

Vorlesung: Physik- und Chemiegeschichte II (Mittelalter und Frühe Neuzeit)

1	Rezeption der Antike im Mittelalter	11
1.1	Spätantike	11
1.1.1	Wichtige Forscher und Wissenschaftler der Spätantike	11
1.1.2	Das Römische Weltreich – Ende der Antike	11
1.2	Die Überlieferung der griechischen Antike durch römische Schriftsteller	13
1.2.1	Bewahrung des antiken Erbes	13
1.2.2	Marcus Tullius Cicero (106–43 vor Chr.)	13
1.2.3	Titus Lucretius [Lukrez] (97–55 vor Chr.)	14
1.2.4	Lucius Annaeus Seneca (4 v. Chr.–65/68 n. Chr.)	14
1.2.5	Gaius Plinius der Ältere (23–79 n. Chr.)	15
1.2.6	Plutarch von Chaironeia (~ 45–120 nach Chr.)	15
1.2.7	Marcus Vitruvius Pollio (55 v. Chr.–14 n. Chr.)	16
1.2.8	Plotin (205–270 n. Chr.)	16
1.2.9	Diogenes Laërtius, um 250 n. Chr.	17
1.3	Christliches Abendland bis 11. Jahrhundert	18
1.4	Geschichte – Herrscher im Mittelalter	19
1.4.1	Frühmittelalter	19
1.4.2	Hochmittelalter	19
1.4.3	Spätmittelalter	20
1.5	Byzanz	21
1.5.1	Neuplatonismus	22
1.5.2	Schicksal der Alexandrinischen Bibliothek	22
1.5.3	C(h)alcidius (~ 4. Jahrhundert)	23
1.5.4	Proclus Diadochus (~ 410–485)	23
1.5.5	Johannes Philoponos (~ 490–~ 570)	24
1.5.6	Simplikios (~ 500–550)	24
1.6	Frühchristliche Zeit (ab 395) – Lateinischer Westen	25
1.6.1	Augustinus (354–430) – Lehrer des Abendlandes	26
1.6.2	Martianus Capella (~ 365–439 Karthago)	27
1.6.3	Macrobius (fl. 399–422)	27
1.6.4	Boëthius (Rom ~ 480–524)	28
1.6.5	Dionysius Exiguus (~ 475–550)	29

1.6.6	M. Aurelius Cassiodorus (Scylaceum ~ 480/490–573/583 Kloster Vivarium)	30
1.6.7	Gregor von Tours (Clermont/Auvergne ~ 538–593 Tours)	32
1.6.8	Isidor von Sevilla (Cartagena ~ 565–633 Sevilla)	33
1.6.9	Beda Venerabilis (673–735)	34
1.7	Karolingerzeit – Ende 8. und 9. Jahrhundert	36
1.7.1	Karolingische Kunst	37
1.7.2	Wichtige Kunstformen: Buchmalerei, Elfenbeinschnitzerei, Gold- bearbeitung	37
1.7.3	Höhepunkt Architektur: Kaiserpfalzen, Kirchen und Klöster	38
1.7.4	Fossa Carolina – Kaiser Karls Graben	39
1.7.5	Reichsteilung	40
1.7.6	Bildungseinrichtungen des frühen Mittelalters	41
1.7.7	Gelehrte am Hof Karls des Großen	43
1.7.8	Aratos von Soloi (um 315/305–240/239)	48
1.7.9	Erste Übersetzungen zur Zeit Karls des Großen	49
1.7.10	Hrabanus Maurus (776/780–856)	49
1.7.11	Johannes Scot(t)us Eriugena (~ 810–877)	50
1.7.12	Rémi d’Auxerre – Remigius von Auxerre (~ 841–908)	51
1.7.13	Gründung der Benediktinerabtei Cluny, 910	51
2	Islamische Kultur und Wissenschaft	53
2.1	Geschichte und Kultur des Islam	55
2.2	Naturwissenschaftlich-technische Kenntnisse im islamischem Reich	58
2.2.1	Schulwesen und Bibliotheken	58
2.2.2	Physik: Mechanik und Optik	59
2.2.3	Chemie, Alchemie	59
2.2.4	Medizin und Pharmazie	62
2.2.5	Geographie, Kartographie	63
2.2.6	Astronomie	63
2.2.7	Der Islam als Kulturvermittler	64
2.2.8	Mathematik – arabische Ziffern	65
2.3	Astronomie im Islam	66
2.3.1	Sindhind-Tradition – al-Ḥwārizmī (~ 783–847) –Algorithmus	66
2.3.2	al-Battānī (Albategnius) (~ 858–929 n. Chr.)	66
2.3.3	Griechische astronomische Quellen – Ptolemaios	66
2.3.4	Astrolabien und andere astronomische Instrumente	67
2.3.5	Lehre von der Erdrotation – al-Bīrūnī (973–1048)	67
2.3.6	Planetentheorie – Ibn Rušd (Averroës) (1126–1198) und al-Biṭrūǧī	68
2.3.7	Zweifel an Ptolemaios – Ibn al-Haitam, aṭ-Ṭūsī und aš-Šīrāzī	69
2.3.8	Zusammenfassung: Islamische Astronomie versus Copernicus	70
2.3.9	Islamische Astrologie	70

2.4	Islamische Observatorien	71
2.4.1	9./10. Jahrhundert – Bagdad	72
2.4.2	9./10. Jahrhundert – Damaskus und Tadmor/Syrien	73
2.4.3	10. Jahrhundert – Kairo	74
2.4.4	9.–12. Jahrhundert – Fez, Marokko	74
2.4.5	12. Jahrhundert – Kairo	75
2.4.6	13./14. Jh. – Marâgha bei Azerbaijan/Persien (Iran)	76
2.4.7	13./15. Jh. – Peking	77
2.4.8	1. Hälfte 15. Jh. – Samarkand	78
2.4.9	16. Jahrhundert – Işfâhân, Persien	81
2.4.10	16. Jahrhundert – Istanbul	81
2.5	Arabische wissenschaftliche Instrumente	84
2.5.1	Sonnenuhren	84
2.5.2	Astrolab	84
2.5.3	Weitere arabische Instrumente	85

3 Zeitalter der Übersetzungen und Universität im Mittelalter

87

3.1	Zeitalter der Übersetzungen – 10. bis 13. Jahrhundert	87
3.2	Übersetzungen im 10. Jahrhundert (Spanien: Ripoll)	88
3.2.1	Gerbert von Aurillac [ab 999 Papst Silvester II.] (~ 945–1003)	89
3.2.2	Hroswitha von Gandersheim (~ 935–973/1002)	90
3.3	Übersetzungen im 11. Jahrhundert (Spanien: Toledo)	91
3.3.1	Hermannus Contractus auf Reichenau (Abtshausen 1013–1054 Abtshausen)	92
3.3.2	Salerno – Schule der Medizin	93
3.3.3	Abt Desiderius (1058–1087) – Constantinus Africanus	94
3.3.4	Petrus Abaelard (Le Pallet bei Nantes 1079–1142)	95
3.4	Übersetzungen im 12. Jahrhundert (Toledo und Salerno)	96
3.4.1	Adelard von Bath, um 1100	96
3.4.2	Gerhard von Cremona († 1187)	97
3.4.3	Übersetzungen im 13. Jahrhundert	98
3.5	Erste Gründungen mittelalterlicher Universitäten	100
3.5.1	Tabelle der frühen Universitätsgründungen	100
3.5.2	Entwicklung einzelner wichtiger früher Universitäten	103
3.5.3	Universitäts-Gründungen in deutschen Landen	104
3.6	Mittelalterliche Schulen	107
3.7	Sieben Freie Künste	108
3.7.1	Quadrivium	109
3.7.2	Unterrichtsinhalte	110
3.7.3	Quadriviumsfächer	111
3.8	Nach Abschluß der Artistenfakultät	112

4	Außereuropäische Kulturen: Alt-Amerika und Inkas	115
4.1	Quellen zu den Kulturen in Alt-Mexiko	115
4.1.1	Kalenderbauten bei den Mayas und in Alt-Mexiko	117
4.2	Die Kultur von Teotihuacán mit der Sonnenpyramide	118
4.3	Die Olmeken und die Anfänge des Kalenders	120
4.4	Die Zapoteken und Mixteken	121
4.5	Die Totonaken	123
4.5.1	Das Ballspiel	124
4.6	Die Huaxteken	125
4.7	Die Tolteken	126
4.8	Die Chichimeken	127
4.9	Kultur der Mayas	128
4.10	Die Azteken	130
4.10.1	Der Pantheon der Azteken – Handwerk	132
4.10.2	Das Weltbild der Azteken	134
4.10.3	Die Könige der Azteken	135
4.10.4	Handwerk und Hausarbeit	135
4.10.5	Religiöse Vorstellungen der Azteken	136
4.11	Die Schrift	137
4.12	Das Kalendersystem in Alt-Mexiko	139
4.12.1	Aztekischer Kalenderstein	142
4.13	Das Zahlensystem in Alt-Mexiko	144
4.13.1	Das Zahlensystem der Azteken	144
4.13.2	Das Zahlensystem Maya	144
4.14	Astronomie in Alt-Mexiko	148
4.15	Die Inkas	149
4.15.1	Inka-Sonnenkönige	149
4.15.2	Cuzco – Sonnentempel	151
4.15.3	Cuzco – Stadtanlage	153
4.15.4	Macchu Picchu	154
4.15.5	Pisac	155
4.15.6	Schattenwerfer von Kenko und Lacco	156
4.15.7	Steinkreis von Sillustani am Umayo-See	157
4.15.8	Inka-Bauwerke in Bolivien – Titicaca-See	158
4.15.9	Tiahuanaco	158
4.15.10	Nazca – Scharrbilder	162
4.16	Gold der Inkas und Mixteken	163
4.17	Chinesische Wasseruhr	165
5	Scholastische Wissenschaft	167
5.0.1	Wiedererwachendes Interesse an Aristoteles	168
5.0.2	Albertus Magnus (~ 1200–1280)	169
5.0.3	Thomas von Aquin (1225–1274)	170
5.0.4	Johannes Duns Scotus	171

5.0.5	Methoden der scholastischen Wissenschaft	172
5.1	Konflikte zwischen Aristoteles und Theologie im 13. Jahrhundert	174
5.1.1	Beginn der Konflikte 1210/1215	174
5.1.2	Vorlesungsverzeichnis Paris 1255 – Aristoteles-Rezeption	175
5.1.3	Neue Konflikte in den 1260/70er Jahren	175
5.1.4	Aristoteles-Verbot 1277	176
5.1.5	Wilhelm von Ockham, Universalismus und Nominalismus	177
5.1.6	Folgen des Verbots von 1277?	180
6	Scholastische Kosmologie und mittelalterliche Astronomie	181
6.1	Mittelalterliche geozentrische Weltbilder	181
6.1.1	Rabbi Moses ben Maimonides (1135–1204)	182
6.1.2	Alighieri Dante (1265–1321): GÖTTLICHE KOMÖDIE	182
6.1.3	Hildegard von Bingen (1098–1179)	184
6.1.4	Sacro Bosco – John von Holywood (~ 1190–1250/56)	185
6.1.5	Weltbild des Aristoteles im Mittelalter	186
6.1.6	Hermetisches Weltbild des 12. Jahrhunderts	187
6.2	Kritik an Aristoteles und Ptolemaios	188
6.2.1	1. Frage der Erdrotation – Johannes Buridanus	189
6.2.2	2. Heliozentrische Ideen im Mittelalter	190
6.3	3. Diskrepanz zwischen physikalischen Weltbild und astronomischen Modell	192
6.3.1	Arabische Diskussion der Planetentheorien: Exzenter-Epizykel-Modell des Ptolemaios	192
6.3.2	Averroës [Ibn Rušd] (12. Jh.) – Kritik am ptolemaischen System .	192
6.3.3	Alfons X. von Kastilien, 12. Jh. – Kritik am ptolemaischen System	193
6.3.4	Kritik im 13./14. Jahrhundert: Albertus Magnus, Thomas von Aquin, Oresme	194
6.4	Planetentheorie im Spätmittelalter	196
6.5	Mittelalterliche astronomische Instrumente	197
6.5.1	Armillarsphäre, Triquetrum und Quadrant	197
6.5.2	Torquetum (Türkengerät) und Jakobstab	198
6.5.3	Astrolab	199
6.5.4	Äquatorium – astronomische Recheninstrumente	203
6.5.5	Sonnenuhren	203
7	Technik in Mittelalter und Renaissance	207
7.1	Muskelkraftnutzung	207
7.2	Wasserkraftnutzung	210
7.2.1	Tabelle: Entwicklung der Wasserkraftnutzung und des Wasserbaus	210
7.2.2	Wasserkraftnutzung durch Wasserräder	211
7.2.3	Kanal- und Schleusenbau	213
7.3	Windkraftnutzung – Windmühlen	214
7.3.1	Windmühlen im islamischen Kulturkreis	214
7.3.2	Windmühlen in Europa	214

7.3.3	Bock-Windmühle und Holländer-Windmühle	215
7.3.4	Mahlverfahren	217
7.3.5	Was wurde gemahlen?	217
7.4	Die Entstehung des Segelschiffs	219
7.4.1	Schiffe des Mittelmeerraumes im Mittelalter	219
7.4.2	Die Schiffe Nordeuropas – Wikingerschiffe	220
7.4.3	Normannische Schiffe (auf dem Teppich von Bayeux, 1066)	221
7.4.4	Steuerapparat: Vom Seiten- zum Heckruder im Spätmittelalter	222
7.4.5	Hanse-Koggen	223
7.4.6	Chinesische Dschunken	224
7.4.7	Arabische Dau	224
7.4.8	Spätmittelalterliche Schiffe im Mittelmeer und Atlantik	224
7.5	Entwicklung der Landwirtschaft: Pflug und »Kummet«	226
7.5.1	Pflug, »Kummet« und Drei-Felder-Wirtschaft	226
7.5.2	Heuernte – Mähen von Hand	227
7.5.3	Bierbrauen	228
7.5.4	Weinanbau	230
7.5.5	Zeidler (Imker) – Zucht von Waldbienen auf Kiefern	231
7.6	Agricolas Innovationen im Bergbau	232
7.6.1	Agricolas DE RE METALLICA und weitere bergmännische Literatur	232
7.6.2	Die Arbeit im Bergbau	232
7.6.3	Erzgewinn durch Feuersetzen	233
7.6.4	Das Kehrrad, 15. Jahrhundert	234
7.6.5	Die Heinzenkunst nach Agricola – Wasserhebung durch eine endlose Kette, 16. Jahrhundert	235
7.6.6	Spurnagelhund im mittelalterlichen Bergbau, 1550	235
7.6.7	Haufen und Stadel – Röstanlagen im 16. Jahrhundert	236
7.6.8	Edelmetall-Hüttenwerk der Agricola-Zeit: Schmelzen, Treiben, Scheiden	236
7.7	Zünfte – Fortschritt und Hemmnis	238
7.8	Metallverarbeitung: Schmieden, Draht ziehen, Walzen, Gießen	238
7.8.1	Schmiede und Hammerwerk	238
7.8.2	Walzen	239
7.8.3	Draht ziehen	239
7.8.4	Plattner-Werkstatt	240
7.8.5	Gießereikunst – Bronze und Eisen	240
7.8.6	Löttechnik	241
7.9	Holzbearbeitung – Drechseln	242
7.10	Entwicklung von Straßen und Brücken im Mittelalter	243
7.10.1	Brückenbau in Mittelalter und Renaissance	243
7.10.2	Vom Halbkreis zum Korbbogen – Neue Brückenformen der Renaissance	245
7.11	Glasschmelzen in Mittelalter und Renaissance	248
7.11.1	Rohstoffe und Glasschmelzprozeß	248

7.11.2	Mittelalterliche Glasschmelzöfen nach Maurus und Theophilus . . .	249
7.11.3	Glasschmelzofen nach Agricola, 1556	249
7.11.4	Gotische Glasfenster	249
7.11.5	Der richtige Dreh – Mondglas-Verfahren	250
7.11.6	Flache Scheiben aus einem Zylinder – Zylinderblasen	251
7.12	Keramik in Mittelalter und Renaissance	252
7.12.1	Von den Fliesen zur Fayence	252
7.12.2	Siegburger und Westerwälder Steinzeug	253
7.13	Chemische Methoden und Pharmazie im Mittelalter	255
7.13.1	Pottasche-Siederei, 1689	255
7.13.2	Geschichte des Erdöls: St. Quirin-Öl, Teer und Bitumen	256
7.13.3	Galeerenofen für pharmazeutische Arbeiten	257
7.14	Textiltechnik	258
7.14.1	Spinnen	258
7.14.2	Seiden-Zwirmühlen, Lucca, ab 13. Jahrhundert	258
7.14.3	Die Erfindung des Flügel-Spinnrads im Spätmittelalter	258
7.14.4	Weben: Vom Garn zum Gewebe	259
7.14.5	Mangen, Pressen und Walken in der Tuchproduktion	261
7.15	Vorläufer des Papiers in Antike und Mittelalter:	
	Papyrus, Pergament und Tapa	262
7.15.1	Papyrus	262
7.15.2	Tapa	262
7.15.3	Pergament	262
7.15.4	Chinesische Papierherstellung	263
7.15.5	Der Weg des Papiers von China nach Europa	264
7.15.6	Papier-Herstellung	266
7.15.7	Entwicklung der Schreib- und Druck-Schrift	268
7.15.8	Mittelalterliche Buchmalerei	270
7.15.9	Mittelalterliche Kloster-Schreibstube	270
7.16	Drucktechnik	271
7.16.1	Koreanische Holzschnitt-Druckplatten, 1397	271
7.16.2	Johannes Gutenberg [Gensfleisch] (1394/99–1468) – Erfinder des Buchdrucks	271
7.17	Buchbinden	271
8	Alchemie, Destillationstechnik und Metallurgie	273
8.1	Alchemistische Symbolik	274
8.2	Alchemistische Laboratorien	275
8.3	Destillation und ihre Gefäße	277
8.3.1	Retorte	278
8.3.2	Destillationsgefäß Alembik	278
8.3.3	Destillationsgefäß Rosenhut	278
8.3.4	Destillationsgefäß Aludel	278
8.3.5	Serpente	279

8.3.6	Doppelgefäß – »Zirkulatorium« (»Amplexantes«)	279
8.3.7	Zirkulatorium: »Pelikan«	279
8.3.8	»Fauler Heinz«, 1512	280
8.3.9	Mohrenkopf	280
8.3.10	Mörser und Tiegel	281
8.3.11	Galeerenofen für pharmazeutische Arbeiten	281
9	Physik im Mittelalter:	
	Optik, Impetustheorie, Magnetismus	283
9.1	Optik im islamisch-arabischen Mittelalter	285
9.1.1	Ibn al-Haitham	285
9.2	Optik im europäischen Mittelalter	288
9.2.1	Robert Grosseteste (um 1168–1253)	288
9.2.2	Roger Bacon (~ 1214–1292)	289
9.2.3	Vincentius Bellovacensis	290
9.2.4	John Pecham	290
9.2.5	Witelo	291
9.2.6	Geoffrey Chaucer	291
9.2.7	Dietrich von Freiberg	292
9.2.8	Angewandte Optik: Brille	293
9.2.9	Angewandte Optik: Lichtöffnungen	295
9.3	Mechanik: Statik, Kinematik und Dynamik	297
9.3.1	Die Statik des Jordanus Nemorarius (um 1230)	297
9.3.2	Perpetuum mobile	297
9.3.3	Johannes Philoponos (um 490–um 570)	299
9.4	Impetustheorie, 13./14. Jahrhundert	302
9.4.1	Johannes Buridanus (1295/1300–1358)	302
9.4.2	Thomas von Aquin (1225–1274)	304
9.4.3	Wilhelm von Ockham (~ 1295–1349)	304
9.5	Bewegungsgesetze – Nikolaus von Oresme	306
9.6	Nichtaristotelische Theorien	308
9.7	Magnetismus im Mittelalter	309
10	Astronomie im 15. Jahrhundert:	
	Cusanus, Peurbach, Regiomontan	311
10.1	Nikolaus von Kues (1401–1464) – Cusanus	311
10.1.1	Biographie	311
10.1.2	Cusanus als Astronom	312
10.1.3	Die Instrumente des Cusanus	313
10.2	Johann von Gmunden (~ 1380/85–1442) und die Wiener Schule	314
10.2.1	Biographie	314
10.2.2	Politische Situation um 1400	314
10.2.3	Astronomie des Johann von Gmunden	315
10.3	Georg Peurbach (1423–1461)	316

10.3.1	Biographie	316
10.3.2	Peurbachs Astronomie und Mathematik	317
10.3.3	Die Instrumente Peurbachs	318
10.4	Johannes Regiomontanus (1436–1476)	320
10.4.1	Biographie	320
10.4.2	Werke Regiomontans	323
10.4.3	Instrumente Regiomontans	326
10.4.4	Zusammenfassung	334
10.5	Bernhard Walther (1430–1504)	335
11	Welt im Umbruch: Entdeckungsreisen, Instrumente	337
11.1	Erforschung neuer Welten	337
11.2	Seefahrt	337
11.3	Johannes Schöner (Karlstadt/Main 1477–1547 Nürnberg)	340
11.4	Navigationsinstrumente	341
11.5	Uhren	342
11.5.1	Räderuhren	343
11.5.2	Turmuhren	344
11.5.3	Astronomische Uhren	345
11.5.4	Federantrieb und Tischuhren	346
11.5.5	Taschenuhren – Das »Nürnberger Ei«	347
11.5.6	Technik der Uhr	348
11.5.7	Uhren in Renaissance/Barock	349
12	Copernicus und das neue Weltbild	351
12.1	Copernicus als Schöpfer des heliozentrischen Weltbildes	351
12.2	Leben des Copernicus	353
12.3	Studium und Reisen	354
12.4	Vielseitige Tätigkeit des Copernicus	356
12.4.1	Copernicus als Arzt	356
12.4.2	Copernicus als Humanist und Übersetzer	357
12.4.3	Copernicus als Kanonikus und Domherr	357
12.4.4	Copernicus als Verwalter der Kapitelgüter auf Burg Allenstein	357
12.4.5	Copernicus als Feldherr und Abgesandter für Friedensverhandlungen	358
12.4.6	Copernicus als Ökonom	358
12.4.7	Copernicus als Astronom	359
12.5	Instrumente und Beobachtungen	359
12.6	Der Weg zum neuen Weltbild	361
12.6.1	Heliozentrische Ideen der Antike	362
12.6.2	Das neue Weltbild nach dem Vorbild der Antike	362
12.6.3	Die sieben Thesen des Commentariolus	363
12.7	Das Hauptwerk des Copernicus	364
12.7.1	Die NARRATIO PRIMA des Rheticus	366
12.7.2	Osianders Eingriff beim Druck	367

12.7.3	Verbreitung des neuen Weltbildes	368
12.8	Zeitalter des Umbruchs	369
12.8.1	Entdeckung neuer Welten	369
12.8.2	Neue Ideen und Erfindungen	370
12.9	Wirkung des Copernicus	372
12.10	Copernicanische Revolution	374