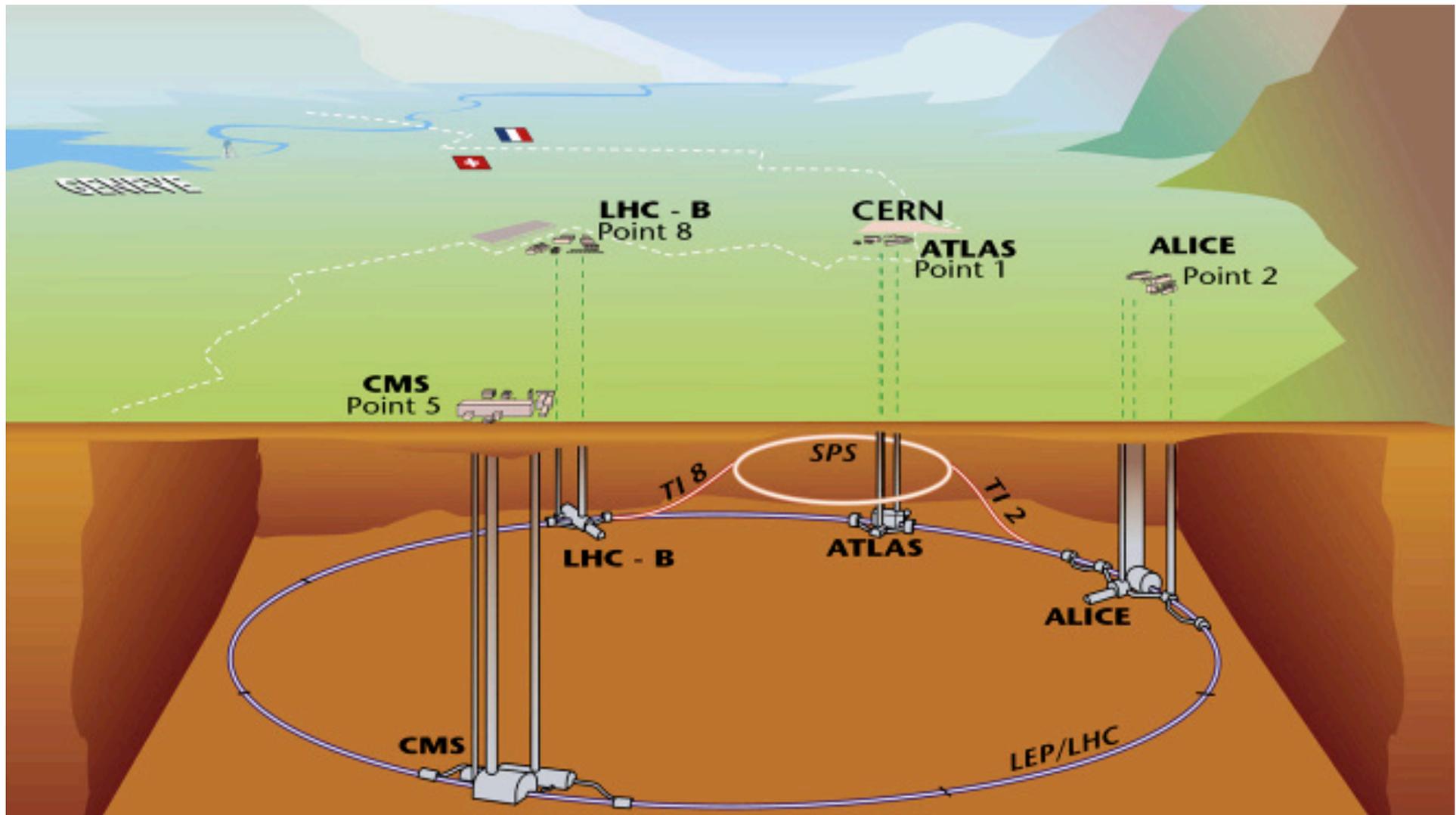


An aerial photograph of a landscape with fields and a town, overlaid with a large red oval graphic. The text is centered within this oval.

Detektor Upgrades für den Super-LHC

Lutz Feld, RWTH Aachen

KET Jahrestreffen, Bad Honnef, 24. 11. 2007

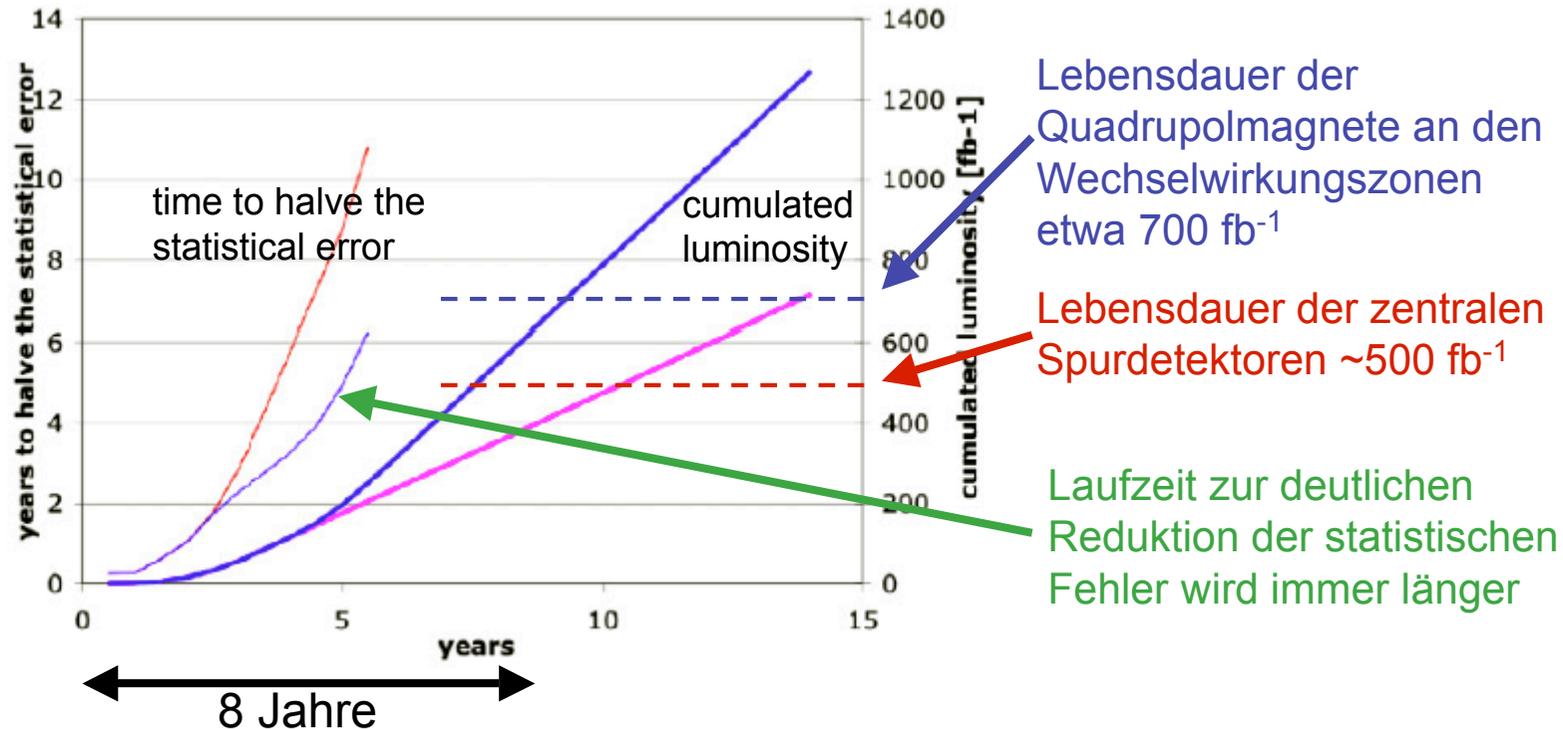


Das LHC Luminositäts-Upgrade ist wichtig vor allem für ATLAS und CMS.

LHCb würde jedoch auch von einem Detektor-Upgrade auf höhere Triggerraten profitieren.

Ziel und Lebenserwartung des LHC

- LHC Maschine und Detektoren wurden ausgelegt auf etwa 500 fb^{-1} bei $L=10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



- jenseits 500 fb^{-1} wird der Betrieb des LHC und seiner Detektoren schwierig und wenig Gewinn bringend

→ Upgrade der Maschine und der Detektoren auf höhere Luminosität

→ **Super-LHC: 10x instantane Luminosität mit dem Ziel 3000 fb^{-1}**

Notwendigkeit höherer Luminosität

LHC ist eine **Entdeckungsmaschine**

- **Überprüfung und genauere Vermessung des Entdeckten**
- + **Erweiterung des Entdeckungspotentials**

Viele Analysen werden von größerer Datenmenge profitieren oder erst ermöglicht

- Eichboson-Selbstkopplungen
- WW- und ZZ-Streuung
- seltene Top-Zerfälle
- Higgs-Selbstkopplung und Higgs-Potential
- seltene Higgs-Zerfälle
- SUSY: größerer Massenbereich zugänglich, Messung des Spins der SParticles
- Suche nach schweren Eichbosonen
- sind Quarks elementar?

→ **Für die volle Nutzung der Investition in den LHC ist ein Upgrade sinnvoll!**

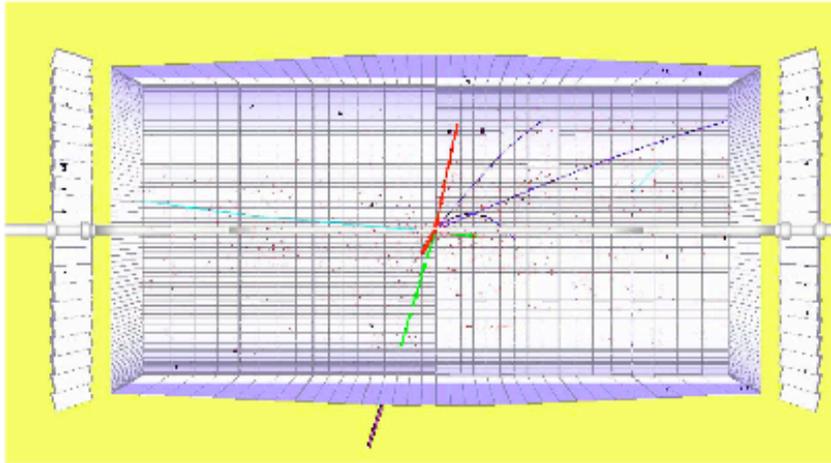
Diese Fragestellungen erfordern die präzise Messung von Elektronen, Myonen, Photonen, Jets, fehlender Transversalenergie sowie b- und Tau-Tagging.

→ **Detektoren müssen trotz schwierigerer Bedingungen genau so leistungsfähig sein wie die jetzigen am LHC**

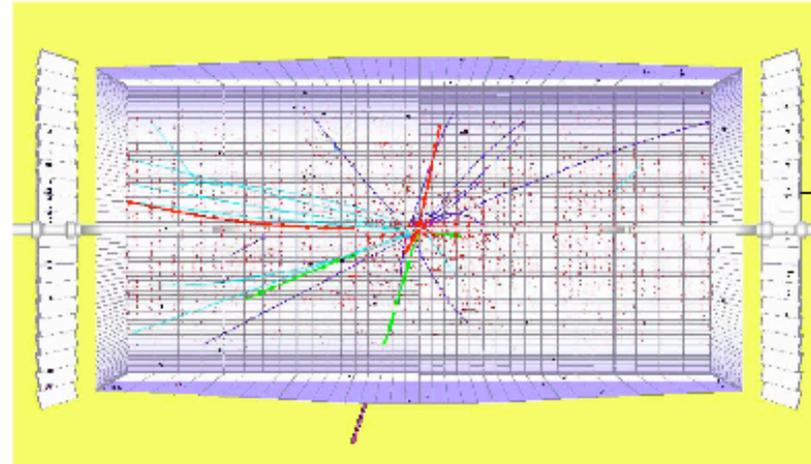
Was ändert sich vom LHC zum SLHC?

- Instantane Luminosität $L=10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \rightarrow L=10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - Integrierte Luminosität $100 \text{ fb}^{-1}/\text{Jahr} \rightarrow 1000 \text{ fb}^{-1}/\text{Jahr}$
 - Neue Maschinenelemente, auch nahe der Wechselwirkungszone
 \rightarrow kleineres β^*
 - Andere Strahl-Struktur: noch nicht entschieden, Präferenz für
 50 ns Abstand der Kollisionen von etwas längeren Paketen mit mehr Protonen
- \rightarrow etwa 400 pp Wechselwirkungen im Mittel in jeder Kollision
- \rightarrow etwa $20,000$ Teilchen im Spurdetektor pro Kollision
- Schwerpunktsenergie bleibt bei 14 TeV

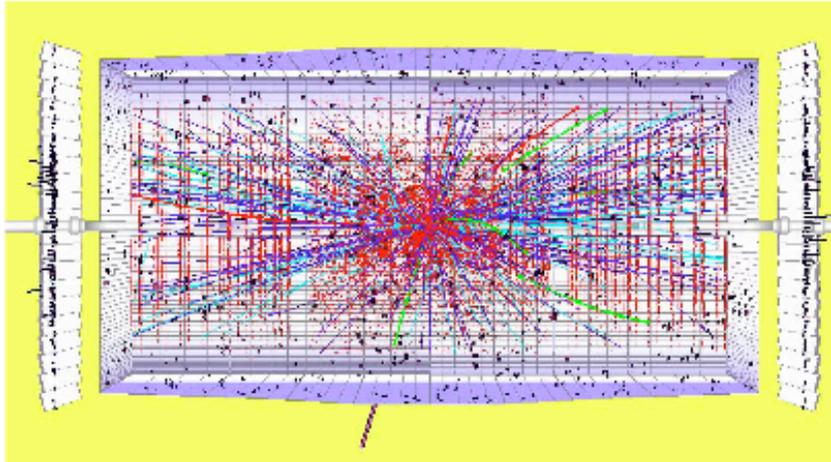
LHC start-up: $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



LHC first year: $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

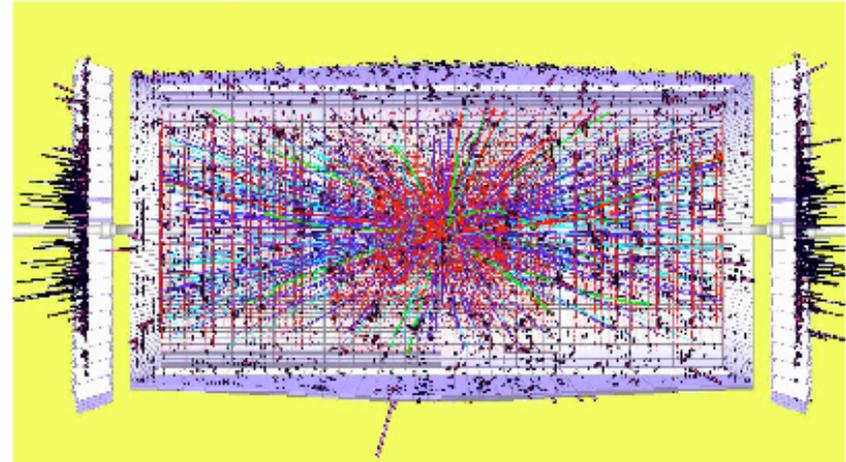


LHC design luminosity: $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



~ 20 soft interactions superimposed on interesting event

SLHC design luminosity: $10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



~ 200 soft interactions superimposed on interesting event
(actually, for 20 MHz operation the number of particles is twice as high)

Was bedeutet das für die Detektoren?

**Gleiche Anforderungen an Genauigkeit
bei 20-fach höherer Teilchendichte, Datenrate und Strahlenbelastung.**

→ Neubau der Pixel- und Spurdetektoren

→ Neubau des Triggersystems

→ Aufrüstung von Kalorimetern und Myon-Systemen

Erfahrungen mit dem Betrieb der LHC-Detektoren ist für eine genaue Planung des Upgrades sehr wichtig.

Wesentliche Teile der Detektoren können weiter verwendet werden.

Zeitraumen

Beginn des LHC-Betriebs 2008

→ sinnvoller Zeitpunkt für das Upgrade ~2016

Entwicklungsarbeiten für die LHC-Detektoren haben 10-15 Jahre gebraucht

→ Entwicklungsarbeiten für den SLHC müssen **jetzt** beginnen!

Dies ist auch wichtig, um die technische Expertise in den Kollaborationen zu halten.

Anforderungen

Spurdetektoren:

- feinere Segmentierung
- strahlenhärtere Sensoren
- leistungsfähigere Elektronik
- effizientere Stromversorgung
- weniger Material
- Beitrag zur ersten Triggerentscheidung (CMS ja, ATLAS ?)

Trigger/DAQ:

- höherer Datendurchsatz
- effizientere Datenselektion

Kalorimeter und Myonkammern:

- strahlenharte Elektronik (und Detektoren)
- höherer Datendurchsatz

Kosten für das Detektor-Upgrade

CMS:

Sub-Detector	Estimated Cost
Inner Tracker	30 MCHF
Outer Tracker	90 MCHF
Level-1 Trigger	20 MCHF
DAQ	10 MCHF
Muons and Calorimeters	10 MCHF
Infrastructure	15 MCHF
Total	175 MCHF

[CMS Expression of Interest in the SLHC, CERN/LHCC 2007-014,
<http://cmsdoc.cern.ch/cms/archives/07/LHCC/slhc-eoi-final.pdf>]

ATLAS kommt nach einer groben Abschätzung auf eine Summe in der gleichen Größenordnung.

SLHC-Beiträge der deutschen Gruppen

- in vielen Fällen aufbauend auf den Erfahrungen der Gruppen vom Bau der LHC-Detektoren
- die Tabellen dienen nur der groben Orientierung und stellen den gegenwärtigen Stand der Planungen für die Entwicklungsphase dar

CMS	Projects
Aachen IB	Spurdetektor: Systemdesign und -tests, Stromversorgung, Kühlung, Materialien
Aachen IIIA	Muonkammern: Elektronik
Aachen IIIB	Computing, Spurdetektor
DESY	Spurdetektor: strahlenharte Sensoren Trigger(HLT)/DAQ
Hamburg	Pixel: strahlenharte Sensoren
Karlsruhe	Spurdetektor: strahlenharte Sensoren, Module, Systemtests

ATLAS	Projekte
Bonn	Pixel: FE-Chip-Entwicklung, Modulentwicklung (3D-Integration), Diamant- und 3D-Sensoren, Serial Powering
DESY	Pixel: Elektronik
Dortmund	Pixel: strahlenharte Sensoren (Entwicklung und Charakterisierung)
Freiburg	Spurdetektor: strahlenharte Sensoren, 3D-Sensoren, Module, Services
Göttingen	Pixel: serial powering
Heidelberg	Trigger/DAQ: Level-1 Trigger
Mainz	Trigger/DAQ: Level-1 Trigger Kalorimeter: Endcap LAr-Kalorimeter
München-LMU	MDT-Myonkammern: Ausleseelektronik, Gas
MPI München	Pixel: 3D-Integrationstechnologie, dünne Sensoren Spurdetektor: strahlenharte Sensoren, optisches Alignmentsystem Kalorimeter: Ausleseelektronik, Endcap LAr-Kalorimeter MDT-Myonkammern: schnelle Driftrohrkammern, Ausleseelektronik, Triggerdetektoren
Wuppertal	Pixel: Stromversorgung/DCS, ultraleichte Trägerstrukturen, optische Auslese

LHCb

- läuft gegenüber ATLAS/CMS bei stark reduzierter Luminosität
- Datennahmerate durch Triggerkapazität (und Strahlenhärte) limitiert
- Detektor-Upgrade in diesen Bereichen wäre sehr sinnvoll
- SLHC Strahlstruktur sollte weiterhin Kollisionen am IP8 (LHCb) ermöglichen
- die deutschen Gruppen konzentrieren sich zur Zeit auf die Inbetriebnahme des Detektors

Zusammenfassung

- ATLAS, CMS und LHCb müssen für einen Betrieb am SLHC aufgerüstet werden
- ATLAS- und CMS-Kollaborationen haben ihr Interesse an SLHC bekundet und Upgrade-Projekte aufgesetzt, LHCb ist ebenfalls an höherer Luminosität interessiert
- höhere Teilchendichten erfordern neue Technologien
- Schwerpunkte: Tracker and Trigger/DAQ
- Entwicklungsarbeiten müssen jetzt beginnen
- die Inbetriebnahme der LHC-Detektoren und die Analyse der Daten darf hierdurch nicht beeinträchtigt werden
- für die nächste BMBF Förderperiode 7/2009 – 6/2012 werden signifikante Mittel für SLHC-Detektorentwicklung beantragt werden

FP7 IA Proposal of RECFA Coordination Group

- “Integrated Activity” in EU FP7 program
- RECFA suggests one coordinated application for detector R&D in Europe
- Coordination Group:
Steinar Stapnes, Norman McCubbin (Chairs), Joachim Mnich, (EUDET, Linear Collider Detectors), Nigel Hessey and Jordan Nash (upgrade coordinators ATLAS, CMS), Lucie Linssen (CERN), Rolf Heuer (DESY), Alain Blondel (neutrino detectors), Francesco Forti (flavour factory detectors), one person from ESGARD
<http://project-fp7-detectors.web.cern.ch/project-FP7-detectors/COORDINATION%20GROUP.htm>
- National contact for Germany: Lutz Feld
- Funding for infrastructure and networking, not R&D itself
- Scope: 5 – 15 MEuro for four years (2009-2012)
- (Expected) Deadlines: 30. 11. 2007 EU call for proposals
 29. 2. 2008 Submission of Proposal
- Status: outline of proposal exists (see next page and web link above), but still under discussion

FP7 IA Proposal of RECFA Coordination Group

Activity	N A	T A	J R A	ILC CLIC	S- LHC	Neutrinos	B- Physi cs	Work Packages (to be decided)	German Contribu tions
Deep Sub-Micron Electronics	X		?	X	X	(X)	X	<ul style="list-style-type: none"> •chip/block dev. •applications 	
Data Analysis, Simulation and Computing	X		?	X	X	(X)	X	<ul style="list-style-type: none"> •detector simulation and analysis tools (GEANT4, FLUKA, GCALOR, HEED, GARFIELD) 	
Test Beams principal users: a) ILC b) CMS/ATLAS Tracker Upgrade		X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> detector/system R&D a) sector of ILC detector •large magnet •DAQ/controls •TB analysis b) CMS/ATLAS tracker upgrade detectors •DAQ •magnet •infrastructure (cryogenic, particle ID) 	EUDET (HH, DESY, RO, BN, FR, MA, MPI; AC, SI)
Irradiation Facilities		X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> •new GIF •PS irradiation facilities •national facilities 	
Integration Office Linear Coll. Exp.	?		?	X				<ul style="list-style-type: none"> •tools and standards for: CAD, integration, services, DB, scheduling, ... 	
Building Neutrino Community	X					X		<ul style="list-style-type: none"> •evaluation of options •engineering support •... 	