

SS2021

PPBphys1

Protokoll KRE

Charlotte Geiger - Manuel Lippert - Leonard Schatt

Gruppe 4



Informationen

| | |
|------------------------|-------------------|
| Versuchstag | 22. März 2021 |
| Versuchsplatz | NWII 2.3.02.704 |
| Betreuer | Michael Beckstein |
| | |
| Gruppen Nr. | 4 |
| Auswertperson | Manuel Lippert |
| Messperson | Leonard Schatt |
| Protokollperson | Charlotte Geiger |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 2 | Fragen zur Vorbereitung | 6 |
| 2.1 | Trägheitsmoment I eines Körpers | 6 |
| 2.2 | Trägheitstensor \mathbf{J} | 6 |
| 2.3 | Trägheitstensor \mathbf{J}_{Rad} eines nicht ausgewuchten Rades | 7 |
| 2.4 | Lage der Achsen bei Nutation eines momentfreien Kreisel | 7 |
| 2.5 | Präzessionsfrequenz eines Kreisels | 7 |
| 2.6 | Kreiselkompass | 7 |
| 2.7 | Senkrechte Ausrichtung eines in der Luft rotierenden Bierfilz | 7 |
| 3 | Messprotokoll | 8 |
| 4 | Auswertung und Diskussion | 19 |
| 4.1 | Qualitative Beobachtung verschiedener Kreiselbewegungen | 19 |
| 4.2 | Nutation | 19 |
| 4.3 | Präzession | 19 |
| 5 | Fazit | 20 |
| A | Append A | 21 |
| A.1 | Teilanhang X | 21 |
| | Literaturverzeichnis | 22 |

1 Einleitung

Ein Kreisel ist ein starrer Körper welcher um eine beliebige kräfte- und momentfreie Achse rotiert mit fester Lage im Raum. Dies wird mit einer Unterstützung der Achse in zwei Punkten durch Lager, welche i. Allg. durch Kräfte beansprucht werden, verwirklicht. Kreisel werden häufig in der Technik und im Alltag bei rotierenden Bauteilen in Maschinen verwendet, wobei die Form der Kreisel dabei beliebig sein kann, es aber von Vorteil ist, wenn dieser die Form eines rotationssymmetrischen Körpers annimmt.

In diesem Versuch wird qualitativ das Verhalten eines luftgelagerten, symmetrischen Kreisel (ohne wesentliche Reibung) bei verschiedene Kreiselbewegungen sowie die Reaktion auf äußere Kräfte untersucht. Dabei werden besonders die Figurenachse, Drehimpulsachse und momentane Drehachse eine wichtige Rolle bei der Beobachtung spielen. Des Weiteren wird quantitative die Nutation und Präzession des Kreisels betrachtet.

2 Fragen zur Vorbereitung

2.1 Trägheitsmoment I eines Körpers

Das Trägheitsmoment I eines Körpers wird im Kontinuum anschaulich durch die Gleichung

$$I = \int_V \mathbf{r}_\perp^2 \rho(\mathbf{r}) dV \quad (2.1)$$

dargestellt und gibt die Trägheit eines starren Körpers gegenüber einer Winkelgeschwindigkeitsänderung bei einer Drehung um eine vorausgesetzte Achse an. Dabei ist \mathbf{r}_\perp der Ortsvektor, welcher senkrecht auf ω steht und $\rho(\mathbf{r})$ die Dichte des Körpers in Abhängigkeit zum Ortsvektor \mathbf{r} , wobei die Dichte ρ sich bei homogenen Körper aus den Integral ziehen lässt, da diese in diesem Fall nicht mehr vom Ortsvektor \mathbf{r} abhängt.

Für einen starren Körper aus N Massepunkten der Masse m_i hat (2.1) die Form

$$I = \sum_{i=1}^N m_i r_{i,\perp}^2 \quad (2.2)$$

2.2 Trägheitstensor \mathbf{J}

Der Drehimpuls eines Körpers der Masse m ausgehen vom Ursprung des Koordinatensystems mit Ortsvektor \mathbf{r} und Geschwindigkeitsvektor \mathbf{v} ist angegeben durch die Gleichung

$$\mathbf{L} = m\mathbf{r} \times \mathbf{v} \quad (2.3)$$

Weiterhin gilt bei Rotation eines starren Körpers in einen beliebigen Koordinatensystems ein Zusammenhang zwischen Drehimpuls \mathbf{L} und Winkelgeschwindigkeit \mathbf{w} der Form

$$\mathbf{L} = \underline{\mathbf{J}}\mathbf{w} \quad (2.4)$$

2.3 Trägheitstensor \mathbf{J}_{Rad} eines nicht ausgewuchten Rades

2.3 Trägheitstensor \mathbf{J}_{Rad} eines nicht ausgewuchten Rades

2.4 Lage der Achsen bei Nutation eines momentfreien Kreisels

2.5 Präzessionsfrequenz eines Kreisels

2.6 Kreiselkompass

2.7 Senkrechte Ausrichtung eines in der Luft rotierenden Bierfilz

3 Messprotokoll

Das Messprotokoll wurde am Versuchstag handschriftlich erstellt und hier als PDF-Datei eingefügt.

Versuch kre : Der Kreis

Versuchsplatz: 2.3.02704, Türplatz

Datum: 22. März 2021

Teilnehmer: Gruppe 4

Leonhard Schall Menperson

Manuel Gippert Auswerteperson

Charlotte Greger Tischhaltungsperson

Messinstrumente + Messfehler

• Stroposkop $u_a = 0,005$

• Kugel

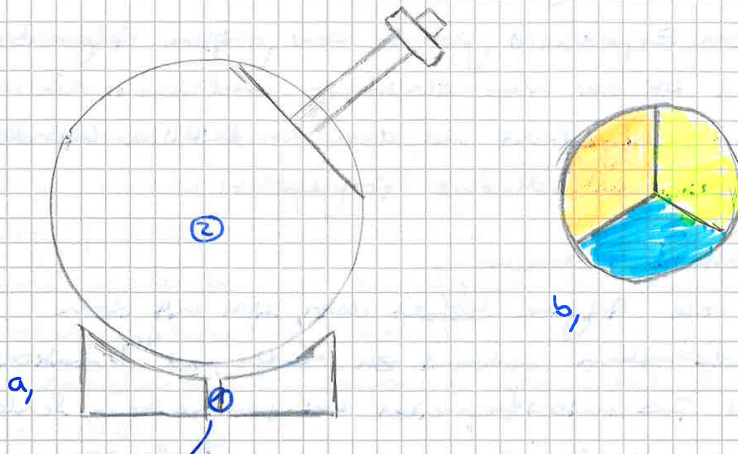
• Luftlagerung

• Gewächse

• Waage Nr. 29206 $u_a = 0,5$

• Stoppuhr $u_a =$

Versuchsaufbau



Man hat den Luftdruck (1) durch in einer Form einer negativen Kugel, in der eine Stahlkugel liegt. Diese Kugel ist an einer Seite abgeschnitten. Diese Fläche ist mit drei gleichgroßen Farben ^{und mit quadratischem Linienmuster} codiert. Aus der Fläche ^{steigen} ragt eine eigene Schraube raus. Diese kann man an einem Feststellmechanismus ^{in der Horizontalen} feststellen, sodass die Kugel ^{sich} um die Achse der Schraube dreht.

Zusätzlich zum unteren Luftdruck gibt es eine seitliche Luftdrüse, so dass der Wind kontrolliert angetrieben ^{abgebremst} werden kann, oder auf konstanter Geschwindigkeit belassen werden. Zusätzlich hat man einen Holzstift zum Anschließen, verschiedene Gewichte zum Aufhängen auf die Kugelstange, eine Waage zum Abwiegen, eine Stoppuhr zum Zeitstoppen, und ein Stoppuhr zum Frequenz messen, zur Laufzeit.

Versuchsdurchführung

Bei diesem Experiment gibt es drei größere Aufgabenbereiche. Der Beginn ist bei allen ähnlich, so wird zuerst die vertikale Luftzufuhr aufgedreht und dann die seitliche Luftverteilung. Danach wird unterschiedlich fortgeführt.

1. Qualitative Beobachtung

- Die erste Aufgabe besteht darin, sich mit dem Versuchsaufbau vertraut zu machen und ω_0 Mutations- und Präzessionsfrequenzen bei verschiedenen Schlegel / Schwenkmethoden zu erkennen und Tendenzen zu sehen.

2. Mutation

Durch plötzliche Stops an den schnell drehenden Kreisel bringt man den rotierenden Kreisel zur Mutation. Man wird die Umstände der Figurenradre um die momentane Drehachse und damit die Mutationsfrequenz ω_1 gemessen. Für eine Kontrolle wird das Stroboskop genutzt.

3. Präzession

Für diese Aufgabe werden beide Gewichte in einem bekannten Abstand vom Schwerpunkt gegeneinander verdrängt, die Figurenradre in die Feststellvorrichtung eingespannt und der Kreisel auf eine hohe Drehzahl gebracht. Dann wird der Kreisel aus der Vorrichtung ausgeklippt. Man wird die Kreisel Frequenz mit dem Stroboskop gemessen. Zusätzlich wird die Zeit t gemessen und somit auch die Präzessionsfrequenz als Funktion von ω_3 .

1. Qualitative Beobachtung

- Je schneller Kreisel wird immer im UZS angedreht
- Seitliche Luftstrom wurde komplett aufgedreht, wodurch die maximale Drehzahl (ca. 20 ~~U/min~~^{U/min}) erreicht wurde. Dann wurde durch Finger ^{Drehung/sek} konstant (nicht schlagartig) Kräfte ausgeübt → Kreisel weicht aus. Dann wurde Kreisel schrittweise abgebremst und vorherige Prozedur erneut durchgeführt.

Beobachtung: Je langsamer der Kreisel, desto schwächer die Auslenkung.

Wiederholt wurde die gleiche Prozedur mit Schläger gegen Metallstab (hierbei wurde Holzstab genutzt).

Diesmal ist die Beobachtung, dass je langsamer der Kreisel, desto größer die Auslenkung aus dem ursprünglichen Zustand und desto langsamer die Mutationsfrequenz.

Man sieht deutlich, dass sich Figurenachse und Rotationsachse weiter separieren, wenn die Drehfrequenz niedriger ist (der Kreis, den die Spitze des Metallstabes beschreibt, wird größer) außerdem ist zu beobachten, dass die Mutationsfrequenz nimmt zu mit höherer Drehzahl.

Jetzt werden Gewichte an die Stange gehängt ^{wird dh} und dann Kreisel wieder auf maximale Drehzahl beschleunigt.

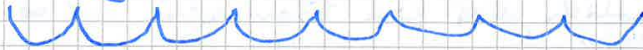
Versuchsdurchführung

Bei diesem Versuch gibt es drei größere Aufgabenbereiche

1. Qualitative Beobachtung

Abhängig vom Winkel in dem man den Kreisel danach positioniert ist die Präzession unterschiedlich stark (Test 45 und 90 Grad). Wie vorher wird Kreisel langsam abgebremsst und Versuch wiederholt. Unterschiedliche ~~Präzessions-~~ Geschwindigkeiten sind bei verschiedenen Drehzahlen auffällig, was aber unter anderem an der graduellen Verringerung der Drehzahlen liegen kann.

~~Versucht~~ Der Kreisel wird wieder auf Maximalgeschwindigkeit angedreht. Versucht man dieses dann einen Schlag, kann man Nutation und Präzession gleichzeitig beobachten. Ein besonders schönes Phänomen stellt sich ein bei niedriger Drehzahl: die Spitze der Stange beschreibt eine solche Kurve:



kleine Ergänzung: Nutation und Präzession liegen so oben gesehen immer im UZS.

Mit geeignetem Stroboskop kann man die Nutationsbewegung "verlangsamend sichtbar machen" dabei wird das Stroboskop ungefähr auf Rotationsfrequenz gestellt.

| 2. Mutation [Hz] | | | |
|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------|
| Nr. | Rotationsfrequenz | 1. Messwert | 2. Messwert |
| 1 | 10,0 | 62,69 sec | 59,96 sec |
| 2 | 10,5 | 58,84 sec | 59,50 sec |
| 3 | 11,0 | 56,94 sec | 59,69 sec |
| 4 | 12,0 | 51,53 sec ^{verzählt} | 51,135 sec |
| 5 | 13,0 | 38,505 49,63 sec | 48,87 sec |
| 6 | 14,0 | 44,75 sec | 45,56 sec |
| 7 | 15,0 | 40,78 sec ^{verzählt} | 40,53 sec |
| 8 | 16,0 | 34,28 37,47 sec | 38,28 sec |
| 9 | 17,0 | 35,71 sec | 36,31 sec |
| 10 | 18,0 | 34,25 sec | 34,65 sec |
| 11 | 19,0 | 32,85 sec | 33,06 sec |
| 12 | 20,0 | 30,75 sec | 31,19 sec |

Durchführung

Damit die Messperson beide Hände frei hat, um den Kreis ^{und die Stopuhr zu bedienen} zu präparieren, hilft die Auswerteperson, das Stroboskop zu halten. Dabei wird darauf geachtet, den Mindestkreis möglichst einzuhalten.

Gemeinsam werden ^{jeweils} 10 Umläufe der Figurenachs. ~~best~~ ^{den} Fig. Die Luftdüse wird ~~schuell~~ ^{schuell} stärker gedreht, als es gebraucht wird und mit den Fingern so weit abgebremst, bis er so schnell ist wie benötigt.

Die Umläufe werden jeweils unten gemessen und gezählt.

Zusatzbeobachtung: Frequenz erhöht sich, ^{leicht} wenn man ^{den Kreis} Schlag versetzt.

3. Präzision

- Zuerst werden die beiden Gewichte gezogen

Mass: Gewicht: 48,2 g

- Dann wird die große Kugel vermessen + Gewichte:

Durchmesser: 100 mm

Durchmesser bis zur flachen Seite: 96 mm

Gewicht 1. & Höhe: 10 mm (beides Mal)

Höhe Schraube: 87 mm

Länge ^{Endschraube} Kugel - Gewicht: 15 mm

- Durchführung:

Schraube wird eingespannt, Kreisel wird auf 18

Umdrehungen / Sekunde eingedreht dann wird der

Kreisel ausgebalanciert (am horizontalen Halterung

(Winkel zu Erdmittelpunkt = 90°)). Der Kreisel

beginnt zu präzessieren, es werden 10 Umdrehungen

beobachtet, wobei mit der Rundfunktion der

Stoppuhr jeweils die Zeit für eine Umdrehung

genommen wird und mit dem Strobuskop die

Drehgeschwindigkeit zu Anfang ^{und} Ende ermittelt

wird. Die Auswertperson schaltet Stoppuhr,*

die Messperson das Strobuskop. Bei diesem Versuch

ist die antreibende Düse nach der Beschleunigungs

phase abgeschaltet.

Gemessen werden Rotationsfrequenz (wobei ^{Endfrequenz von} Anfangs- und

Messung n gleich der Anfangsfrequenz von Menning ^{ist} und

und Rotationszeit.

* aus praktischen Gründen wird das Handy statt

einer normalen Stoppuhr genommen

3 Messprotokoll

Messung 1:

| Nr | Rotationsfrequenz [Hz] | | gemessene Zeit bei Umdrehung [sec] |
|----|------------------------|-------|------------------------------------|
| | Anfangs- | End- | |
| 1 | 19,00 | 15,79 | 56,66 |
| 2 | | 13,27 | 46,69 |
| 3 | | 11,78 | 41,21 |
| 4 | | 10,48 | 36,16 |
| 5 | | 9,28 | 32,24 |
| 6 | | 8,48 | 29,09 |
| 7 | | 7,78 | 26,55 |
| 8 | | 7,30 | 24,65 |
| 9 | | 6,68 | 22,58 |
| 10 | | 6,12 | 21,10 |

Anmerkung: Die Pfeile ↗ bedeuten, dass Endfrequenz von Messung n gleich Anfangsfrequenz von Messung n+1 ist

| Nr | Rotationsfrequenz [Hz] | | gemessene Zeit bei Umdrehung [sec] |
|----|------------------------|-------|-------------------------------------|
| | Anfangs- | End- | |
| 1 | 20,00 | 16,40 | 58,48 |
| 2 | | 14,00 | 49,35 |
| 3 | | 12,10 | 42,64 |
| 4 | | 10,71 | 37,33 |
| 5 | | 9,58 | 33,12 |
| 6 | | | → Abbruch der Messung, da |
| 7 | | | Schraube aus Vertikale gerückt ist. |
| 8 | | | Grund ist evtl. äußere |
| 9 | | | Einwirkung |
| 10 | | | |

| Nr | Rotationsfrequenz [Hz] | | gemessene Zeit Se Verlauf |
|----|------------------------|----------------------|---------------------------------|
| | Anfangs- | End- | |
| 1 | 13,00 | 15,70 | 55,78 |
| 2 | | 13,40 | 47,73 |
| 3 | | 11,70 | 40,61 |
| 4 | | 10,40 | 36,46 |
| 5 | | 9,30 | 31,53 |
| 6 | | 8,41 | 29,04 |
| 7 | | 7,73 | 26,58 |
| 8 | | 7,86 7,86 | nur halbe Frequenz 24,21 sec |
| 9 | | ↳ 5,72 | |
| 10 | | | |

Erreichte Messung ab 6 Hz

| Nr | Rotationsfrequenz [Hz] | | gemessene Zeit pro Umlauf |
|----|------------------------|-----------------------------------|---|
| | Anfangs- | End | |
| 1 | 6,00 | 5,64 | → Abbruch, da kein erneuter Start ab 6,00 Hz |
| 1 | 6,00 | 5,38 | 17,08 |
| 2 | | 5,09 | 16,12 |
| 3 | | 4,89 | 15,49 |
| 4 | | 4,63 | 14,47 |
| | | → ab hier zu langsam → Abbruch | |

Charlotte

Schlitt

Lippert

3 Messprotokoll

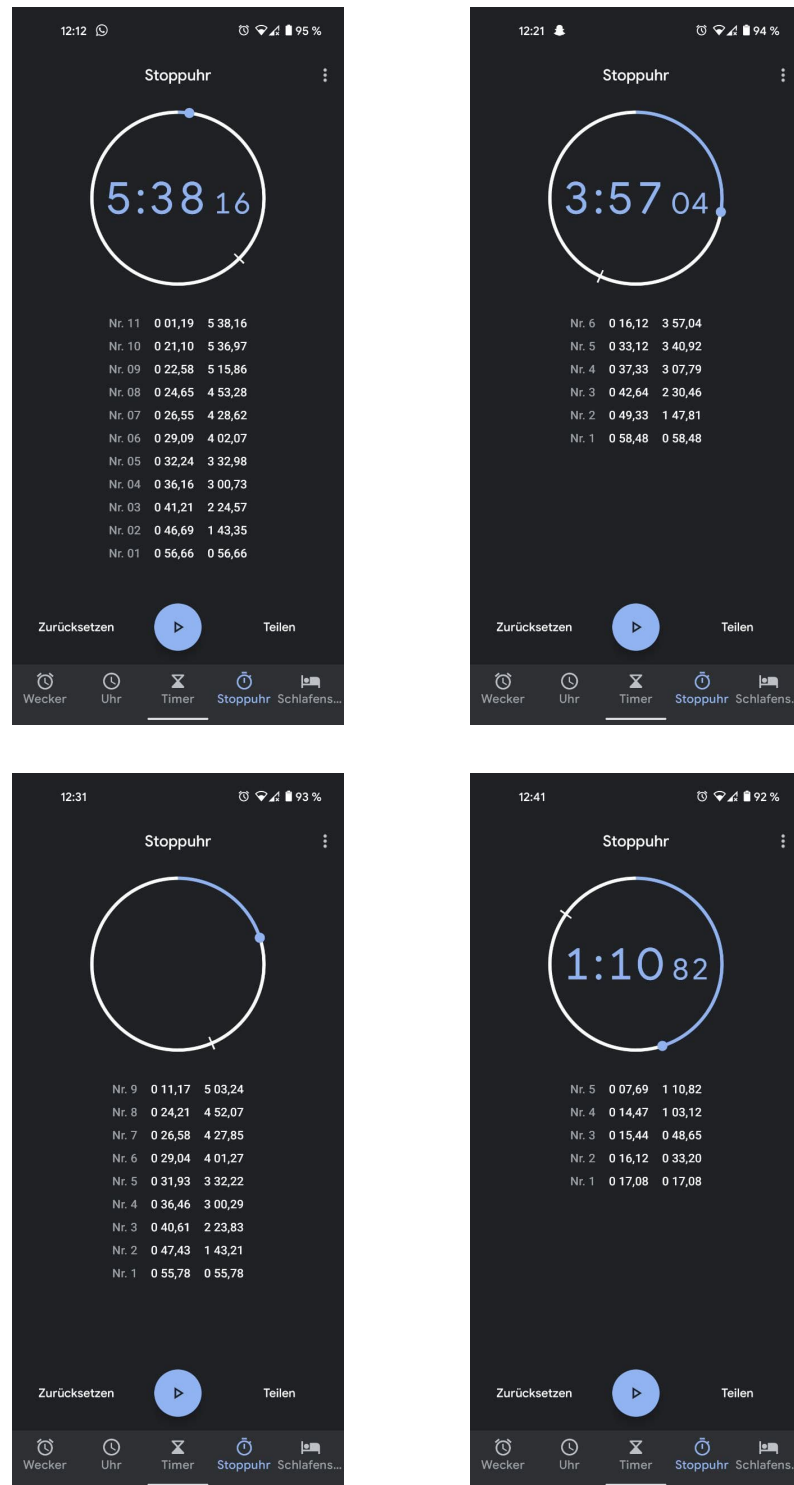


Abbildung 3.1: Zu Präzession: Messung 1, 2, 3, 4

4 Auswertung und Diskussion

4.1 Qualitative Beobachtung verschiedener Kreiselbewegungen

- Diskussion Beobachtung Stroboskop
- Bewegung Figurenachse im L-System und Drehimpulsachse bei Nutation
- Entspricht Bewegungsrichtung ihren Erwartungen
- Folge von $J_1 \approx J_3$

4.2 Nutation

- Für jede Frequenz $\frac{w_n}{w_3} = \frac{J_3 - J_1}{J_1} \Rightarrow$ Tabelle
- $\frac{w_n}{w_3}$ gegen $w_3 \Rightarrow$ Zeichnung

4.3 Präzession

- Für jede Frequenz $w_3 * w_p \Rightarrow$ Tabelle
- $w_3 * w_p$ gegen $w_3 \Rightarrow$ Zeichnung + Erläuterung zur Beschaffung von w_3
- Mit Gleichung (12) Berechnung von J_3 (Zustandsgewicht vernachlässigbar)
- Mit (4.2) Berechnung von J_1
- Größenordnung von J_1 und J_3 erwartet oder nicht?

5 Fazit

A Append A

A.1 Teilanhang X

Literaturverzeichnis

- AGILENT 2006 *Benutzerhandbuch Agilent 34410A/11A, Multimeter mit 6^{1/2} Stellen*, 3. Auflage.
- AHLERS, G. & REHBERG, I. 1986 Convection in a binary mixture heated from below. *Phys. Rev. Lett.* 56 (13), 1373–1376.
- DIERKING, I. 2003 *Textures of Liquid Crystals*, chap. 5, pp. 54–74. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- GOBRECHT, H. 1978 *Bergmann–Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III Optik*, 7. Auflage, pp. 418–419. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- KHAZIMULLIN, M., MÜLLER, T., MESSLINGER, S., REHBERG, I., SCHÖPF, W., KREKHOF, A., PETTAU, R., KREGER, K. & SCHMIDT, H.-W. 2011 Gel formation in a mixture of a block copolymer and a nematic liquid crystal. *Phys. Rev. E* 84, 021710: 1–11.
- KHOO, I.-C. 2007 *Liquid Crystals*, 2nd edn. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- KOPKA, H. 2000 *L^AT_EX, Band 1 — Einführung*, 3. überarbeitete Auflage. München; Boston; San Francisco [u.a.]: Addison-Wesley Verlag.
- KRAMER, C. 2010 *Das magnetische Moment*. Bachelorarbeit, Universität Bayreuth.
- KRAMER, L. & PESCH, W. 1996 Electrohydrodynamic instabilities in nematic liquid crystals. In *Pattern Formation in Liquid Crystals* (eds. Á. Buka & L. Kramer), pp. 221–255. New York; Berlin; Heidelberg: Springer.
- LAFUENTE, Ö. 2005 *Thermoreversible Gele von isotropen und anisotropen Flüssigkeiten mit chiralen Organogelatoren*. Doktorarbeit, Universität Bayreuth.
- LAMPORT, L. 1995 *Das L^AT_EX-Handbuch*. Bonn; Paris; Reading, Mass. [u.a.]: Addison-Wesley Verlag.
- L^AT_EX 2011 Latex — A document preparation system. URL <http://www.latex-project.org/> – Zugriffsdatum: 10.05.2011.
- MADSEN, L. 2006 Avoid eqnarray. *The PracT_EX Journal* 1 (4).
- MEARS, W. H., ROSENTHAL, E. & SINKA, J. V. 1969 Physical properties and virial coefficients of sulfur hexafluoride. *J. Phys. Chem.* 73 (7), 2254–2261.

- MiKTeX 2011 MiKTeX Project Page. URL <http://www.miktex.org/> – Zugriffsdatum: 11.11.2011.
- MÜLLER, T., PÖHLMANN, A. & MESSLINGER, S. 2011 Normalizing radial distribution functions on truncated regions. Internes Dokument, Experimentalphysik V, Universität Bayreuth.
- REHBERG, I. 2011 Persönliche Mitteilung.
- SCHÖPF, W. 1988 *Konvektion in binären Flüssigkeiten und multikritisches Verhalten in der Nähe des Kodimension-2-Punktes*. Diplomarbeit, Universität Bayreuth.
- STIEB, A., BAUR, G. & MEIER, G. 1975 Alignment inversion walls in nematic liquid crystal layers deformed by an electric field. *J. Phy. (Paris) Colloq.* 36 (C1), 185.
- TeXnicCenter 2011 TeXnicCenter — the Center of your L^AT_EX Universe. URL <http://www.texniccenter.org/> – Zugriffsdatum: 15.11.2011.