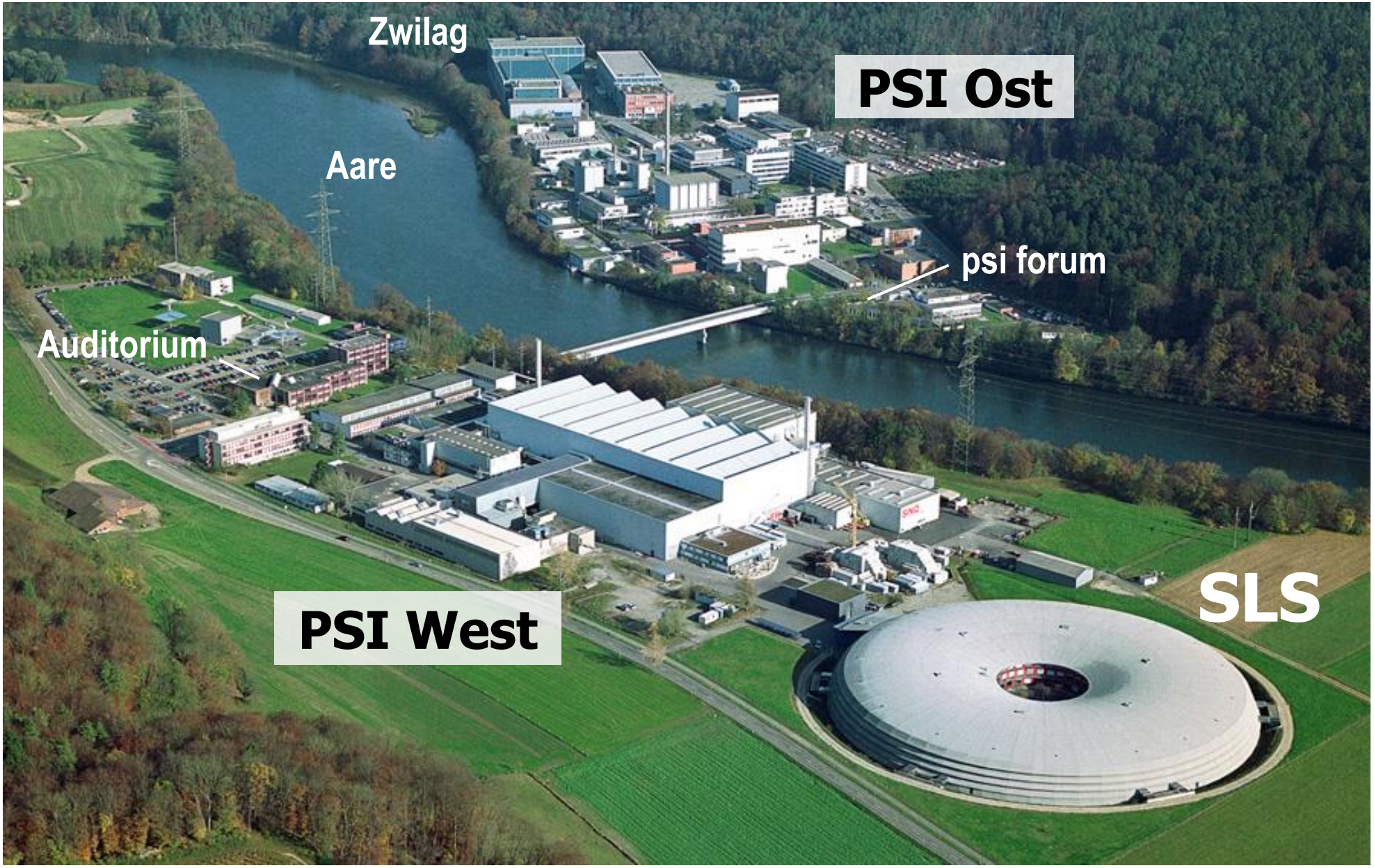
Flugaufnahme



SLS-Komponenten

Beschleuniger

- Elektronenquelle 90 keV
- LINAC 100 MeV
- Booster, 3 Hz 0.1-2.4 GeV
- Speicherring, 288m 2.4 GeV

Strahl-linien

- Protein Kristallographie
- Materialwissenschaften
- Oberflächen-Mikroskopie
- Oberflächen-Spektroskopie
- Umweltforschung

SLS Strategie

Qualität

- hohe Brillanz , kleine Emittanz,
  ➡ grosser Speicherring mit vielen Magneten

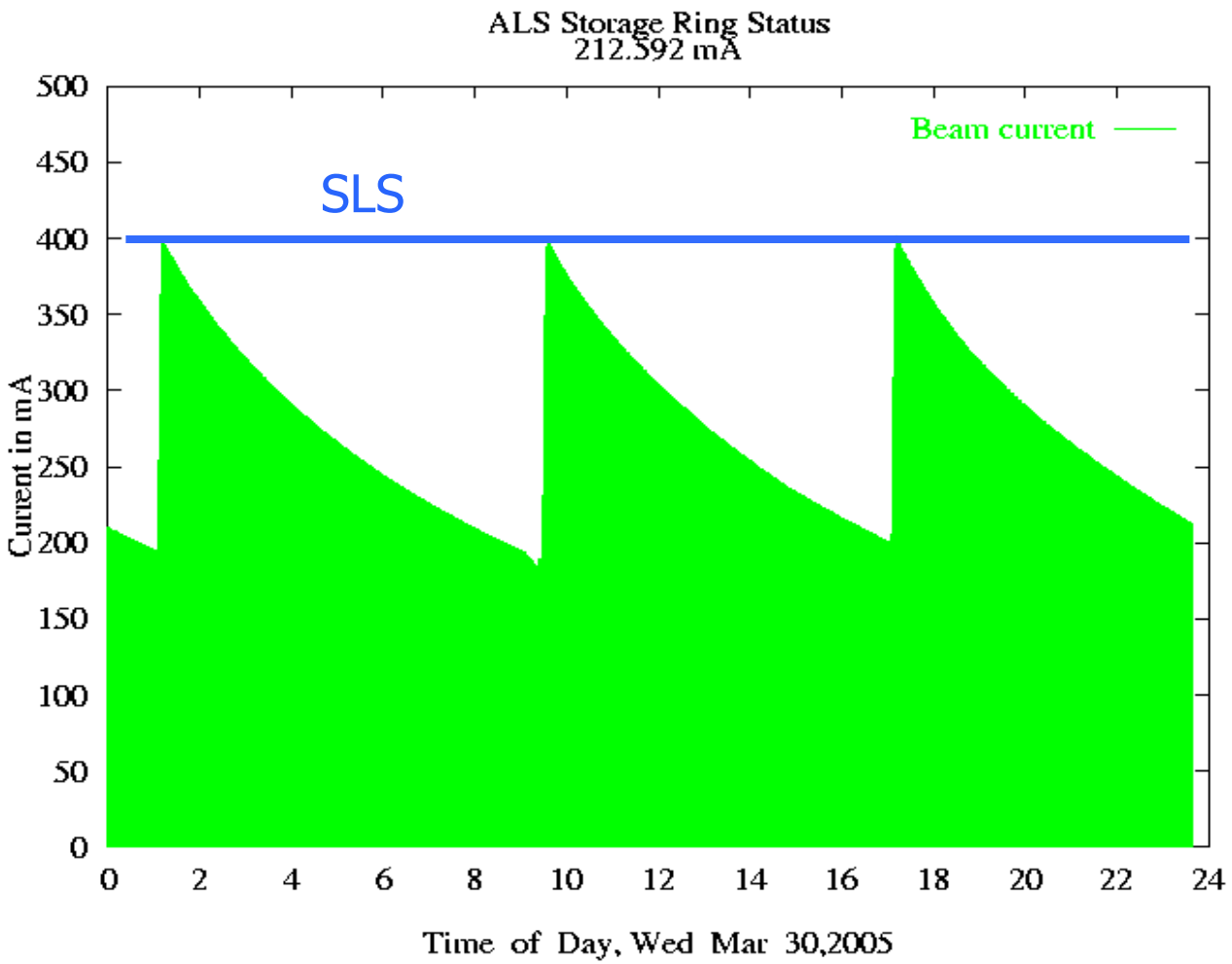
Flexibilität

- grosser Wellenlängenbereich
- Geraden von 4 m, 7 m und 11 m für optimale Anpassung der Undulatoren

Stabilität

- Trennung der Gebäudehülle vom Boden
- stabile Temperatur im Tunnel und in der Halle
- Positionierung der Magnete auf stabilen Stahlträgern
- Regelung der Strahlposition ,
  schnell (bis 100Hz) und genau (< 0.5 µm)
- konstanter Strahlstrom durch **top-up Injektion** (alle 2min)
  (konstante Wärmelast auf optischen Komponenten)

Lifetime vs. Top-up Injection



ALS (Berkeley , California):

Lifetime ~ 10 h ,

Refilling every 8 h

Current: **400 => 200 mA**

SLS (in 2006):

Lifetime ~8 h ,

not relevant !

top-up every 1.5 min.

Current: **401 => 400 mA**

Platzaufteilung im Speicherring

288m Umfang

- 36m Ablenkmagnete
  - 12 Dipole à 14^0
  - 24 Dipole à 8^0
- 172m Optik
  - 174 Quadrupole
  - 120 Sextupole
  - Diagnostik etc.
- 80m Geraden
  - 3 Gerade à 11.6m
  - 3 Gerade à 7m
  - 6 Gerade à 4m

Forschung mit Synchrotron-strahlung

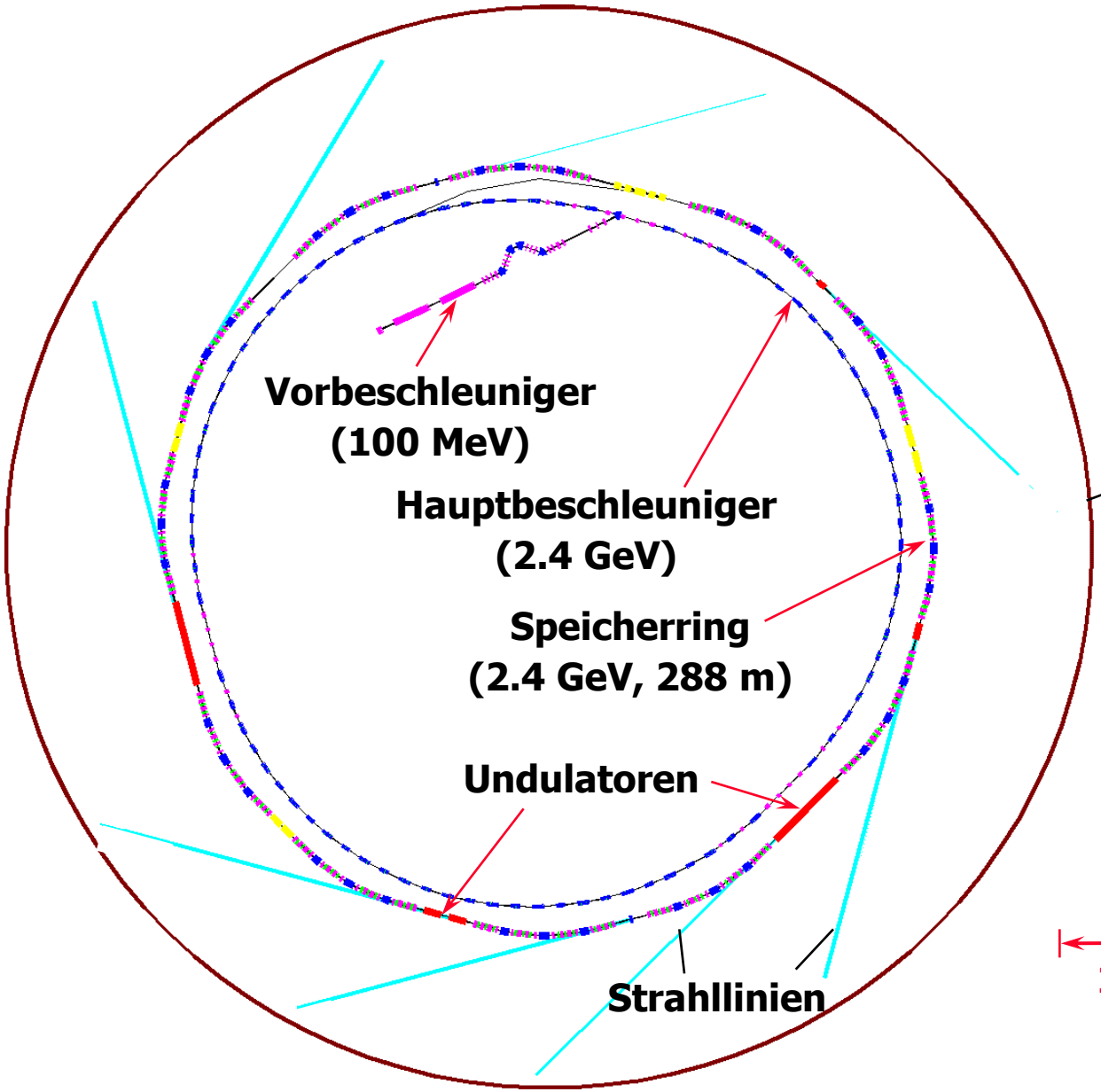
Röntgen-Analyse

- **Struktur von Biomolekülen (Proteine) => neue Arzneimittel**
- **neue Materialien, Nanostrukturen**
- **Mikro-Tomographie (3-dim. Rekonstruktion z.B. von biologischen Proben)**
- **Hochtemperatur Supraleiter**

Röntgen-Mikroskopie

- **kompakte magnetische Strukturen => Datenspeicher**
- **Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad**
- **spez. Oberflächen (Katalysatoren, minimale Reibung etc.)**
- **Nachweis von Spurenelementen auf Oberflächen => Schadstoff Analyse**

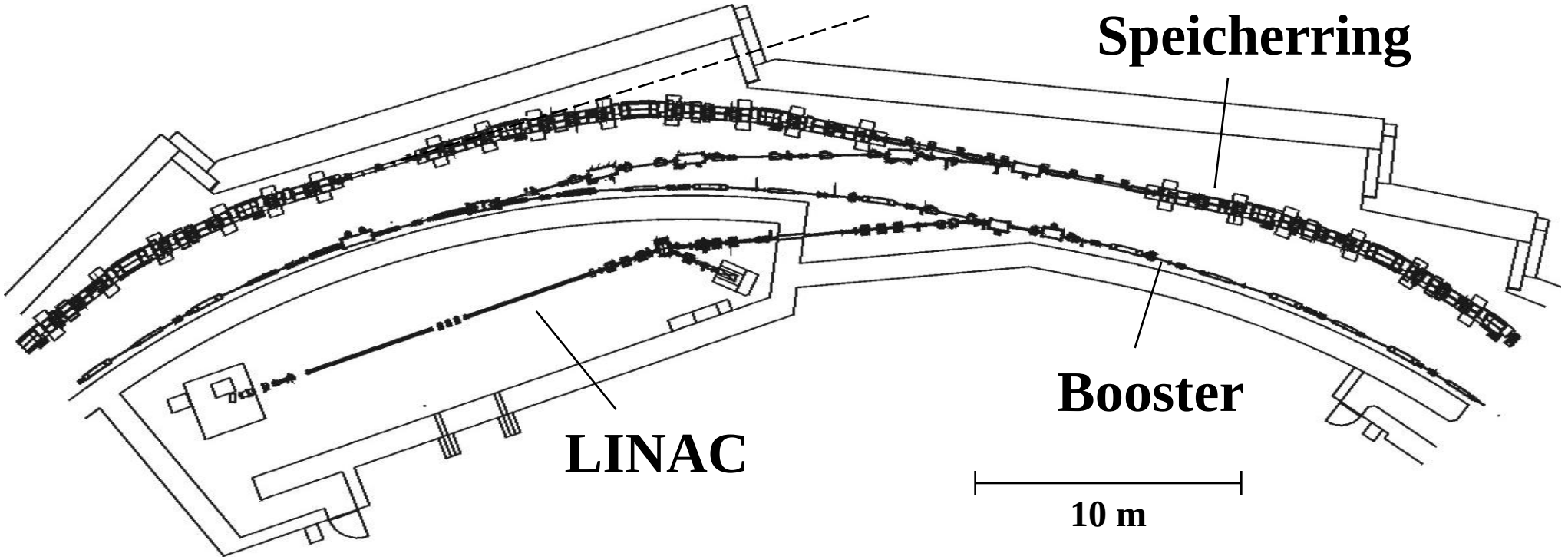
SLS Anlagen



Gebäude-durchmesser
140m

10m

Injektions Region



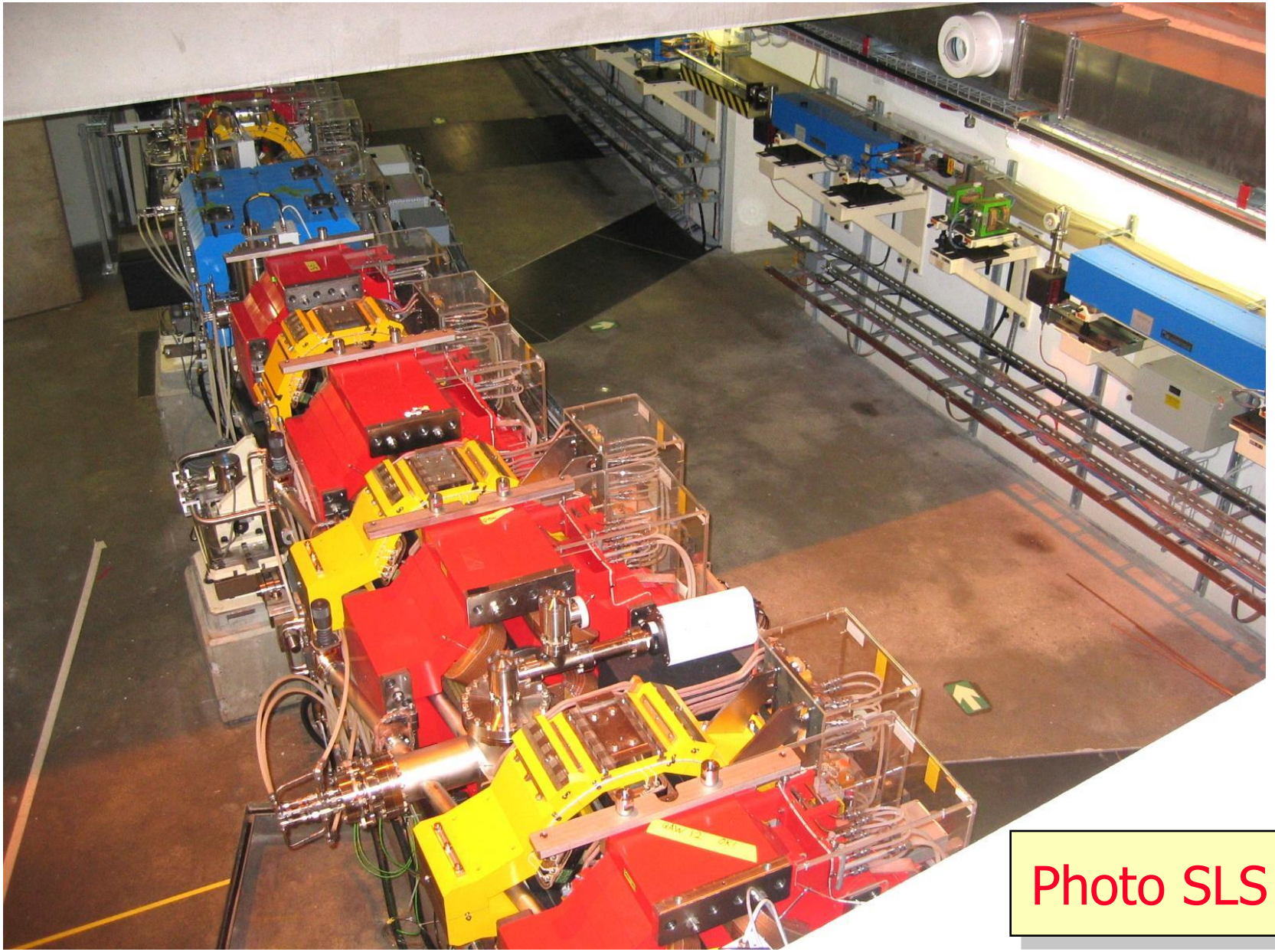
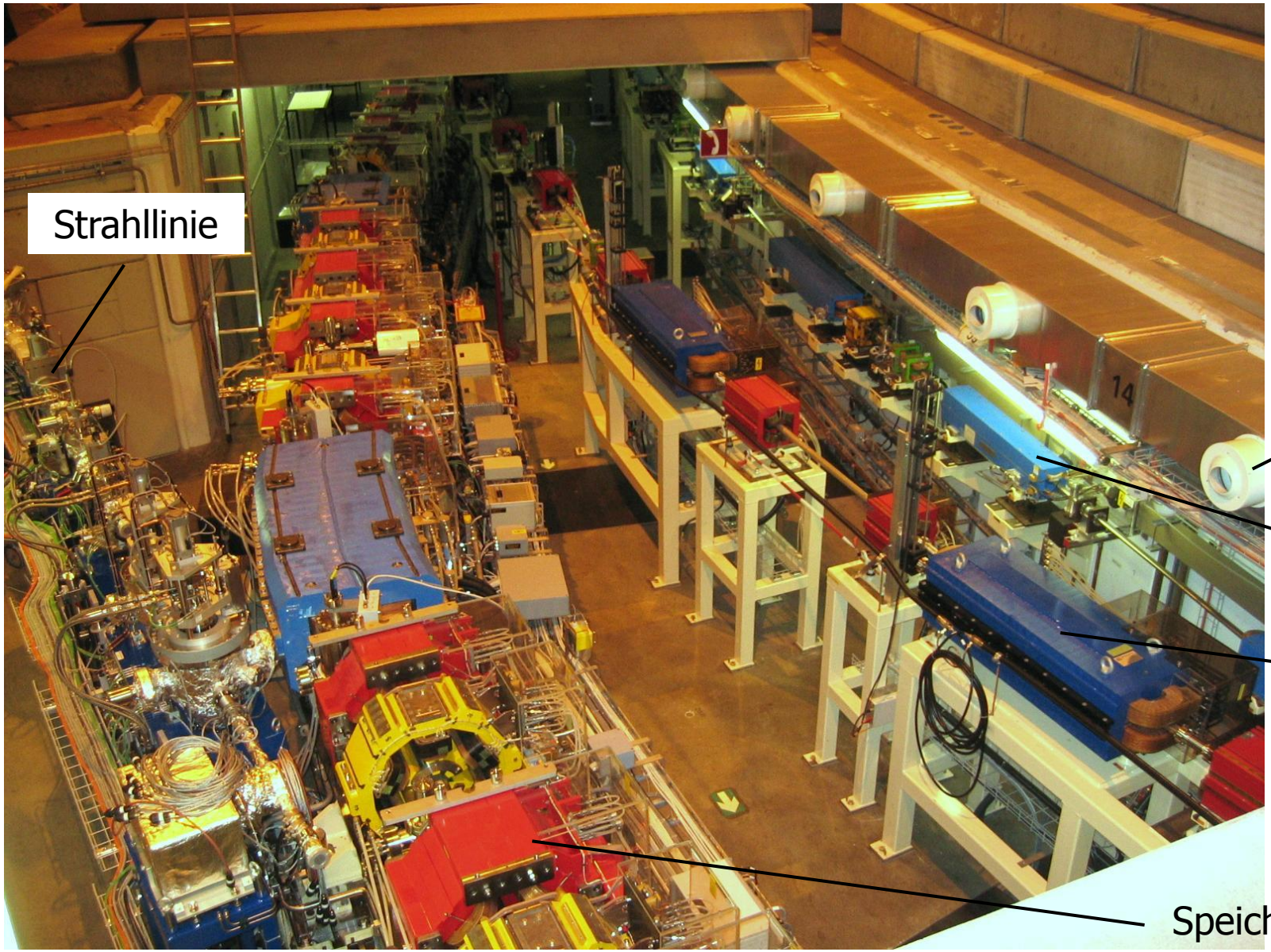
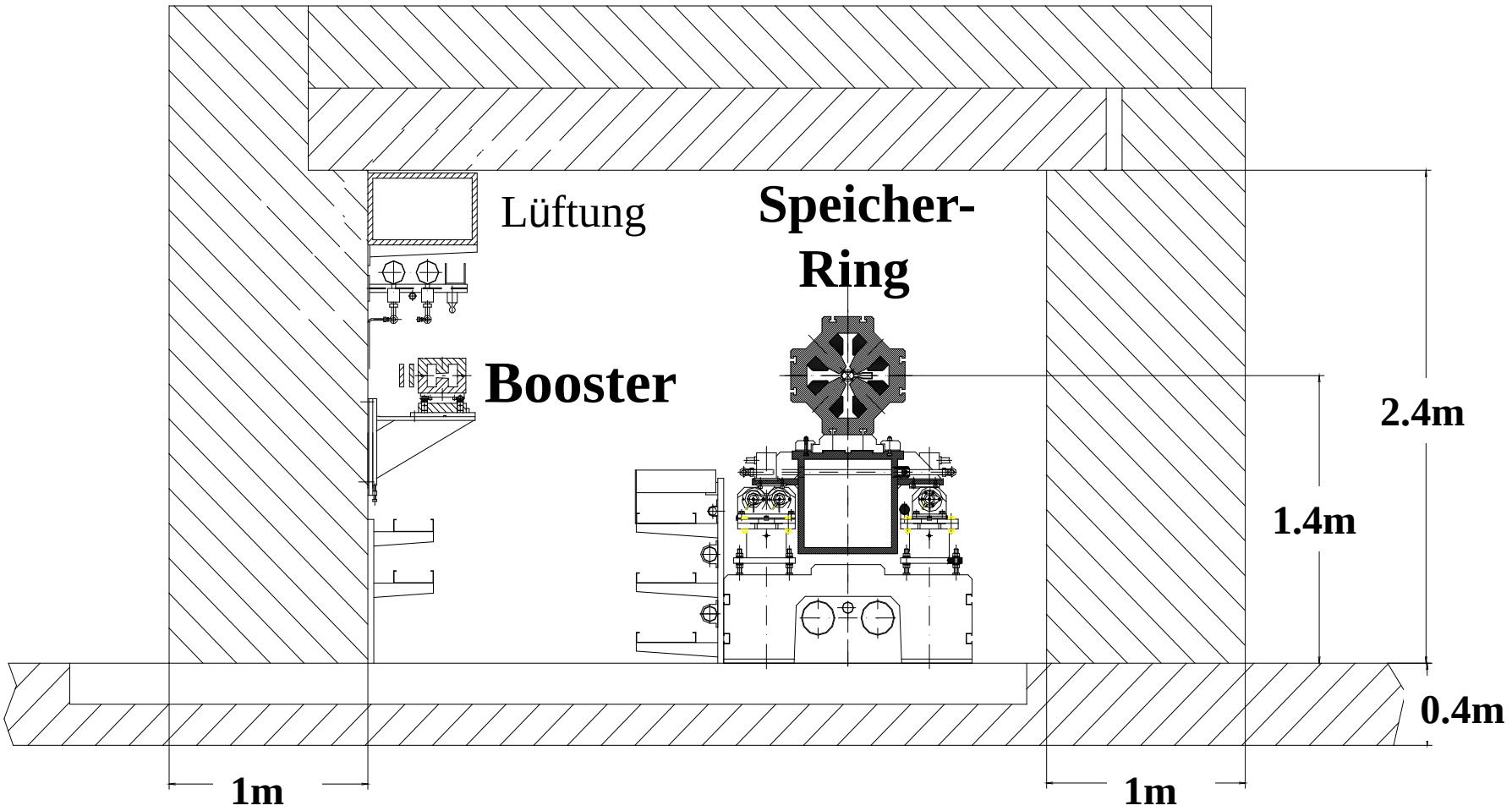


Photo SLS Tunnel

Photo Tunnel



SLS Tunnel



Strahllinien

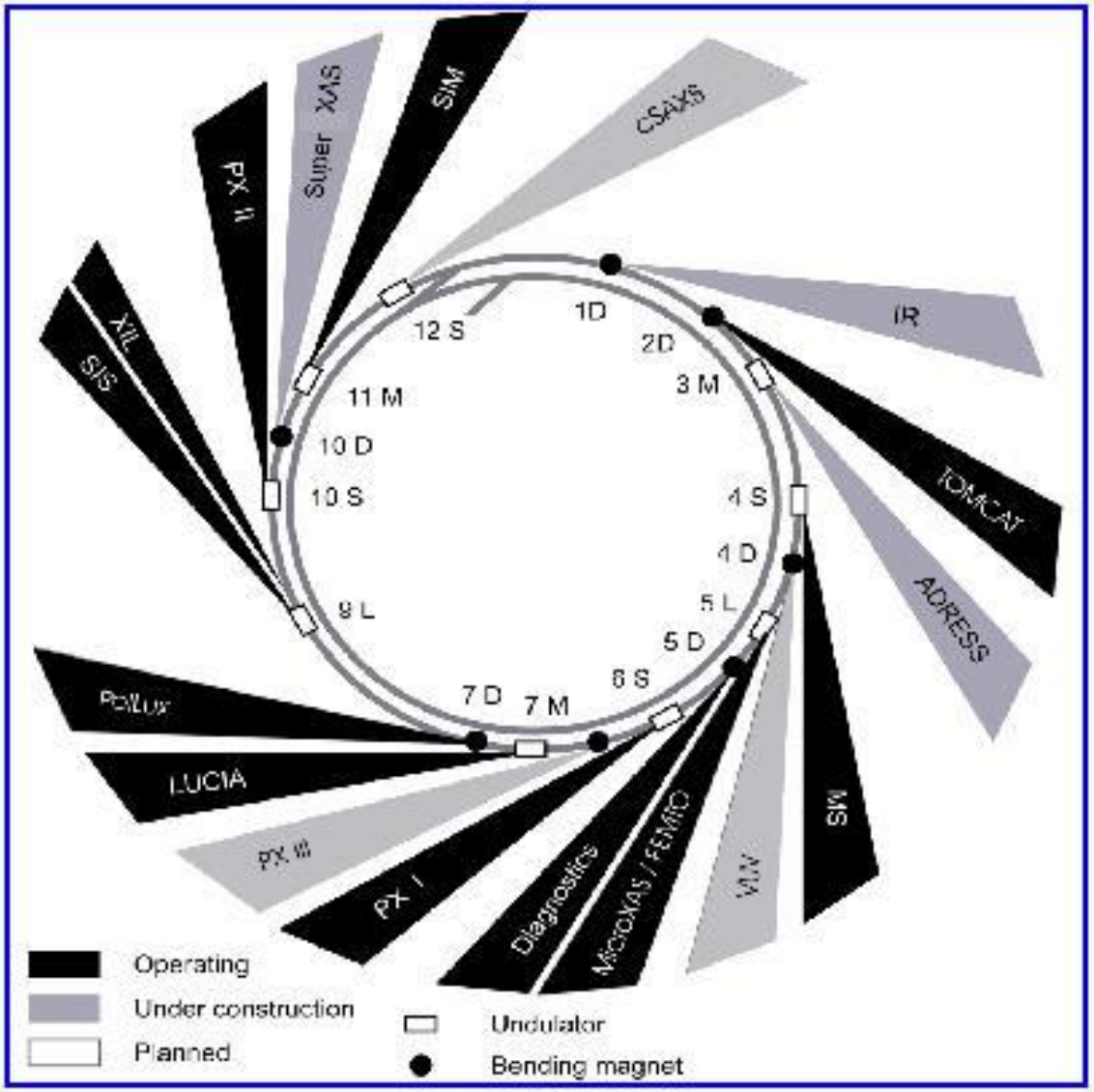
2008:

17 Strahllinien im Betrieb:

9 mit Undulatoren

5 mit Dipol als Quelle

3 mit Superbend als Quelle



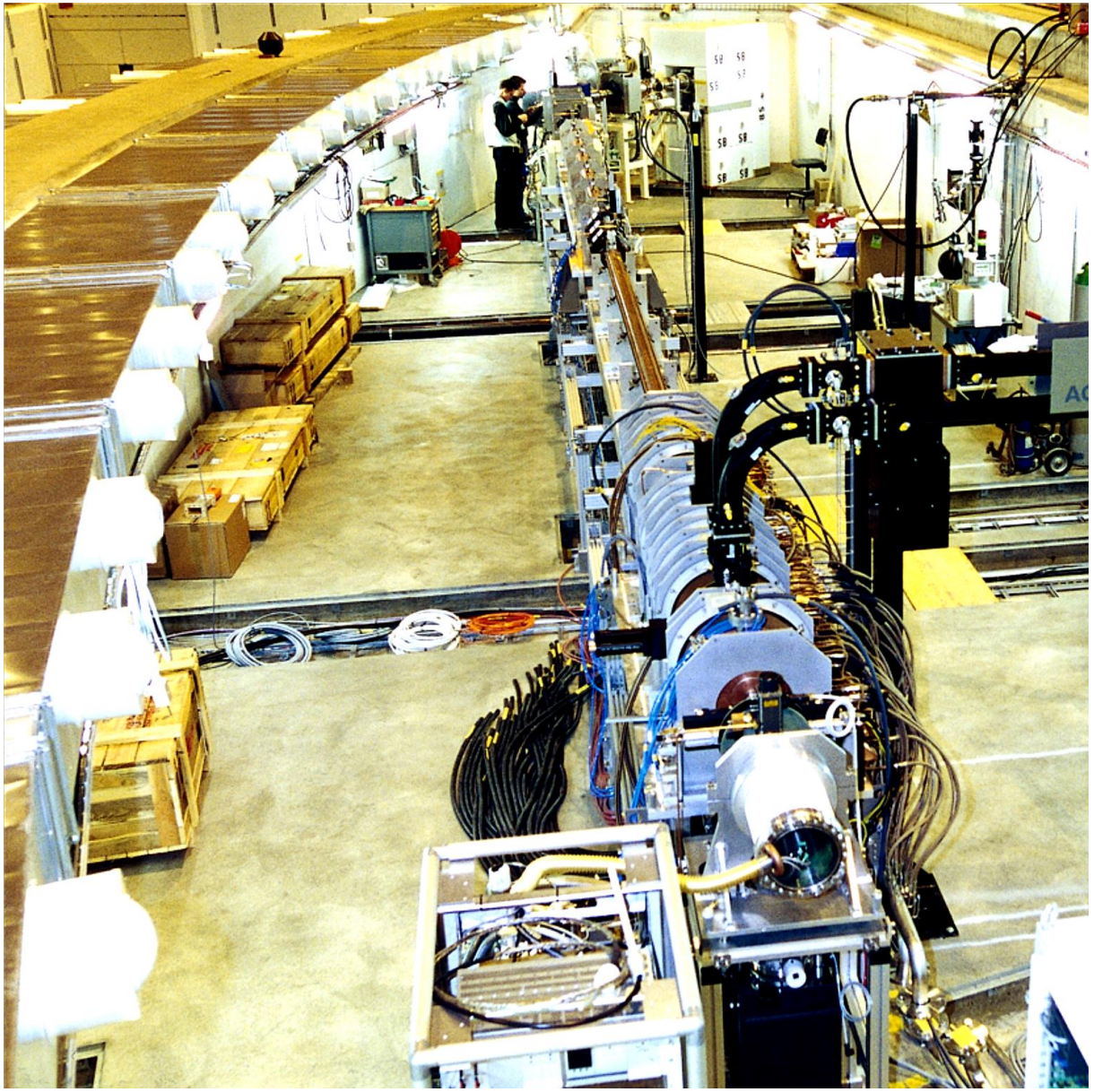
9 Strahllinien aus Undulatoren

No	Strahllinie	Quelle	Typ	Experimente
3M	ADRESS	UE44	APPLE	Advanced Resonant Spectroscopy
4S	MS	W61	Wiggler	Material Sciences
5L	Femto / μXAS	W138 / U19	Wiggler / In-Vac	Environmental/Material Science
6S	PX I	U19	In-Vac	Protein Crystallography
7M	LUCIA	UE54/Cavity	APPLE	Environmental/Material Science
9L	SIS	UE212	Twin ELM	Surfaces/Interfaces Spectroscopy
10S	PX II	U19	In-Vac	Protein Crystallography
11M	SIM	UE56	Twin APPLE	Surfaces/Interfaces Microscopy
12S	SAXS	U19	In-Vac	coherent small angle x-ray scattering

soft x-ray: flexible polarization
hard x-ray: small gap / small period, high harmonic operation

8 Strahllinien aus Dipolen

No	Strahllinie	Quelle	Experimente
1DC	IR	Dipol 1.4 T	Infrarot Spektroskopie
2DA	TOMCAT	Superbend 2.9T	Tomographie
4DB	VUV	Dipol 1.4 T	Verbrennungsreaktionen Analyse
5DA	OPTIK	Dipol 1.4 T	Test Optik Komponenten
5DB	DIAGNOSTIC	Dipol 1.4 T	Strahl Diagnostik
6DA	PX III	Superbend 2.9T	Protein Kristallographie
7DA	POLLUX	Dipol 1.4 T	Scanning Transmission X-ray Microscopy
10DA	SuperXAS	Superbend 2.9T	Absorptions Spektroskopie



Linac

Elektronenquelle 90 keV

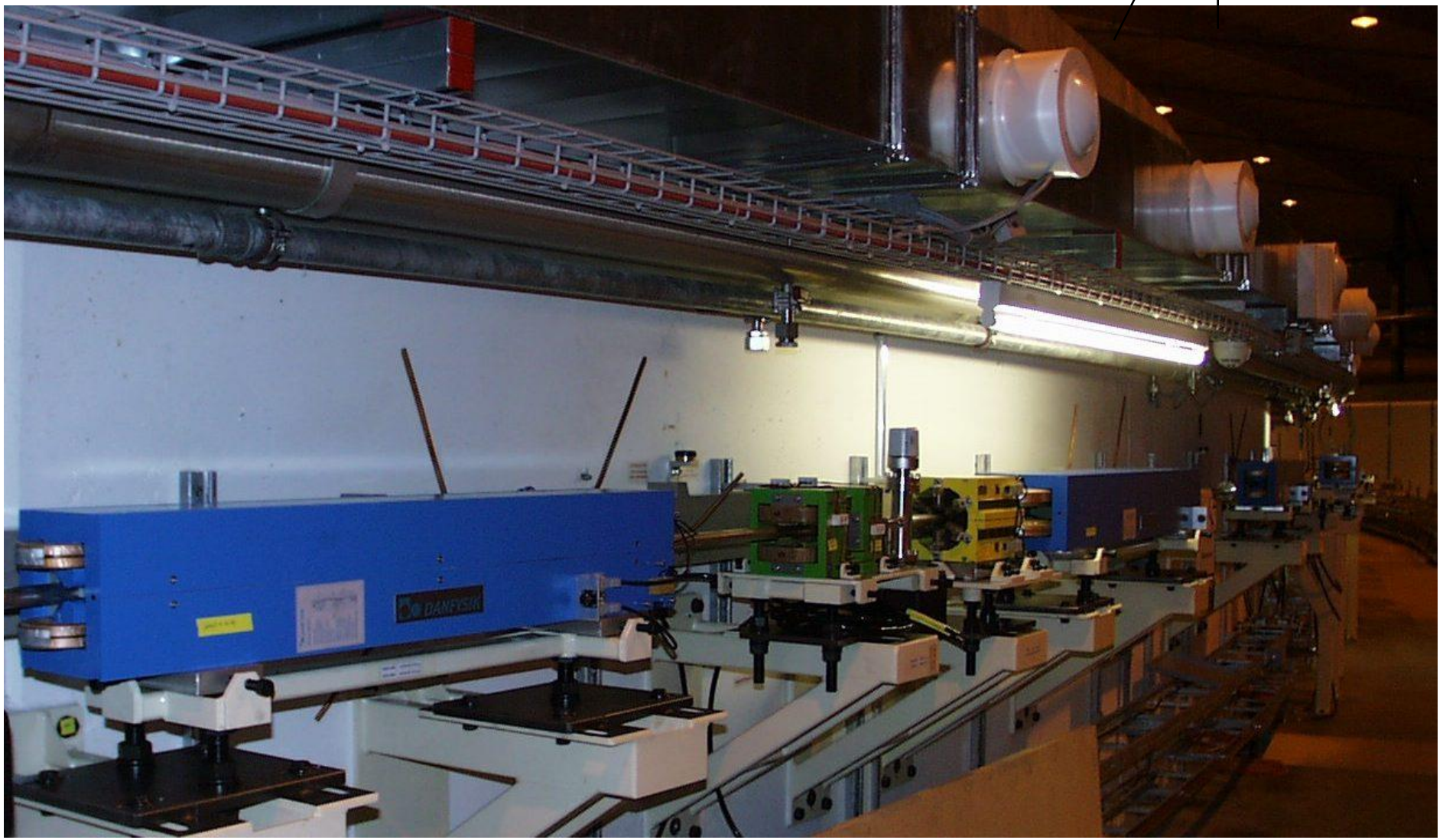
Linac (11m lang) 100 MeV

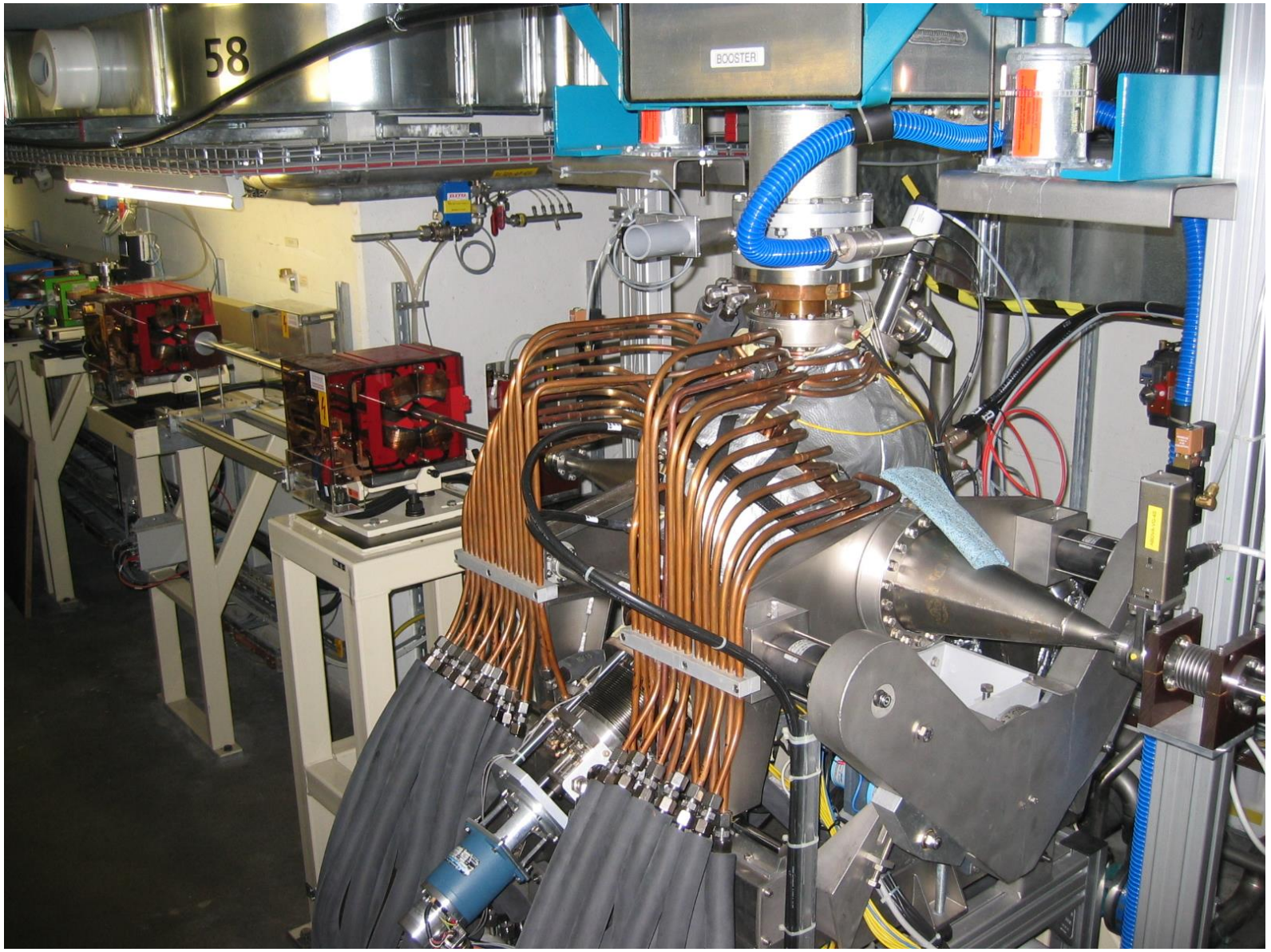
Booster Spezialität

- Booster im gleichen Tunnel wie Speicherring
- => grosser Umfang => kleine Emittanz
- effiziente Injektion in denSpeicherring, Füllen des Speicherrings in 6 min.
- kompakte, ökonomische Magnete
- einfache Vakuumkammer (30 x 20 mm)

- Top-up Injektion
- kurzes Nachfüllen alle 3 min. => Strahlstrom konstant
- => stabile Temperaturen auf optischen Komponenten
- Energieverbrauch < 20 kW

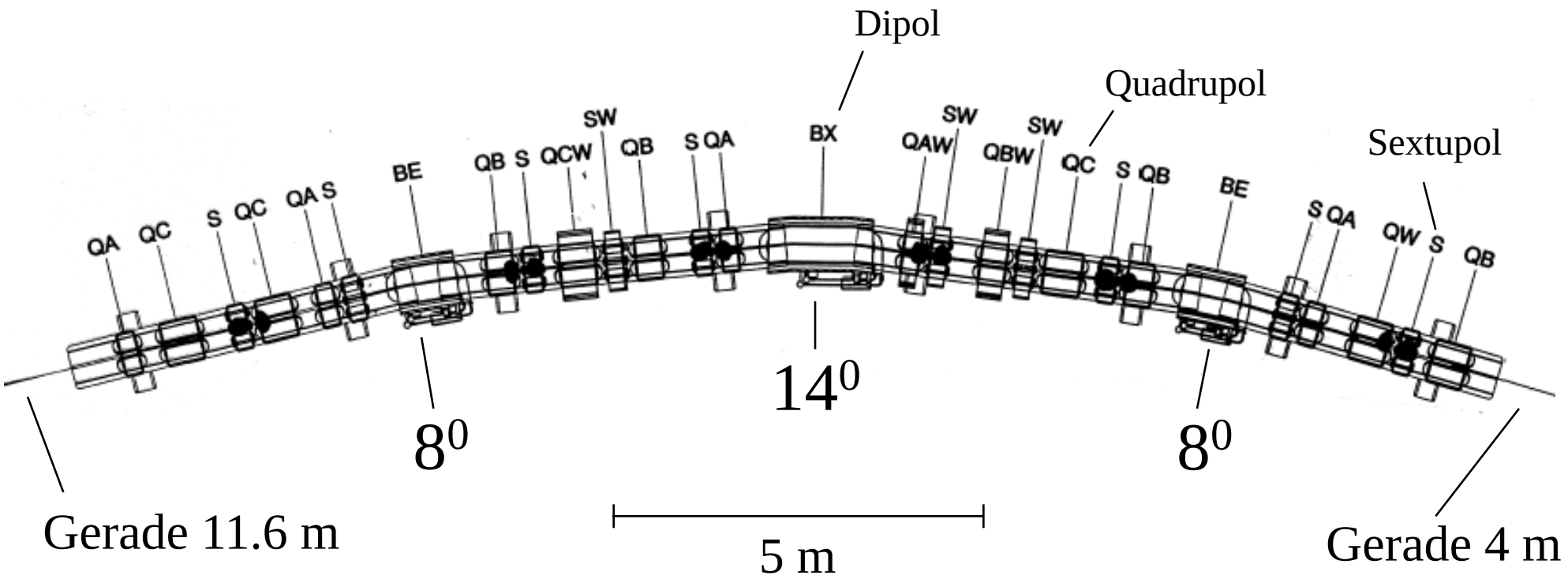
Booster





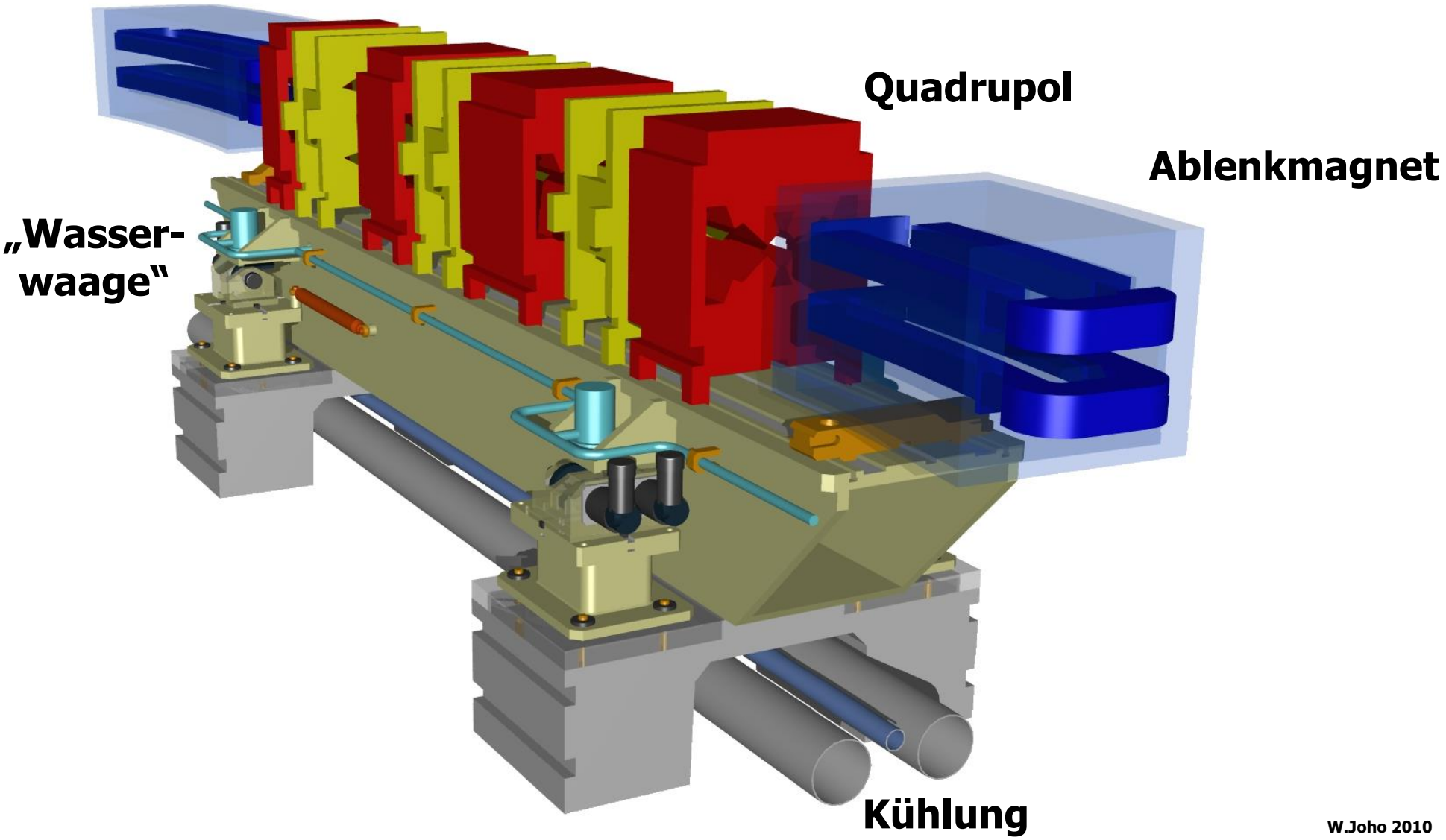
Booster cavity

SLS 30^0 Bogen

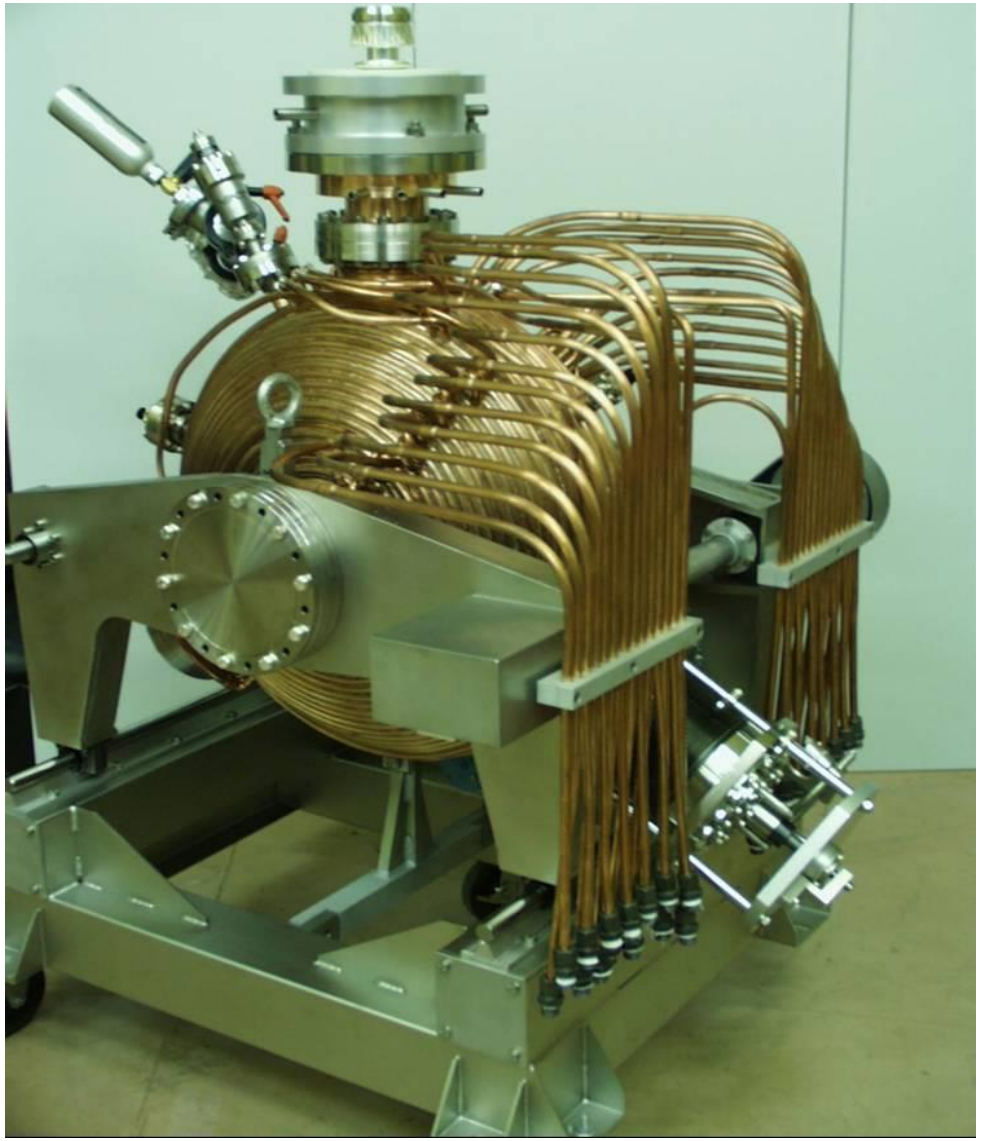


Magnetkonfiguration: „TBA-lattice“ (Triple Bend Achromat)

SLS Girder



Hochfrequenz-Kavität



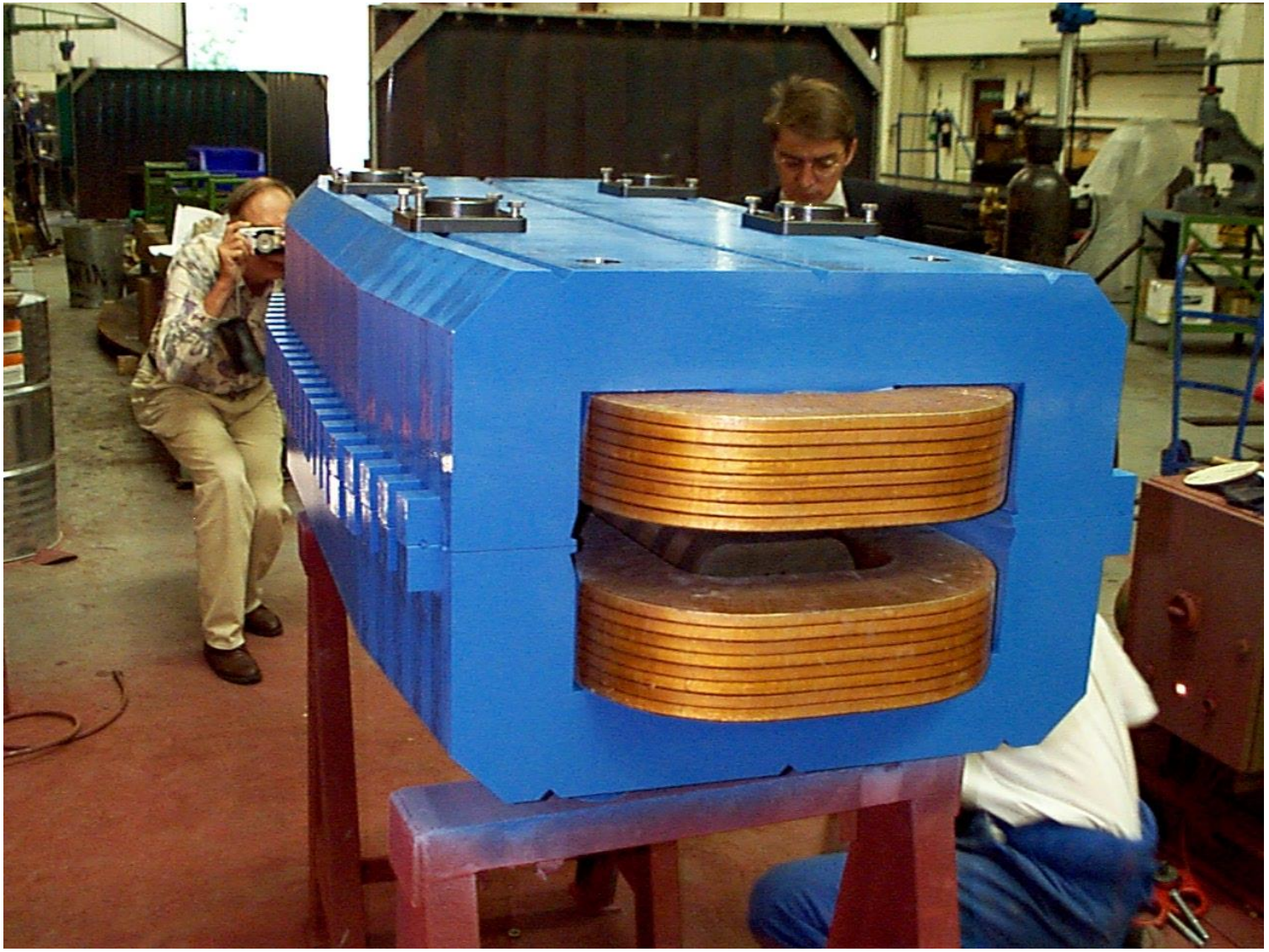
Elektronen erzeugen Röntgenstrahlen mit einer Leistung von 200 kW

Diese Leistung wird von den HF Kavitäten nachgeliefert

(Kavität = Hohlraumresonator aus Kupfer, Frequenz 500 MHz)

4 Kavitäten im Speicherring,
1 Kavität im Booster

600 kV Spannung,
55 kW Verlustleistung



Dipol-Magnet

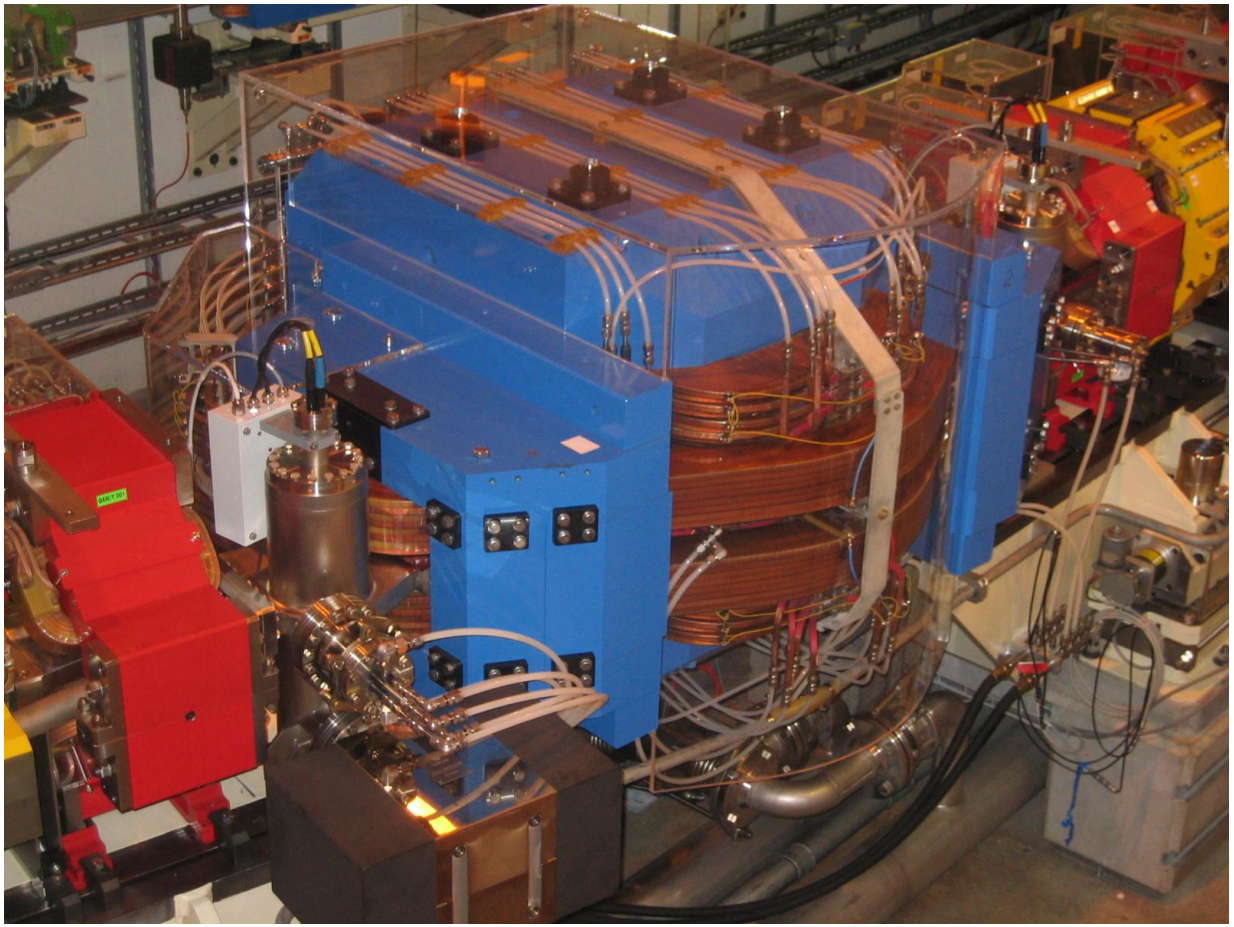
Ablenkung 14^0

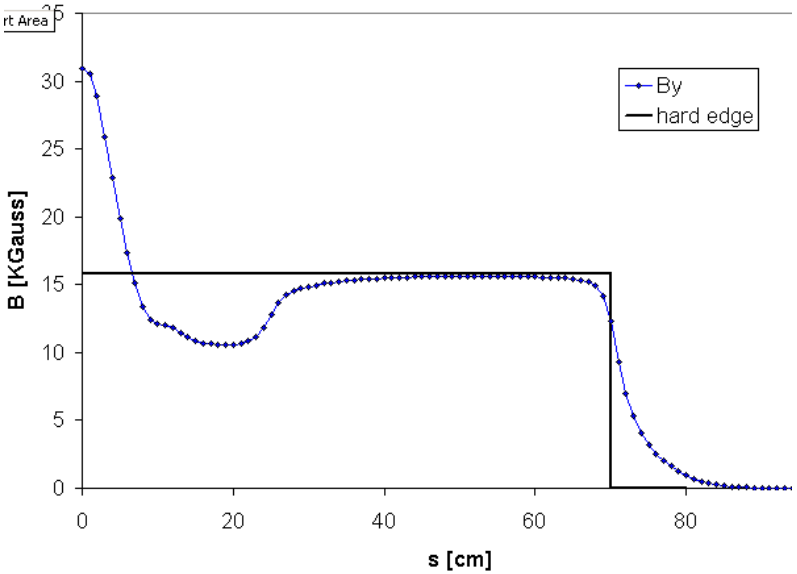
Magnetfeld 1.4 T

Länge 1.4m

Gewicht 3 Tonnen

Superbend





Ablenkmagnet 14^0

Zentrumskegel 3 T

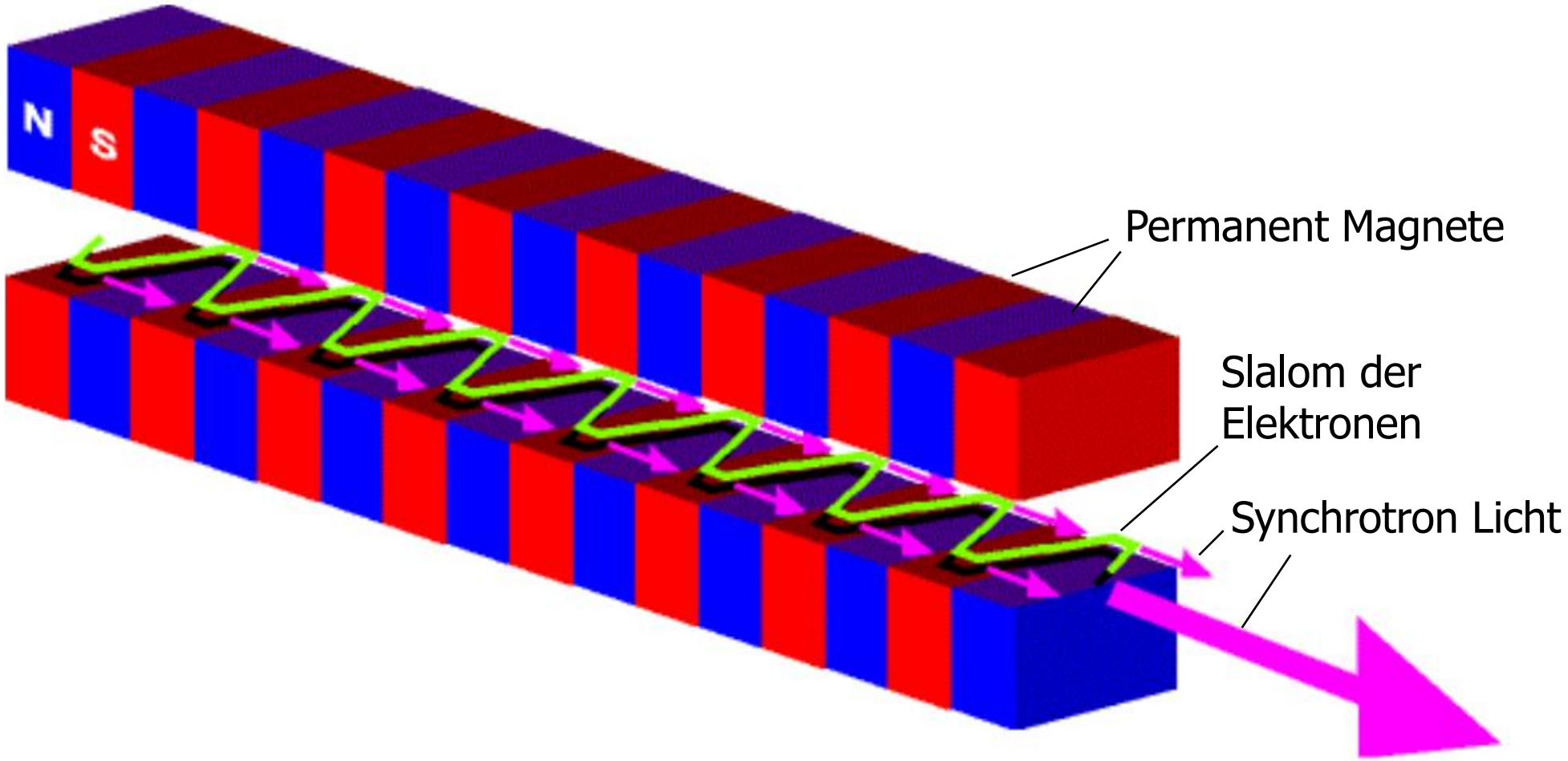
Kritische Energie = 11.5 keV

End Regionen 1.5 T

Beschleuniger Komponenten

- 600 Magnete
- 300 Vakuumpumpen
- 150 Strahlmonitore
- 5 Hochfrequenz Kavitäten
- 600 m Vakuumrohre
- 50 km Leistungskabel
- 500 km Signalkabel
- 3 MW Leistungsbedarf

Slalom im Undulator



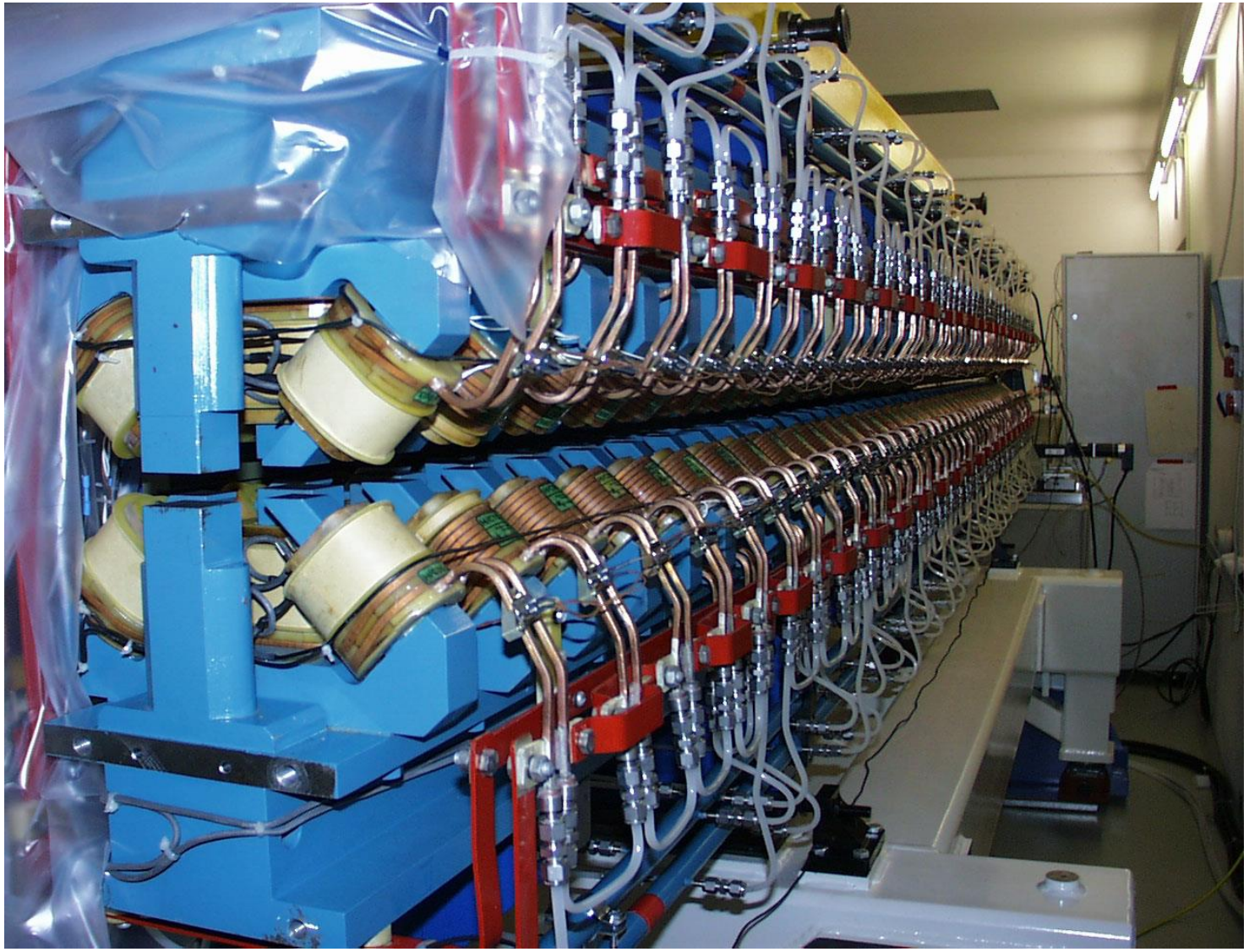
Undulator UE56

Permanent Magnete

62 Perioden à 56mm

helikale Felder geben zirkulare und lineare Polarisation

Undulator UE212

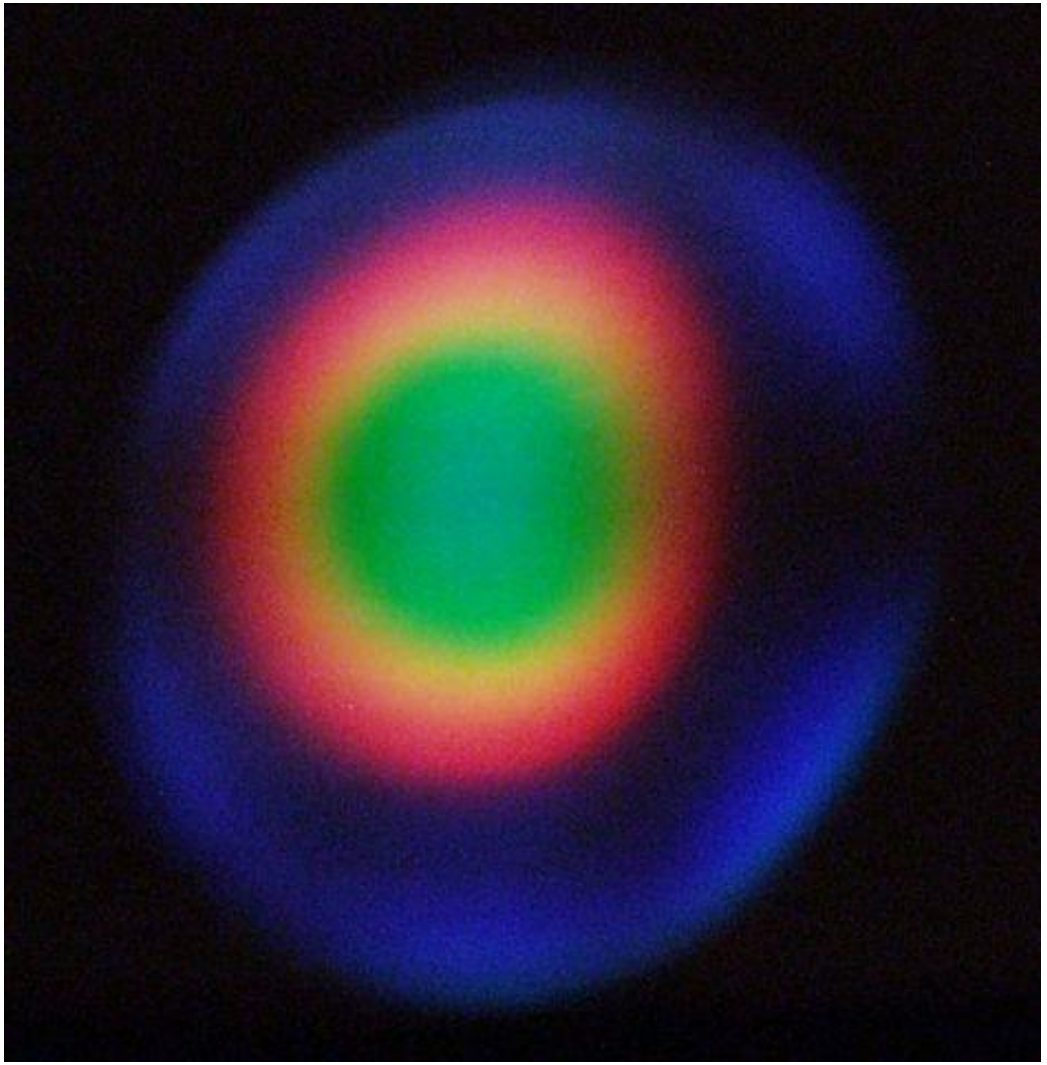


Elektromagnete

2*21 Perioden à 212mm

helikale Felder geben zirkulare und lineare Polarisation

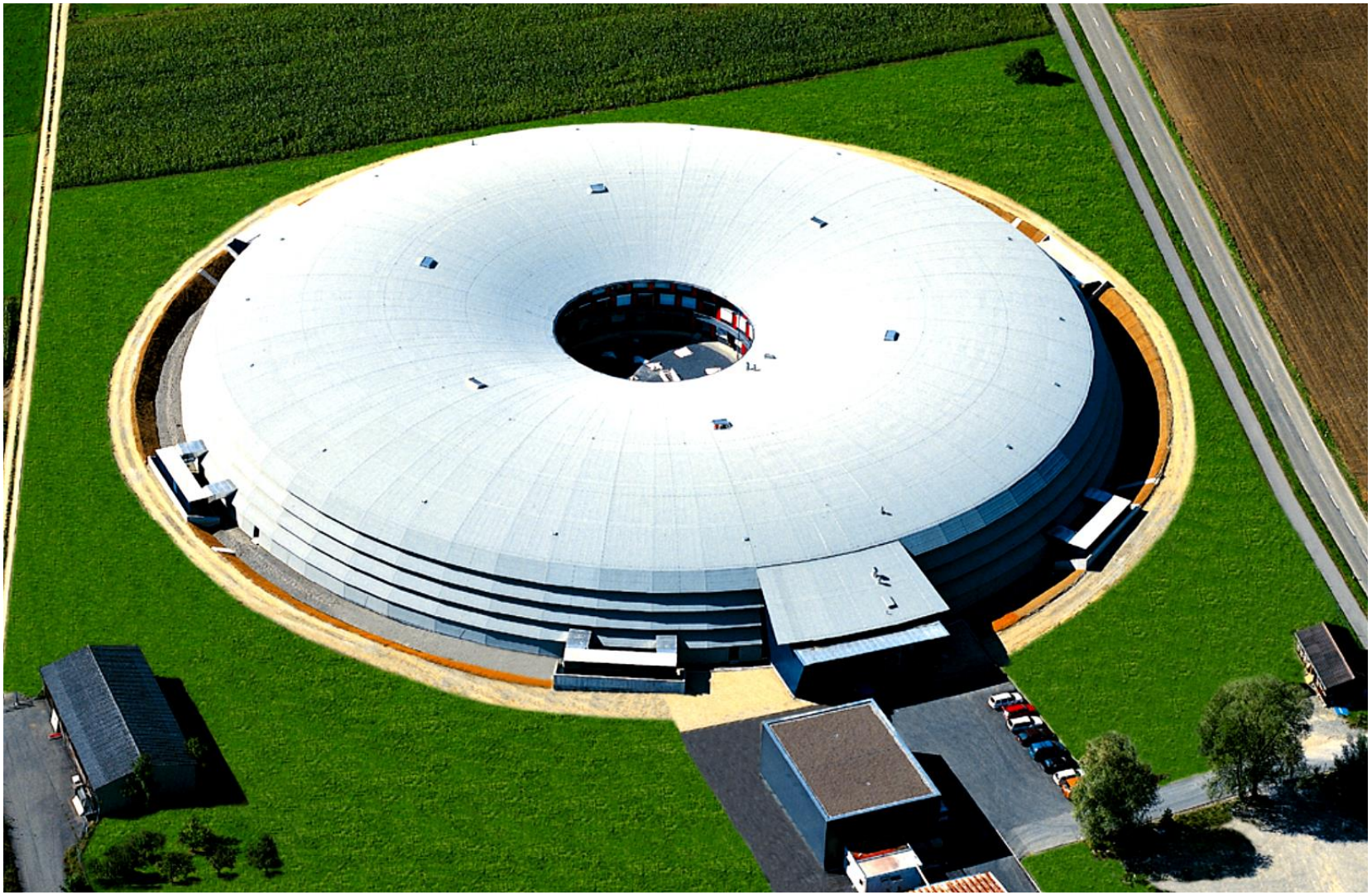
Light Cone



Light Cone from Wiggler W138

1. harmonic, K=18 (B=1.4 T)

SLS Photo

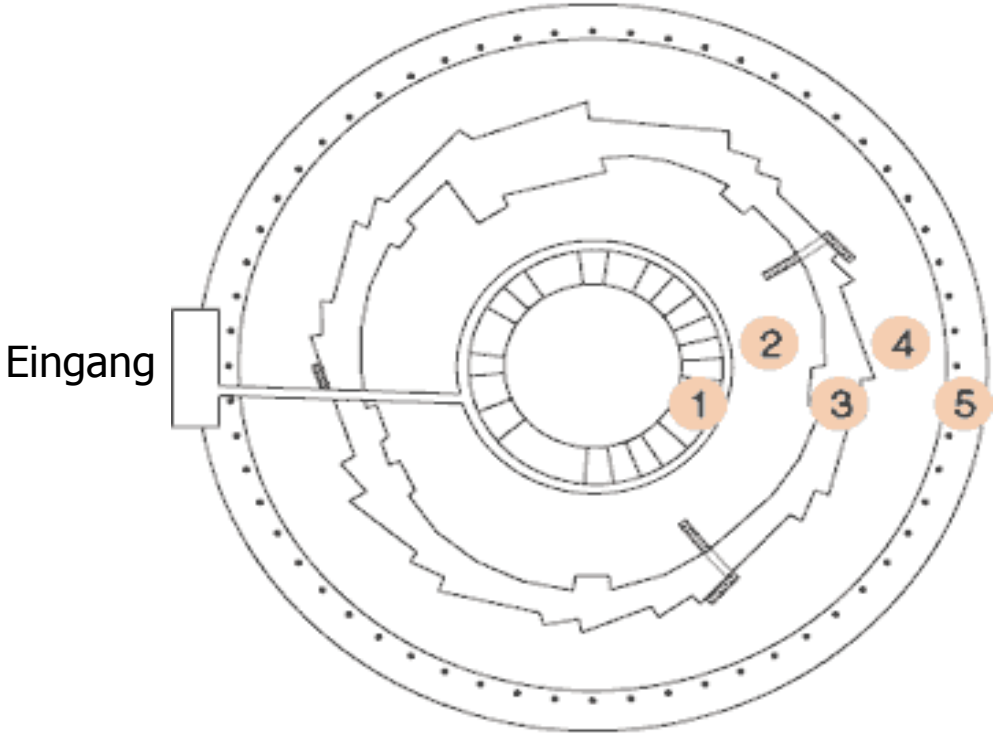


SLS Panorama

architektonisch ein Kunstwerk !

Architektenteam aus Bern
(Marchand, Jöhri, Gartenmann)

Gebäude Konzept



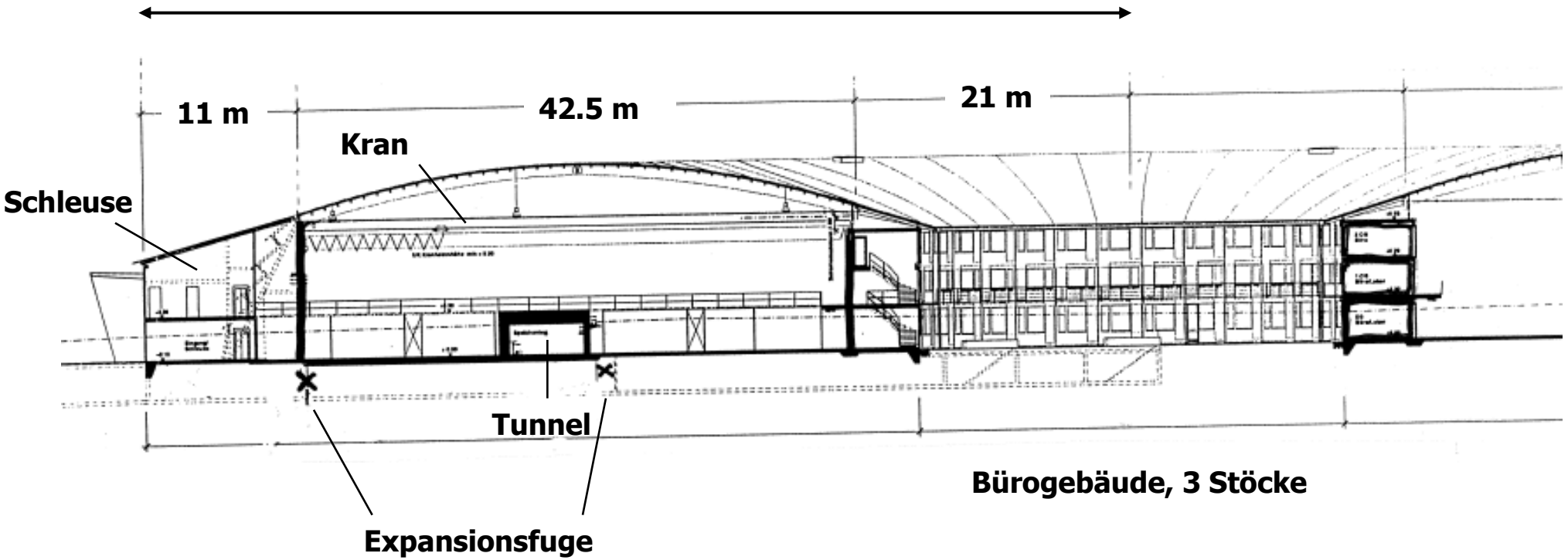
- Trennung: Gebäudehülle / Hallenboden
- separates Ringfundament (40 cm) für Tunnel und Strahllinien (Zonen 3, 4)
- sehr stabile Temperaturen in Tunnel und Halle

=> stabile Bedingungen für Elektronenstrahl und Strahllinien

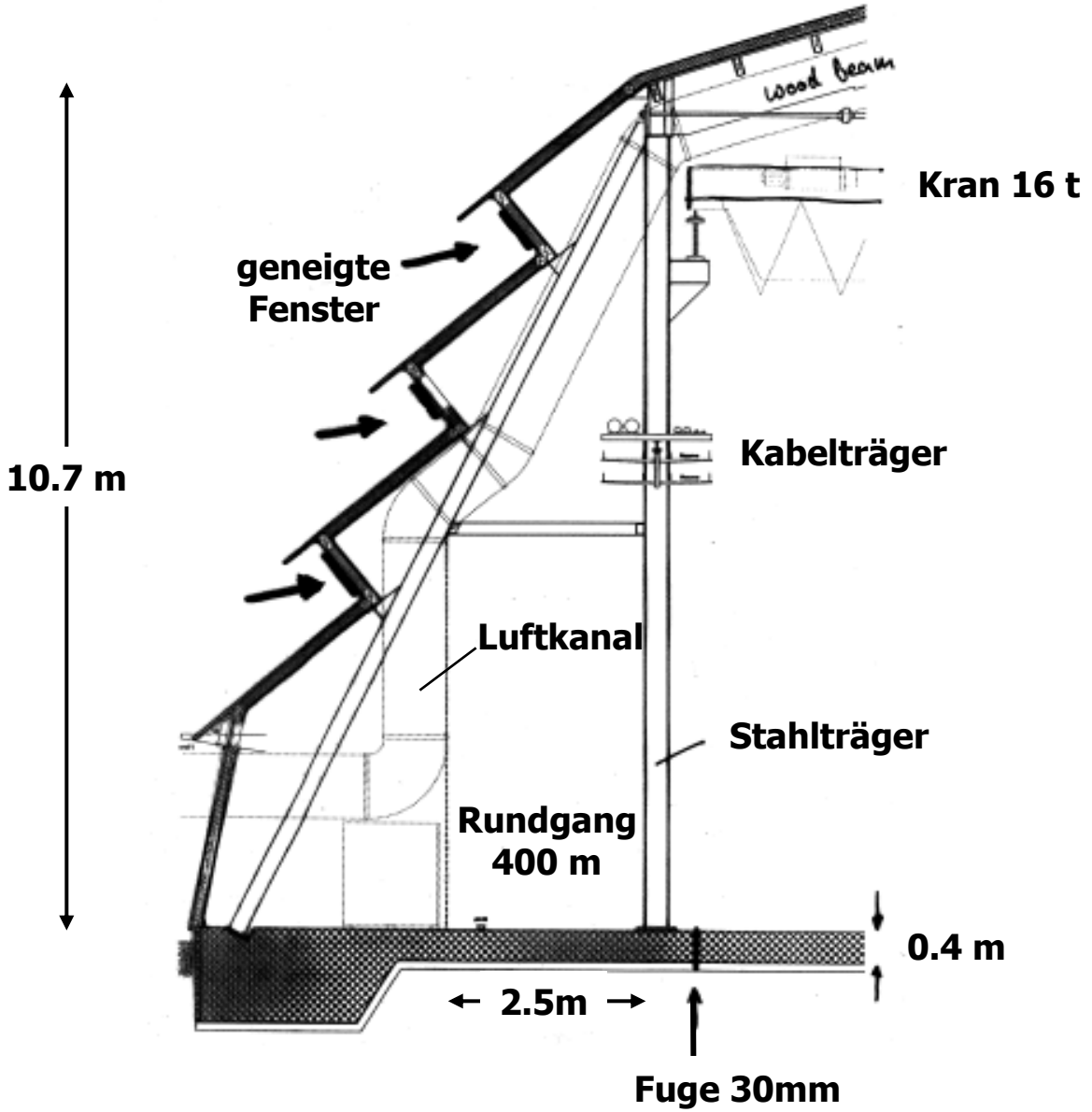
Zonen:

1. Bürogebäude (3 Geschosse)
2. Technische Galerie
3. Tunnel (Speicherring, Linac und Booster)
4. Areal für Strahllinien
5. Aussenring (60 Säulen und Lüftungssystem)

SLS Gebäude Querschnitt



Querschnitt SLS Peripherie



SLS Gebäude Parameter

Durchmesser aussen	138 m
Höhe	14.3 m
überdachte Fläche	14’000 m^2
Säulen, Dachträger	60 Stück
Spannweite Dachträger	43 m
Kran	16 t
Umfang Speicherring	288 m
Tunnel, lichte Höhe	2.4 m
“Rennstrecke” für Gabelstapler	400 m!

Bürogebäude Innenring:

3 Stockwerke mit Büros für 80Personen, Kontrollraum, Labors

Gebäude Spezifikationen

- Untergrund: Schotter
  keine Aufschüttungen!
  Grundwasser in 12m Tiefe
- separates Ringfundament (40 cm dick)
  für Tunnel und Strahllinien
- differentielle Setzungen: < 0.2 mm/Jahr über 10 m
- Toleranz für Vibrationen: < 0.5 µm (bis 50 Hz)
- Schuppenfassade mit geneigten Fenstern
  => nur indirektes Sonnenlicht

Strahlungsbilanz

natürlicher Untergrund

- Villigen : $\approx$ 800 μSv/Jahr

  (Davos , Locarno : $\approx$ 1‘500 μSv/Jahr)
- Körper intern (K^{40} etc.) $\approx$ 200 μSv/Jahr
- medizin. Anwendungen: $\approx$ 1’000 μSv/Jahr
- 8 Stunden Flug: $\approx$ 200 μSv

Toleranz für die SLS

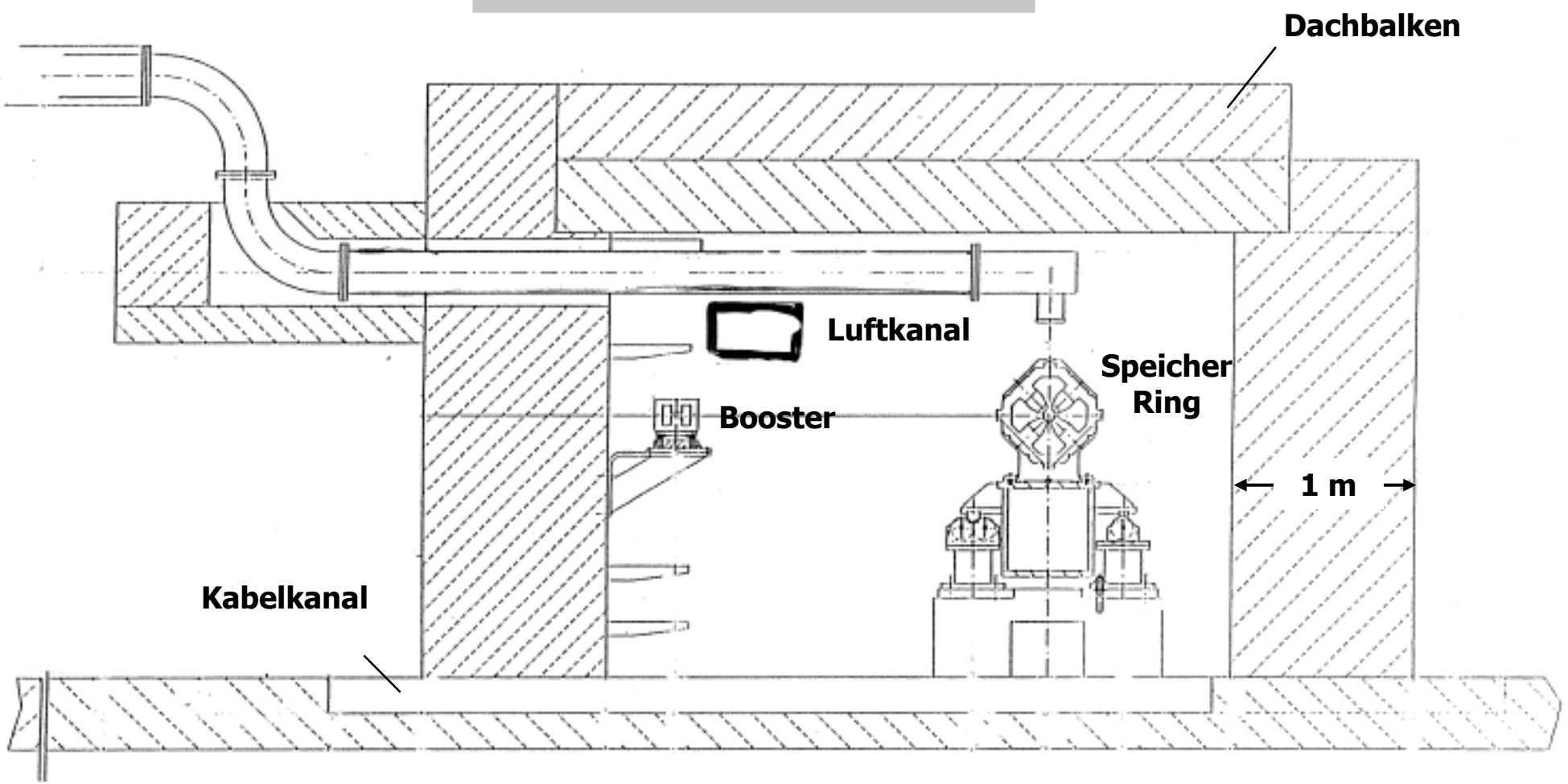
- ausserhalb PSI : $<$ 50 μSv/Jahr
- im SLS Gebäude: $<$ 1000 μSv/Jahr

Abschirmung der Beschleuniger

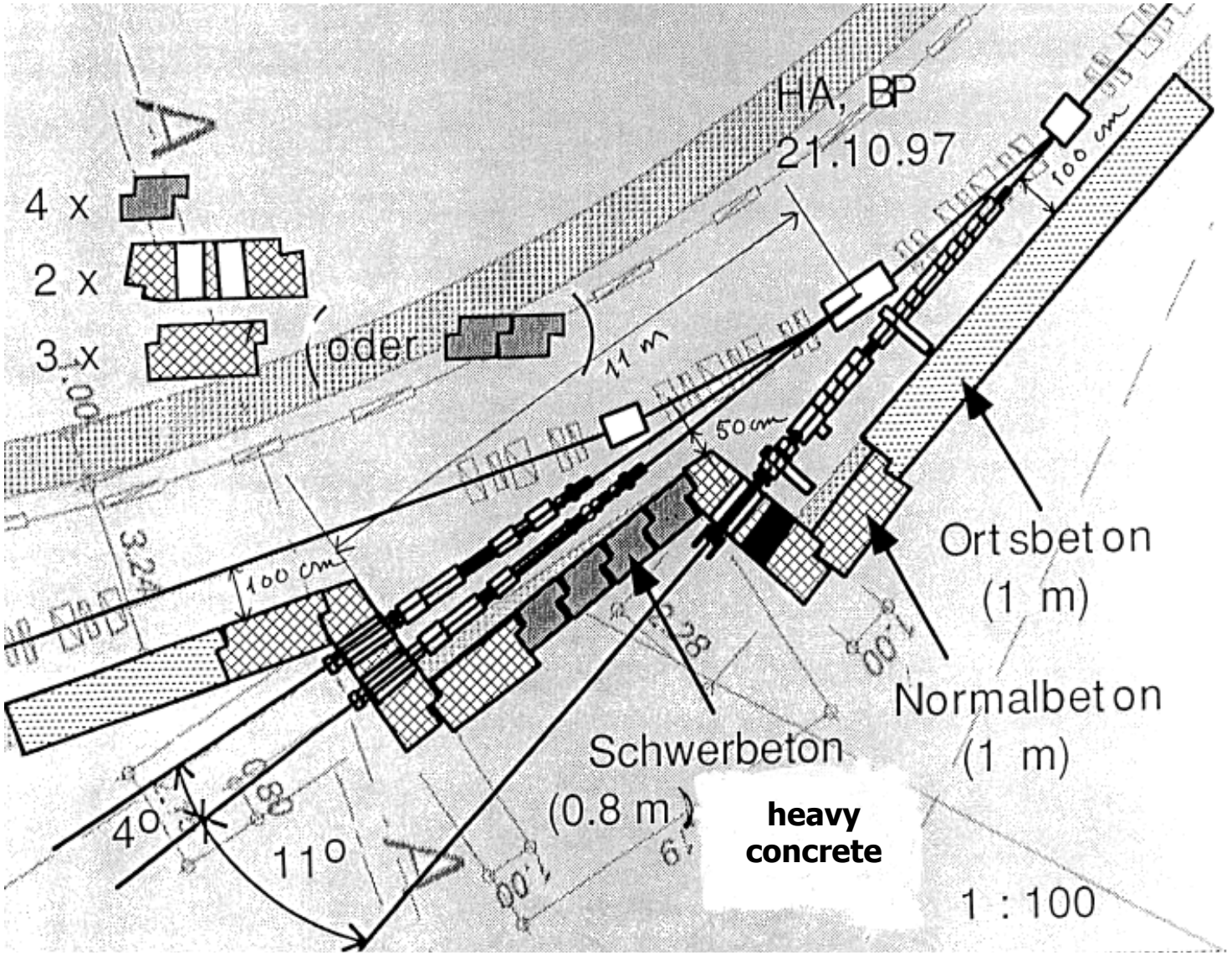
- Tunnelwände : 1.0 - 1.3 m
- Tunneldach : 2 Betonbalken à je 0.4 m

Holzdach SLS

Tunnel mit RF Transmissionslinie



Beton Abschirmung



Temperatur-Stabilität

=> sehr wichtig für stabile Strahlen !

Tunnel

$25^0 \pm 0.03^0$

- Luftumwälzung: 5 Einheiten à 6'000m^3/h
- 150 Düsen für stabile Luftdurchmischung
- 40kW Kühlleistung, 90kW Heizleistung

Halle

$24^0 \pm 0.3^0$ (Sommer und Winter)

- Luftumwälzung: 6 Einheiten à 50'000m^3/h
- 800kW Kühlleistung
- Quell-lüftung auf 55% des Gebäude-umfangs

Kontrolle der Hallentemperatur

Kühlung: 6 Anlagen à 50'000 m^3/h
Quell-lüftung auf 230m verteilt (=55% des Gebäude-umfangs)
Kühlkapazität ca. 800 kW (120 kW / ^{0}C)
Stabilität: $\Delta T \approx \pm 0.2^0$ C

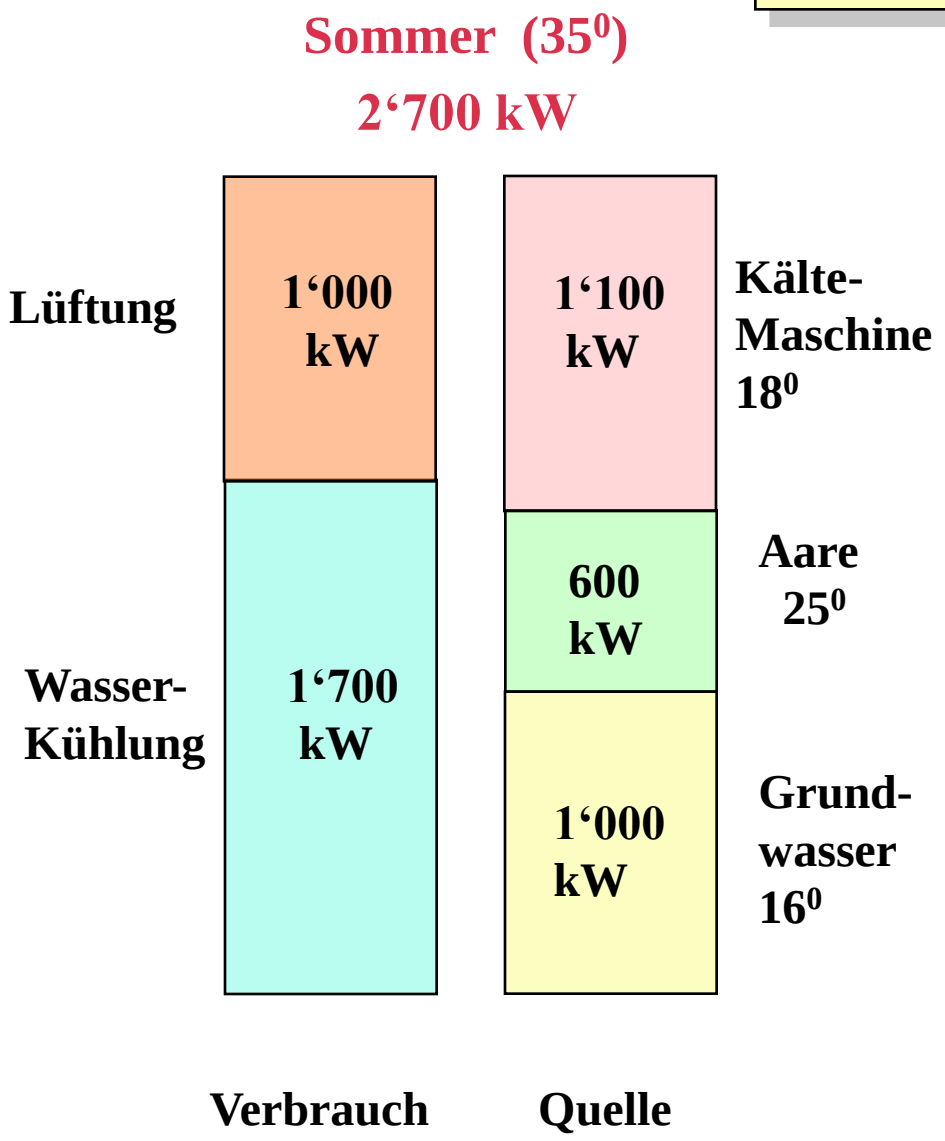
Erwärmung der Luft : Beschleuniger-anlagen „aus“ : 250 kW
Beschleuniger-anlagen „ein“ : 700 kW

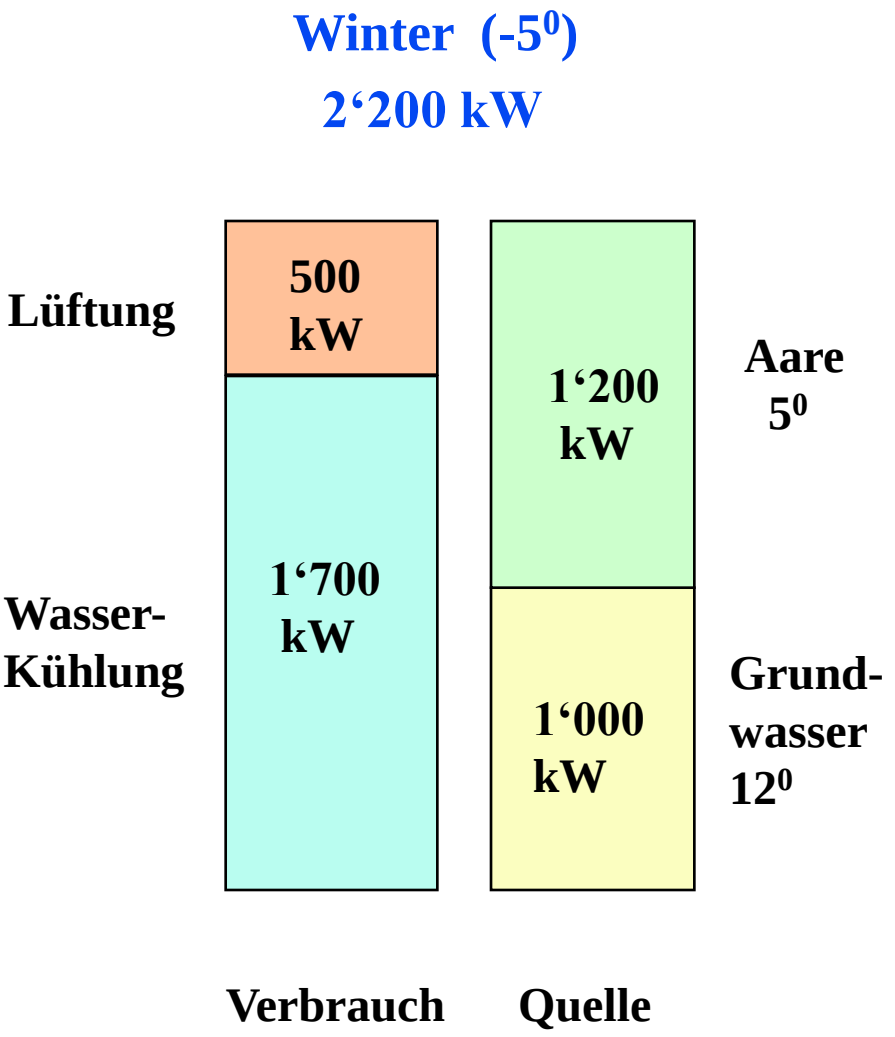
Wärmeverluste im Winter (-10° aussen, +24° innen) :

Dach, Wände und Boden :	200 kW
Fenster, Türen :	30 kW
minimaler Frischluftaustausch :	10 kW
Total	240 kW

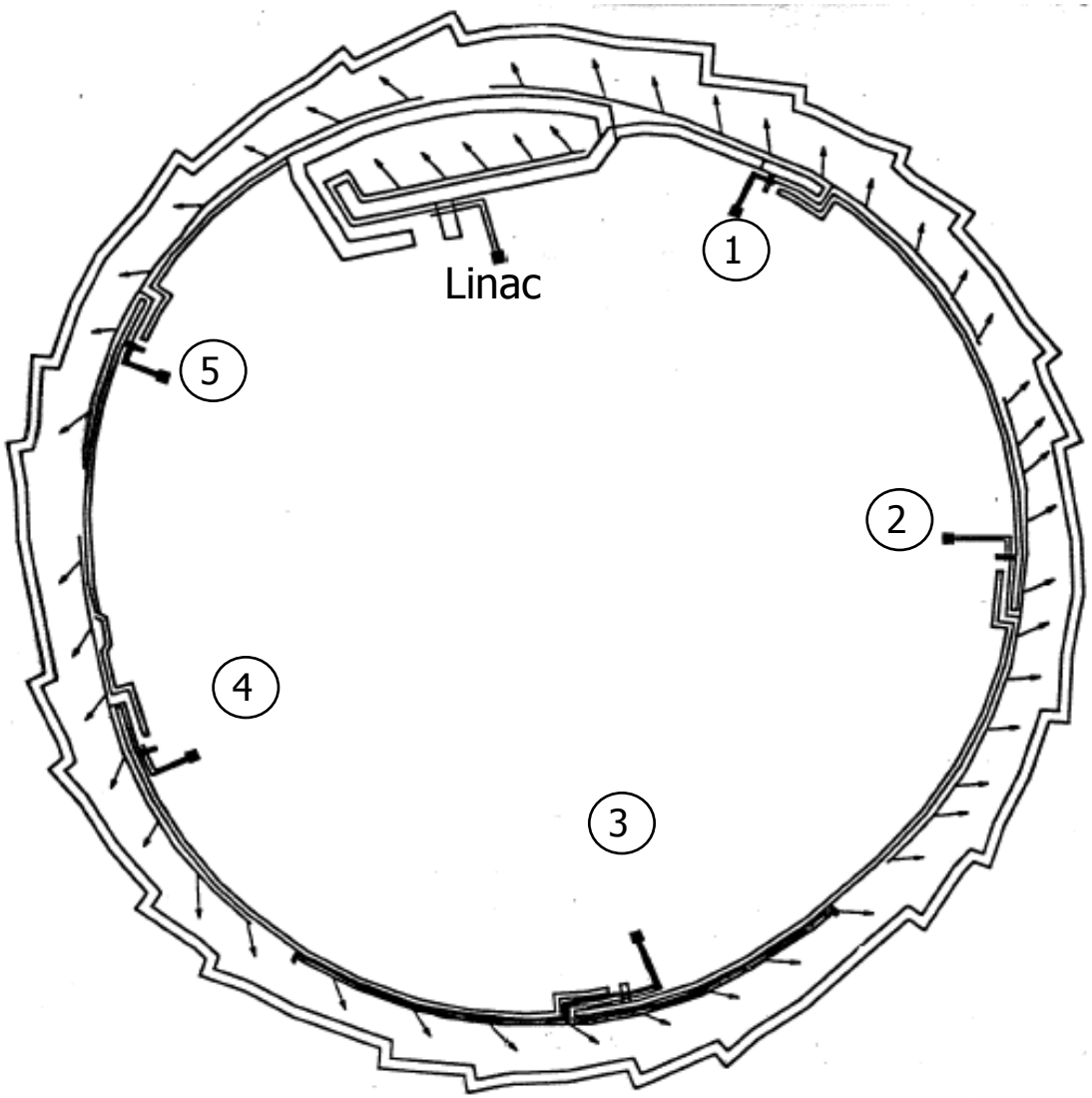
=> **im Winter braucht es auch während „shutdown“ keine Heizung!**

SLS Kühlung


Sommer (35⁰)
2‘700 kW
Lüftung
1‘000 kW
Wasser-Kühlung
1‘700 kW
1‘100 kW
Kälte-Maschine 18⁰
600 kW
Aare 25⁰
1‘000 kW
Grund-wasser 16⁰
Verbrauch
Quelle


Winter (-5⁰)
2‘200 kW
Lüftung
500 kW
Wasser-Kühlung
1‘700 kW
1‘200 kW
Aare 5⁰
1‘000 kW
Grund-wasser 12⁰
Verbrauch
Quelle

Lüftungs-Konzept SLS Tunnel



Luftdüsen produzieren eine schraubenförmige Strömung

Tunnel (3'100 m^3)**:**

5 Kühlaggregate, 150 Düsen

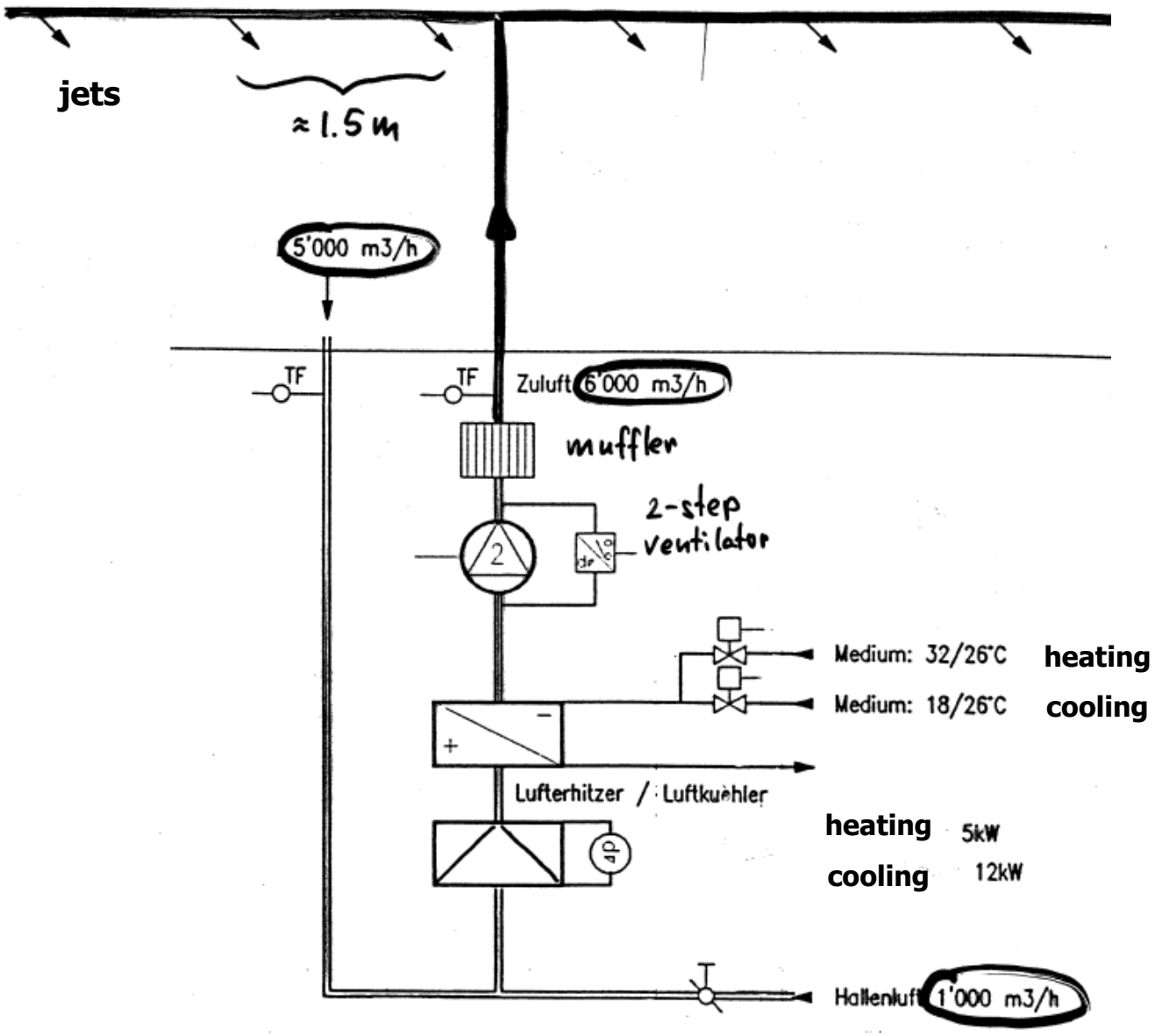
total: 30'000 m^3/h

40 kW Kühlung, 90 kW Heizung

$T=25^0 \pm 0.03^0$

Linac: 1 Kühlaggregat, 20 Düsen

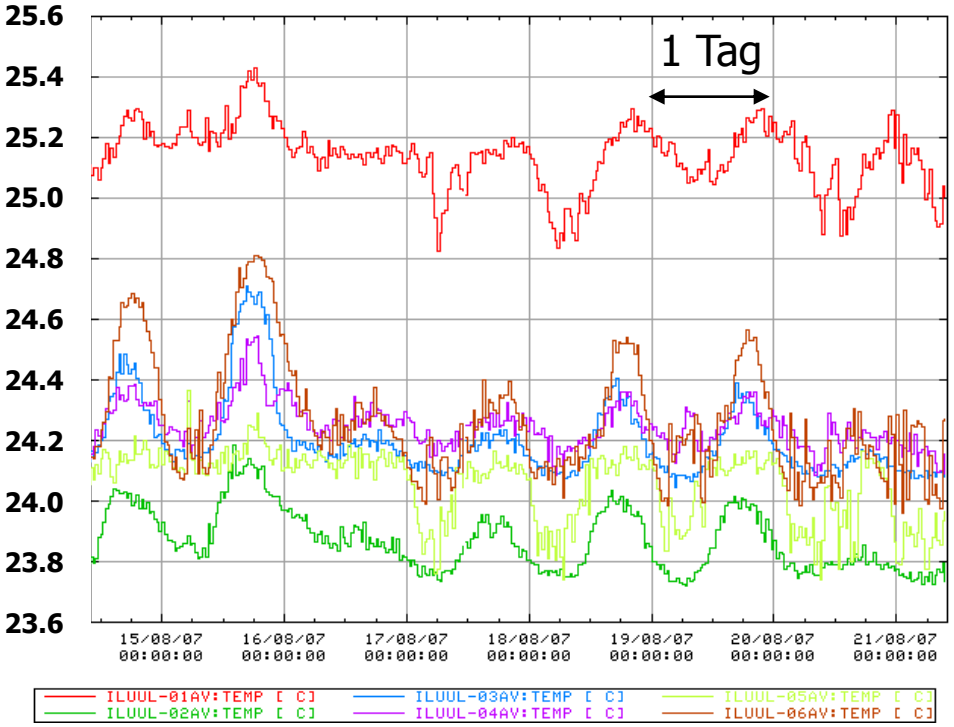
Lüftung SLS Tunnel



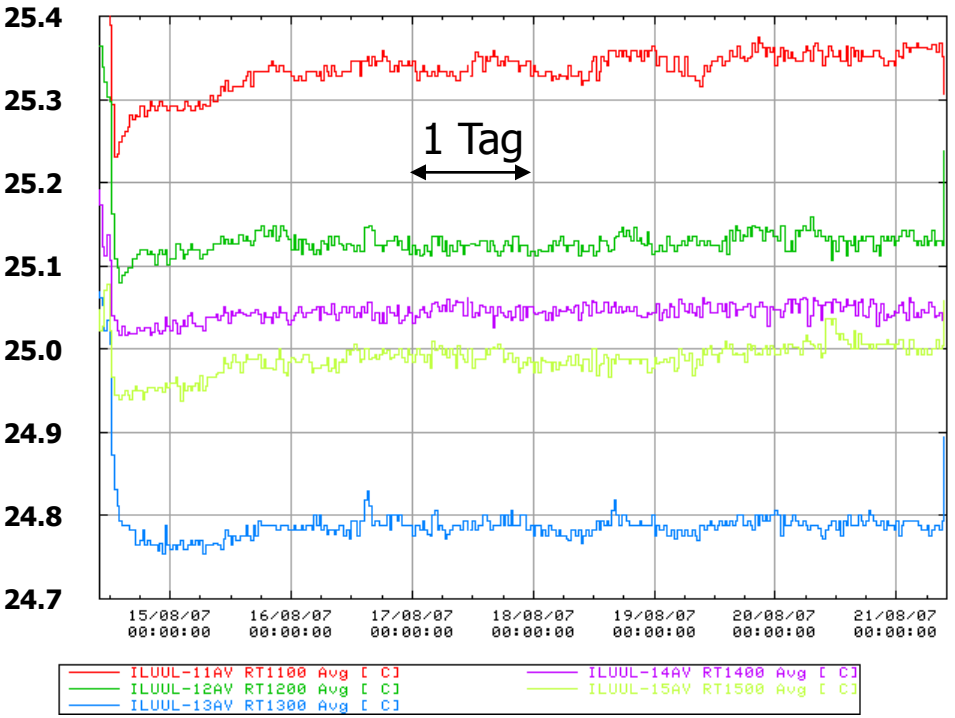
Stabilität der Temperatur

7 Tage im August 2007

Hall Temperatur [^{0}C] von 6 Sektoren



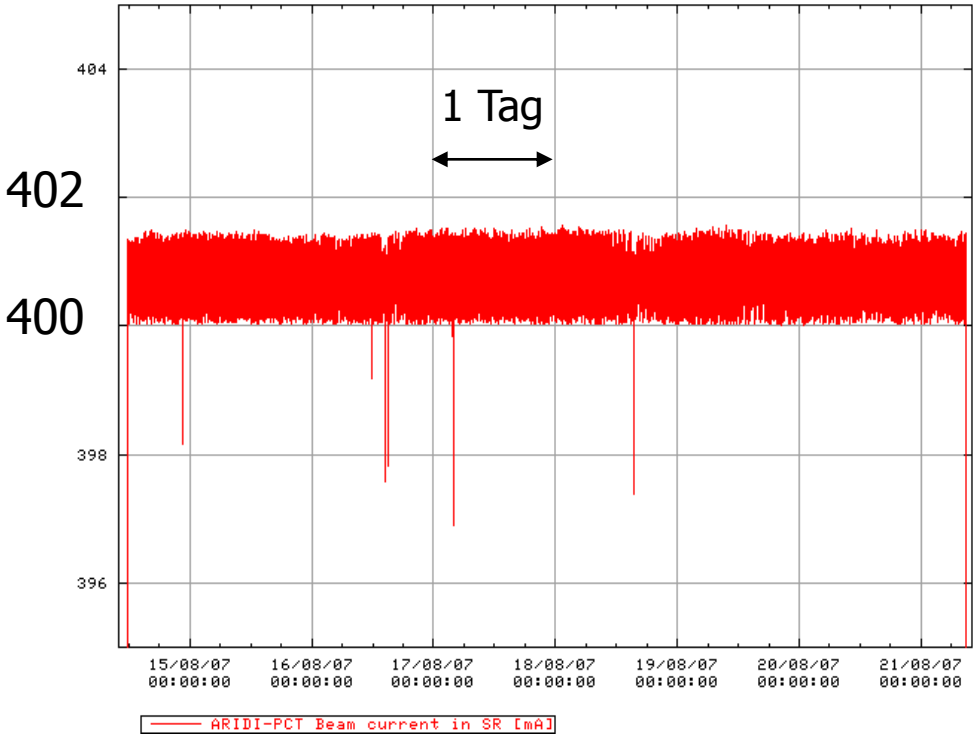
Tunnel Temperatur [^{0}C] von 5 Sektoren



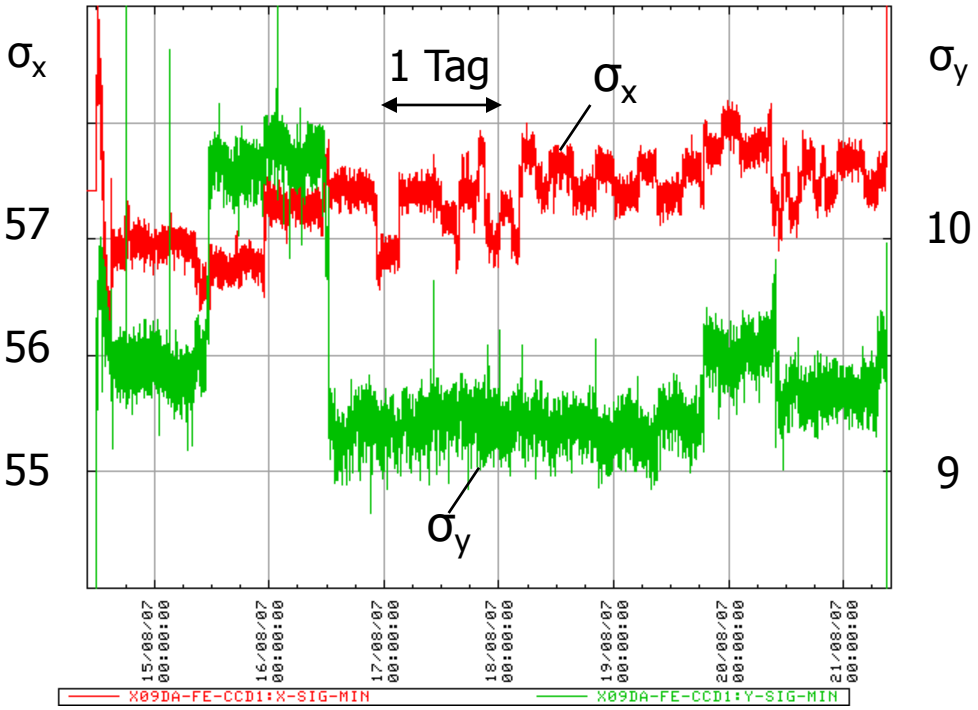
Strahlstabilität (top-up)

7 Tage im August 2007

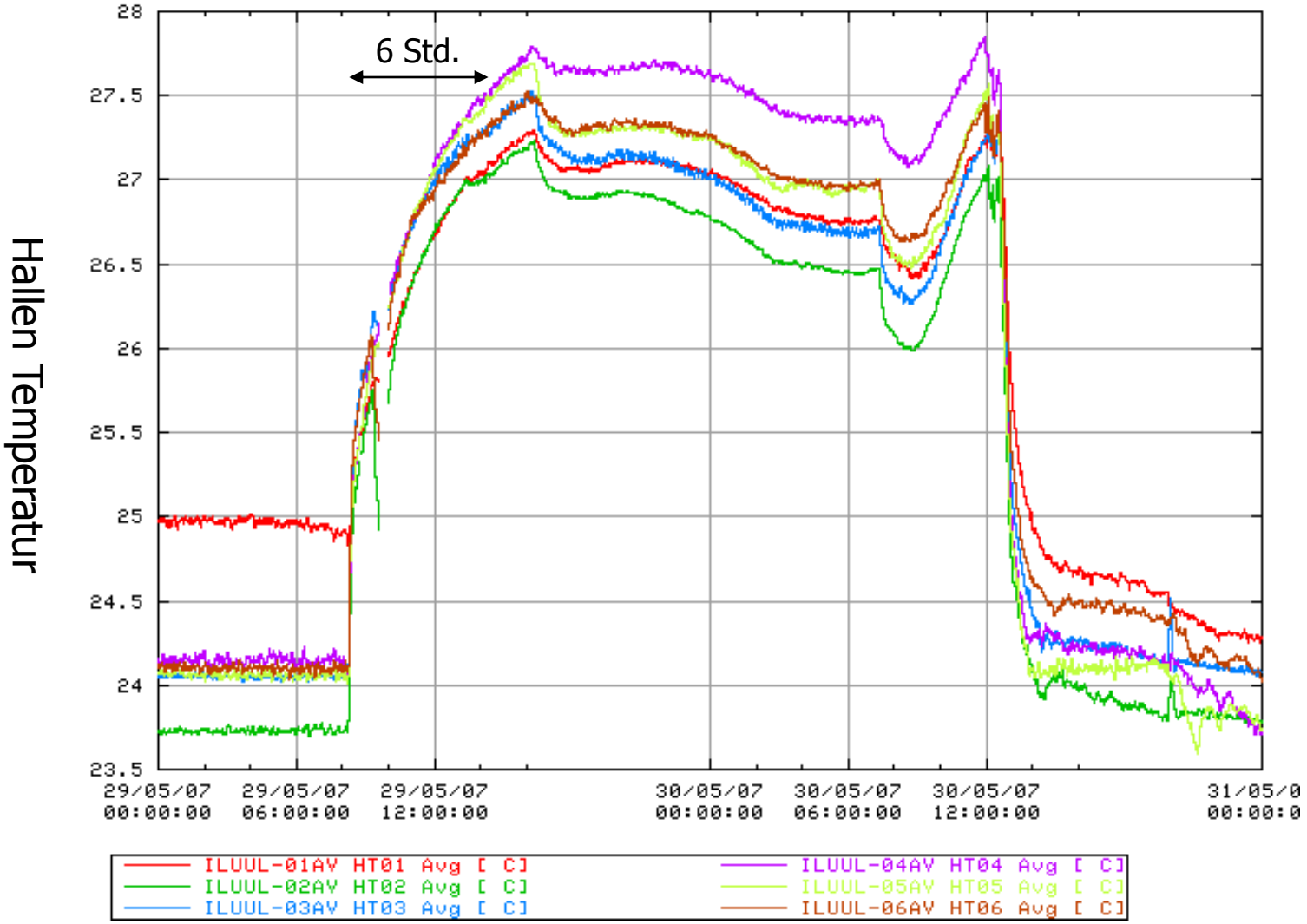
Strahlstrom, top-up 400-401.5 mA



Strahlgrösse σ_x σ_y [µm]



Temperatur Exp. Halle während Pumpenrevision



SLS Elektro Konzept

Technik Gebäude

2 Trafo's à 1.6MVA

- Luftkühlung
- Kältemaschine
- Kran
- Hallenbeleuchtung
- Büro's
- Strahllinien (400V)

SLS Gebäude

3 Trafo's à 1.6MVA

- Linac
- Booster
- Speicherring
- Speisegeräte

1 Trafo à 1.6MVA

- Vakuum System
- Diagnostik

- **installierte Leistung: 9.6 MW**
- **Leistungsverbrauch: 3-3.5 MW**

Elektro Installationen im Tunnel

- alle 174 Quadrupole und alle 120 Sextupol Magnete des Speicherrings haben individuelle Speisegeräte
- alle Speisegeräte sind in der technischen Gallerie plaziert
- Zugang zum Tunnel durch Kabelkanäle im Boden
- Leistungskabel und Diagnostikkabel werden in separaten Gruppen zusammengefasst
- alle Kontrollgeräte sind ausserhalb des Tunnels aufgestellt (ausser gepulste Magnete)

Elektro Installationen für die Strahllinien

- 6 Elektrostationen an der Peripherie des Gebäudes

- die Verteilzentralen (<63A) sind direkt an den Hütten der Strahllinien

- 8-15 km Kabellängen für jede Strahllinie

SLS Benutzer

Institute

- ETH Zürich, ETH Lausanne
- Universitäten
  (CH und Ausland)
- PSI
- Forschungslabors
  (IBM Rüschlikon, Max Planck
  Institut München)

Industrie

- Novartis
- Hoffmann-LaRoche

Anlagen in Europa

im Aufbau

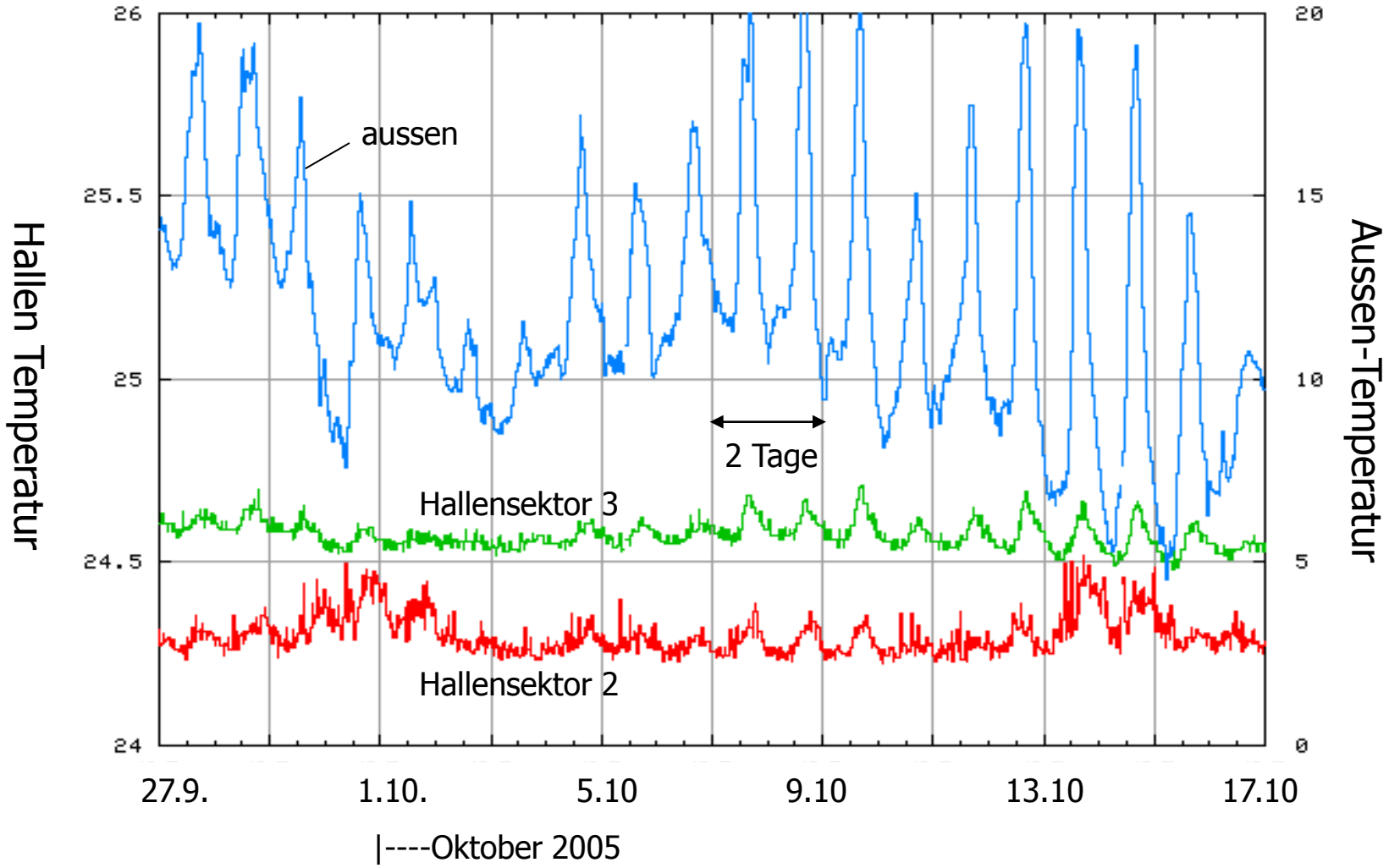
Synchrotronlicht
Neutronen
Muonen

Meilensteine

Erste Ideen	1991
„Giessbach-Meeting“ (Benutzer unterstützen SLS)	Okt. 1994
ETH-Rat bewilligt SLS	Sept. 1995
Parlament bewilligt SLS	18.Juni 1997
Start Gebäude	2.Juni 1998
Gebäude fertig:	1.Juli 1999
Strahl im Linac:	23.März 2000
Strahl im Booster:	8.Aug. 2000
Strahl im Speicherring	13.Dec. 2000
400 mA Stromziel erreicht	5.Juni 2001
=> Beginn Experimente:	2.Aug. 2001

Budget SLS

Gebäude + Land	38 MFr.
Infrastruktur, Labors, Ringtunnel	25 MFr.
Speicherring, Booster, Linac	68 MFr.
4 Strahllinien	28 MFr.
---	---
Total SLS Kosten	**159 MFr.**

Danke !

Temperatur Stabilität Exp. Halle