

Allgemeines:

- Exkurs
- Planspiegel
- Gekrümmte Spiegel
- Substrate

Spiegel mit Multilayern:

- Einsatzfelder in der Analytik
- Röntgendiffraktometrie
- Was macht eigentlich ein „Göbelspiegel“?

Ausblick:

- Liouville und die Folgen
- Zusammenfassung
Diskussion



Bilder: INCOATEC

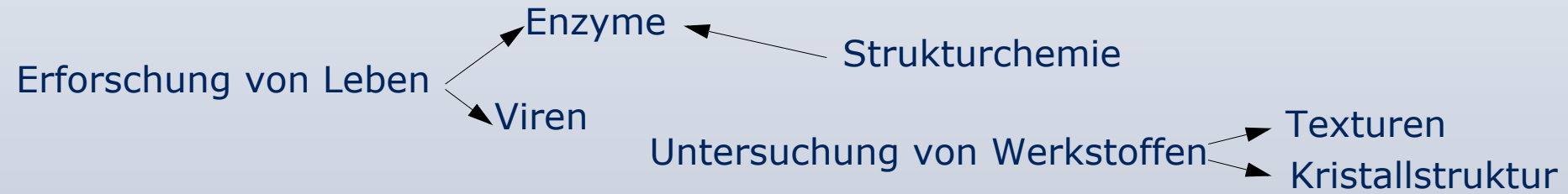
INCOATEC GmbH
Max-Planck-Str. 2
21502 Geesthacht
Germany
Tel: +49(0)4152 889 381
info@incoatec.de

IOM Erfahrungsaustausch
März 2004

- Klassisch: Nutzung des Absorbtionskontrastes



- Analytisch: Alle anderen physikalischen Effekte wie z.B. Streuung, Beugung, Reflexion oder Fluoreszenz



Messung von Schichtdicken → Gaanz wichtig!

Spannungszustände in Werkstoffen → Schweißnähte

Quantitative Zusammensetzung → QS von Zement

Nachweis von Elementen → Dotierung von Wafern

Mit Monolayer

- Totalreflexion

Mit Multilayer

- Wellenlängendiskriminierung
- Monochromatisierung

Mit Gradienten-Multilayer

- Semi-Fokussierung:
konvergierenden Strahl trotz planer Oberfläche!

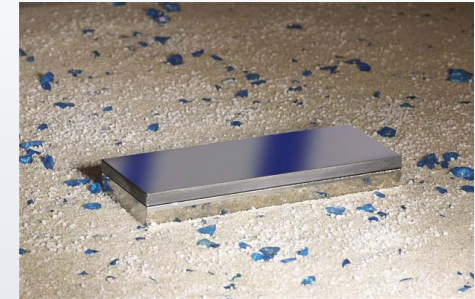


Bild: INCOATEC

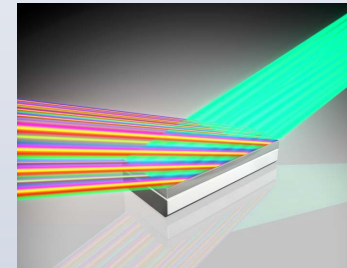


Bild: INCOATEC

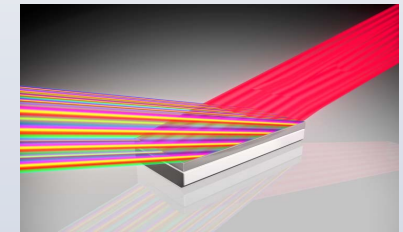


Bild: INCOATEC

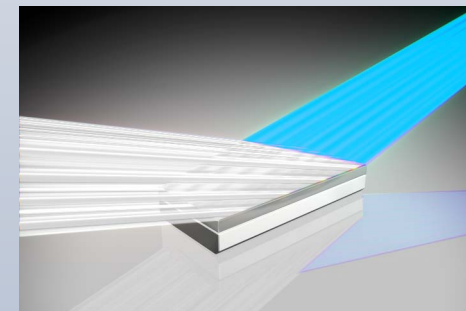


Bild: INCOATEC

Planspiegel stehen teilweise in Konkurrenz zu synthetisch und „natürlich“ gewachsenen Kristallen

Göbelspiegel - Strahlformung und Strahlreinigung in Einem!

Parabel zur Erzeugung eines Parallelstrahls

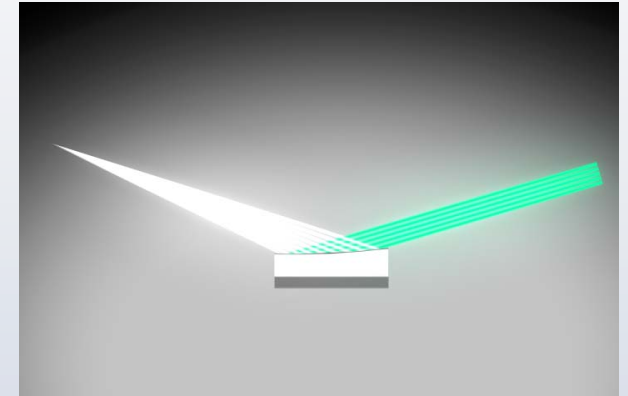


Bild: INCOATEC

Ellipse zur Erzeugung eines fokussierten Strahles

- Gekrümmte Spiegel mit Multilayerbeschichtung ermöglichen steilere Reflexionswinkel als Totalreflexionsoptiken
- Gleichzeitige Monochromatisierung des Strahles.

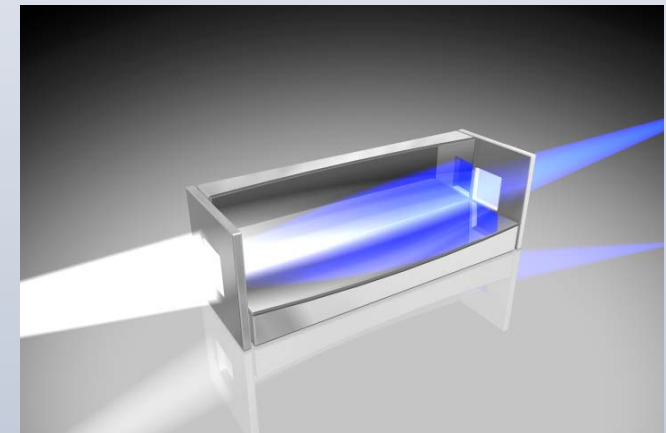


Bild: INCOATEC

Göbelspiegel stehen in Konkurrenz zu Totalreflexionsoptiken und Kapillaroptiken, teilweise auch zu Graphit und Kristallmonochromatoren

Röntgenoptiken

ein paar Worte zu den Substraten...

IOM Erfahrungsaustausch
 März 2004

Biegetechnik
 Tampontechnik
 Trägerverbiegung
 Eigenverbiegung
 Matrizenverfahren

Abformung
 Mandrel
 Hängeofen

Zerspanung
 Schleifen
 Polieren
 MRF
 EED
 Ionenstrahl

Vermessen
 Profiler
 Interferometer
 Optisch

Formfehler $1\mu\text{m}$... **30nm** RMS
 Winkelfehler $5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ$... **$0.1 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ$** RMS
 AFM-Rauhigkeit 0.3nm ... **0.2nm** RMS

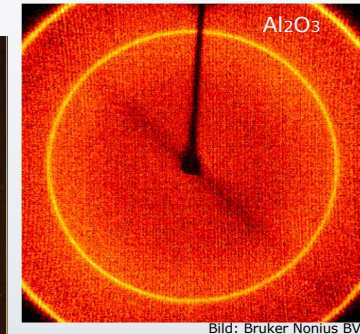
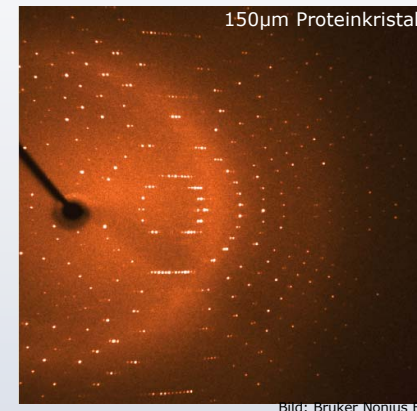
Größe 1cm^2 ... 20cm^2
 Gewicht 20 .. 200g

Die Anforderungen sind also nicht trivial!

Bild: INCOATEC

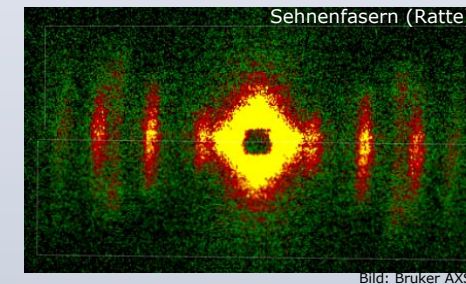
Einkristalldiffraktometrie (SCD)

- Optik fokussiert auf Probe, Detektor oder dazwischen. -> Strukturchemie, Strukturelle Biologie...



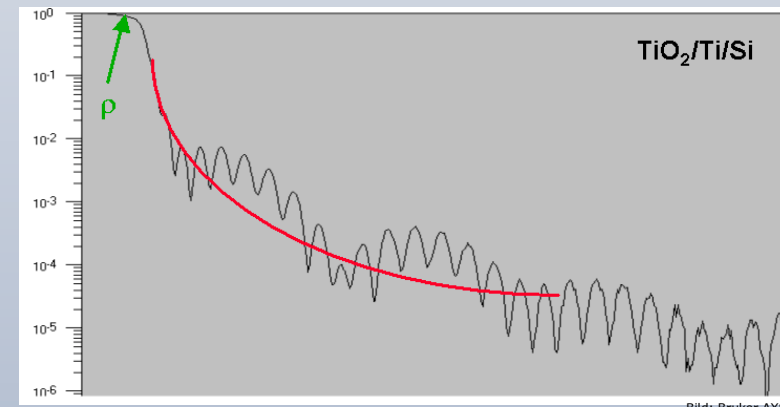
Kleinwinkelstreuung (SAXS)

- Optik strahlt mit einem Parallelstrahl durch die Probe auf den Detektor.
- > Inhomogenitäten, Poren, Einschlüsse, Große Strukturen...



Röntgendiffraktometrie (XRD)

- Montage vor die Röhre und/oder vor den Detektor.
- > Schichtdickenmessung, Dichte, Rauigkeit Pulverzusammensetzung, Aggregatzustände, Werkstoffspannungen, Texturen...



Es gibt viel noch mehr... z.B. XRF

Was will ich messen?

- Dicke und Dichte von Beschichtungen
- Kristallzusammensetzung von Zement
- Texturen von Walzblech
- Beladung von Wasserstoffspeichern

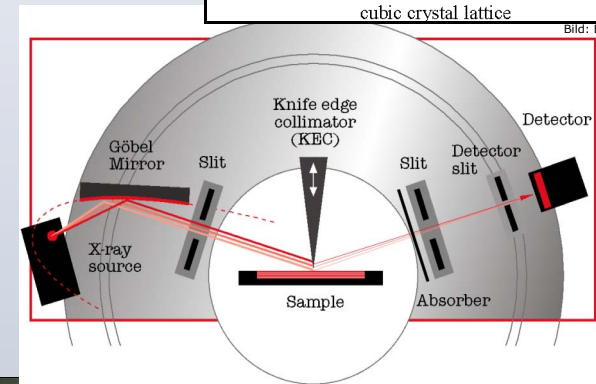
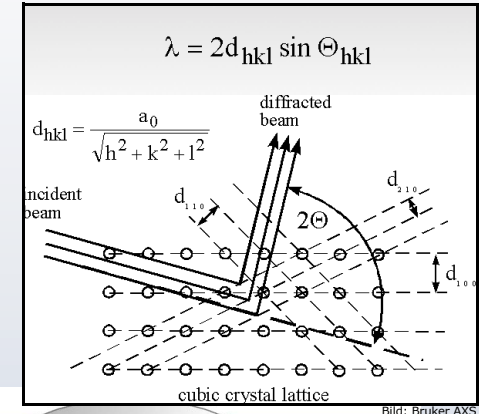
Wie will ich messen?

- Beugung, Streuung und Reflexion unter verschiedenen Ein- und Ausfallswinkeln

Das stört beim Messen:

- Es dauert zu lange
- Lästige und schwierige Ausrichtung und Präparation der Probe
- Schlechte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- Störungen durch unerwünschte Fluoreszenz oder unerwünschte Beugungsreflexe

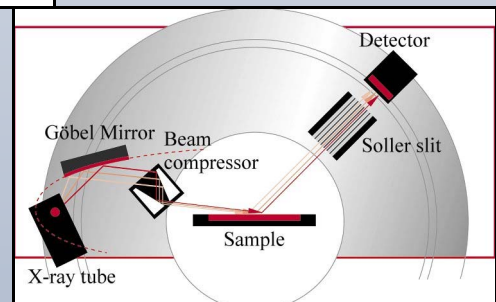
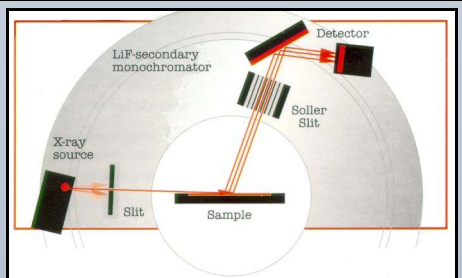
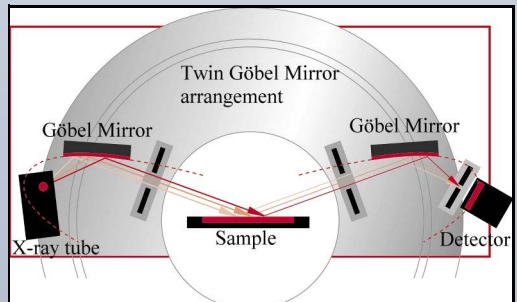
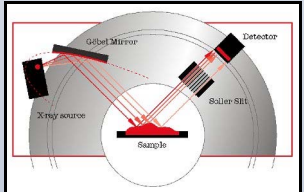
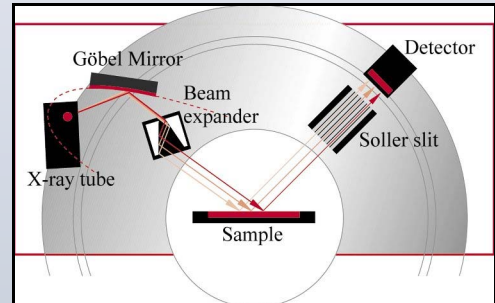
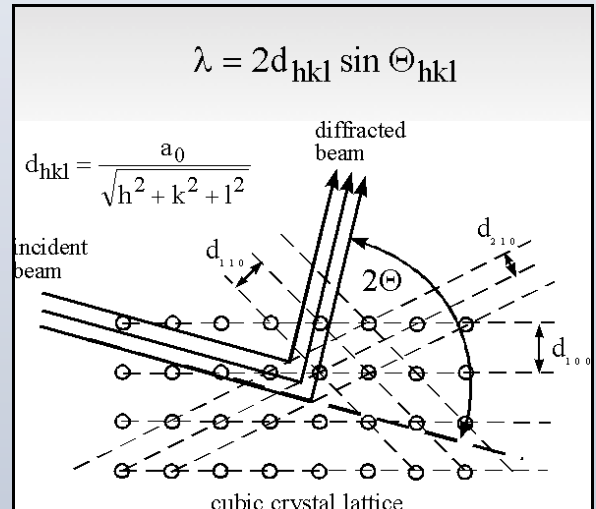
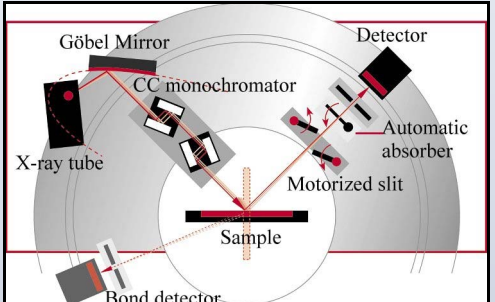
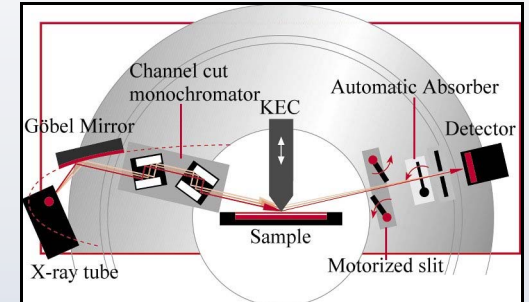
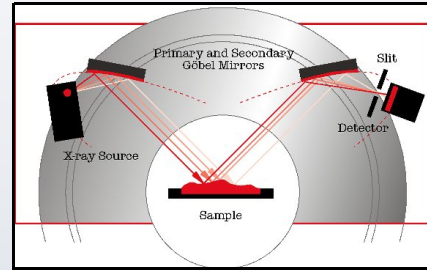
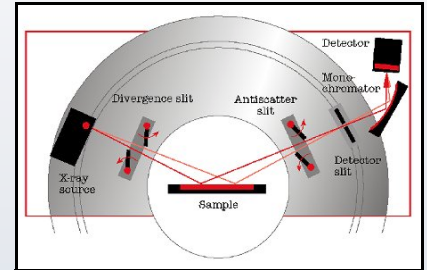
„Die eierlegende Wollmilchsau“ gibt es nicht.



Röntgendiffraktometrie

Das ist ein weites Feld...

IOM Erfahrungsaustausch
März 2004



Klassischer Aufbau

- Plane Probe genau im Zentrum der Goniometerkreise
- Monochromator
- Der divergente Strahl wird zurechtgeschnitten

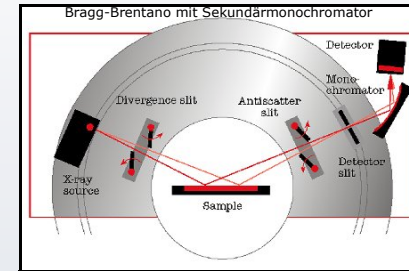
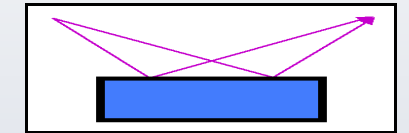
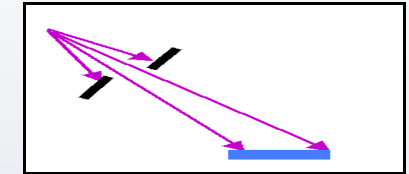


Bild: Bruker AXS



Aufbau mit Göbelspiegel

- Röhrenseite: Ein parallelisierter monochromatischer Strahl hoher Intensität läßt mehr Freiraum bei der Probengestaltung
- Detektorseite: Der Spiegel „sieht“ nur die gewünschten Signale. Störungen wie z.B. Fluoreszenz von Eisen werden ausgeblendet

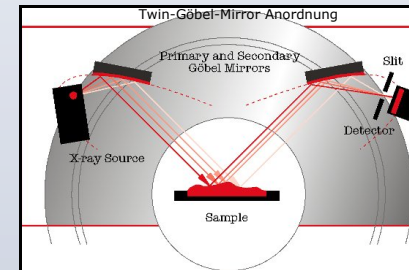
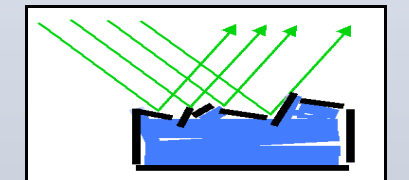
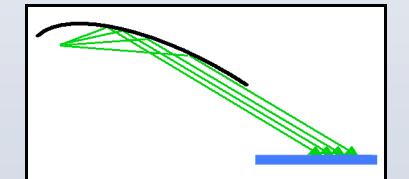


Bild: Bruker AXS



Ergebnis

- Mehr nutzbares Licht
- Besser messen
- Schneller messen

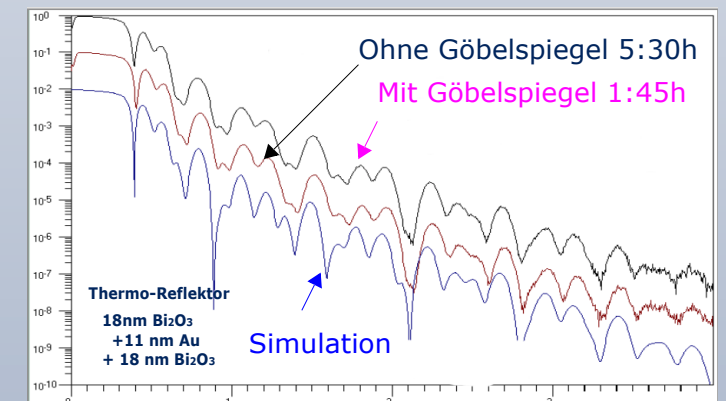


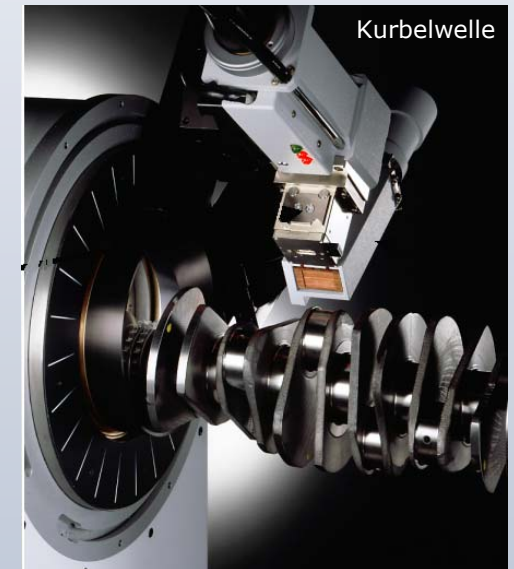
Bild: Bruker AXS

- Proben ohne vorherige Präparation messen
- Proben messen, ohne diese zu zerstören
- Proben messen, die man vorher nicht messen konnte



Bohrkern

Bild: Bruker AXS



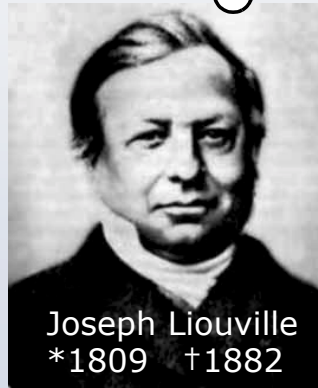
Kurbelwelle

Bild: Bruker AXS



Bronzekamel aus dem Jemen ca. 200 v.Chr.

Bild: Bruker AXS



Joseph Liouville
*1809 †1882

$$\frac{d\rho(x, x', t)}{dt} = 0$$

Die Phasenraumdichte ρ ist entlang jeder Teilchenbahn invariant

Auf Optik bezogen heißt das: Eine Verkleinerung des Strahlenquerschnitts kann nur auf Kosten der Divergenz erreicht werden und umgekehrt.

- Abgeleitet hieraus: Die Brillanz - Photonen/(mm² *mrad[Divergenz]²)
Ist durch die Leistungsdichte der Quelle determiniert

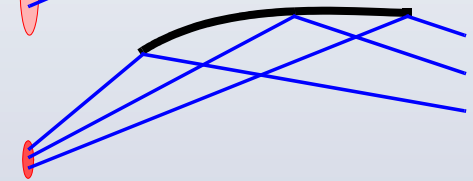
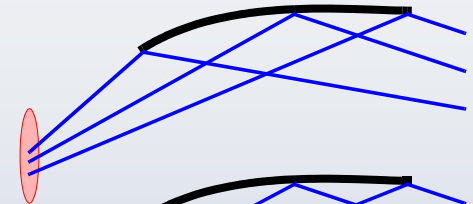
Alle Versuche, die Brillanz zu ändern sind demnach zum Scheitern verurteilt. Es besteht also meistens ein Zielkonflikt Divergenz<->Intensität

- Wieviel Brillanz habe ich und wieviel Divergenz verträgt mein Experiment?
- Davon ausgehend: Messgeometrie und Optik auswählen!

- In den vergangenen 10 Jahren wurden Dank Göbelspiegeln große Fortschritte in der Röntgendiffraktometrie gemacht

Weitere Verbesserungen durch optimalen Kombination von Quelle und Optik!

- Göbelspiegel entfalten im Zusammenspiel mit brillanten Quellen besonders ihre Wirkung
- Andere Wellenlängen wie z.B. Mo werden immer wichtiger
- Feinere Strahlengänge und kürzere Wellenlängen erfordern noch bessere Optiken
- Rauigkeit und zu große Winkelfehler führen zu Intensitätsverlust und Helligkeitsmodulationen
- Winkelfehler und Microrauigkeit der Substrate setzten daher momentan die Grenze des Machbaren



Liouville kann man nicht überlisten. Machen wir das Beste daraus!

IOM Erfahrungsaustausch
März 2004



INCOATEC GmbH
Max-Planck-Str. 2
21502 Geesthacht
Germany
Tel: +49(0)4152 889 381
info@incoatec.de