



HSE

Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit

European Organization for Nuclear Research - Organisation européenne pour la recherche nucléaire

Technische Infrastruktur des weltgrößten Physiklabors

Fritz Szoncsó CERN DGS

Einführung

CERN ist eine internationale Forschungsorganisation und ist eine der frühesten praktischen Umsetzungen des Europagedankens.

Juridisch gesehen ist der CERN eine zwischenstaatliche Organisation, die das Recht hat, sich ihr eigenes technisches Regelwerk zu machen und anzuwenden.

Der CERN benötigt diese Freiheit, um der Forschung eine möglichst breite technische Basis einräumen zu können, ohne jedoch die Sicherheit in Frage zu stellen.

Die Themen:

Einführung

Auszüge aus dem technischen Umfeld

Sicherheitsaspekte und Schulung

Aufgabenbereiche und Gliederung der CERN Infrastruktur

Ausgewählte Themen aus den dutzenden infrastrukturellen Aufgabenbereichen:

Heizung, Kühlung und Belüftung eines Großlabors

Die Elektrizitätsversorgung von Großbeschleunigern und Großexperimenten

Technische Gustostückerl

Schlußwort



Physikindustrie mitten im Wohngebiet

Durch den Bau des LEP, dessen Tunnel nunmehr den LHC beherbergt, mußten Forschungsanlagen des CERN in der Nähe von Wohngebieten gebaut werden.

Frankreich unterstützte die Genehmigungsverfahren, indem die Anlage zur "Utilité publique" erklärt wurde.

Hiermit ist praktisch kein Rechtsmittel gegen den Bau zulässig. Selbst Enteignungen wären möglich, waren aber letztlich nicht notwendig.

Die Reibungspunkte mit der Bevölkerung:

Hohe Bauten im flachen Gelände

Akustische Belastung durch Maschinen

Verkehrsbelastung

Parallelwelt, die nicht alle verstehen

Übertriebene Angst vor dem Unbekannten

Extremer Einkommensunterschied

Internationale Subkultur

Heranrücken der Wohngebiete an den CERN



Beispiel:
CERN
Punkt 2
Experiment
ALICE

Kühltürme mit
Ventilatoren,
neues
Wohngebiet im
Schallbereich





European Organization for Nuclear Research - Organisation européenne pour la recherche nucléaire

Errichtet mit Rückbauversprechen:

CERN
Punkt 5
Experiment
CMS

Blick auf
den Mont
Blanc vom
Dorf CESSY
aus



Nur zögerlich erweiterter öffentlicher Verkehr im Land des TGV

CERN Personal
in Frankreich
kann nur per
Auto zur Arbeit

Tram: Einstellung
1932 (!!)

Eisenbahn:
Einstellung 1982
(!!)

Keine Bahn nach
Genf

Neubau: Tram,
nur 4 Buslinien
für 100000

Bewohner



Nostalgiezug auf der 1982 eingestellten Bahnstrecke Divonne – Gex - Bellegarde

Sicherheit und Schulung

Personensicherheit, Umweltschutz und letztlich Sachschutz werden am CERN hohe Priorität eingeräumt.

Für den dienstlichen Zutritt zu unserer weitläufigen Unterwelt müssen eine Reihe von Voraussetzungen erfüllt werden.

Neben gesundheitlicher Eignung muß, je nach Tätigkeit, ein gewisser Ausbildungsstand nachgewiesen werden:

Rechnergestützte Ausbildung für Information und Sicherheit für leicht erreichbare Zonen

Ausbildung durch Lehrpersonal, praktische Übungen und Abschlußprüfung für anspruchsvollere Anforderungen wie z.B. Transport von Material im Tunnelsystem.



Schulung - einige Eckdaten

Mit den alle zwei bis drei Jahre erforderlichen Auffrischkursen bilden wir jährlich über 13000 Personen aus, wovon jede Person jedes Jahr zwischen einer und 20 Stunden im Lehrsaal oder am Rechner zubringt.

Die CERN Investition in Ausbildung:

Gut 50000 Arbeitsstunden pro Jahr

Dutzende interne und externe Fachkurse

Ausbildungszwang für das gesamte Personal, zugeschnitten auf die Tätigkeit.

Die (obligatorische)
Sicherheitsausbildung wird für alle
kostenlos angeboten.



Sicherheit - Unfallverhütung

An die 100 Personen arbeiten ausschließlich für Personensicherheit, technische Inspektion, Sicherheitsingenieurwesen und Strahlenschutz.

Wenn es trotzdem "kracht", wollen wir daraus soviel wie möglich lernen und teilen dies auch größeren Schwesterlabors mit.
Beispiel: LHC Heißblötstellenbeschädigung



Sicherheit - Unfallstatistik

Trotz bis ins Extreme vorangetriebener Technologie und großen gespeicherten Energiemengen bewies der CERN über Jahrzehnte hinweg, daß das Unfallrisiko klein gehalten werden kann.

Unfallstatistik:
deutlich weniger
Zwischenfälle als
vergleichbare
Industrie, keine
Großunfälle.

Wo passiert das meiste?

Im Straßenverkehr (!!)

Bei Fremdfirmen

Beim Gehen (Stürze)



Bild: Schaumlöschung ATLAS



Umweltschutz

Der CERN kommt in die Jahre:

Eine Betriebszeit von fast 60 Jahren hinterläßt Spuren. Die gesetzlichen Grenzwerte in Schweiz und EU fallen Jahr um Jahr, man mißt in ppm und ppb. Der CERN schuf das **"Tripartite"**, eine Plattform für Dialog und Transparenz.



Umfangreiche Konsolidierungsarbeiten machten und machen den CERN fit für die heutigen Umwelanforderungen.

Eine eigene Umweltmeßgruppe überwacht Abwässer sowie Abluft und stoppt eventuelle Sünder.

Altlasten werden systematisch bereinigt, von altem Asbest über spröde Kabel bis hin zum leicht verstrahltem Abfall.



HSE

Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit

European Organization for Nuclear Research - Organisation européenne pour la recherche nucléaire

CERN Infrastruktur – wie betreibe ich eine Kleinstadt?

Hunderte Bauten, Dutzende Kilometer Straßen, Parkplätze, Kindergarten, Schulungszentrum, 3 Restaurants, 2 Postämter, 2 Bankfilialen, tausende Quadratmeter Dachflächen, Büros für 10000 Personen, Rechnernetzwerk, Strahlenschutz, laboreigene Buslinien, 2 Tankstellen, hunderte betriebseigene Kraftfahrzeuge, eigene Wasserversorgung, eigene Abwasserfilterung, eigener Schlüsseldienst, 3 Hotels, 250 unbelüftete Räumlichkeiten, 24000 Fenster, öffentlich zugängliche Ausstellungsräume, eigener Transportdienst vom Umzug bis zur Schwerlast, eigene Heizwerke, eigene Elektrizitätsverteilung, eigene Primärmaterialienlagerung, aufwendige Abfallbewirtschaftung mit Teilung in strahlenden und nichtstrahlenden Abfall, eigenes Telephonnetz, eigenes Funknetz, große Betriebsfeuerwehr, Erste Hilfe Station, eigener technischer Inspektionsdienst, weitreichendes Sicherheitsalarmsystem, größte Tieftemperaturanlage der Welt, genaueste Hochstromkalibrieranlage der Welt mit Rückführung auf Eichamt Bern – und – als Kuriosum – Stadthallen für Anrainergemeinden



Gliederung der Infrastruktur: DG GS EN TE

Die Bezirke der Kleinstadt:

Mehrere Abteilungen und Direktoren beschäftigen sich ganz oder teilweise mit der Infrastruktur, wobei die Grenzen zum wissenschaftlichen Bereich bewußt nicht exakt gesetzt sind.

Einige frappierende Besonderheiten:

Trotz der teils recht bodenständigen Herausforderung wird immer zuerst an Physik und Sicherheit gedacht.

Unsere Planer, ob für Büroraum-, Laborraum-, Tunnelanlagen-, oder Finanzplanung, leisten Übermenschliches. Der gesamte CERN wird, zusammen mit hunderten Instituten und regionalen Behörden, permanent weiterentwickelt. Physik und Infrastruktur in konkrete Projektdetails zu vereinigen, erfordert bei Großprojekten eine unglaubliche Planungsanstrengung.

Aufgaben der Technologieabteilung "TE"

Bereitstellung aller speziellen Komponenten und Technologien für die Beschleuniger:

- Kicker (Einrichtungen zur einmaligen starken Strahlablenkung)
- Stromrichter (Versorgung von Magneten, Klystrons, Lüftung etc.)
- Magnete (supraleitend, warm, transient, Dauer)
- Vakuum (inklusive Zusatzeinrichtungen wie Ausbackheizungen)
- Tieftemperatur (Helium und Stickstofflagerung, Kompressoren)
- Schutzanlagen der Beschleuniger (sehr aufwendig)

Erwähnenswert:

Die Aufgabenbereiche Beschleunigersteuerung, Beschleunigerbetrieb, Beschleunigersicherheit, Hochfrequenz und physikalische Instrumentierung obliegen der Beschleunigerabteilung "BE"

Gliederung der "TE"

TE

TECHNOLOGY DEPARTMENT



Frédéric BORDRY Head of Department
Lucio ROSSI Deputy

HDO
Head of Department's Office
Dorothee DURET (DTO)
Thomas OTTO (DSO)
Pierre STRUBIN

ABT
Accelerator Beam Transfer
Volker MERTENS

EPC
Electrical Power Converters
Jean-Paul BURNET

MSC
Magnets, Superconductors &
Cryostats
Luca BOTTURA

VSC
Vacuum, Surfaces & Coatings
Jose Miguel JIMENEZ

CRG
Cryogenics
Laurent TAVIAN

MPE
Machine Protection &
Electrical Integrity
Andrzej SIEMKO

RPA
Resources, Planning &
Administration
Dorothee DURET



T. Pettersson
Head of GS

DDH: C. Delamare

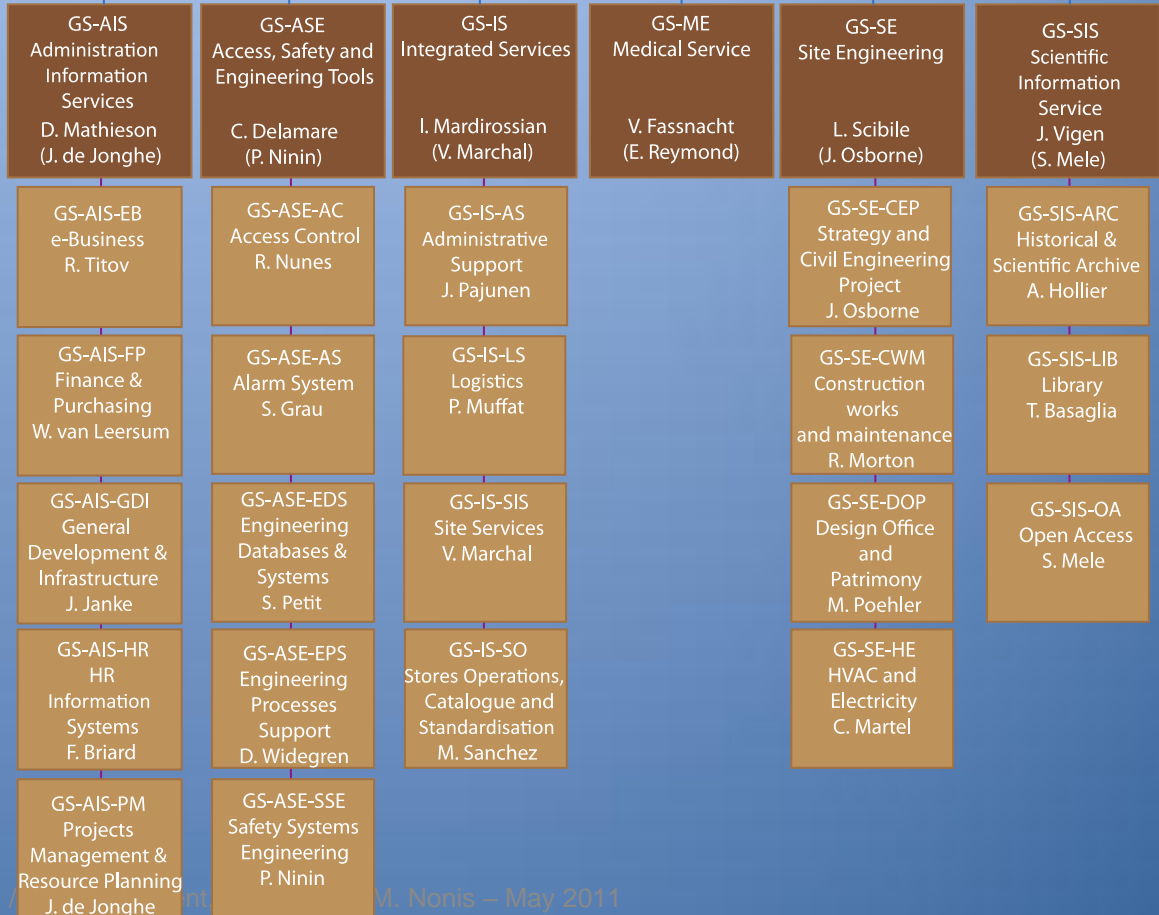
Sec. Dept: C. Alliod
DAO: C. Laignel
DPO: N. Polivka
DSO: M. Vadon
DTO: D. Klem

GS-FB
Fire Brigade

G. Deroma
(M. Galofre Vila)

GS-SMS
Service
Management
and Support

R. Martens
(O. van der Vossen)



Infrastruktur Basisdienste "GS"

Die "GS" auf einen Blick:

- ◆ AIS: Elektronische Dokumentenverarbeitung, Finanz- und Personalplanung, Unfallmeldewesen, Personaldatenbank
- ◆ Access: mit Irisabtastung ausgestattete Zutrittssysteme für Gefahrenzonen
- ◆ Feuerwehr: CERN-interne Betriebsfeuerwehr
- ◆ Wachdienst und Sicherheitssysteme (Feuermelder etc.)
- ◆ Archiv, elektronische Bibliothek, Normen, Zeitschriften
- ◆ Ingenieurs- und Inspektionsdatenbank "EDMS"
- ◆ Ein- und Ausgangslager, interne Buslinien, Putzbrigade, Straßenerhaltung, äußere Beleuchtung
- ◆ Arbeitsmedizin
- ◆ Gebäude- und Grundstücksverwaltung, Neubauten

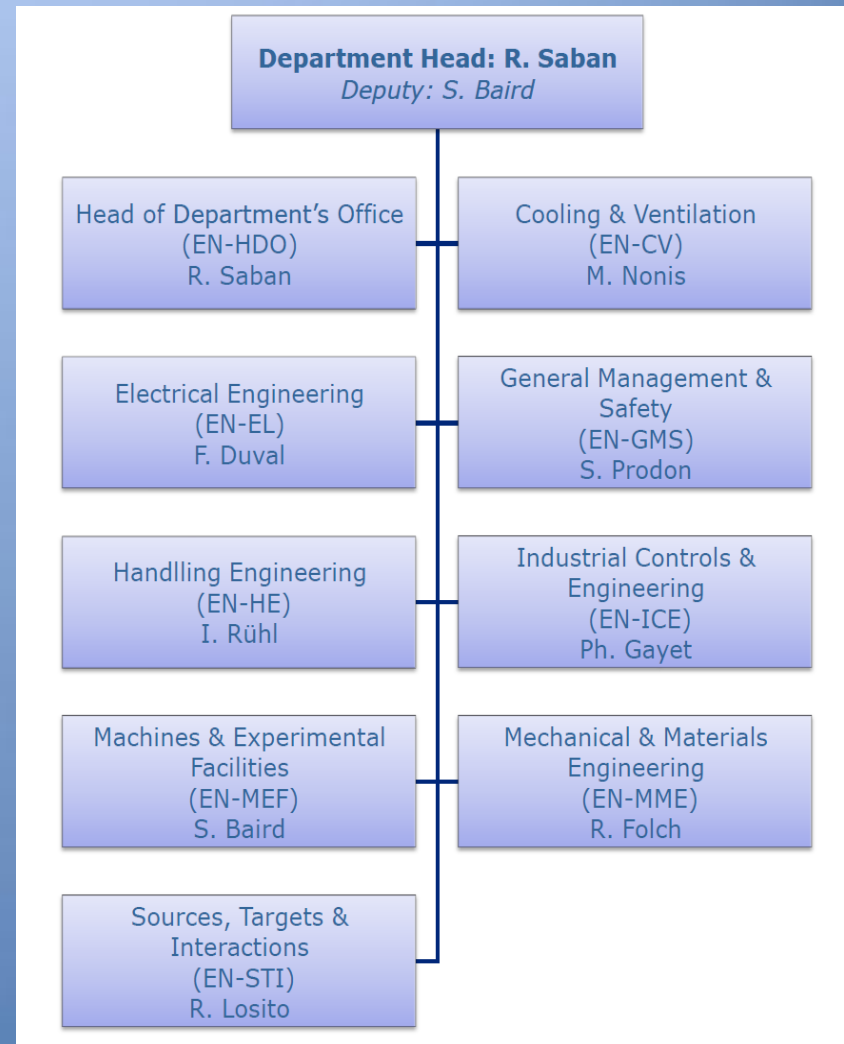
Die Technikabteilung "EN"

Aufgaben der "EN":

Infrastrukturelle Systeme und
Technische Koordination

für

Bau, Betrieb, Wartung und
fachgerechte Entsorgung der
Beschleunigerkomplexe und
experimentellen Einrichtungen





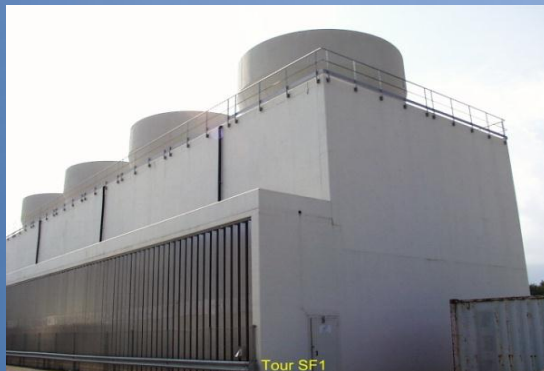
Kühlung und Lüftung – die vergessenen Zünfte (Gruppe EN-CV)

Sie behandeln Planung, Auslegung, Bau, Betrieb und
Wartung von:

Kühlsystemen, Pumpstationen, Klimaanlage,
Flüssigkeitsverteilanlagen für alle Beschleuniger,
der speziellen Kühlsysteme für die 35 Experimente,
das Rechenzentrum sowie diverser anderer
Installationen.

Die Kühltürme und -apparate

Kühltürme (450 MW maximal)	22
Kaltwasserstationen: 6-12°C (73 MW maximal)	35
Kühlanlagen (Rohwasser, destilliertes Wasser, C ₃ F ₈ , C ₆ F ₁₄)	150
Wasserleitung, installierte Länge	800 km
Drei Hauptwasserstationen, Gesamtfördermenge	5'400 m ³ /h



*Entspricht dem Verbrauch einer
45'000 Einwohner zählenden
Stadt, oder 10% der
Brauchwassermenge von Genf*



Lüftung und Flüssigkeitssysteme

Klima- und Belüftungsanlagen

Feuerwehranlagen

Druckluftanlagen

Produktion von hochreinem, destilliertem Wasser 20 m³/h mit weniger als 0.1 µS/cm spez. Leitf.

1' 500 Stück

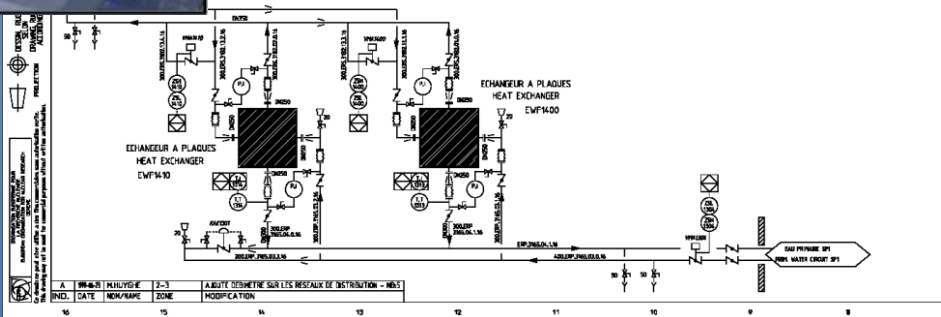
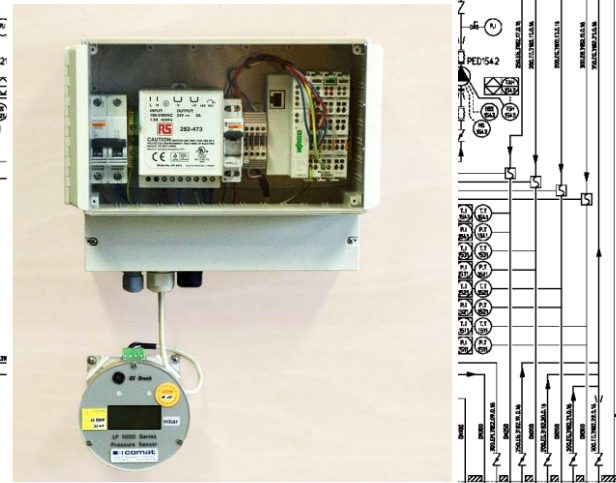
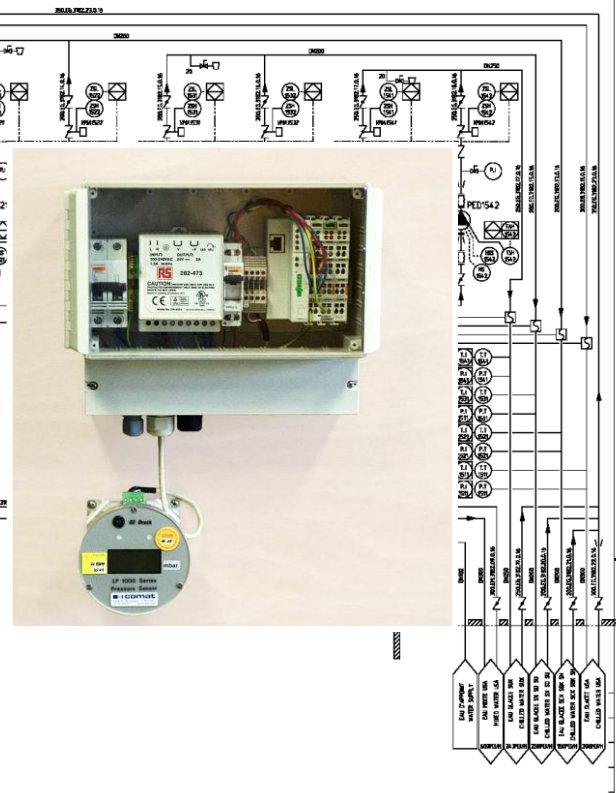
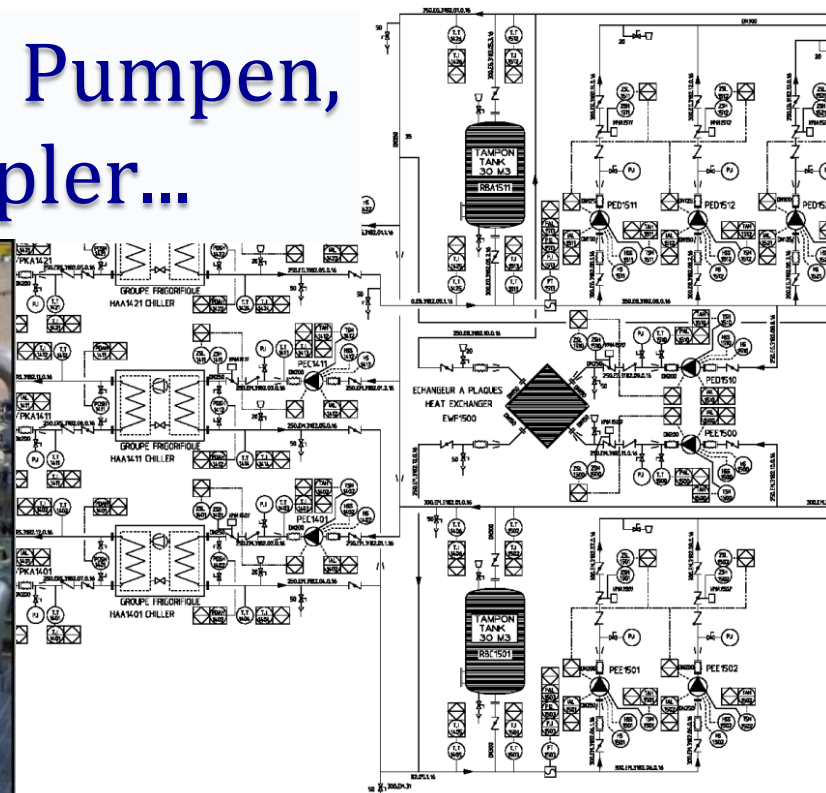
von 2'000 bis 120'000 m³/h pro Einheit

800 Anschlußstellen

14 Großkompressoren mit
200 km Verteilnetzwerk



Rückkühler, Pumpen, Ventile, Koppler...



ANNEX BUILDING	SCALE	REVISION	REVISION	DATE
---	1:1	01	01	08/05/15
---	---	02	01	08/05/15
---	---	03	01	08/05/15
---	---	04	01	08/05/15
---	---	05	01	08/05/15

FOR IDENTIFICATION: LHCFS1820001

Physikdetektorkühlung

Temperaturbereich

-20 / 80 ° C

Druckbereich

0.2 / 90 bar



Verschmutzung der Kühlkreise durch:
Kompressoren, “ölfreie” Pumpen, magnetische
Ablagerungen, Kugellager.

Bekämpfung von Leckstellen:
Pro Kreis: 10^{-7} bis 10^{-8} mbar/l s
Schweißstellen: 100% röntgengeprüft
Flansche in UHV mit metallenen O-Ringen.

Fluorkohlenwasserstoffe:

Metallteile aus Edelstahl

Plastikteile aus: EPDM, UHMWPE, Vespel, PCTFE...





CERN betreibt eine der komplexesten Elektroanlagen weltweit.

Das interne Netz entspricht einem Achtel des Pariser Netzes, ist jedoch durch die große Dichte an nichtlinearen Lasten sehr schwer zu handhaben.

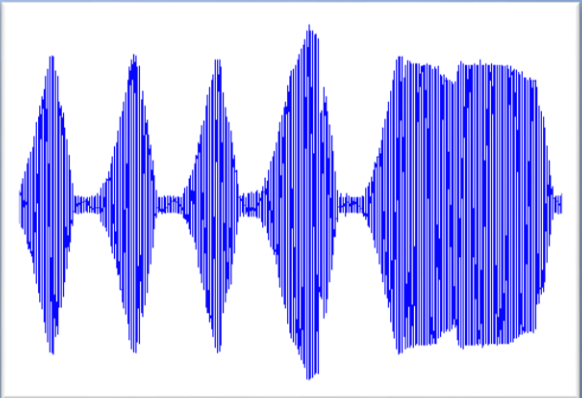
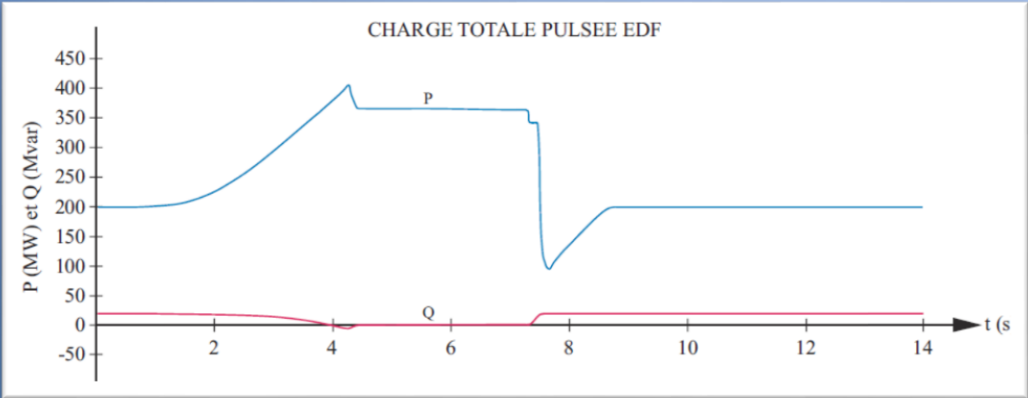


- **Komponenten aus vielen Ländern**
- **Stark wechselnde, steil pulsierende Last mit ausgeprägten Oberwellenanteilen**
- **Übernahme auf 400 kV Ebene in Frankreich und 130 kV Ebene in der Schweiz**
- **Enorme geographische Ausdehnung oberwellenbehafteter Leitungen**
- **Sicherheitsrelevante Anlagenteile im Tunnel und bei diversen Kühlanlagen**

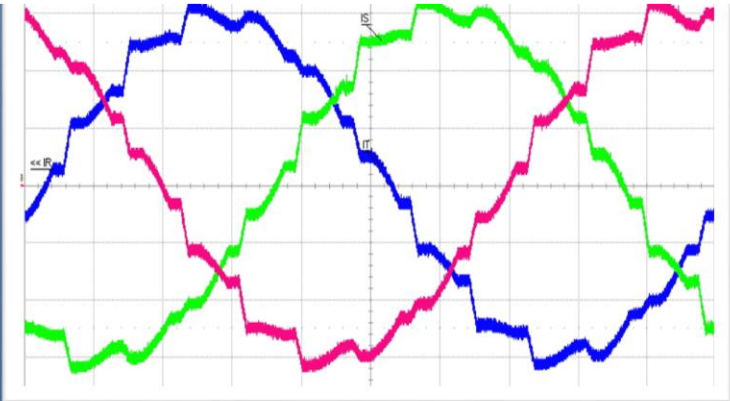


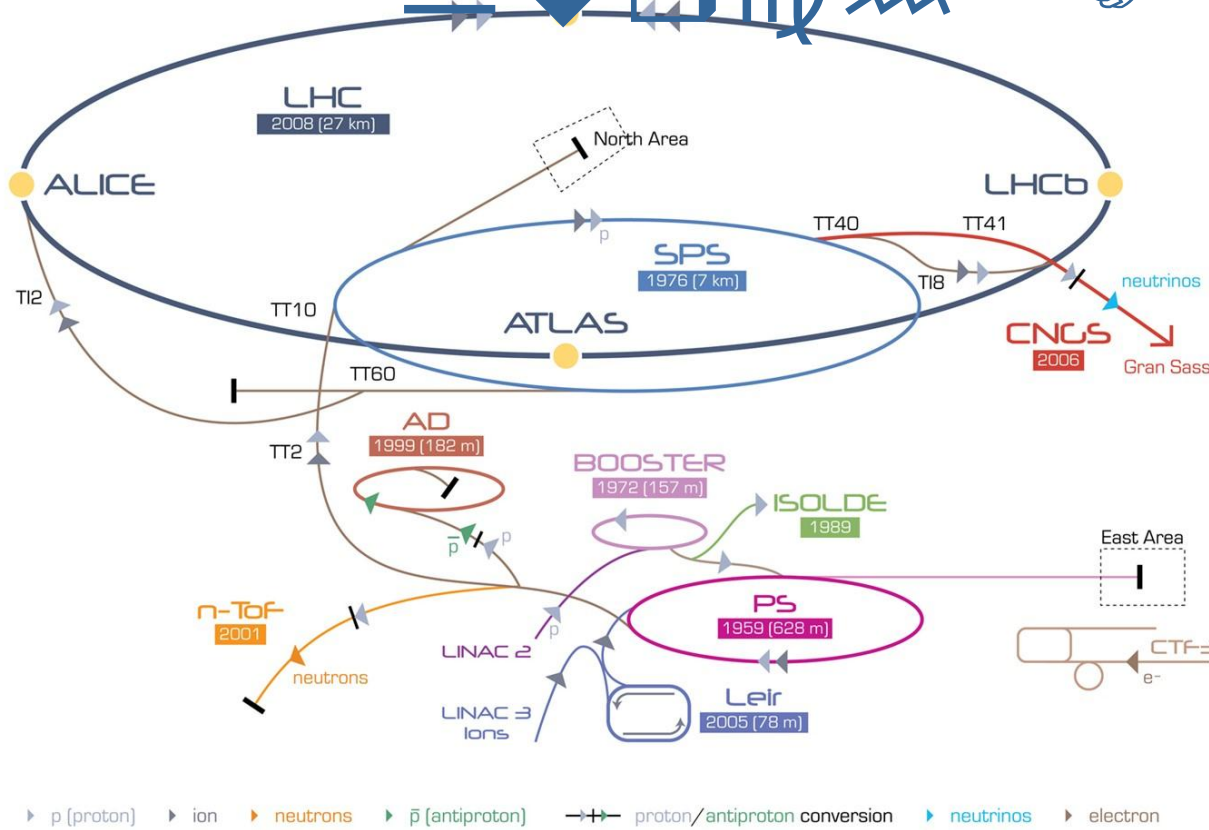


Lastfluktuationen über 15 Sekunden



Oberwellen am Beispiel des LHC





Auf "gerade" LHC
Punkte konzentriert

Keine ständige
Vermaschung mit
den Landesnetzen,
wiewohl installiert.

Eigene
Notstromversorgung
für
sicherheitsrelevante
Systeme

LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

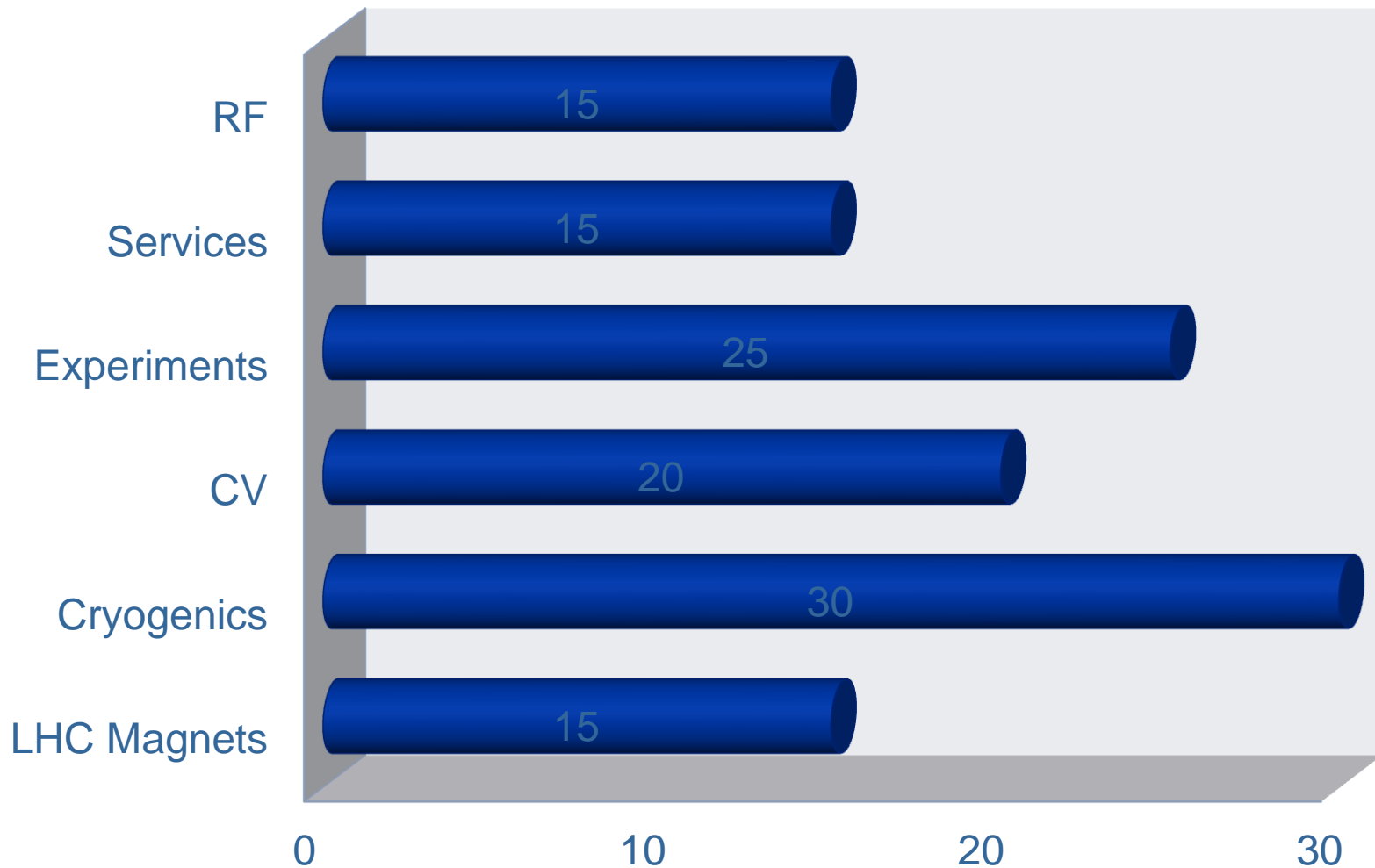
AD Antiproton Decelerator CTF-3 Clic Test Facility CNCS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

Hauptsächliche Lasten

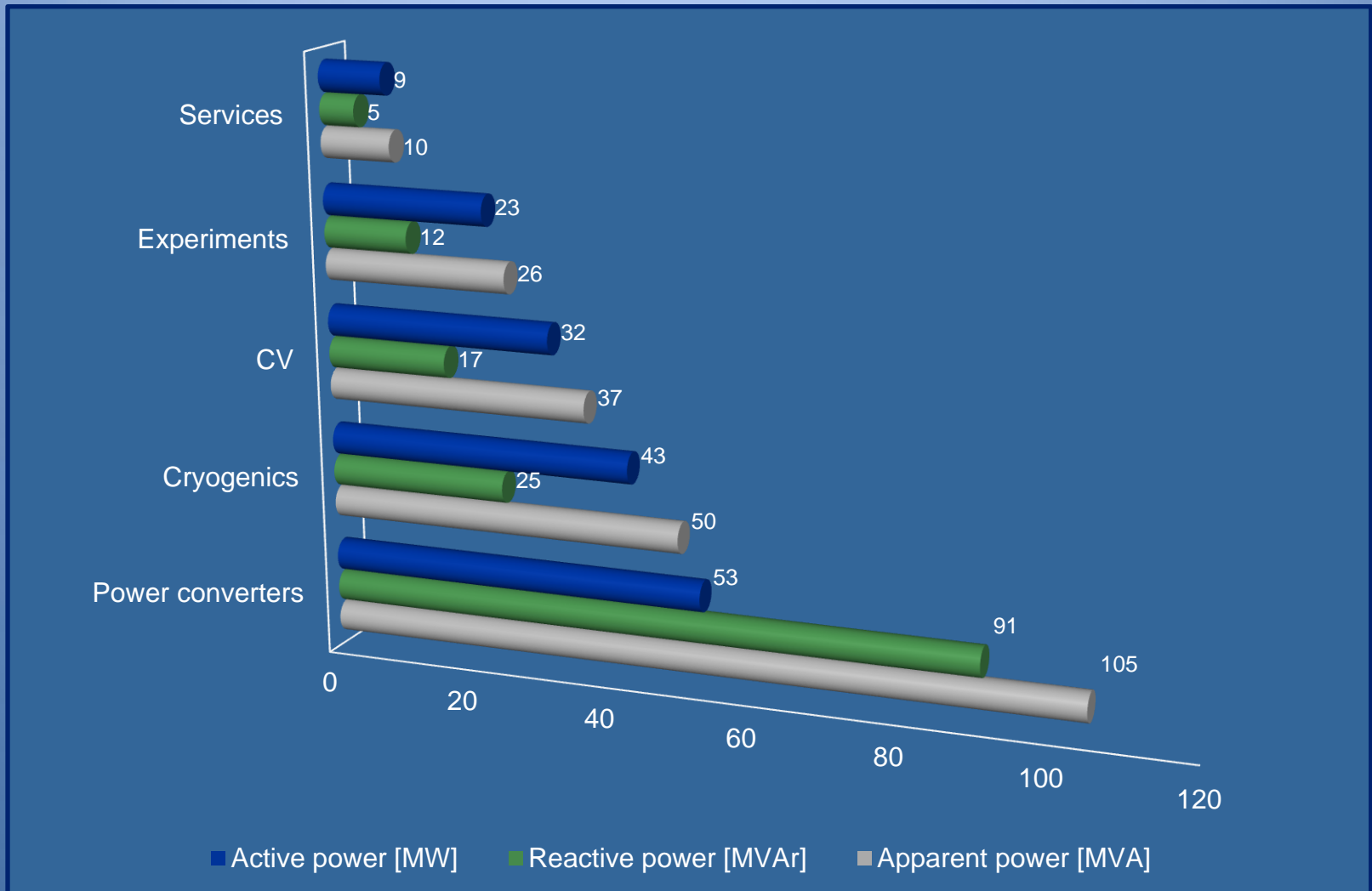
- Gleichrichter, Umrichter
- Klystrons für Hochfrequenzerzeugung
- Magnete
- Tieftemperaturkompressoren
- Kühlturmpumpen
- Brackwasserpumpen
- Belüftungsanlagen
- Vakuumpumpen
- Feuerschutzanlagen
- Elektronschränke und Rechnersätze
- Heizungen
- Lifte
- Beleuchtung

Lastverteilung am Beispiel des LHC



Alle Angaben in Megawatt

Wirk=, Blind= und Scheinlast CERN gesamt



Beispiel: Versorgung von unterirdischen Rechnersätzen

Die Versorgung von 30 bis 40 Rechnern in einem Schrank erfordert besondere Aufmerksamkeit:

- ❑ Intelligente Steckdosen helfen mit, den Einschaltstromstoß abzdämpfen
- ❑ Schütze mit Thermistoren und Rauchmeldern sorgen für zusätzliche Sicherheit





HSE

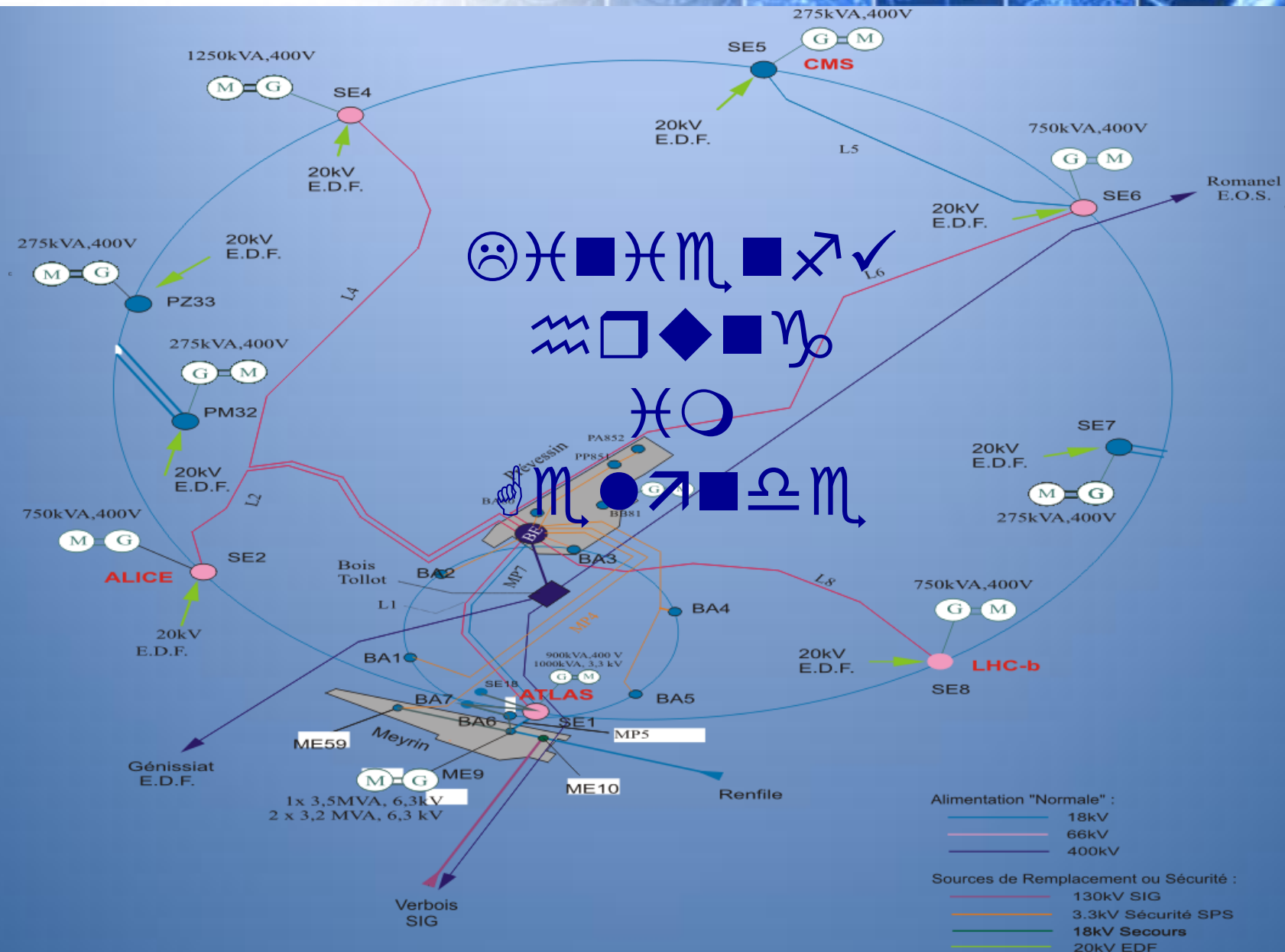
Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit





HSE

Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit

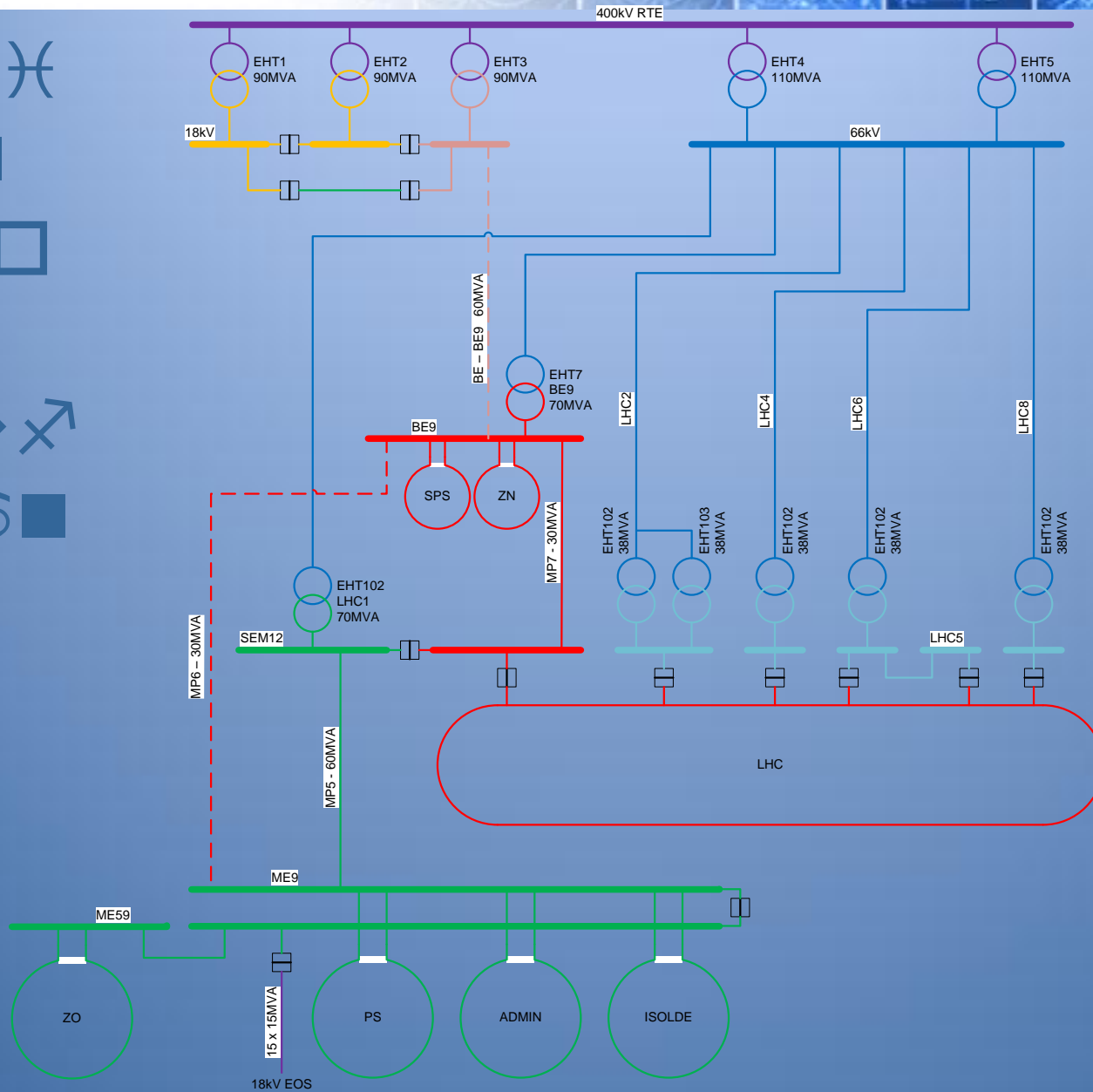




Einige Zahlen...

Installierte Leistung:
Frankreich 490 MVA, Schweiz 156 MVA

Spannungsebenen	
Frankreich	400 kV
Schweiz	130 kV
Übertragung	66 kV
Verteilung	18 kV
Stromrichter	18 kV
Dieselaggregate	6.3 kV
Tieftemperatur und Kühlpumpen	3.3 kV
Allgemeine Verbraucher	400/230 V
Netzwerkfernsteuerung	48 VDC

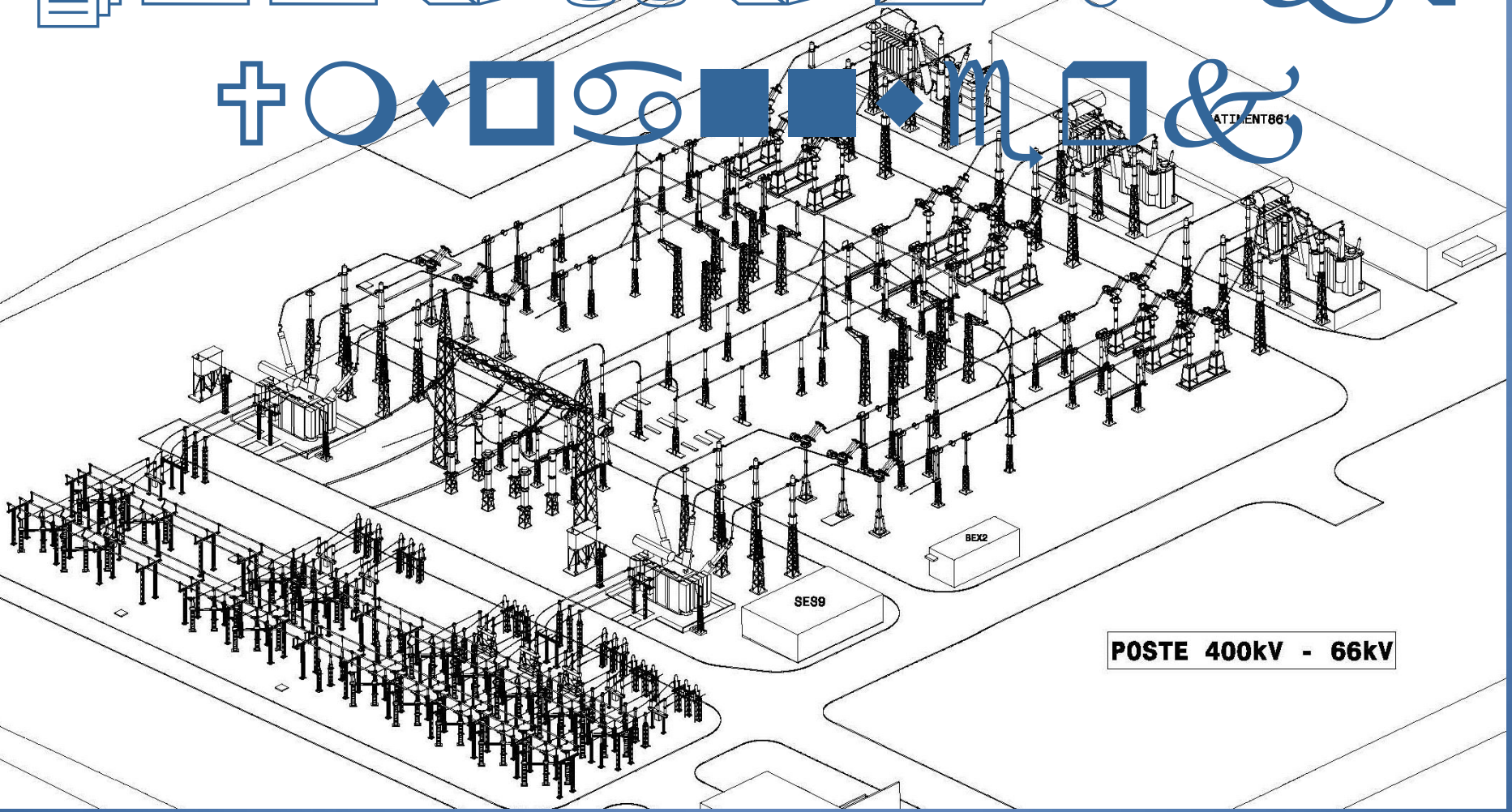




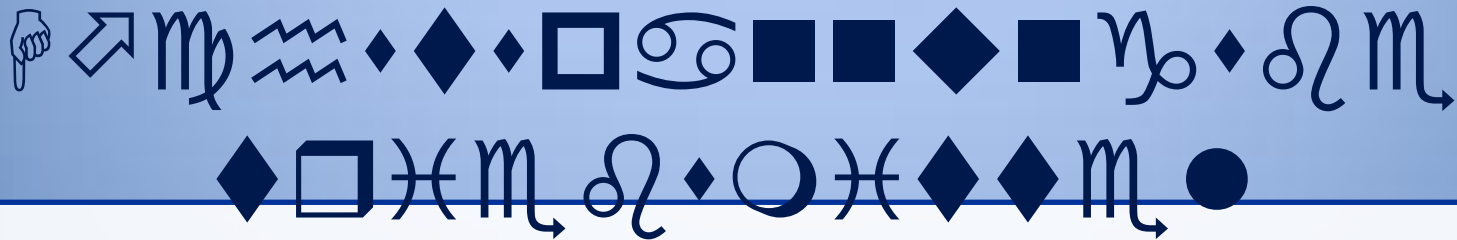
HSE

Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit





POSTE 400kV - 66kV



(> 50 kV)

- 6 Anspeisungen 400 kV
- 6 Übertragungsgleitungen 66 kV
- 14 Anspeisungen 66 kV
- 3 Transformatoren 400/18 kV 90 MVA
- 2 Transformatoren 400/66 kV 110 MVA
- 2 Transformatoren 66/18 kV 70 MVA
- 5 Transformatoren 66/18 kV 38 MVA

Mittelspannungsbetriebsmittel ($1 \text{ kV} < U_n < 50 \text{ kV}$)

- 8 Thyr. gesteuerte Kompensatoren 18 kV
458 MVAr
- Sättigungsspulenkompensator 18 kV
120 MVAr
- 12 Oberwellenfilter 18 kV
357 MVAr
- 600 Transf. 18/0.4 kV & 18/3.3 kV
900 MVA
- 5 Dieselgeneratoren 6.3 kV & 3.3 kV
13 MVA
- 1000 Schutzrelais Hochspannungsebene
- 900 Abgänge 18 kV
- 220 Abgänge 3.3 kV
- 100 Umspannwerke 18 kV



400/230V Verteilung

- 26000 Niederspannungsabgänge
- 4300 Abgänge für Sicherheitsanlagen
- 2200 Abgänge unterbrechungsfreie Stromversorgungen
- 3200 Abgänge in den Beschleunigern
- 10 Niederspannungsdieselmotoren, gesamt 5.5 MVA
- 160 Unterbrechungsfreie Stromversorgungen bis zu 1.5 MVA

Anlagen für die Netzsteuerung

- 430 Batterielader 48 VDC
- 13 Batterielader 110 VDC
- 300 Ni/Cd Batterien
- 100 Bleibatterien
- 1700 Abgänge für die 110VDC u. 48 VDC Verteilung



NETZÜBERWACHUNG UND FERNSTEUERUNG

- Electrical alarms interfaced to CCC
- All electrical equipment scanned by electrical SCADA
- Electrical alarms and faults stored in a safe server
- Remote control available but not used
- Analogue measurements and counters
- 100,000 digital input channels for electrical equipment

75 installed PLCs

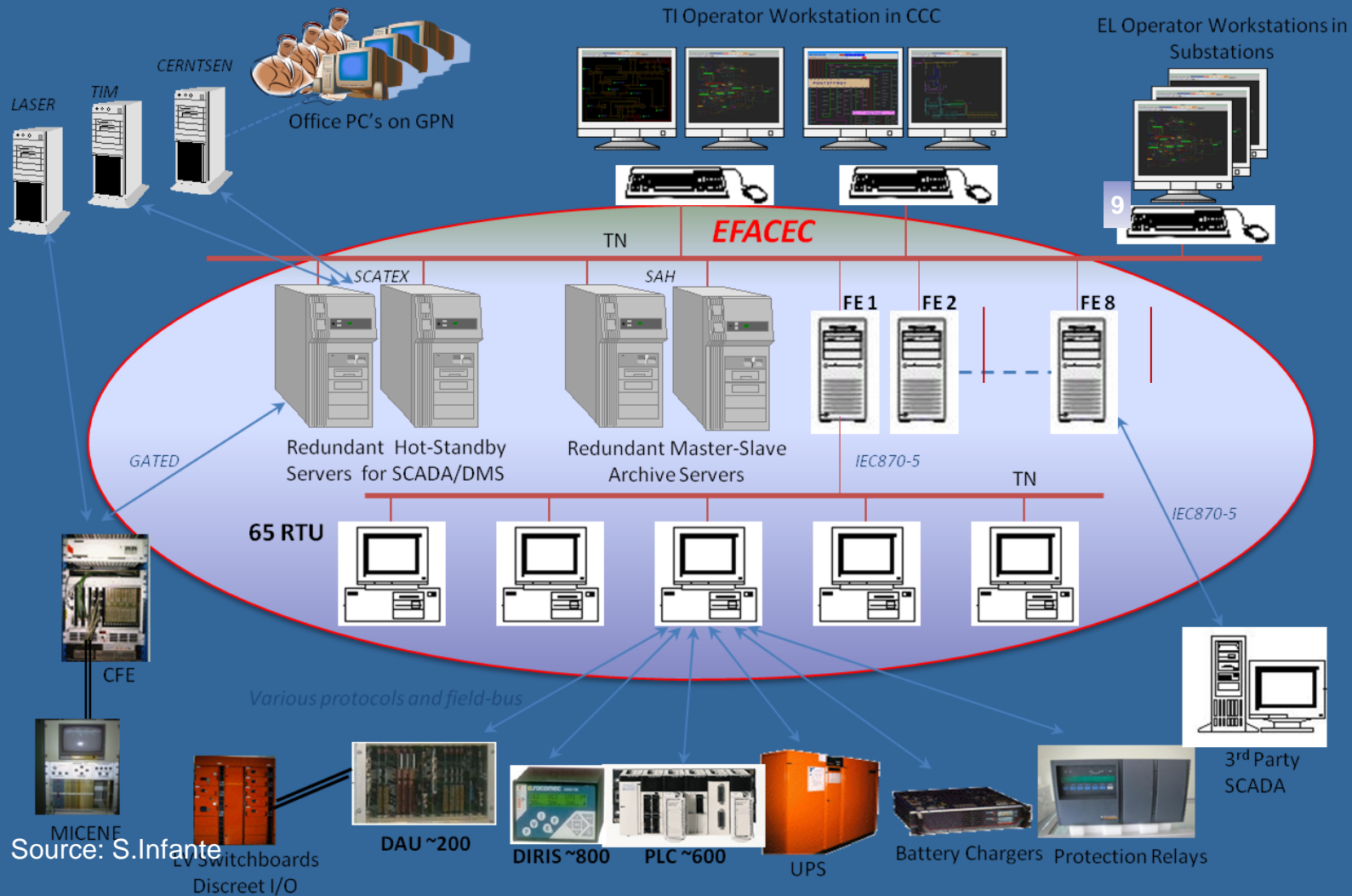
- Auto-transfer system
- Diesel generators
- Switching Regular-Safety networks
- 48 VDC redundancy





European Organization for Nuclear Research - Organisation européenne pour la recherche nucléaire

SCADA GESAMTANSICHT



Source: S. Infante

FIELD ~ 13.000 monitored Electrical Equipment



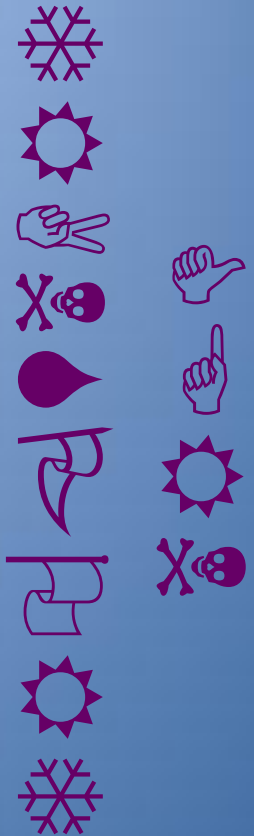
HSE

Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit



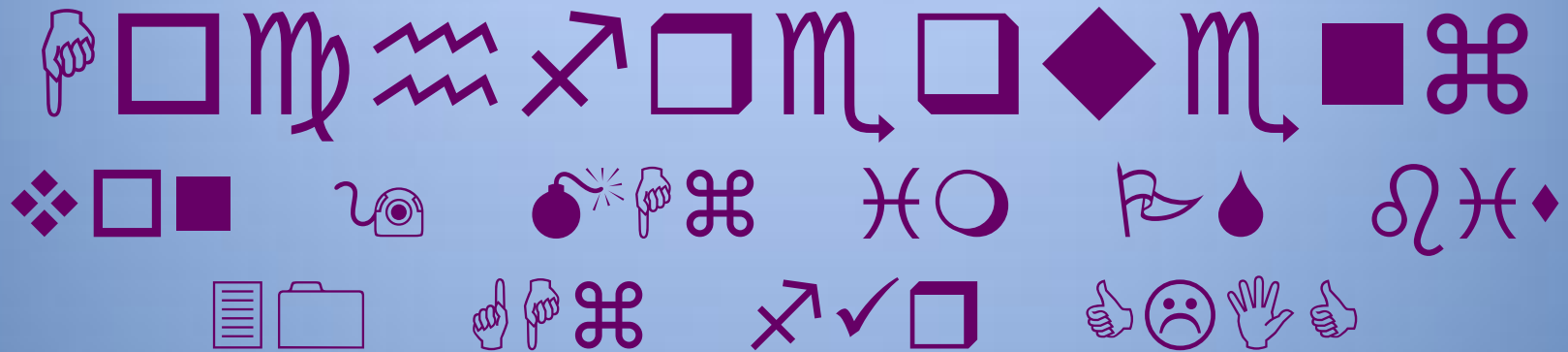


34 Tonnen wiegt ein einziger LHC-Dipolmagnet...



Montage einer 350 Tonnen schweren Türe...

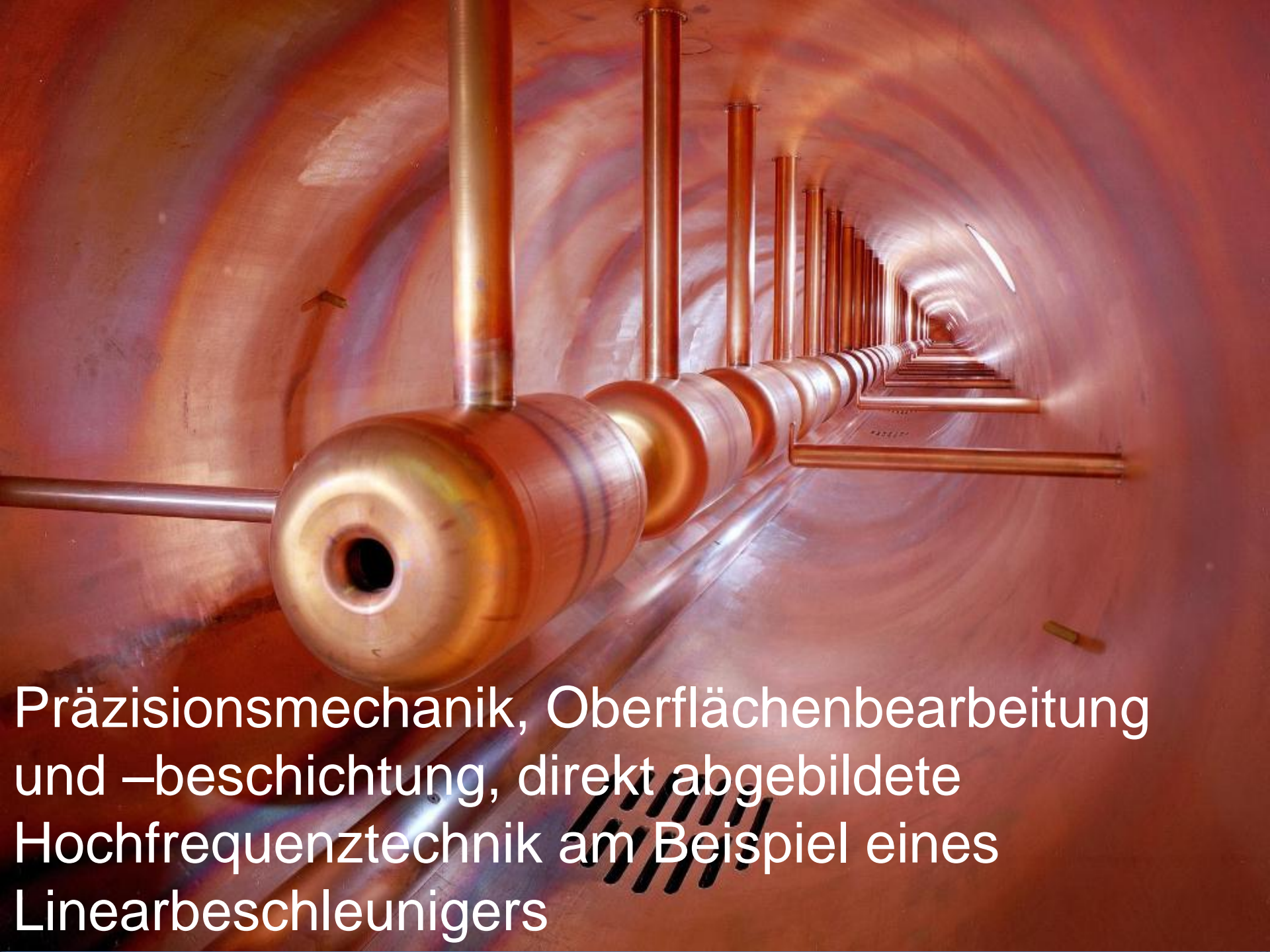




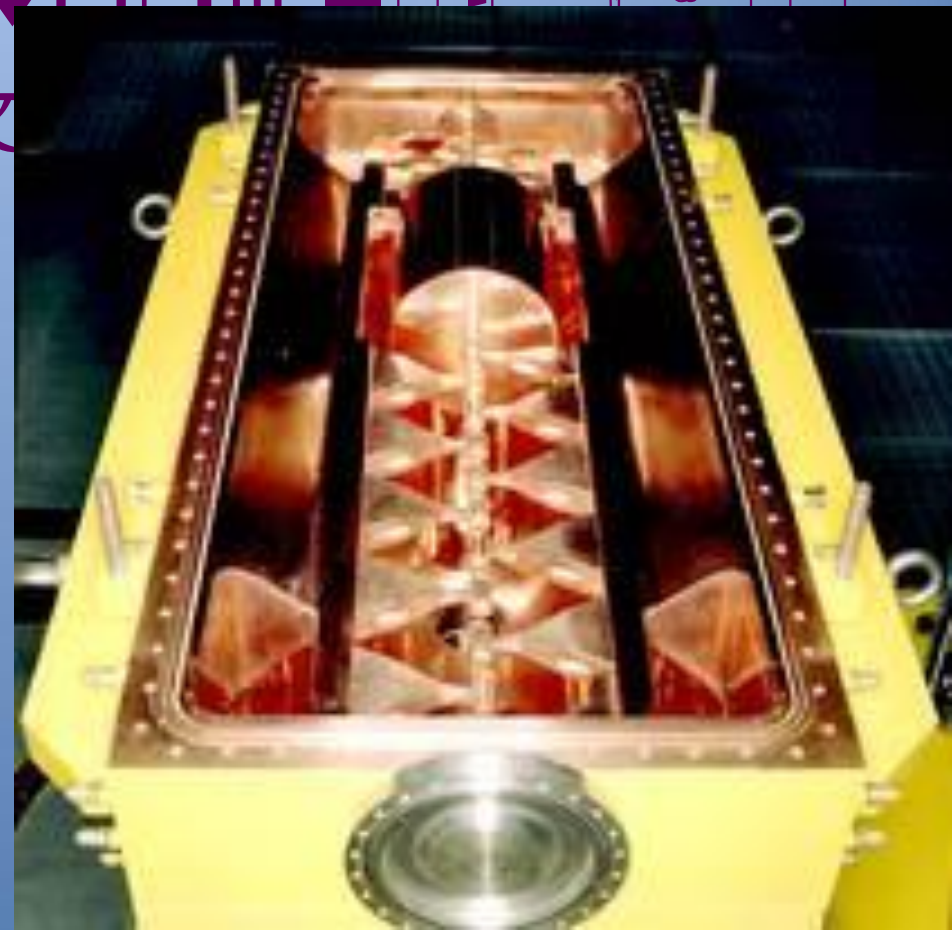
CERN Hochfrequenzgeneratoren und -modulatoren erzeugen zu Zeiten des LEP nicht weniger als 16 MW an Hochfrequenz (Kompensation der Synchrotronstrahlung und Beschleunigung) für diesen einen Beschleuniger.

Hochfrequenzerzeugung, für alle laufenden Beschleuniger, aber auch für die Forschung an neuen Maschinen und Maschinen für medizinische Zwecke (z.B. MedAustron Wiener Neustadt)

Eine Abstrahlung wird durch rigorose Überwachung der Anlagendichtheit verhindert (Satellitenschutz, Flughafennähe, Personenschutz, gesetzliche Auflagen).



Präzisionsmechanik, Oberflächenbearbeitung
und -beschichtung, direkt abgebildete
Hochfrequenztechnik am Beispiel eines
Linearbeschleunigers







❄️ ◻️ 🌀 ◼️ ◆ ◻️ ◻️ ◻️ ◆
↳ ⚡ ◼️ ↳
⚡ 🌀 ◆ ◆ 🌀 ◻️ ◻️ ← ↳
◼️
👎 ↳ ◆ ↳ & ◆ ◻️ ◻️ ◆
↳ ⚡ ● ↳ ◆ ◻️ ◆ ↳ ◻️
⚡ ◆ ◻️ ↳ ⚡ ◆
👉 ↳ ● ↗ ◼️ ⚡ ↳
☎️ 👉 ✕ ◻️ ↳ ◻️ ⚡ ○ ↳
◼️ ◆ 🙅 ❄️ 😞 🌧️ 🌧️
❄️ ◻️ ◻️ ◻️ ⚡ ⚡
👉 ◼️ ⚡ ↳ 🌀 ◻️ ◻️

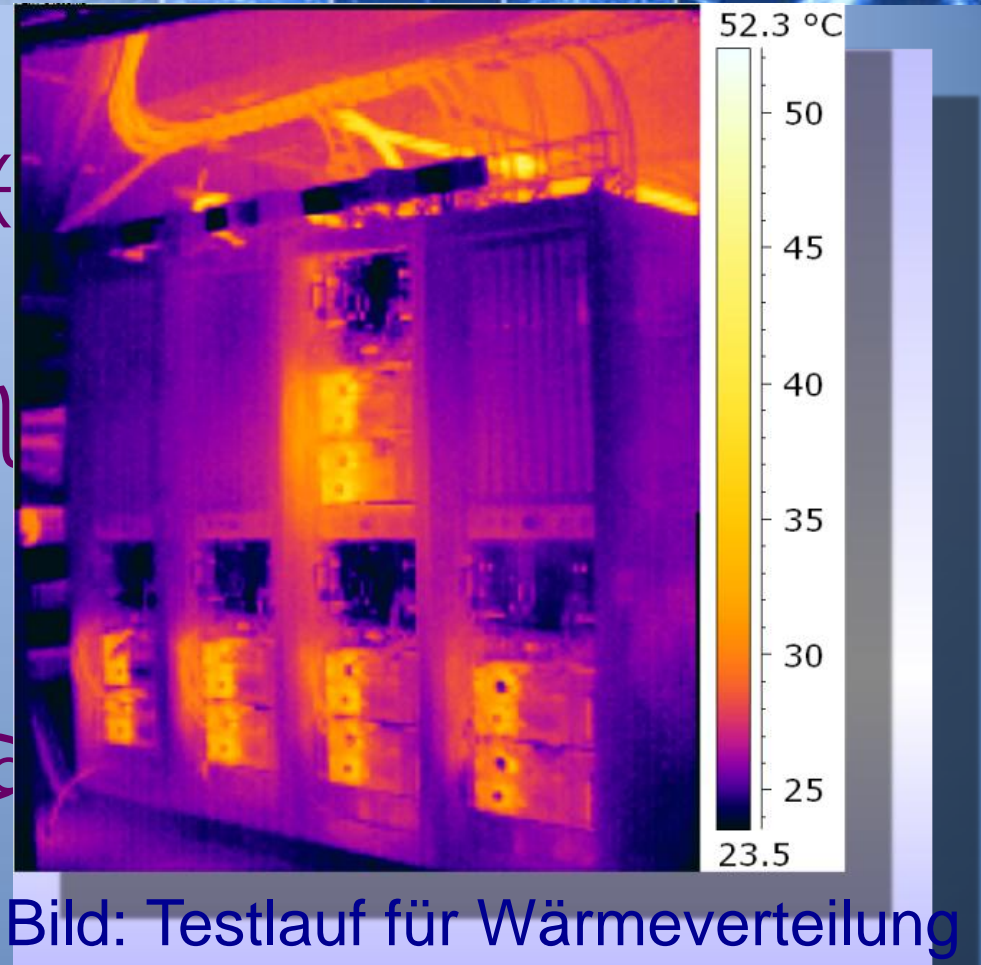


Bild: Testlauf für Wärmeverteilung

stellen wir **18 500 000 Ampère**
Gleichstrom bereit (Stromrichtergruppe TE-EPC)

LHC Präzisionsstrommessung



Wir kalibrieren unsere Strommessung
mittels Nullfluß-DCCT
in hunderten Stromkreisen auf 10^{-6} .

D. h. der Strom im Hauptstromkreis des LHC
(Nennwert 13 kA) ist bis auf einige Milliampère bekannt.

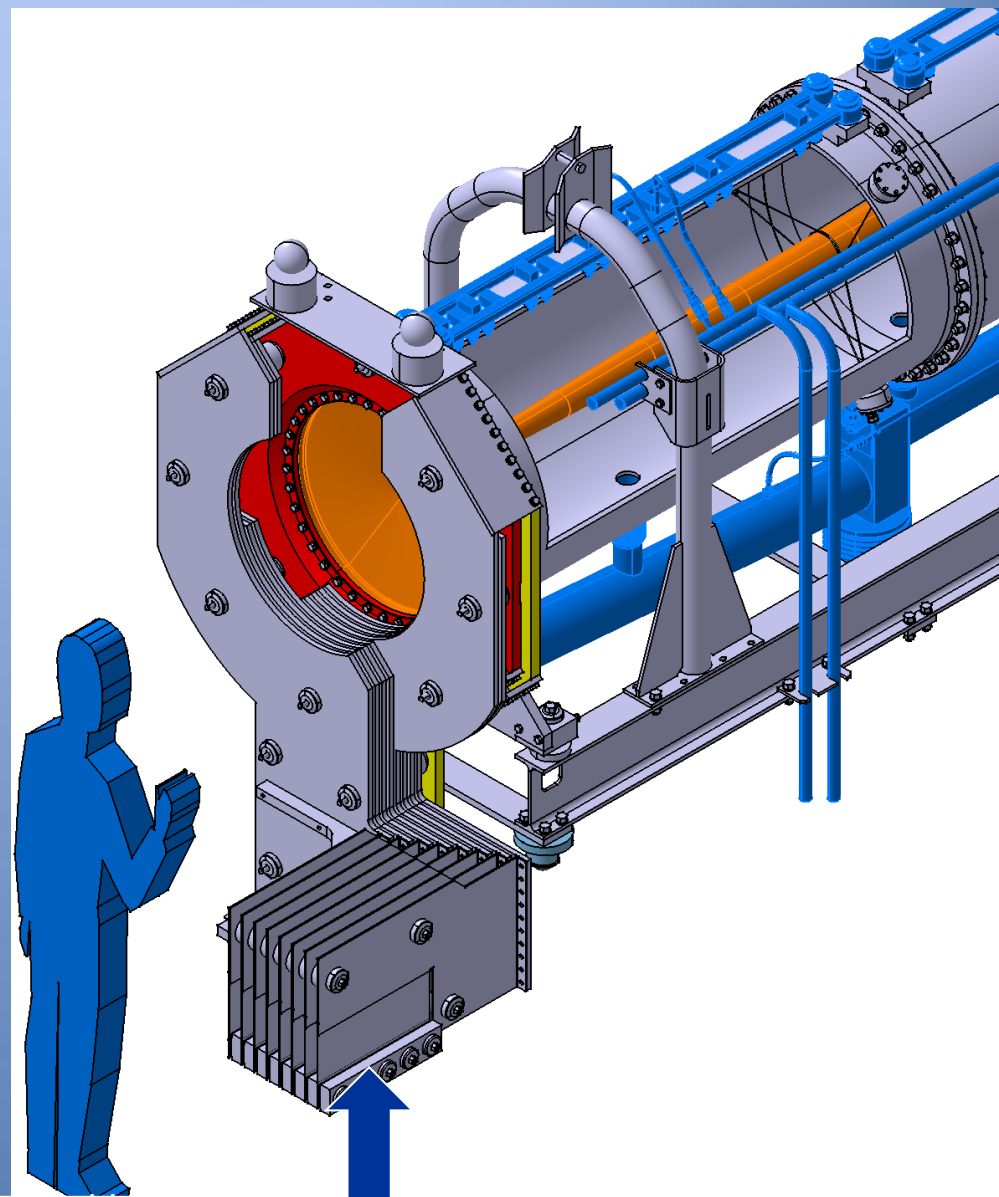
Current
output

Current
output



- Doppelpuls alle 6 Sekunden
- 150 kA Spitze, 5000 A_{RMS}
- Toroidflußdichte : 1.9 T max.

Besondere Herausforderung:
Pulstransport mittels Kabel
und Pulstransformator

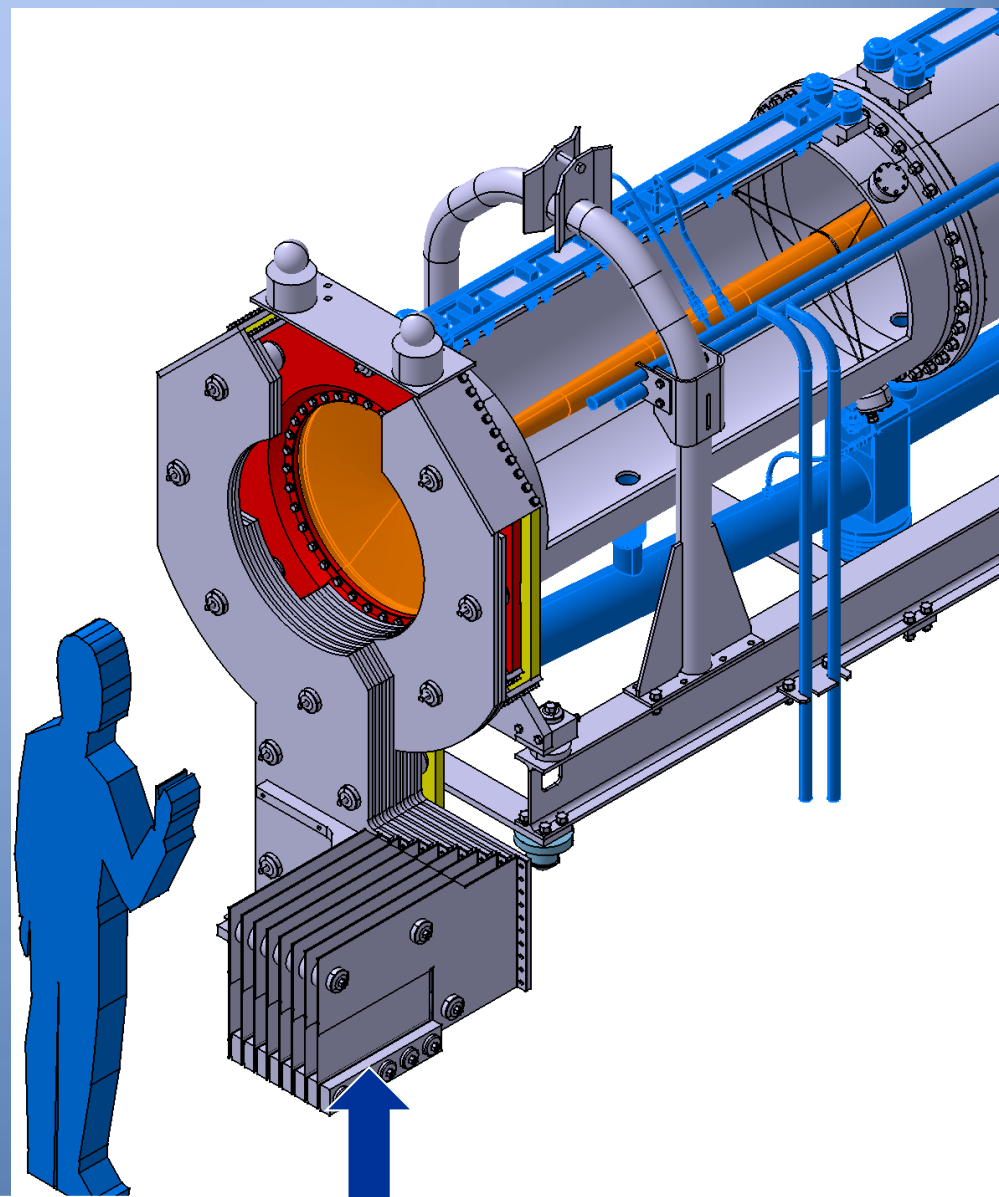


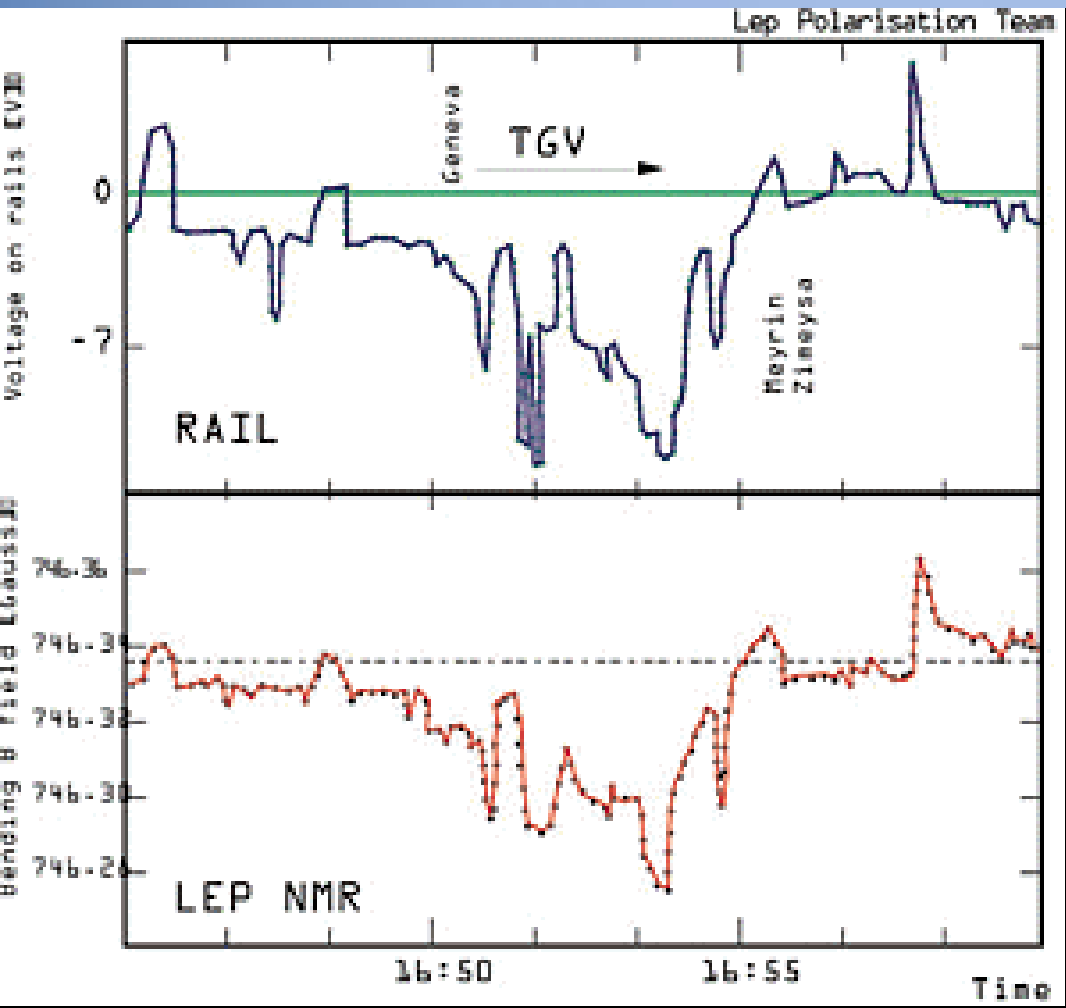
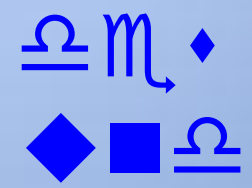
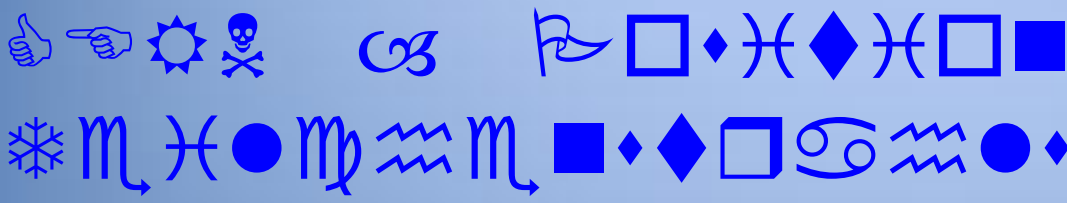
Der Stromanschluß ist hier



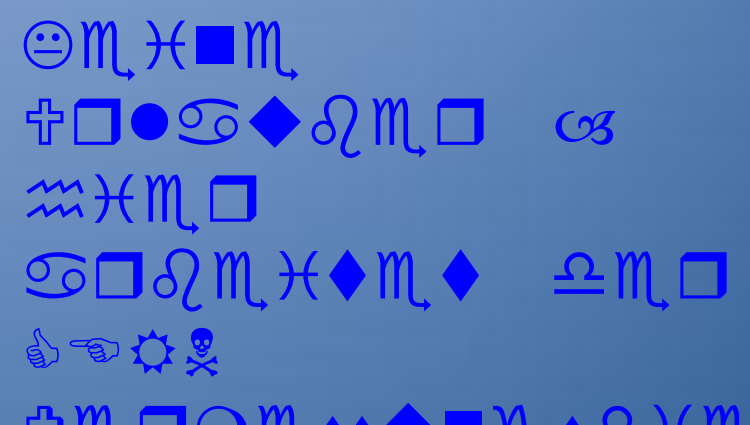
- Doppelpuls alle 6 Sekunden
- 150 kA Spitze, 5000 A_{RMS}
- Toroidflußdichte : 1.9 T max.

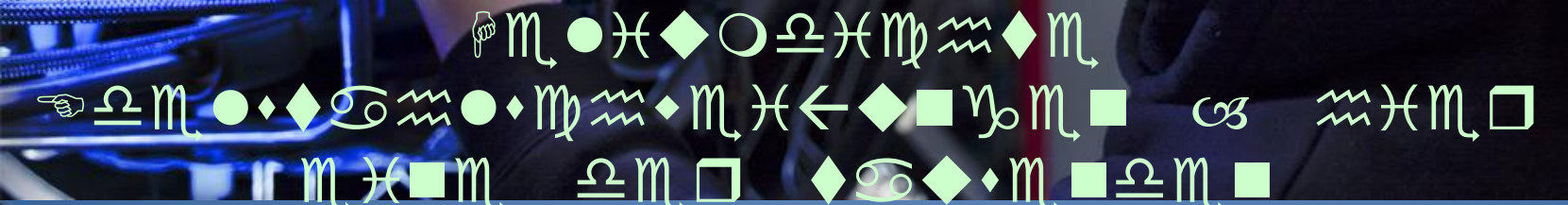
Besondere Herausforderung:
Pulstransport mittels Kabel
und Pulstransformator

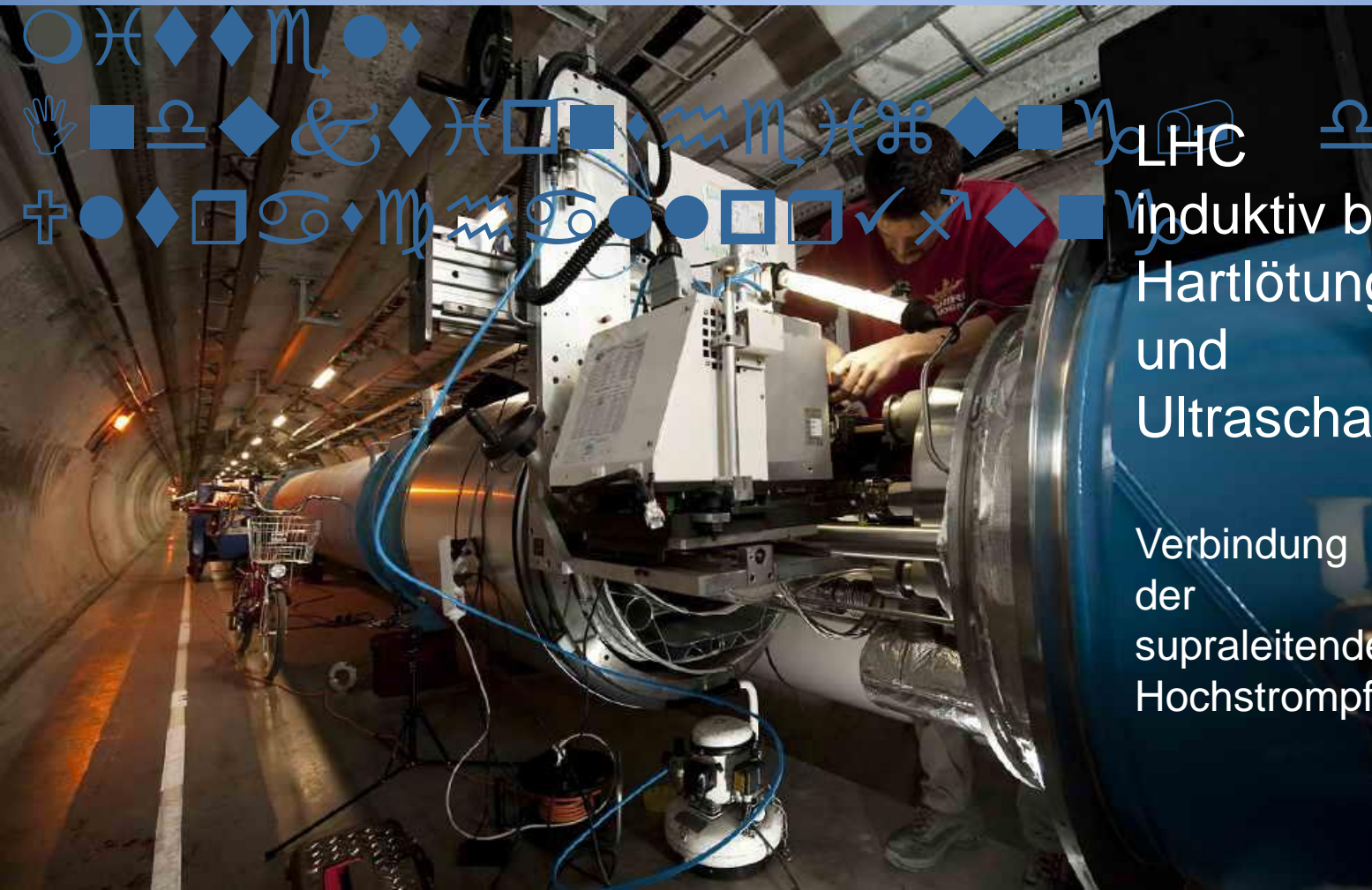




KK







LHC
Induktiv beheizte
Hartlötung
und
Ultraschallprüfung
Verbindung
der
supraleitenden
Hochstromfäde



HSE

Occupational Health & Safety
and Environmental Protection Unit

