

Verbesserung und Charakterisierung der ArF Laser Beamline des Plasmabeschleunigungsexperiments bei PITZ

Ayri Myufti

Technische Hochschule Wildau

Fachbereich: Ingenieur- und Naturwissenschaften

Betreuender Hochschuldozent: Dipl.-Phys. Harald Beyer

Betrieblicher Betreuer: Dr.-Ing. Matthias Groß

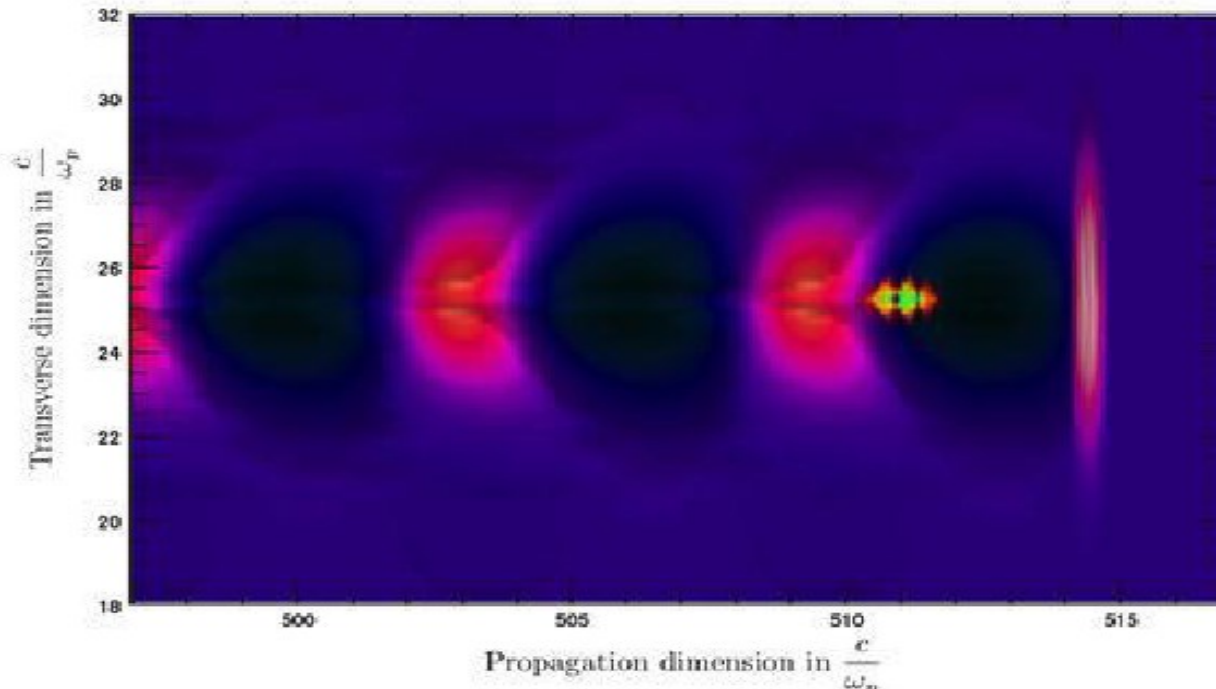
Ort: DESY, Standort Zeuthen

Gliederung

- Einführung
- Plasmabeschleunigungsexperiment bei PITZ
- Dichtigkeitsmessungen und Optimierung der mechanischen Stabilität der Beamline
- Optimierung der Strahlführungsoptik
- Zusammenfassung

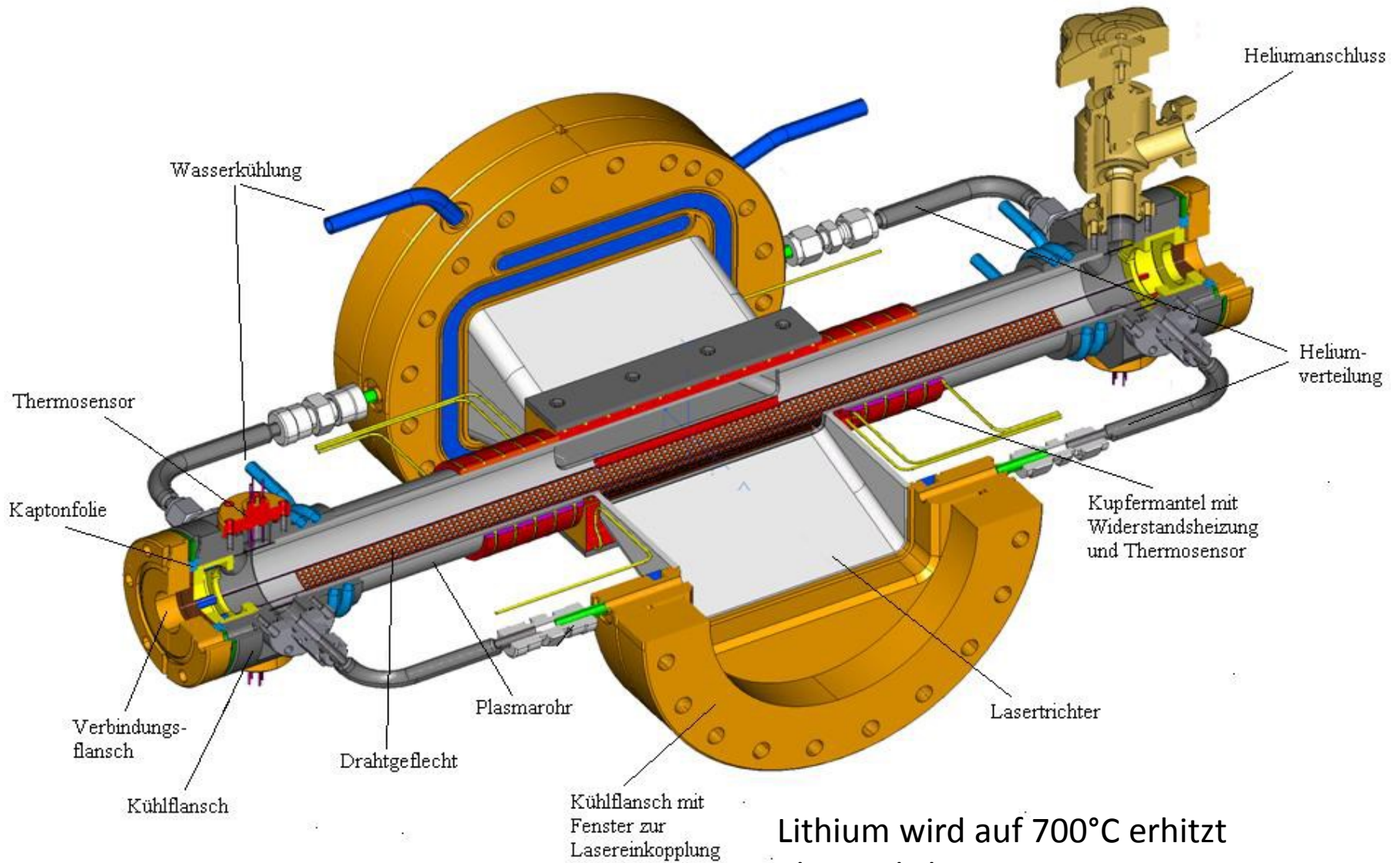
Einführung

- PWA „Plasma wakefield acceleration“
- beispiellosen Gradienten in der Größenordnung von TV / m (theoretisch!)
- herkömmlichen Beschleunigern erreichen Elektrische Feldstärken nur bis zu 100 MV/m
- LAOLA DESY, das Labor für Laser- und Strahlgesteuerte Plasmabeschleunigung (REGAE, FLASH und PITZ)



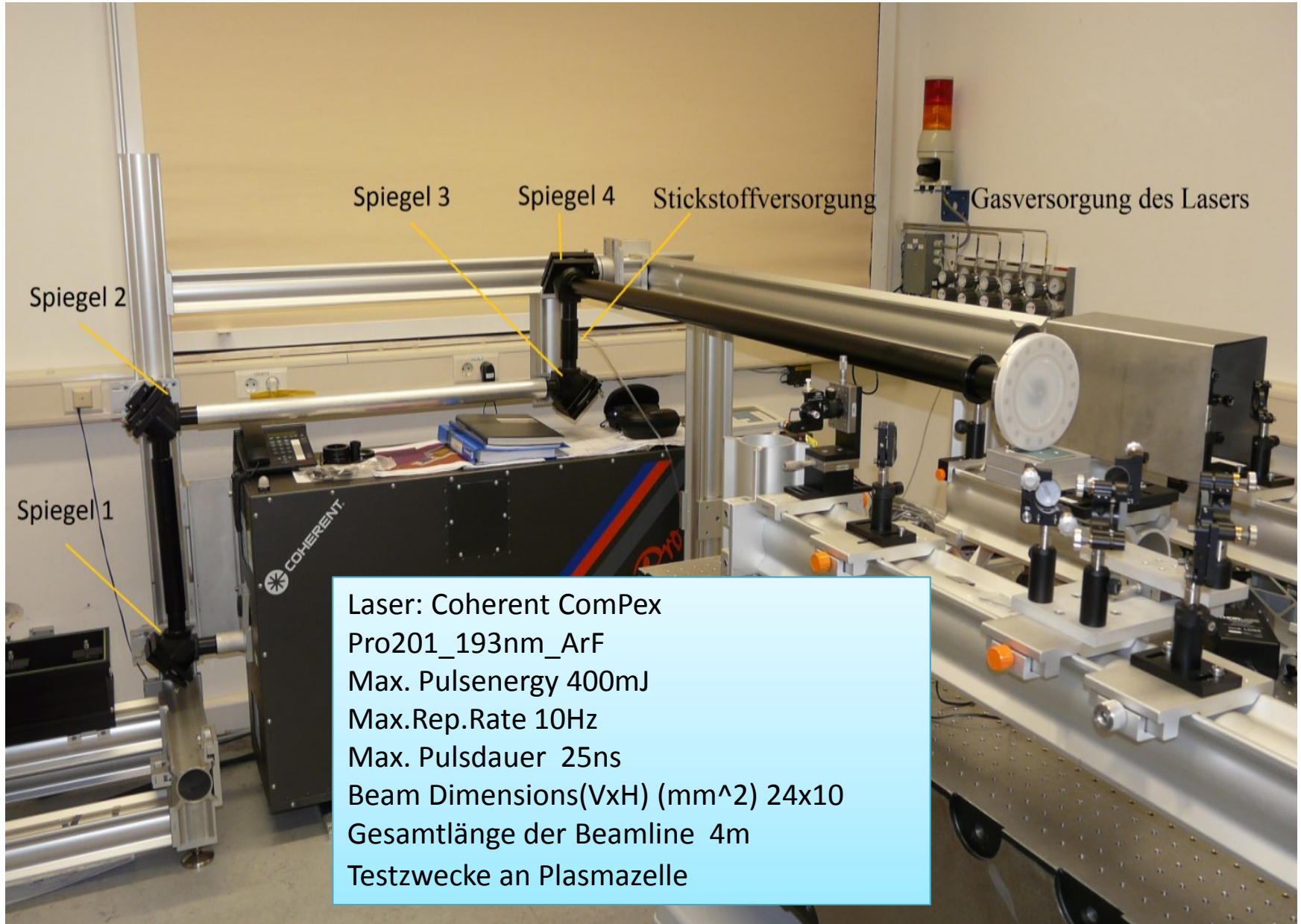
Simulation eines Elektronenpakets in selbstmodulierten Plasmawelle

Plasmazelle Entwurf



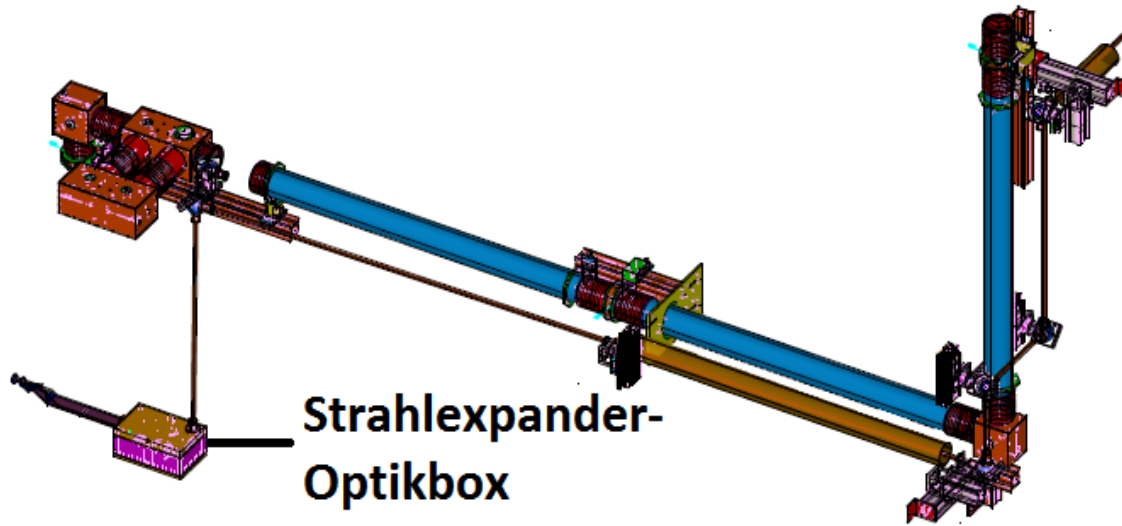
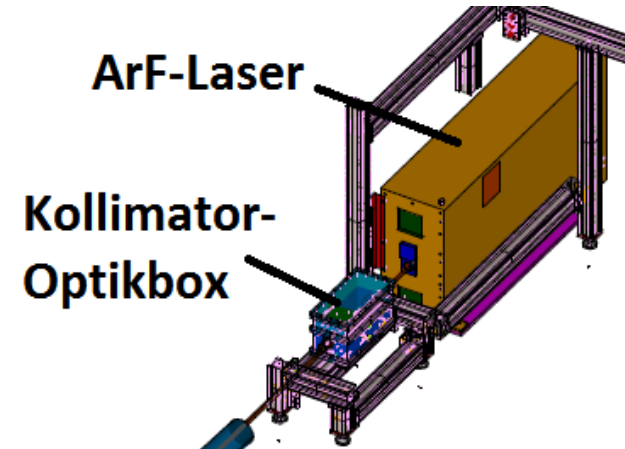
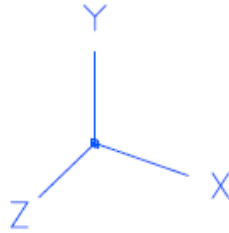
Lithium wird auf 700°C erhitzt
Plasmadichte 10^{15}cm^{-3}
Min. Dim. Plasma 10mmx60mm
Laserpulsenergie (Mindestens etwa 100mJ)

Laserbeamline Labor L18



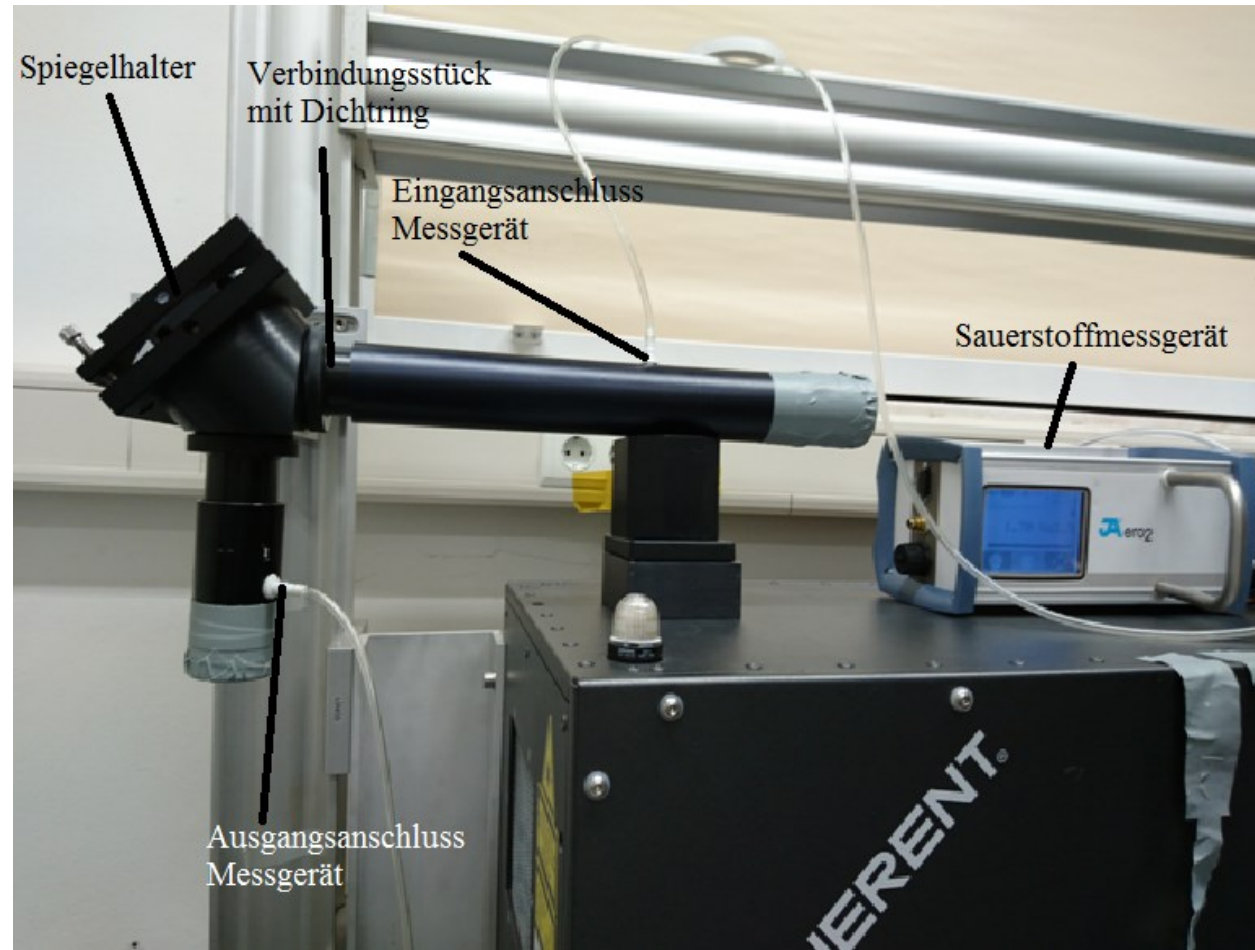
Laserbeamline bis Einbaustelle der Plasmazelle in PITZ-Tunnel

Gesamtlänge 12,5 m
5 Spiegel
Kollimator-Optikbox
Strahlenexpander



Dichtigkeitsmessungen und Optimierung der mechanischen Stabilität der Beamline

- Notwendig aufgrund der Absorption durch Sauerstoff
- Verrohrung besteht aus gleichen Komponenten
- einmaliges Fluten der Testverrohrung mit Stickstoff bis unter 1% Sauerstoffgehalt
- mögliche Leckstellen wurden nacheinander abgedichtet und der Anstieg des Sauerstoffgehalts aufgenommen



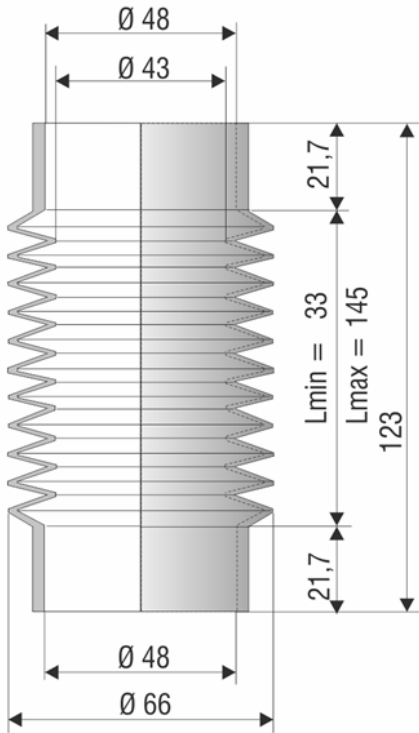
Dichtemessungen und Optimierung der mechanischen Stabilität der Beamline

Leckraten der einzelnen Stellen an der Testverrohrung

<u>Auswirkungsstelle</u>	<u>Leckrate [%/h]</u>
Messgerät	0,50
Gewinde Verbindungsstück	1,85
Spiegelhalter	0,51
Gummiring Verbindungsstück	0,23

Dichtemessungen und Optimierung der mechanischen Stabilität der Beamline

Entlastung und Abdichtung der Spiegelhalter durch Faltenbälge

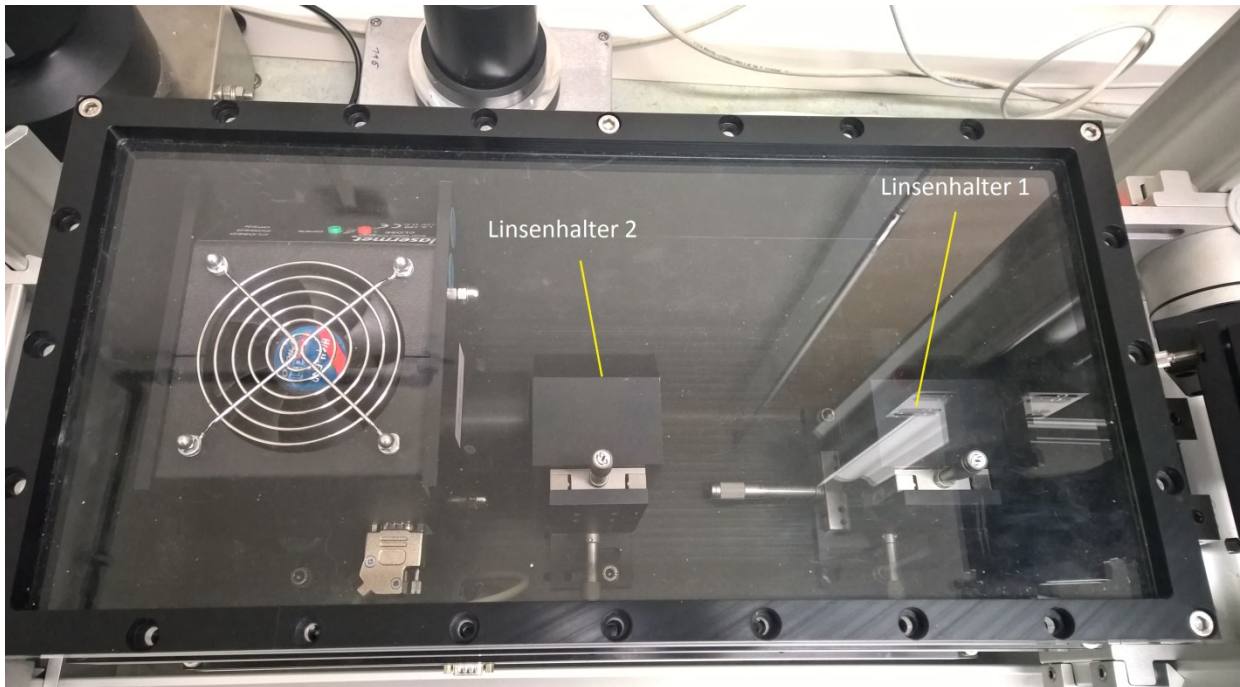


Mit Faltenbälgen
Anstieg des
Sauerstoffgehalts von
nur **0,3 %/h !!!**

Befestigungsklammer und Faltenbälge zur Verbesserung der
mechanischen Stabilität der Spiegelhalter

Optimierung der Strahlführungsoptik

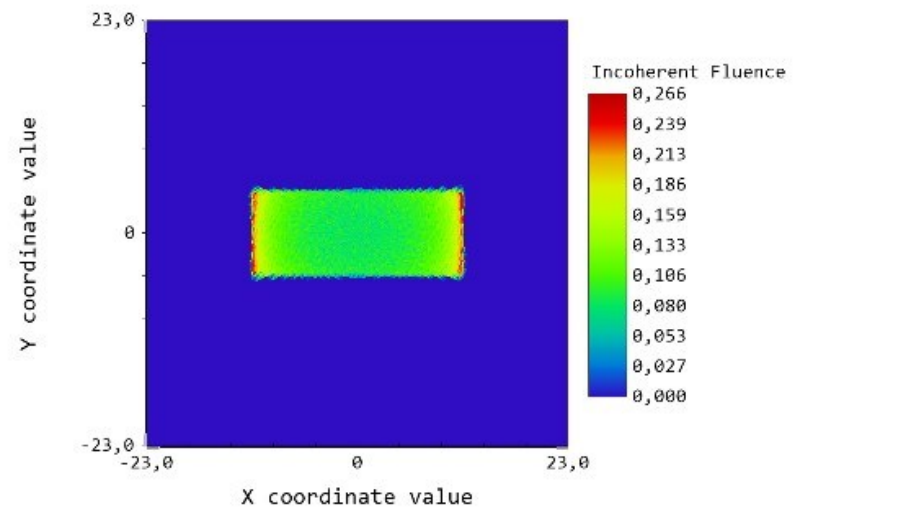
- Verbesserungsvorschläge der Strahlführungsoptik durch Marc Schinkel in Rahmen seiner Masterarbeit
- 4 Zylinderlinsen-Lösung als am besten geeignet (2 plan-konvex, 2 plan-konkav)
- Anpassung der Simulation an auf dem Markt verfügbaren Linsengrößen



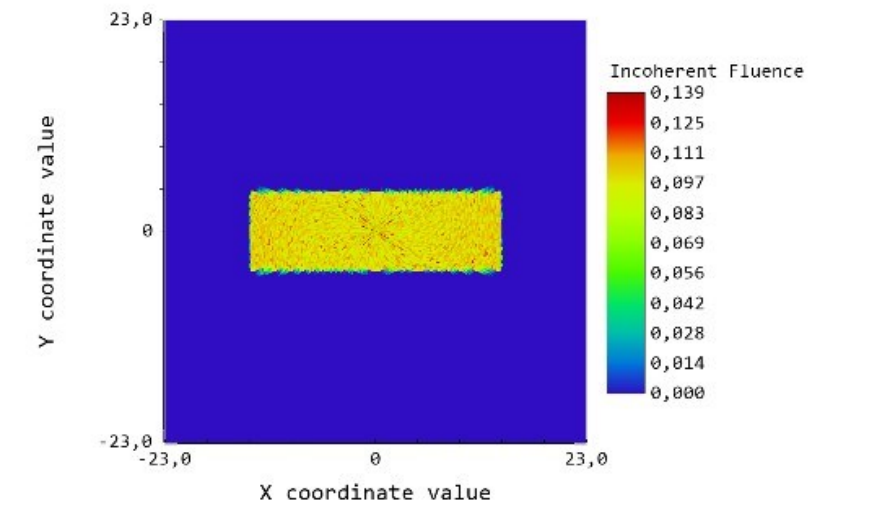
Kollimator-Optikbox mit zwei sphärischen Linsen

Optimierung der Strahlführungsoptik

Linsenparameter aus Simulation von Marc Schinkel



Linsenparameter aus der angepassten Simulation



Detector Image: Incoherent Fluence

Zemax
Zemax OpticStudio 15 SP1

08.01.2016
Detector 16, NSCG Surface 1: 12,49m nach Laserausgang
Number of pixels: 19900, Total Hits = 100000
Peak Irradiance : 2,6577E-001 Joules/cm^2
Total Power : 2,3638E-001 Joules

Detector Image: Incoherent Fluence

Zemax
Zemax OpticStudio 15 SP1

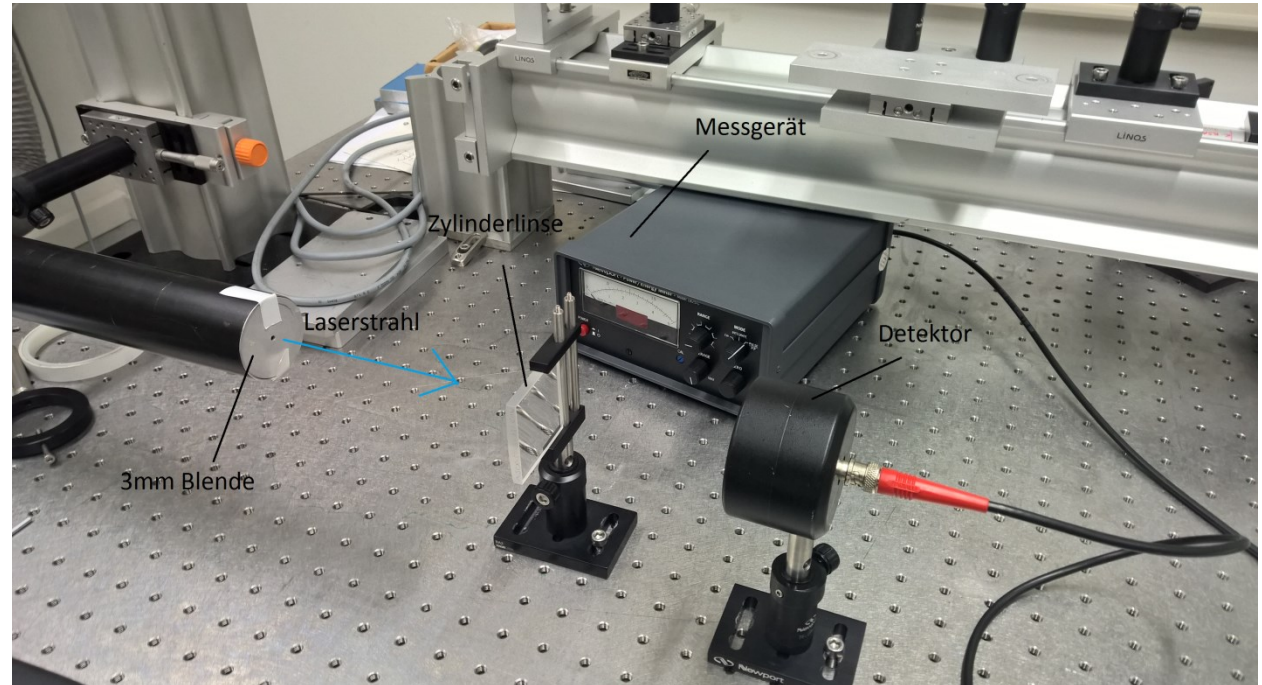
19.04.2016
Detector 16, NSCG Surface 1: 12,49m nach Laserausgang
Number of pixels: 19900, Total Hits = 100000
Peak Irradiance : 1,3878E-001 Joules/cm^2
Total Power : 2,3638E-001 Joules

4Cylinder lenses adjusted cv1 750mm f.zmx
Configuration 1 of 1

Linse	Dicke [mm]	Krümmungsradius [mm]	Abstand zu 1 [mm]	Linse	Dicke [mm]	Krümmungsradius [mm]	Abstand zu Laserausgang [mm]
1 Linse	6	-180	472	1 Linse	6,0	381,4	472
2 Linse	6	178,2	492	2 Linse	6,4	381,4	572
3 Linse	6	-195	632	3 Linse	6,0	-381,4	592
4 Linse	6	214,4	692	4 Linse	6,4	-381,4	677

Optimierung der Strahlführungsoptik

Transmission der optischen Komponenten

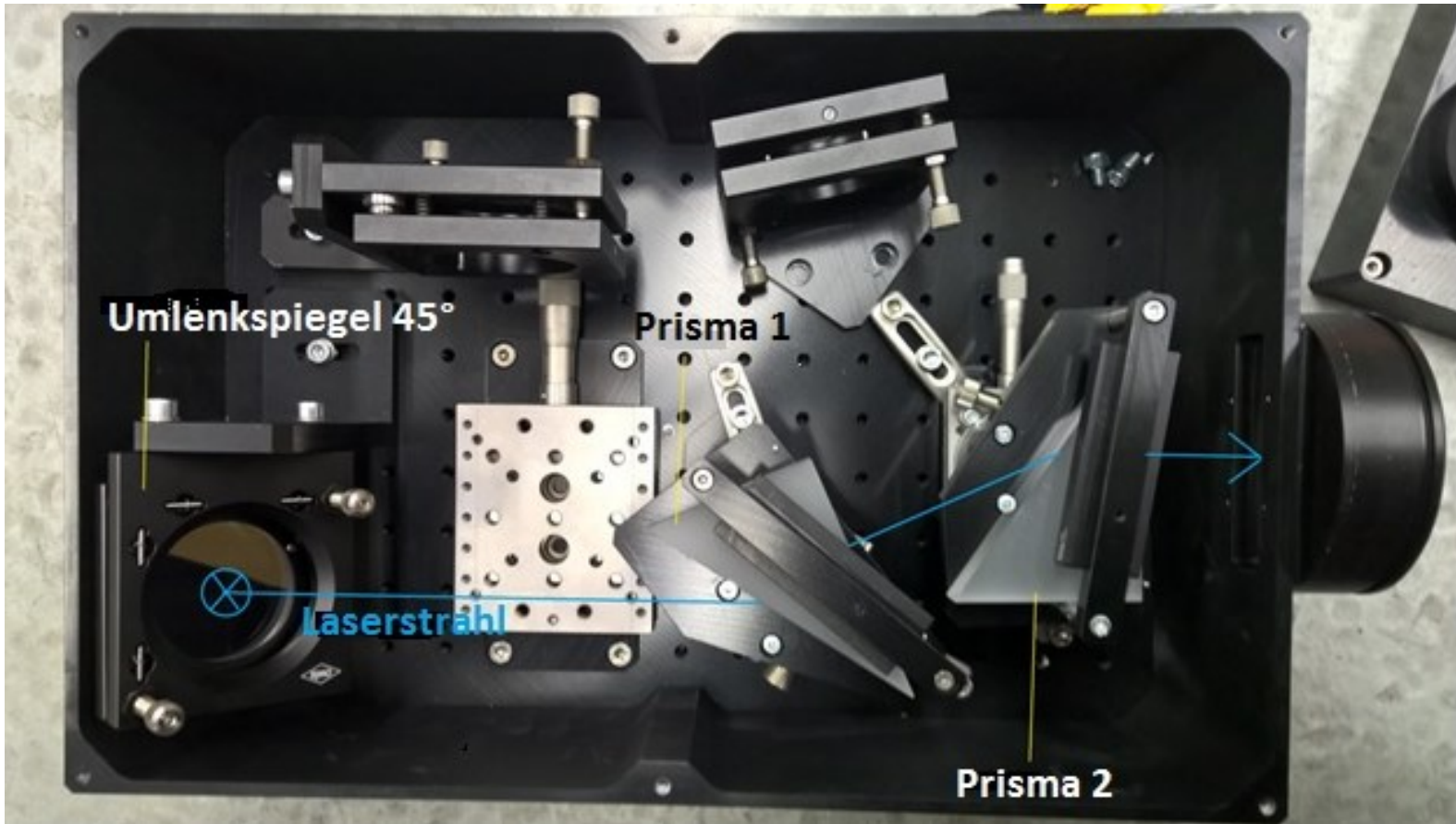


plankonvexe Zylinderlinsen SCX- \varnothing 50,8mm \rightarrow 96,4%
plankonkaven Zylinderlinsen SCX- \varnothing 50,8mm \rightarrow 94,8%

Transmissionen der bisher eingesetzten sphärischen Linsen \rightarrow ca. 80%

Optimierung der Strahlführungsoptik

Transmission der optischen Komponenten

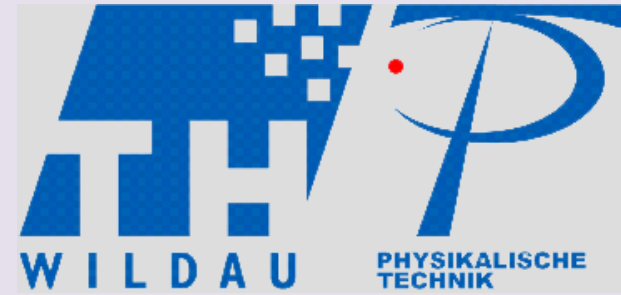


Strahlenverlauf bei der Transmissionsmessung der optischen Komponenten der Expanderbox

Die Messung zeigte eine Transmission von 82,3%

Zusammenfassung und Ausblick

- Identifizieren der Leckstellen, die für große Energieverluste sorgten
- Verwendung von Faltenbälgen als Verbindungen zwischen Spiegelhaltern und Strahlführungsrohren → die mechanische Belastung der Spiegelhalter, die zu Schwierigkeiten bei der Justierung und damit zu Energieverluste geführt hat, wurde behoben
- Es ist noch zu Entscheiden welches Material für den Einsatz im strahlungsbelasteten Bereich der Beamline am besten geeignet ist → Langzeittests erforderlich → Einsatz der NBR Bälgen auch möglich aufgrund der geringen Kosten
- Um die Kollimierung des Strahls zu optimieren wurden vier Zylinderlinsen bestellt, die davor mittels Simulationssoftware Zemax auf Auswirkungen auf den Energietransport untersucht wurden.
- Lösung, bestehend aus 4 Zylinderlinsen (2 plankonvexe und 2 plankonkave mit Brennweiten von $f=750\text{mm}$ bzw. $f=-750\text{mm}$)
- Die Simulation hat gezeigt, dass der Einsatz der ausgesuchten Zylinderlinsen zu einer Verbesserung der Homogenität des Strahlprofils und damit zur besseren Plasmahomogenität beiträgt → Die vorhergesagte Energiedichte bei Nutzung der Zylinderlinsen liegt laut Simulation bei $120 \text{ mJ} / \text{cm}^2$.
- Transmissionen der Zylinderlinsen
96,4% für die plankonvexe Zylinderlinse SCX-50,8,
94,8% für die plankonkave Zylinderlinse SCC-50,8
82,3% für die Expanderbox.



Herzlichen Dank an das gesamte PITZ-Team.

Es war eine Freude mit euch zu arbeiten.

***Besonderen Dank an meine Betreuer Matthias (DESY) und
Harald Beyer (TH Wildau) !***

Vielen Dank für die Unterstützung

Quellen

- 1. F. Hinterberger: Physik der Teilchenbeschleuniger und Ionenoptik. 2. Auflage, Springer, 2008, ISBN 978-3-540-75281-3, S. 79
- 2. http://laola.desy.de/e93663/index_eng.html#laola_e94064
- 3. T.Tajima and J.M.Dawson, PhysRevLett.43.267(1979)
- 4. http://laola.desy.de/e93663/index_eng.html#laola_e94064
- 5. I. Blumenfeld,etal.,Nature445(2007)741.
- 6. <http://pitz.desy.de>
- 7. http://www.dew-stahl.com/fileadmin/files/dew-stahl.com/documents/Publikationen/Werkstoffdatenblaetter/RSH/1.4828_de.pdf
- 8. Eichler, Hans-Joachim: Laser: Bauformen, Strahlführung, Anwendungen. 8 Auflage, Springer, 2015, ISBN: 978-3-642-41438-1, S. 118
- 9. Basting, D. and Marowsky, G., Eds., Excimer Laser Technology, Springer, 2005.
- 10. <http://www.xplora.org/downloads/Knoppix/ESPERE/ESPEREdez05/ESPEREde/www.atmosphere.mpg.de/media/archive/1320.jpg>
- 11. <http://shop.dynatect.de/faltenbaelge/vulkanisierte-faltenbalge/faltenbalg-10501.html>
- 12. Masterarbeit, Marc Schinkel, November 2015, DESY, Standort Zeuthen
- 13. Masterarbeit, James Good, Dezember 2013, DESY, Standort Zeuthen
- 14. <https://www.coherent.com/products/?1027/COMPexPro>