

Vorlesung: Physik- und Chemiegeschichte I Frühe Hochkulturen und Antike

1	Steinzeit und Bronzezeit	13
1.1	Einleitung	13
1.2	Steinzeit	14
1.2.1	Werkzeuge der Steinzeit	15
1.2.2	Feuer-Erzeugung in der Steinzeit	16
1.2.3	Prähistorischer Feuerstein-Bergbau	17
1.2.4	Kulturelle Errungenschaften der frühen Kulturen	18
1.3	Megalithbauten: Menhire, Steinkreise, Hügelgräber und Tempel	19
1.3.1	Kreisförmige Anlagen	23
1.4	Stonehenge	24
1.4.1	Drei Bauphasen von Stonehenge	24
1.4.2	Astronomische Deutung	25
1.4.3	Finsternis-Vorhersage?	27
1.4.4	Wertung von Stonehenge	29
1.5	Kunst und Kultur der Steinzeit	31
1.5.1	Steinzeitliche Höhlenmalerei	31
1.5.2	Kunst – Deutung der Welt und Bedeutung	34
1.5.3	Steinzeitlicher Knochen	34
1.5.4	Steinzeitliche Keramik	35
1.5.5	Venus von Laussel mit Bisonhorn – Mondkult	38
1.5.6	Mondkult?	38
1.5.7	Agrarische Revolution – Ackerbau und Viehzucht	39
1.5.8	Weitere Erfindungen infolge der Sesshaftigkeit	41
1.5.9	Steinzeitlicher Bohrer, 4. Jahrtausend vor Chr.	41
1.5.10	Steinzeitliches Spinnen und Weben von Textilien	42
1.6	Bronzezeit	44
1.6.1	Anfänge der Metallurgie bis zur Bronzezeit	44
1.6.2	Sonnenkult der Bronzezeit	46
1.7	Himmelscheibe, Nebra, Sachsen-Anhalt	50
1.7.1	Kulturgeschichtliche Deutung des Fundes	50
1.7.2	Astronomische Deutung	51
1.7.3	Naturwissenschaftliche und materialkundliche Untersuchungen	53
1.7.4	Herstellungstechnik	55
1.7.5	Bronzezeitliche Änderungen und Beschädigungen	56
1.7.6	Restaurierung	57

1.7.7	Bedeutung der Scheibe von Nebra	60
2	Kultur im Zweistromland: Sumerer, Akkader, Babylonier, Assyrer	61
2.0.8	Drei Kulturkreise: Frühe Hochkulturen und klassische Antike: Mesopotamien, Ägypten und Griechenland/Rom	61
2.0.9	Astronomische Keilschrift-Quellen	62
2.0.10	Grobe zeitliche Einteilung	63
2.1	Altsumerisch (3000–2350) – Ur, Uruk	64
2.1.1	Gilgamesch – Mesilim-Zeit (2600–2500)	68
2.2	Akkad-Zeit (2350–2150) – Akkad	70
2.3	Neusumerisch (2150–1955) – Lagasch, Ur	71
2.4	Altbabylon (1830–1531) – Babylon	72
2.4.1	Mythologie – Babylonisches Schöpfungsgedicht „Enûma eliš“ (1900–1600)	73
2.4.2	Babylonische Vorstellungen über den Aufbau der Welt – Kosmologie	74
2.4.3	Babylonischer Tierkreis 8. Jahrhundert	75
2.4.4	Die Götter der Babylonier (Sumerer)	76
2.4.5	Planeten und ihre Verehrung in verschiedenen Orten	78
2.4.6	Altbabylonische Venustafeln und die Astralreligion	79
2.5	Hurriten (1700–1300 v. Chr.)	80
2.6	Hethiter, Kassiten (1531–1150) – Hattusa, Babylon	80
2.7	Mittel-, Neu-Assyrisches Reich (ab 14. Jh.) (1000–612) – Assur, Ninive .	81
2.7.1	Astronomische Omina aus assyrischer und neubabylonischer Zeit .	83
2.7.2	Die kosmischen Gottheiten Enuma Anu, Enlil und Ea	84
2.7.3	Astronomische Beobachtungen – die Tafeln von Enuma Anu Enlil	86
2.7.4	Sternlisten, „Astrolabe“ und „ ^{mul} APIN“-Tafeln	88
2.8	Neubabylon (Chaldäer) (612–539) – Babylon	90
2.8.1	Von der Beobachtung zur Berechnung	92
2.8.2	Planetenbeobachtungen und Periodizitäten	93
2.8.3	Berechnung der Mondbewegung und der Planetenpositionen . . .	94
2.8.4	Vom Mondkalender zum Lunisolarkalender	95
2.8.5	Finsternisse	96
2.8.6	Chemie und Metallurgie in Mesopotamien	98
2.9	Perser-Reich (Achämeniden) (539–331) – Susa, Persepolis	99
2.10	Mazedonische Könige (331–312)	100
2.11	Seleukiden (312–247)	101
2.12	Spätere griechische, römische und arabische Quellen	102
2.12.1	Zusammenfassung	104
3	Ägyptische Kosmologie und altgriechische Sternsagen	105
3.1	Homer, Hesiod und die altgriechischen Sternsagen	105
3.2	Ägyptische Kosmologie	108
3.3	Quellentexte	108
3.3.1	Die Hieroglyphen und der Stein von Rosette	109

3.3.2	Problematische Quellen und ihre Interpretation	111
3.3.3	Methodische Schwierigkeiten	112
3.4	Geographische Lage und Geschichte Ägyptens	113
3.5	Chronologie	114
3.5.1	17./18. Dynastie: Ahmose I. bis Hatschepsut und Thutmosis III.	116
3.6	Kosmologische Vorstellungen und Weltbild	118
3.7	Schöpfungsmythen	119
3.7.1	Hermopolis	120
3.7.2	Heliopolis, nordöstlich des heutigen Kairo	121
3.7.3	Memphis	122
3.7.4	Weitere kosmogonische Ideen	123
4	Astronomie, Kalender, Sonnenkult und Architektur in Ägypten	125
4.1	Kalender und Uhren	125
4.1.1	Mondkalender	125
4.1.2	Der ägyptische Sonnenkalender: Jahr, Jahreszeit	125
4.1.3	Neujahrstag beim Wiedererscheinen des Sothis (Sirius)	128
4.1.4	Sothis-Verehrung und Nachwirkung	129
4.1.5	Schaltregelung	131
4.1.6	Sothis-Periode	133
4.1.7	Ägyptische Sonnenuhren, Gnomon und Obelisken	134
4.1.8	Ägyptische Wasseruhren	136
4.1.9	Sternuhren, Dekane und der Tierkreis von Dendera	137
4.1.10	Astronomische Grabmalereien: Senmut und Sethos	141
4.1.11	Planetennamen und ägyptische Planetentafeln	142
4.1.12	System der Ägypter	144
4.2	Sonnenverehrung und Sonnenkult	145
4.2.1	Sonnenkult im Alten und Mittleren Reich	145
4.2.2	Amenophis IV. Echnaton und Tut-Anch-Amun	147
4.2.3	Die Gestalten des Re	151
4.3	Architektur: Entwicklung des Pyramidenbaus vom Alten bis zum Neuen Reich	154
4.4	Astronomische Orientierung von Bauwerken	156
4.4.1	Pyramiden-Orientierung	156
4.4.2	Bautechnik	158
4.4.3	Sonnenheiligtümer	159
5	Metallurgie, Technik und praktische Chemie	163
5.1	Metallurgie in Mesopotamien und Ägypten	163
5.1.1	Gold	163
5.1.2	Kupfer und Bronze	169
5.1.3	Bergbau und Verhüttung von Kupfer	169
5.1.4	Verarbeitung von Kupfer	170
5.1.5	Frühe chemische Nomenklatur der Mineralien	173

5.1.6	Ursprung und Entwicklungsstufen der Metallurgie bis zum Eisen .	173
5.1.7	Bedeutung der Metallurgie für die vor- und frühgeschichtliche Gesellschaft	175
5.1.8	Bedeutung der Metallurgie für die Umwelt	176
5.2	Anfänge der Chemie in Mesopotamien und Ägypten	178
5.2.1	Quellen für die frühe Chemie sind:	178
5.2.2	Faktoren – charakteristisch für die frühe Chemie	179
5.3	Praktische Chemie	180
5.3.1	Bierbrauen in der Antike	180
5.3.2	Seife und Waschmittel	184
5.3.3	Kosmetik	185
5.3.4	Pharmazie und Medizin	188
5.3.5	Färben	190
5.3.6	Nutzung von Pech, Teer/Asphalt, Bitumen, Erdöl	191
5.4	Mumifizierung	192
5.4.1	Mumifizierung und Jenseitsvorstellungen	192
5.4.2	Jenseitsvorstellungen in den Pyramidentexten	196
5.4.3	Bestattungsritual	197
5.4.4	Mundöffnungsritual	197
5.4.5	Totengericht	198
5.4.6	Uschebtis als Grabbeigaben	199
5.5	Glasherstellung in der Antike	200
5.5.1	Glasschmelzen	200
5.5.2	Sandkernglas	200
5.5.3	Gefärbtes und ungefärbtes Glas	201
5.5.4	Natur-Glas – Obsidian – Glas-/Steinschnitt	201
5.6	Keramik und glasierte Ziegeln	202
5.7	Schiffbau	203
6	Die Vorsokratiker – Struktur der Welt	209
6.0.1	Vorbemerkungen zur Entstehung der griechischen Philosophie . .	209
6.1	Die Vorsokratiker	210
6.1.1	Quellen zu den Vorsokratikern	212
6.2	Altionische Naturphilosophen des 6. Jahrhunderts (Milet)	213
6.3	Thales von Milet (um 624/625 – um 545 vor Chr.)	214
6.3.1	Die Philosophie des Thales	215
6.3.2	Naturwissenschaftliche Erkenntnisse des Thales	216
6.4	Anaximander von Milet (Milet um 611 – Milet 545/537 vor Chr.)	219
6.5	Anaxímenes (Milet um 588/585 – Milet 524/527 vor Chr.)	223
6.6	Pythagoras (Samos um 582/570 – Metapont um 507/496 vor Chr.) . . .	225
6.6.1	Die Pythagoreer (5. Jh. v. Chr.) und die Axiome der Planetenbewegung	229
6.7	Heraklit von Ephesos (Ephesos um 540/535–480/475 vor Chr.)	230
6.8	Eleaten aus Unteritalien	234

6.9	Xenophanes (Kolophon um 570 – Elea 480/477 vor Chr.)	235
6.10	Parmenides aus Elea (Elea um 540 – um 470 vor Chr.)	237
6.11	Zenon von Elea (um 490 – um 430 vor Chr.)	242
6.12	Die materialistische Naturphilosophie des 5. Jahrhunderts	243
6.12.1	Elementenlehre	243
6.13	Empedokles (Agrigent/Sizilien um 483 – Peloponnes um 423 v. Chr.)	244
6.14	Anaxagoras (Klazomenai/Kleinasien um 500 – Lampsakos 428 v. Chr.)	247
6.14.1	Atomistik 5. und Anfang 4. Jahrhundert	249
6.15	Leukipp (Milet oder Abdera um 480 v. Chr.)	250
6.16	Demokrit (Abdera um 460 – Abdera um 370 v. Chr.)	251
6.17	Epikur (Samos 342 – Athen 271 v. Chr.)	253
7	Athener Schule: Sokrates und Platon	255
7.1	Epochen der griechischen Kunst	255
7.2	Athen als Zentrum der klassischen Zeit	257
7.3	Sophisten	258
7.4	Sokrates (Athen 470 – Athen 399 vor Chr.)	259
7.5	Platon (428–347 v. Chr.)	265
7.5.1	Werke Platons	265
7.5.2	Platons Ideenlehre	268
7.5.3	Ontologie und Erkenntnislehre	270
7.5.4	Anthropologie und Ethik	271
7.5.5	Der Staat	272
7.5.6	Kosmologie des TIMAIOS – Bau des Weltalls	273
7.5.7	Materietheorie und Elementenlehre nach Platons TIMAIOS	277
7.6	Die Platoniker	280
7.6.1	Euklid (* ~365 v. Chr.)	280
7.6.2	Skeptiker	281
7.6.3	Eklettizismus	281
7.6.4	Neuplatonismus – Alexandria	281
7.6.5	Eudoxos von Knidos (Knidos/Dorien/Kleinasien 408–350 v. Chr.)	283
7.6.6	Kallippos von Kyzikos (um 350 vor Chr.)	288
8	Athener Schule: Aristoteles (384–322 v. Chr.)	289
8.1	Schriften des Aristoteles	290
8.1.1	Logik	292
8.1.2	Metaphysik	294
8.1.3	Anthropologie, Ethik	295
8.1.4	Politik	295
8.1.5	Natur – Das Stufenreich des Lebendigen	296
8.2	Elementenlehre des Aristoteles	297
8.2.1	Definition des Elementbegriffs:	297
8.2.2	Zuordnung der vier Urqualitäten (warm, feucht, usw.) zu den vier Elementen	298

8.2.3	Gegenseitige Umwandlung (Transmutation) der Elemente	298
8.2.4	Begriff der „Mischung“ und seine Abgrenzung gegenüber dem eines mechanischen Gemenges	300
8.2.5	Bildung der Mineralien und Metalle in der Erde unter dem Einfluß zweier Arten von „Ausdünstung“	302
8.3	Physik des Aristoteles	303
8.3.1	Bewegungslehre des Aristoteles	303
8.3.2	Lehre von den drei Prinzipien: Materie, „Form“ und „Formmangel“	303
8.3.3	Die vier aristotelischen Ursachen (causae): Materie (causa mate- rialis), „Form“ (causa formalis), Bewegungsursache (causa movens) und Zweckursache (causa finalis)	304
8.4	Naturphilosophie	306
8.5	Astronomie/Weltbild	306
8.6	Weltmodell des Aristoteles – Äther-Kugelschalen	306
8.6.1	Äther – das fünfte Element	306
8.6.2	Kugelschalenmodell	307
8.7	Anwendung der Aristotelischen Bewegungslehre auf die Kosmologie . . .	309
8.8	Kosmologische Fragen: Die Einzigkeit und Endlichkeit der Welt	311
8.9	Peripatetiker	313
8.10	Kyniker → Stoa – Stoizismus	314
9	Astronomie der Griechen	317
9.1	Erdrotation	317
9.1.1	Herakleides von Pontos und Ekphantos von Syrakus	317
9.1.2	Hiketas von Syrakus	319
9.2	Geo-Heliozentrische Modelle in der Antike	320
9.2.1	Herakleides von Pontos	320
9.3	Heliozentrische Ideen der Antike	321
9.3.1	Philolaos von Kroton	321
9.3.2	Aristarch von Samos (um 320–250 vor Chr.)	324
9.4	Zwei Anomalien der Planetenbewegung	328
9.5	Hipparch von Nikaia (190–120 vor Chr.)	329
9.5.1	Beobachtung von Sternpositionen – Kommentar zu Aratos PHAI- NOMENA	329
9.5.2	Der Himmelspol und die Entdeckung der Präzession	330
9.5.3	Entdeckung eines neuen Sterns	331
9.5.4	Sternkatalog des Hipparch	331
9.5.5	Die Entfernung von Sonne und Mond – Weltmodell	332
9.6	Apollonios von Perge (240–170 v. Chr.)	334
9.7	Geminus (1. Jahrhundert vor oder nach Chr.)	335
9.8	Klaudios Ptolemaios (100–160 nach Chr.)	336
9.8.1	Almagest	336
9.8.2	Instrumente der Antike	337
9.8.3	Mathematisches Weltmodell des Ptolemaios	338

9.8.4	Nachwirkung	340
10	Hellenistische (alexandrinische) Zeit: Eratosthenes, Archimedes	341
10.1	Aristarch von Samos – Entfernungsmessung zu Mond und Sonne	342
10.2	Eratosthenes von Kyrene (um 290–205 v. Chr.)	343
10.2.1	Messung des Erddurchmessers	343
10.3	Kartographie – Geographie	346
10.4	Archimedes von Syrakus (287–212 v. Chr.) – Mathematik, Mechanik, Hydrostatik und Optik	348
10.4.1	Mathematische Schriften	348
10.4.2	Hebelgesetz, Flaschenzug und Archimedische Schraube	348
10.4.3	Schwimmende Körper – Hydrostatik (Archimedisches Prinzip, Auftrieb)	350
10.4.4	Brennspiegel	352
10.4.5	Planetarium	352
10.5	Optik in der Antike	354
10.5.1	Geometrische Optik: Sehstrahlen, geradlinige Ausbreitung und Reflexion	354
10.5.2	Ebene Spiegel und Hohlspiegel	355
10.5.3	Refraktion (Brechung) – physikalische Optik	356
11	Antike Mechanik (Ktesibios, Heron) und astronomische Instrumente	361
11.1	Mechanisch-technische Apparate, 3. Jh. vor bis 1. Jh. nach Chr.	362
11.1.1	Ktesibios (296–228 v. Chr.)	366
11.1.2	Heron von Alexandria (2. Hälfte 1. Jh. n. Chr.)	370
11.2	Astronomische Instrumente: Himmelsglobus, Sonnenuhren	373
11.2.1	Himmelsglobus	373
11.2.2	Griechische Sonnenuhren	374
11.2.3	Skaphe (Hohlkugelsonnenuhr)	374
11.2.4	Ebene antike Sonnenuhren	375
11.2.5	Römische Sonnenuhren	376
11.2.6	Sonnenuhr des Augustus	376
11.3	Präzisionsinstrumente: Diopter	377
11.3.1	Die Planetarien des Archimedes	377
11.4	Antikythera – ein antikes Räderwerk	378
12	Römische Technik	381
12.1	Wasserkraftnutzung in der Antike	381
12.1.1	Kolbenpumpen: Druckpumpen und Saugpumpen	382
12.1.2	Wasserräder	383
12.2	Römischer Wasserbau – Aquädukte	383
12.3	Römischer Wasserbau – Thermen	384
12.4	Windkraftnutzung in der Antike	387
12.5	Schifffahrt	388

12.6 Römische Bautechnik	390
12.7 Keramik und glasierte Ziegeln	391
12.8 Entwicklung der Straßen und Brücken	393
12.9 Glasschmelzen in der Antike	395
12.9.1 Glasschmelzen bei Ägyptern und Assyren: Sandkerntechnik	395
12.9.2 Alexandria: Mosaikgläser: Millefiorigläser und Onyxgläser	396
12.9.3 Syrien: Erfindung des Glasblasens, 1. Jahrhundert nach Chr.	397
12.9.4 Römische Gläser: Überfang-, Diatret- und geschliffene Gläser	397
12.9.5 Rohstoffe des Glases	398
12.9.6 Der Schmelzprozeß	398
12.10 Chemische Methoden	400
12.10.1 Nutzung von Pech, Teer/Asphalt, Bitumen, Erdöl	400
12.10.2 Kalkbrennerei	400
12.11 Vorläufer des Papiers in Antike und Mittelalter:	
Papyrus, Pergament und Tapa	402
12.11.1 Chinesische Papierherstellung aus Bambus	403
12.11.2 Entwicklung der Schreib- und Druck-Schrift	405
12.11.3 Außereuropäische Schriften:	406