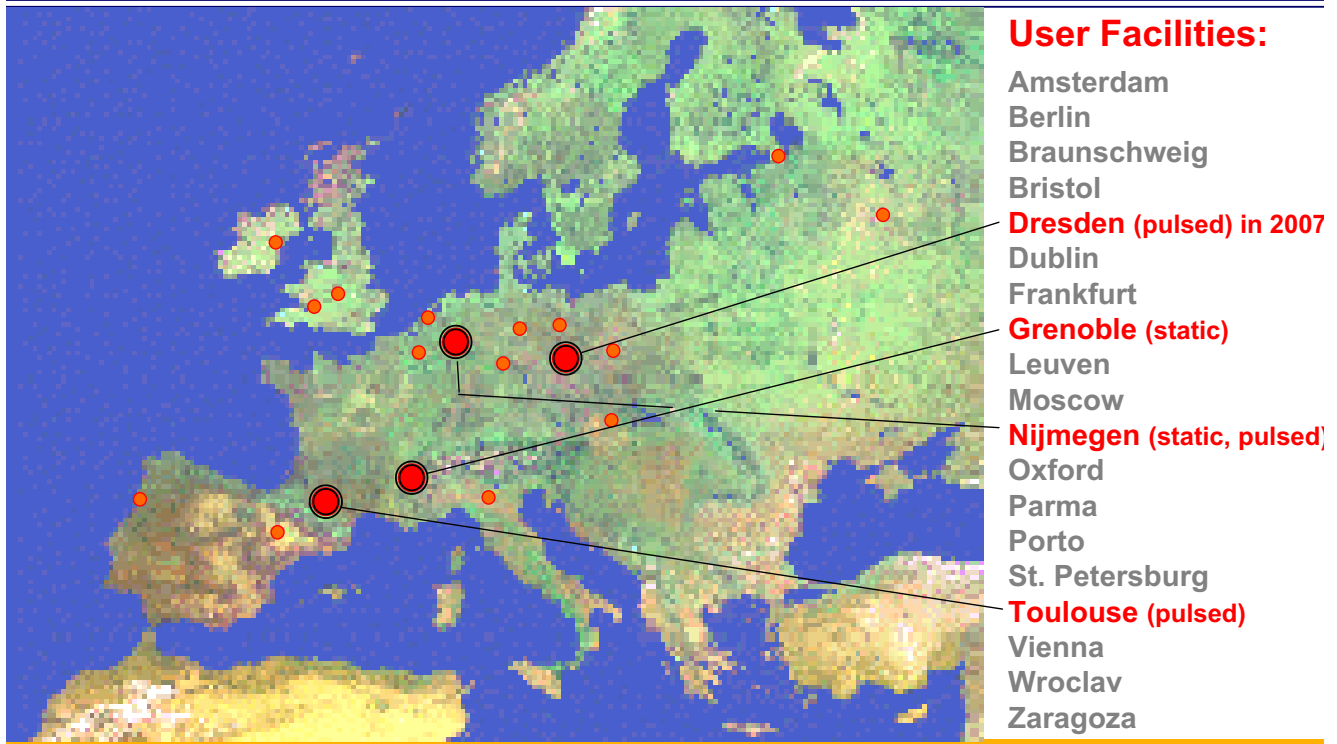


High mag. Fields:

Amsterdam
Berlin
Braunschweig
Bristol
Dresden
Dublin
Frankfurt
Grenoble
Leuven
Moscow
Nijmegen
Oxford
Parma
Porto
St. Petersburg
Toulouse
Vienna
Wroclav
Zaragoza



Why and where in Dresden?



Why and where in Dresden?

- Germany has no high-magnetic field user laboratory of international standing, but a large user community interested in very high magnetic fields.
- There is a large competent local community to build, to run and, in particular, to use the facility.
- Own strong research program, in particular in solid state physics.
- Scientific, industrial, political environment.
- Combination of the High Field Facility with infrared light source (Free Electron Laser Facility) at the Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, FZD

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

1. Schedule of the Project



1998: proposal of the project:



Forschungszentrum Rossendorf (FZR)



Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung (IFW)



Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe (MPI-CPFS)



Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme (MPI-PKS)



Institut für Festkörperphysik, TU Dresden (TU-DD)



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

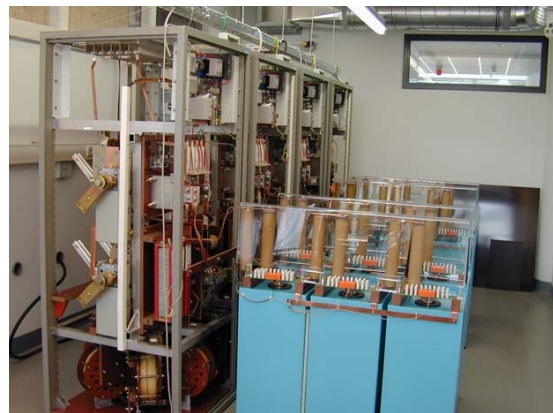
1. Schedule of the Project



1998: proposal of the project: FZR, IFW, MPI-CPFS, MPI-PKS, TU-DD

1999: 1 MJ / 10kV capacitive pulsed power supply at FZR, Dresden

2000: 1 MJ pilot lab at IFW, Dresden



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

1. Schedule of the Project



- 1998: proposal of the project: FZR, IFW, MPI-CPFS, MPI-PKS, TU-DD
1999: 1 MJ / 10kV capacitive pulsed power supply at FZR, Dresden
2000: 1 MJ pilot lab at IFW, Dresden
2001: planning of the lab building
2002: planning of 1.44 MJ / 24kV pilot module
**evaluation and recommendation (German science council),
approval of funding (ministries) for 100 T pulsed field project**



Bundesministerium für Bildung und Forschung of Germany

Sächsische Staatsministerien für Wissenschaft und Kunst



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

1. Schedule of the Project



- 1998: proposal of the project: FZR, IFW, MPI-CPFS, MPI-PKS, TU-DD
1999: 1 MJ / 10kV capacitive pulsed power supply at FZR, Dresden
2000: 1 MJ pilot lab at IFW, Dresden
2001: planning of the lab building
2002: planning of 1.44 MJ / 24kV pilot module
**evaluation and recommendation (German science council),
approval of funding (ministries)**
2003: start of lab and workshop building (June), planning of 50 MJ ...
2004: completion of 24 kV pilot module and buildings (now), test coils
2005: 50 MJ/24 kV pulsed power supply will be fully operable, test coils
2006: experimental instrumentation, production of user coils
2007: opening as user facility



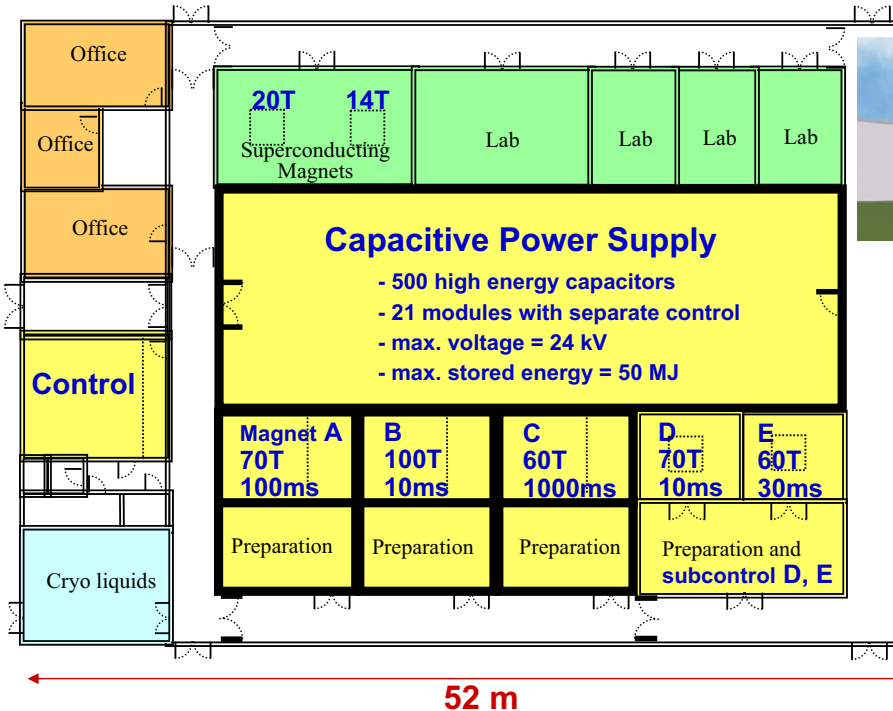
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

2. New Lab building



2003: start of building (June)



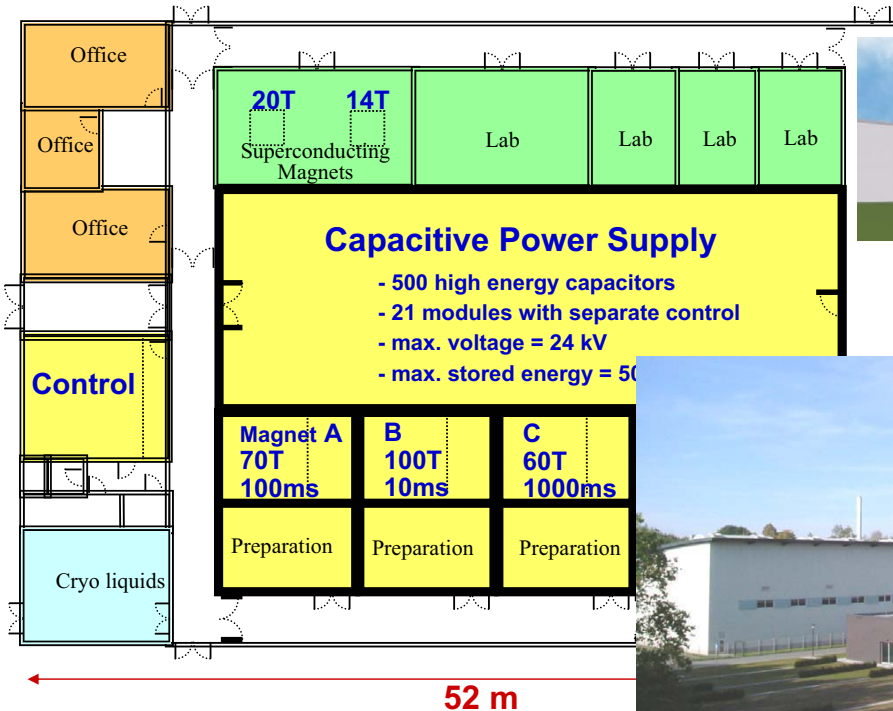
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

2. New Lab building



2003: start of building (June)
2004: completion (September)



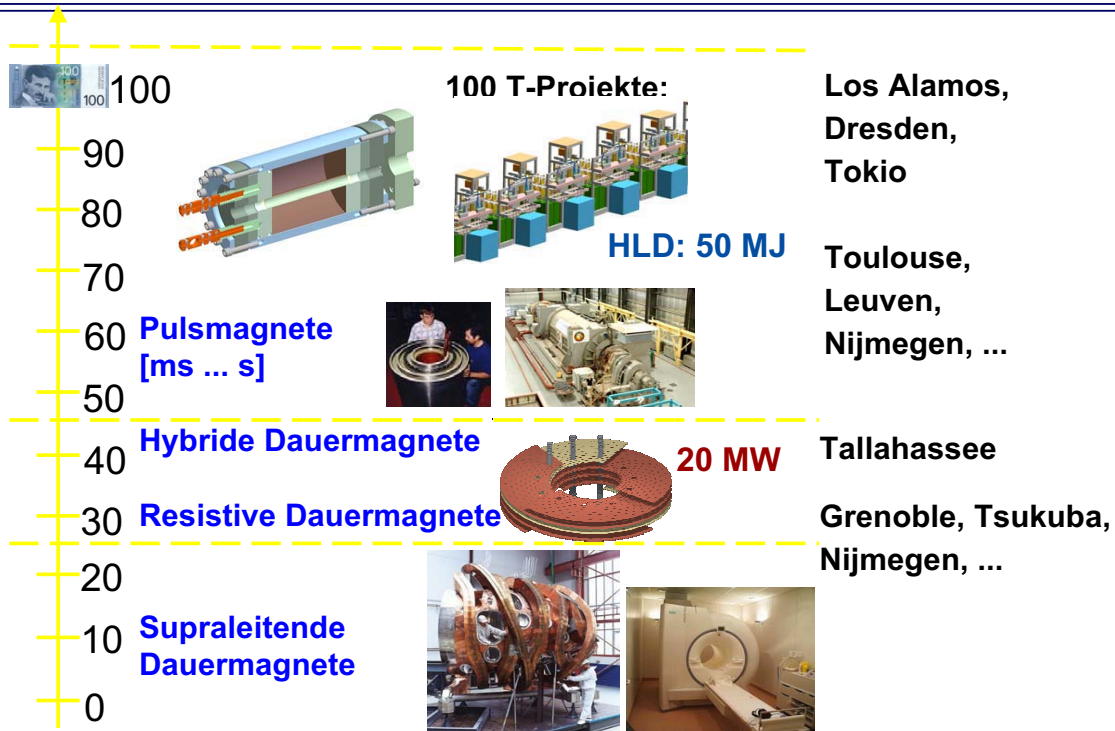
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory HLD

3. Coil design, production, tests

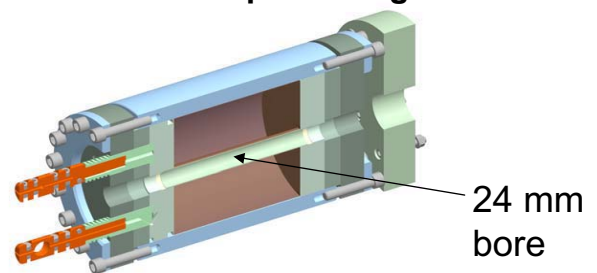


Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests



60T class compact design

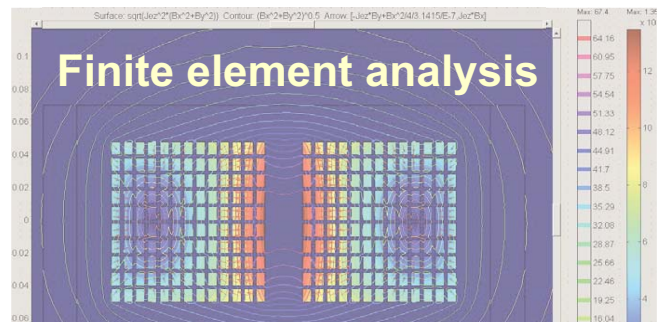


simple estimate of pressure inside coils:

$$P = B^2 / 2\mu_0$$

$$B = 60T, P = 1.4 \text{ GPa}$$

$$B = 100T, P = 4 \text{ GPa}$$



Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests



Coil winding machine:

- coil dimensions: length = 1.20 m
dia = 1.0 m
m = 3000 kg
- automatic control
- fiber winder for coil
- braider for wire
- insulation winder for wire
- adjustable wire brake
- rewind function
- decoiler



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests



Materials research:

Cooperations!

EC project: DeNUF

Toulouse, Oxford, Nijmegen, Dresden

“Design Study for Next Generation Pulsed Magnet User Facilities”

- common software and database
- coil-monitoring
- coil and conductor fatigue
- multi-coil systems
- rapid-cooling coils



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

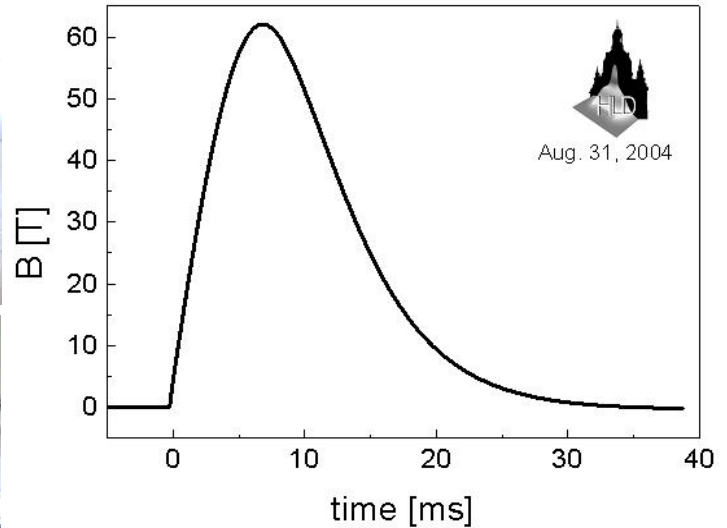
Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests

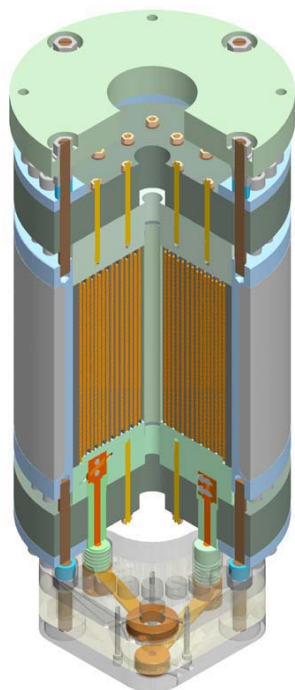


Aug. 31, 2004: **62,0 T @ 24kV, 1.0MJ**

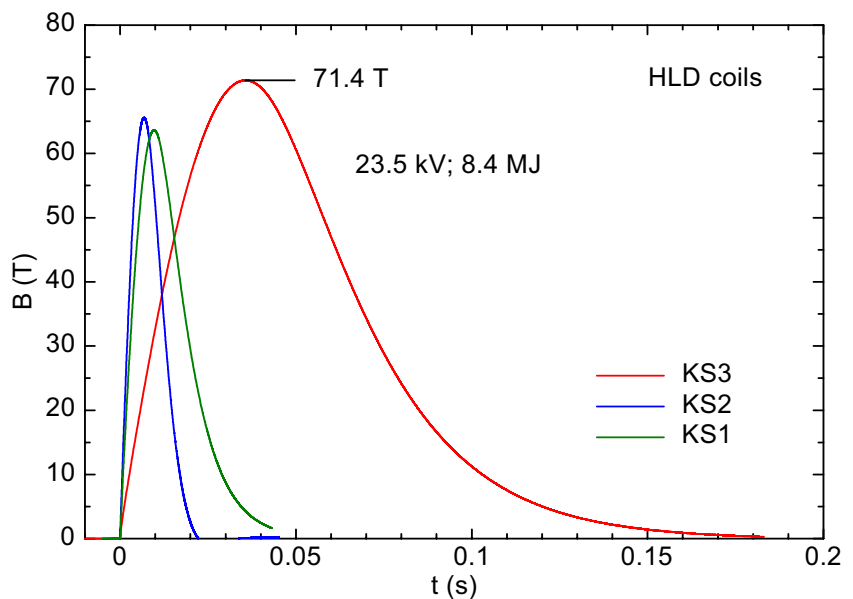


Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests

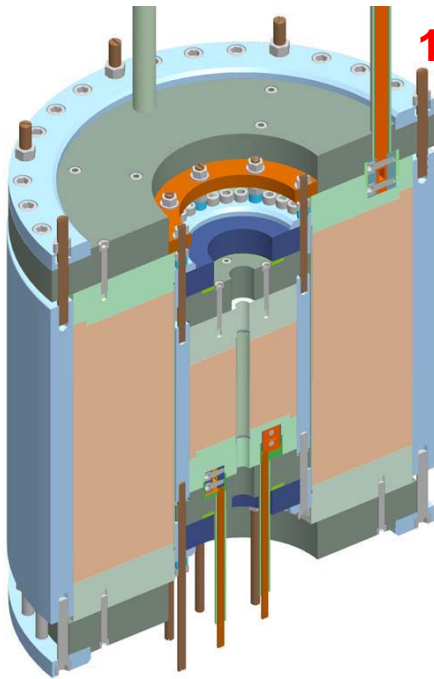


Apr. 27, 2006: **70 T user magnet (8.4 MJ)**

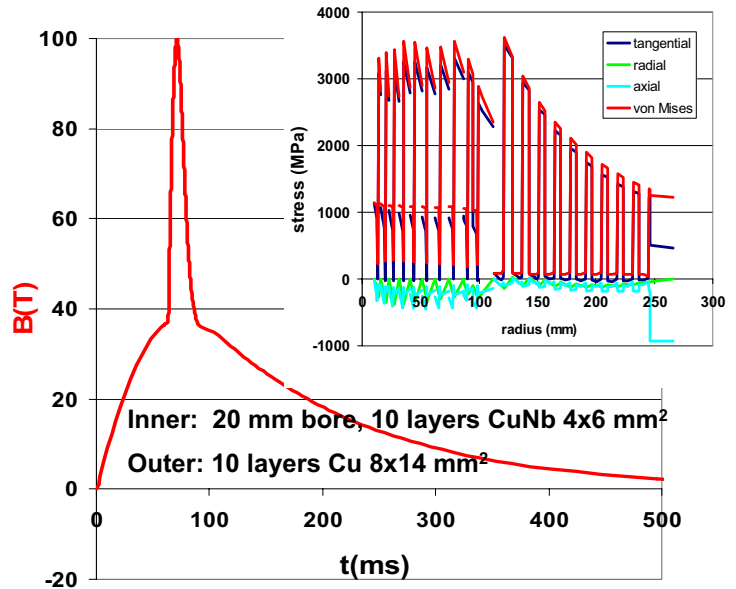


Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests

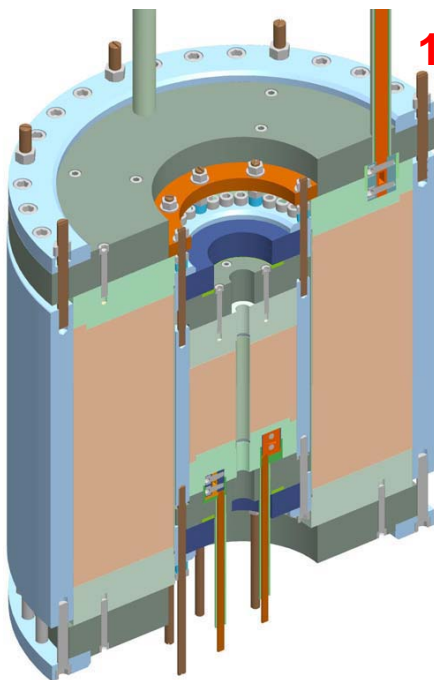


100 T double coil magnet (43 MJ / 3 MJ)



Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

3. Coil design, production, tests



100 T double coil magnet (43 MJ / 3 MJ)

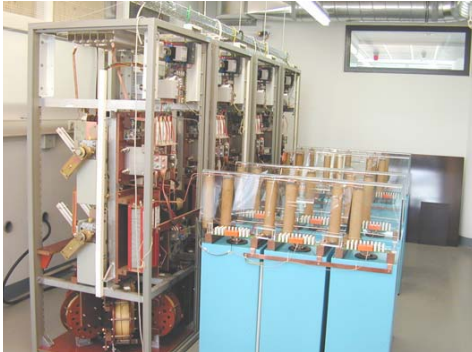


Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

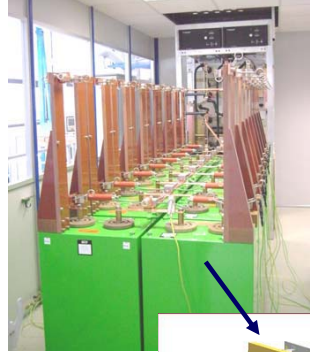
4. Capacitive pulsed power supply



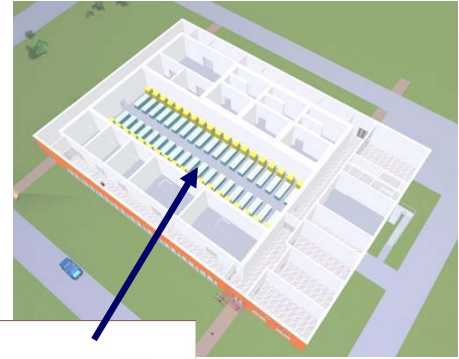
1.0 MJ / 10 kV → 1.44 MJ / 24 kV → 50 MJ / 24 kV



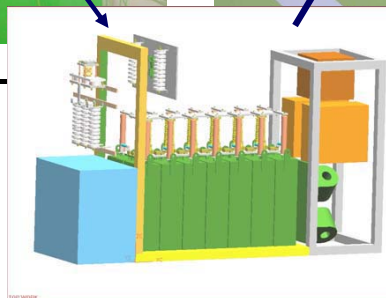
1999-2001



2002-



-2006



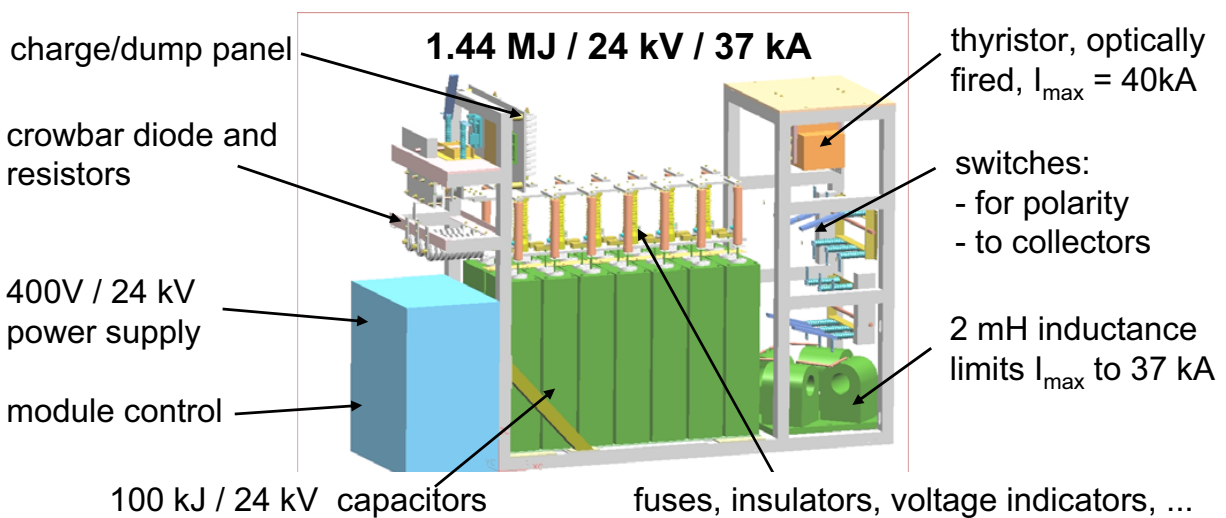
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

4. Capacitive pulsed power supply



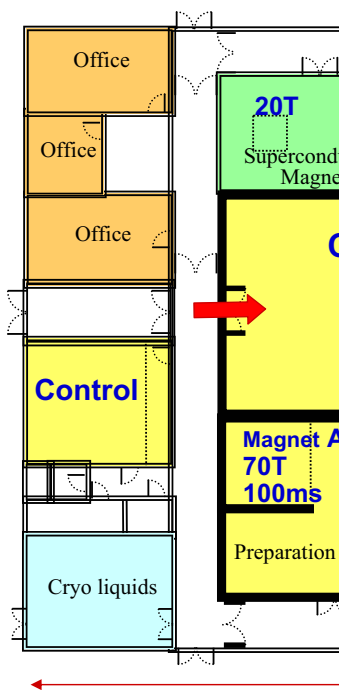
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

4. Capacitive pulsed power supply



Nov 2004



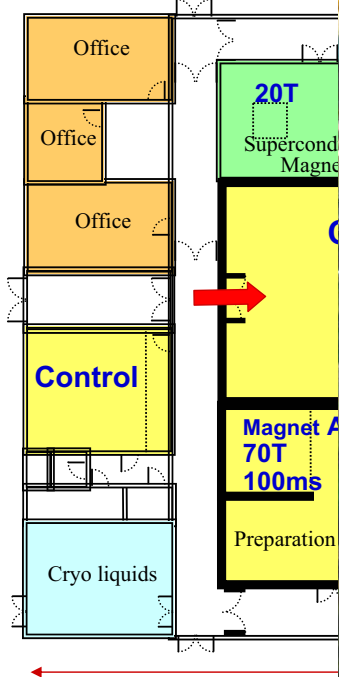
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

4. Capacitive pulsed power supply



Oct 2005



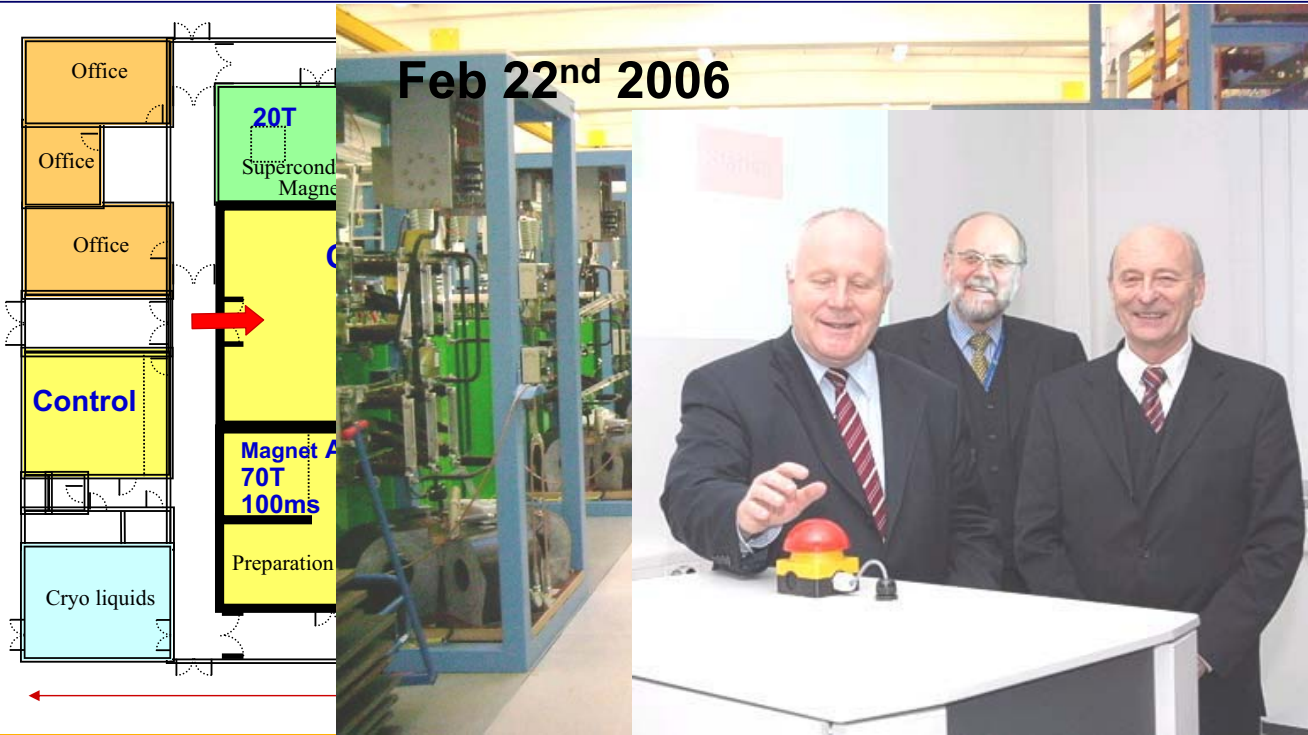
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

4. Capacitive pulsed power supply



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

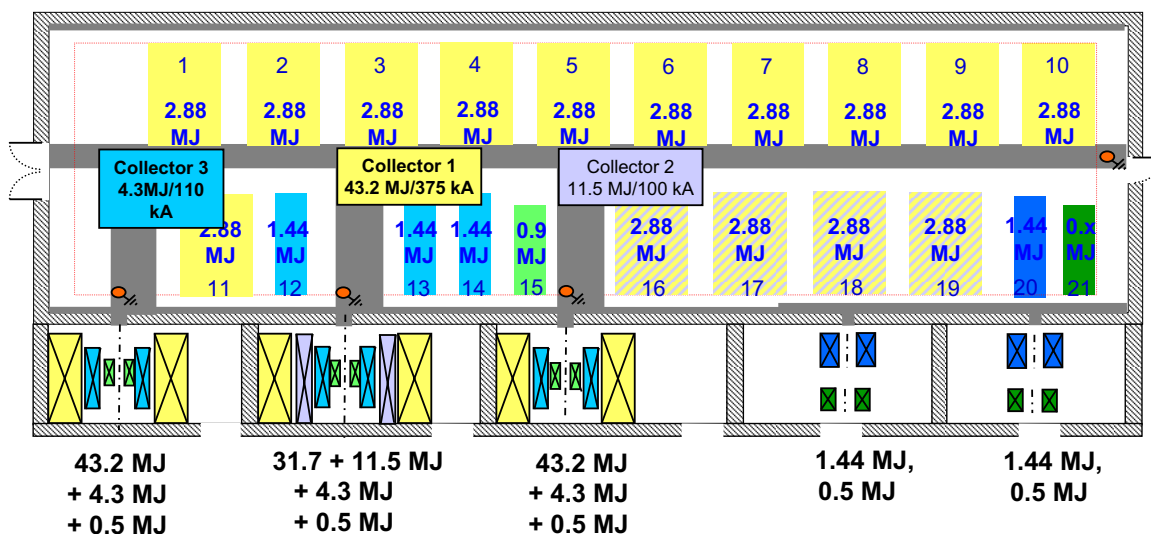
Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

4. Capacitive pulsed power supply



$$E_{\max} = 50 \text{ MJ}, U_{\max} = \pm 24 \text{ kV}, I_{\max} = 600 \text{ kA}, P_{\max} = 5 \text{ GW}$$



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

5. Experimental equipment and methods:

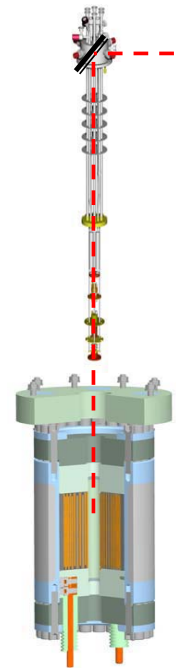


- experimental equipment

Low temperature cryostats (K, mK), superconducting magnets, pressure cells, SQUID magnetometer, PPMS, ...

- methods (at 1 msec ... 1s)

- susceptibility, magnetisation, De Haas- van Alphen effect,
- magnetoresistance, Shubnikov- de Haas effect, Hall effect,
- magnetostriction,
- ultrasound,
- heat capacity,
- thermal conductivity,
- electron spin resonance ESR,
- nuclear spin resonance NMR,
- cyclotron resonance,
- IR spectroscopy,
- magneto optics,



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

5. Experimental equipment and methods:

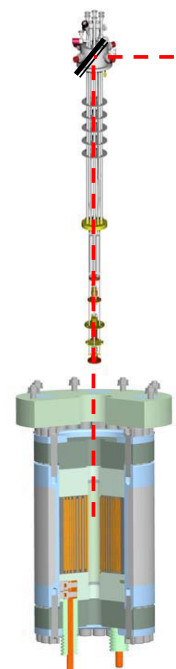


- experimental equipment

Low temperature cryostats (K, mK), superconducting magnets, pressure cells, SQUID magnetometer, PPMS, ...

- methods (at 1 msec ... 1s)

- susceptibility, magnetisation, De Haas- van Alphen effect,
- magnetoresistance, Shubnikov- de Haas effect, Hall effect,
- magnetostriction,
- ultrasound,
- heat capacity,
- thermal conductivity,
- electron spin resonance ESR,
- **nuclear spin resonance NMR in pulsed fields at $f > 1$ GHz,**
- cyclotron resonance, **IFW-Dresden, J. Haase**
- IR spectroscopy,
- magneto optics,



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

5. Experimental equipment and methods:

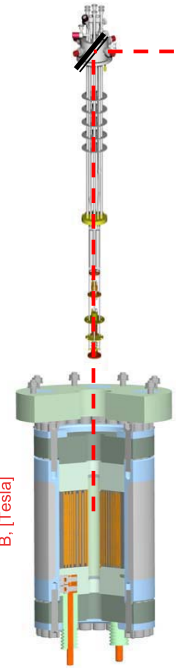
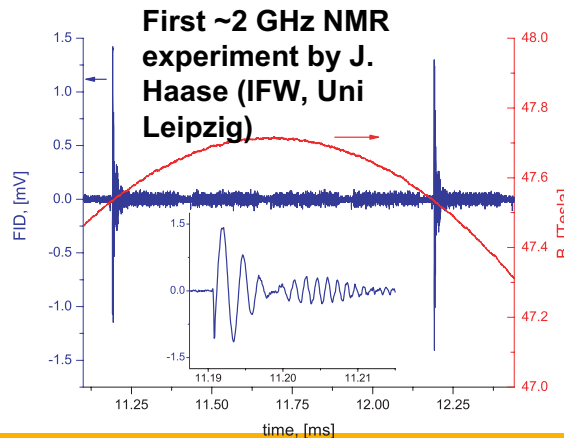


- experimental equipment

Low temperature cryostats (K, mK), superconducting magnets, pressure cells, SQUID magnetometer, PPMS, ...

- methods (at 1 msec ... 1s)

- susceptibility, magnetisation, De Haas- van Alphen effect,
- magnetoresistance, Shubnikov- de Haas effect, Hall effect,
- magnetostriction,
- ultrasound,
- heat capacity,
- thermal conductivity,
- electron spin resonance ESR,
- **nuclear spin resonance NMR**
- cyclotron resonance,
- IR spectroscopy,
- magneto optics,



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

5. Experimental equipment and methods:

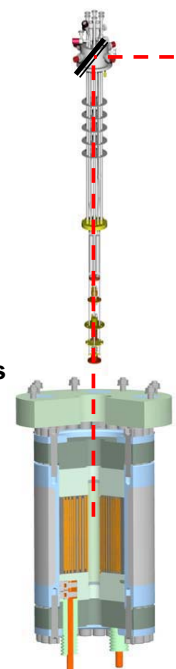
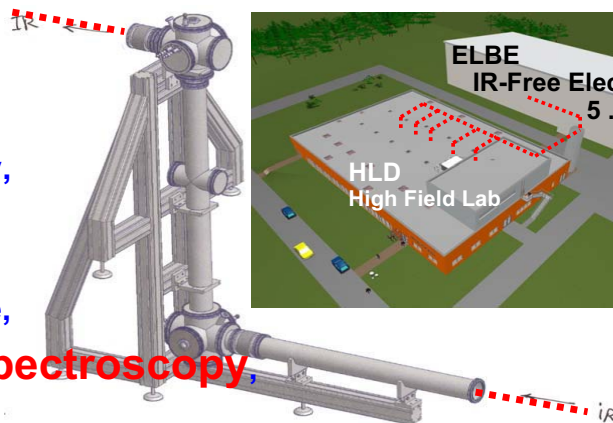


- experimental equipment

Low temperature cryostats (K, mK), superconducting magnets, pressure cells, SQUID magnetometer, PPMS, ...

- methods (at 1 msec ... 1s)

- susceptibility, magnetisation, De Haas- van Alphen effect,
- magnetoresistance, Shubnikov- de Haas effect, Hall effect,
- magnetostriction,
- ultrasound,
- heat capacity,
- thermal conductivity,
- ESR,
- NMR,
- cyclotron resonance,
- **High Field-IR spectroscopy**,
- magneto optics,



Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HLD
Thomas Herrmannsdörfer

Mar 26th 2007

Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

5. Experimental equipment and methods:

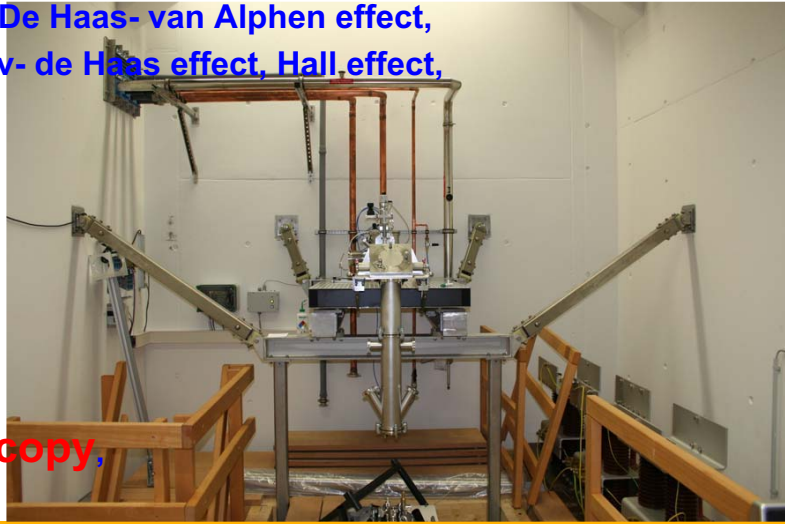


- experimental equipment

Low temperature cryostats (K, mK), superconducting magnets, pressure cells, SQUID magnetometer, PPMS, ...

- methods (at 1 msec ... 1s)

- susceptibility, magnetisation, De Haas- van Alphen effect,
- magnetoresistance, Shubnikov- de Haas effect, Hall effect,
- magnetostriction,
- ultrasound,
- heat capacity,
- thermal conductivity,
- ESR,
- NMR,
- cyclotron resonance,
- **High Field-IR spectroscopy,**
- magneto optics,

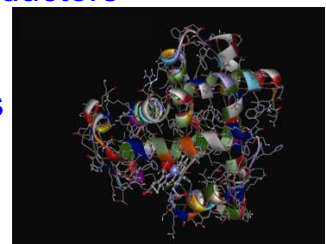
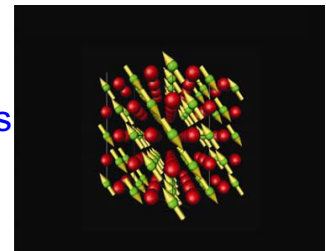
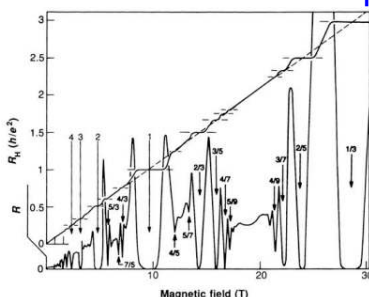


Dresden High Magnetic Field Laboratory, HLD

6. Scientific objectives:



- characterisation of metals and semiconductors
 - critical fields of high temperature superconductors
 - magnetic field induced superconductors
 - phase diagrams of magnetic materials
- strongly correlated electron systems
- low dimensional semiconducting structures
- magnetic deformation in production processes
- organic conductors and superconductors
- molecular systems und clusters
- magnetic influence on complex fluids
- magnetic influence on chemical reactions
- magnetic influence on biological systems





Elektromagnetische Pulsformung

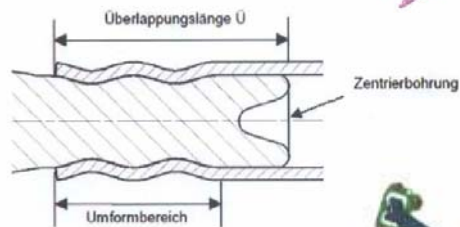
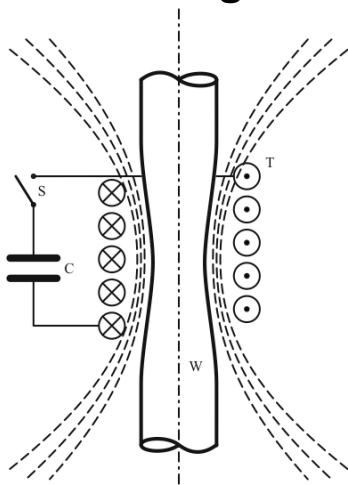
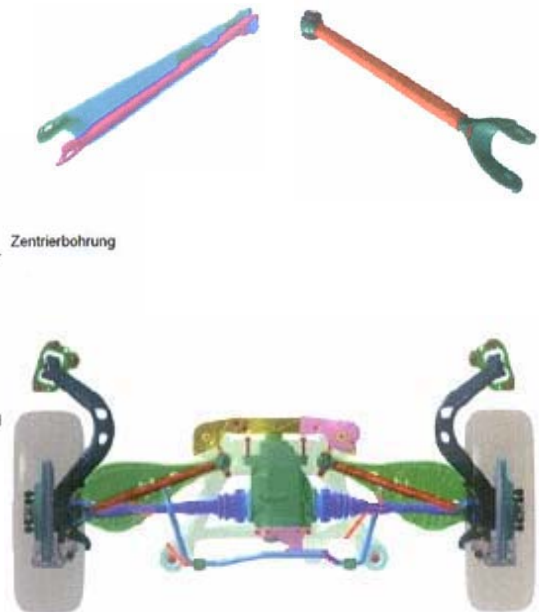


Abbildung 6.1: Überlappungslänge des Serienprofils und Umbereich des Feldformers



HLD opens as user facility in **2007**

www.fzd.de/HLD



„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

MACCON



DSM - Digital ServoModul

MACCON Antriebskomponenten GmbH
MACCON Elektronik-Entwicklungs GmbH
MACCON Vertriebs GmbH

MACCON
The Mechatronics Company

Seite 1

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Unser Leitbild

Unser Ansatz ist es, unsere Kunden bei der Lösung Ihrer antriebs- und regelungstechnischen Probleme in Maschinen, Fertigungsprozessen und Experimentalaufbauten zu unterstützen. Unser Spezialgebiet ist:

MOTION UNDER CONTROL

- Ein großes Sortiment an qualifizierten antriebstechnischen Produkten
- Präzision, Dynamik und koordinierte Bewegungen in Mehrachssystemen
- Anpassung an übergeordnete Steuerungen
- Adaption unserer Produkte an spezielle Schnittstellen und Umgebungen
- Unser umfassendes technisches Wissen und unsere Erfahrung auf dem Gebiet der Mechatronik

Seite 2

„The World in Motion“

MAÇON
MOTION UNDER CONTROL

Produkte

Antriebskomponenten GmbH

Servomotoren & Sensoren



Motoren & Steuerungen

Elektromechanik



Vertriebs GmbH

DC/DC-Wandler



Elektromotoren



Elektronik



Software/CAE
Werkzeuge

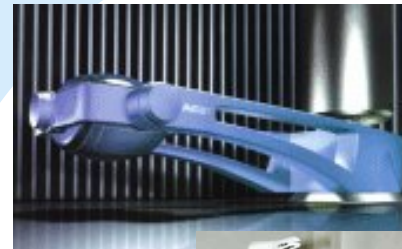
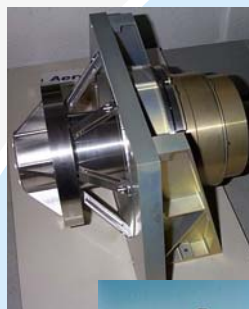
Entwicklungs GmbH

Seite 3

„The World in Motion“

MAÇON
MOTION UNDER CONTROL

Weltraumanwendungen



Seite 4

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Luftfahrt

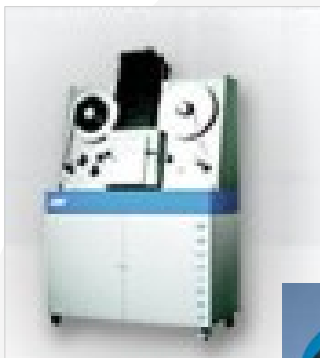


Seite 5

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Unterhaltungsindustrie



Seite 6

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Optische Geräte



Seite 7

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Medizintechnik



Seite 8

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Halbleiterindustrie

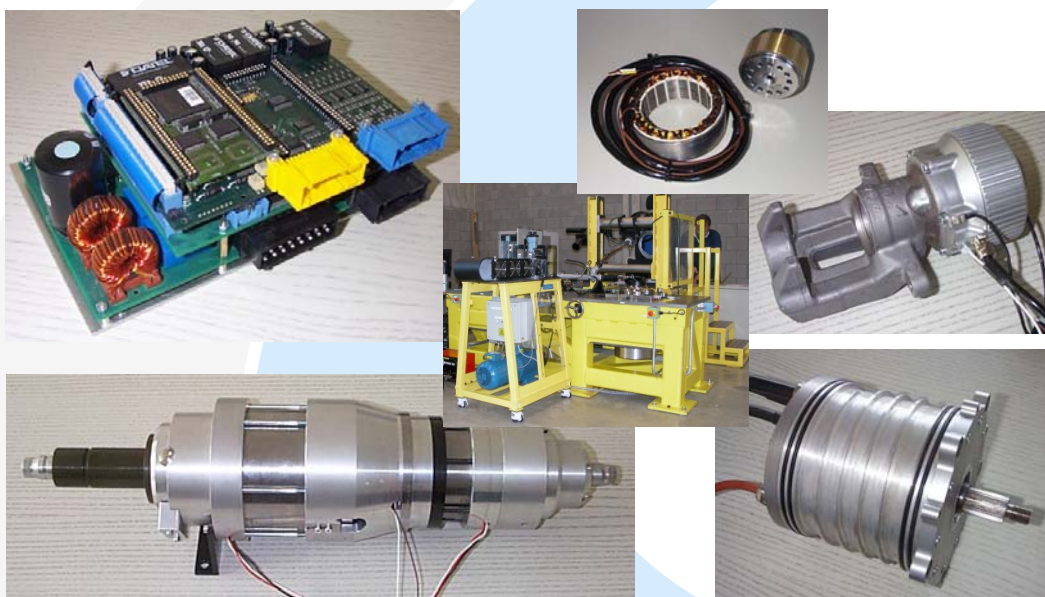


Seite 9

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

Automobilindustrie



Seite 10

„The World in Motion“

Wissenschaft und Forschung



„The World in Motion“

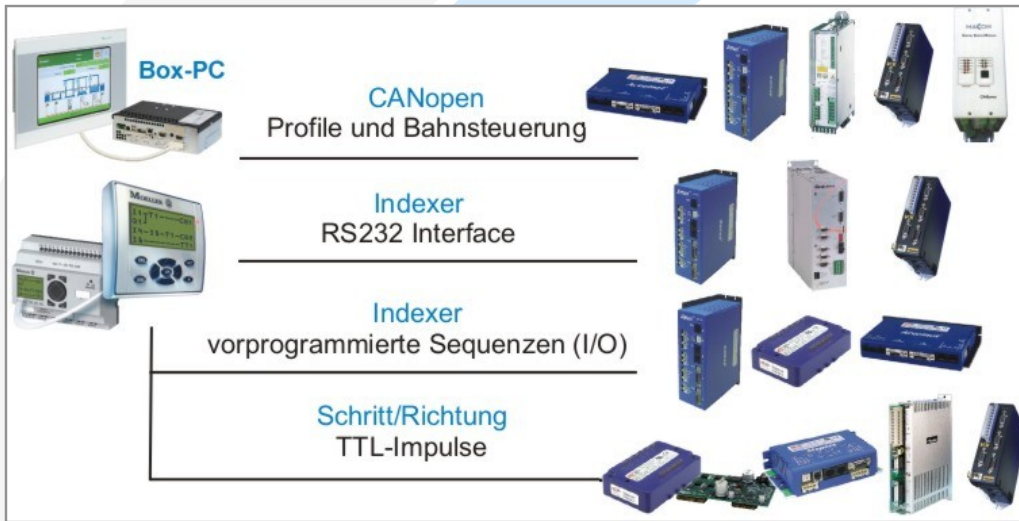
Technologie – zentrale Steuerung

+/-10V Sollwert
analoger Sollwert für Strom
oder Geschwindigkeit

PWM Sollwert
digitaler Sollwert für Strom
oder Geschwindigkeit

UV-Schnittstelle
analoger Sollwert für
kommutierte Phaseströme

Technologie – dezentrale Automatisierung



Digitale CANopen-Servoverstärker von Copley Controls

- **Modellreihen**
 - ◆ Xenus Servoverstärker
 - ◆ Accelnet Servoverstärker
 - ◆ Stepnet Schrittmotorverstärker
- **Spannungsbereich**
 - ◆ Xenus: 100 - 240 VAC
 - ◆ Accelnet: 20 - 180 VDC
 - ◆ Stepnet: 20 - 75 VDC
- **Strombereich (Spitzenstrom)**
 - ◆ Xenus: 6 - 40 A
 - ◆ Accelnet: 6 - 36 A
 - ◆ Stepnet: 2 - 5 A



Betriebsarten, Sollwertvorgabe & Rückführung

- **Betriebsarten**
 - ◆ Positionsregelung
 - ◆ Geschwindigkeitsregelung
 - ◆ Drehmomentregelung (Stromregelung)
- **Sollwertvorgabe**
 - ◆ Via CANbus
 - ◆ $\pm 10V$ Geschwindigkeits/Drehmomentsollwert
 - ◆ PWM Geschwindigkeits/Drehmomentsollwert
 - ◆ Schritt/Richtung Positionssollwert
 - ◆ Serielle Sollwertvorgabe via RS232 (ASCII)
- **Rückführung**
 - ◆ Inkrementalenkoder mit Halls
 - ◆ Sinus/Cosinus-Encoder
 - ◆ Schrittmotoren in *open-loop*-Konfiguration
 - ◆ Resolver



EtherCAT Ethernet-basiertes Feldbussystem

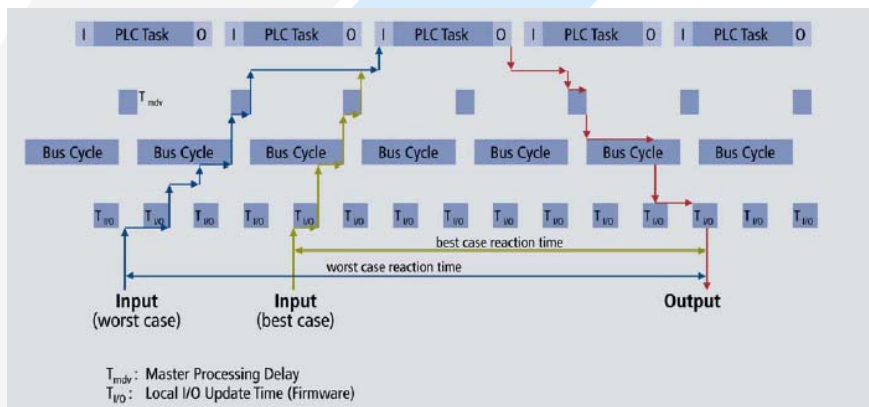


Feldbussysteme

- Feldbussysteme sind in der Automatisierungstechnik weit verbreitet
- Einsatz von PC-basierten Steuerungen möglich
- Feldbus zunehmend der „Flaschenhals“ des gesamten Steuerungssystems
- Langsame Reaktionszeiten des Peripheriegeräts durch geschichtete Steuerungsarchitektur



Feldbussysteme



Reaktionszeit herkömmlicher Feldbussysteme



Ethernet - Echtzeitfähigkeit

- Vorhandene Lösungen sind unterschiedlich exakt und schnell
- Reaktionszeiten der Ausgänge oder Antriebsreglern stark implementierungsabhängig
- Geringe Nutzdatenrate bei Verwendung von individuellen Ethernet-Frames
- Limitierungen bei allen Echtzeitanätzen mit einzelnen Frames für jeden Teilnehmer
- Einschränkungen sind unabhängig von dem verwendeten Protokoll

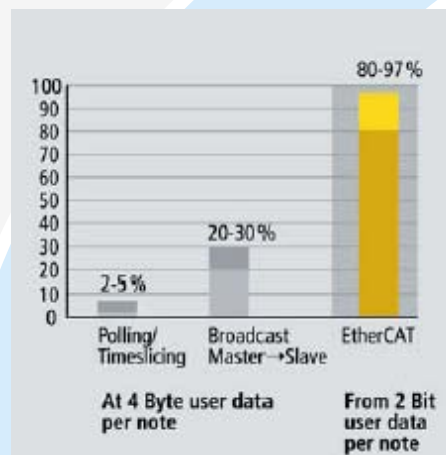
EtherCAT – Ethernet Control Automation Technology

- Ethernetanbindung für Automatisierungs- und Antriebssysteme
- Volle Ethernet-Kompatibilität
- Hohe Performance, einfache Verdrahtung und Offenheit für andere Protokolle und Feldbusse
- Verschiedene Topologien werden unterstützt
- Kostengünstig durch den Einsatz von Standard-Ethernet-komponenten

EtherCAT – Funktionsprinzip

- Prinzipielle Einschränkungen anderer Ethernet-Lösungen überwunden
- Ethernet-Paket wird nicht mehr von jedem Teilnehmer empfangen, interpretiert und weitergeleitet
- EtherCAT-Geräte entnehmen die für sie bestimmten Daten während das Telegramm das Gerät durchläuft
- Daten der Geräte werden im Durchlauf in das Telegramm eingefügt
- Hohe Nutzdatenrate von über 90%

EtherCAT – Funktionsprinzip

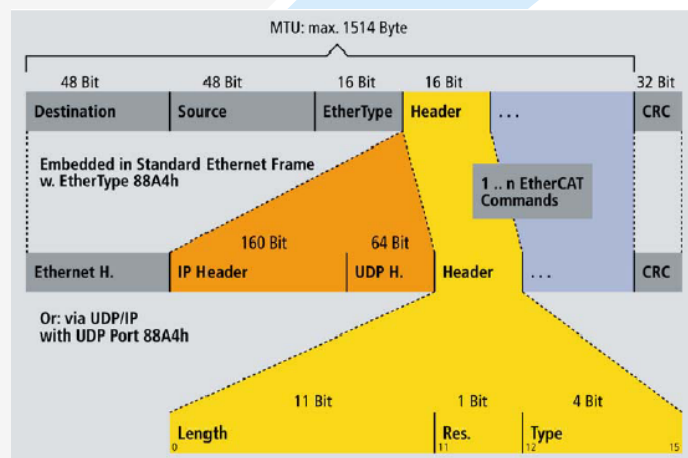


Bandbreitennutzung im Vergleich

EtherCAT – Protokoll

- Für Prozessdaten optimiertes EtherCAT-Protokoll
- Protokoll wird direkt im Standard-Ethernet-Frame (IEEE802.3) transportiert
- Wahlfreie Adressierung möglich
- Broadcast, Multicast und Querkommunikation zwischen Slaves möglich
- Kommunikation nicht nur im Subnetz möglich sondern auch über Router in andere Subnetze

EtherCAT – Protokoll

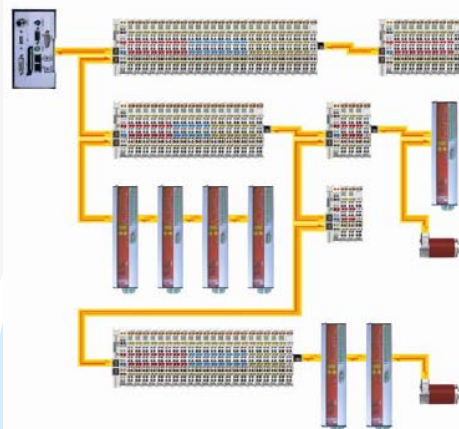


EtherCAT: Standard-IEEE 802.3 - Frame

EtherCAT – Topologie

- Kombinationen aus Linien- (Bus), Baum- oder Sterntopologie möglich
- Praktisch für Anlagenverdrahtung: Kombination aus Linienleitungen und Abzweigen bzw. Stichleitungen
- Schnittstellen auf den Geräten vorhanden – es werden keine zusätzlichen Switches benötigt (können aber auch verwendet werden)
- Standard-Ethernet-Produkte (Kabel, etc.) können eingesetzt werden
- Bis zu 65535 Teilnehmer und 100m Kabellänge zwischen 2 Geräten

EtherCAT – Topologie

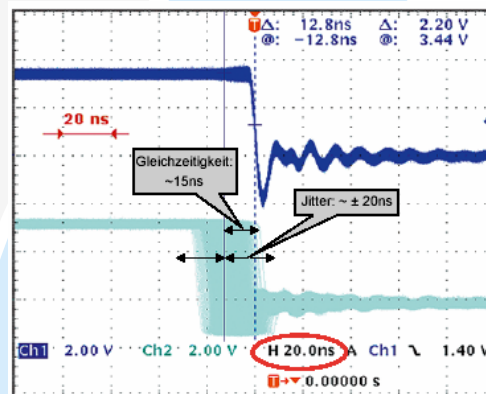


Flexible Topologie: Linie, Baum oder Stern

EtherCAT – Synchronisation

- Synchronisation durch exaktem Abgleich verteilter Uhren
- Hohe Toleranz gegenüber störungsbedingten Verzögerungen
- Hochgenaue, netzwerkweite Zeitbasis
- Genauere Geschwindigkeitsberechnungen der Steuerung möglich
- Jitterfreie Kommunikation zwischen Endgeräten und Steuerung

EtherCAT – Synchronisation



Synchronität und Gleichzeitigkeit: Scope-Aufnahme zweier Geräte mit 300 Knoten und 120m Leitung dazwischen

EtherCAT – Performance

- Gesamte Protokollbearbeitung auf Hardwareebene
- Für die Kommunikation von 100 Servoachsen werden nur 100µs benötigt
- Synchronisation aller Achsen deutlich unter 1µs
- Neue Regelungs- und Steuerungskonzepte möglich
- Anpassung des Bussystems an die Leistung moderner Industrie-PC's

EtherCAT – Performance

Prozessdaten	Update-Zeit
256 verteilte digitale E/As	11 µs = 0,01 ms
1000 verteilte digitale E/As	30 µs
200 analoge E/A s(16 Bit)	50 µs ↔ 20 kHz
100 Servoachsen, je 8 Byte Ein- und Ausgangsdaten	100 µs
1 Feldbusmaster-Gateway (1486 Bytes Eingangs- und 1486 Bytes Ausgangsdaten)	150 µs

EtherCAT-Performance-Übersicht

EtherCAT – Diagnosemöglichkeiten

- Schnelle und präzise Fehlerdiagnose möglich
- Zuverlässige Übertragung durch Detektierung von Bitfehlern mittels 32-bit CRC-Prüfsumme
- Schleichende oder wechselnde Fehlerquellen (z.B. durch EMV) werden erkannt
- Kabelbrüche oder fehlerhafte Steckverbindungen können lokalisiert werden

EtherCAT-Geräte von Copley Controls



„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

EtherCAT-Geräte von Copley Controls

- **Servoregler Accelnet**
 - ◆ Spannung: 20-90Vdc
 - ◆ Strom: 6A oder 12A Dauerstrom
- **Betriebsarten**
 - ◆ Positionsregelung
 - ◆ Geschwindigkeitsregelung
 - ◆ Drehmomentregelung (Stromregelung)
- **Sollwertvorgabe**
 - ◆ Via CANbus
 - ◆ $\pm 10V$ Sollwert
 - ◆ PWM Sollwert
 - ◆ Schritt/Richtung Positionssollwert
 - ◆ Serielle Sollwertvorgabe via RS232 (ASCII)
- **Rückführung**
 - ◆ Inkrementalencoder mit Halls
 - ◆ Sinus/Cosinus-Encoder
 - ◆ Schrittmotoren in *open-loop*-Konfiguration



Copley Controls Corp.
Copley Motion Systems LLC

Seite 33

„The World in Motion“

MACON
MOTION UNDER CONTROL

MACON
MOTION UNDER CONTROL

MACCON
The Mechatronics Company

THE END

Seite 34

Homogene, supraleitende Hochfeldmagnetsysteme für die Spektroskopie – ein idealtypischer Entwurf

Gerd F. Nowack

Digital Signal Processing Group

Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150

D-44780 Bochum, Germany



Wir stellen uns Fragen

- Was ist die Physik der magnetischen Kernresonanz?
- Welche Anwendungsgebiete benötigen große Feldstärken? ... in welchem Volumen?
- Was ist der Stand der Technik im Hochfeld-Spulenbau?
- Welche technischen Materialien sind supraleitend?
- Wie berechnet man Magnetfelder?
- Wie entwirft man Spulensysteme mit homogenen Magnetfeldern?
- Welche Techniken sind für den Eigenbau erforderlich?



Gliederung des Vortrages



1. Einleitung

2. Grundlagen: Physik der magnetischen Kernresonanz

3. Anwendungen

3.1. MR-Tomographie (low field, wide bore)

3.2. Spektrometer (high field, small bore)

4. Magnetsysteme

4.1. Stand der Technik

4.2. Supraleitende Materialien: NbTi, Nb₃Sn

4.3. Magnetfeldberechnungen

4.4. **Neuer, idealtypischer Entwurf** für ein Hybridspulensystem

4.5. Probleme der Realisierung: Spulenbau

5. Zusammenfassung



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 3
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

2. Grundlagen

Physik der magnetischen Kernresonanz



- Atomkerne mit mechanischem Drehimpuls (gequantelt unter einem äußeren Magnetfeld) $p_{\text{beob}} = I h / (2 \pi)$ mit der **Spinquantenzahl** $I = 0, \frac{1}{2}, 1, \dots$
- Für Protonen: $I_{+H} = \frac{1}{2}$, d.h. $p_{+H} = \pm h / (4 \pi)$
- Magnetisches Moment μ der Kerne $\mu_{\text{beob}} = m \mu / I$ mit der **magn. Kernquantenzahl** $m = I, I-1, I-2 \dots -I+1, -I$ und $\mu = \text{Konst} \mu_B$
($\mu_B = \text{Bohr'sche Magneton} = 9,274 \cdot 10^{-24} \text{ J / G}$)
- Für Protonen: $I_{+H} = \frac{1}{2} \rightarrow m_{+H} = \pm \frac{1}{2}$ ($\text{Konst}_{+H} = 2,79$)



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 4
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

Kerndaten: magnetische Resonanz



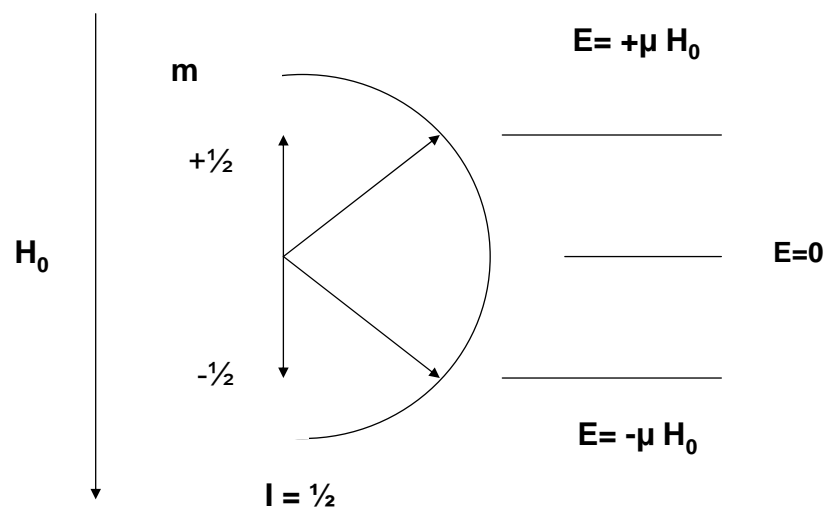
	Spinquanten - Zahl I	Anteil	Larmorfrequenz bei 1T [f/B]
^1H	$\frac{1}{2}$	99,98%	42,578 MHz / T
^{12}C	0	98,89%	0
^{13}C	$\frac{1}{2}$	1,1%	10,7089 MHz / T
^{16}O	0	99,96%	0
^{17}O	$2\frac{1}{2}$	0,037%	5,772 MHz / T
^{27}Al	$I=2\frac{1}{2}$	100%	11,094 MHz / T
^{28}Si	0	95,3%	0
^{29}Si	$\frac{1}{2}$	4,7%	8,460 MHz / T



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

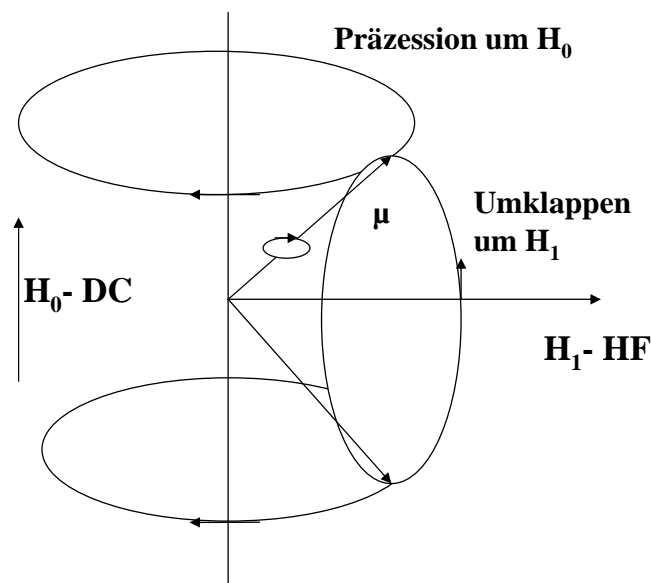
Folie 5
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

Energieniveaus bei Protonen



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 6
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden



Aufgabe der Modulation

- **Umklappen des magnetischen Momentenvektors von der oberen auf die untere Kreisbahn: Energieaufnahme durch Feldabsorption (aus H_1)**
- HF-Feld H_1 übt ein zusätzliches Drehmoment aus.
- Zusätzliche Präzession bei Synchronisation der HF-Frequenz mit der Larmorfrequenz, deren Frequenz von der Größe der Feldstärke H_1 abhängt.
- Quantenphysikalisch bedeutet diese Präzession ein Umklappen des magnetischen Momentenvektors zwischen den beiden möglichen Energiezuständen.





- Ausgleich der Besetzungswahrscheinlichkeiten. (Gleiche Übergangswahrscheinlichkeiten → 50:50.)
- Elektronen reagieren diamagnetisch, Kerne paramagnetisch. → geringfügige Änderung der Feldstärke H_0 (0 ... ± 10 ppm).
- Das **Absorptionspektrum** von H_1 zeigt die jeweiligen Resonanzen der Protonen, die in den Molekülen der Probe äquivalente Gruppen bilden. (Frequenz und Amplitude können quantitativ ausgewertet werden.)



3. Anwendungen

3.1. MR-Tomographie (low field, wide bore)



Die Welt-Marktanteile sind in etwa wie folgt verteilt:

- $\frac{1}{3}$ Fa. Siemens AG Medical Solutions, 91052 Erlangen
- $\frac{1}{3}$ Fa. GE Healthcare 80807 München (General Electric)
- $\frac{1}{3}$ Rest der Welt

Historische Entwicklung der NMR:

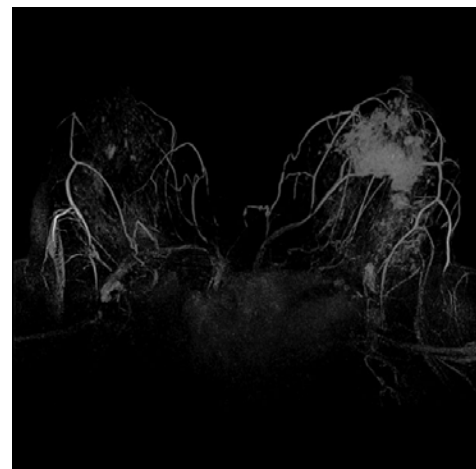
- 1946: Felix Bloch, Edward Purcell: Absorptionsspektren
Nobelpreis: 1952
- 1950: Richard Ernst, Weston Anderson: FT v. Pulsantworten
Nobelpreis der Chemie: Richard Ernst: 1991
- 1973: Paul Lauterbur: Ortsauflösende NMR = MRT
Nobelpreis der Medizin: 2003

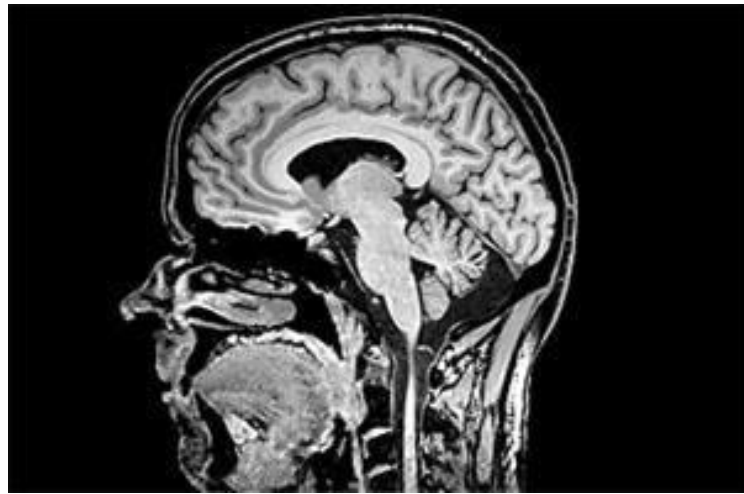


- 1977 Siemens startet NMR-Forschung
- 1978 luftgekühlter 1 KG Magnet: 4 mm Ortsauflösung
- 1979 Erstes Bild: Einblicke in eine Paprika
- 1980 Erstes Schädelbild
- 1981 ölgekühlter 2 KG Magnet: 4 mm Ortsauflösung
- 1983 Erster SL-Magnet 3,5 KG: MAGNETOM
- 2003 MAGNETOM Trio: 3 T – Ganzkörper MRT: STD
- 2003 MAGNETOM 7T: 7 T – Ganzkörper MRT: Forschung



Magnetom Trio, 3T-Bilder[©], Siemens





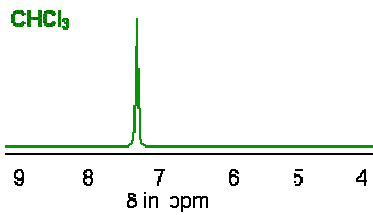
(3. Anwendungen)
3.2. NMR - Spektrometer (high field, small bore)

- Magnetfelder der NMR- Spektrometer für die chemische Strukturanalyse: 5 bis 20 T. (Probenvolumen liegt bei ca. 1 cm³.)
- Die Larmorfrequenzen steigen entsprechend:

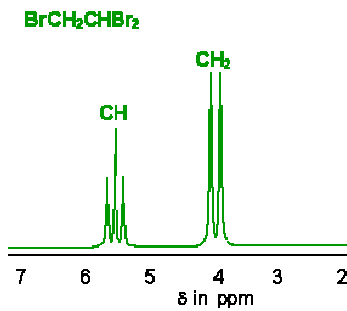
	5 T	10 T	15 T
¹ H	212,89 MHz	425,78 MHz	638,68 MHz
¹³ C	53,545 MHz	107,089 MHz	160,634 MHz
²⁹ Si	42,328 MHz	84,656 MHz	126,98 MHz



NMR-Spektren (Analytik)



System Nullter Ordnung,
also nur Singulett



System Erster Ordnung,
Multipletts, äquidistante
Linienaufspaltung



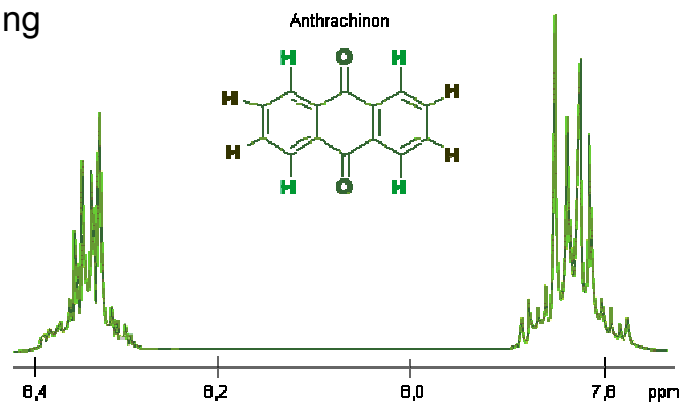
Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 15
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

NMR-Spektren (Analytik)



System Höherer Ordnung



Multipletts:

1. äquidistante Linienaufspaltung, zusätzlich
2. nicht-äquidistante Linienaufspaltung



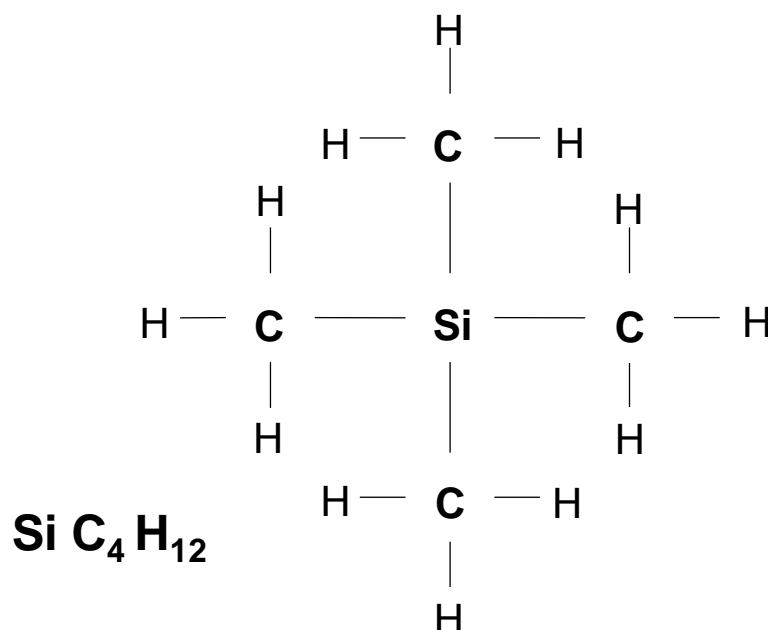
Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

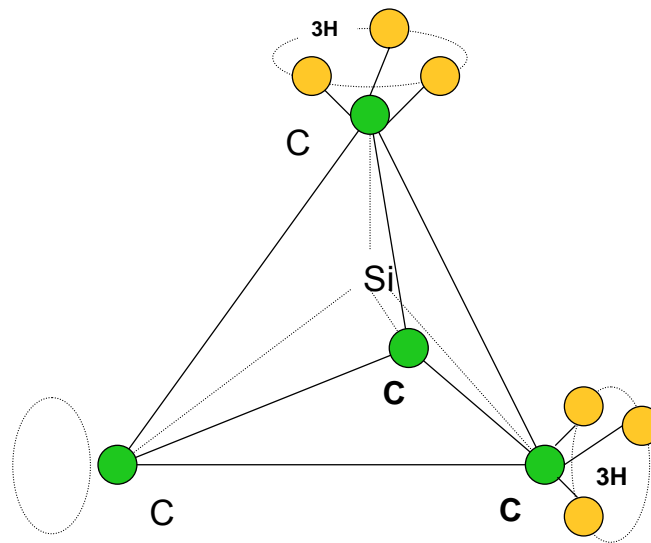
Folie 16
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

- **Linienabstand** im Spektrum → direkt proportional der magnetischen Induktion.
- **Linienbreite** = natürliche Linienbreite + Verbreiterung durch Feldinhomogenitäten. (Dadurch könnte eine Überlagerung benachbarter Linien entstehen.)
- Jede Resonanzlinie besitzt noch eine Feinauflösung (Linienaufspaltung).
- Die Hochfeldspektroskopie analysiert komplexe Moleküle.
- Als **Referenzsubstanz** nutzt man Tetramethylsilan (TMS)



Tetramethylsilan (**TMS**): Formel





SL-Magnetsysteme: Marktübersicht

- **NMR- Spektrometer- Marktübersicht:**

Bruker/Biospin GmbH, Silberstreifen,
76287 Rheinstetten

Jeol/Germany GmbH, Oskar-von-Miller-Str. 1A,
85386 Eching

Varian Deutschland GmbH, Alsfelder Str. 6,
64289 Darmstadt





Ultra Shield™, 89mm \varnothing



Ultrastabilized™, 54mm \varnothing



4. Magnetsysteme 4.1. Stand der Technik

Spitzen - Angebote der Marktführer:

	Maximale Induktion	Zugehörige Frequenz	Proben-Volumen
Bruker	bis 21,1 T	900 MHz	5 μ l - 400 μ l
Jeol	bis 21,4 T	920 MHz	20 μ l - 2 ml
Varian	bis 21,1 T	900 MHz	ab 40 μ l



Bruker – Magnetsysteme (Standardsysteme)



- AVANCE DRX – 600 (Fa. Spectrospin)
Magnet: 14,1 T mit Narrow Bore (54 mm)
- AVANCE WB – 360 (Fa. Spectrospin)
Magnet: 8,4 T mit Wide Bore (89 mm)
- AVANCE NB – 360 (Fa. Oxford Instruments)
Magnet: 8,4 T mit Narrow Bore (54 mm)
- AVANCE DPX – 200 (Fa. Spectrospin)
Magnet: 4,7 T mit Narrow Bore (54 mm)



4.2. Supraleitende Materialien: Geschichte der Entdeckung



- Von den ca. 100 Elementen sind 30 unterhalb einer kritischen Temperatur T_C supraleitend.
- Dazu gehört auch Quecksilber Hg, das unterhalb von -39 °C einen festen Zustand hat. Es wird supraleitend unterhalb $T_C = 4,16\text{ K}$.
- Kamerlingh-Onnes: 1911 in Leiden: Heliumverflüssigung $T_S = 4,2\text{ K}$ (Siedepunkt). Aber sein Thermometer: Quecksilber funktioniert nicht mehr! Er glaubt nicht an ein neues physikalisches Phänomen.
- Bardeen, Cooper und Schrieffer: Erst 1957 BCS-Theorie erklärt die Supraleitung. 2 Elektronen bilden ein Cooperpaar, für das die Bosonenverteilung gilt.



- Der elektrische Widerstand verschwindet.
- **Aber** ... man beachte den Meißner-Effekt !
- Kühlt man einen Supraleiter ab, der sich in einem Magnetfeld befindet (Das Magnetfeld durchdringt den Supraleiter!), dann verdrängt der Supraleiter das Magnetfeld aus seinem Innern, wenn die Temperatur den Wert von T_C unterschreitet.



- Die Verdrängung des Magnetfeldes erfordert Energie!
Woher?
- Diese Energie wird frei, wenn die Elektronen ihren Zustand ändern: statistisch → geordnet.
- Vergleich: Verdampfungsenergie bei der Kondensation von Wasserdampf (Phasensprung).
- Diese Energie ist begrenzt, d.h. es gibt ein kritisches Magnetfeld H_C , oberhalb dessen der Supraleiter normalleitend bleibt.





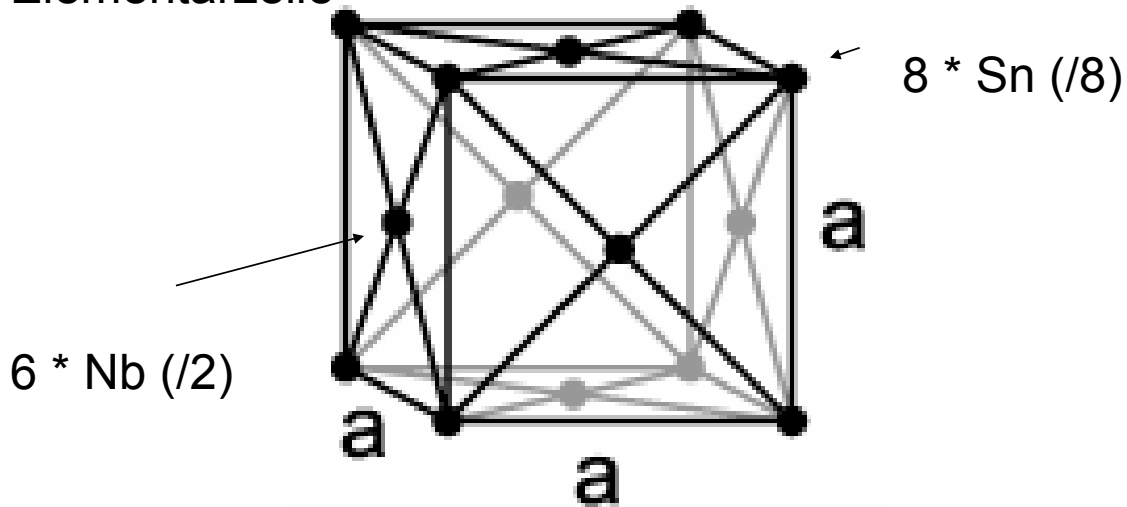
- Erzeugt man das Magnetfeld H_C durch einen Strom im Supraleiter, ergibt sich der kritische Strom I_C .
- Da der Supraleiter innen feldfrei ist, kann der Strom nur auf der Oberfläche fließen.
- In technischen Supraleitern werden normalleitende Pinningzentren „eingebaut“, durch die Magnetfeldanteile hindurch treten, die nun gleichzeitig lokal stabilisiert sind.



Technische Supraleiter	T_C	I_C @ 4,2K 0,5 mm \varnothing F54, EAS, Bruker- Biospin $^{\circ}$, Früher: VAC	B_C 4,2K/0A
NbTi 50:50 Legierung	9,5 K	3T / 306 A 4T / 267 A 5T / 228 A 6T / 189 A 7T / 147 A 8T / 103 A	13,5 T
Nb₃Sn , Nb _{2,85} SnZr _{0,15} Kubisches Gitter	18,05 K 18,07 K	?	29,5 T 32,8 T



Elementarzelle



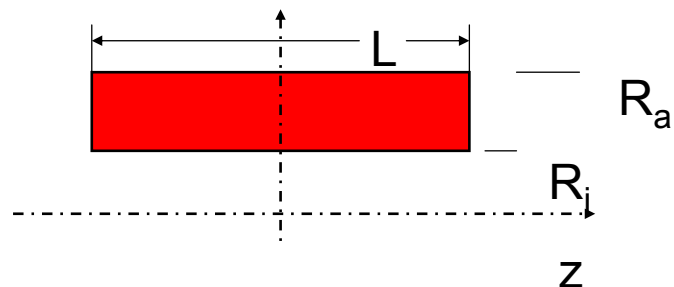
Kubisch flächenzentriertes Gitter: Typ = fcc (face-centered cubic)



4.3. Magnetfeldberechnungen: Hauptfeld

Die magnetische axiale Feldstärke einer mehrlagigen Zylinderspule berechnet sich nach der Formel:

$$B_a(z, L, R_a, R_i) = \frac{1}{2} \frac{N}{L (R_a - R_i)} I * \mu * g(z, L, R_a, R_i)$$

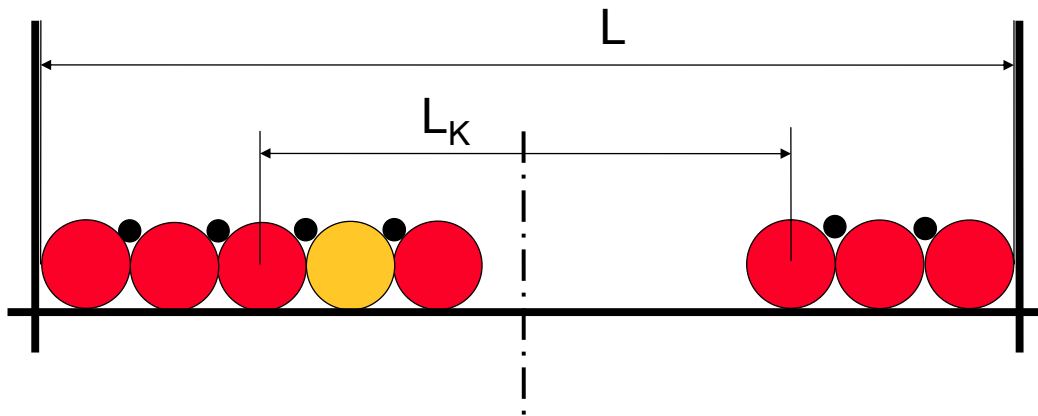


Der Geometriefaktor g beträgt:

$$g(z, L, R_a, R_i) = \left(z + \frac{L}{2} \right) * \ln \left(\frac{R_a + \sqrt{R_a^2 + \left(z + \frac{L}{2} \right)^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + \left(z + \frac{L}{2} \right)^2}} \right) - \left(z - \frac{L}{2} \right) * \ln \left(\frac{R_a + \sqrt{R_a^2 + \left(z - \frac{L}{2} \right)^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + \left(z - \frac{L}{2} \right)^2}} \right)$$



Homogene Felder durch Optimierung von L_K bei **Stromdichtehalbung**



Wicklungstechnik mit Blind- (gelb) und Stützwicklungen (schwarz)

- Innerhalb der Korrekturlänge L_K ist die Stromstärke halbiert.
- Die dünne Stützwicklung ist notwendig, um hohe Wicklungspakete zu erreichen ($d = D/4$).



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 31
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

4.3. Magnetfeldberechnungen: **Korrekturfeld**



Dem Hauptfeld überlagert sich das **Korrekturfeld**:

$$B_{a,K}(z, L_K, R_a, R_i) = \frac{1}{2} \frac{N}{L_K (R_a - R_i)} I_K * \mu * g_K(z, L_K, R_a, R_i)$$

$$\text{mit } I_K = -\frac{I}{2}$$

Der Geometriefaktor g_K beträgt entsprechend:

$$g_K(z, L_K, R_a, R_i) = \left(z + \frac{L_K}{2}\right) * \ln \left(\frac{R_a + \sqrt{R_a^2 + \left(z + \frac{L_K}{2}\right)^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + \left(z + \frac{L_K}{2}\right)^2}} \right) - \left(z - \frac{L}{2}\right) * \ln \left(\frac{R_a + \sqrt{R_a^2 + \left(z - \frac{L_K}{2}\right)^2}}{R_i + \sqrt{R_i^2 + \left(z - \frac{L_K}{2}\right)^2}} \right)$$



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

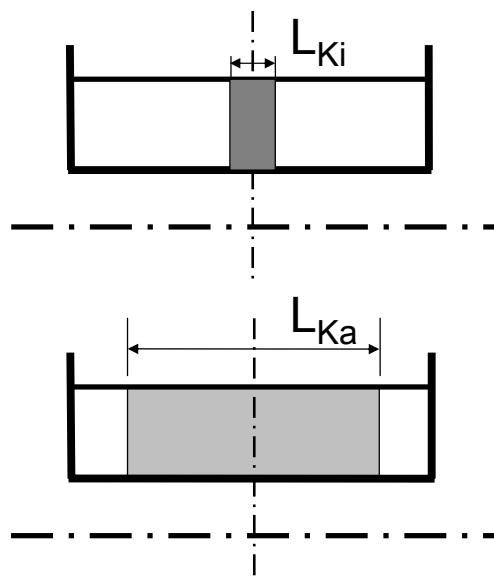
Folie 32
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

Die **Helmholtz-Bedingung** für die Feldhomogenität:
 Krümmung k des Feldstärkeverlaufs = 0 (bei $z=0$)

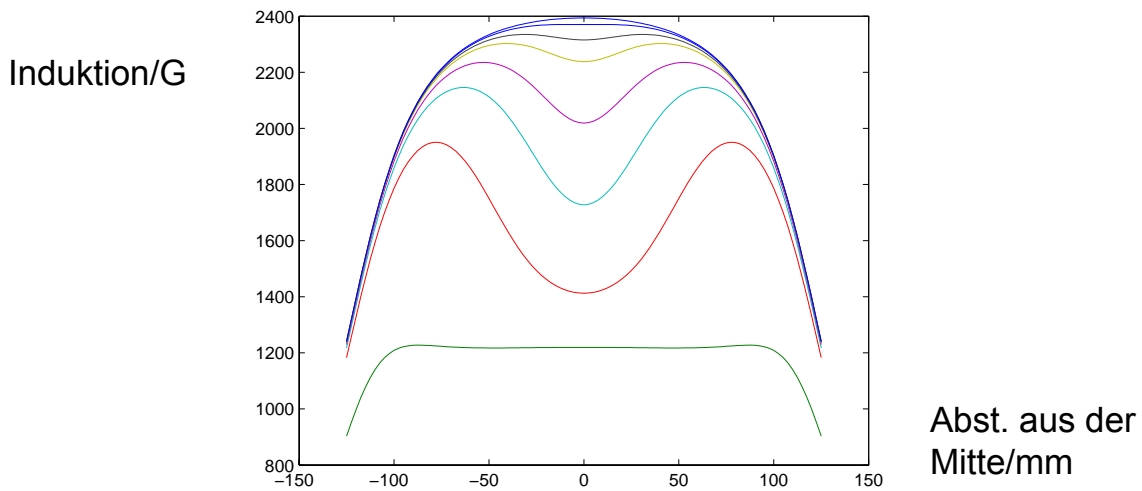
$$k = \frac{\frac{d^2}{dz^2} B(z)}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{d}{dz} B(z)\right)^2\right]^3}} = 0$$



Zwei Möglichkeiten für Feldhomogenisierung



Vergleich der beiden Lösungen



Von oben nach unten zunehmende Korrekturlänge L_K ($L=200$)

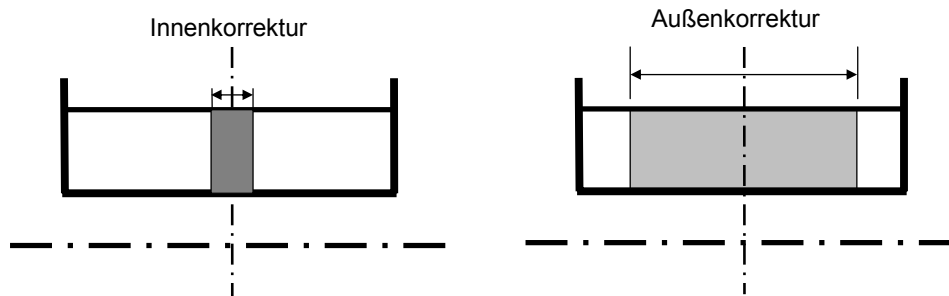
Beste Lösungen: Zweiter von oben und unterster Feldverlauf



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 35
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

Weitere Optimierung: Spulenlänge L



- Angenommen: die Spulengesamtlänge L würde verkürzt:
- Die Inhomogenität des Grundfeldes würde dadurch erhöht, also müsste

die Korrekturlänge, innen vergrößert und
die Korrekturlänge, außen verkleinert werden

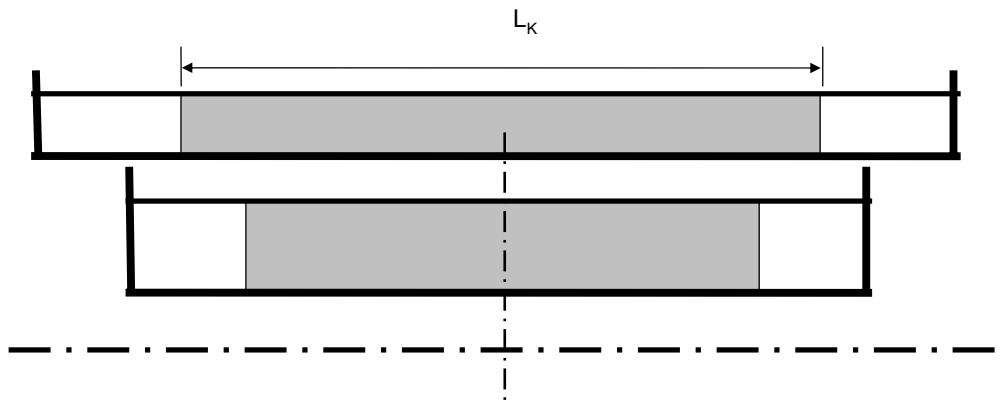
- Daraus folgt: Die **optimale** Spulenlänge L ergibt sich, wenn die
Korrekturlängen in beiden Entwürfen **genau gleich**
sind.



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 36
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

4.4. Optimales Hybridspulensystem



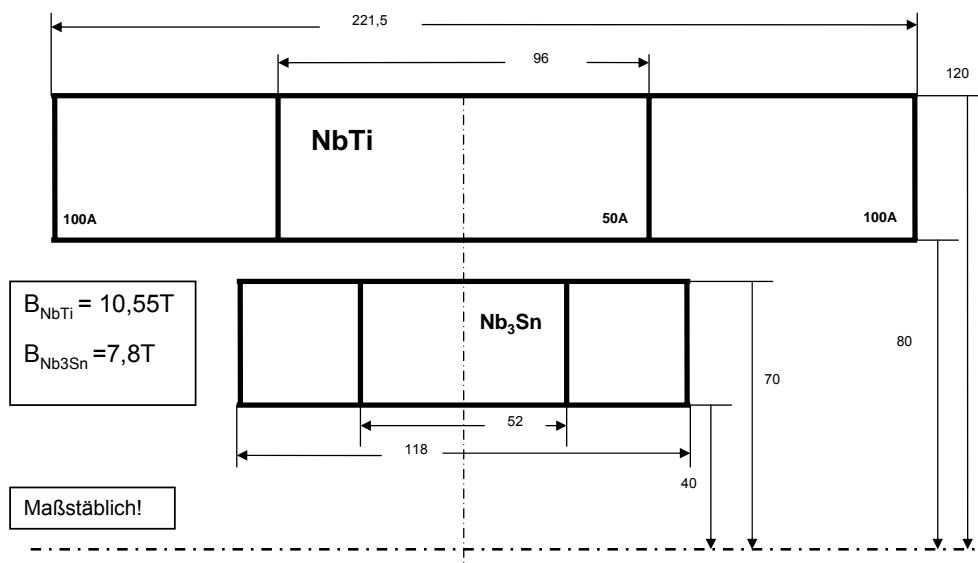
- Die Innenspule (L_i) wird aus Nb_3Sn gefertigt.
- Die Außenspule (L_a) wird aus NbTi gefertigt.



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 37
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

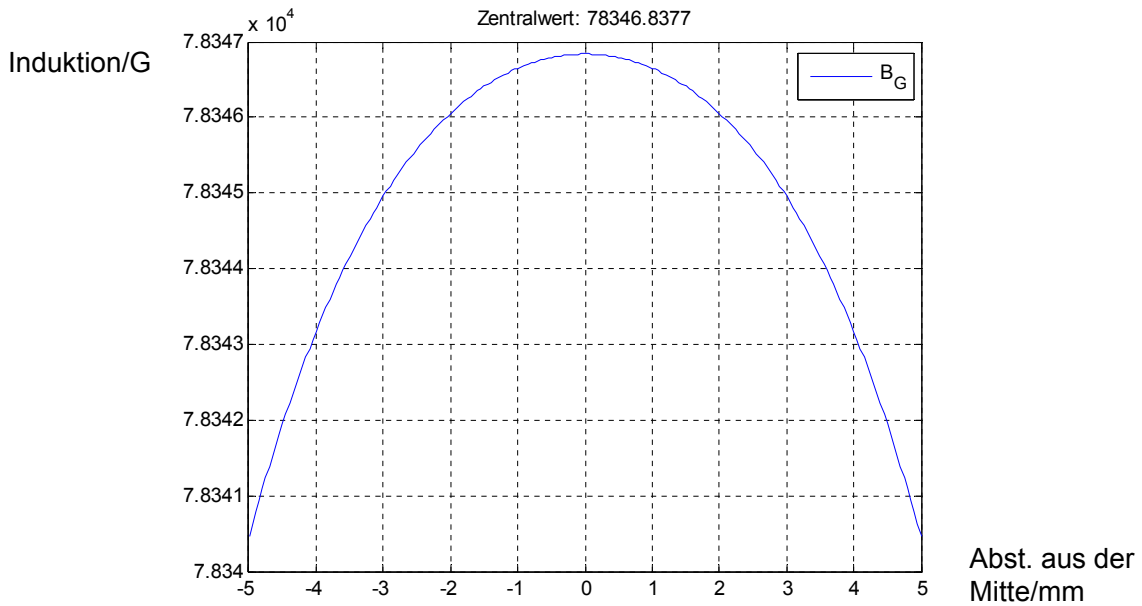
Idealtypischer Entwurf: Ergebnis



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 38
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

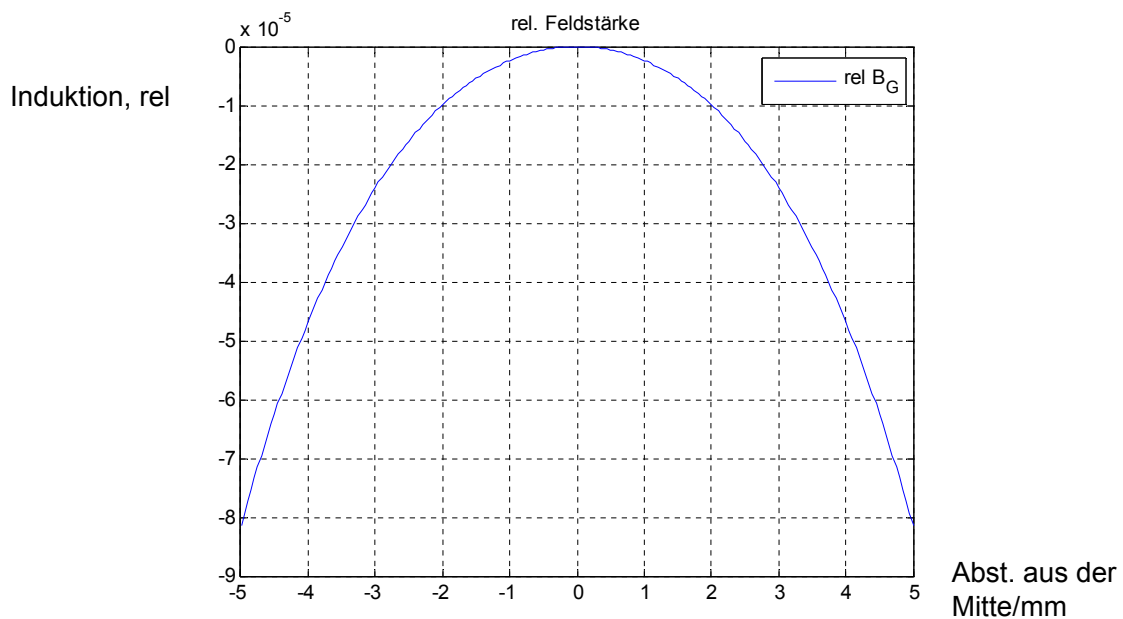
Idealtypischer Entwurf: Nb₃Sn - Induktion



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 39
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

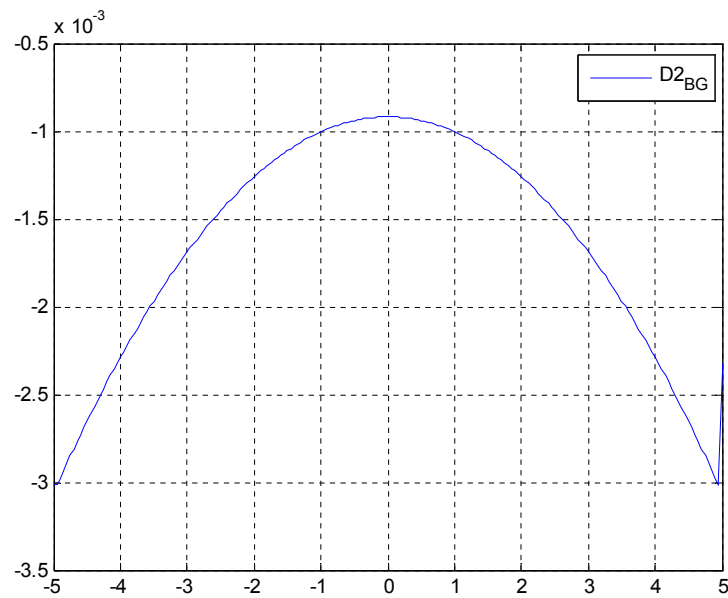
Idealtypischer Entwurf: Nb₃Sn - Homogenität



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 40
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

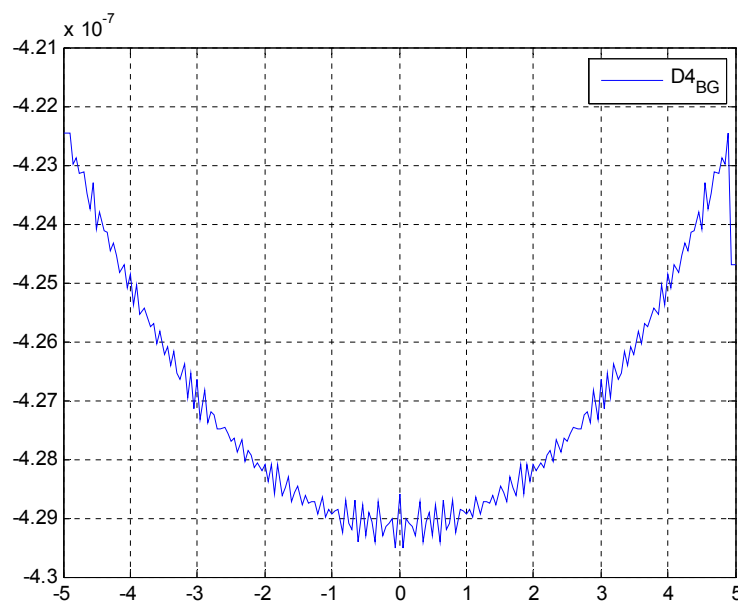
Idealtypischer Entwurf: Nb₃Sn - 2. Ableitung



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 41
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

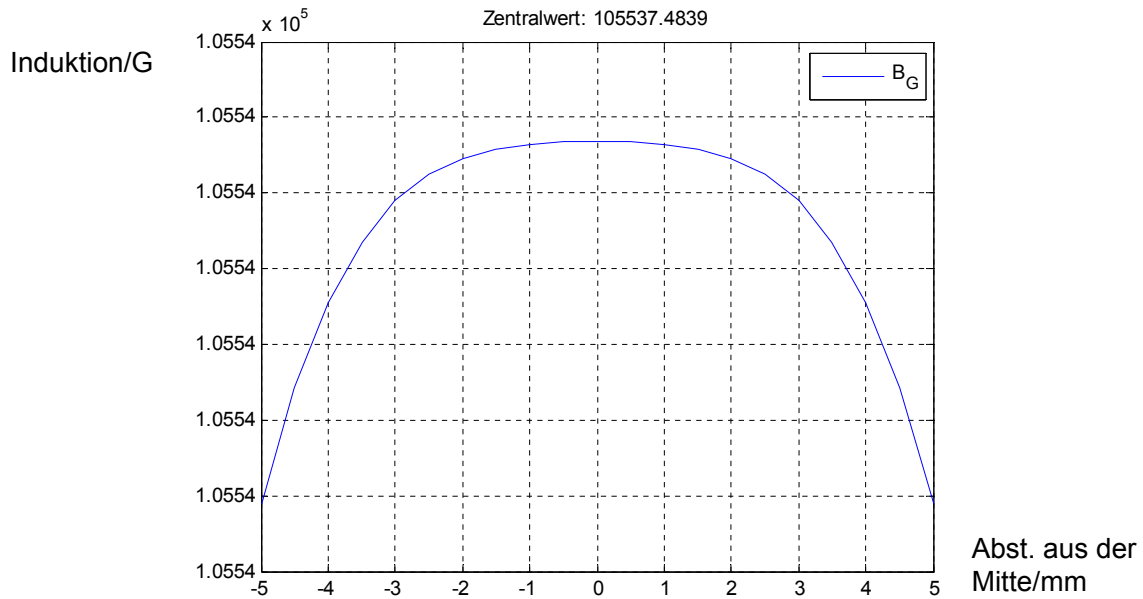
Idealtypischer Entwurf: Nb₃Sn - 4. Ableitung



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 42
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

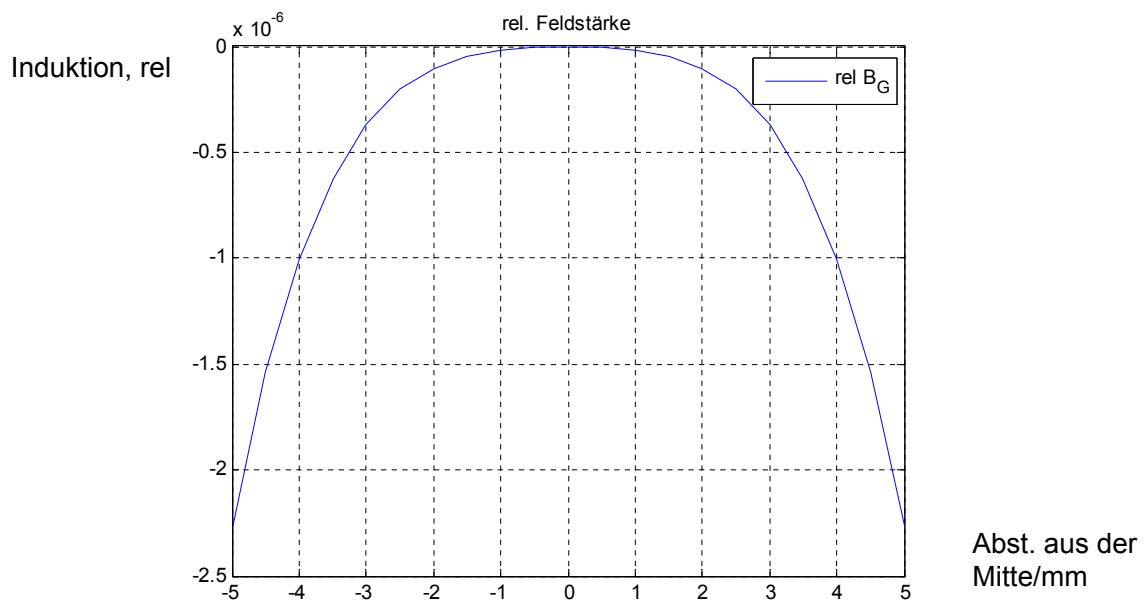
Idealtypischer Entwurf: NbTi - Induktion



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 43
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

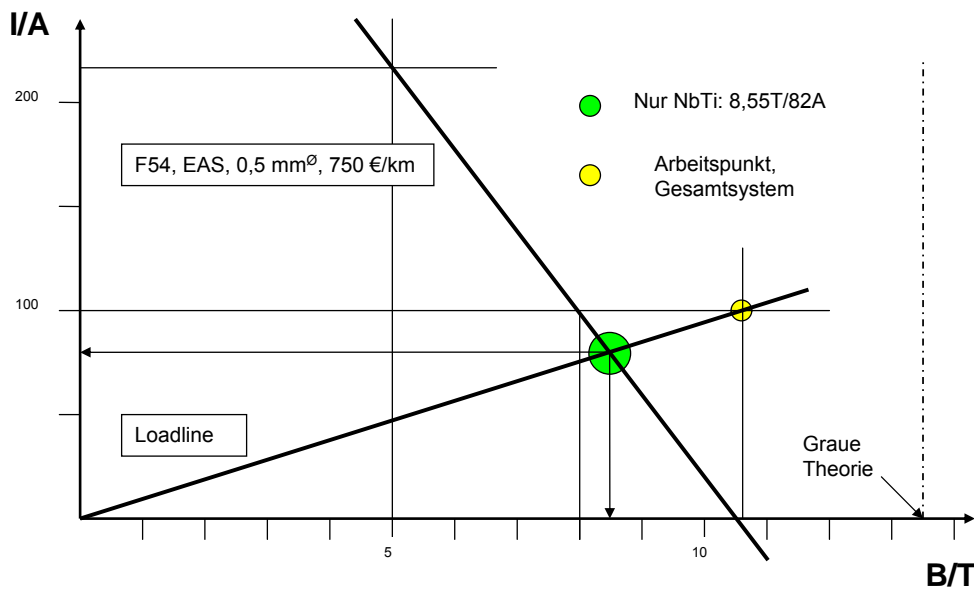
Idealtypischer Entwurf: NbTi - Homogenität



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 44
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

NbTi- Solenoid



Idealtypischer Entwurf

- **Vorteile :**
- Das Gesamtsystem kann aus beliebig vielen Einzelspulen zusammengesetzt werden, da jede Spule für sich ein homogenes Feld erzeugt.
- Da die Feldhomogenität grundsätzlich nicht von der Stromstärke abhängig ist, kann jede Einzelspule mit einer eigenen Stromstärke betrieben werden.





- Der idealtypische Entwurf ist dadurch gekennzeichnet, dass er bei größtmöglicher Feldstärke eine größtmögliche Homogenität (maximales Probenvolumen) realisiert.
- Der Entwurf kann noch fertigungstechnisch vorgegebene Drahtlängen berücksichtigen, d.h. wenn die Drahtlänge noch für eine weitere Lage reicht, kann diese auch gewickelt werden (mit einer neu gerechneten Korrekturlänge).

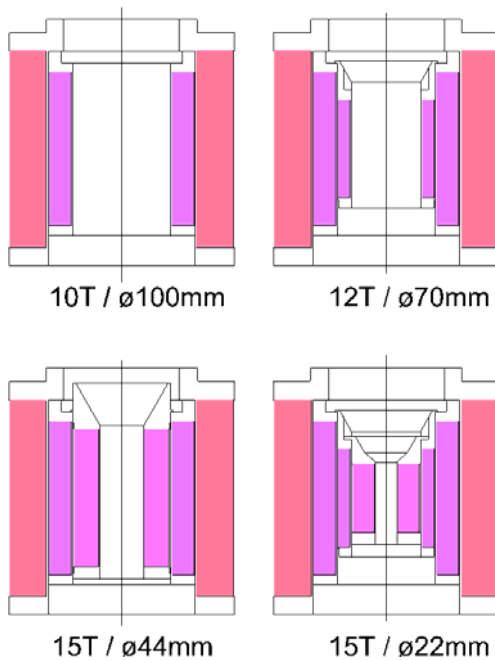


4.5. Probleme der Realisierung: Spulenbau



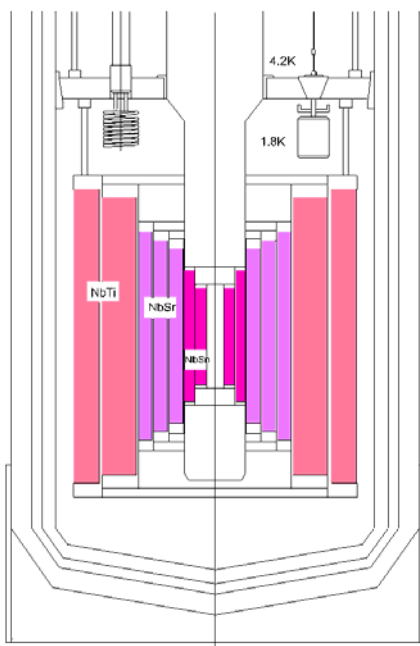
- **Hauptproblem der Fertigung:** Man muss gleichzeitig bis zu drei Materialien (SL-Draht, Blind- und Stützwicklung) wickeln können. (An der Ruhr-Universität Bochum wurde der Nachweis erbracht, dass dies möglich ist.)
- Beim Eigenbau sind **weitere Probleme** zu lösen:
 - Stromversorgung
 - Schnellabschaltung
 - Supraleitender Kurzschluss
 - Stromzuführungen
 - Kryostat





Magnetsystem Jumbo

(Keine Feldhomogenität)



HOMER II System

20T / 1,8K / 180mm[∅] (alle) oder
12T / 1,8K / 440mm[∅] (nur NbTi) bzw.
9T / 4,2K / 440mm[∅] (nur NbTi).

(Keine Feldhomogenität)

(Mittlere Spule: NbZr, innere Spule Nb₃Sn)



5. Zusammenfassung



Grundlagen: Physik der magnetischen Kernresonanz

Anwendungen: MRT und NMR-Analytik

Magnetsysteme:

Stand der Technik, NbTi, Nb₃Sn, Magnetfeldberechnungen

Neuer, idealtypischer Entwurf für ein Hybridspulensystem

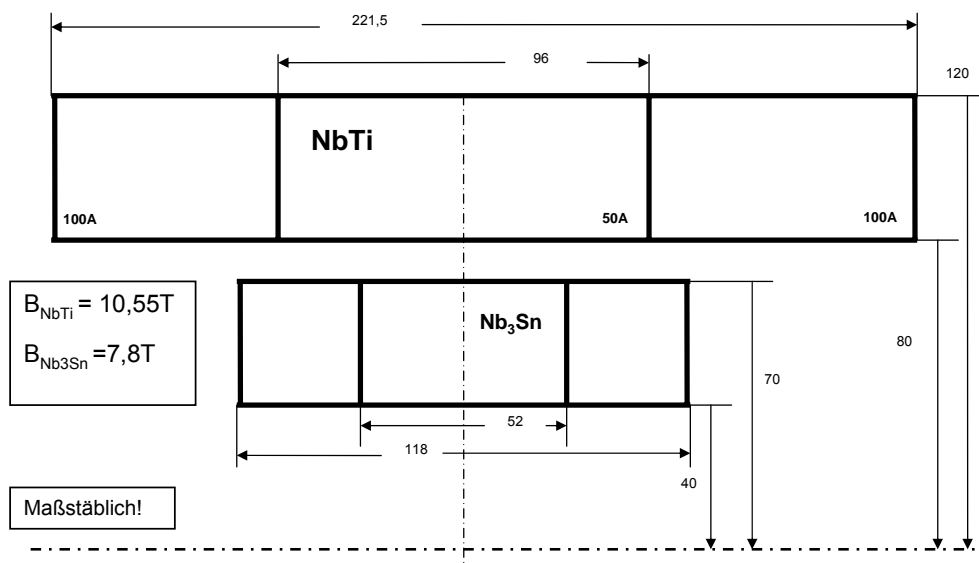
Probleme der Realisierung: Spulenbau



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 51
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

Neuer, idealtypischer Entwurf



Ruhr-Universität Bochum
Digital Signal Processing Group

Folie 52
SEI Frühjahr 2007, Rossendorf / Dresden

Homogene, supraleitende Hochfeldmagnetsysteme für die Spektroskopie – ein idealtypischer Entwurf

Gerd F. Nowack
Digital Signal Processing Group
Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150
D-44780 Bochum, Germany
Gerd.Nowack@RUB.de

Erläuterung zu den Einzelfolien aus der Power/Point- Präsentation

Folien 1 - 3: Thema, Verfasser, Agenda, Hinführung zum Thema

Folien 4 - 9: Physikalische Grundlagen der magnetischen Kernresonanz

Folien 10 - 13: Erster Teil der Anwendungen der magnetischen Kernresonanz: MRT = Magnetische Resonanz Tomographie, ein bildgebendes Verfahren in der Medizin. Entwicklung der MRT-Geräte bei der Firma Siemens, Erlangen. MRT-Aufnahmen aus der medizinischen Praxis: Brustkrebsdiagnose: rechtes Bild auf Folie 12.

Folien 14 - 21: Zweiter Teil der Anwendungen der magnetischen Kernresonanz: NMR = Nuclear Magnetic Resonance, ein analytisches Verfahren in der Chemie. Beispiele für Spektren und deren Interpretation (Folien: 15 – 17), Folien 18 und 19: Tetramethylsilan, eine Referenzsubstanz mit einer Resonanzlinie gleichartiger Protonen innerhalb des Molekülaufbaus. Marktübersicht und NMR-Spitzenmodelle der Firma Bruker Biospin, Rheinstetten bei Karlsruhe (Folien 20 und 21).

Folien 22 - 23: Vorstellung einiger SL-Magnetsysteme mit den zurzeit höchsten Magnetfeldern und Ausschnitt aus dem Lieferprogramm der Firma Bruker Biospin.

Folien 22 - 26: Physikalische Grundlagen der Supraleitung

Folien 27 - 29: Daten der zum Magnetbau technisch verwendbarer Materialien mit dem Schwerpunkt auf NbTi, das zur Herstellung von SL-Drähten bestens geeignet ist.

Folien 30 - 33: Mathematische Grundlagen der Magnetfeldberechnung: Feldhomogenisierung durch die Variation der Stromdichte im Wicklungspaket.

Folien 34 - 37: Das Problem der Feldhomogenisierung einer Solenoidspule vorgegebener Länge hat zwei (!) Lösungen: Folie 34. Die zugehörigen Feldstärkeverläufe sind in Folie 35 zu sehen: optimal sind: zweite Kurve von oben und die unterste. Nimmt man die Spulenlänge noch als Optimierungsparameter dazu, dann gehen die beiden Lösungen ineinander über, d.h. jetzt ist **das** Optimum aus Feldstärke, Homogenität und Probenvolumen gefunden. Folie 37 zeigt zwei Solenoidspulen, die bei vorgegebenen Radien auf das globale Optimum hin Längsoptimiert sind. Die Bezeichnung Hybridspule bedeutet, dass das Gesamtsystem aus zwei Spulen besteht, wobei die innere aus Nb₃Sn gefertigt wurde, weil dieses Material eine besonders hohe kritische Feldstärke besitzt. Die äußere Spule ist aus dem Standardmaterial NbTi gefertigt.

Folien 38 - 44: Folie 38 zeigt die konkrete Lösung für einen 10T SL-Magnetsystem im globalen Optimum. Die Folien 39 – 42 zeigen die MATLAB-Resultate: Folie 39: Feldstärkeverlauf der Nb₃Sn-Systems: Zentralwert: 7,835 T/100A; Folie 40: Feldhomogenität: $10^{-5} \pm 2$ mm; Folien 41 und 42 zeigen die 2. und 4. Ableitung des Induktionsverlaufs. Diese Werte sollten in der Mitte verschwindend klein sein. Sie sind nicht exakt Null, aber sie liegen an der Grenze der Recherauflösung wie der Verlauf der 4. Ableitung an den statistischen Schwankungen

zeigt. Folie 43: Feldstärkeverlauf des NbTi-Systems: Zentralwert: 10,554 T / 100A; Folie 44: Feldhomogenität: 10^{-6} / ± 4 mm, d.h. dieses System ist wesentlich homogener.

Folie 45: Hier sind die erreichbaren Arbeitspunkte zu sehen. Da beide Spulen homogen entworfen sind, kann jede mit einem eigenen Strom betrieben werden. In der Folie ist die Strom/Induktionskennlinie (Gerade durch den Ursprung) eingezeichnet. Werden die kritischen Drahtwerte erreicht (s. die mit F54, ... gekennzeichnete Gerade) dann liegt die maximale Feldstärke des NbTi-Spulensystems fest: 8,5T / 80A. Wird das innen liegende Nb₃Sn-System gleichzeitig betrieben, reduziert sich am Ort des NbTi-Systems die magnetische Feldstärke, d.h. der Strom kann weiter erhöht werden, z.B. auf 10,554 T / 100A. Beide Systeme zusammen können 18,39 T / 100A erreichen.

Folien 46 - 47: Hier stehen die Hauptvorteile des idealtypischen Solenoidspulen-Systems.

Folie 48: Hier werden die vielen zusätzlichen technologischen Probleme angedeutet.

Folien 49 - 50: Diese Folien zeigen Hochfeld Spulენტwürfe des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Feldhomogenität spielt hier wohl keine Rolle.

Folie 51: Zusammenfassung

Folie 52: Wiederholung der Folie: 38



DSAM

Datenverarbeitendes
Sensor-Aktor-Modul

Dipl.-Ing. **werner nophut**
GmbH

Dipl.-Ing. **werner nophut**
GmbH

Steigerwaldstr. 11 96191 Viereth www.dsam.info

Die Firma:



Gegründet: 1982
Sitz: Steigerwaldstr. 11
96191 Viereth
Telefon: 0 95 03 / 70 90
FAX: 0 95 03 / 77 79
E-Mail: info@nophut-gmbh.de
Homepage: www.dsam.info

Firmenausrichtung:

- **Entwicklung elektronischer Baugruppen und Geräte**
für die **industrielle Messtechnik.**

Unser neuestes Produkt ist in modularer Bauweise verfügbar !

Vorteile:

- > Verwendung bereits bewährter Komponenten
- > Zeit bis zur Fertigstellung wird verkürzt
- > Deutliche Reduzierung der Kosten
- > Servicefreundlicher

- **Anwenderspezifische Lösungen**
- **Fertigung (SMD und bedrahtet, Montage)**
- **Inbetriebnahme beim Kunden**
- **Beratung bei Problemen mit der EMV**



Dezentrale Messwerterfassung und -verarbeitung:

Autarke Messeinrichtung in der Nähe der Sensoren

- > eigener Rechner entlastet die Steuerung

Eingangssignale

- > kurze Signalwege
- > einfachere Installation
- > weniger Störungen
- > gute Voraussetzung für präzise Messungen



Ausgangssignale

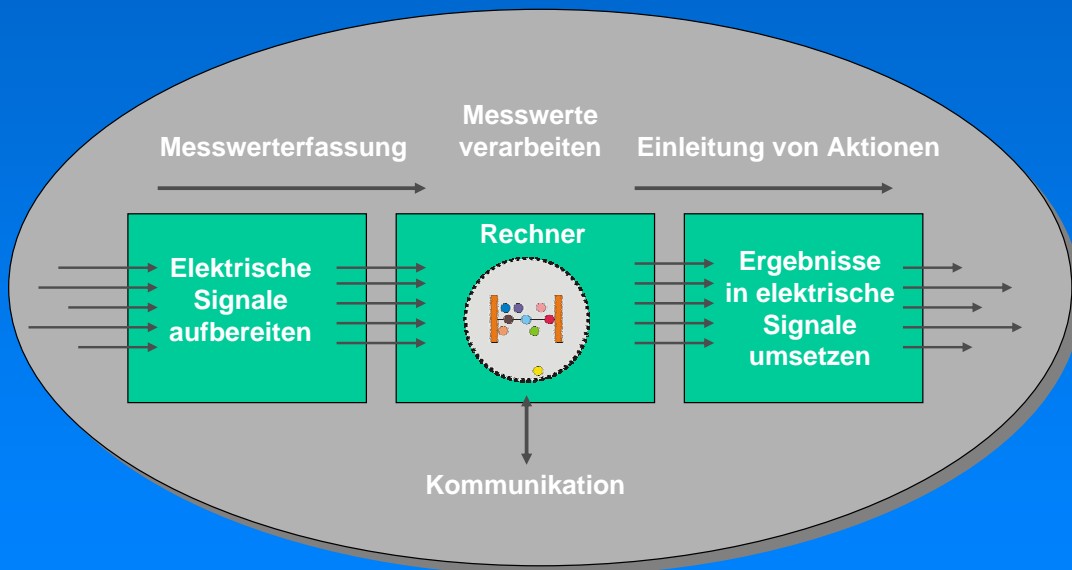
- > kurze Signalwege
- > einfachere Installation
- > weniger Störungen

Kommunikation

- > minimaler Datentransfer
- > keine Belastung des Bussystems

Dipl.-Ing. werner nophut

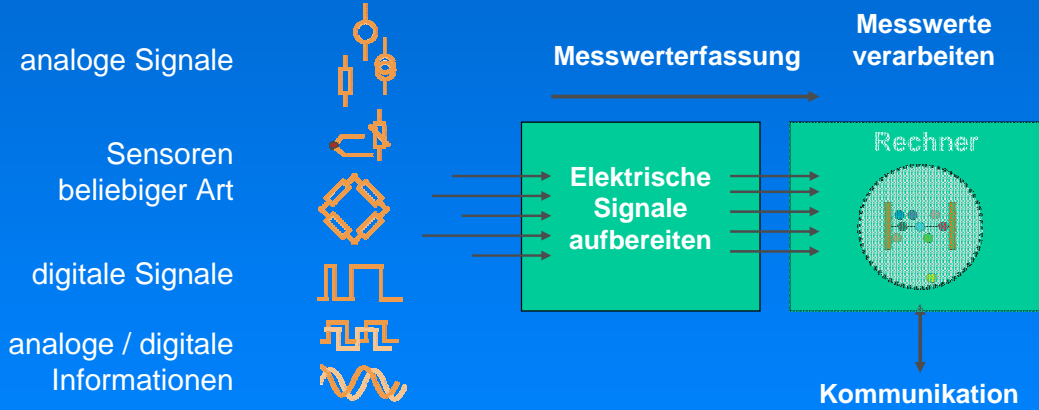
Unser Konzept für die industrielle Messtechnik:



Dipl.-Ing. werner nophut

Unser Konzept für die industrielle Messtechnik:

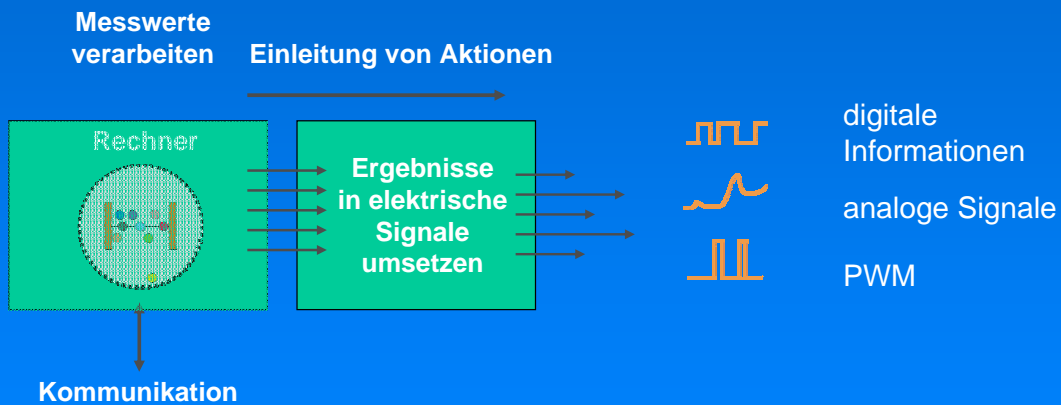
Eingänge:



Dipl.-Ing. werner nophut

Unser Konzept für die industrielle Messtechnik:

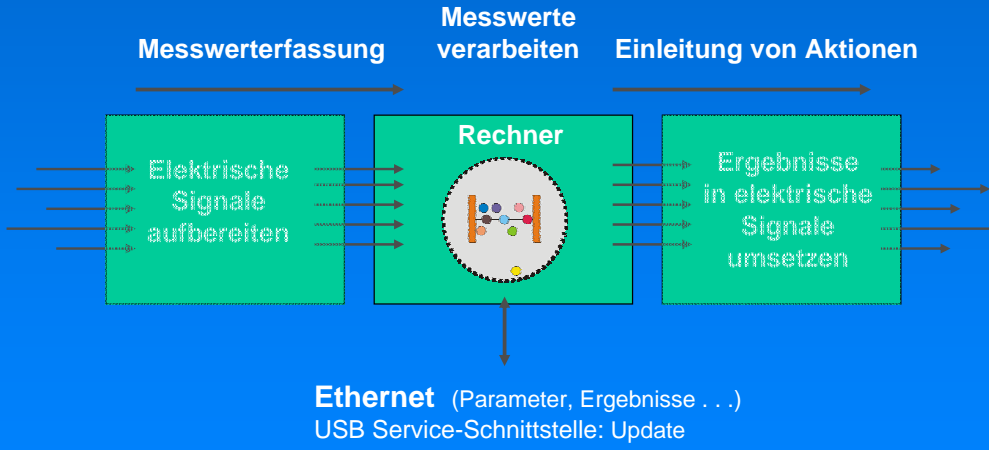
Ausgänge:



Dipl.-Ing. werner nophut

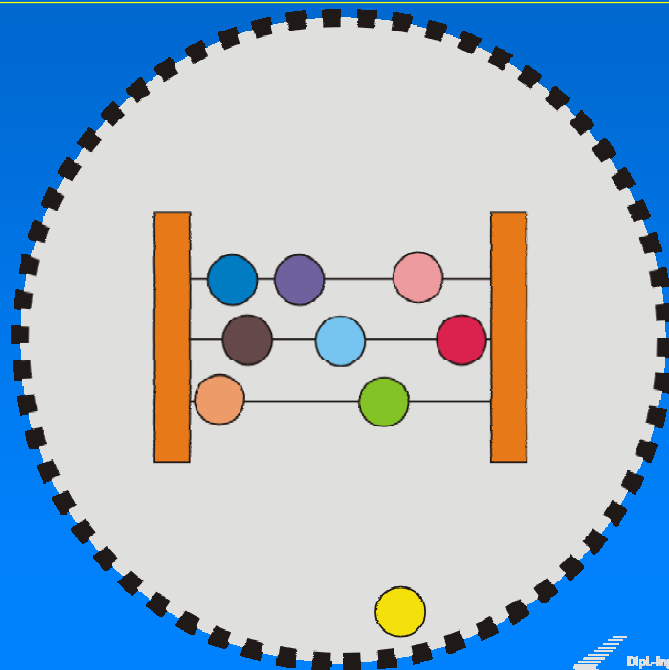
Unser Konzept für die industrielle Messtechnik:

Kommunikation:

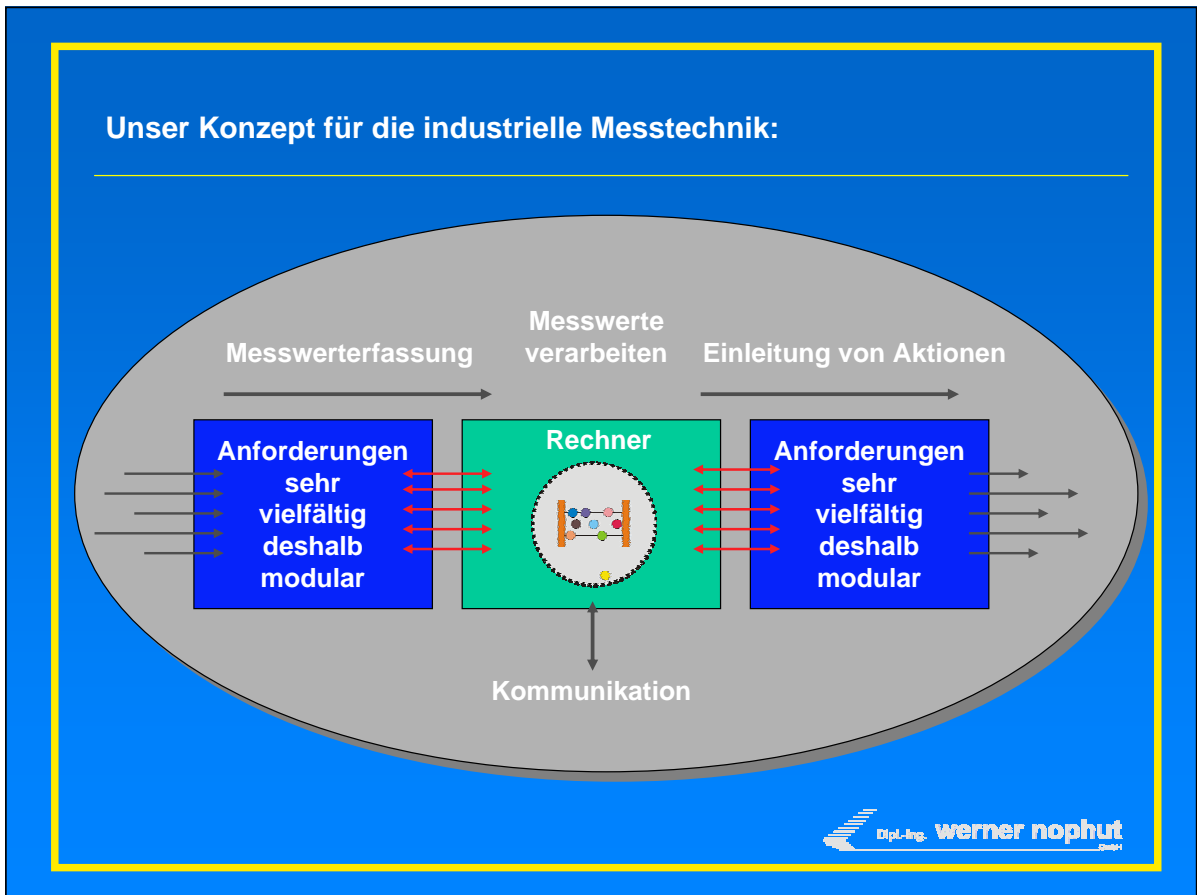
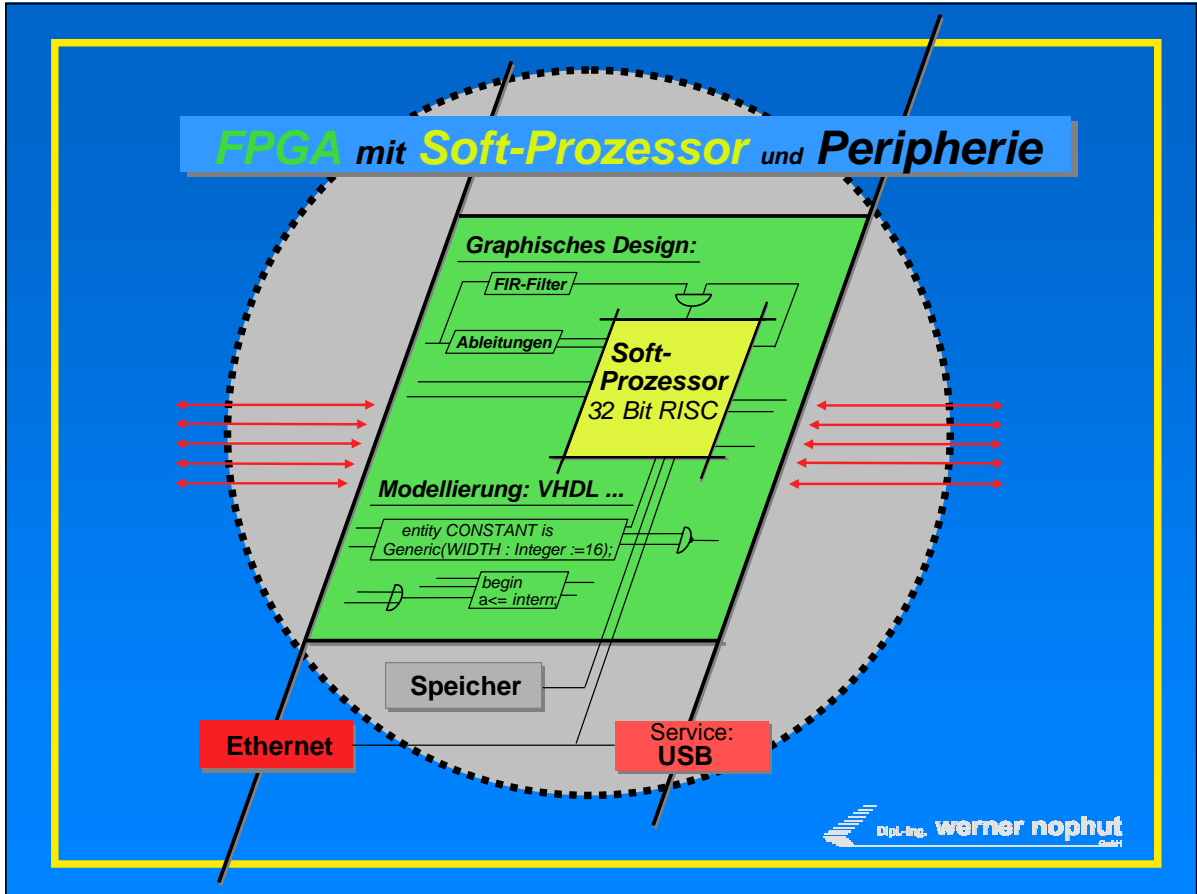


Dipl.-Ing. werner nophut

Unser Konzept für die industrielle Messtechnik:



Dipl.-Ing. werner nophut



Der modulare Aufbau:

Schnittstellen für die Steckplätze:

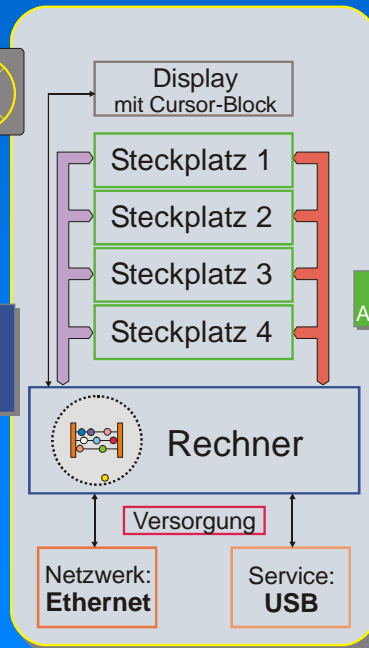
Display mit Cursor-Block:



Rechner:

EP2-Board
EP2-C35 (ALTERA)
32 MB RAM, 16 MB Flash
Ethernet, USB

Basiseinheit:



Beispiele

A / D
16 Bit, 400 kHz

Drehgeber
Digital, 90° Phase

E/A 24 V
Galv. getr., 500 mA

D/A
16 Bit, 1 MHz

Drehgeber
Analog, Interpolation

A/D
24 Bit, Pt100, Thermo

Kamera

Anwender-
spezifisch

Dipl.-Ing. **werner nophut**
GmbH



DSAM

Datenverarbeitendes
Sensor-Aktor-Modul

Dipl.-Ing. **werner nophut**
GmbH

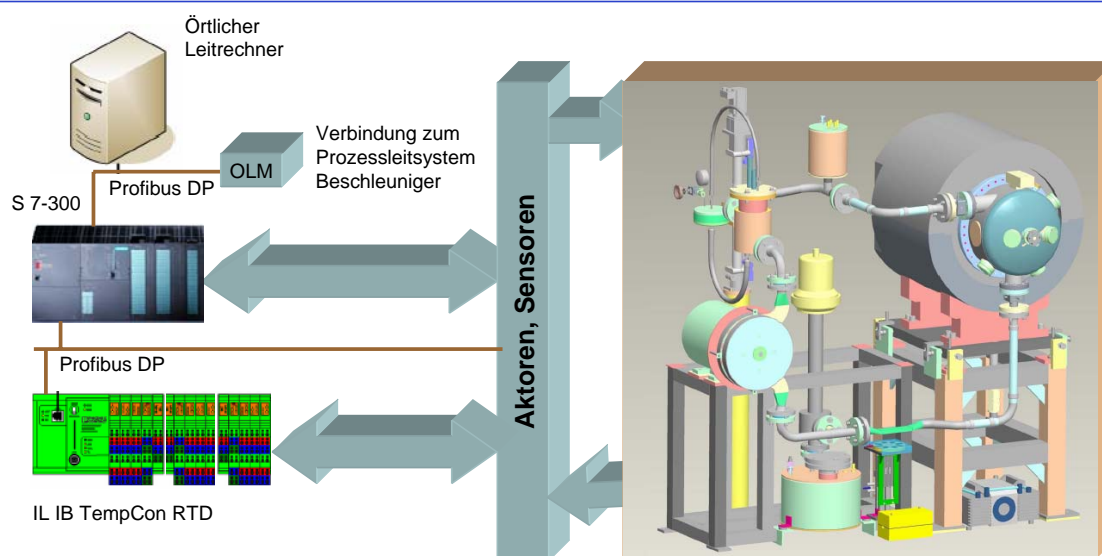
Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Steuerungstechnische Lösung für ein Photoneutronentarget

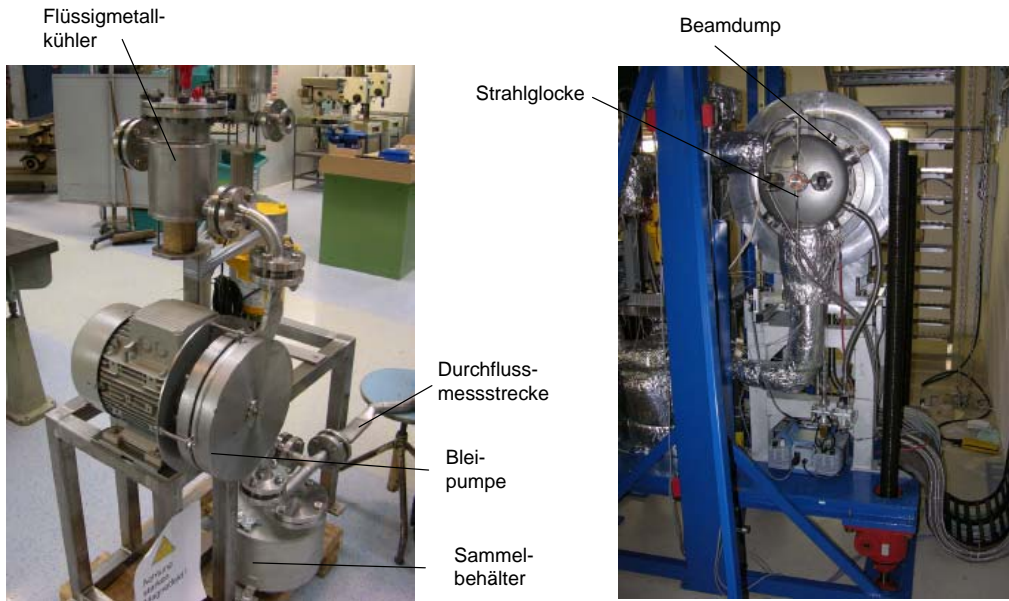
Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf



Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf



Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Technologische Eckdaten:

Bleiloop Pilotanlage:

Kühlwassertemperatur, Vorlauf: $T_w = 20^\circ\text{C}$
 Kühlwasser Volumenstrom: $\dot{V}_w = 20\text{ l/min}$
 Volumenstrom Blei: $\dot{V}_{pb} = 0,3751\text{ l/s (Minimum)}$
 Bleitemperatur: $T_{Bb} \approx 400^\circ\text{C}$
 Maximale stationäre Leistung: $P_w \approx 13\text{ kW}$

Bleiloop PNT:

$T_w = 30^\circ\text{C}$
 $\dot{V}_w = 30\text{ l/min}$
 $\dot{V}_{pb} = 0,251\text{ l/s (2m/s im Target)}$
 $T_{Bb} \approx 400^\circ\text{C}$
 $P_w = 22,5\text{ kW}$
 Anforderung:

Begrenzt durch die Kapazität der Induktionsheizung

Quelle: DFG Bericht:

Strahl-Energie	30 MeV		50 MeV	
	3mm	8mm	3mm	8mm
ΔE Mo-Wandseite A (Strahleintritt)	0.7415	0.7392	0.7265	0.7250
ΔE Mo-Wandseite B (Strahlaustritt)	0.1186	0.1128	0.3995	0.3803
ΔE Mo-Wandseiten C (seitlich)	0.1157	0.1143	0.1534	0.2520
Summe ΔE Mo-Kanal ($z = \pm 1\text{ cm}$)	0.9758	1.0454	1.2794	1.3573
ΔE flüssiges Blei ($z = \pm 1\text{ cm}$)	16.6705	16.2205	22.4750	21.9155
Summe ΔE Neutronen-Radiator	17.6463	17.2659	23.7544	23.2728

Table 1: Deponierte Energie im Neutronen-Radiator in kW bei einer Strahlenergie von $E_0 = 30\text{ MeV}$ bzw. $E_0 = 50\text{ MeV}$ und $I = 1\text{ mA}$ sowie bei verschiedenen Strahlbreiten.

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

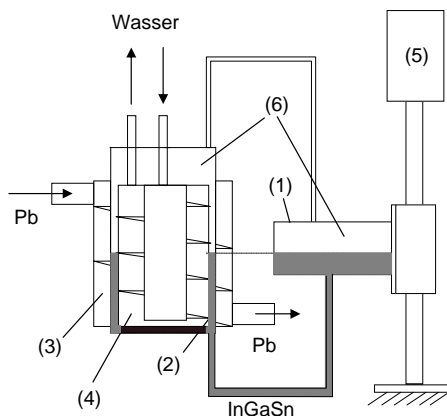
Arbeitsschritte:

- Auslegung
- Erprobung am Bleiloop der Pilotanlage
- Erfassung der dynamischen und stationären Kenngrößen
- Vereinfachte Modellierung und Vergleich mit den Kenngrößen des Kühlers in der Pilotanlage
- Hochrechnung auf die Bedingungen des Photoneutronentargets

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Funktionsprinzip des Flüssigmetallkühlers:

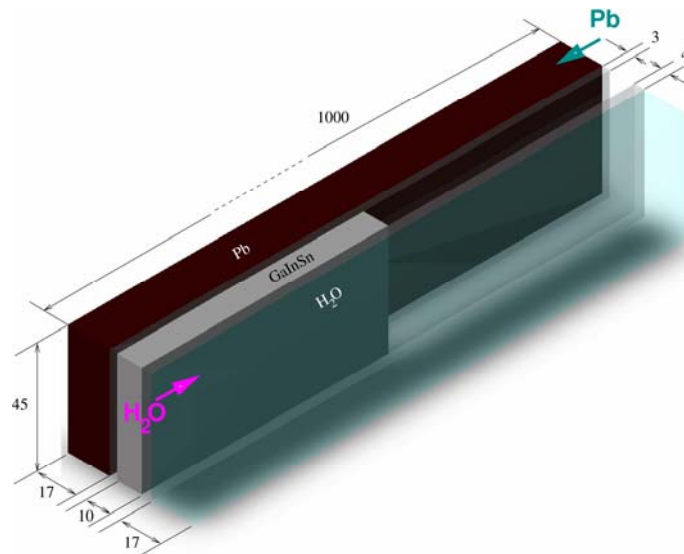


- (1) ... Ausgleichsgefäß, höhenverstellbar
- (2) ... Ringspalt InGaSn
- (3) ... fließendes Blei
- (4) ... Kühlwasser
- (5) ... Linearantriebseinheit
- (6) ... Stützgaspolster Argon

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

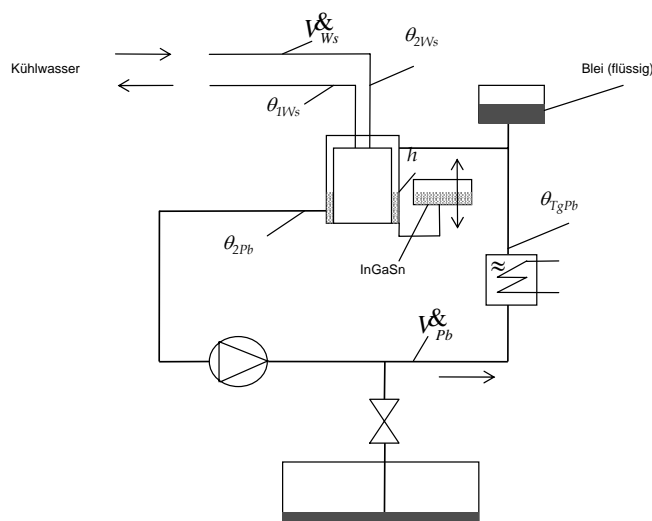
Modellierung des Wärmeüberganges:



Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

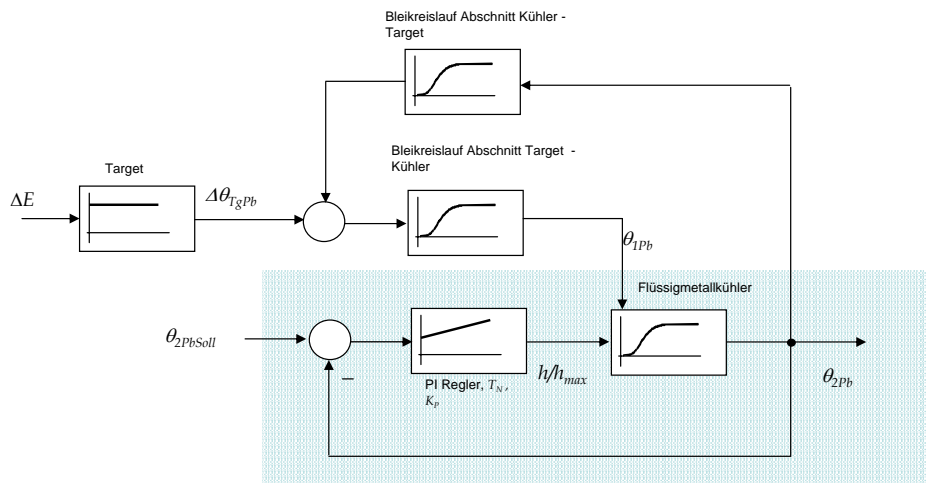
Instrumentierung des Versuchsaufbaus im Pilotbleiloop:



Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

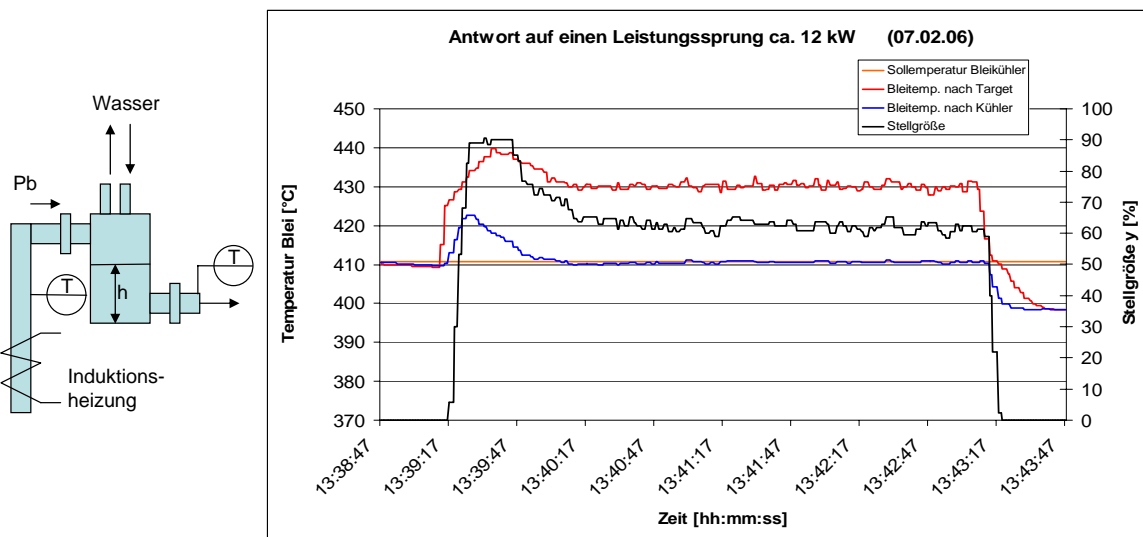
Blockschaltbild des Temperaturregelkreises:



Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

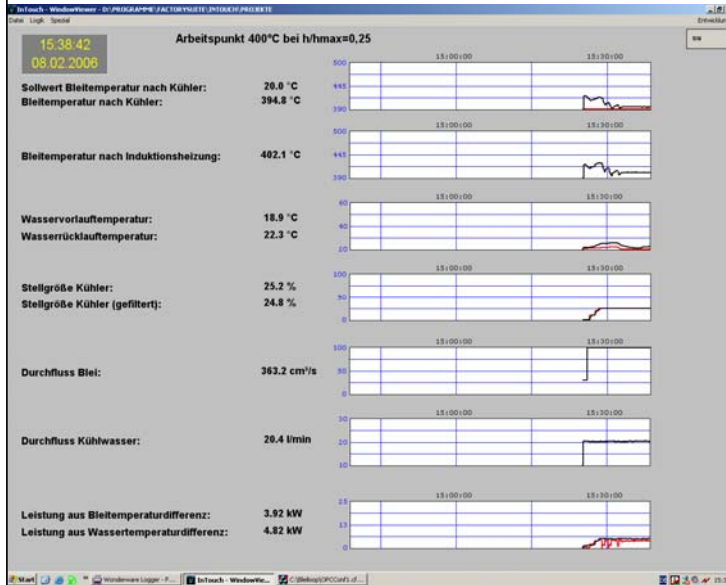
Dynamische Eigenschaften des Temperaturregelkreises:



Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Experimentelle Erfassung der stationären Kenngrößen:



Füllstand h/h _{max}	P [kW] bei T = 400 °C	P [kW] bei T = 450 °C	P [kW] bei T = 500 °C
0	0	0	0
0,25	4,82	4,67	6,39
0,5	8,99	11,58	12,13
0,75	13,52		

Fehler der Temperaturmessung Wasser: +/- 0,5 K

Fehler der Durchflussmessung Wasser: +/- 0,5%

Einstellgenauigkeit der Temperaturen: +/- 2 K

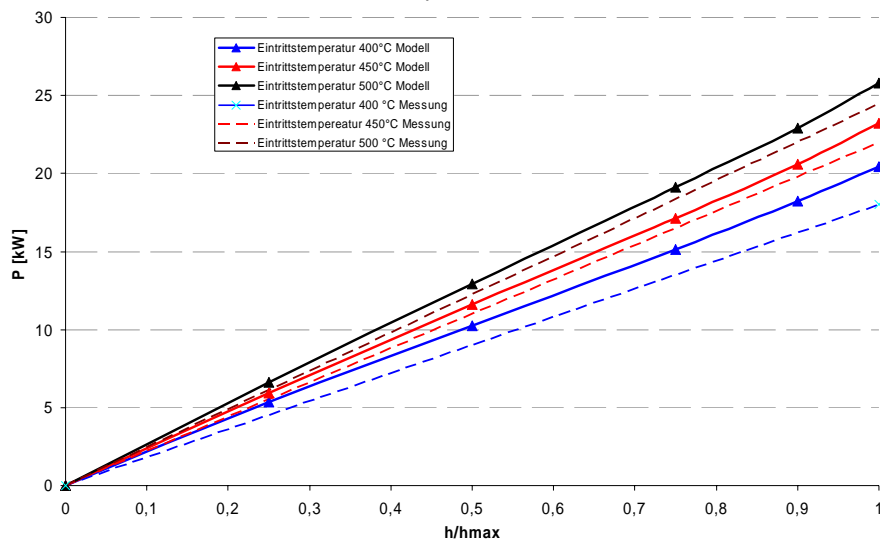
Fehler Durchflussmessung Blei: nicht abgeschätzt

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Resultate der Modellierung Blei Loop Pilotanlage, Vergleich mit der Messung:

Wärmeübertragerleistung Bleiloop Pilotanlage
Parameter Eintrittstemperatur Blei



$$T_w = 20^\circ\text{C}$$

$$\dot{V}_w = 20 \text{ l/min}$$

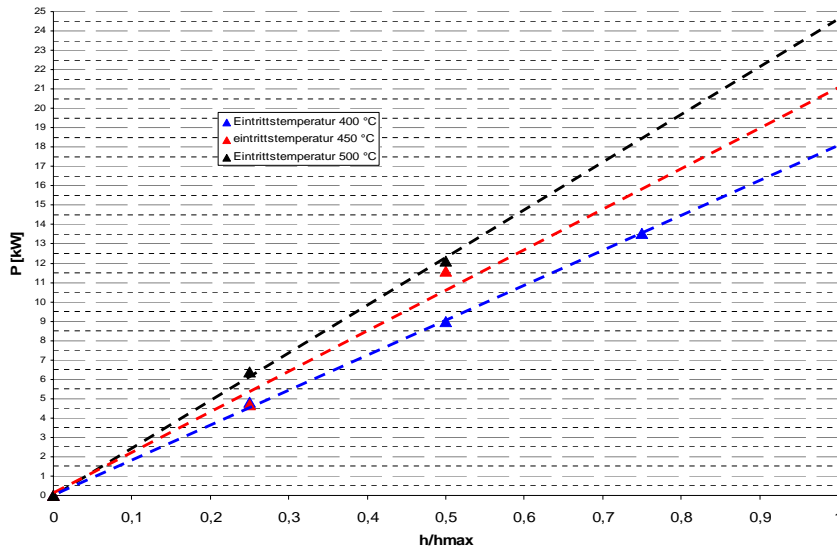
$$\dot{V}_{pb} = 0,375 \text{ l/s}$$

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Detaildarstellung der Messergebnisse:

Wärmeübertragerleistung Bleiloop Pilotanlage
Parameter Eintrittstemperatur Blei



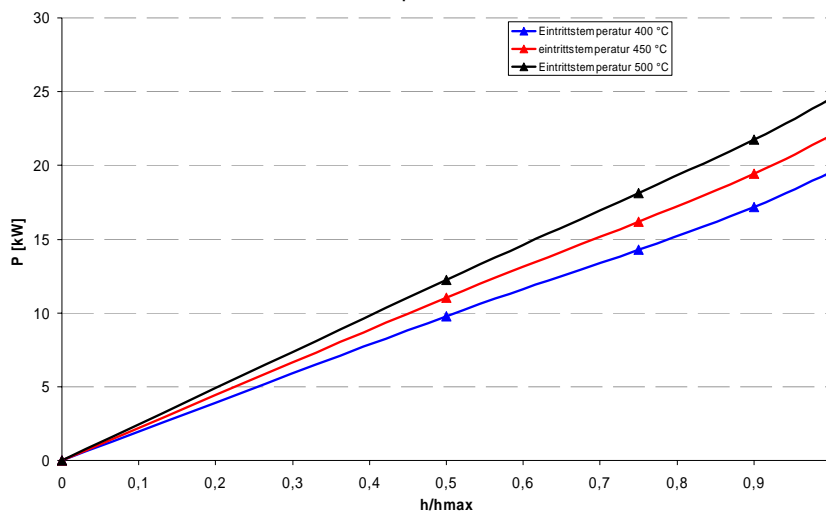
$T_w = 20^\circ\text{C}$
 $\dot{V}_w = 20\text{ l/min}$
 $\dot{V}_{pb} = 0,375\text{ l/s}$

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

Übertragung des Modells auf die Verhältnisse des Photoneutronentargets:

Wärmeübertragerleistung Bleiloop PNT
Parameter Eintrittstemperatur Blei



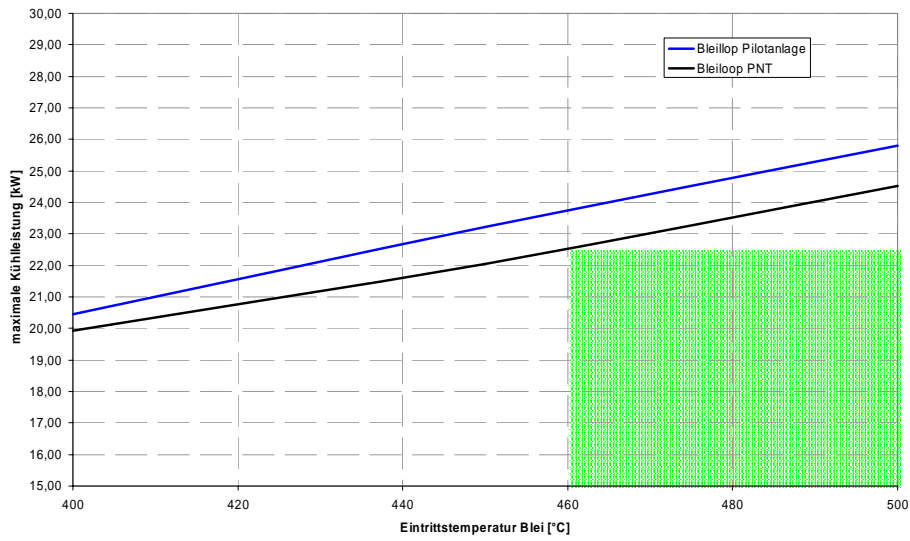
$\dot{V}_w = 30\text{ l/min}$
 $T_w = 30^\circ\text{C}$
 $\dot{V}_{pb} = 0,25\text{ l/s}$ (2m/s im Target)

Steuerung eines Photoneutronentargets

S. Erlebach, FZ Dresden Rossendorf,
V. Galindo, FZ Dresden Rossendorf
S. Lenk, SAAS GmbH
R. Schlenk, FZ Dresden Rossendorf

statische Leistungsgrenzen des Bleikühlers:

maximale Kühlleistung in Abhängigkeit des Temperaturarbeitspunktes,
berechnete Werte



Erprobung des Prototyps eines regelbaren Wärmeübertragers für flüssiges Blei unter Verwendung von InGaSn als Wärmeträger

Erarbeitet: S. Lenk SAAS GmbH
Mिताutoren: V. Galindo FZ Rossendorf
S. Erlebach FZ Rossendorf

Inhaltsverzeichnis:

1. Funktionsweise und Aufbau des regelbaren Wärmeübertragers für flüssiges Blei	3
2. Technische Anforderungen, Auslegung	4
3. Experimentelle Erprobung des Wärmeübertragers	5
3.1 Versuchsaufbau	5
3.2 Dynamische Eigenschaften des Temperaturregelkreises mit dem vorliegenden Wärmetauscher	8
3.3 Experimentelle Erfassung der stationär übertragenen Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Eintrittstemperatur des Bleis in den Kühler	9
4. Simulation des Wärmeüberganges anhand eines vereinfachten Modells	11
4.1 Ziel der Modellrechnung	11
4.2 Festlegung der geometrischen Modelldaten	11
4.3 Stoffwerte	12
4.4 Berechnete Arbeitspunkte	13
5. Literatur	17

1. Funktionsweise und Aufbau des regelbaren Wärmeübertragers für flüssiges Blei

Im Photoneutronentarget des FZ Rossendorf wird fließendes, flüssiges Blei in einem Molybdänkanal einem Elektronenstrahl mit einer Energie von perspektivisch 50 MeV ausgesetzt. Die entstehende Photonenbremsstrahlung führt letztendlich zur Emission von Photoneutronen, die weiteren dann Experimenten zur Verfügung stehen.

Bei diesem Prozess entsteht im Blei Wärme, deren Menge von der jeweiligen Energie des Elektronenstrahls abhängt.

Das Blei zirkuliert in einem Kreislauf, dessen Temperaturniveau mit Hilfe des hier betrachteten Wärmeübertragers geregelt wird.

Der eingesetzte Wärmeübertrager muss in der Lage sein, automatisch die möglichen sprungförmigen Änderungen des Energieeintrages durch den Elektronenstrahl zu kompensieren. Dynamische Abweichungen dürfen nicht zu Temperaturen unter dem Schmelzpunkt von Blei (327°C) führen. Ebenso sollte die für die eingesetzten Materialien zulässige Temperatur von 500°C nicht überschritten werden.

Zur Realisierung dieser Funktion wurde das in Abb. 1 dargestellte Funktionsprinzip gewählt. In Abhängigkeit der Höhe des Ausgleichsgefäßes (1) wird sich im Ringspalt (2) des Wärmeübertragers der Füllstand des Wärmeträgermaterials InGaSn einstellen.

Wegen der gegenüber Luft um ein Vielfaches besseren Wärmeleitfähigkeit von InGaSn kann über die Veränderung des Füllstandes die für den Wärmeübergang wirksame Fläche gesteuert werden.

Das vorbeifließende Blei (3) und das strömende Wasser des Kühlkreislaufes (4) sind jeweils Quelle und Senke des Wärmestromes.

Die Besonderheit der vorliegenden Aufgabe besteht in folgenden Anforderungen:

- Beherrschung eines erheblichen örtlichen Temperaturgradienten (400 ... 450°C) zwischen Blei und dem Kühlwasser,
- Temperaturbeständigkeit des Wärmeträgermaterials (500°C)
- Schnelle Reaktion des Kühlers auf wechselnde Wärmeleistungsanforderungen
- Beständigkeit der eingesetzten Materialien gegenüber ionisierender Strahlung.

InGaSn als eutektische Legierung verfügt über die erforderlichen Eigenschaften für den Einsatz als Wärmeträger unter den o. g. Bedingungen (vgl. Stoffwerte Abschnitt 4.2).

Der Wärmeübertrager wurde aus austenitischem Stahl mit entsprechend Temperaturbeständigkeit hergestellt (0291-X 6 CRNiMoTi 1712 2 (1.4571) DIN 17458 AD-W2).

Das Ausgleichsgefäß ist mit einer Linearantriebseinheit (5) verbunden, die in der Lage ist, den Behälter mit einer maximalen Geschwindigkeit von 5 cm/s zu bewegen und mit einer Genauigkeit von 0,1 mm vertikal zu positionieren.

Zur Sicherung der Langzeitstabilität des eutektischen Materials wird es mit einem Polster aus getrocknetem Argon (6) aufgelastet. Der Druck im kalten Zustand beträgt 0,5 bar/ü. Das System ist dicht und damit der Zutritt von Feuchte und Sauerstoff dauerhaft unterbunden.

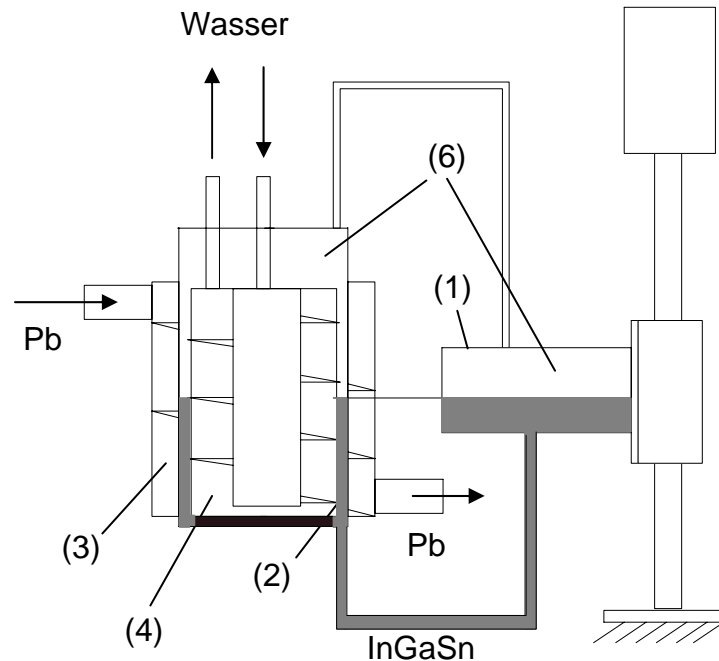


Abb. 1: Aufbau und Wirkungsweise des regelbaren Wärmeübertragers

2. Technische Anforderungen, Auslegung

Aus den technischen Randbedingungen des Molybdänradiators und dem zu erwartenden Energieeintrag /1/ sowie den Bedingungen im Kühlsystem ergeben sich folgende technischen Daten:

Volumenstrom des Bleis des Bleis im Radiator: $\dot{V}_{Pb} = 0,25 \text{ l / s}$

Temperatur des Bleis am Eintritt des Radiators
 (Austrittstemperatur am Kühler): $\vartheta_{2Pb} = 430 \text{ }^\circ\text{C}$

Maximaltemperatur des Bleis im Kreislauf
 (Eintrittstemperatur am Kühler): $\vartheta_{1\max Pb} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$

Minimaltemperatur des Bleis im Kreislauf
 (Eintrittstemperatur am Kühler) : $\vartheta_{1\min Pb} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$

Maximale Wärmeleistung im Radiator: $P_{\max Rad} = 22,5 \text{ kW}$

Druck im Kühlwasserkreislauf: $p_{Ws} = 10 \text{ bar}$

Kühlwasservorlauftemperatur : $\vartheta_{1Ws} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Kühlwasservolumenstrom: $\dot{V}_{Ws} = 30 \text{ l / min}$

Der Minimalwert für die Bleitemperatur ist im Rahmen der Auslegung angenommen worden und nicht von anderweitigen Vorgaben abgeleitet.

Aus den o. g. Vorgaben wurde ein Wärmetauscherapparat konstruiert und gefertigt .

Es ergeben sich folgende wirksame Flächen radiale Abmessungen:

Maximale Wärmeübergangsfläche Blei/InGaSn: $A_{Pb/InGaSn} = 48,3 \text{ cm}^2$

Maximale Wärmeübergangsfläche InGaSn/Wasser: $A_{InGaSn/Ws} = 39,6 \text{ cm}^2$

Wandstärke Blei/InGaSn: $d_{Pb/InGaSn} = 3 \text{ mm}$

Ringspalt InGaSn: $d_{InGaSn} = 9,7 \text{ mm}$

Wandstärke InGaSn/Wasser $d_{InGaSn/Ws} = 4 \text{ mm}$

3. Experimentelle Erprobung des Wärmeübertragers

3.1 Versuchsaufbau

Der Apparat wurde zum Zwecke der Erprobung in einen bestehenden Bleiloop integriert.

Im Vergleich zum Bleikreislauf im geplanten Photoneutronentarget unterscheiden sich die Randbedingungen der Kühlung und des Bleikreislaufes (Tab.1).

Parameter	Prototyp Pilotanlage	Bleischleife Photoneutronentarget
Kühlwasservorlauftemperatur	$\vartheta_{1Ws} = 20^\circ\text{C}$	$\vartheta_{1Ws} = 30^\circ\text{C}$
Kühlwasservolumenstrom	$\dot{V}_{Ws} = 20 \text{ l/min}$	$\dot{V}_{Ws} = 30 \text{ l/min}$
Volumenstrom Blei im Radia- tor	$\dot{V}_{Pb} = 0,38 \text{ l/min}$	$\dot{V}_{Pb} = 0,25 \text{ l/min}$

Tab. 1: Prozessparameter der Pilotanlage im Vergleich zum Photoneutronentarget

Für den Eintrag der Wärmeenergie als Simulation der Wirkung des Elektronenstrahls kommt eine Induktionsheizung mit einer Hochfrequenzleistung von ca. 25 kW zum Einsatz

Ein vorhandener Induktor wurde vom Hersteller der Induktionsheizung angepasst. Dieser nimmt mit einem Rohrabschnitt (Querschnitt 37,5 x 2,6) den Platz des Targets im Bleikreislauf ein. (Abb. 3)

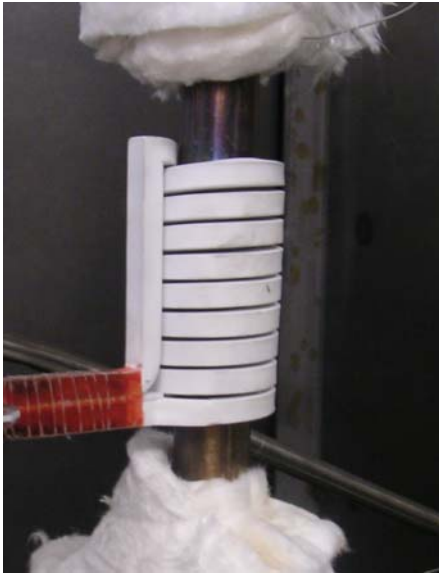


Abb.3: Induktor zur Simulation
 des Wärmeeintrages in das
 Target

Abbildung 4 zeigt Aufbau und Instrumentierung des Bleikreislaufes bezogen auf die Erprobung des Wärmeübertragers.

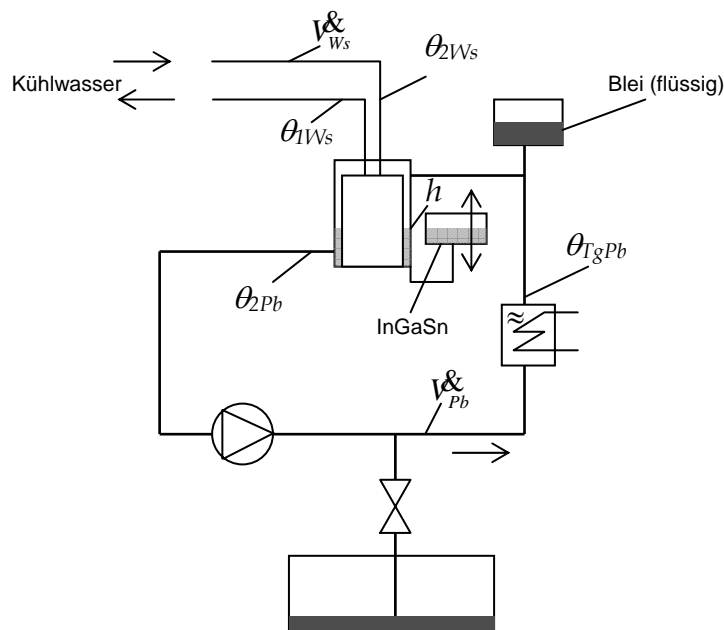


Abb.4: Aufbau und Instrumentierung des Bleikreislaufes
 zum Zweck der Erprobung des Wärmeübertragers

Durch Voruntersuchungen wurde ermittelt, dass es möglich ist, durch die Induktionsheizung ein maximale Leistung von 14 kW in den Bleikreislauf einzubringen.

Die Erfassung des Volumenstromes im Blei erfolgt über einen induktiven Durchflussmesser, der über ein Referenzverfahren kalibriert wurde. Aussagen über den zu erwartenden Messfehler liegen nicht vor.

Günstig ist es, die Leistung des Wärmeübertragers P mit Hilfe der Angaben zum Volumenstrom des Kühlwassers und der Vorlauf bzw. Rücklauf-temperatur zu bestimmen:

$$P = \dot{V}_{W_s} \rho_{W_s} c_{pW_s} (\vartheta_{2W_s} - \vartheta_{1W_s})$$

ϑ_{1W_s} ... Vorlauf-temperatur Kühlwasser
 ϑ_{2W_s} ... Rücklauf-temperatur Kühlwasser
 c_{pW_s} ... Spez. Wärmekapazität Wasser
 ρ_{W_s} ... Dichte Wasser

Die Vor- und Rücklauf-temperaturen des Kühlwassers werden über Mantelthermoelemente, die direkt im Kühlwasserstrom positioniert sind, erfasst. Die gesamte Messkette bis hin zur Anzeige im Prozessleitsystem wurde einer Kalibration mit einem Vergleichsthermometer unterzogen (Tabelle 2). Die momentane Abweichung vom Messwert im Thermostaten ist kleiner als 0,7 K. Die gemessene Abweichung bestätigt die Erfahrung, dass mit betriebsmesstechnischen Mitteln die Temperaturerfassung mit einem Fehler nicht unter +/-0,5 K behaftet ist.

Die Abweichung der gemessenen Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf des Kühlwassers um 0,5 K vom wahren Wert führt zu einem Fehler bei der Berechnung der abgeführten Wärme von ca. 0,7 kW.

Temperatur Thermostat [°C]	Temperatur Thermoelement Vorlauf [°C]	Temperatur Thermoelement Rücklauf [°C]	Messzeitpunkt
25,0	24,9 / 25,0	25,7	25.1.06
30,0	29,9	30,7	25.1.06
40,0	39,9	40,5	25.1.06
50,0	50,0	50,5	25.1.06
30,0	30,0	30,5 / 30,6	26.1.06
40,0	30,9	40,4 / 40,5	26.1.06

Tab. 2: Kalibration der verwendeten Thermoelemente

Analog zur Bestimmung des über das Kühlwasser abgeführten Wärmestromes ist auch die vom Blei abgegebene Wärme berechnet worden. Wegen des unbekanntem Fehlers bei der Messung des Volumenstromes im Bleikreislauf ist diese Größe jedoch nicht bewertbar.

3.2 Dynamische Eigenschaften des Temperaturregelkreises mit dem vorliegenden Wärmetauscher

In Abb. 5 ist das Signalflussbild des Temperaturregelkreises mit dem Wärmeübertrager dargestellt. Regelgröße ist die Bleiablauftemperatur θ_{2Pb} , gemessen direkt hinter dem Bleikühler. Stellgröße ist die normierte Höhe h/h_{max} des Ausgleichsgefäßes, die gemäß dem Prinzip der kommunizierenden Röhren eine proportionale relative Füllstandsänderung des InGaSn im Ringspalt des Wärmeübertragers nach sich zieht. Der zeitliche Verlauf der Regelgröße wird gestört durch die Änderung der Wärmezufuhr der Induktionsheizung, die die Wirkung des Elektronenstrahls simuliert.

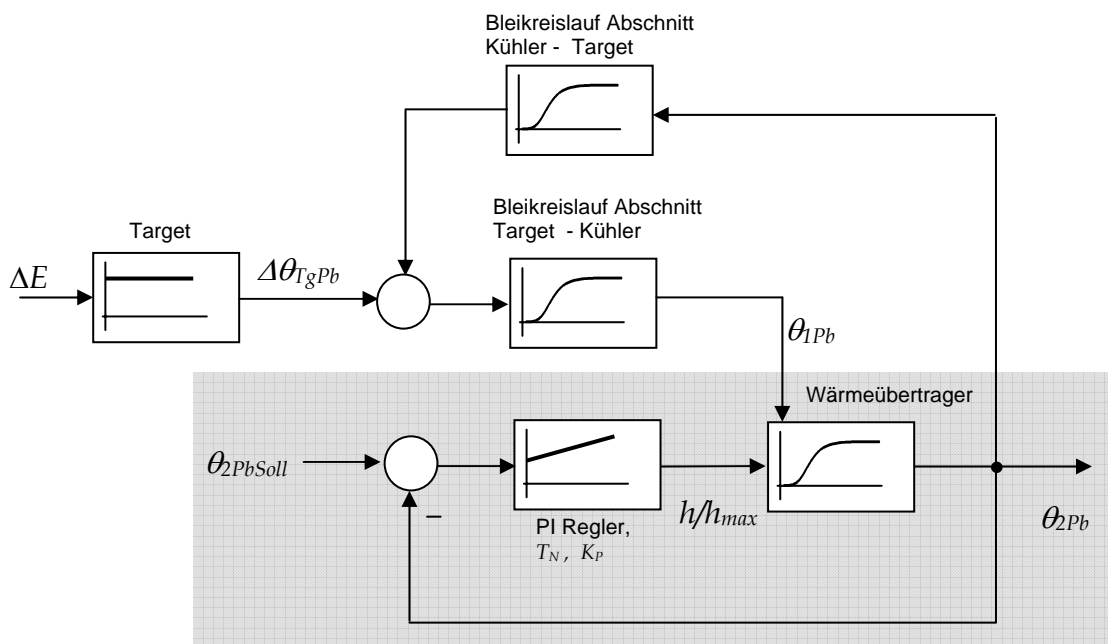


Abb.5: Blockschaltbild des Temperaturregelkreises

Durch Versuche und die Anwendung üblicher Einstellregeln für Regelkreise wurden unter den Bedingungen des bestehenden Bleikreislaufes (Pilotanlage) optimale Reglerparameter ermittelt. Das Optimierungskriterium war ein schnellstmögliches Kompensieren der Eingangstemperaturstörung bei aperiodisch verlaufender Übergangsfunktion der Regelgröße.

Nachstellzeit: $T_N = 40 \text{ s}$

Proportionalverstärkung: $K_p = 0,1 \text{ K}^{-1}$

Als Testsignal wurden der Einschalt- und Ausschaltsprung der Leistung an der Induktionsheizung verwendet.

$$|\Delta E| \approx 12 \text{ kW}$$

Die grafische Darstellung der Messwerte (Abb.6) zeigt die Größenordnung des zeitlichen Verlaufes der Regelgröße.

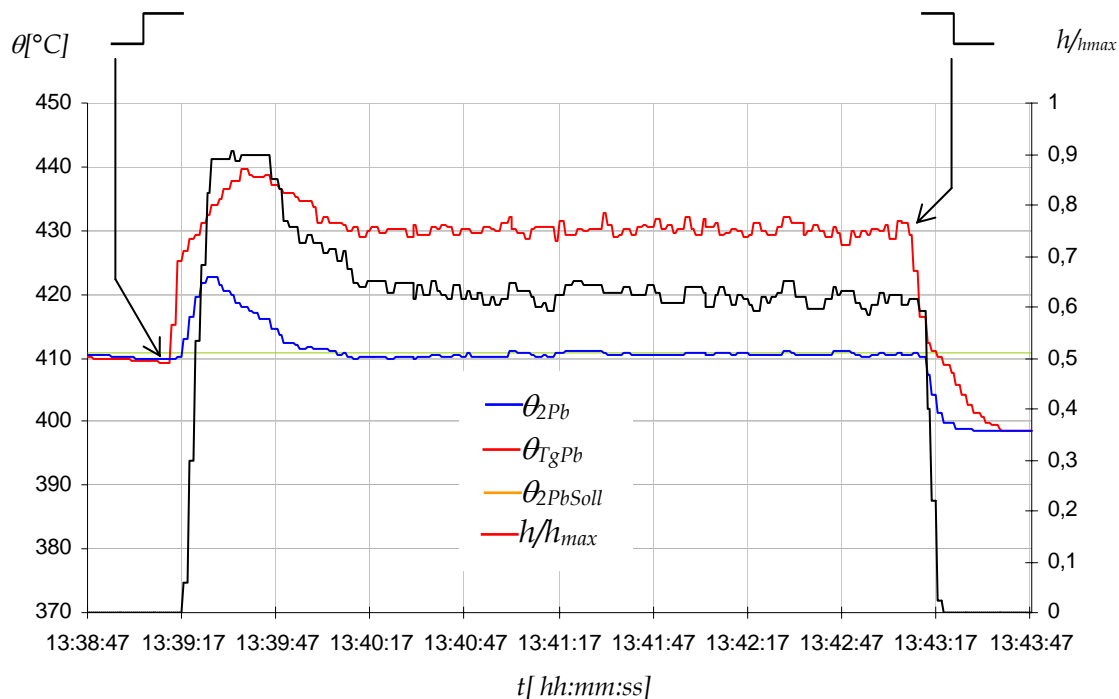


Abb.6: Sprungantwort der Regelgröße auf eine Temperaturstörung im Bleikreislauf ($\Delta E = 12 \text{ kW}$)

Die maximale Abweichung vom Sollwert infolge der Störung ($\Delta E = 12 \text{ kW}$) beträgt ca. 12 K.

Der Ausgleichvorganges bei einer positiven Temperaturstörung beansprucht ca. 30 s. Eine negative Temperaturstörung führt zunächst innerhalb von ca. 20 s zu einer Abweichung von -12 K vom Temperatursollwert. Diese Differenz wird innerhalb eines deutlich größeren Zeitraumes durch die Begleitheizungen der Rohre und Apparate des Bleikreislaufes kompensiert.

3.3 Experimentelle Erfassung der stationär übertragenen Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Eintrittstemperatur des Bleis in den Kühler

Für diesen Teil der Erprobung wurde der Wärmetauscher für jeden ausgemessenen Arbeitspunkt mit einem konstanten Füllstand InGaSn betrieben. Die handbetätigte Induktionsheizung steuert die Bleieintrittstemperatur am Wärmeübertrager auf den vorgesehenen Arbeitspunkt. Der stationäre Zustand wird erfasst. Tabelle 3 und Abb.7 zeigen die ermittelten Wärmeströme bei verschiedenen Füllständen InGaSn und Eintrittstemperaturen.

Füllstand h/h_{max} InGaSn	Eintrittstemperatur Blei [°C]	Wärmeübertragerleistung kW]
0,25	402	4,82
0,25	450	5,93
0,25	503	9,84
0,5	398	50,5
0,5	452	11,58
0,5	499	12,13
0,75	400	13,52
Extrapoliert: 1,00	400	18,0
Extrapoliert: 1,00	450	21,0
Extrapoliert: 1,00	500	22,0

Tab.3: stationäre Wärmeübertragerleistung als Funktion des Füllstandes InGaSn und der Eintrittstemperatur

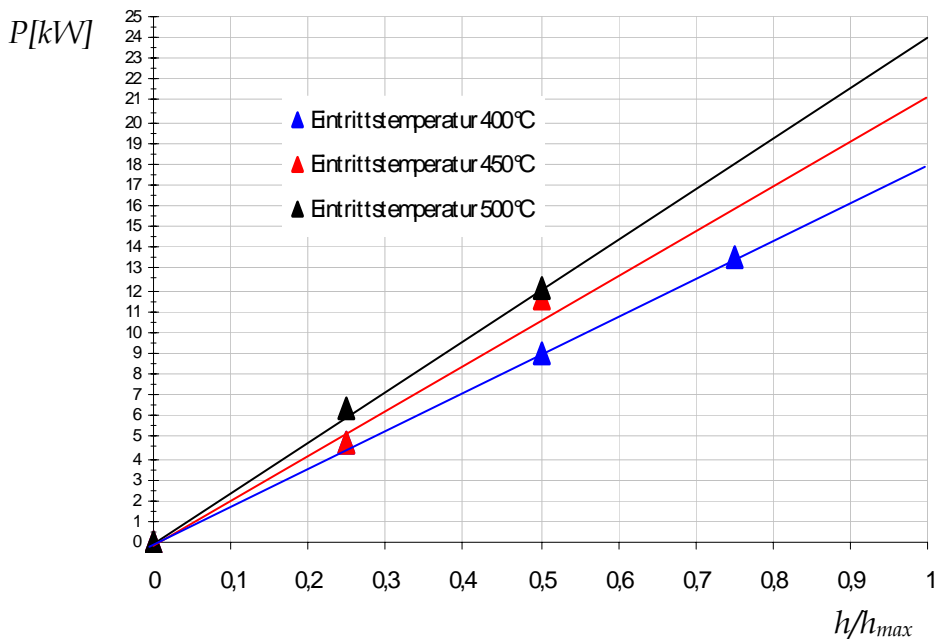


Abb.7: Grafische Darstellung stationäre Wärmeübertragerleistung als Funktion des Füllstandes InGaSn und der Eintrittstemperatur

Sowohl die Messergebnisse als auch die nachfolgend dokumentierten Modellrechnungen zeigen deutlich die lineare Abhängigkeit der übertragenen Wärmeleistung vom Füllstand des InGaSn. Aus diesem Grund ist es möglich, mit der in Bild 7 vorgenommenen Extrapolierung, die maximale Leistung des Wärmeübertragers in Abhängigkeit der Bleieintrittstemperatur abzuschätzen.

Ebenso ist die maximale Leistung des Wärmeübertragers direkt proportional zur Eintrittstemperatur. Im Zusammenwirken aller Fehlerquellen beläuft sich die Unsicherheit der Leistungsangaben auf einen Wert $<1\text{kW}$.

4. Simulation des Wärmeüberganges anhand eines vereinfachten Modells

4.1 Ziel der Modellrechnung

Wie in Tabelle 1 beschrieben, unterscheiden sich die Bedingungen an der Pilotanlage von denen am Bleikreislauf des Photoneutronentargets. Zusätzlich ist es nicht möglich, an der Pilotanlage die für das Photoneutronentarget geplante thermische Leistung von $22,5\text{ kW}$ umzusetzen. Deshalb soll durch ein vereinfachtes Modell der Nachweis zu folgenden Punkten geführt werden:

- Richtigkeit der im Experiment festgestellten proportionalen Abhängigkeiten der Leistung am Wärmeübertrager von der Bleieintrittstemperatur und dem Füllstand InGaSn,
- Ausreichende Übereinstimmung der Modelldaten mit den experimentell ermittelten stationären Leistungen am Wärmeübertrager und damit Anwendbarkeit des Modells auch für die Bedingungen am Photoneutronentarget.

4.2 Festlegung der geometrischen Modelldaten

Ausgehend von der realen Geometrie des Wärmeübertragers in der Bleischleife der Pilotanlage wurde zur Modellierung folgende vereinfachte Geometrie des aufgewickelten Kanals definiert (Abb. 8):

- Querschnitt Blei-Kanal: $17 \times 45\text{ mm}^2$
- Querschnitt GaInSn-Kanal: $10 \times 45\text{ mm}^2$
- Querschnitt Wasser-Kanal: $17 \times 45\text{ mm}^2$
- Stahlwanddicke: 3 und 4 mm
- Kanallänge: 1000 mm.

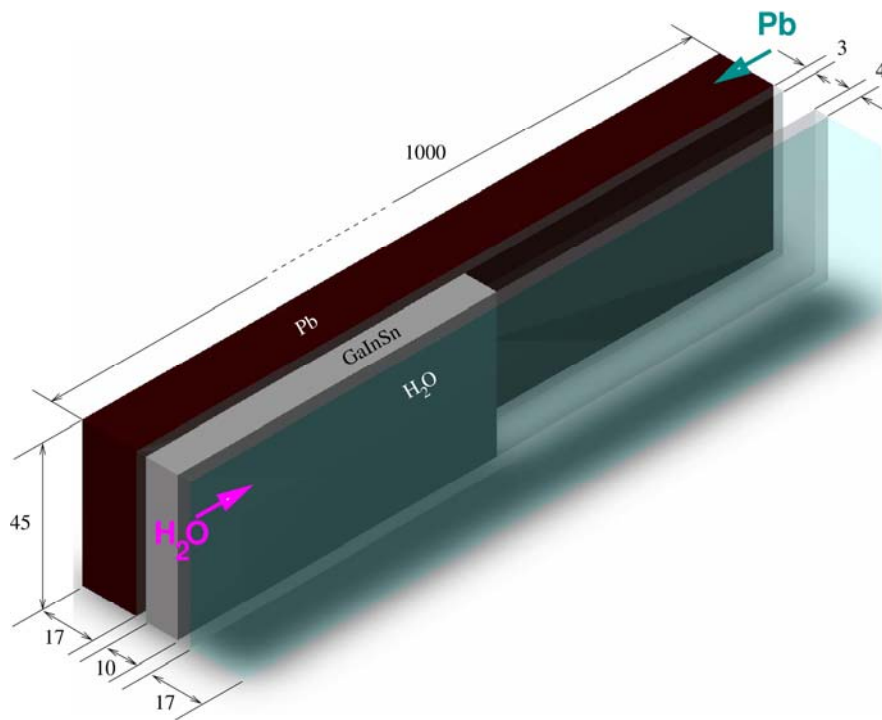


Abb. 8: vereinfachte Modellgeometrie des Wärmeübertragers

4.3 Stoffwerte

Zur Berechnung des stationären Temperaturfeldes sind die gemäß Tabelle 4 zusammengestellten Stoffwerte zugrunde gelegt.

Parameter		GaInSn	Pb	Wasser	Luft	Stahl
Dichte	ρ [kg/m ³]	6360	10540	992,5	1.187	-
Dynamische Viskosität	η [10 ⁻³ Pa s]	2,164	1,55	1	0.0182	-
Thermische Leitfähigkeit	λ [W/mK]	39	$\lambda_{Pb}(\theta)$	0.6	0.04	15
spezifische Wärmekapazität	c_p [J/KgK]	360	150	4180	1290	470

Tab. 4: Stoffwerte zur Simulationsrechnung

Dabei ist die Temperaturabhängigkeit der thermischen Leitfähigkeit von Blei durch folgende Fit-Funktion gegeben:

$$\frac{\lambda_{Pb}}{W/mK}(\vartheta) = 13,06 + 0,01885 \left(\frac{\vartheta}{^{\circ}C} - 300 \right)$$

Die Dichte von Blei wurde aus [2] entnommen (Tab. 5).

θ [°C]	ρ [kg/m ³]
327	10690
350	10660
400	10600
450	10540
500	10480
550	10420
600	10360

Tab. 5: Abhängigkeit der Dichte Blei von der Temperatur

daraus ergibt sich:

$$\frac{\rho_{Pb}}{kg/m^3}(\vartheta) = 10690 - 1,212 \left(\frac{\vartheta - \vartheta_m}{^\circ C} \right)$$

Dabei ist $\theta_m = 327^\circ\text{C}$ die Schmelz-Temperatur von Blei.

4.4 Berechnete Arbeitspunkte

Analog zu den vorgenannten Experimenten wurde die Nachrechnung jeweils für die Bedingungen an der Pilotanlage und am Photoneutronentarget durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und 7 zusammengestellt sowie in Abb. 9 und 10 den experimentell ermittelten gegenübergestellt.

$\theta_{1W_s} = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $\dot{V}_{W_s} = 20\text{ l/min} = 0,3333\text{ l/s}$, $\dot{V}_{P_b} = 0,375\text{ l/s}$ (entspricht $\bar{v}_{T_g} = 3\text{ m/s}$)				
Eingangsgrößen		Berechnete Größen für $t \rightarrow \infty$		
$\theta_{1P_b}\text{ [}^\circ\text{C]}$	h/h_{max}	$\theta_{2W_s}\text{ [}^\circ\text{C]}$	$\theta_{2P_b}\text{ [}^\circ\text{C]}$	$P\text{ [kW]}$
400	0,25	23,86	389,86	5,333
450	0,25	24,28	437,64	5,913
500	0,25	24,78	486,2	6,604
400	0,5	27,4	380,7	10,224
450	0,5	28,4	428,2	11,605
500	0,5	29,34	475,7	12,904
400	0,75	30,96	372,8	15,142
450	0,75	32,4	419,2	17,132
500	0,75	33,8	465,6	19,107
400	0,9	33,18	368,22	18,210
450	0,9	34,89	414,01	20,572
500	0,9	36,60	459,8	22,935
400 <i>extrapoliert</i>	1,0	-	-	19,544
450 <i>extrapoliert</i>	1,0	-	-	22,038
500 <i>extrapoliert</i>	1,0	-	-	24,534

Tab. 6: Simulationsergebnisse des stationären Temperaturfeldes am Modell des Wärmeübertragers für die Verhältnisse an der Pilotanlage

$\theta_{1W_s} = 30\text{ }^\circ\text{C}$, $\dot{V}_{W_s} = 30\text{ l/min} = 0,25\text{ l/s}$, $\dot{V}_{P_b} = 0,375\text{ l/s}$ (entspricht $\bar{v}_{T_g} = 2\text{ m/s}$)				
Eingangsgrößen		Berechnete Größen für $t \rightarrow \infty$		
$\theta_{1P_b}\text{ [}^\circ\text{C]}$	h/h_{max}	$\theta_{2W_s}\text{ [}^\circ\text{C]}$	$\theta_{2P_b}\text{ [}^\circ\text{C]}$	$P\text{ [kW]}$
400	0,5	34,6	372,1	9,772
450	0,5	35,3	418,9	11,019
500	0,5	35,9	465,2	12,267
400	0,75	38,87	436,1	14284
450	0,75	37,79	406,2	16,196
500	0,75	38,73	450,97	18,151
400	0,9	38,27	355,0	17,195
450	0,9	39,35	398,90	19,44
500	0,9	40,47	422,79	21,769
400 <i>extrapoliert</i>	1,0	-	-	20,448
450 <i>extrapoliert</i>	1,0	-	-	23,21
500 <i>extrapoliert</i>	1,0	-	-	25,808

Tab. 7: Simulationsergebnisse des stationären Temperaturfeldes am Modell des Wärmeübertragers für die Verhältnisse am Photoneutronentarget

Die grafische Gegenüberstellung der für die Simulationsergebnisse und der Messungen an der Pilotanlage bestätigen die angenommenen linearen Zusammenhänge. Es ist daher zu erwarten, dass der Wärmeübertrager innerhalb der diskutierten Fehlergrenzen unter den Bedingungen des Photoneutronentargets die durch die Simulation berechneten Eigenschaften hat. Der Zusammenhang der maximalen Leistung in Abhängigkeit der der Bleieintrittstemperatur (Abb. 11) zeigt, dass bei maximaler Strahlleistung ein Betrieb des Photoneutronentargets unter 500 °C garantiert ist.

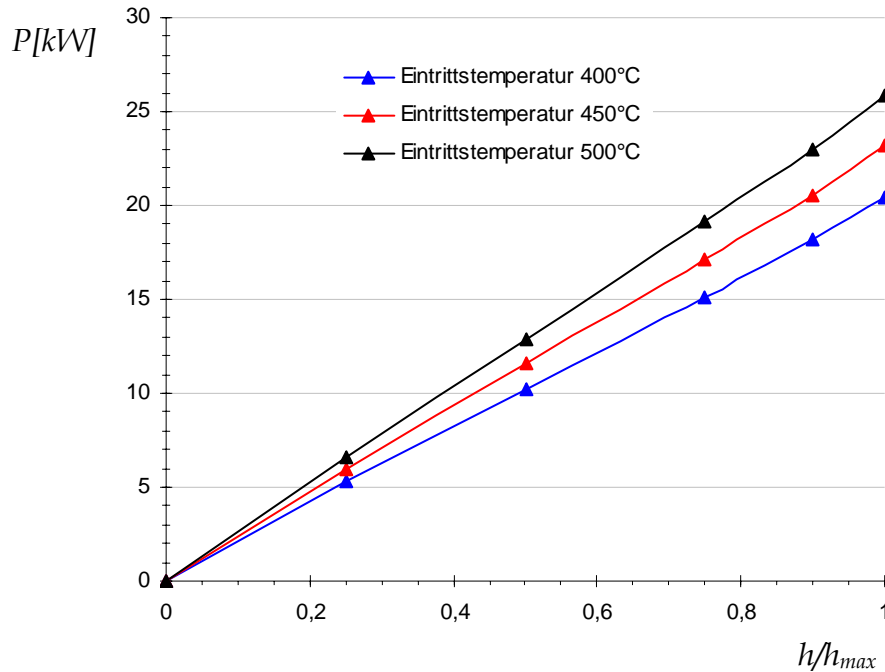


Abb. 9: Grafische Darstellung der Simulationsergebnisse für die Bedingungen der Pilotanlage

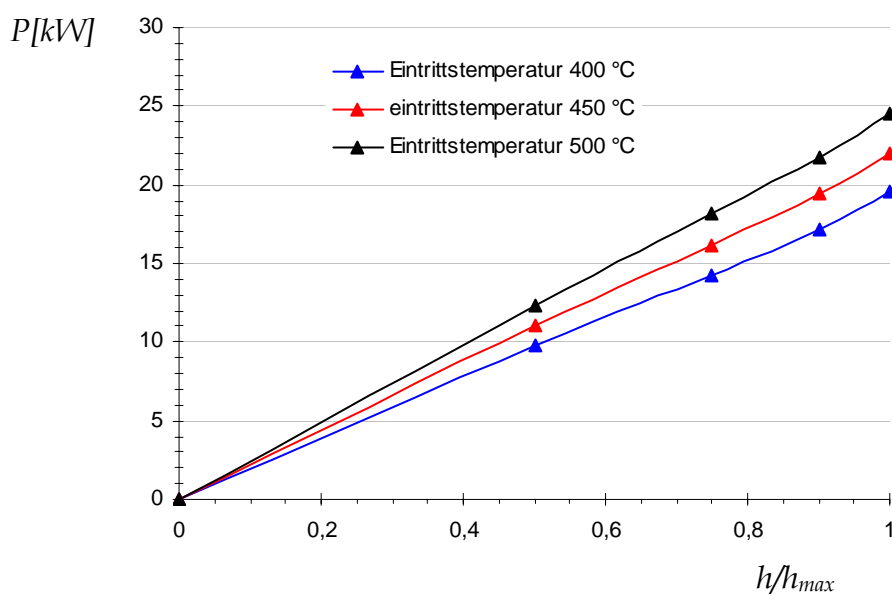


Abb. 10: Grafische Darstellung der Simulationsergebnisse unter den Bedingungen des Photoneutronentargets

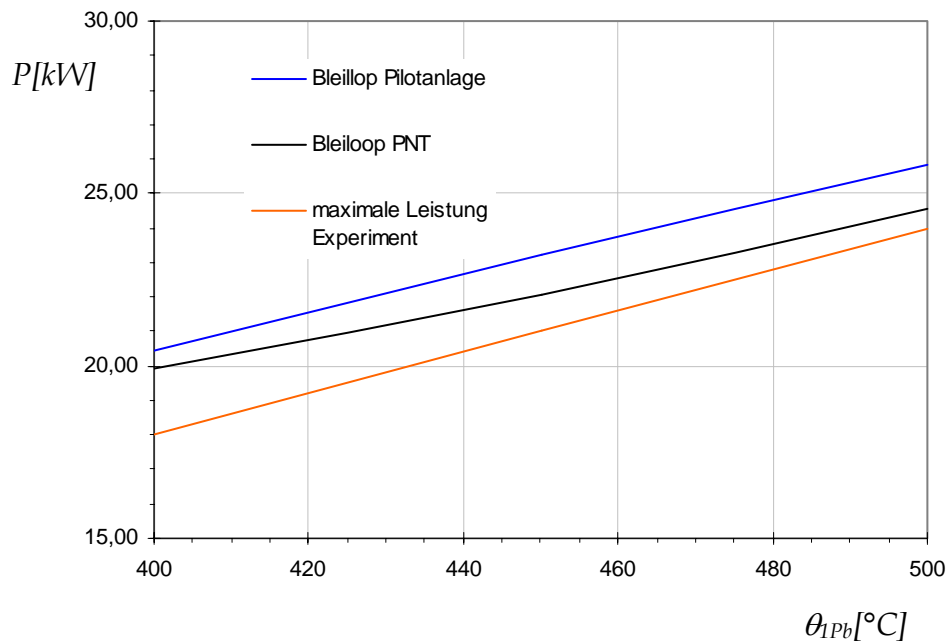


Abb. 11: Abhängigkeit der maximalen Wärmeübertragerleistung von der Bleieintrittstemperatur

5. Literatur

/1/ Bericht zum DFG Projekt

/2/ E, Gebhardt; K, Köstlin: Über die Eigenschaften metallischer Schmelzen,
Zeitschrift Metallkunde Bd,48 (1957) Heft 12 Seite 636-641



CARESS - Die HMI-Software für Neutronenstreuexperimente

Status, speziell: Schnittstellen

Lutz Rossa Olaf-Peter Sauer

Hahn-Meitner-Institut Berlin
Abteilung Experimentssysteme

SEI - Frühjahrstagung, 2007

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Inhaltsverzeichnis

- 1 Historie
- 2 Features
 - Instrumente
 - Geräte
 - Funktionen
- 3 Struktur
- 4 Schnittstellen
 - IPC intern
 - absdev
 - commands
 - API extern

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit





CARESS-Historie

- Beginn der Entwicklung vor ca. 15 Jahren
- derzeit 164000 Zeilen Quelltext
- anfangs mehr, ab 1993 bis 2004 2,5 P/a

Historie

Features

- Instrumente
- Geräte
- Funktionen

Struktur

Schnittstellen

- IPC intern
- absdev
- commands
- API extern

Ausblick

Fazit



Technologie

VMS	Pascal DCL command scripts data20 macros VME/OS9	client/server ¹
TRU64	Pascal/C shell scripts lex/yacc VME/OS9000	RPC, socket
Unix/Linux	C/C++	CORBA

¹Pascal-IPC, mailbox



Historie

Features

- Instrumente
- Geräte
- Funktionen

Struktur

Schnittstellen

- IPC intern
- absdev
- commands
- API extern

Ausblick

Fazit



Ab 2004

Organisation

- make
- subversion
- trac (ticket, wiki)
- 2,5 P/a

Technologie

- VME/PPC-Linux
- corba-device (LabVIEW, ST222, „dubna“ -Detektor)


[Historie](#)
[Features](#)
[Instrumente](#)
[Geräte](#)
[Funktionen](#)
[Struktur](#)
[Schnittstellen](#)
[IPC intern](#)
[absdev](#)
[commands](#)
[API extern](#)
[Ausblick](#)
[Fazit](#)


Instrumente

Derzeit wird CARESS an 14 Instrumenten eingesetzt (2 davon in München). Zwei weitere sind geplant und an 3 Instrumenten wird die CARESS-*hardware*-Schnittstelle genutzt.

- 2-, 3-Achser
- Spektro-, Reflekt- bzw. Diffraktometer
- Kleinwinkelanlagen
- *spin echo*
- *time of flight* bzw. *listmode*


[Historie](#)
[Features](#)
[Instrumente](#)
[Geräte](#)
[Funktionen](#)
[Struktur](#)
[Schnittstellen](#)
[IPC intern](#)
[absdev](#)
[commands](#)
[API extern](#)
[Ausblick](#)
[Fazit](#)



Geräte

Es stehen ca. 130 Gerätetreiber zur Verfügung. Die Konfiguration erfolgt über eine ASCII-Datei.

- Bus (seriell, GPIB/IEC, CAMAC, VME, TCP/IP)
- Einzel-, Linear-, Flächendetektoren
- unterschiedliche Motorsteuerungen (kommerzielle und Eigenentwicklungen)
- Probenumgebung (Einzelgeräte und komplex via *corba device*)
- spezielle HMI-Eigenentwicklungen
- (Möglichkeit zum Anbinden von *tango/taco* o.ä.)



Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Funktionen

- Einzelgeräte-Befehle, auch parallel
- komplexe und Instrument-spezifische Befehle
- Erweiterungen über 'extpro-API'
- individuelle Stufen für Konfigurationsparameter
- Protokollierung von Einzelkomponenten sowie des Messablaufs
- *online*-Visualisierung der Gerätestatus und der Messdaten

Der gesamte Funktionsumfang steht auch ohne bzw. bei nur teilweise vorhandenen „echten“ Geräten mittels eines **Simulationsmodus** zur Verfügung.



Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

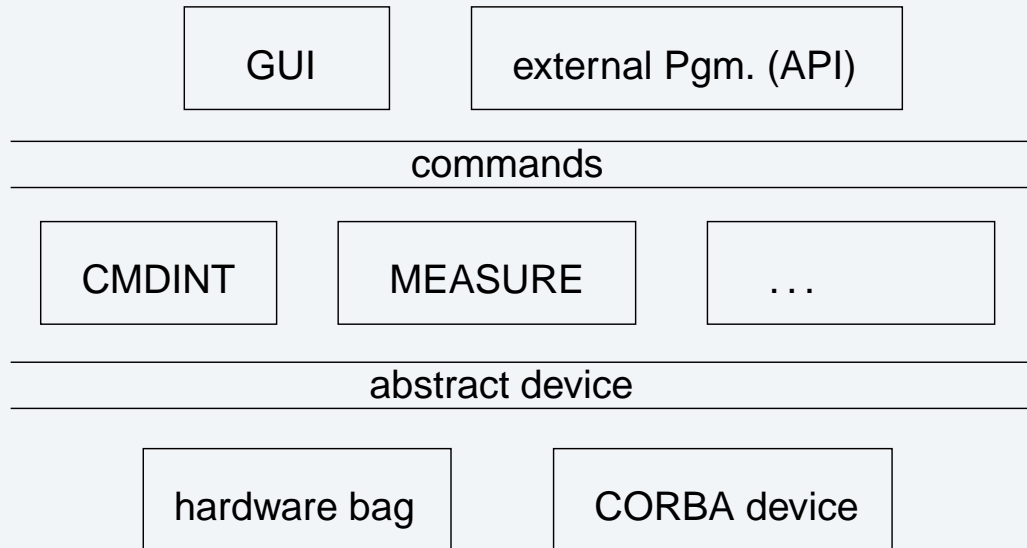
API extern

Ausblick

Fazit



Schematischer Aufbau



Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Kommunikation zwischen CARESS-Prozessen

Die ursprünglich implementierte *mailbox*-Kommunikation (streng synchron, keine *interrupts*) wird auch aktuell benutzt.

Die *socket*- bzw. *RPC*-Nachrichten werden mittels CORBA übertragen. Dadurch müssen Architektureigenheiten (*big vs. little endian* etc.) bei der Implementierung nicht berücksichtigt werden.

CARESS-interne Kommunikation

proprietär und trotz der „Verpackung“ in mehrere Protokolle sehr zuverlässig!



Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Die abstrakte Geräteschnittstelle

Die Ansteuerung **aller** Geräte erfolgt über **eine** abstrakte Schnittstelle: *absdev*.

12 Kommandos sind implementiert, um

- Geräte zu initialisieren
- statische Parameter der Geräte zu ändern
- neue Zielparameter vorzugeben
- Messwerte und Konfigurationen zu lesen
- Abläufe zu starten bzw. zu stoppen

[Historie](#)[Features](#)[Instrumente](#)[Geräte](#)[Funktionen](#)[Struktur](#)[Schnittstellen](#)[IPC intern](#)[absdev](#)[commands](#)[API extern](#)[Ausblick](#)[Fazit](#)

absdev.idl (Ausschnitt)

```
//+-----+
//
// CORBA IDL file for CARESS "abstract device".
//
//-----+
interface absdev
{
    long init_module_orb( in long kind_of_init_module, in long module_id,
                        in string module_line, out long module_status);

    long read_module_orb( in long kind_of_read_module, in long module_id,
                        inout module_info_seq_t module_info_seq);

    long stop_all_orb( in long kind_of_stop_all, out long stop_all_status);

    long start_acquisition_orb( in long kind_of_start_acquisition,
                               in long run_no, in long mesr_count,
                               out long acquisition_status);

    // ...
};
```

[Historie](#)[Features](#)[Instrumente](#)[Geräte](#)[Funktionen](#)[Struktur](#)[Schnittstellen](#)[IPC intern](#)[absdev](#)[commands](#)[API extern](#)[Ausblick](#)[Fazit](#)



Der CARESS-Kommandointerpreter

- verarbeitet **alle** Nutzereingaben (auch GUI)
- bietet rudimentäre Verarbeitung von Variablen und Prozeduren sowie Arithmetik
- gestattet die Abarbeitung von Skripten (Schachtelung)
- dient zur Parametrierung und Initialisierung von Komponenten
- enthält:
 - Basisbefehle, die an allen Instrumenten nutzbar sind
 - Spezialkommandos für bestimmte Geräte- und Funktionsgruppen



Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit

Beispiele für Kommandos (I)

Basiskommandos zum Auslesen von Geräten:

```
CAR> read omgs tths temp
```

... Verfahren verschiedener Achsen:

```
CAR> set omgs=3.72 phis=-29.4 hf=on
```

und Starten einer Einzelmessung:

```
CAR> mes 2500
```



Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Beispiele für Kommandos (II)

Messung in 7 Schritten zwischen einem Anfangs- und einem Endpunkt

scan command (1)

```
CAR> sgen1 step=7 tths=20.7,42
```

Messung in 13 Schritten um einen Mittelpunkt zweier Achsen

scan command (2)

```
CAR> sgen step=13 tths=20 dtths=0.3 omgs=10.7  
domgs=0.2
```



Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Die externe Programmierschnittstelle

Über eine Programmierschnittstelle ist es möglich, System- und Geräteparameter auszulesen oder CARESS vollständig „von außen“ zu steuern.

Es existieren „wrapper“ für:

- *PV-WAVE*
- *C/C++*
- *JAVA*
- *Perl*
- *Python*



Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Skript-API (Beispiel)

python

```
# ...
print '==> drive OMGS and TTHS together:'
drive_list[0] = 'OMGS'
drive_list[1] = 45.0
drive_list[2] = 'TTHS'
drive_list[3] = 30.0
num[0] = 2
ret_val = wrapper.drive_modules(num[0], drive_list)
print 'wrapper.drive_modules ret_val: ', ret_val
if ret_val == 0:
    print '==> during drive get repeatedly positions:'
    while wrapper.communication_busy() == 1:
        time.sleep(3)
        for i in range(num[0]):
            ret_val = wrapper.get_position_info(drive_list[2*i], data_type,
            i_val, f_val)
            print 'wrapper.get_position_info ret_val: ', ret_val
            if ret_val == 0:
                print '      ', drive_list[2*i], '%9.3f' % _val[0]
        print ''
print ''
# ...
```

Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit



Ausblick

- *scripting* ausbauen („private“ Messabläufe etc.)
- MOTIF als GUI ablösen
- Anknüpfung an die HMI-proposal-Datenbank
- API bzw. Konverterschnittstelle zu den Messdatenfiles
- VME/Intel-Linux
- **neue Instrumente**

Historie

Features

Instrumente

Geräte

Funktionen

Struktur

Schnittstellen

IPC intern

absdev

commands

API extern

Ausblick

Fazit

Rossa u. Sauer (HMI/WTE)

CARESS (Experiment-Software)



Fazit

- Der **größte Mangel** ist die unvollständige Dokumentation.
- Die **kontinuierliche Wartung und Pflege** ist trotz der Schwierigkeiten notwendig.

[Historie](#)[Features](#)[Instrumente](#)[Geräte](#)[Funktionen](#)[Struktur](#)[Schnittstellen](#)[IPC intern](#)[absdev](#)[commands](#)[API extern](#)[Ausblick](#)[Fazit](#)

Status, speziell: Schnittstellen

CARESS - Die HMI-Software für Neutronenstreuexperimente

Olaf-Peter Sauer

27. März 2007

Obwohl die Entwicklung am Software-Paket CARESS schon vor über 15 Jahren begonnen wurde, spielte sie im Rahmen der SEI-Tagungen bislang keine Rolle. Das soll hiermit geändert werden, zumal es naheliegend einige Anknüpfungspunkte zu „klassischen“ Elektronik- und Instrumentierungsthemen gibt.

CARESS¹ wurde entwickelt, um Neutronenstreuexperimente im Hahn-Meitner-Institut zu betreiben, indem diese konfiguriert und gesteuert sowie die Abläufe und Ergebnisse protokolliert werden.

In diesem Beitrag soll der Versuch unternommen werden, einen Überblick über die Funktionalität und den Aufbau von CARESS zu geben. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die Schnittstellen zum System gelegt.

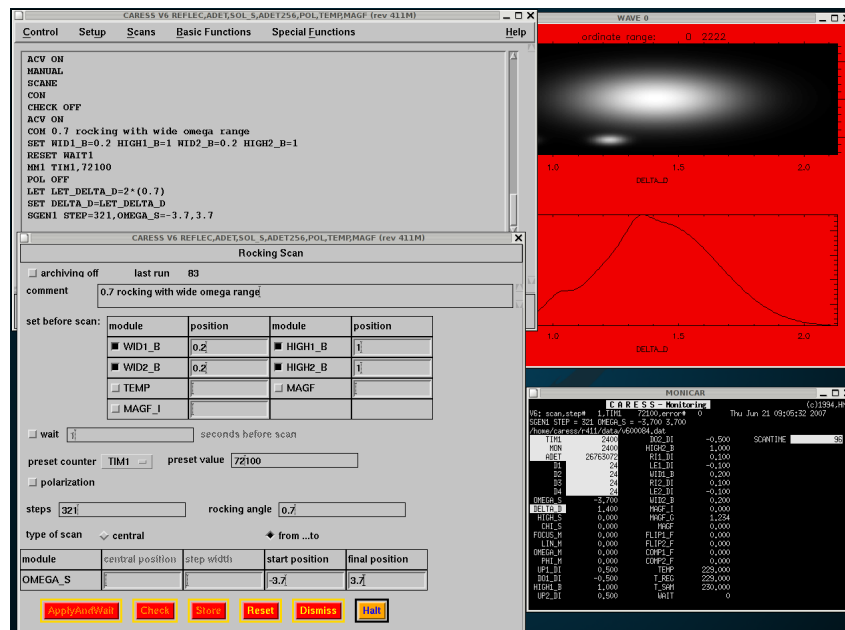


Abbildung 1: CARESS in Aktion

¹Der Name steht für sich, ist weder eine Abkürzung, noch ein Akronym

Struktur und Funktionen

Mit CARESS wird der Ansatz verfolgt, durch einen einheitlichen Kern alle Instrumentfunktionen zu bieten, die an den aktuell ca. 15 Experimentplätzen erforderlich sind. Die wirklichen Unterschiede sind zum einen in der Benutzeroberfläche implementiert, werden im wesentlichen aber durch die sehr flexible Gerätekonfiguration ermöglicht.

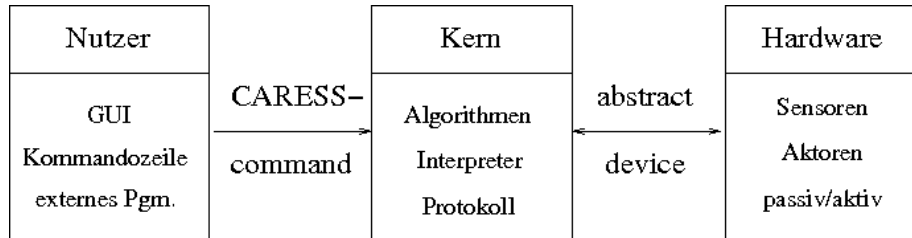


Abbildung 2: Schematischer Aufbau

Die ersten Versionen von CARESS wurden unter VMS in PASCAL erstellt. Von Beginn an wurde eine *client/server*-Architektur implementiert. Die ursprünglichen, systemnahen *mailbox*- und *macro*-Techniken wurden weiterentwickelt – derzeit kommen unter UNIX/Linux C/C++ unterschiedliche Skript-Sprachen und CORBA als Kommunikationsplattform zum Einsatz.

Unterstützte Geräte Von CARESS sind unterschiedlichste Geräte ansteuerbar, darunter diverse HMI-Eigenentwicklungen, aber auch viele kommerzielle Systeme. Das Spektrum reicht von einfachen analogen und digitalen Ein- und Ausgabemodulen, Motorsteuerungen und Geräten der Probenumgebung bis hin zu verschiedenen Detektorsystemen. Das implementierte Konzept ermöglicht die transparente Nutzung unterschiedlicher *Bus*-Systeme.

Traditionell werden die genutzten Geräte in *einem* Geräte-Server zusammengefasst. Als Erweiterung und jüngste Entwicklung ist hier das CARESS-CORBA-DEVICE zu nennen, das größere Flexibilität bis hin zum *plug-and-play* auf dem *Software-Bus* bietet. Dabei wird jedes Gerät bzw. jede Gerätegruppe durch einen eigenen Server repräsentiert.

Funktionen CARESS bietet den Nutzern diverse Funktionen, ohne dass diese gesondert konfiguriert oder aktiviert werden müssen, wie Protokollierung und *Logging* einzelner Geräteparameter und Messabläufe. Eine automatische Übertragung der Messdaten in eine zentrale Datenablage im Intranet, sowie spezielle Konvertierungen der Messdaten direkt am Ende jeder Messung, sind auf Wunsch der Nutzer einstellbar.

Ergänzt werden diese Funktionen durch umfangreiche Möglichkeiten, Geräteparameter mit unterschiedlicher Gültigkeitsdauer zu setzen bzw. im zugehörigen Kontext zu laden.

Dem Nutzer stehen über den CARESS-Interpreter vielfältige experimentspezifische Kommandos zur Verfügung. Neben der Konfiguration der Geräte und Messabläufe sind Steuerkommandos implementiert, die das „Anfahren“ von Zielwerten (bspw. Motorpositionen, aber auch Temperaturwerten) ermöglichen. Der Funktionsumfang ist über eine Programmierschnittstelle erweiterbar.

Schnittstellen

Intern wird in CARESS eine synchrone Kommunikation über *mailbox*-Techniken verwendet. Um den Erfordernissen einer Verteilung von Einzelkomponenten gerecht zu werden, dabei aber Probleme der typischerweise heterogenen Gerätelandschaften zu vermeiden, kommt CORBA als Kommunikationsplattform zwischen *allen* CARESS-Prozessen zum Einsatz.

An einem typischen CARESS-Instrument können so etwa ein Steuerrechner unter *TRU64-U*nix mit verschiedenen Motorsteuerungssystemen auf *Debian-Linux*, einem VME-Echtzeitsystem (*OS-9*), nebst einem PC der Probenumgebung und des Detektorsystems (je ein *Windows*-System) zusammenarbeiten.

Geräte Sämtliche Geräte werden über eine einheitliche, abstrakte Schnittstelle angesteuert. Auf zwölf Kommandos, sozusagen den kleinsten gemeinsamen Nenner, wurde diese Schnittstelle reduziert. Die Kommandos sind so allgemein formuliert, dass auch jedes künftige Gerät darüber integrierbar sein dürfte.

Kommandos Alle Nutzeraktionen werden auf CARESS-Kommandos abgebildet. Dadurch steht der volle Funktionsumfang auch im *batch*-Betrieb oder über eine *remote*-Konsole über einen schmalbandigen Zugang bereit. Als aktuelle Entwicklung sei hier die Erweiterbarkeit des Funktionsumfangs durch Skript-Sprachen hervorgehoben². An dieser Schnittstelle steht mittlerweile der volle CARESS-Funktionsumfang zur Verfügung. Mittels dieser Möglichkeiten wird derzeit an einer *online*-Simulation gearbeitet, um Parameter der nächsten Schritte aus aktuellen Messergebnissen zu ermitteln.

Ausblick

Für die nächste Zukunft stehen als wesentliche Arbeiten die Ablösung der *MOTIF*-Oberfläche und die verbesserte Integration der neuen Programmierschnittstelle an.

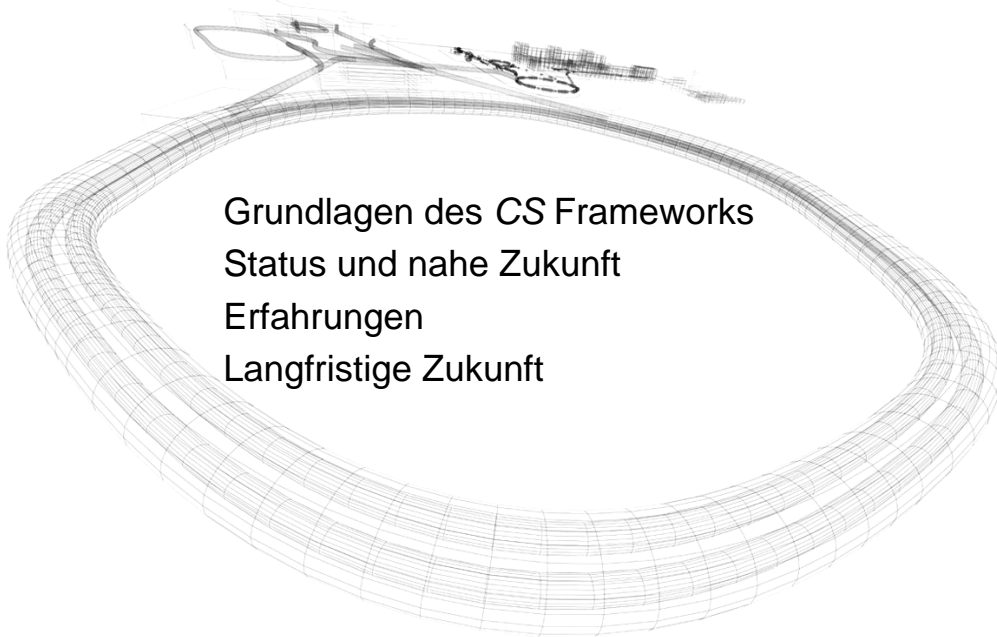
Neben diesen „internen“ CARESS-Themen wird die Einbeziehung neuer Instrumente und Geräte eine große Rolle spielen.

Nachtrag

Nach dem Vortrag wurde die Frage nach der Festlegung des zeitlichen Ablaufs bei der Nutzung protokollierter Messabläufe gestellt. Diese Festlegung ist nicht explizit möglich, nach Ansicht verschiedener Experimentatoren aber auch nicht nötig, da sich die meisten relevanten Zeiten implizit durch Einstell-, Mess- und Zählzeiten ergeben.

²eine eingeschränkte Programmierschnittstelle für C-Programme existiert schon länger

Neues vom CS Framework



Grundlagen des CS Frameworks
Status und nahe Zukunft
Erfahrungen
Langfristige Zukunft



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007

Definition of the CS framework

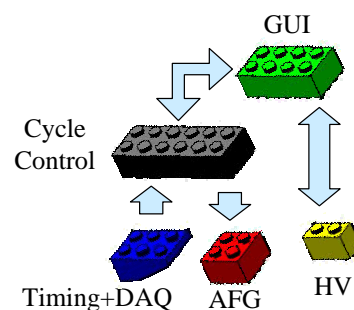
Ansatz:

Back-end (SCADA, GUI, ...)

Application layer (sequencer, ...)

Front-end (devices, drivers, ...)

"Three-layer architecture"



- Standardization of components
- Flexibility: Plugging components together via events
- Main emphasis: device control, not process control



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007

Cooking recipe for CS framework

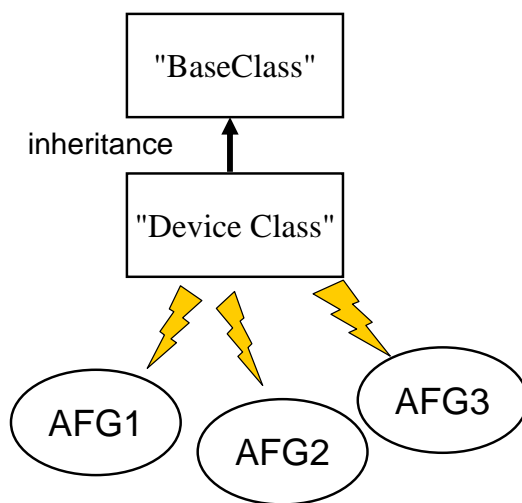
- One development tool ⇒ LabVIEW
- Standardization ⇒ object oriented approach
- Distribution to many nodes ⇒ DIM (www.cern.ch/dim)
 - Event driven communication for everything
 - Scaling to large systems by distribution
 - Remote access
 - ...
- SCADA functionality (alarming, trending, ...) ⇒ LabVIEW DSC module

28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Object Orientation (OO) with CS



- "BaseClass" provides basic functionality (communication layer, active threads, ...)
- "DeviceClass" adds functionality according to specs of device "DS345".
- Instantiation: one object per device



- of course: classes for GUIs, Sequencer, State machines, ...
- OO implemented by CS using pure LabVIEW (no LVOOP)

28-Mar-2007

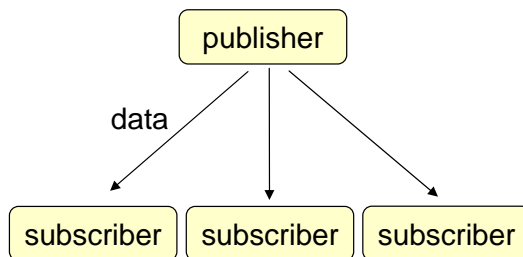
Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Event basics

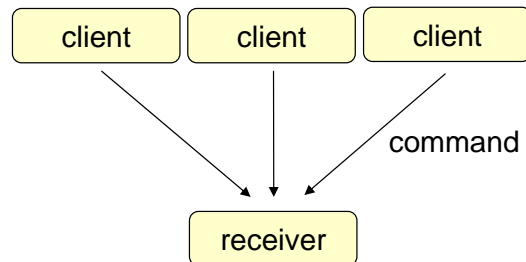
- an entity waits for the next event, no polling!
- timeout handling is an important issue

observer pattern: "one-to-many"



example: radio, television
added in CS 3.0

command pattern: "many-to-one"



example: typical human communication
sole possibility for CS < 3.0

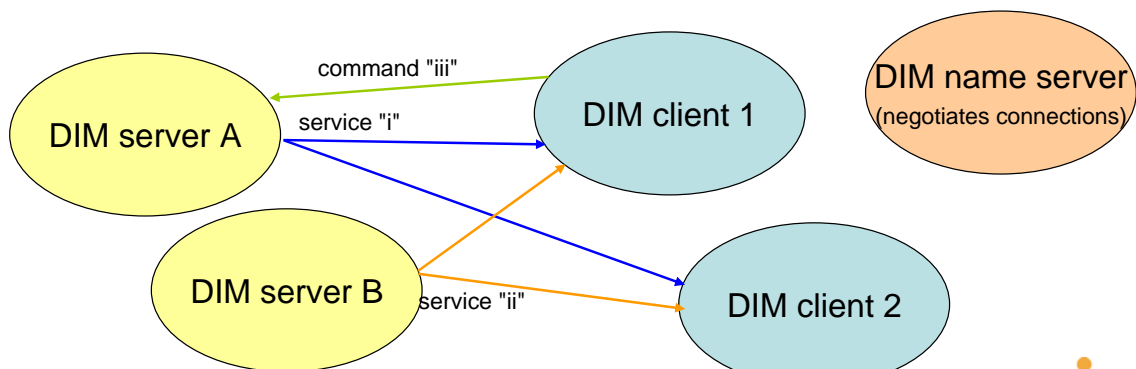
28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Communication Layer: DIM

- Distributed Information Management: www.cern.ch/dim
- originally developed at DELPHI@LEP/CERN around 1991
- available for a multitude of platforms and languages
- light-weight, aiming at high performance, based on TCP/IP
- today: "backbone" of control systems for LHC experiments
- concept: named services, peer-to-peer connections

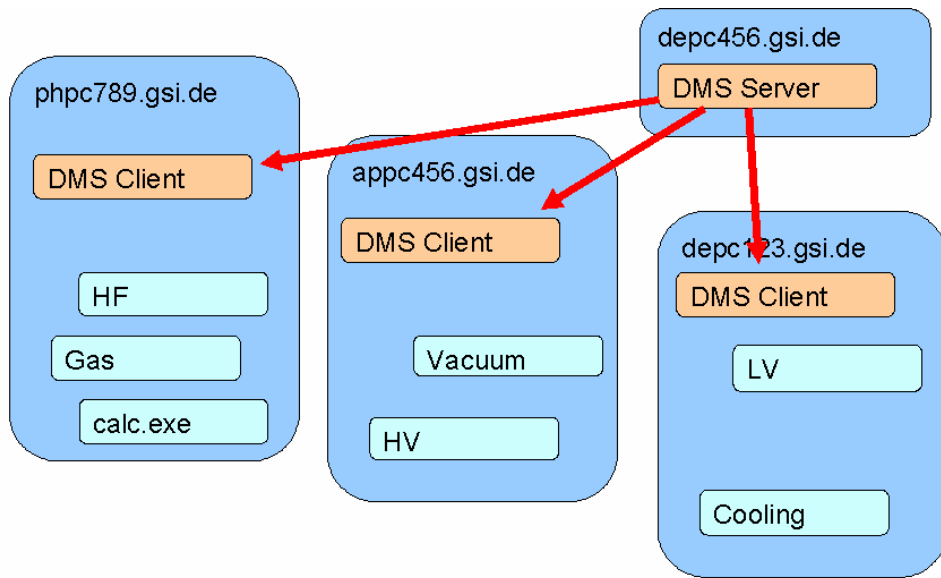


28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Domain Management System: Process Management in a Distributed Environment



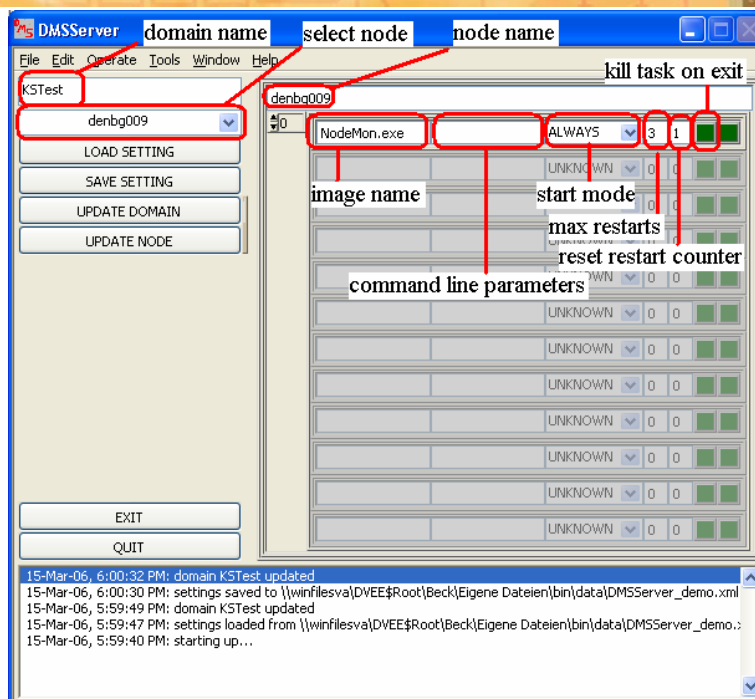
node DMS application any application create/supervise/destroy applications



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007

DMS Server



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



DMS Viewer

The screenshot shows two windows from the DMS Viewer application. The left window, titled 'DMSViewer - KSTest', displays a table of nodes:

Node	CPU	Mem	OS
lxgs11	1	36292	LINUX
lxg1100	23	1806856	LINUX
depc122	5	226716	WIN32
depc191	10	367472	WIN32
denbg009	2	140060	WIN32

The right window, titled 'NodeMon@depc122', shows process information:

Processes	CPU Usage	Memory Usage
18	7	226716

Below this, a detailed process list is shown:

ImageName	PID	CPU	CPU Time	Memory
rdpclip.exe	3252	0	0:8:12	1976
explorer.exe	2988	1	8:23:42	14500
shstat.exe	688	0	0:30:23	764
updaterui.exe	668	0	1:13:18	1864
tbmon.exe	912	0	0:3:49	280
ctfmon.exe	3532	0	0:25:17	1816
acrotray.exe	224	0	0:6:55	228
sqlmangr.exe	3604	0	0:42:38	976
dscengine.exe	744	2	44:22:21	16672
tasklist.exe	488	0	0:10:37	52
taskmgr.exe	440	0	4:52:16	2296
cssqlserver.exe	2652	0	0:7:14	28464
cs2.exe	1940	0	0:7:42	86496
cmd.exe	128	0	0:1:51	2756
calc.exe	2136	0	0:1:6	3348
dmsclient.exe	3328	4	0:34:40	59784
scrnsave.scr	592	0	0:0:15	1356
nodemon.exe	2764	1	0:8:42	3088

At the bottom of the right window, a text box contains the message: 'Hello world :-)'

28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Status of CS

- DIM (www.cern.ch/dim) as communication layer
- real publisher-subscriber mechanism
- CSAccessSystem: reservation mechanism for (groups of) objects
- DomainManagementSystem: distributed process management (Windows, Linux)
- Source code control via SubVersion
- Packaging
- <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/CSframework/WebHome> : Documentation, ...
- <https://sourceforge.net/projects/cs-framework/> : Downloads, ...
- Performance:
 - 1,000,000 PVs demonstrated, an even larger number should be feasible
 - 5,000 objects (~ hardware devices) demonstrated, more should be feasible
 - Stability of a distributed CS system is better than a few hundred hours, requiring
 - binaries, dlls, etc. are NOT on a network drive (MS-Windows)
 - a node is rebooted and local processes are restarted after installation of software updates (MS-Windows)
- Usage: About 12 experiments at GSI, CERN, MSU, Mainz, Greifswald
- GPL licensed

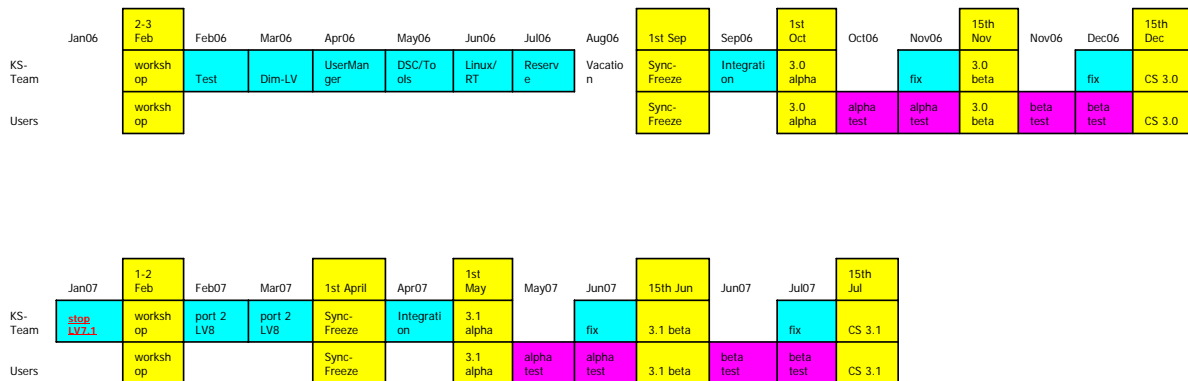
28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Schedule as of February 2006

- 1st step: Change event mechanism to DIM using LV 7.1
- 2nd step: Migrate to LV 8.XX: to be done



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Erfahrungen

- Benutzer von laufenden Systemen sind sehr zufrieden
- Bis Version 2.10d4 (2005), war eine Aktualisierung auf neue CS Versionen einfach
- Zweistufiger Umstieg auf CS 3.10 unter LabVIEW 8.20:
 - Grosse Änderung beim Umstieg auf CS Version 3.00.
 - Formale Änderungen beim Umstieg auf LabVIEW 8.20.
 - Erheblicher Zeitaufwand für Experimentkontrollsysteme
- (Ab Version CS 3.10 sind keine großen Änderungen geplant)
- CS reagiert schnell auf neue Anforderungen der Nutzer
- Aufgaben können mit CS unterschiedlich gelöst werden
- Hürde für Neueinsteiger ist relativ hoch

28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Schwierigkeiten

- Datenfluss *und* Ereignissteuerung, Objektorientierung, Multi-Threading in einer verteilten Umgebung
- Ziel war:
 - Kollaboratives Arbeiten (1 Klasse +1 Klasse = 2 Klassen)
 - Geräteklassen sind durch standardisiertes Ereignisformat und Parameter austauschbar
 - Große Zahl von Geräteklassen für alle verwendbar
- Realität ist:
 - In den Experimentgruppen entwickelte Geräteklassen sind oft zu konkret und nicht wieder verwertbar
 - Richtlinien zur Programmierung werden regelmäßig ignoriert
 - kein kollaboratives Denken
 - Wir (EE/KS) haben zur Wartung von Geräteklassen weder Geräte und/oder Zeit zum Testen, noch Personal zur Verfügung
- Schneller Produktzyklus bei National Instruments



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007

Mögliche Lösungsansätze

- Beschränkung der Gerätevielfalt. Wir (EE/KS) unterstützen nur Geräte, die wir selbst zur Verfügung haben.
- Einhaltung von Richtlinien bei Programmierung fördern
 - Verantwortlichkeiten für Klassen festlegen
 - Ausnutzung von LabVIEW:
 - private Methoden in VI-Bibliotheken
 - bestimmte Anschlüsse an VIs erzwingen,
 - ...
 - regelmäßige *Code-Review*
- Einführung von Basisklassen (für Gerätetypen wie "Netzteil")
 - definieren (erzwingen!) Namen und Parameter von Ereignissen
 - nehmen Fleißarbeit bei der Implementierung ab
 - bieten fertige standardisierte Bedienfenster
 - Anreiz zur Kollaboration



28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007

Ausblick - Langfristige Zukunft

- neues Experiment: HITRAP
- Auswahl durch ein erstes Experiment (MATS) bei FAIR
- Standardisierung bei Fallenexperiment möglich
- mittel- bis langfristige Zukunft gesichert
- keine großen Änderungen angedacht
- Kein CS++ (analog C → C++, wäre mit LVOOP möglich)
- März 2007: LVOOP Workshop @ GSI
 - LabVIEW Design Patterns
 - CS– (CSMM), Codename CSOOMM (sprich: Zoom)
- ...

28-Mar-2007

Dietrich Beck, GSI – SEI Tagung, Rossendorf, 2007



Status of the CS Control System Framework

Dietrich Beck* and Holger Brand

GSI-Darmstadt, EE, Planckstr. 1, D-64291 Darmstadt

Introduction

The CS framework is in use since a few years at about 12 experiments at five institutes. Instead of supporting a maximum number of process variables, the main focus of CS is to provide a basis for control systems requiring a high flexibility and performance. A detailed description of CS is given in [1]. This text aims at describing the status of CS with the upcoming version 3.10.

CS follows the concept of a classical three layer architecture. The front-end layer comprises of low-level hardware drivers as well as high-level drivers for instruments. The components of the front-end layer are not application specific and have a high re-usability. The application layer provides application specific modules and tasks like a sequencer, which is typically experiment specific. The third and top layer incorporates the back-end and typically contains graphical user interfaces (GUIs) and an optional Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) back end. The components of all layers are linked together and exchange information by sending events. Since the syntax of events is standardized, components may easily be exchanged and a control system can be re-configured on-the-fly.

Main Ingredients of the CS Framework

LabVIEW

LabVIEW is used as the only programming language. Its learning curve is rather fast and it provides a complete set of tools from drivers for low-level hardware up to the design of high level GUIs.

Object Oriented Approach

An object oriented approach has been implemented within the CS framework. This approach eases standardization of components and reusability. As an example, each hardware device type is represented by a class. During run-time, an object of that class is created for each physical device of that type. Of course, classes exist also for GUIs, sequencers and state machines. The object oriented approach has been developed and implemented within the CS framework. CS does not use LabVIEW Object Oriented Programming (LVOOP), which has been introduced with LabVIEW version 8.20.

DIM

DIM [2] is a communication layer for distributed mixed environments and has been developed at CERN more than 16 years ago. Such a communication layer allows using event driven communication, scaling to large systems by distributing the tasks and remote access. The main idea behind DIM is the concept of named services. A server may publish services to which clients subscribe ("observer pattern", "one-to-many") and it may receive commands from clients ("command pattern", "many-to-one"). Both patterns allow for event driven communication and avoid polling.

* Corresponding author: d.beck@gsi.de

Supervisory Control And Data Acquisition

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) functionality is provided by using the LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC) module. This module makes SCADA feature like alarming and trending available for CS. Moreover, it serves as an OPC client or even as an OPC server.

Status of the CS Framework

Technically, changing the communication layer to DIM has been the major change during the year 2006. By this, a real publisher-subscriber mechanism became available making the design of many applications simpler and straighter forward. Moreover, DIM as communication layer allows for a much better scaling to large systems. It was demonstrated, that one million DIM services can be used for a distributed control system. Furthermore, it has been shown that five thousand objects, that may represent complex devices, can be created within one distributed system. Another step is the change of the development platform from LabVIEW version 7.1 to LabVIEW version 8.20. The main difference here has been the introduction of a project manager as well as new LabVIEW libraries (lvlibs). The release of CS version 3.10 based on LabVIEW 8.20 is planned for late summer 2007, an alpha version is already available. The long term stability of a CS based system is typically a couple of hundred hours. On MS-Windows based PCs, this requires binaries and shared libraries to be installed locally as well as rebooting a PC after the installation of software updates.

Organizationally, the main web-site containing all documentation as well as related links has been moved to a Wiki-Web [3]. A dedicated site at SourceForge [4] serves for downloading, bug tracking, and feature requests. As source code control system, we have set up a Subversion [5] repository at GSI. The CS framework is available under the terms of the GPL license.

Experience Using the CS Framework

Feedback from Experiments

In general, users of operational control systems are satisfied with CS based control system. Typically, difficulties arise when updating to new versions of CS. Up to CS version 2.10d4, the migration to a new version has been fairly easy, since the developers of CS took reasonable care of backward compatibility. This situation is different with the migration to the new version 3.10. In February 2006 it was decided during a workshop, to change not only the communication layer but also to clean up the CS code itself. Naturally, full backward compatibility can not be maintained and the migration of user code to version 3.10 can take a few weeks to months of time. On the one hand, this is a long time. On the other hand, this is justified since most experiments took the opportunity to redesign their application taking advantage of the new features especially of the communication layer of CS.

CS is very flexible when new features are required from the users. As a result, there are always many possibilities to solve a problem. New CS users often have difficulties in identifying the best solution path. Especially inexperienced users have difficulties with developing control systems in a short time. CS based control systems are event driven, multi-threaded, operated in a distributed environment and use an object oriented approach. Where experienced programmers become productive after one or two weeks of learning time, programming beginners need significant more time to digest the underlying principles.

View of CS Developers

One of the ideas of the CS framework is to have a rather large abstraction for classes for hardware. Such classes are not experiment specific and have a high degree of reusability. Especially the experiments of the ion trap community follow this approach. But other CS

users often develop device classes that are too experiment specific. Such classes can barely be reused. In the future, the following measures may assist in obtaining reusable code. Reducing the time required to maintain classes can be achieved by limiting the multiplicity of hardware device types. The compliance with coding conventions is encouraged by assigning a responsible maintainer for each class, consequent usage of features coming with LabVIEW 8.20, enforcing correct wiring of VIs by using "required" connectors and regular code reviews. Another measure is the introduction of base classes for certain categories of hardware like power supplies or arbitrary function generators. Such base classes can save a lot of work, enforce standardization, provide standardized operating panels and encourage collaboration between different experiments.

Conclusion and Outlook

The CS framework is successfully applied at about 12 experiments at GSI, CERN, MSU, University of Mainz and University of Greifswald. The new HITRAP facility at GSI will partly be controlled via a CS based control system. On the long term, the MATS facility at FAIR/GSI has already chosen to use CS. By this, the CS framework needs to be supported at least for the next fifteen years. Most users are pleased with the present features and performance of CS and new functionality is not required. At present, changes similar to the one from version 2.10d4 to 3.10 are not envisaged and it is expected that backward compatibility is guaranteed from now on.

[1] D. Beck et al., Nucl. Instrum. Meth. A 527 (2004) 567-579.

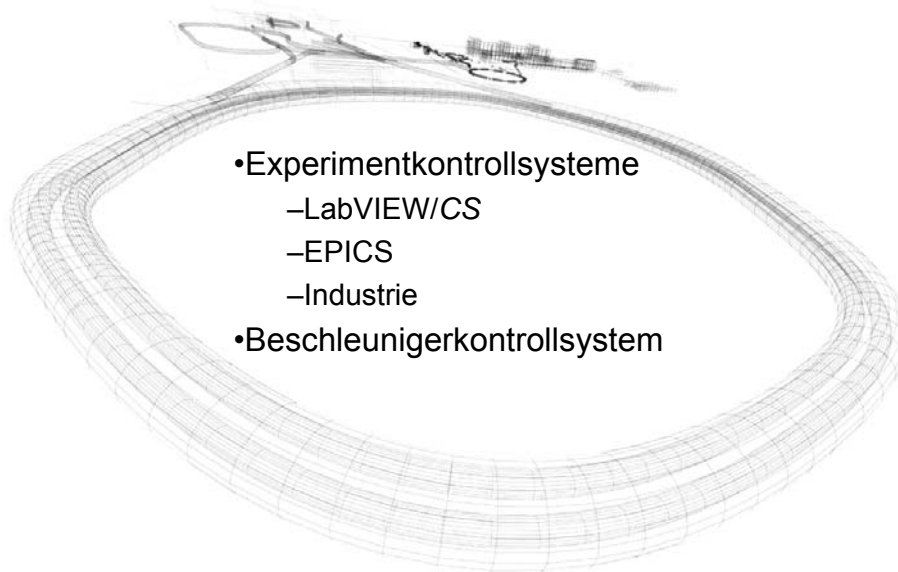
[2] C. Gaspar and M. Dönszelmann, Proc. IEEE Eight Conference REAL TIME '93 on *Computer Applications in Nuclear, Particle and Plasma Physics*, Vancouver, Canada, 8.-11. June 1993.

[3] <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/CSframework/WebHome>

[4] <https://sourceforge.net/projects/cs-framework/>

[5] <http://subversion.tigris.org/>

Kontrollsystemaktivitäten an der GSI



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007



1

Die GSI, <http://www.gsi.de>, betreibt eine weltweit einmalige Beschleunigeranlage für schwere Ionen. An dieser lassen sich Ionenstrahlen aller Elemente bis zum Uran – dem schwersten natürlich vorkommenden Element – in jedem Ladungszustand präparieren und auf nahezu Lichtgeschwindigkeit bringen. Mit der Anlage können außerdem Strahlen radioaktiver Kerne erzeugt und beschleunigt werden.

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Kontrollsystemaktivitäten an der GSI und die Werkzeuge, die hier im Bereich der Experimente und des Beschleunigers zum Einsatz kommen.

Web-Links

Startpunkte zu Kontrollsystemdokumentationen an der GSI

1. EE/KS Web
<http://www.gsi.de/informationen/wti/ee/kontrollsysteme/kontrollsysteme.html>
2. FAIR Experiment Control Systems Web
http://www.gsi.de/fair/experiments/Controls/index_e.html
3. Diskussionsforum, <http://forum.gsi.de> -> Controls
4. FAIR Controls Wiki-Web, <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/FAIRcontrols/WebHome>
5. NI User Wiki-Web, <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/NIUser/WebHome>
6. CS Framework, <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/CSframework/WebHome>
7. EPICS, <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/Epics/WebHome>
8. HADES <http://www-hades.gsi.de/scs/>
9. Beschleunigerelektronik <http://bel.gsi.de/>



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

2

Auf dieser Folie ist eine Liste mit Web-Links zusammengestellt, die auf Startpunkte zur Dokumentation der Kontrollsystemaktivitäten an der GSI verweisen.

1. Homepage der Kontrollsystemgruppe (EE/KS) der Abteilung Experimentelektronik der GSI.
2. Startpunkt für FAIR Experimentkontrollsysteme.
3. Das Diskussionsforum soll als Plattform für offene Diskussionen zum Thema Kontrollsysteme dienen.
4. Das FAIR Controls Wiki-Web soll als Plattform für kollaboratives Arbeiten zum Thema FAIR Kontrollsystem dienen.
5. Das Wiki-Web *NIUser* soll von den Anwendern von National Instruments Hardware und Software als Plattform für gemeinsame Dokumentation genutzt werden.
6. Homepage des CS Framework Projektes.
7. Homepage des EPICS Infrastruktur Projekts an der GSI.
8. Startpunkt für die Dokumentation des Kontrollsystems für den HADES Detektor.
9. Homepage der Abteilung Beschleunigerelektronik der GSI.

An den Webs 2 und 4 – 7 kann potentiell jeder mitarbeiten. Die Autorisierung kann von den Web-Administratoren bzw. Gruppenmitgliedern leicht eingerichtet werden.

Experimentkontrollsysteme GSI

- In Betrieb:
 - CS Framework:
PHELIX, RISING, SHIPTRAP, Cave A Motorsteuerung ...
 - LabVIEW:
Viele kleine Systeme in vielen verschiedenen Gruppen, die von EE/KS nebenläufig unterstützt werden.
 - EPICS:
HADES und ein MBS-Monitor bei FOPI
- Im Aufbau:
 - CS Framework:
FOPI und HITRAP
 - LabVIEW:
Viele kleine Systeme in vielen verschiedenen Gruppen, die von EE/KS nebenläufig unterstützt werden.



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

3

Von der EE/KS werden viele verschiedene Experimentiergruppen aktiv und beratend unterstützt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf LabVIEW basierten Systemen, die auch die Einbindung von SPS-Steuerungen, Feldbussen und Hardwareentwicklungen umfasst. EPICS ist ein relativ neues Betätigungsfeld.

Eine besonders enge Kooperation gibt es mit den Verantwortlichen und Anwendern der Experimente Cave A Motorsteuerung, PHELIX, RISING SHIPTRAP, FOPI und HITRAP, die das CS Framework einsetzen. Bei kleineren Gruppen wird oft nur beraten und ein Prototyp zur Verfügung gestellt, den die Experimentatoren dann selbstständig ausbauen und warten, da häufig spezielles Expertenwissen notwendig ist, dass die Infrastruktur wegen der vielfältigen Anwendungsdomänen nicht immer parat hat.

Experimentkontrollsysteme FAIR

- FAIR Baseline Technical Report ist die Basis für alle weiteren Entwicklungen
 - MATS
 - CS Framework
 - CBM
 - ähnlich wie ALICE DCS aber mit EPICS/DIM, B. Kolb (GSI)
 - PANDA
 - ? -> Joint Controls Group at GSI
 - SuperFRS/NuStar
 - Synergy Group for Front-End Electronics and Data Acquisition (SGFD) spezifiziert Funktionalitäten und Qualitätsstandards
 - DAQ
 - <http://www.gsi.de/informationen/wti/ee/datenverarbeitung/datenerfassung.html>
 - MBS
 - DAQ for FAIR (XDAQ mit DIM Interface -> LabVIEW oder EPICS etc.)
 - DABC



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

4

Im Folgenden wird aus dem FAIR Baseline Technical Report zum Thema Experimentkontrollsysteme zitiert, der die Basis für alle weiteren FAIR relevanten Entwicklungen ist. Es werden exemplarisch die Experimente MATS, CBM, PANDA, SuperFRS/NuStar und Datenakquisition erwähnt.

- MATS hat sich für das CS Framework als Basis für das Kontrollsystem entschieden.
- Bei CBM wird eine Kontrollsystemarchitektur ähnlich der von ALICE angestrebt, aber basierend auf EPICS und DIM.
- PANDA erwartet, dass eine *Joint Controls Group* an der GSI ein geeignetes Kontrollsystemframework, Hardware und Software, entwickelt und zur Verfügung stellt, mit dem jedes Experiment sein spezielles Kontrollsystem implementieren kann.
- Die *Synergy Group for Front-End Electronics and Data Acquisition* von NuStar legt Funktionen und Qualitätsstandards fest, die von den Entwicklern eingehalten werden sollen. Die Implementierungsdetails werden bewusst offen gelassen, um die erwartete Diversität von Subsystemen nicht (vorzeitig?) einzuschränken.
- Es wird erwartet das FAIR Datenakquisitionssysteme so komplex werden, das sie selbst Gegenstand eines Kontrollsystems sein müssen. Zu diesem Thema gibt es bereits Lösungsansätze zur Integration in vorhandene Kontrollsysteme für die Erstellung von Prototypsystemen.

Die folgenden Folien sprechen für sich.

MATS

- FAIR Baseline Technical Report Volume IV.3, MATS, Seite 32:
Synchronization, DACQ, Controls, On-line/Off-line Computing
*"Recently a new LabVIEW-based control system [Beck2004] has been implemented at the ISOLTRAP (ISOLDE/CERN, Switzerland), SHIPTRAP (GSI Darmstadt, Germany), and LEBIT (NSCL-MSU, USA) facilities by using the Control System (CS) framework which has been developed by EE/GSI during the last two years [Beck2003]. CS is an object-oriented, multi-threaded, event-driven framework with Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) functionality. It allows one to implement distributed systems by adding experiment specific add-ons. The subcomponents buncher, cooler and measurement trap are similar to the ones that are used by the other experiments listed above. Solutions for their control exist within CS. Thus, **CS is ideally suited for the MATS purposes and can be adapted and extended to our requirements.** The detector part is described in the detector subproject."*
- CS Framework wurde als Basis ausgewählt.
- D. Beck (GSI), technische Koordinierung zugesagt

PANDA

- FAIR Baseline Technical Report Volume IIIb Seite 301:
Control Software
 - *"A common database for all issues described above is desirable as is a unified user interface covering all aspects of experiment control. **A joint experiment controls group at GSI** shall work out the framework of software and hardware with which each experiment can realize its goals."*

NuStar

- Synergy Group for Front-End Electronics and Data Acquisition (SGFD) founded
 - <http://www.gsi.de/fair/experiments/NUSTAR/WGs/FEE-DAQ/FEE-DAQ-Synergies.html>
 - <http://www.gsi.de/documents/DOC-2006-Nov-141-1.pdf>
"The slow control system design will not put requirements on utilizing certain hard- and software, but will put the necessary restrictions by specifying functionalities and quality standards for its subunits being its building blocks. The main idea behind this design is to be able to accommodate the expected diversity of local controllers, provided by the different detector groups."
- H. Simon (GSI), H.J. Wörtche (KVI)
 - Enge Kooperation mit dem Beschleunigerkontrollsystem
 - Unterstützung der NuStar Experimentkontrollsysteme vor Ort durch die Infrastruktur ist erwünscht, aber noch nicht konkretisiert.

LabVIEW Aktivitäten (EE/KS)

- CS Framework (vorheriger Vortrag von Dietrich Beck)
 - Upgrade und Redesign des FOPI Kontrollsystems mit CS 3.1
 - Aufbau des HITRAP Kontrollsystems mit CS 3.1
 - EE/KS Diplomarbeiten: CS Object- & Petrinetze, CS UML Generator
- LabVIEW 6, 7.1, 8.20
 - Fast alle LV-Module sind bei verschiedenen Experimenten und Labors im Einsatz
 - DSC, RT, FPGA, PDA, Vision
- LabVIEW DSC I/O Server
 - ermöglicht eine leichte Integration von externen Systemen/Geräten in die Shared Variable Engine
 - LabVIEW EPICS I/O Server
- LVOOP – Objekt-orientiertes Programmieren mit LabVIEW
 - Strikte Einhaltung des Datenflußkonzeptes auch für LV Objekte!
 - Aufbau einer LVOOP Entwurfsmuster-Bibliothek
<http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/NIUser/LabVIEWObjectOrientedProgramming>



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

8

Neben der Wartung des CS Frameworks und Upgrades der laufenden Experimentkontrollsysteme auf die Version CS 3.1 wird das HITRAP Kontrollsystem entwickelt. Im Rahmen von Diplomarbeiten werden weitere Zusatzmodule für das CS Framework entwickelt. Ein CS UML Generator soll die automatische Erstellung bzw. Aktualisierung von UML Dokumentation aus den LabVIEW VIs erlauben. CS Objekt- und Petrinetze sollen die Entwicklung von neuen Kontrollsystemen mit bereits existierenden Komponenten erleichtern.

An der GSI sind fast alle LabVIEW Module und Addons in verschiedenen Versionen im Gebrauch. Die Benutzer werden bei der Anwendung bzw. Problemlösung intensiv unterstützt. Neue Möglichkeiten werden an Hand von (hoffentlich) hilfreichen Anwendungsbeispielen evaluiert, um künftige Benutzer sinnvoll beraten zu können und praktische Beispiele als Startpunkt zur Verfügung zu stellen. Ein Schwerpunkt liegt hierbei auf dem LabVIEW DSC I/O Server und insbesondere in der Entwicklung einer Entwurfsmusterbibliothek für LabVIEW Klassen, die dem Datenflussparadigma strikt unterliegen.

EPICS

- What is EPICS, <http://www.aps.anl.gov/epics/index.php>
 - short answer(s):
EPICS: Experimental Physics and Industrial Control System
 - a bit more elaborate:
EPICS is a set of Open Source software tools, libraries and applications developed collaboratively and used worldwide to create distributed soft real-time control systems for scientific instruments such as a particle accelerators, telescopes and other large scientific experiments. (From the [EPICS Home Page](#))
 - striking: is three things at once:
 - an architecture for building scalable control systems
 - a collection of code and documentation comprising a software toolkit
 - a collaboration of major scientific laboratories and industry
- Entwicklungen an der GSI
 - EPICS-DIM-Gateway ↔ DIM-Server auf eingebetteten Systemen
- Zukünftig: Unterstützung von EPICS IOCs
 - auf RTEMS und
 - eingebetteten Systemen (FPGA Boards)



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

9

EPICS ist die Basis für das Detektorkontrollsystem für HADES, <http://www-hades.gsi.de/scs/>, an der GSI.

EPICS ist Open Source und seit Release 3.14 sind IOC's (Input Oupt Controller) portable, d.h. Sie können nicht nur auf vxWorks Systemen laufen, sondern auch auf anderen Realtime Systemen wie RTEMS oder auch auf Systemen, die nicht Echtzeit fähig sind, z.B Linux oder Windows.

Diese Tatsache macht EPICS auch für FAIR Experimente attraktiv, da für EPICS keine Lizenzgebühren anfallen wie bei vielen anderen SCADA-Systemen. Zudem ist EPICS ist bereits in vielen großen Beschleuniger-, Teleskop- und Experimentkontrollsystemen zum Einsatz gekommen und hat damit seine Tauglichkeit bewiesen. EPICS wird von DOE (Department of Energy) der USA gefördert. Somit scheint auch die langfristige Zukunft gesichert zu sein. Allerdings gehen einige der Hauptentwickler bald in den (wohlverdienten) Ruhestand.

Peter Zumbach richtet zur Zeit eine EPICS Infrastruktur an der GSI ein, <http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/Epics/WebHome>. Um die Kommunikation mit anderen Systemen zu vereinfachen wurde ein EPICS-DIM-Gateway entwickelt, http://wiki.gsi.de/cgi-bin/view/Epics/WebHome#EPICS_DIM_interface. DIM, <http://www.cern.ch/dim>, wurde am CERN entwickelt und ist eine der empfohlenen Möglichkeiten verteilte Systeme in das PVSS II/JCOP Framework einzubinden, vgl. Folie weiter hinten.

In naher Zukunft soll RTEMS in die EPICS Infrastruktur aufgenommen werden. Das CBM Experiment möchte EPICS direkt auf FPGA basierender Frontendelektronik mit eingebetteten Prozessoren laufen lassen. Linux und RTEMS werden als Alternative Betriebssysteme diskutiert.

Industrie

- Feldbusse
 - RS232/485, GPIB, CAN, Profibus/ASI, Ethernet (IEEE1588, EtherCat)
- Motion
 - IEF-Werner, <http://www.ief-werner.de/>
 - Beckhoff, <http://www.beckhoff.de/german/drives/default.htm>
 - NI-Motion
- Safety
 - Sicherheitsrelais oder
 - Sicherheitsgerichtete Feldbusklemmen mit zertifizierten Softwarebausteinen. <http://www.beckhoff.de/german/twinsafe/overview.htm>
- Beckhoff Reihenklennen in Kombination mit TwinCAT löst viele unserer Aufgaben.



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

10

RS232/485, GPIB, CAN, Profibus/ASI, Ethernet werden an der GSI standardmäßig als Geräteschnittstellen unterstützt. EtherCAT, <http://www.ethercat.org>, wird zur Zeit untersucht.

Selbstentwickelte Software soll an der GSI nicht sicherheitsrelevant sein. Daher werden Sicherheitssysteme basierend auf konventionellen Sicherheitsrelais diskret aufgebaut. Uwe Thiemer arbeitet zur Zeit an dem ersten Projekt bei dem sicherheitsgerichtete Feldbusklemmen mit zertifizierten Softwarebausteinen von Beckhoff zum Einsatz kommen. Mit verteilten Beckhoff Reihenklennen und der zugehörigen TwinCAT Software werden an der GSI viele Aufgabenstellungen gelöst.

Die Kollegen Harald Hahn und Uwe Thiemer entwickeln zudem dedizierte Kontrollsystemhardware.

Beschleuniger Kontrollsystem I

- Architektur
 - Geräte
 - GSI-Devicebus
 - SE, Einplatinenrechner mit PSOS
 - VME
 - Gruppenmicro, VME Rechner mit PSOS
 - Ethernet, proprietäres Protokoll
 - Operating, Database, VMS



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

11

Auf dieser Folie ist die Hierarchie der Beschleunigerkontrollsystemarchitektur zusammengefasst.

Geräte im Feld werden über den GSI Devicebus, ein um Timing-Signale erweiterter MIL-Bus, und Einplatinenrechner im VME in das Kontrollsystem eingebunden. Als Echtzeitbetriebssystem kommt PSOS zum Einsatz. Die VME Rechner, Gruppenmicro, kommunizieren über ein proprietäres Ethernetprotokoll mit der Operating-Ebene, Datenbanken etc. Hier wird das Betriebssystem VMS eingesetzt.

Beschleuniger Kontrollsystem II

- Migration
 - Gruppenmicro -> Linux
 - Ethernet, proprietäres Protokoll -> CORBA
 - Operating/Database -> Linux und Java/Oracle
- Fließender Übergang zu bzw. Intergration von neuen Systemen
 - Einsatz der Cosy-Beans bei HITRAP

28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007



12

Zur Zeit sind die Entwickler des Beschleunigerkontrollsystems damit beschäftigt das System zu modernisieren. Die Gruppenmicros werden auf Linux umgestellt. Das proprietäre Ethernet-Protokoll wird durch CORBA ersetzt. Die Applikationen auf der Operating-Ebene werden zunehmend durch Java Applikationen auf Linux-Rechnern ersetzt. Die alte Datenbank wurde bereits nach Oracle auf einem Linux-Server migriert.

Für die Zukunft wird ein fließender Übergang zu bzw. die Integration von neuen Systemen angestrebt. Z.B. soll der vom Beschleunigerkontrollsystem gesteuerte Teil der HITRAP Strahlführung mit COSY-Beans bedient werden.

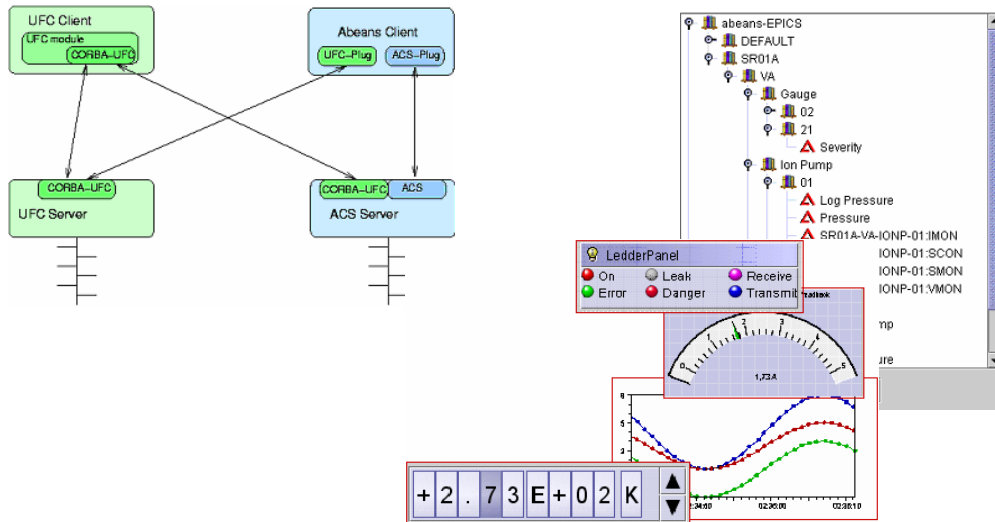
Cosy Beans I

- Cosy-Beans

- basieren auf Java Beans, <http://www.cosylab.com/Main>
- "Cosylab and KGB have identified the need to **provide standardized look and feel to all applications**. This requirement includes (apart from the visual appearance and design) also a **set of consistent GUI widgets** that are not directly related to data visualization. Examples include glass pane (for rendition over the existing components), menu bars and toolbars, progress bars, text areas for displaying logs, settings dialogs etc. While support for all such components exists in Java Swing libraries, it is not integrated; i.e. there is a lot of value-added functionality that can be coded as part of a GUI framework. **This is possible because the functionality adressed by our applications has a common base (remote control of complex devices)**. Furthermore, certain graphical components can be designed simply because no suitable implementation has been found on the market."

Cosy Beans II

UFC: Interface zum GSI Beschleuniger Kontrollsystem & Cosy-Beans Beispiele



<http://control.cosylab.com/page.php?mid=3&sid=34>



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

14

In der Vergangenheit wurde von CosyLab im Auftrag der GSI ein Interface zwischen dem aktuellen Beschleunigerkontrollsystem und den Cosy-Beans entwickelt, http://kgb.ijs.si/KGB/articles/2005-PCaPAC/New_features_for_new_applications_with_Abeans.pdf.

Beschleuniger Kontrollsystem V

- Kooperationen
 - CERN
 - im Rahmen der LHC Inbetriebnahme
 - 2 Leute Operating mit J2EE
 - 2 Leute FESA, Frontend System Architecture
 - Weitere externe Institute
 - bauen komplette Subsysteme
 - Welche?
- Offene Fragen
 - RTEMS?
 - Tango?
 - LabVIEW nur in der Strahldignose?



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

15

Um von den Entwicklungen für das LHC Kontrollsystem zu profitieren werden 4 Mitarbeiter von der GSI an das CERN entsandt, die bei der LHC Inbetriebnahme helfen und sich in diesem Rahmen in die neuen Systeme einarbeiten sollen. CERN Mitarbeiter sollen im Gegenzug bei der Entwicklung der FAIR Beschleunigerkontrollsysteme helfen.

Java 2 Enterprise Edition

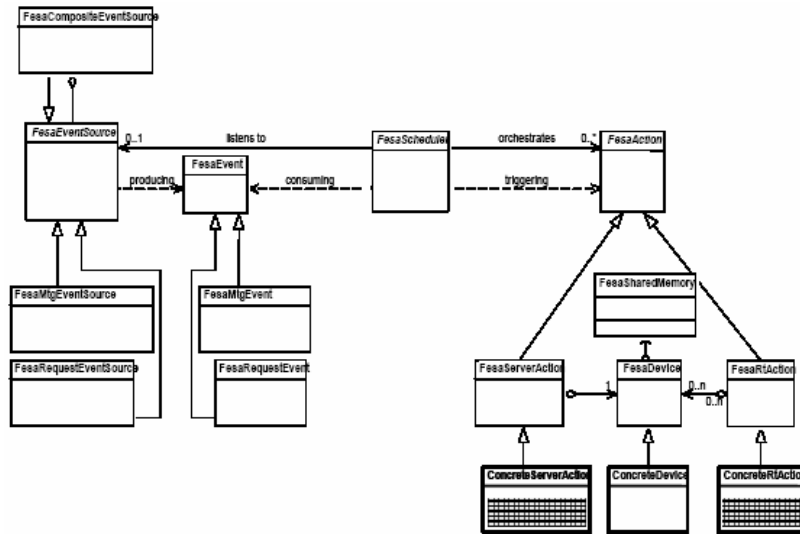
- Java 2 Enterprise Edition J2EE
 - <http://java.sun.com/javaee/>
"Java Platform, Enterprise Edition (Java EE) is the industry standard for developing portable, robust, scalable and secure server-side Java applications. Building on the solid foundation of [Java SE](#), Java EE provides web services, component model, management, and communications APIs that make it the industry standard for implementing enterprise-class service-oriented architecture (SOA) and [next-generation web](#) applications."
 - http://www.oracle.com/technology/products/ias/pdf/cern_j2ee.pdf
"More particularly, our goal is to decrease the complexity of application development by using the system-level services of the EJB container, including security, resource pooling, persistence, concurrency, and transactional integrity. By acquiring off-the-shelf components, the sheer amount of code developed in-house is reduced, at the same time increasing internal reusability within the confines of a standardized component model."



FESA I

- CERN FRONT-END SOFTWARE ARCHITECTURE FOR ACCELERATOR CONTROLS (FESA)
 - Proceedings of ICALEPCS2003, Gyeongju, Korea
 - <http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/ica03/PAPERS/WE612.PDF>
 - *"The **Front-End Software Architecture** framework, known as FESA [4], is a complete environment for the equipment specialists to design, develop, test and deploy real-time control software for front-end computers. This framework will be used from now on to develop the LHC rings and injection chain front end equipment software. ... The primary objective of this framework is to standardize, simplify and optimize the task of writing front end software."*
 - A Generic Model
 - A Method
 - A Set of Software Tools

FESA II



Class diagram representing the static view of the FESA framework.
 Only classes filled with a dashed-pattern actually require custom-coding from the front-end software developer



RTEMS

- RTEMS is the Real-Time Operating System for Multiprocessor Systems. It is a full **featured** RTOS that supports a variety of open API and interface standards.
- <http://www.rtems.com/>
- Open Source
- EPICS IOC Support für RTEMS
- RTEMS soll bei zukünftigen EPICS Kontrollsystemen an der GSI zum Einsatz kommen, nicht vxWorks.

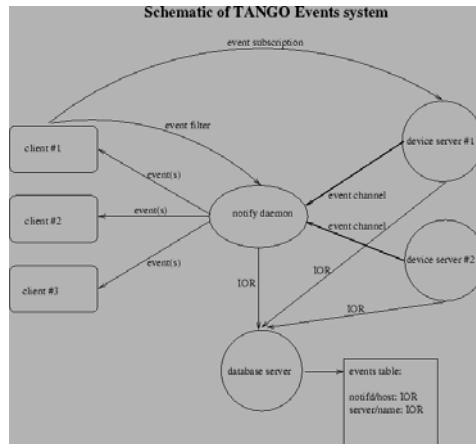
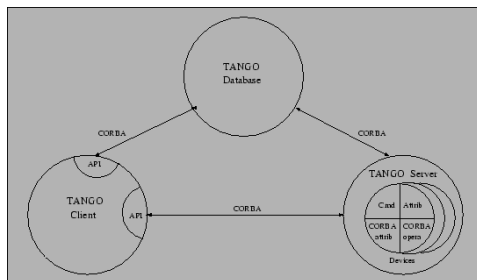
PVSS II von ETM

- PVSS II/JCOP ist die Standard Lösung am CERN!
<http://itco.web.cern.ch/itco/Projects-Services/JCOP/welcome.html>
- ETM, <http://www.etm.at/index.asp?id=2&sb1=6>
Das objektorientierte **Prozessvisualisierungs- und Steuerungssystem** PVSS II ermöglicht auf Kunden zugeschnittene Lösungen. Wertvolle Engineeringzeit zu sparen, hat dabei oberste Priorität!
 - **Perfektion**
Von der Benutzerführung bis zum Berechtigungssystem, vom Alarmkonzept bis zur Anlagenanbindung ist alles ein durchdachtes, zusammenhängendes Gefüge
 - **Flexibilität**
PVSS II ist skalierbar - vom kleinen Einplatzsystem als Maschinenbedienung bis hin zum vernetzten und redundanten High-End-System.
 - **Verlässlichkeit**
Ein ausgeklügeltes Berechtigungssystem reduziert die Möglichkeiten für Fehlbedienungen. Die Wartung erfolgt durch Spezialisten via Modem. Und wo es auf absolute Betriebssicherheit ankommt, kann PVSS II redundant aufgebaut werden.
 - **Offenheit**
Das offene Konzept von PVSS II erlaubt die Einbindung unterschiedlichster Komponenten.
- EE/KS@ALICE: Mitarbeit am Laserkalibrierungssystem für die TPC
- Externe Schnittstellen, die im Rahmen von JCOP empfohlen und unterstützt werden:
 - OPC
 - DIM



Tango

http://www.esrf.eu/computing/cs/tango/tango_doc/kernel_doc/ds_prog/tango.html



28.3.2007

Holger Brand, SEI März 2007

21

Tango ist ein Java basiertes Framework, dass am ESRF zur Steuerung der 6 GeV Synchrotronstrahlungsquelle entwickelt wurde.

Die zwei Bilder sollen einen Eindruck von der Architektur geben. Die Details werden im Web ausführlich erläutert.

Zusammenfassung

- LabVIEW ist eine wesentliche Entwicklungsplattform für Steuerung und Automatisierung an der GSI.
- Das LabVIEW basierte CS Framework wurde von MATS, einem FAIR Experiment, ausgewählt und wird daher über die nächsten 20 Jahre gepflegt.
- EPICS ist ein Favorit für andere FAIR Experimentkontrollsysteme. Zur Zeit wird an der GSI eine EPICS Infrastruktur eingerichtet.
- Die Beschleunigergruppe favorisiert die CERN Lösung J2EE auf der Operating-Ebene und FESA auf der Geräteebene
- Aufgrund der Rahmenbedingungen, Zielsetzung, Historie und Benutzeranforderungen an den verschiedenen Instituten sowie fortschreitender technologischer Entwicklungen erscheint eine Vereinheitlichung von Kontrollsystemen unmöglich.



Ausblick

- Durch Austausch von Wissen über aktuelle Standards und neuen Technologies unter den Entwicklern kann die eigene Arbeit ergänzt und inspiriert werden.
- Möglichkeiten:
 - Sorgfältige Dokumentation
 - Veröffentlichungen, Web etc.
 - Erfahrungsaustausch auf Konferenzen und Workshops
 - Web-Konferenzen könnten eine Möglichkeit sein, sich mit neuen Themen Instituts-übergreifend online auseinander zu setzen.
 - Offener Austausch in Diskussionsforen



Konzept der Instrumentsteuerung am FRM-II

Jens Krüger

Paradigmen



Instrumentsteuerung FRM-II:

- Netzwerk basiert
- Offenes System
- Flexibilität bezüglich Hardware und Instrument
- Austauschbare Hardware
- Kleine Anzahl von Gerätetypen mit festen Kommando-Sätzen in der Software
- Hard- und Software-Komponenten für „Plug and Play“

Infrastruktur



- Jedes Instrument hat eigenes Netzwerk
- Managebare Switche als Brücken zur “Welt”
 - mit VLAN
 - bis 48 Ports
 - Gigabit up-link
- Eigener Instrument-Server
 - Samba, LDAP, named, DHCP, TACO, ...
- Instrumentspezifische LDAP-Datenbank wird vom zentralen LDAP-System importiert

Hardware



- Möglichst wenig verschiedene, gut getestete Komponenten
- Verwendung von Familien
- Unterstützung von offenen Schnittstellen für die Kommunikation
- Verwendung unter Unix-artigen Systemen (Linux/BSD)
- Bus-Systeme für Verteilung der Hardware an den Ort der Aktion



Instrument-Steuersoftware besteht aus:

- TACO-Gerätetreibern (<http://taco.sf.net>)
- Benutzer-Schnittstellen:
 - NICOS und NICOS-Methoden (<http://nicos.sf.net>)
 - LabVIEW (<http://www.ni.com>)
 - IGOR-Pro
 - D4..
 - ...



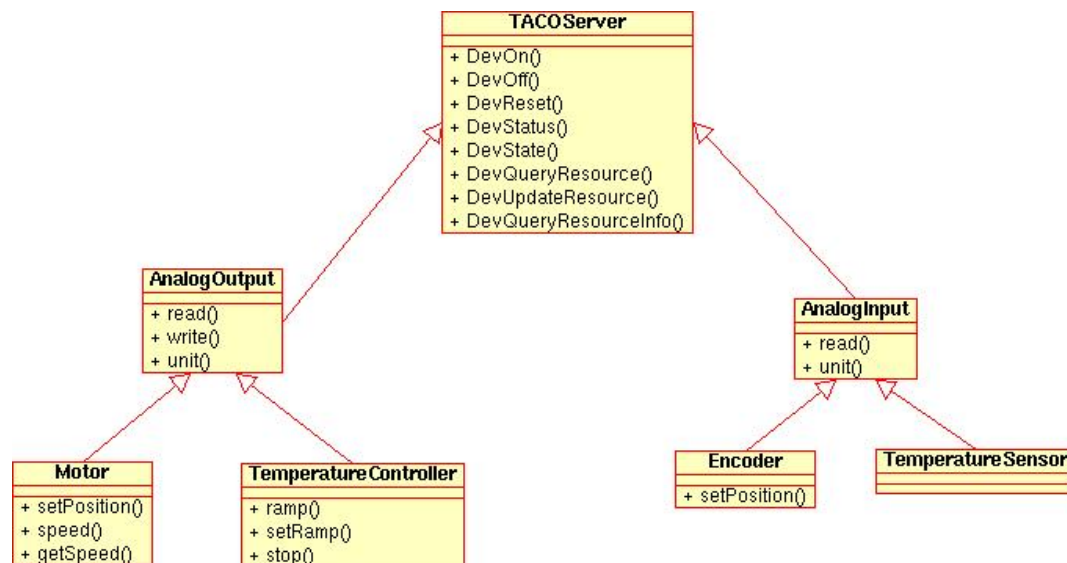
- Client/Server-System (Sun-RPC)
- verbunden mit der Hardware
- spezieller Kommandosatz für jedes TACO-Gerät
- Nicht alle Möglichkeiten der Hardware (direkt) verfügbar für den Client/Benutzer (versteckt in Quelltext und Konfiguration)
- verschiedene Geräte innerhalb eines Servers

TACO-Gerätetreiber

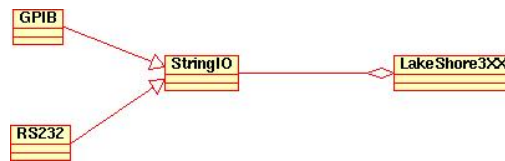


- Alle Geräte von einem Basis-Gerät abgeleitet
- Hierarchie der Geräte
- Abgeleitete Geräte erben den Kommando-Satz von ihren Basis-Geräten
- Hardware-Treiber stellen Geräte zur Verfügung

TACO-Gerätetreiber



TACO-Gerätetreiber



- Benutzung vorhandener TACO-Server für neue Treiber
 - z.B. Standard-Computer-Schnittstellen (seriell, GPIB, ProfiBus, Ethernet, ...)
 - Kommunikation mit Hardware als atomare Aktionen ergibt keine Interferenzen
 - gut getestet

Funktionen/Kommandos



- Geräte gruppiert
 - Motoren, Encoder, digitale und analoge I/O, ...
- Jede Gruppe hat eigenen Satz von Funktionen
 - Beispiel: Digitale Ausgabe
 - Schreiben eines diskreten Wertes
 - Rücklesen des ausgegebenen Wertes
- TACO und NICOS benutzen Sätze von Funktionen

TACO vs. NICOS, ...



- TACO
 - Zugriff auf die Hardware
- NICOS, LabVIEW, ...
 - “Kleister” zwischen den TACO-Treibern
 - TACO-Clients
 - implementieren komplexere Komponenten (z.B. Monochromator)

Neuen TACO-Treiber erstellen



- Viele Zeilen Quelltext für das TACO-Interface
- Definition von Kommando-Nummern und Kommando-Parametern
- „tacodevel“ entwickelt
 - Database für Speicherung der Informationen
 - GUI für einfache Verwaltung
 - Quelltext-Generator zum Schreiben der ersten Implementierung

tacodevel GUI



- Herzstück der Entwicklung
- Verwaltet Kommandos, Geräte, Clients, Server, (Ressourcen, State-Machine, ...)
 - Erzeugen von Kommandos (einschließlich der Parameter)
 - Gruppiert Kommandos für Geräte (definiert automatisch die entsprechenden Clients)
 - Gruppiert Geräte

tacodevel GUI



The screenshot displays the TACO Development Client interface with three main panes:

- Server:** A list of server types including AG1016, CASCADEDetector, CodegenTest, ComtecP7888, CPC11500, CryostatControl, EKF44520, Eurotherm2400, FRM2Power, FRMCounter, Gpib, Heidenhain, Heidis7, HeinzingerPTN3P, HP33120A, HP33250A, HP34401A, HP34970A, HP54602B, HPE3631A, HTF, HuberMC9300, I7000, ICS4861A, IOTe3Digital800, IPCDiaphragm, IPCEncoder, IPCIO, IPCSMS, ITC502, Labview, LakeShore340, Temperature Controller, Sensor, LambdaESS, Leybold, MacconShutter, Mar345Server, ME9X, Messtec, MIP10, MuPAD, ND281B, Network, NewportMC, NTN14000M, Oftec974, ParkerIX, PhytronIX, ProfibusDP, and RESICounter.
- Devices:** A hierarchical tree view showing categories like Cryostat, Detector, Encoder, I7000, AnalogInput, AnalogOutput, DigitalInput, Counter, DigitalOutput, StringIO, Timer, IPCDiaphragm, Labview, Leybold, Mar345, Motor, PowerSupply, ProfibusDP, RS232, SIS3400, Temperature Controller, Sensor, and Test.
- Commands:** A list of command names such as ABORT, ADDRESS, AVAILABLE_CHARS, AVAILABLE_LINES, BAUD_RATE, BRAKE_APPLY, BRAKE_RELEASE, CHANNEL, CHANNEL_WIDTH, CHAR_SIZE, CLEAR, COEFFICIENT, COMMUNICATE, COOL_DOWN, CYCLE_COUNTS, DELETE_SENSOR, DELETE_ZONE, DIAPHRAGM_STATUS, D_FARM, DP_READBACK_BIT, DP_READBACK_BYTE, DP_READBACK_DATA, DP_READBACK_DOUBLE, DP_READBACK_DWORD, and DP_READBACK_FLOAT.
- Events:** A list of event names including EVENT_BOOL, EVENT_DOUBLE, EVENT_FLOAT, EVENT_LONG, EVENT_SHORT, EVENT_STRING, EVENT_U_LONG, EVENT_U_SHORT, EVENT_VOID, EV_MAR_SCAN_FINISHED, EV_MAR_SCANNER_READY, OVER_TEMPERATURE, and TEMPERATURE.

Quelltext-Generator



- Erzeugt einen Rahmen-Quelltext für Client und Server (einschließlich aller `autotools` Dateien)
- Quelltext ist bereit zum Übersetzen und Ausführen
- Aufgabe des Programmierers:
 - Ausfüllen der Kommando-Methoden im Serverteil mit Quelltext
 - Client-Quelltext ist komplett (C++, Python)

Entwicklung NICOS-Methoden



- Python-Quelltext
- „Methoden“ sind Klassen
 - „Methode“ ist historisch begründet
- Basisklasse `Xable`
- Instrumentklassen:
 - `Switchable`
 - `Moveable`
 - `Countable`
 - `Readable`



- Aufgabe des Programmierers (Instrument-Wissenschaftler)
 - Überschreiben der entsprechenden Klassen-Methoden



- autotools (autoconf, automake, libtool) für Softwareprojekte in C/C++/FORTRAN
- CVS als CMS
- GNU compiler collection (GCC)
- Python
- Make (BSD, GNU)
- Qt für portable Software unter UN*X/Linux, Mac OS X, Windows

Komponenten



- „Plug-and-Play“
- z.B. Probenumgebungen
- Hardware wird mit komplettem Satz an Hardware-Treibern auf dem enthaltenen System bereitgestellt
 - Festplatte oder Flash-Disc
 - alle Schnittstellen (inklusive Netzwerk) sind enthalten
 - eigenes TACO-System mit eigener Domäne (Datenbank- Server auf Basis sqlite3)
 - Read-Only-File-System
 - alle TACO-Server starten automatisch bei Einschalten

Zusammenfassung



- Instrumentsteuerung ist flexibel und einfach zu modifizieren
- Definition fester Funktionssätze verbessert die Qualität der Software
- Nicht jede Funktion der Hardware muß für den Nutzer zur Verfügung gestellt werden. (Verstecken in Quelltext und Konfiguration)



PROFINET IO – Feldbusfunktionalität auf der Basis von Ethernet

H. Kleines, S. Detert, F. Suxdorf, M. Drochner
Zentrallabor für Elektronik (ZEL), Forschungszentrum Jülich

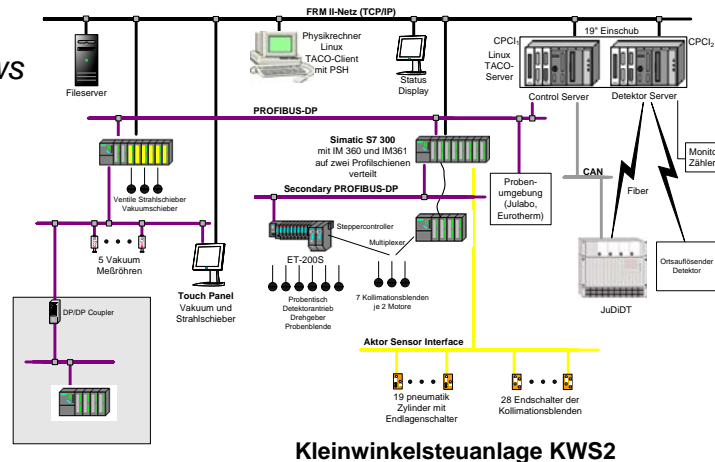
- Motivation
- PROFINET CBA
- PROFINET IO
- Ausblick

Zentralinstitut für Elektronik



Automatisierungstechnik im FZ Jülich

- Anwendung: Neutronensteuerung, Vakuumtechnik, Targetsteuerung,
- Prozessperipherie: SPSen, dezentrale EAs,
- Feldkommunikation: PROFIBUS DP, ASI, ..
- PROFIBUS DP auch für Leitrechner-Anschluss!
- PCI + CPCI
- Linux+ Windows



Kleinwinkelsteuanlage KWS2

Zentralinstitut für Elektronik



Motivation

- **Ausgangssituation:**
 - PROFIBUS-Geräte-Modell + Abbildspeicher passend?
 - Verfügbarkeit von Controllern für CPCI und Linux
 - Ständige Modifikation des Gerätetreibers
- **Mögliche Lösung: Ethernet**
- **Problem:**
 - Fehlendes Protokoll für Schicht 7 (Applikation)
 - Ungeignet für raue Industrieumgebung (Echtzeit?, EMV, Stecker,...)
- **Mögliche Ansätze**
 - Ethernet/IP (Allen Bradley)
 - Modbus/TCP (Schneider)
 - Powerlink (B&R)
 - EtherCAT (Beckhoff)
 - PROFINET (PNO, Siemens): PROFINET CBA (Component Based Automation) und PROFINET IO



PROFINET CBA Model

- Durchgängiges Konzept für **Engineering**, Datenübertragung and Diagnose
- Offene, herstellerunabhängige Kommunikation auf Basis von Ethernet + TCP/IP (IEC 61784-1)
- Objekt-orientiertes Komponentenmodell => Modularisierung des Automatisierungssystems
- Gliederung des Automatisierungssystem in autonome Komponenten, Beschreibung durch Interface-Variable

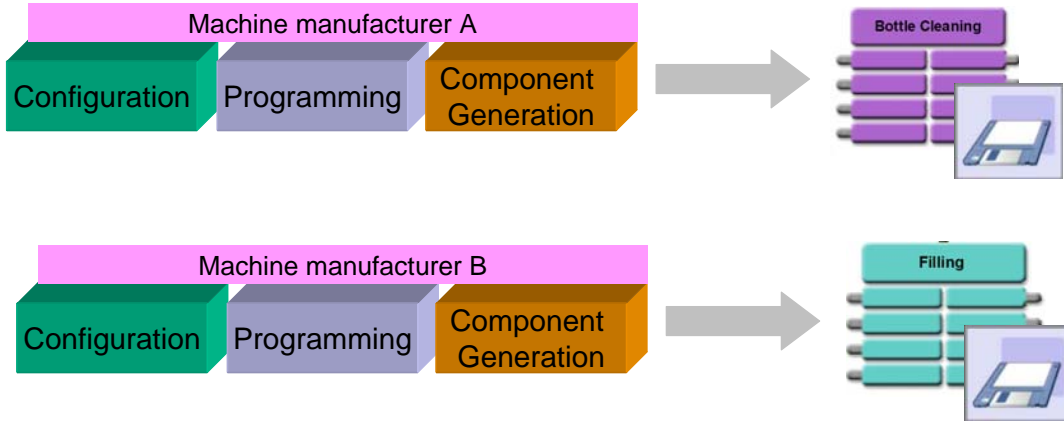




CBA Engineering

Herstellerspezifische Konfigurations- und Programmier Werkzeuge

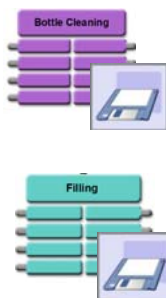
Herstellerunabhängige XML-Datei



Zentralinstitut für Elektronik



CBA Verschaltungs-Editor

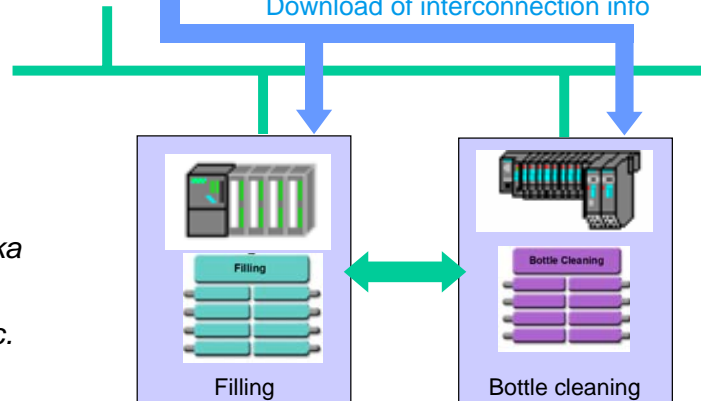


- Herstellerunabhängiges Werkz.
- Importiert XML-Dateien
- Definition der Verschaltungsinfo.
- Download der Verschaltungsinfo.
- Diagnose

Download of interconnection info

Verschaltungsinformation:

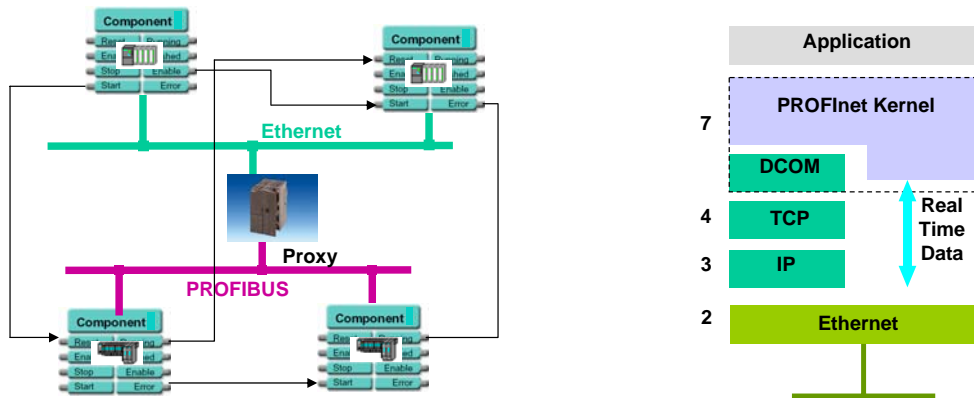
- Kommunikations-Partner
- Verbindungscharakteristika
- Datendefinition
- Aktualisierungszyklen, etc.



Zentralinstitut für Elektronik



PROFINET CBA Kommunikation

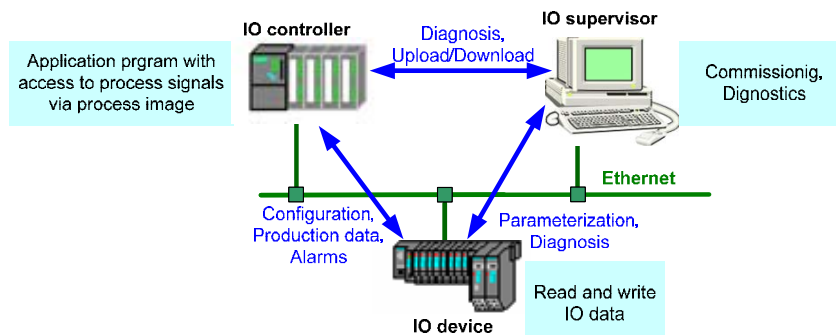


- *Transparente PROFIBUS-Integration über Proxies*
- *Runtime-Model:*
 - *Gerät = Gruppe von COM-Objekten => DCOM*
 - *automatische Datenübertragung via PROFINET Kernel*
- *Soft Real Time Stack: Bypass von DCOM/TCP/IP*
- *Freier Source Code für PNO-Mitglieder verfügbar*



PROFINET IO Model

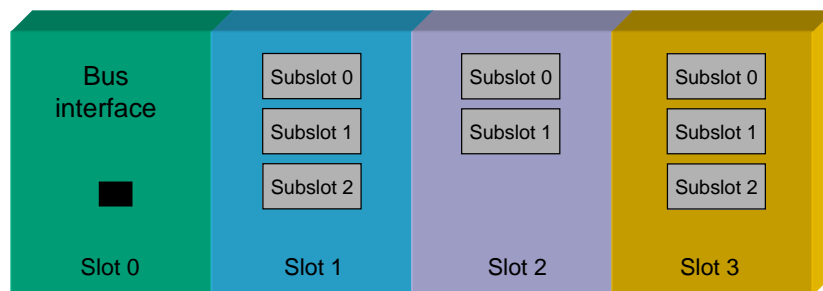
- *2003 durch PNO als Ergänzung zu PROFINET CBA definiert – zukünftig in IEC61874-2*
- *Konzipiert für Szenarien mit Dezentraler Peripherie und zyklischem Datenaustausch*
- *Eng an Modell und Arbeitsweise von PROFIBUS DP angelehnt*
- *3 Typen von Stationen (Master/Slave Szenario):*
 - *IO Controller: intelligentes Automatisierungsgerät (SPS,...)*
 - *IO Device: unterlagertes Feldgerät*
 - *IO Supervisor: Engineering Station*





Modell eines IO Device

- (Potentiell) modulares Geräte-Modell
- Slot/Subslot: Gemeinsames Adressschema für Daten, Alarme und Diagnoseeinträge
- **GSD-File** definiert Geräteeigenschaften (modulare Struktur, Parameter)
- Engineering Werkzeug (z.B. STEP 7) importiert GSD-Dateien:
 - Offline-Definition von Gerätekonfiguration and -Parametrierung
 - Lädt die Konfiguration in die IO-Controller

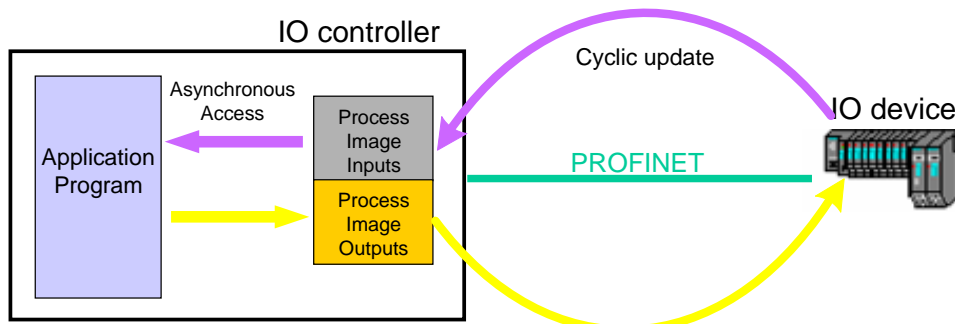


Zentralinstitut für Elektronik



PROFINET IO Arbeitsweise

- **Strenge Folge von Phasen:**
 - Zuweisung der IP-Adresse via Discovery and Control Protocol (DCP)
 - Aufbau von Applikationsbeziehung und unterlagerten Verbindungen mit Context Management Services
 - Konfiguration und Parametrierung aller IO Devices mit den Acyclic Record Data Services
 - **Zyklischer Datentransfer-Mode** (Prozessdaten und Alarme)

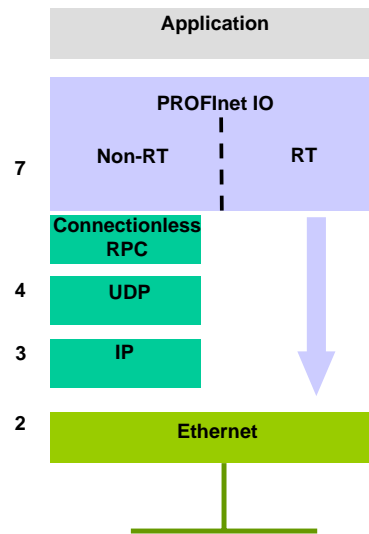


Zentralinstitut für Elektronik

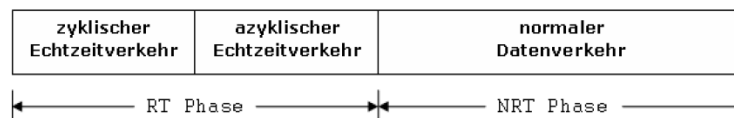


PROFINET IO Kommunikation

- **Non-RT Kommunikation (Context Management, Acyclic Record Data)**
 - UDP/IP
 - OSF RPC (nicht SUN!!)
- **RT Kommunikation**
 - Für zyklischen Datenaustausch (und DCP) ⁷
 - (optional) Bypass von UDP/IP
 - Ethertype 0x8892
- **Isochrone RT Kommunikation**
 - Jitter Buszykluszeit unter 1µs
 - Uhrzeitsynchronisation via PTP (Precision Transparent Clock Protocol) nach IEC61158
 - ASIC-Unterstützung notwendig
- **Spezielle Konnektoren für IP20 and IP65 (optional mit power)**
- **ASIC mit integriertem Switch erlaubt Linientopologien**



Real Time Aspekte



- **RT-Kommunikation: Zykluszeit < 10 ms**
 - „Kooperative“ Echtzeit
 - Keine „harte“ Echtzeit
- **IRT-Kommunikation: Zykluszeit < 1 ms; Jitter < 1µs**
 - Zusätzlich IRT-Kanal (TDMA: 31,25µs slots)
 - Support durch ASIC
 - Verteiltes Verfahren => Uhrzeitsynchronisation notwendig
 - Switches (Cut Through + Store and Forward)
 - Wichtig bei Taktsynchronisation

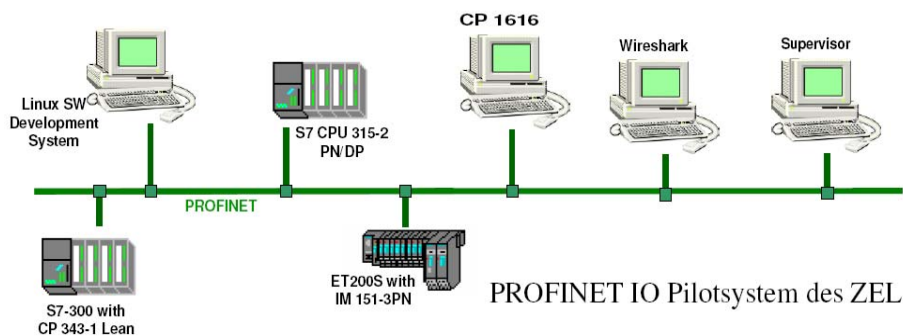


- **Portierbare Stacks**
 - IO Devices: Softing, Siemens (5 T€)
 - IO Controller: Softing (30 T€ Obj., 120 T€ Source)
- Evaluation Kits von Softing, Siemens,...
- SPS: CPUs + CPs für S7-300 + S7-400
- PCI-Karten (Softing, Siemens,...)
- Gateways zu PROFIBUS
- Dezentrale Peripherie
 - Phoenix, Beckhoff, Siemens,....
- Switches
- ASICs: ERTEC200/400
 - ARM-Core mit integriertem Switch



Zentralinstitut für Elektronik

PROFINET IO in Jülich



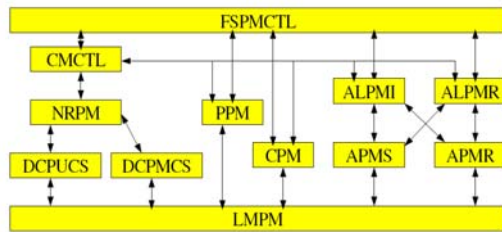
- **Problem: Linux-Unterstützung**
 - Vermeide Kommunikationskontroller (CPCI existiert nicht)
 - Source Code nur für IO-Device aber nicht für IO-Kontroller verfügbar
- => Beginn der Implementierung von PROFINET IO Controller unter Linux in Diplomarbeit

Zentralinstitut für Elektronik

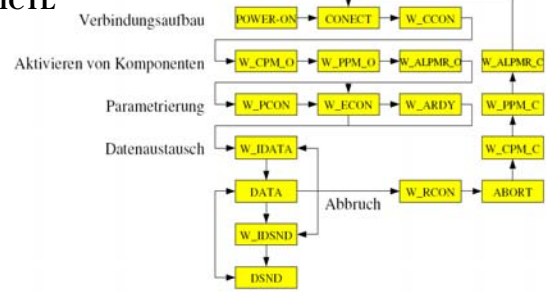


Interne Struktur eines IO-Controllers

Schicht 7:



CMCTL



- System von gekoppelten endlichen Automaten
- DCP-Protokoll
- Zeitverwaltung für RT-Dienste: unter Linux problematisch, besser ASIC ERTEC200/400
- IRT: nur mit ASIC ERTEC200/400
- Konfigurationswerkzeug notwendig!!!



Ausblick

- PROFINET IO viel einfacher als PROFINET CBA
- Ähnlich zu PROFIBUS DP => passt ins existierende Framework
- Gut unterstützt durch S7-300 SPSen und ET200S
- SPS-Programmierung fast identisch zu PROFIBUS DP
=> Entscheidung: PROFINET IO in Zukunft als optionaler Ersatz für PROFIBUS DP
- Langfristiger Prozess

* Bilder teilweise Copyright von Siemens + PNO

Diskussion über die Experimentsoftware (Zusammenfassung)

F. Wulf, HMI Berlin

Im Jahr 2003¹ wurden unter der Überschrift "Control Systems for Future Experiments at GSI" mehrere Workshops abgehalten, um die Einsatzmöglichkeiten der einzelnen Softwarelösungen für die verschiedenen Experimentsteuerungen zu untersuchen. Die Heterogenität der Anforderungen und Funktionen der einzelnen Systeme zeigte deutlich die Grenzen der Vereinheitlichung. Im Rahmen der neuen Diskussion soll versucht werden für einen begrenzten Aufgabenbereich der Neutronenstreuexperimente und ggf. einzelner Experimente an den Synchrotronstrahlungsquellen gemeinsame Konzepte zu finden. Für die Spektrometer an den Synchrotronquellen wird überwiegend das System SPEC² eingesetzt, das auf dieser Tagung durch keinen Vortrag vertreten wurde.

Die Diskussion über die vorgestellten Softwarelösungen zur Steuerung von Beschleunigern und Experimentssystemen zeigte sehr deutlich die große Bandbreite der Aufgabenstellungen und die sich daraus ergebenden spezialisierten Lösungskonzepte. Sie sind auch durch die Historie und die Rahmenbedingungen der Institute, die Experimenttypen, sowie das Know-how der jeweiligen Mitarbeiter geprägt. Eine einheitliche Lösung für alle Systeme kann es daher nicht geben. Wegen der unterschiedlichen Hardwarekomponenten ist ein Austausch nur über Gateways möglich. Es ist natürlich zu beachten, dass neue Funktionen auf beiden Seiten implementiert werden müssen. Bedingt durch die besonderen Anforderungen können - bedauerlicherweise - nicht immer vorhandene Industriestandards verwendet werden.

Inwieweit ein besserer Austausch und eine gemeinsame Nutzung von Komponenten genutzt werden kann soll durch eine intensivere Diskussion zwischen den Mitarbeitern der einzelnen Zentren geklärt werden. Es wurde verabredet, sich regelmäßig über die Entwicklungen der Experimentsoftware auszutauschen. Dazu soll mit Hilfe des Web-Konferenztools Breeze³ ein einfacher Kommunikationsweg genutzt werden.

Eine Zusammenfassung der einzelnen Beiträge mit einer vorläufigen Kommentierung der Konzepte ist nachfolgend dargestellt:

- a) Die Steuerung der Beschleunigeranlage **ELBE am FZD** wurde auf der SEI-Tagung 2004 vorgestellt⁴. Hierbei wird die Steuerungssoftware WinCC⁵ von der Firma Siemens in Verbindung mit den SPS-Steuerungseinheiten erfolgreich eingesetzt. Um die hohen Sicherheitsanforderungen zu gewährleisten, kann man auf qualifizierte SPS-Steuerungen zurückgreifen. Die Ankopplung von LabVIEW⁶ über OPC-Server für die DAQ vervollständigt das Gesamtsystem. Das **Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)** wird für neue Großprojekte ebenfalls diese Kombination einsetzen. Die OPC-Schnittstelle ist ein Industriestandard und wird ständig den neuen Anforderungen der Automatisierungstechnik angepasst. Die nunmehr 20 Jahre alte Schnittstelle nutzt für die Interprozesskommunikation DCOM und war deshalb nicht für alle Plattformen in zufriedenstellender Funktion verfügbar. Durch den Übergang auf XML und HTTP Funktionen wird mit OPC Unified Architecture⁷ diese Schnittstelle für alle Plattformen vollständig verfügbar und kann in beliebig verteilten Systemen eingesetzt werden. OPC UA hat in der Industrie eine weite Verbreitung, hohe Akzeptanz und ist damit als Middleware zukunftssicher.
- b) Im **Forschungszentrum Jülich** setzt man auch auf SPS-Steuerungen von der Firma Siemens. In dem Vortrag von H. Kleines⁸ wird auf die Problematik des bei dieser Steuerung eingesetzten Profibuses eingegangen. Dieser Bustyp ist speziell für die raue Industrieumgebung entwickelt worden. Ein Nachteil in der Linux- und Windows-Umgebung ist die ständige notwendige Modifikation der Gerätetreiber. Ein Ersatz durch Ethernet scheitert wegen des fehlenden Protokolls in der Applikationsschicht (Ebene 7). Mögliche Lösungen sind: Ethernet/IP (Allen Bradley), Modbus/TCP (Schneider), Powerlink (B&R), EtherCAT (Beckhoff), PROFINET (PNO, Siemens): PROFINET CBA (Component Based Automation) und PROFINET IO. Zukünftig soll im FZJ für die

Experimentsteuerung PROFINET IO eingesetzt werden. In diesem Beitrag wurde sehr deutlich, dass im Falle eigener Softwarelösungen, die Wartung und Pflege der Treiber für die Feldbusse mit deren besonderen Eigenschaften einen hohen Aufwand bedeutet und ein sehr gutes Know-how über das System erfordert.

- c) An der **GSI** wird seit einigen Jahren das CS Framework⁹ entwickelt und für die Experimentsteuerung eingesetzt. Es ist ein objektorientierter Ansatz und nutzt die LabVIEW-Entwicklungsumgebung. Es besteht aus einer Drei-Layer Architektur: Back-end (SCADA, GUI, ...); Application Layer (Sequenzler, ...) und Front-end (drivers, devices, ...). Es verfügt über ein Publisher/Subscriber Konzept, ist Event-gesteuert und als Middleware wird das Distributed Information Management¹⁰ (DIM) eingesetzt. Diese Software wurde ca. 1991 für das DELPHI-Projekt beim CERN entwickelt. Es ist sehr leistungsfähig und gut skalierbar für verteilte Systeme; besitzt aber den Nachteil, dass es kein Industriestandard ist. Das CS Framework ist mit LabVIEW stark gekoppelt und deshalb muss es immer wieder den neuen LabVIEW Versionen angepasst werden. Das System wird auch zukünftig für Experimente bei FAIR/GSI eingesetzt werden. Ein Support für die nächsten 15 Jahre ist beabsichtigt.
- d) Der Vortrag von H. Brand¹¹ gibt eine gute Übersicht über die bei der GSI eingesetzten SCADA Systeme. Alle Systeme haben ihre speziellen, für die jeweilige Aufgabe optimierten Funktionen. Sie verwenden vergleichbare Konzepte sind aber in ihrer Implementierung unterschiedlich und nicht austauschbar. Über Gateways ist eine Kommunikation zwischen den Systemen aber möglich.
- e) Die Steuerung der Neutronenstreuexperimente am **Forschungsreaktor in Garching (FRM II)** nutzt TACO-Gerätetreiber¹², die über eine Benutzerschnittstelle und -Oberfläche NICOS, LabVIEW oder IGOR Pro angesprochen werden. Die Kommunikation erfolgt über Sun-RPC. Es sind nicht alle Funktionen der Hardware direkt ansprechbar. Sie sind im Quelltext und der Konfiguration des jeweiligen Treibers untergebracht. Für neue Geräte müssen auch neue Treiber geschrieben werden. Die Applikations- und Back-end Ebene muss für jedes Experiment neu geschrieben werden. Dazu dient die Benutzerschnittstelle NICOS mit ihren Methoden. Als Entwicklungswerkzeuge werden Python¹³, C/C++/FORTRAN und Qt¹⁴ für die Programmierung der Benutzeroberfläche eingesetzt.
- f) Speziell für Neutronenstreuexperimente wurde im **HMI Berlin** vor 15 Jahren das Software-Paket CARESS¹⁵ entwickelt. Die ersten Versionen wurden unter VMS in PASCAL erstellt. Von Beginn an wurde eine client/server-Architektur gewählt. Die ursprünglich systemnahen mailbox- und macro-Techniken wurden weiterentwickelt. Derzeit läuft die Software auch unter UNIX TRU 64 /Linux (SUSE 10.2, DEBIAN), mit CORBA als Middleware und Motif für das Grafisches User Interface. CARESS besteht - ähnlich wie CS - aus einer 3 Layer Architektur: Back-end (GUI / Kommandoingabe, extpro-API), Applikation Layer (Algorithmen, Sequenzler, Interpreter, Protokoll), Front-end (Hardware Treiber, usw.). Die Verarbeitung erfolgt über Pollingmechanismen. Über eine Programmierschnittstelle (extpro-API) können System- und Geräteparameter gelesen und CARESS von extern gesteuert werden. Es existieren wrapper für PV-WAVE, C/C++, Java, Perl und Python. Die Hardware wird über das so genannte Abstrakte Device angesprochen und ermöglicht dadurch den direkten Zugriff auch von LabVIEW, IGOR-PRO und MAD¹⁶. Die Ankopplung von TACO/TANGO-Geräten ist ebenfalls möglich. Eine weitere wichtige Funktion ist der Kommandointerpreter, dessen Funktionsaufrufe speziell für die komplexen Steuerungsabläufe optimiert wurden. Die Kommandos können auch durch ein GUI erzeugt werden. Die logische Überprüfung der Funktionsaufrufe führt zu einem fehlerfreien Prozessablauf, solange nicht gegen festgelegte Konfigurationen verstoßen wird. Zusätzlich kann im Simulationsmodus der programmierte Ablauf auch ohne angeschlossene Hardware im Voraus getestet werden. CARESS wird derzeit an 15 Experimenten eingesetzt. Sie besitzen einen gemeinsamen Kern, wobei die experiment-spezifischen Eigenschaften durch die Benutzeroberfläche und die flexible Gerätekonfiguration bestimmt werden. Speziell die Komponenten der Probenumgebung

(Temperaturkontroller, Magnetfeld- und Drucksteuerungen) kommunizieren über das CARESS-CORBA-Device. mit den einzelnen LabVIEW-Systemen. Dadurch wird ein plug-and-play auf dem Software Bus realisiert. Die bisher genutzten CAMAC- und VME-Systeme werden durch PXI-Systeme mit LabVIEW-Kontrollern abgelöst.

- g) Im Rahmen einer Doktorarbeit wird am **HMI Berlin** ein neues Framework für Instrumentensteuerung¹⁷ entwickelt. Inspire dient als Vermittler zwischen heterogenen Komponenten, Softwarearchitekturen und Gerätesystemen und kann in einem plattformunabhängigen Kern unterschiedliche Systeme zur Gerätesteuerung und Datenerfassung einbinden. Es nutzt die Entwicklungsumgebung Java Netbeans¹⁸. Durch die hohe Abstraktionsebene sollen die Anwender ohne Kenntnisse der Details ihre Applikation realisieren können. Das Projekt befindet sich noch in der Entwicklung. Erste Realisierungen erlauben über das Abstrakte Device eine Ansteuerung von CARESS-Funktionen. Für ein neues, eigenständiges Steuerungssystem muss zuerst noch das Back-end und die Applikationsebene und danach die gesamte Front-end Ebene entwickelt werden. Netbeans liefert eine moderne Entwicklungsumgebung, mit der sicherlich ein solches Projekt entwickelt werden kann.

Schlussfolgerungen und ergänzender Bemerkungen:

Eventgetriebene Systeme sind im Falle von Störungen sehr kritisch und bedürfen einer sorgfältigen Sicherheitsanalyse. Sehr wichtig ist für diese Systeme die sorgfältige Behandlung von time-outs. Voraussetzung ist ein sehr gutes Realzeitbetriebssystem.

Die Gerätetreiber und Übertragungstrecken (Feldbus, Ethernet oder auch direkte Ankopplung über Bussysteme u. a. VME, cPCI) sind ein ganz wesentlicher Bestandteil einer Experimentsteuerungssoftware und nehmen einen zentralen Platz ein. Es sollten deshalb zukünftig nur Industriestandards eingesetzt werden. Auch für die Middleware sollten die in der Automatisierungswelt verwendeten plattformunabhängigen Systeme wie z. B. OPC UA oder CORBA verwendet werden.

Fasst man alle bisherigen Randparameter zusammen, so kann man zum derzeitigen Zeitpunkt für zukünftig neue Projekte aus meiner Sicht eine Empfehlung aussprechen:

Durch die große Funktionalität und Modularität ist LabVIEW ein Framework für viele Anwendungen und wird immer stärker - auch für große Projekte in der Industrie und Forschung- eingesetzt. Es besitzt gegenüber auch nur halbwegs vergleichbaren Systemen wie IGOR oder VEE eine viel größere Verbreitung und vor allen Dingen eine viel höhere Funktionalität und Interoperabilität mit anderen Systemen. Durch die günstige Campuslizenz für Forschungsinstitute spielt der Preis für eine Installation praktisch keine Rolle. Neue Industriegeräte verfügen immer über einen LabVIEW-Treiber, so dass der Anwender sich nicht mehr um diese Probleme zu kümmern braucht. Unter Verwendung von RT-LabVIEW sind auch zeitkritische Applikationen in gleicher Weise realisierbar. Der erfolgreiche Einsatz in Automatisierungstechnik der Industrie zeigt, dass die Zuverlässigkeit der Steuerungssysteme unter Windows XP (schon ab Windows NT) in Verbindung mit LabVIEW sehr hoch ist. Der Einsatz von LabVIEW unter Linux spielt weltweit nur eine untergeordnete Rolle. Die Verbreitung von LabVIEW an den Fach- und Hochschulen sorgt für einen qualifizierten Nachwuchs. Dadurch kann eine sehr geringe Einarbeitungszeit neuer Mitarbeiter sowohl für den Entwicklungsbereich, aber auch für die wissenschaftlichen Mitarbeiter aus den Bereichen der Physik oder Chemie erreicht werden.

Referenzen:

¹ Workshop "Control Systems for Future Experiments at GSI", 12.-13.5.2003

http://www.gsi.de/fair/experiments/Controls/May2003_e.html

² <http://www.esrf.eu/UsersAndScience/Experiments/MaterialsScience/ID27/computing2>

³ (<https://www.vc.dfn.de/documentation/webconferencing-mit-breeze.html>),

⁴ Universeller Gateway zum Datenaustausch an der Strahlungsquelle ELBE

-
- R. Jainisch, SEI Herbsttagung 2004, HMI-B 600, ISSN 0936-0891, S. 19-21
- ⁵ http://www.automation.siemens.com/hmi/html_00/products/software/wincc/index.htm
- ⁶ <http://www.ni.com/labview/d/>
- ⁷ OPC von DCOM über Web Services zur Unified Architecture
Jürgen Lange, Softing AG, SEI Tagung 2006, Garching FRM II. HMI-B 610, ISSN 0936-0891, Seite 128-156
<http://www.opcconnect.com/ua.php>
- ⁸ Profinet IO - Feldbusfunktionalität auf der Basis von Ethernet
H. Kleines, S. Detert, F. Suxdorf, M. Drochner; in diesem Tagungsband
- ⁹ Neues vom CS Framework, D. Beck; in diesem Tagungsband
- ¹⁰ www.cern.ch/dim
- ¹¹ Kontrollsystemaktivitäten an der GSI,
H. Brand, in diesem Tagungsband
- ¹² <http://taco.sf.net>,
- ¹³ <http://www.python.org/>
- ¹⁴ <http://trolltech.com/products/qt>
- ¹⁵ CARESS - Die HMI-Software für Neutronenstreuexperimente,
O.-P. Sauer, L. Rossa, in diesem Tagungsband
http://www.hmi.de/bereiche/I/DE/systeme/car_gui.html
- ¹⁶ Link zu MAD einfügen.
- ¹⁷ openinspire, Design eines Frameworks für Instrumentensteuerungen
S. Flemming, in diesem Tagungsband
- ¹⁸ <http://www.netbeans.org/>