

Wiederholung: Ewaldkonstruktion

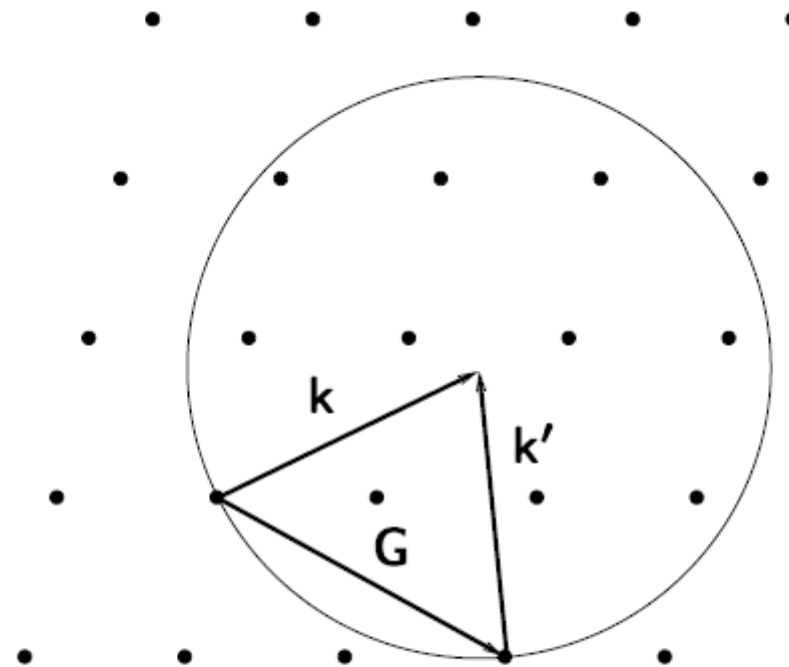


Abbildung 3.3: Ewald-Konstruktion. Beugungsmaxima ergeben sich, wenn der Wellenvektorübertrag einem Vektor \mathbf{G} des reziproken Gitters entspricht.

Faserbeugung

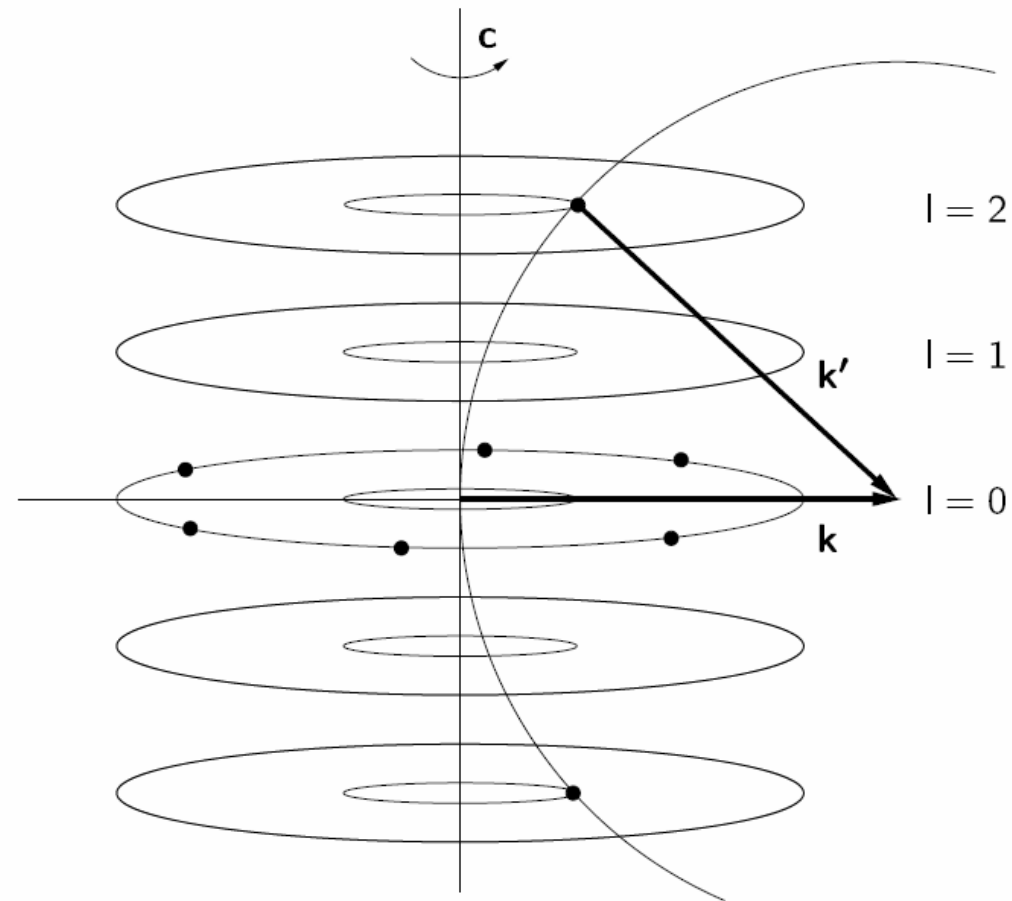
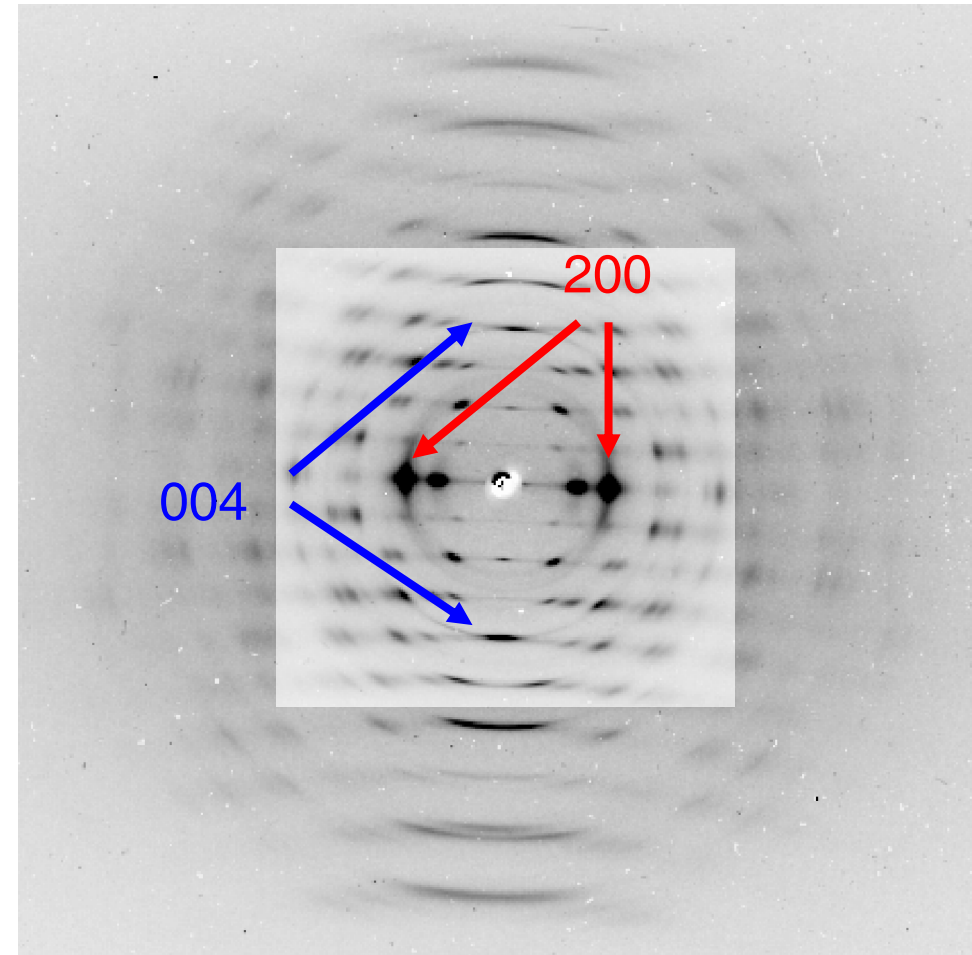
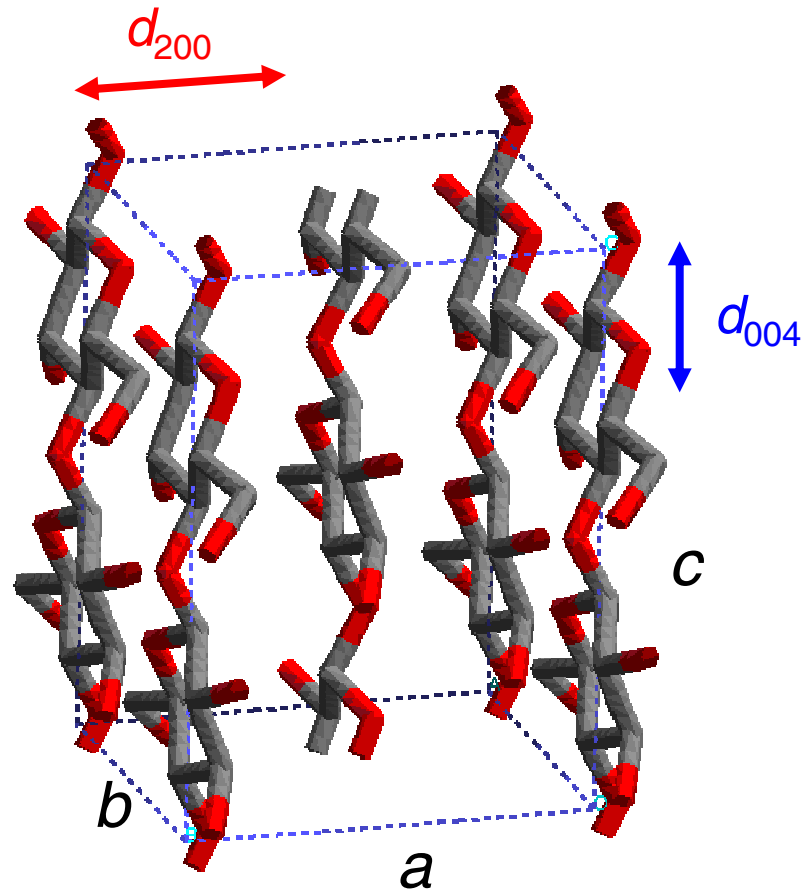


Abbildung 3.4: Drehkristall- bzw. Fasertexturaufnahme. Wird das reziproke Gitter eines Kristalls um eine Achse senkrecht zu \mathbf{k} gedreht, so beschreiben alle Gitterpunkte, die in einer zur Achse senkrechten Ebene liegen, einen Kreis. Fällt die Drehachse mit einer Hauptachse des Kristalls zusammen (hier \mathbf{c}), so ergeben sich für alle dazugehörigen Ebenen mit h, k beliebig und $l = 0, 1, 2, \dots$ äquidistante Kreise. Die Ewaldkugel ist angedeutet.

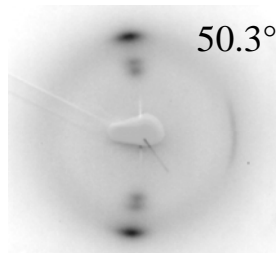
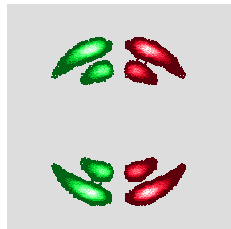
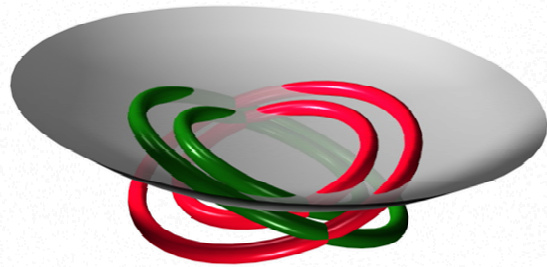
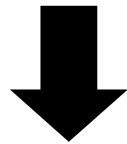
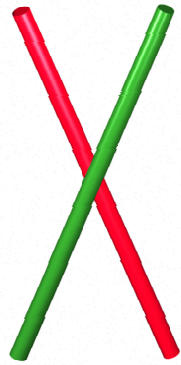
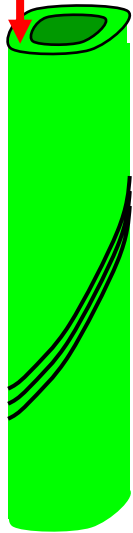
Wiederholung/Beispiel: Kristallstruktur nativer Zellulose



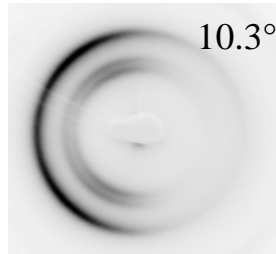
einzelne Holzfaser (Pappel)

M. Müller, M. Burghammer, J. Sugiyama
unveröffentlicht

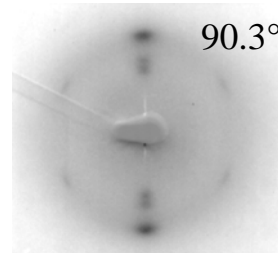
Zur Faser-Streugeometrie (Ewald-Konstruktion)



50.3°



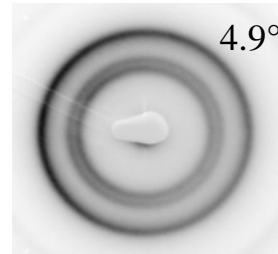
10.3°



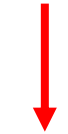
90.3°



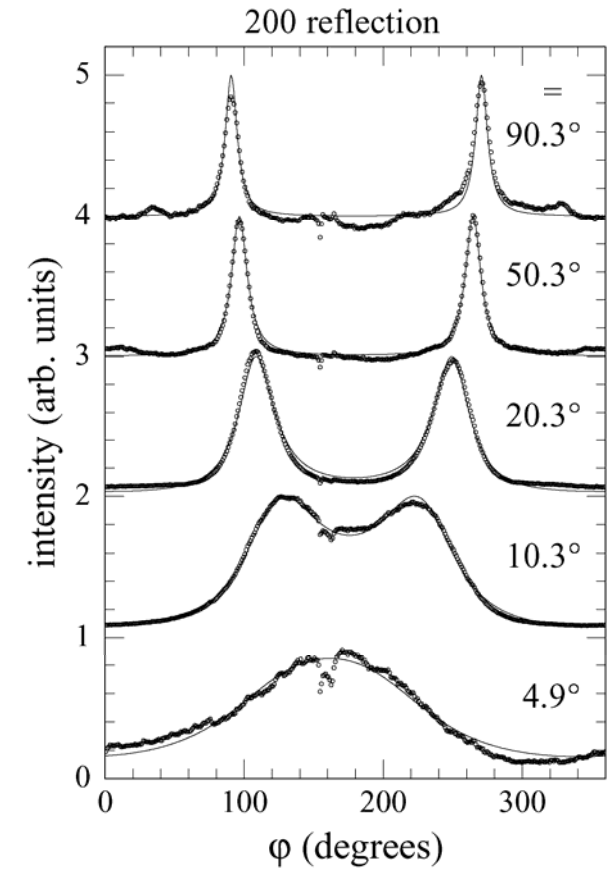
20.3°



4.9°

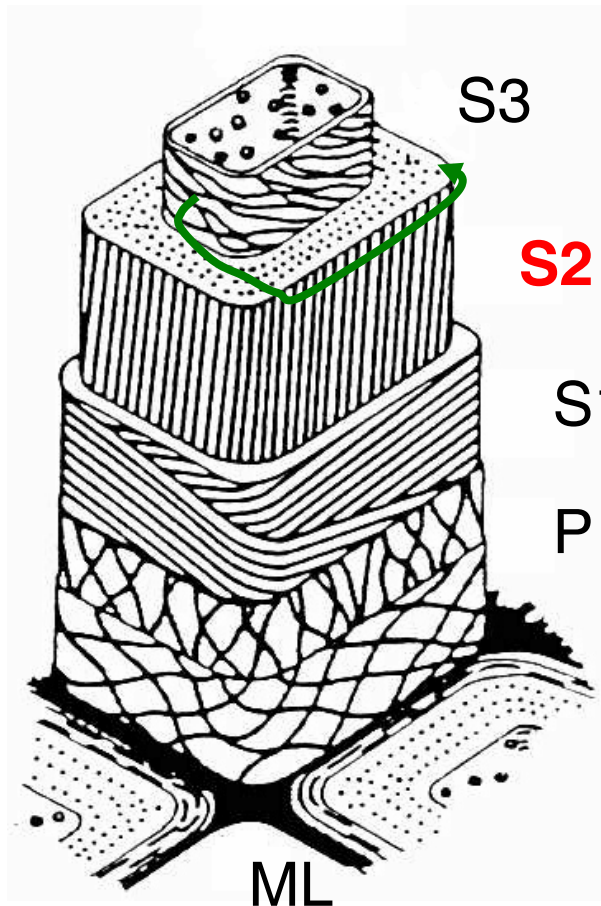


Azimuthale Scans



O. Paris, M. Müller

Nucl. Instrum. Meth. B **200**, 390-396 (2003)



Zellwand ist in *Schichten* gegliedert:

ML: **Mittellamelle**, reich an Lignin

P: **primäre Zellwand**, schlecht kristalline Zellulose, keine Vorzugsorientierung

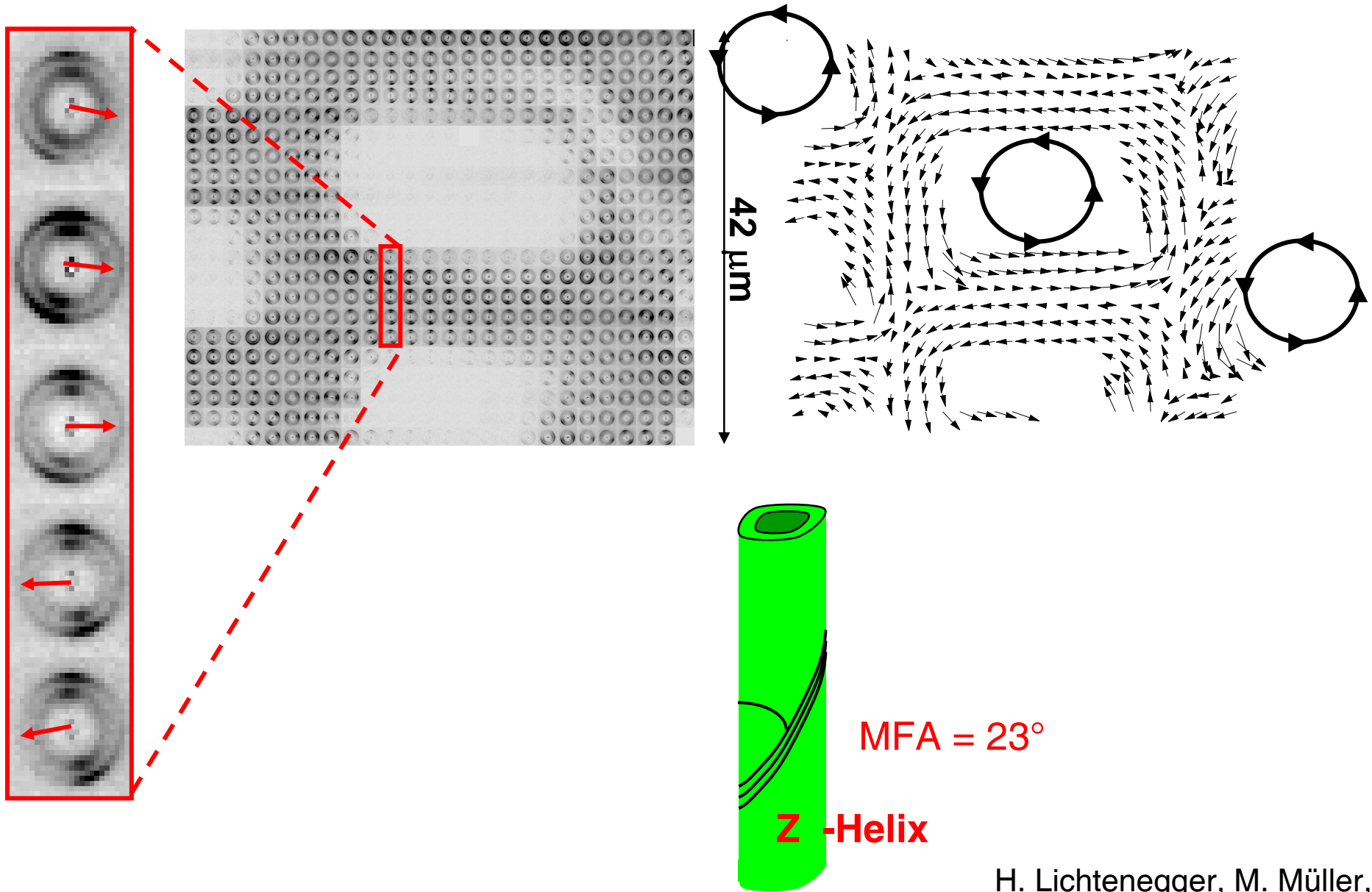
S1, S2, S3: **sekundäre Zellwand**, orientierte Zellulose, lignifiziert

- helikale Struktur
- unterschiedlicher Steigungswinkel in S1-S3
- >80% der Dicke **S2**

Entstehung der Schichten beim **sekundären Dickenwachstum**

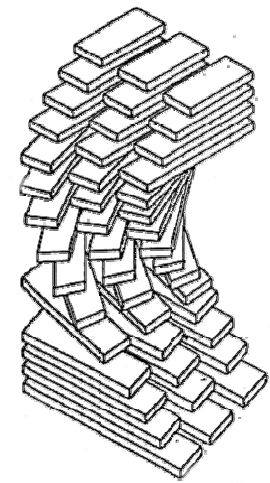
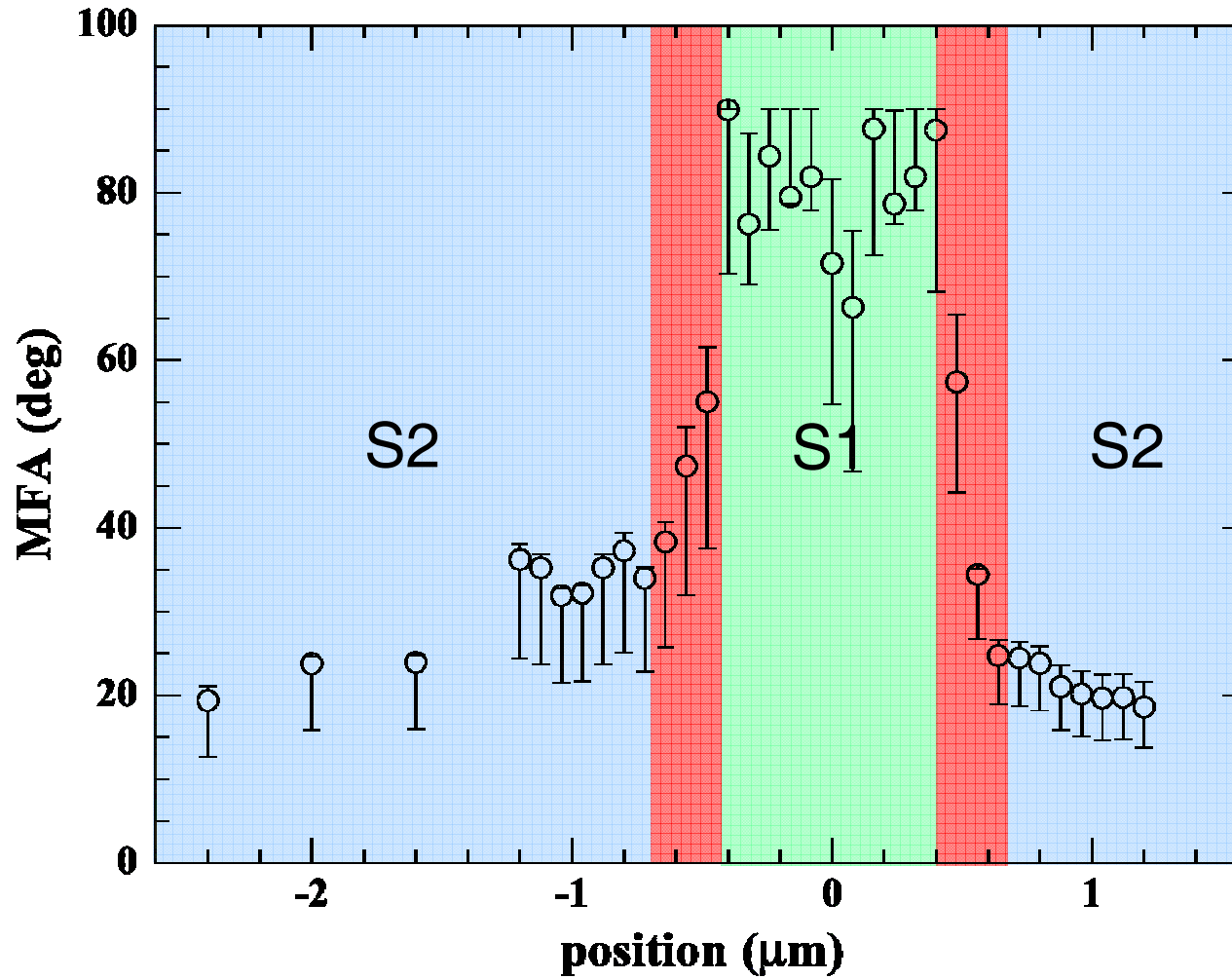
Wachstumszone: Cambium zwischen Rinde (Phloem) und Kern (Xylem, Tracheiden)

Zellulose-Orientierung in Holz-Zellwänden

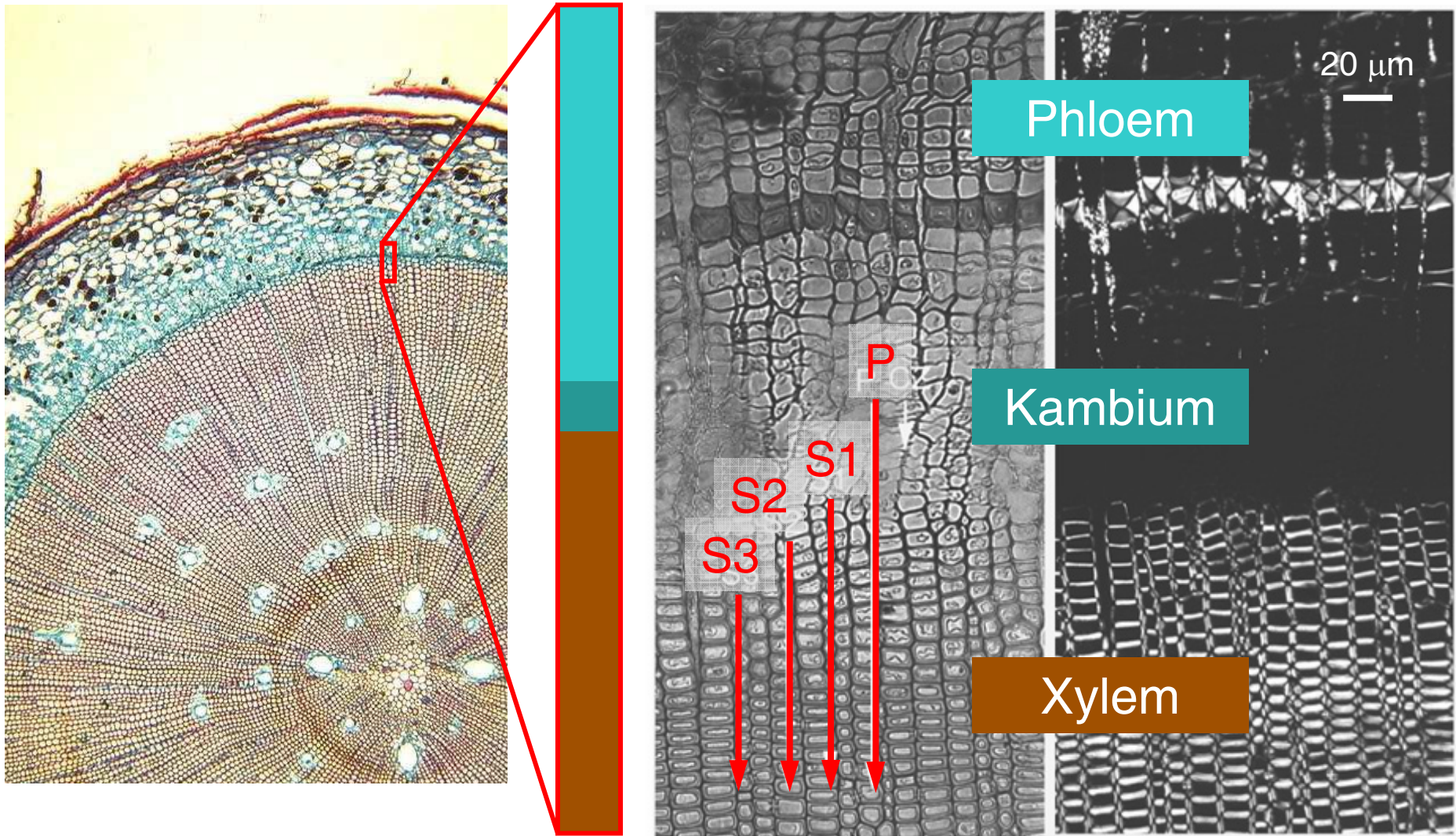


H. Lichtenegger, M. Müller,
O. Paris, C. Riekkel, P. Fratzl
J. Appl. Cryst. **32**, 1127-1133 (1999)

Helikoidaler Übergang zwischen S1 und S2?

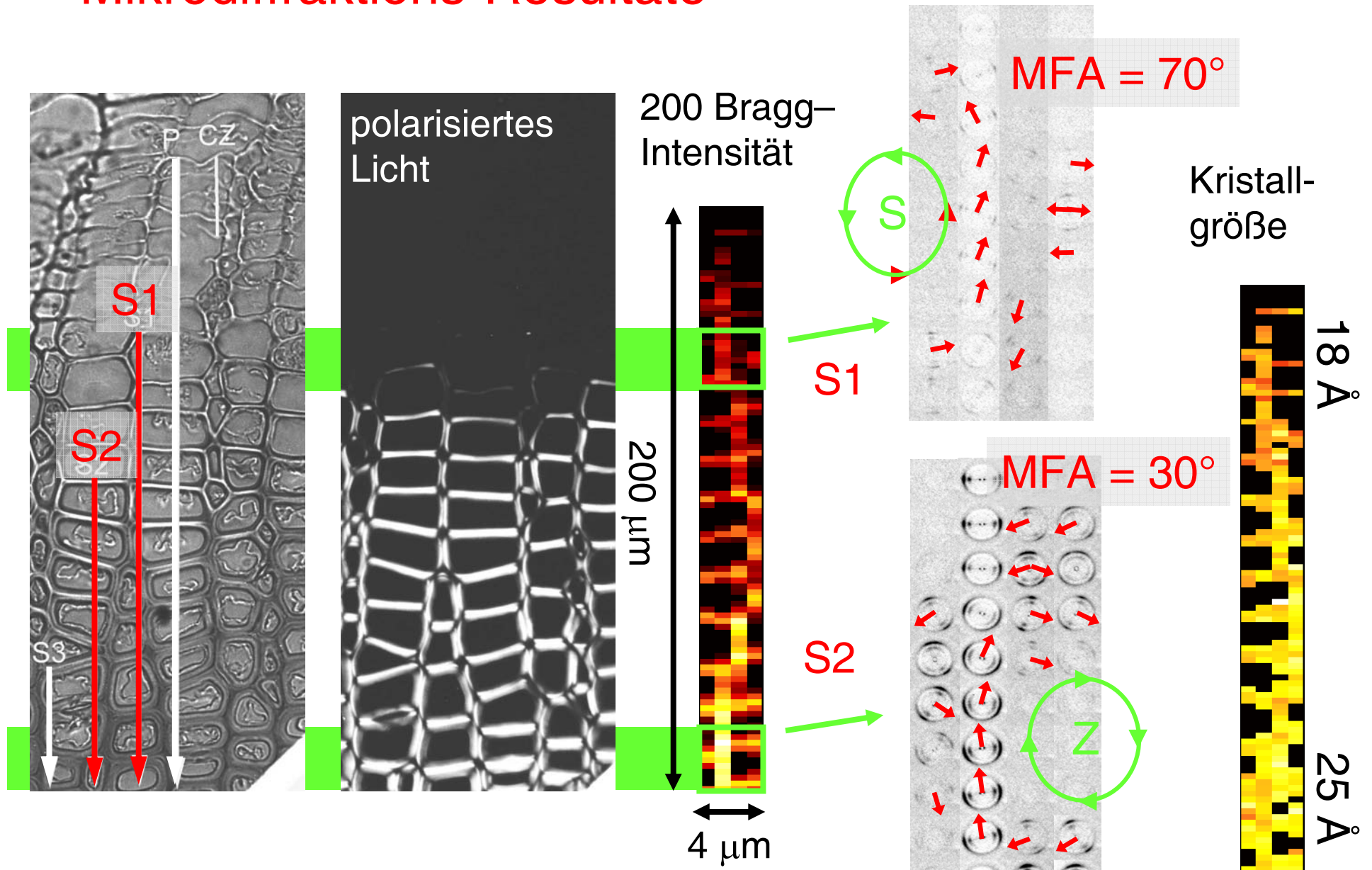


Sekundäres Dickenwachstum: Differenzierung von Holzzellen



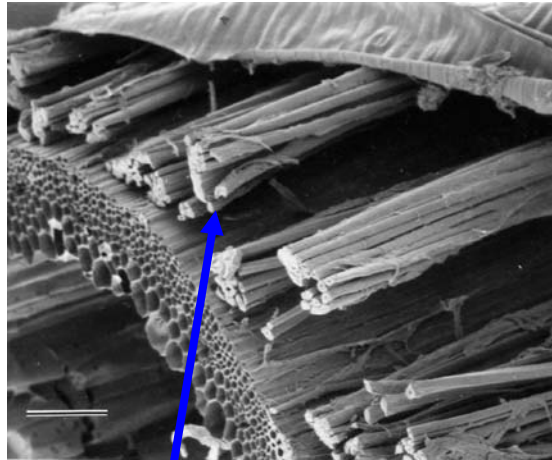
optische Mikroskopie
in normalem und polarisiertem Licht

Mikrodiffractions-Resultate

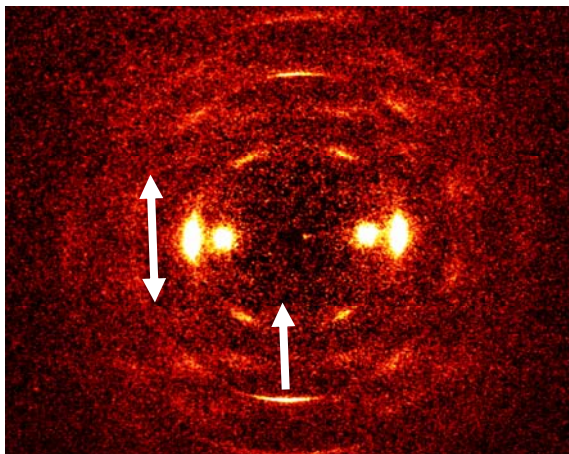


M. Müller R. Hori, T. Itoh, J. Sugiyama
Biomacromolecules **3**, 182-186 (2002)

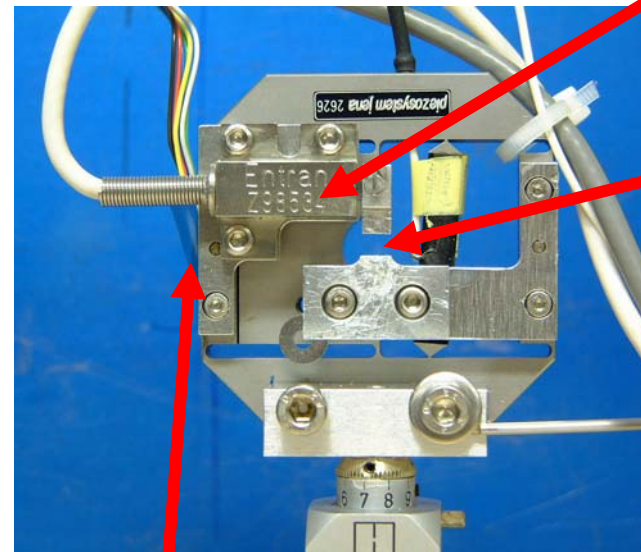
Mikroskopische *in situ* Streckexperimente



Flachfasern:
hochorientierte Zellulose



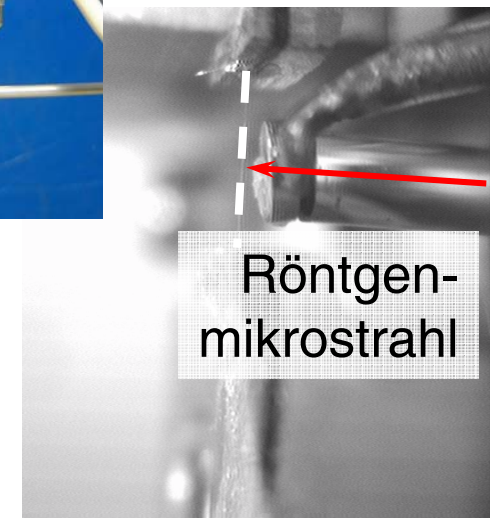
Piezo-Streckzelle für
in situ Röntgenstreuung an
Einzelfasern



Kraftsensor

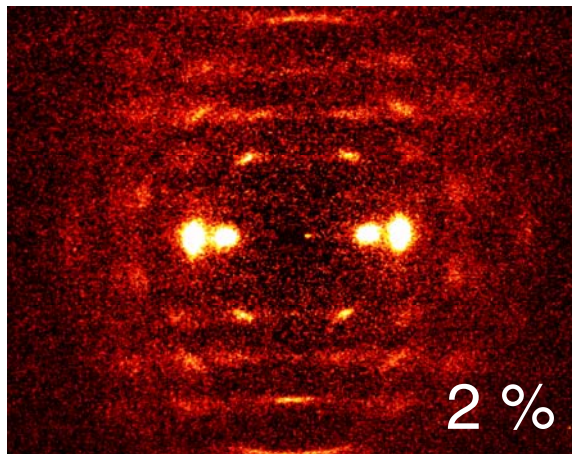
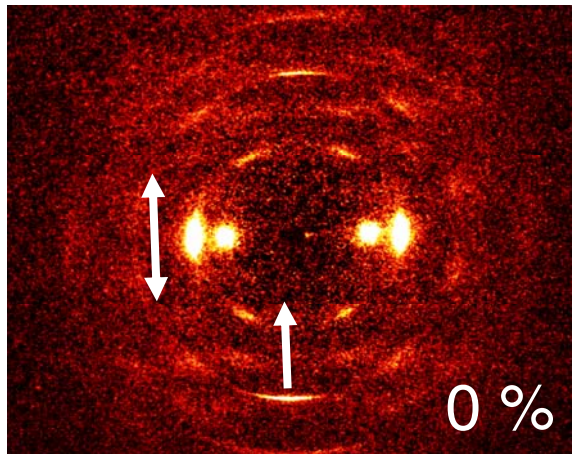
Faser

Dehnungs-
meßstreifen

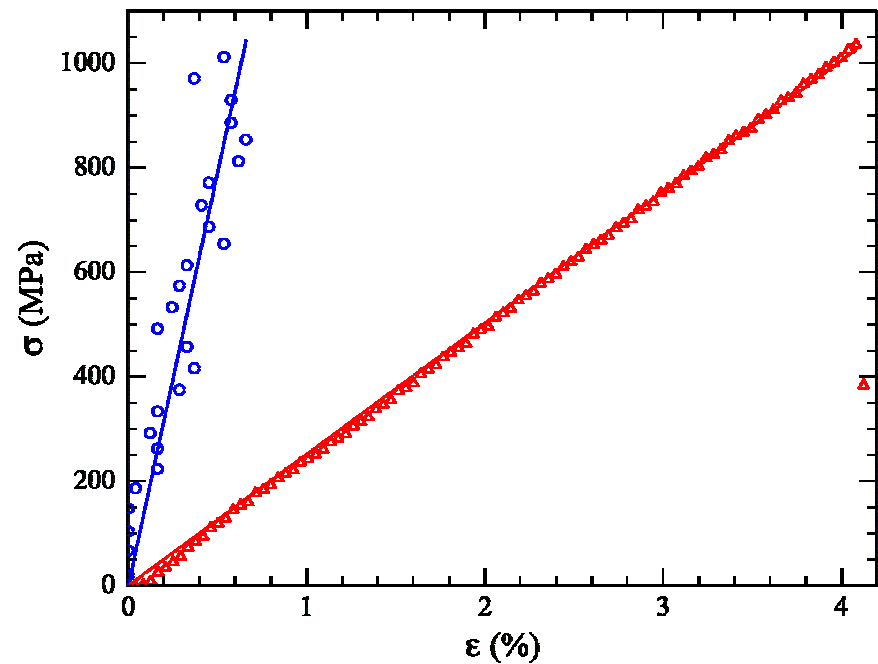
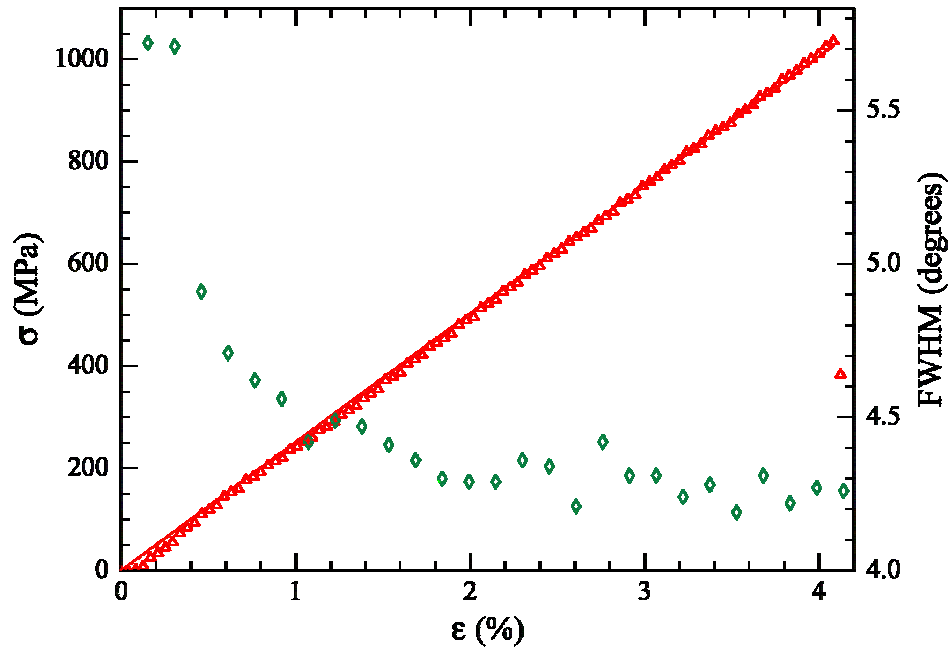


Röntgen-
mikrostrahl

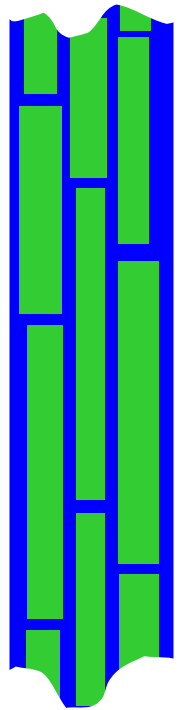
Streckexperimente an einzelnen Flachfasern



0.067 % / s
2 s pro Bild



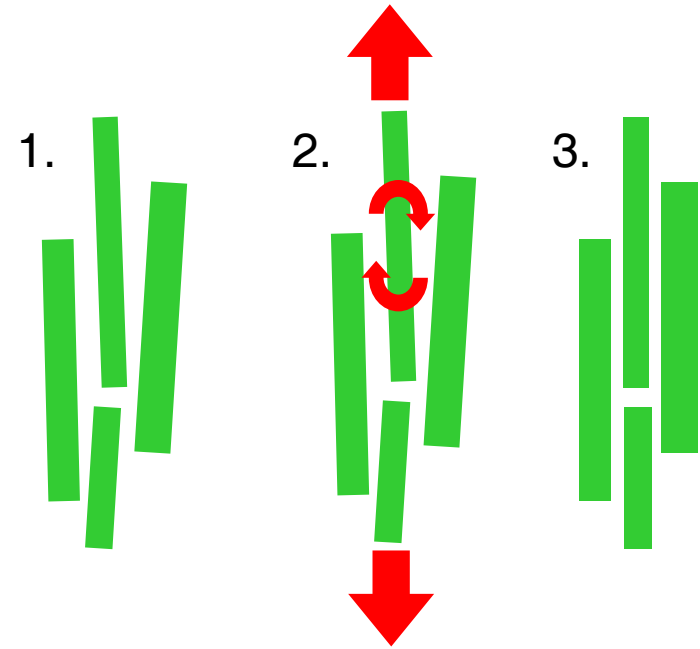
Die Zellulosefaser als Nanokomposit



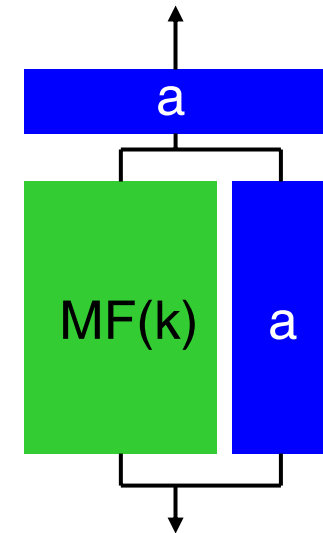
kristalline Mikrofibrillen
eingebettet in
amorphe Matrix

Hemicellulose (Polysaccharide)
evtl. + Lignin = Verholzen

Rotation
der Mikrofibrillen



Dehnung
der Mikrofibrillen



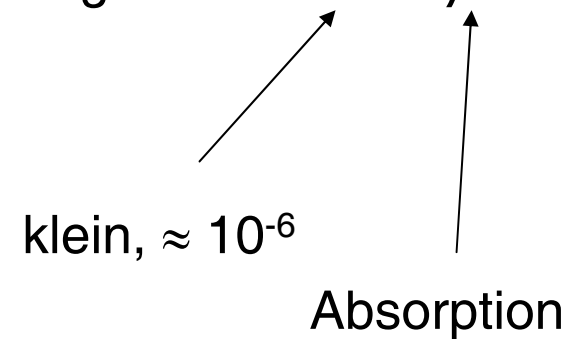
Ortsaufgelöste Röntgenstreuung (Mikrofokus)

- μm - oder sub- μm -Auflösung **ohne** die Nachteile (starke Wechselwirkung) von Elektronen
- Strahl durch Blenden verkleinern? \Rightarrow Intensität wird zu schwach
- also: **Fokussieren!** (aber wie sehen optische Elemente für Röntgenstrahlung aus?)

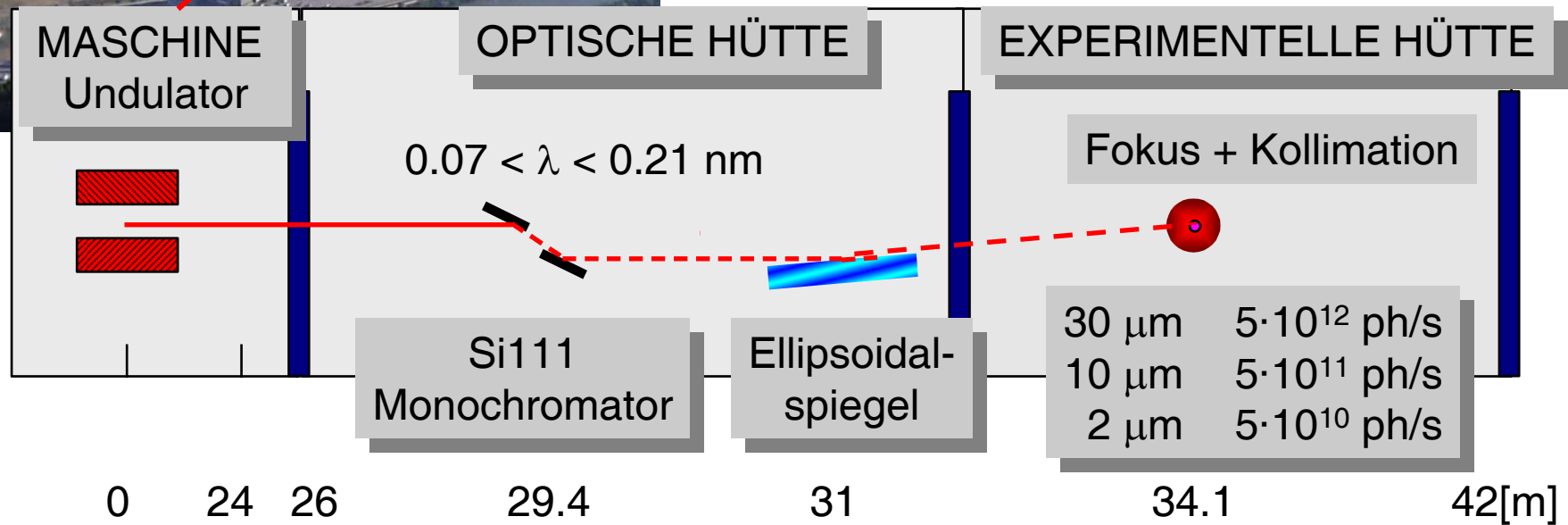
Röntgenoptik

- Brechungsindex von Materie für Röntgenstrahlung: $n = 1 - \delta - i\beta$

\Rightarrow *externe* Totalreflexion



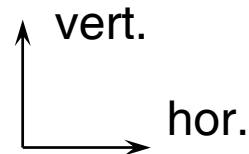
Beispiel: Mikrofokus Beamline ID13



Quelle

$134 \cdot 24 \mu\text{m}^2$
 $0.21 \cdot 0.02 \text{ mrad}^2$

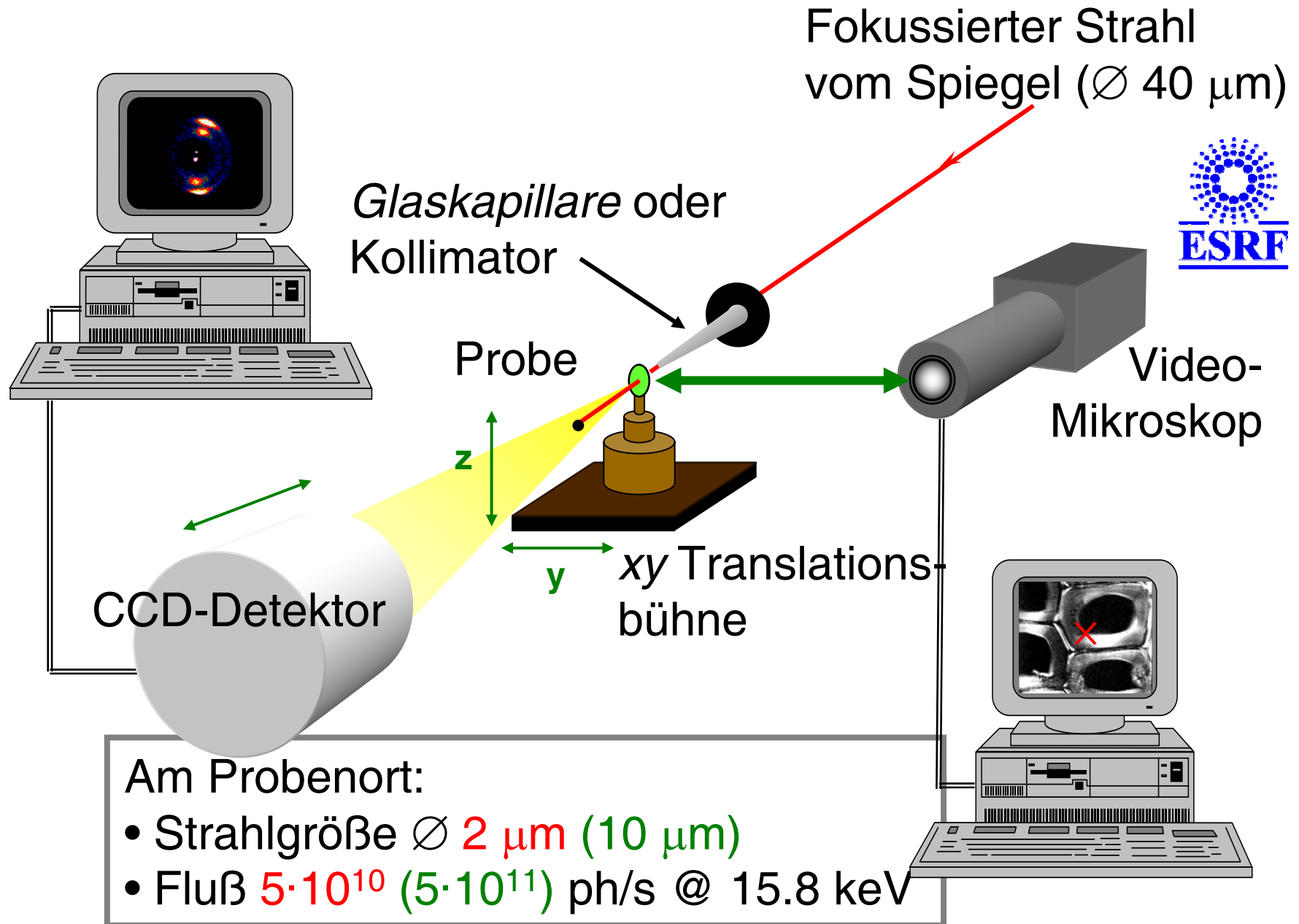
Größe
Divergenz



Fokus

$20 \cdot 40 \mu\text{m}^2$
 $2.1 \cdot 0.2 \text{ mrad}^2$

Ortsaufgelöste Mikrodiffraktion (ID13)



“Scanning” Mikrodiffraktion an ID13

