

Vakuum-, Hochfrequenztechnik und Strahlinstrumentierung

Im Rahmen des Schülerpraktikums der ISH am
CERN 2015

Agenda

Vakuumtechnik

- Definition
- Erzeugung
- Erhaltung

Strahlinstrumentierung

- Wire Scanner
- Beam Gas Ionisation
- Beam Position Monitor

Hochfrequenztechnik

- Modell eines Beam Line Pick-Up:
 - Entwurf und Aufbau des Versuchs
 - Messung
 - Auswertung

Was ist ein Vakuum?

- **Möglichst leerer Raum**
 - > ideales Vakuum: Teilchenzahldichte gleich Null
 - > real: Gas mit möglichst geringem Druck

| Druckbereich | Druck in hPa (mbar) | Moleküle pro cm ³ | mittlere freie Weglänge |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Normaldruck | 1013,25 | $2,7 \cdot 10^{19}$ | 68 nm |
| Großvakuum | 300...1 | $10^{19} \dots 10^{16}$ | 0,1...100 µm |
| Feinvakuum | $1 \dots 10^{-3}$ | $10^{16} \dots 10^{13}$ | 0,1...100 mm |
| Hochvakuum (HV) | $10^{-3} \dots 10^{-7}$ | $10^{13} \dots 10^9$ | 100 mm...1 km |
| Ultrahochvakuum (UHV) | $10^{-7} \dots 10^{-12}$ | $10^9 \dots 10^4$ | 1...10 ⁵ km |
| extrem hohes Vakuum (XHV) | $< 10^{-12}$ | $< 10^4$ | $> 10^5$ km |

<http://de.wikipedia.org/wiki/Vakuum>, abgerufen am 23/04/2015

Wofür benötigt man Vakuum am CERN?



- Isolierung von Kryomagneten
- Isolierung vom Heliumverteilungssystem/rohr
- Beam Vakuum
 - Ultrahochvakuum von 10^{-13} atm*
 - Verhinderung von Kollisionen mit Gasmolekülen

*physikalische Atmosphäre, 1 atm = 1013,25 hPa

Wie stellt man ein Vakuum her?



- Auswahl der Materialien
 - Auswahl nach Ausgasraten (Bsp. Schweizer Käse)
 - Niedrige Diffusion (Bsp. Raclettkäse)
- Abdichten
- Absaugen der Luft
 - Verschiedene Pumpen:
Scrollpumpe, Drehschieberpumpe, Turbomolekularpumpe,
Ionengetterpumpe
- Ausheizen (wenn nötig)

- Verschiedene Formen möglich, solange es gut abdichtet
- Prinzip:
 - Hartes Material schneidet sich in weichen Abdichtring ein

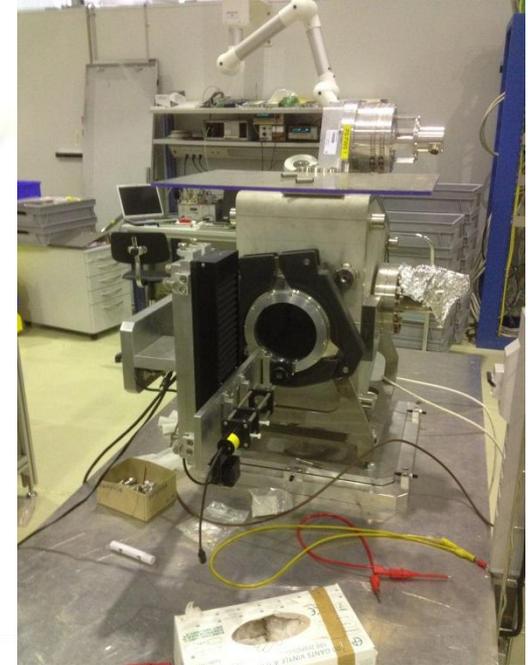
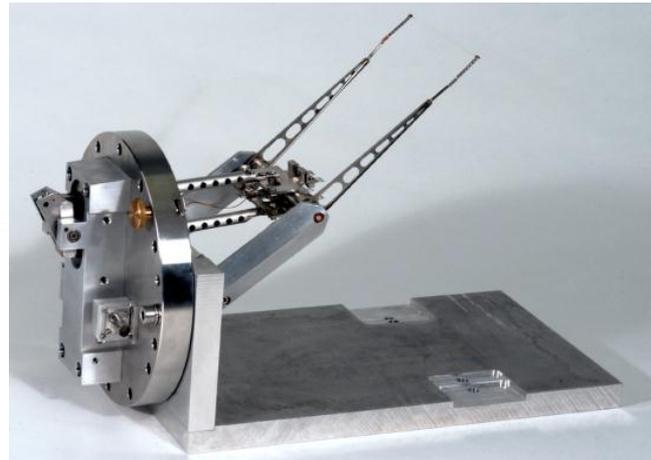


- Innere und äussere Lecks:
 - Ausgasen von Verunreinigungen im Inneren
 - Unebenheiten/Macken oder Verunreinigungen der Flangeoberflächen
- Lecktest:
 - Festgezogene Flange werden mit Helium umgeben
 - Feststellen von Heliumanteil im Vakuum/Qualität des Vakuum in der Röhre

- Messung von Strahlprofil, -intensität, -lage etc.
- Invasive und nicht invasive Messverfahren
 - Wire Scanner invasiv
 - Beam Gas Ionisation invasiv
 - Beam Position Monitor nicht invasiv

Wire Scanner

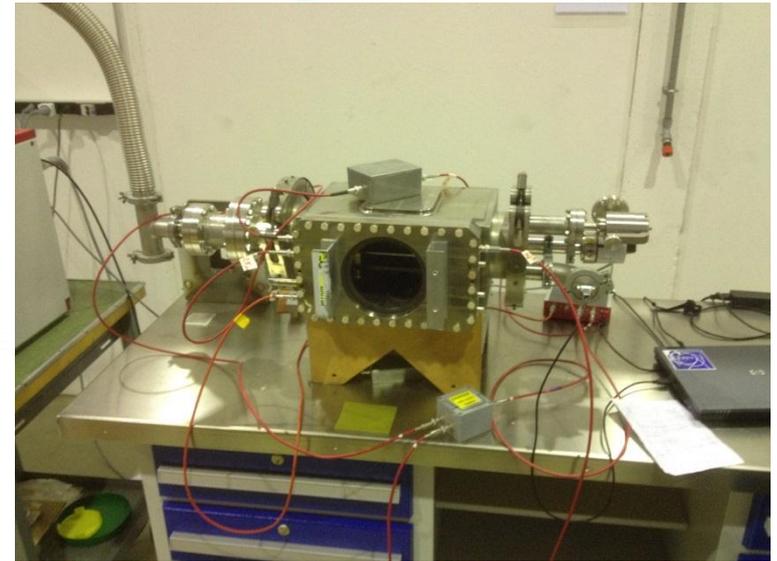
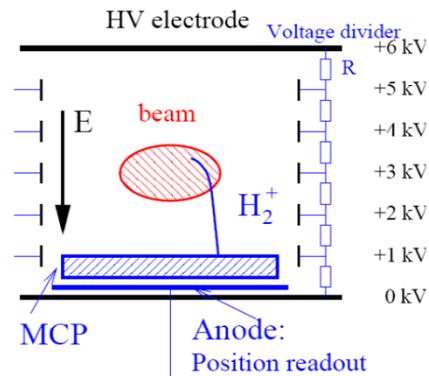
- Bewegung durch Strahl
- Möglichst schnell, um Aufheizen zu Verhindern
- Sekundäre Teilchen detektierbar
-> Rückschlüsse auf Intensität und Profil



Praesentation, CAS intr. Level course on Accelerator Physics, Eva Barbara Holzer

Beam Gas Ionisation

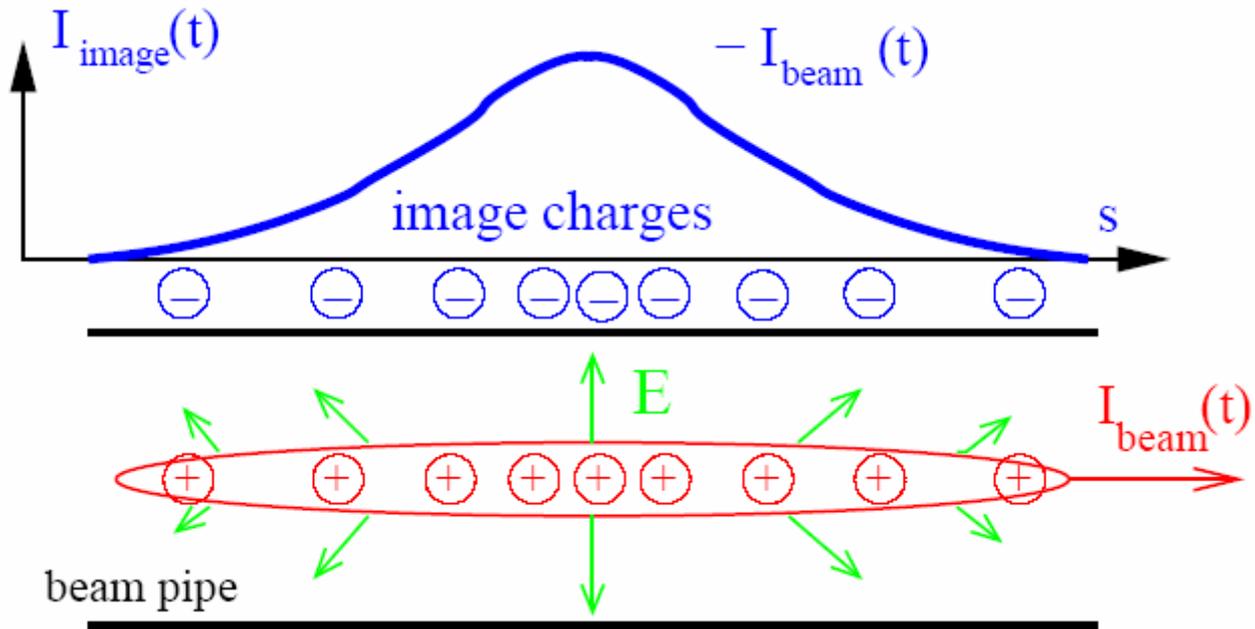
- Neon-Gas im Strahlrohr
- Ionisation der Gasmoleküle durch Strahl
- Ablenken der Ione auf Schirm
- Messung von Strahlprofil durch Abbild



Schema von Manfred Wendt

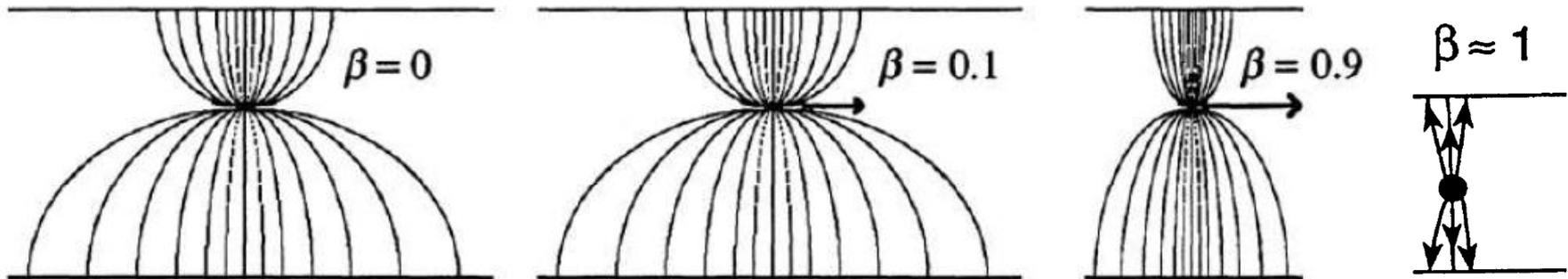
Beam Position Monitor (BPM)

- Vorbeifliegender Strahl erzeugt messbare Spiegelladungen:



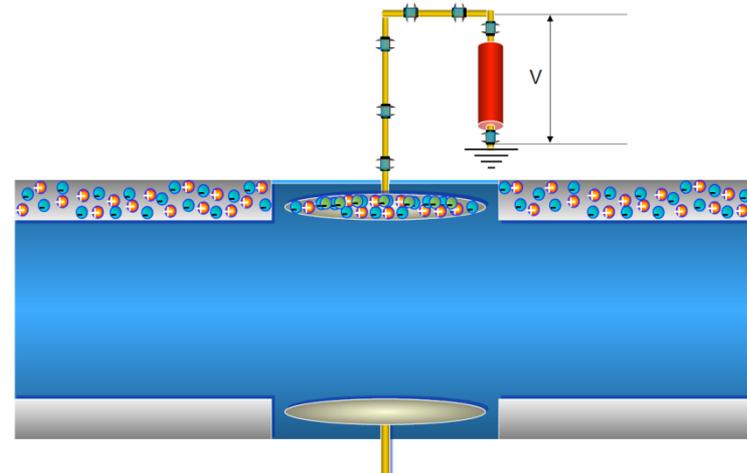
Presentation by Peter Forck, JUAS Archamps: Pick-Ups for bunched Beams

Beam Position Monitor (BPM)



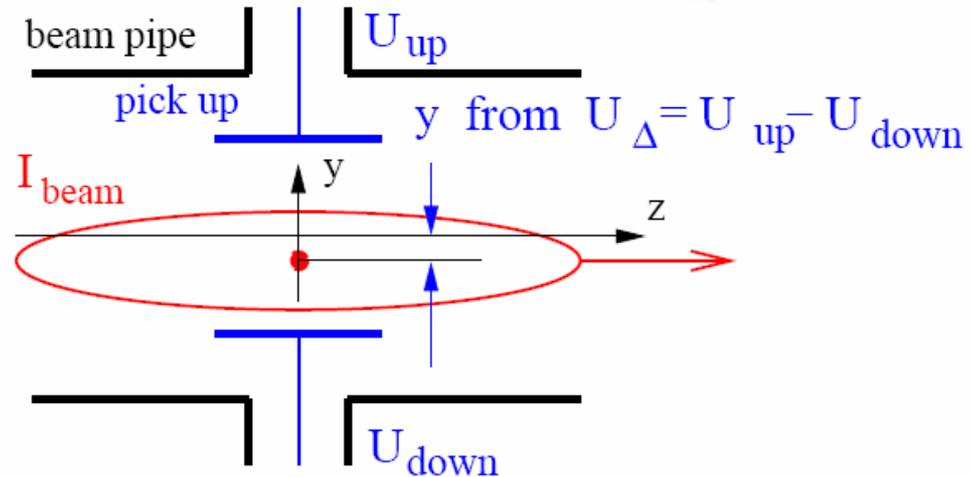
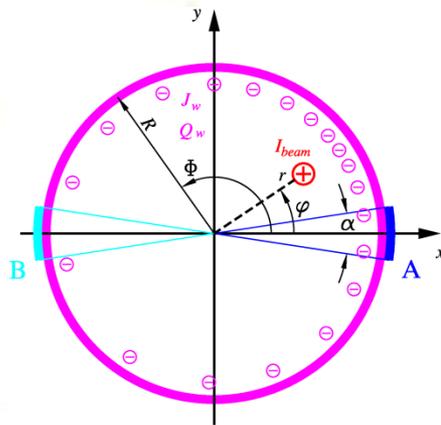
- bei $\beta = v/c \approx 1$ keinen longitudinalen Feldlinienanteil
-> Messung der Spiegelladungen mittels Button Pick-up

- Mit Widerständen bzw. mit Buttons kann man die Spiegelladungen abgreifen



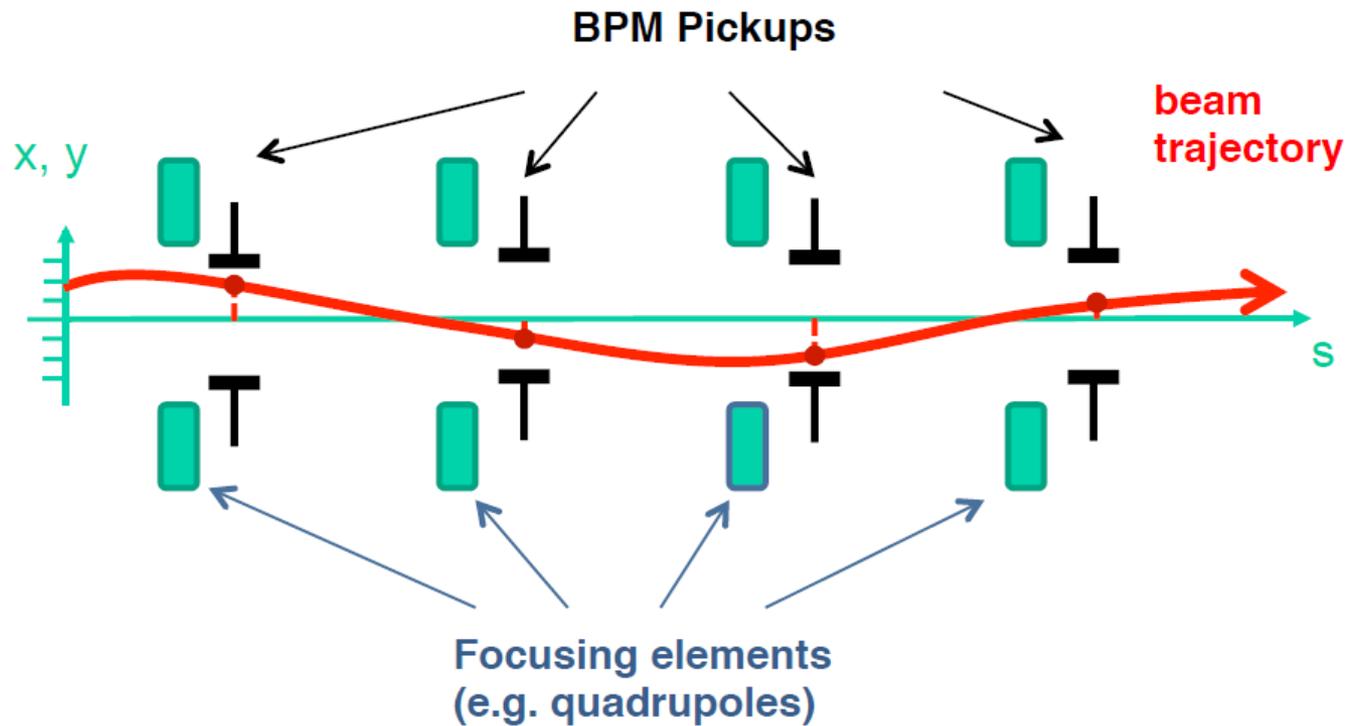
-> 4 Buttons im Rohr zur Bestimmung der Strahllage

- Strahl näher an Buttons ruft mehr Spiegelladungen hervor
-> Lagebestimmung über Verhältnis der Signalstärken



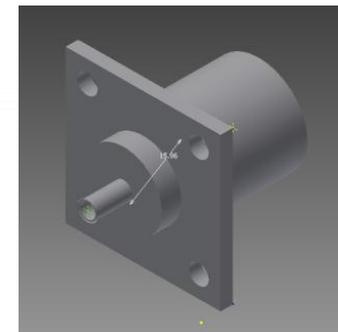
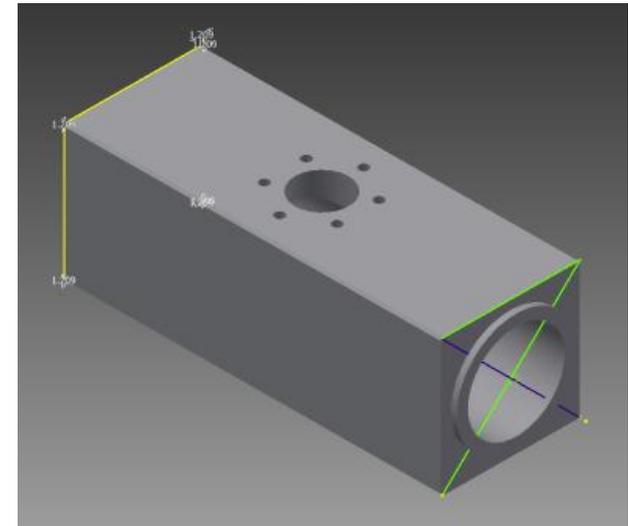
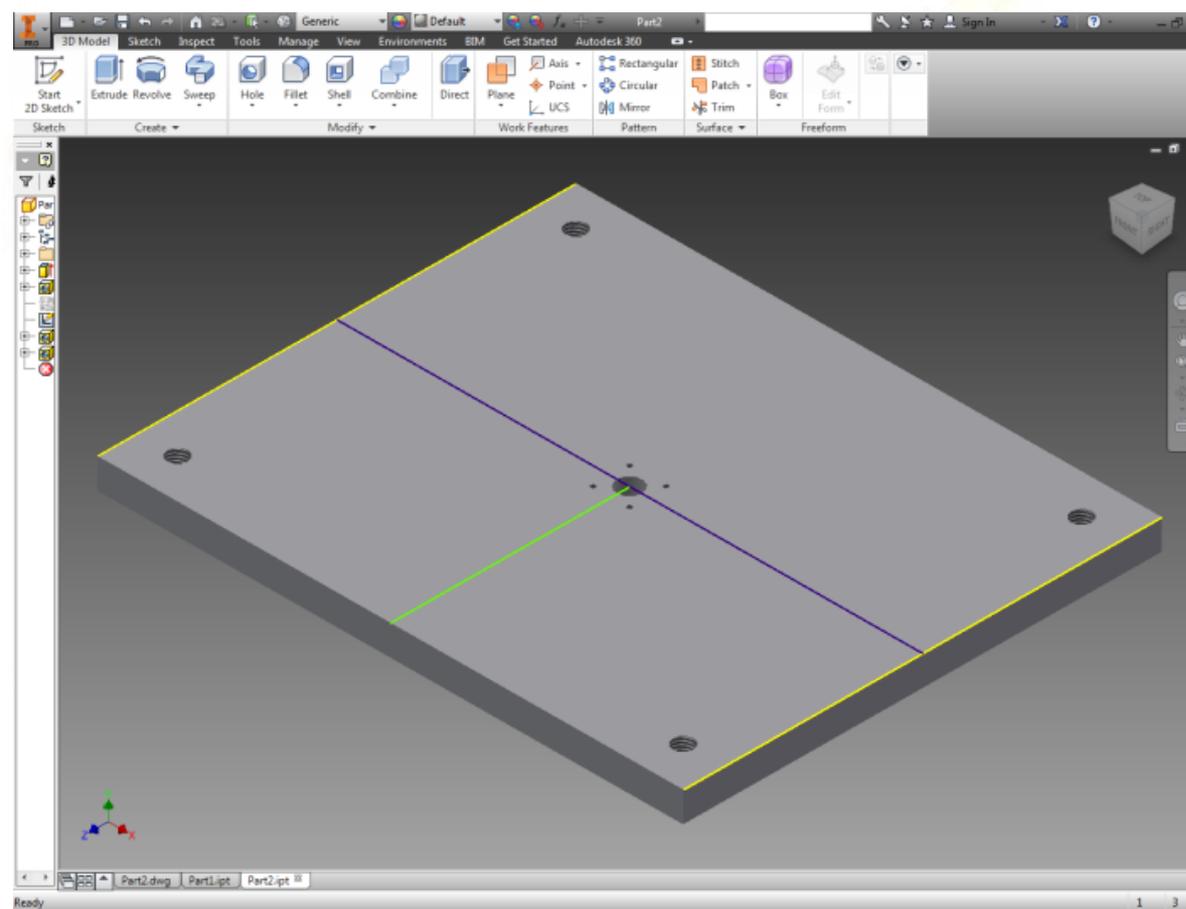
- Problem: nicht lineares Verhalten führt zu Ungenauigkeiten

Im Zusammenhang

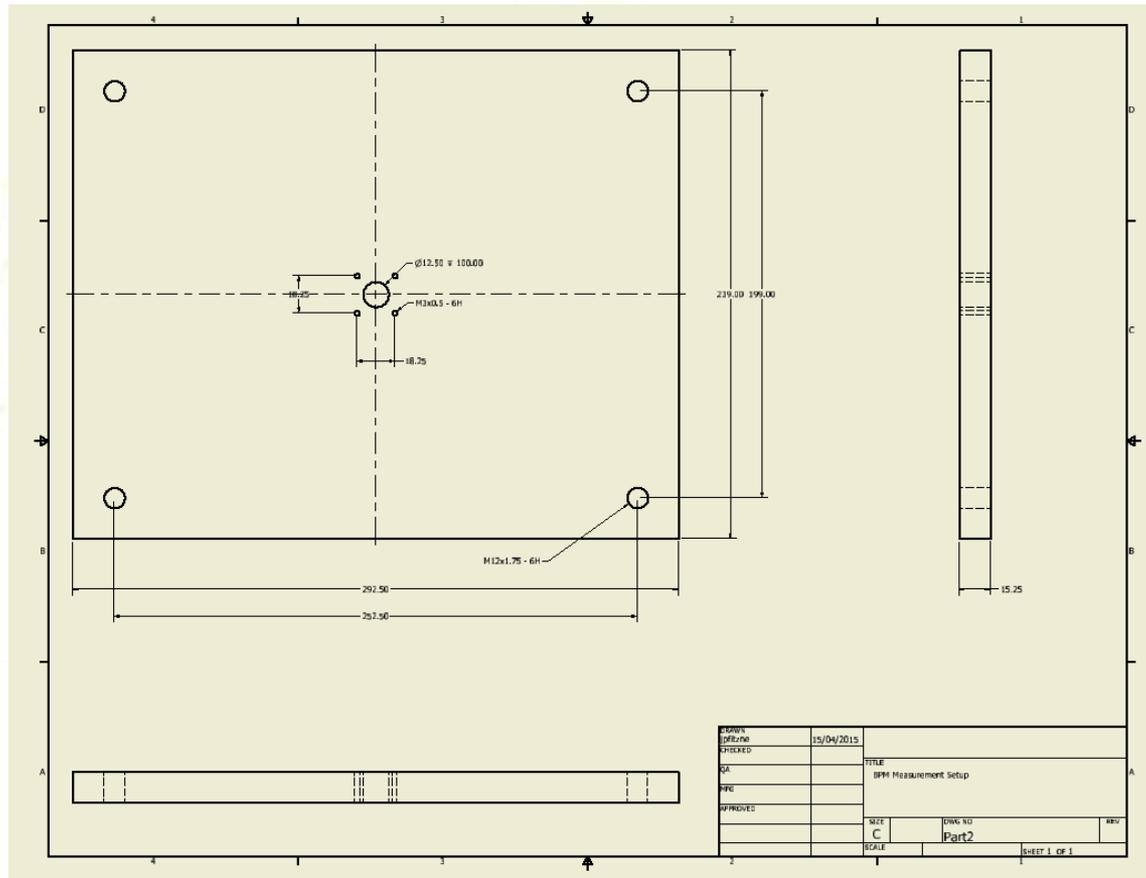


Praesentation, CAS intr. Level course on Accelerator Physics, Eva Barbara Holzer

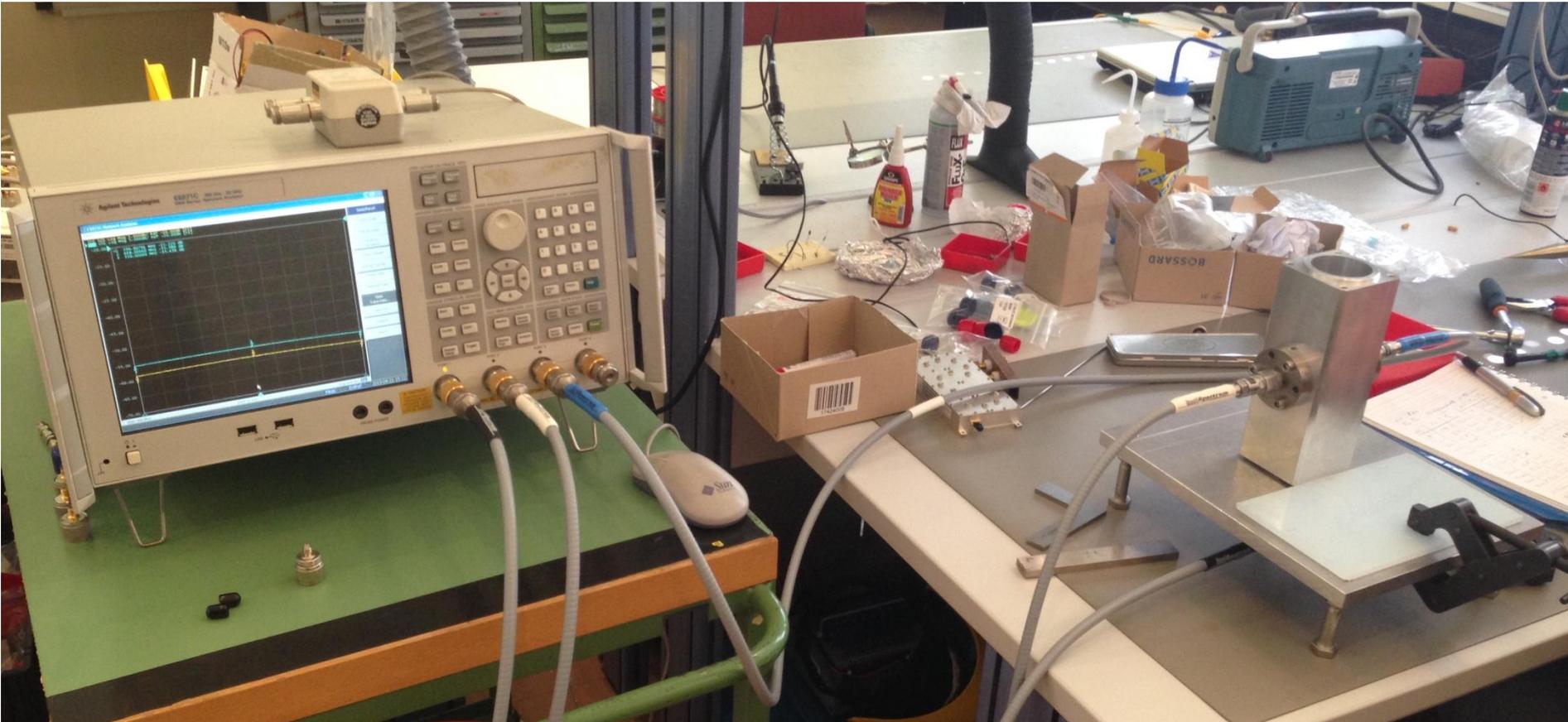
Umsetzung der Theorie in die Praxis



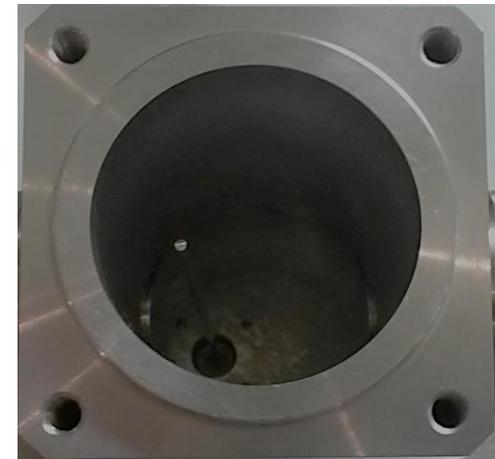
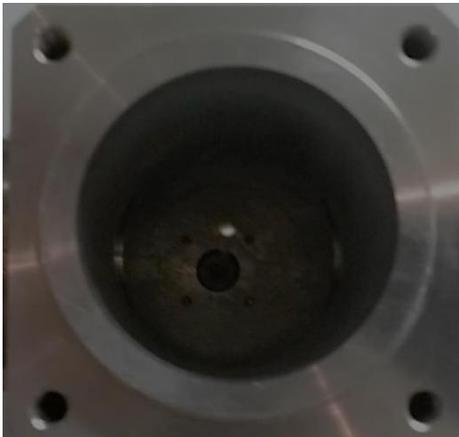
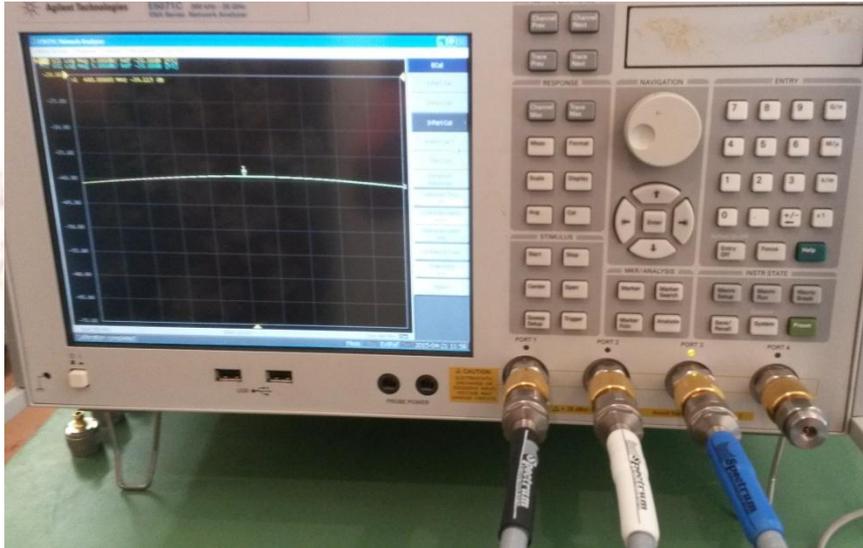
Spezifikation - Technische Zeichnung



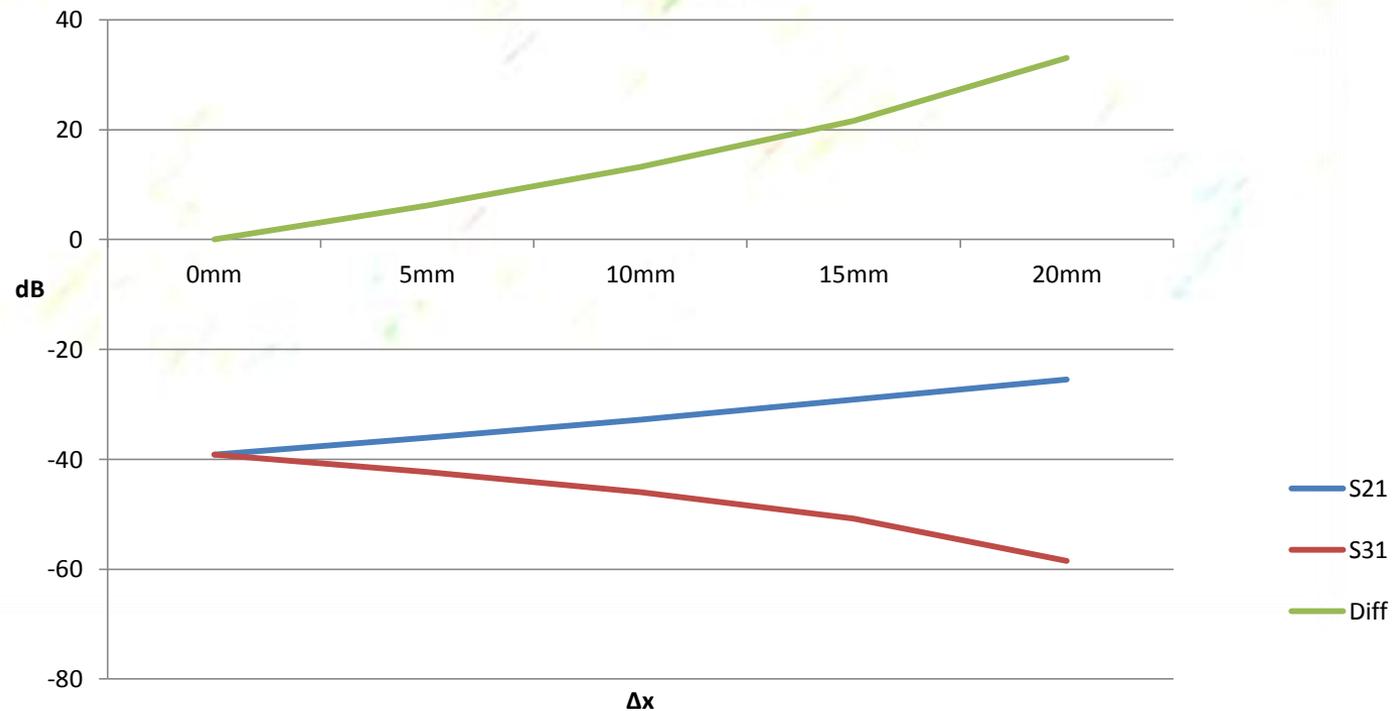
Machen wir einen Versuch!



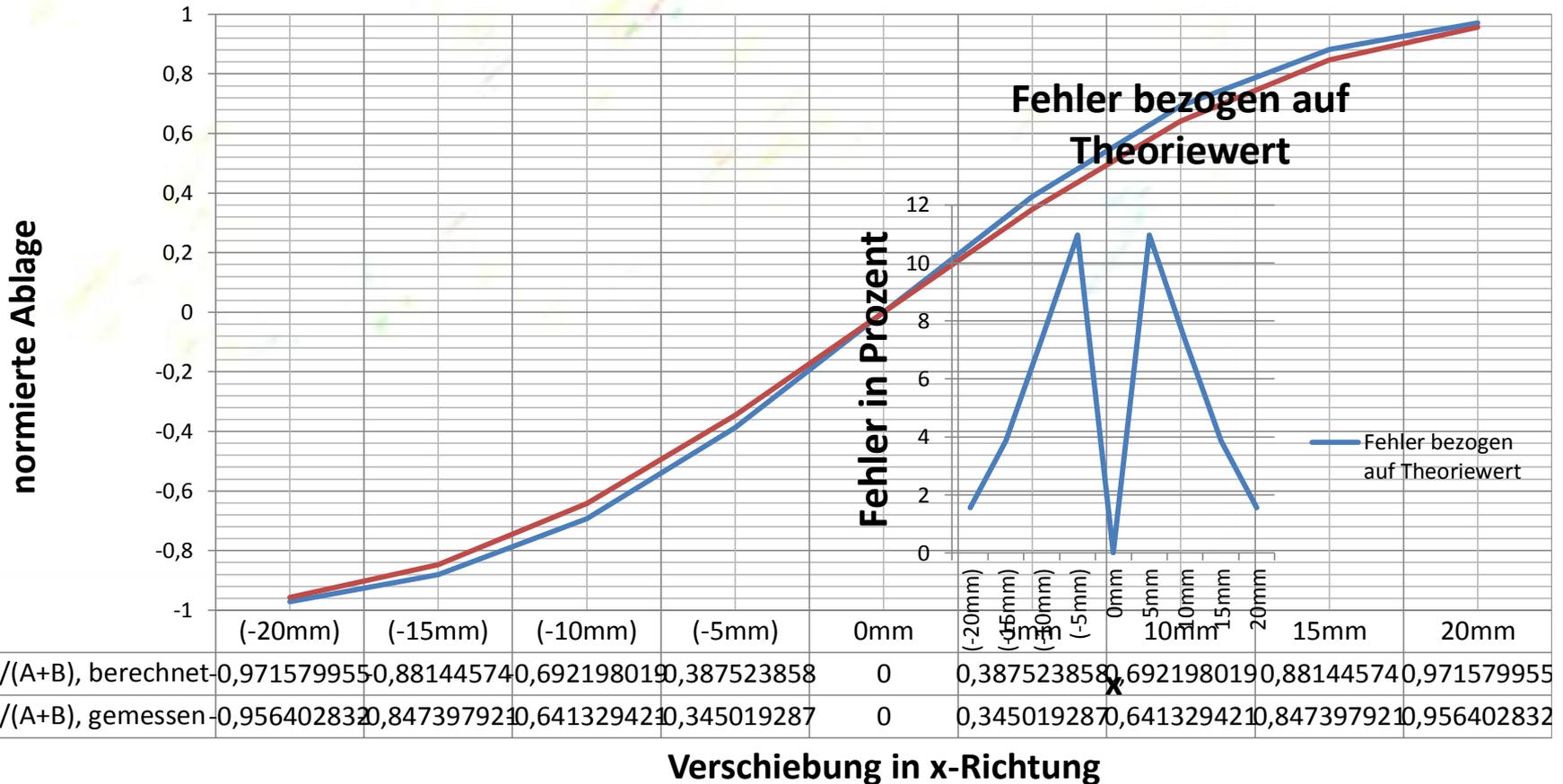
Messung



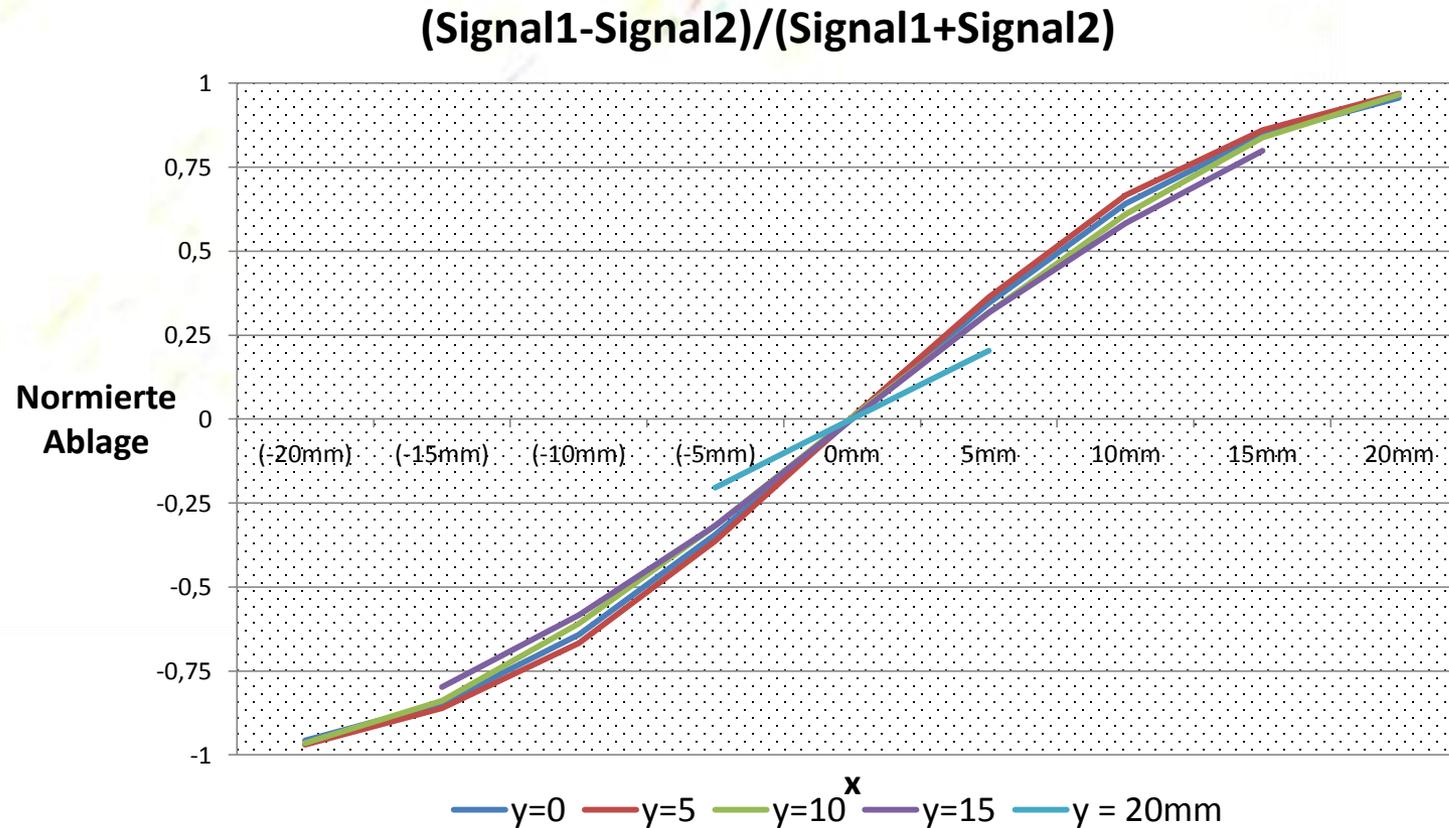
Messergebnisse



Theorie im Vergleich zur Praxis



Das Problem der Nichtlinearität



- Schlussfolgerungen zur Verbesserung der Messung:
 - Theorie berücksichtigt nicht, dass Draht nicht unendlich dünn
 - > geringere Steigung bei Praxisgraph
 - Draht nicht gerade
 - Messungenauigkeiten
 - Grobe Messwertnahme

Großes Danke!

Für zwei
erfahrungsreiche und
einzigartige Wochen gilt
unser Dank:

Gerhard Schneider
Manfred Wendt
Michael Betz
Ana Marnau

Sascha Schmeling

Clemens Kreß
Peter Mazanek



- <http://de.wikipedia.org/wiki/Vakuum>, abgerufen am 23/04/2015
- Beam Instrumentation, Editor J. Bosser, Services Educatifs-Enseignement Technique
- CERN faq LHC the guide
- Rhodri Jones, CAS 2011
- Presentation by Peter Forck, JUAS Archamps: Pick-Ups for bunched Beams
- Praesentation, CAS intr. Level course on Accelerator Physics, Eva Barbara Holzer
- Manfred Wendt
- Gerhardt Schneider
- Weiteres sind eigene Fotos oder Grafiken