

Historische Beobachtungen als Schlüssel für das Verständnis von Radiocarbon-Schwankungen

Ralph Neuhäuser und Dagmar L. Neuhäuser (Jena)

Zusammenfassung

Der Gehalt von Radiocarbon (C-14) ist für die letzten 3000 Jahre in Baumringen mit einer Zeitauflösung von ein bis fünf Jahren gemessen werden. Wegen variabler Sonnenaktivität gelangt unterschiedlich viel kosmische Strahlung ins Sonnensystem und trifft auf die Erde, wo dann das C-14 produziert wird. Man erkennt in der C-14 Kurve daher auch gut die sog. Grand Minima der Sonnenaktivität, insbesondere im letzten Jahrtausend. Zudem zeigt die Kurve den 10- bis 11-jährigen Schwabe-Zyklus und einige weitere Schwankungen. Kurz nach dem Jahre 1006 gab es einen kurzzeitigen leichten Anstieg, der durch die Supernova des Jahres 1006 verursacht sein könnte, die die hellste (und somit wohl energiereichste) historische Supernova war.

Seit der Detektion eines starken Anstiegs von Radiocarbon in japanischen Bäumen für das Jahr AD 774/5 (Miyake et al. 2012) werden als mögliche Ursachen u. a. ein kurzer Galaktischer Gamma-Strahlungs-Ausbruch oder variable Sonnenaktivität diskutiert, wie z. B. ein starker Super-Flare der Sonne. Für die Klärung dieser und weiterer Radiocarbon-Schwankungen (z. B. AD 993/4) ist es notwendig, den genauen Verlauf der Sonnenaktivität zu diesen Zeiten festzustellen, also die Lage der Maxima und Minima im Schwabe-Zyklus. Dazu muss man historische Beobachtungen heranziehen, sowohl solche mit Teleskopen als auch für die Zeit davor solche mit bloßem Auge, u. a. Beobachtungen von Sonnenflecken, Aurorae und der Korona bei totalen Sonnenfinsternissen, doch auch Klima- und Temperatur-Daten sind zu befragen. Da die Radiocarbon-Schwankungen auch vom Magnetfeld der Erde und von Vulkanausbrüchen verursacht sein können, müssen auch diese beachtet werden.

Wir haben die Aktivität der Sonne zunächst vom 6. bis 9. Jahrhundert mit Hilfe solcher Daten rekonstruiert: Man erkennt darin den Schwabe-Zyklus und ein sogenanntes Grand Minimum.

22.1 Einleitung: C-14

Bäume bilden üblicherweise in jedem Jahr einen neuen Baumring. Darin sind die verschiedenen Kohlenstoff-Isotope in dem Verhältnis vorhanden und eingebaut, wie sie in dem entsprechenden Jahr in der Erdatmosphäre und im Erdboden verfügbar waren. Man kann somit noch viele Jahre später mit dem Material aus Baumringen feststellen, wie hoch der Anteil des nicht stabilen Kohlenstoff-Isotops C-14 war – absolut auf ein exaktes Jahr genau. Das Verhältnis von C-14 zum stabilen Isotop C-12 wird dann als Abweichung in Promille [p.m.] im Vergleich zu einem international festgelegten Standard angegeben – natürlich unter Berücksichtigung der Zerfallsrate des radioaktiven C-14 gemäß seiner bekannten Halbwertszeit. Da das Verhältnis von C-14 zu C-12 in der Erdatmosphäre in den letzten Jahrtausenden insgesamt abgenommen hat, kann man auf diese Weise auch solche Kohlenstoffproben datieren, deren Alter man ansonsten nicht kennt – die C-14 Altersbestimmungsmethode.

C-14 wird in der Erdatmosphäre sowohl von hoch-energetischen kosmischen Strahlen gebildet als auch von eintreffender Gamma-Strahlung. Beide erzeugen durch Spallation (Muon-Kaskade) thermische Neutronen, die in das Stickstoff-Isotop N-14 eindringen und dann entweder C-14 oder Beryllium-10 bilden. Die Erdatmosphäre wird durch das Erdmagnetfeld vor dem Eindringen von hoch-energetischen kosmischen Strahlen geschützt. Je stärker das Magnetfeld ist, desto weniger Teilchen dringen ein. Das Verhältnis von C-14 zu C-12 in der Erdatmosphäre schwankt somit umgekehrt proportional mit der Stärke des Erdmagnetfelds.

Zudem gibt es kurzfristige Veränderungen, die verschiedene Ursachen haben: Die Sonnenaktivität schwankt: Je stärker der Sonnenwind, desto weniger galaktische kosmische Strahlung gelangt in das Sonnensystem und auf die Erde. Wenn die Sonne also weniger aktiv ist, so wird mehr C-14 auf der Erde produziert. Man kann daher sowohl den Schwabe-Zyklus (im Mittel etwa 10 bis 11 Jahre) im C-14 erkennen als auch die sog. Grand-Minima – Zeiten, in denen die Sonne über mehrere Jahrzehnte weniger aktiv war als sonst (C-14 Maxima).

Seit dem 19. Jahrhundert ist der Anteil von C-12 in der Erdatmosphäre durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe durch Menschen (ohne C-14 darin, da dies bereits zerfallen ist) sehr stark angestiegen. Seit der Mitte der 1950er Jahre

ist der C-14 Gehalt dann durch atmosphärische Atombomben-Explosionen um etwa das Doppelte angestiegen. Aus diesen beiden Gründen kann man C-14 nicht verwenden, um die Stärke der aktuellen Sonnenaktivität dadurch zu bestimmen.

Als eine weitere Möglichkeit von kurzfristigen C-14 Schwankungen kommen noch besondere Ereignisse in Frage, wie z.B. starke Sonnen-Flares oder nahe Supernovae oder nahe Gamma-Strahlungs-Ausbrüche. Diese bringen starke Gamma-Strahlung mit sich, die zu einem Anstieg an C-14 führen könnten, was aber bisher noch nicht in Baumringen empirisch nachgewiesen ist.

Es gibt nun drei Zeitpunkte in den letzten 3000 Jahren, zu denen C-14 kurzfristig anstieg, für die solche Ereignisse möglicherweise ursächlich waren. Wir betrachten im Folgenden die Sonnenaktivität zu diese drei Zeitpunkten.

22.2 C-14 Anstieg nach Supernova SN 1006 ?

Im Jahre 1006 wurde die galaktische Supernova SN 1006 beobachtet, zuerst von ^cAlī ibn Riḍwān am 30.4.1006 in Kairo, danach ab dem 1.5. auch in China, Korea, Japan und St. Gallen (Goldstein 1865, Goldstein & Ho Peng Yoke 1965). Es wurde von Damon et al. (1995) und Firestone (2014) behauptet, dass man diese Supernova auch als ein kleines Signal im C-14 detektiert habe – und zwar ein Anstieg von C-14 von AD 1009 bis 1011. Immerhin war SN 1006 in den letzten 2000 Jahren die hellste *und* naheste beobachtete Supernova. Wenn also ein Supernova-Signal im C-14 zu erwarten ist, dann bei SN 1006. (Firestone 2014 diskutiert leider nicht, warum die Supernova, die um AD 1300 ± 150 den Supernova-Überrest Vela Jr erzeugt hat und noch näher als SN 1006 war, nicht im C-14 erkennbar ist; daß diese Supernova nicht optisch beobachtet wurde, kann eine mögliche Nicht-Detektion im C-14 nicht erklären, da C-14 ja von Gamma-Strahlung erzeugt wird, die für das menschliche Auge unsichtbar ist.) Die Tatsache, dass das angebliche C-14-Signal drei Jahre zu spät zu sein scheint, könnte vielleicht noch durch den Kohlenstoff-Kreislauf erklärbar sein: C-14, das in einem bestimmten Jahr produziert wurde, wird in den danach liegenden rund 25 Jahren in Bäume eingebaut, der größ te jährliche Einbau geschieht nach etwa drei Jahren.

Es erscheint jedoch möglich, dass der (geringe) Anstieg an C-14 in AD 1009 statt durch eine Supernova durch abfallende Sonnenaktivität erklärbar ist (Menjo et al. 2005). Dies wurde jedoch noch nicht anhand einer konkreten Rekonstruktion der Sonnenaktivität überprüft.

22.3 C-14 Anstiege in AD 774/5 und 993/4

In den Jahren AD 774/5 (Abb. 22.1, S. 464) und 993/4 kam es zu einer jeweils kurzen starken Erhöhung des C-14 Anteils um rund 10 Promille innerhalb von einem bis einigen Jahren (Miyake et al. 2012, 2013). Als Ursache werden verschiedene Arten von Ereignissen diskutiert, vor allem Supernova, Gamma-Strahlungs-Ausbruch oder starker Sonnen-Flare. Um eine stark erhöhte Sonnen-Aktivität oder gar einen Super-Flare als Ursache zu prüfen, liegt es nun an, die Sonnenaktivität zu dieser Zeit zu rekonstruieren.

22.4 Rekonstruktion von Sonnenaktivität

Man kann frühere Sonnenaktivität mit mehreren Aktivitäts-Indikatoren rekonstruieren:

- Sonnenflecke, die ja auch in der vor-teleskopischen Zeit schon mit blossem Auge beobachtet wurden.
- Aurorae, die ebenfalls seit mehr als 2000 Jahren bemerkt und notiert wurden.
- C-14 und Beryllium-10 Anteile in Baumringen und Eisschichten.
- Länge von Kometenschweiften, die ja vom Sonnenwind erzeugt werden.
- Stärke der Korona bei totalen Sonnenfinsternissen.
- Durchmesser der Sonne, der auch bereits in der vor-teleskopischen Zeit gemessen wurde.
- Schwankungen der Kompassnadel, die magnetische Stürme der Sonne anzeigen.

Während Rekonstruktionen durch Sonnenflecke und Aurorae bereits vorliegen, gibt es für die anderen Indikatoren kaum Studien. Beobachtungen von Sonnenflecken und Aurorae finden sich in allen Arten von Chroniken – und zwar in allen Kulturen mit Schriftzeugnissen, u.a. Japan, Korea, China, Indien, Byzanz, Arabien und Europa. Bisherige Aurora-Kataloge sind meist regional oder zeitlich begrenzt und enthalten auch andere Ereignisse wie Halos, die als Aurora fehl-interpretiert wurden. Daher erstellen wir einen neuen, globalen, kritisch geprüften Aurora-Katalog; dieser enthält auch neue Aurorae. Zudem publizieren wir auch eine Negativ-Liste der Ereignisse, die vorher als Aurorae fehl-interpretiert wurden, aber andere Ereignisarten sind – wie Halos, Bedeckungen, Wetterphänomene, Meteore, Kometen, Nacht-Regenbögen, etc.

22.5 Aufruf zur Mitarbeit

Wir rufen hiermit alle Mitglieder des Arbeitskreises Astronomie-Geschichte der AG sowie alle anderen Interessierten auf, uns bei der Zusammenstellung des Aurora-Katalogs zu helfen – nämlich dadurch, dass Sie uns historische Berichte über mögliche Aurorae melden, die Sie in historischen Chroniken etc. finden. Auch alle anderen Himmelsereignisse i.w.S. (Novae, Kometen, Halos) sind für uns von Interesse. Das Projekt wird sicher mehrere Jahre andauern.

Der erste bearbeitete Zeitraum läuft von AD 550 bis 845, schliesst also das sog. Dark Age Grand Minimum im 7. Jahrhundert ein sowie das AD 774/5 C-14 Ereignis.

Etlche weitere Details dazu – speziell für die Zeit um AD 774/5 – finden sich auch im Artikel von D.L. Neuhäuser & R. Neuhäuser in diesem Band. Der Katalog und unsere Schlussfolgerungen werden in den *Astronoischen Nachrichten* publiziert.

Es kann bereits mitgeteilt werden, dass der Anstieg an C-14 um das Jahr 1006 und kurz danach voll verträglich ist mit abfallender Sonnenaktivität - das kann man anhand der damals aufgezeichneten Aurorae klar erkennen.

22.6 Bibliography

- DAMON, P.E., KOCHAROV, G.E., PERISTYKH, A.N., MIKHEEVA, I.B., DAI, K.M.: High Energy Gamma Rays from SN 1006 AD. *Proc. 24th International Cosmic Ray Conference*, Vol. 2 (1995), 311–314.
- FIRESTONE, R.B.: Observation of 23 Supernovae That Exploded within 300 pc from Earth during the past 300 kyr. In: *Astrophysical Journal* **789** (2014), 29–40.
- GOLDSTEIN, B.R.: Evidence for a Supernova of A.D. 1006. In: *Astronomical Journal* **70** (1965), 105–114.
- GOLDSTEIN, B.R. & HO PENG YOKE: The 1006 supernova in far eastern sources. In: *Astronomical Journal* **70** (1965), 748–753.
- MENJO, H., MIYAHARA, H., KUWANA, K., MASUDA, K., MURAKI, Y., NAKAMURA, T.: Possibility of the detection of past supernova explosion by radiocarbon measurement. *Proc. 29th Internat. Cosmic Ray Conf. Pune 2* (2005), 357–360.
- MIYAKE, F., NAGAYA, K., MASUDA, K., NAKAMURA, T.: A signature of cosmic-ray increase in AD 774–775 from tree rings in Japan. In: *Nature* **486** (2012), 240–242.
- MIYAKE, F., MASUDA, K., NAKAMURA, T.: Another rapid event in the carbon-14 content of tree rings. In: *Nature Communications* (2013), DOI:10.1038/ncomms2783 plus corrigendum 2013 Nov 7.

Der Himmel über Tübingen.
Barocksternwarten – Landesvermessung – Astrophysik





Abbildung 0.1:
30 cm-Zeiss-Refraktor der Sternwarte Tübingen
Foto: Gudrun Wolfschmidt (2013)

Nuncius Hamburgensis
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften
Band 28

Gudrun Wolfschmidt (Hg.)

Der Himmel über Tübingen

Barocksternwarten – Landesvermessung – Astrophysik



Hamburg: tredition 2014

Nuncius Hamburgensis

Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften

Hg. von Gudrun Wolfschmidt, Universität Hamburg,
Zentrum für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik
(ISSN 1610-6164).

*Diese Reihe „Nuncius Hamburgensis“
wird gefördert von der Hans Schimank-Gedächtnisstiftung.
Dieser Titel wurde inspiriert von „Sidereus Nuncius“
und von „Wandsbeker Bote“.*

| |
|--|
| <p>Wolfschmidt, Gudrun (Hg.): Der Himmel über Tübingen. Barocksternwarten – Landesvermessung – Astrophysik. Tagung des Arbeitskreises Astronomiegeschichte in der Astronomischen Gesellschaft 2013. Hamburg: tredition (Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Band 28) 2014.</p> |
|--|

Abbildung – Cover vorne: Joh. Kepler, Gyroskop, Refraktor Tübingen

Frontispiz: Zeiss-Refraktor der Sternwarte Tübingen – Foto: G. Wolfschmidt

Titelblatt: Tübingen, Matthaeus Merian, um 1650

Abbildung – Cover hinten: Astronomische Uhr Tübingen – Foto: G. Wolfschmidt

Zentrum für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik, Hamburger Sternwarte,
Fachbereich Physik, MIN Fakultät, Universität Hamburg
Bundesstraße 55 – Geomatikum, D-20146 Hamburg
<http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/GNT/w.htm>

Dieser Band wurde gefördert von der Schimank-Stiftung.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Verlag: tredition GmbH, Mittelweg 177, 20148 Hamburg
ISBN 978-3-7323-1896-4 – ©2014 Gudrun Wolfschmidt. Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Vorwort: Der Himmel über Tübingen <i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i> | 13 |
| DER HIMMEL ÜBER TÜBINGEN | 13 |
| 1 Der Himmel über Tübingen <i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i> | 15 |
| 1.1 Die Anfänge universitärer Bildung in Tübingen | 15 |
| 1.2 Astronomie um 1500 an der Wende vom Mittelalter zur Renaissance | 20 |
| 1.2.1 Astronomische Uhren und Globen von Johannes Stöffler | 20 |
| 1.2.2 Sonnenuhren in Tübingen | 22 |
| 1.3 Astronomie um 1600 – Maestlin, Kepler und Schickard | 24 |
| 1.4 Astronomie in der Barockzeit, im 18. Jahrhundert | 30 |
| 1.4.1 Tobias Mayer (1723–1762) aus Marbach am Neckar . . . | 30 |
| 1.4.2 Die Barocksternwarte auf dem Schloß und der erste Direktor Georg Wolfgang Krafft (1701–1754) | 30 |
| 1.5 Astronomie in Tübingen im 19. Jahrhundert | 33 |
| 1.5.1 Kleine Sternwarte und Johann Gottlieb Friedrich von Bohnenberger (1765–1831) | 33 |
| 1.5.2 Johann Gottlieb Christian Nörrenberg (1787–1862) . . . | 35 |
| 1.5.3 Julius August Christoph Zech (1821–1864) | 37 |
| 1.6 Die Tübinger Astronomie im 20. Jahrhundert | 38 |
| 1.6.1 Hans Rosenberg (1879–1940) | 39 |
| 1.6.2 Heinrich Siedentopf (1906–1963) | 39 |
| 1.6.3 Die neue Tübinger Sternwarte, Waldhäuser Str. 70 (1955) | 39 |
| 1.6.4 Astronomen ab den 1960er Jahren | 41 |
| 1.7 Astronomie in neuen Wellenlängen: Radio-, UV- und Röntgenastronomie | 43 |
| 1.7.1 Radioastronomie und Physik der Atmosphäre | 43 |
| 1.7.2 UV- und Röntgenastronomie | 44 |
| 1.8 Literatur | 47 |

| | |
|--|-----|
| MITTELALTERLICHE ASTRONOMISCHE UHREN | 51 |
| 2 Zeitanzeige an astronomischen Monumentaluhren des Mittelalters | |
| <i>Ernst-Reinhold Mewes (Schleswig)</i> | 53 |
| 2.1 Einleitung | 54 |
| 2.2 Zeitanzeige an Uhren des 14. Jahrhunderts | 54 |
| 2.3 Beschreibung der Uhrenscheibe in der St.-Nikolai-Kirche zu Stralsund | 54 |
| 2.3.1 Die Berechnung der Lineatur | 55 |
| 2.4 Temporalstunden und Äquinoktialstunden | 57 |
| 2.5 Die Genauigkeit der Uhrenscheibe | 60 |
| 2.6 Zur Gestaltung der Stralsunder Uhrenscheibe | 61 |
| 2.7 Dämmerungsanzeige an der Uhrenscheibe im Münster von Bad Doberan | 62 |
| 2.8 Sonnenzeiger entgegen dem Uhrzeigersinn | 64 |
| 2.9 Bestimmung der geografischen Breite eines Uhrenstandorts | 65 |
| 2.10 Der Drachenzeiger an der Rathausuhr in Tübingen | 65 |
| 2.11 Literatur | 67 |
| ASTRONOMIE DER FRÜHEN NEUZEIT | 67 |
| 3 The First Globalization: Celestial and Terrestrial Globes in the Early Modern Period | |
| <i>Michael J. Sauter (México)</i> | 69 |
| 3.1 Bibliography | 79 |
| 4 Johannes Scheubel und Philipp Apian – zwei Astronomen der Universität Tübingen im 16. Jahrhundert | |
| <i>Harald Gropp (Heidelberg)</i> | 85 |
| 5 Kepler und Tübingen | |
| <i>Roland Müller (Tübingen)</i> | 87 |
| 5.1 Einleitung | 88 |
| 5.2 Keplers Ausbildung und Studium dank des württembergischen Schul- und Stipendiensystems | 88 |
| 5.3 Mästlin als Lehrer und Vorbild | 93 |
| 5.4 Gemeinsame Interessen von Mästlin und Kepler | 95 |
| 5.5 Die speziellen Tübinger Verhältnisse: Theologen-Sippschaft und Theologen-Starrsinn | 110 |
| 5.6 Literatur | 118 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6 | Das Quellenstudium von Keplers <i>Astronomia Nova</i> (1609) und vom ersten Teil von <i>Astronomia pars optica</i> (1603) <i>Eckehard Röding (Berlin)</i> | 121 |
| 6.1 | Literatur | 127 |
| 7 | Wanderausstellung „Physik trifft Renaissance“ <i>Rudolf Pausenberger (Lauf an der Pegnitz)</i> | 129 |
| 7.1 | Schulischer Rahmen | 130 |
| 7.2 | Geschichte unserer Kultur | 130 |
| 7.3 | Unser Projekt | 131 |
| 7.4 | Lokale Bezüge | 132 |
| 7.4.1 | Zwei Beispiele | 134 |
| | ASTRONOMIE UND STERNWARTEN DER BAROCKZEIT | 134 |
| 8 | Joachim Jungius's astronomical achievements <i>Eike-Christian Harden (Hamburg)</i> | 137 |
| 8.1 | Introduction | 137 |
| 8.2 | Sunspot observations | 138 |
| 8.3 | Theoretical underpinnings: comets and fixed stars | 143 |
| 8.4 | Naming a reappearing nova: 'stella Mira Ceti' | 146 |
| 8.5 | References | 152 |
| 9 | Die Tübinger Barocksternwarte <i>Jürgen Kost (Tübingen)</i> | 155 |
| 9.1 | Paris, Greenwich und Barocksternwarten im deutschsprachigen Raum | 155 |
| 9.2 | Die Tübinger Sternwarte und die Instrumente im 18. Jahrhundert | 157 |
| 9.2.1 | Christoph Friedrich Pfeleiderer als Direktor der Sternwarte (1781) | 160 |
| 9.2.2 | Johann Gottlieb Nörrenberg als Leiter der Sternwarte | 160 |
| 9.3 | Weitere Entwicklung im 19. Jahrhundert bis 1954 | 161 |
| 9.4 | Weiterführende Literatur und Quellen | 162 |
| 10 | Über den Dächern Danzigs – Die Sternwarte von Johannes Hevelius (1611–1687) <i>Irena Kampa (Kiel)</i> | 165 |
| 10.1 | Einleitung | 165 |
| 10.2 | Erste Sternwarte | 166 |
| 10.3 | Zweite Sternwarte | 170 |

| | |
|--|---------|
| 10.3.1 Außenposten | 173 |
| 10.4 Dritte Sternwarte | 177 |
| 10.4.1 Mikrometer | 178 |
| 10.5 Fazit | 183 |
| 10.6 Literatur | 183 |
| ASTRONOMIE UM 1800 | 187 |
| 11 Benzenberg und Tübingen | |
| <i>Wolfgang Lange (Hamburg)</i> | 187 |
| 11.1 Benzenberg Biografie | 187 |
| 11.2 Benzenberg in Tübingen | 191 |
| 11.3 Was bleibt | 196 |
| 11.4 Literaturverzeichnis | 197 |
| 12 Die Maschine von Bohnenberger – Astronomiegeschichte zum Anfassen | |
| <i>Jörg F. Wagner und Andor Trierenberg (Stuttgart)</i> | 199 |
| 12.1 Einleitung | 200 |
| 12.2 Ursprung und Verbreitung des kardanisch gelagerten Kreisels | 202 |
| 12.2.1 Maschine von Bohnenberger | 202 |
| 12.2.2 Anfängliche Verbreitung des Instruments | 204 |
| 12.2.3 Technische Weiterentwicklung | 211 |
| 12.3 Biographien | 215 |
| 12.3.1 Johann Gottlieb Friedrich von Bohnenberger | 216 |
| 12.3.2 Johann Wilhelm Gottlob Buzengeiger | 219 |
| 12.4 Schlussbemerkungen | 220 |
| 12.5 Literatur | 221 |
| ASTRONOMIE IM 19. JAHRHUNDERT | 227 |
| 13 Einfach die Zeit bestimmen – Die Astronomen J. A. Brandegger (1797–1890) und M. Eble (1810–1903) aus Ellwangen und ihre Instrumente | |
| <i>Edwin Michler (Kirchheim am Ries)</i> | 227 |
| 13.1 Einfach die Zeit bestimmen | 228 |
| 13.2 Josef August Brandegger (1797–1890) | 230 |
| 13.3 Michael Eble (1810–1903) | 235 |
| 13.4 Zusammenfassung | 246 |
| 13.5 Literatur | 246 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 14 | Wer zählt die Länder, nennt die Namen – die Astronomische Gesellschaft und ihre Mitglieder <i>Reinhard E. Schielicke (Jena)</i> | 249 |
| 14.1 | Literatur | 250 |
| 15 | Max Wolf – Stammvater der Heidelberger Astronomie <i>Dietrich Lemke (Heidelberg)</i> | 253 |
| 15.1 | Einleitung | 254 |
| 15.2 | Lehrjahre | 256 |
| 15.3 | Beginn der Astrofotografie | 256 |
| 15.4 | Doppelte Hilfe aus Amerika | 258 |
| 15.5 | Die Königstuhl-Sternwarte | 261 |
| 15.6 | Milchstraßennebel | 263 |
| 15.7 | Die Königstuhl-Nebellisten | 265 |
| 15.8 | Neue Instrumente | 266 |
| 15.9 | Waltz-Reflektor und Spektrograf | 269 |
| 15.10 | Spiralnebel | 271 |
| 15.11 | Verständliche Astronomie | 273 |
| 15.12 | Dunkle Zeiten | 274 |
| 15.13 | Was bleibt? | 277 |
| 15.14 | Quellen und Literatur | 279 |
| | ASTRONOMIE IM 20. JAHRHUNDERT | 279 |
| 16 | Der Tübinger Astrophysiker Hans Rosenberg und seine photometrischen Arbeiten <i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i> | 281 |
| 16.1 | Biographische Stationen Hans Rosenbergs | 283 |
| 16.2 | Rückblick: Visuelle Spektralphotometrie der Fixsterne | 285 |
| 16.3 | Photographische Photometrie von Schwarzschild bis Rosenberg | 287 |
| 16.4 | Rosenbergs Privatsternwarte auf dem Österberg in Tübingen (1911 bis 1925) | 288 |
| 16.5 | Photometrische Arbeiten – erstes lichtelektrisches Photometer 1913 | 289 |
| 16.5.1 | Photographische Spektralphotometrie – Hans Rosenberg | 291 |
| 16.6 | Die Entwicklung der Mikrophotometer | 291 |
| 16.6.1 | Visuelle Mikrophotometer – Johannes Hartmann (1899) | 291 |
| 16.6.2 | „Objektive“ lichtelektrische Mikrophotometer | 293 |
| 16.7 | Hans Kienles »Göttinger Temperaturprogramm« | 301 |
| 16.8 | Zusammenfassung | 307 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 16.9 | Quellen und Literatur | 307 |
| 16.9.1 | Quellen | 307 |
| 16.9.2 | Literatur | 308 |
| 17 | „Für einen Kabarettisten können Sie aber gut Physik“ – Tübinger Visualisierungen der Astrophysik <i>Susanne M. Hoffmann (Berlin)</i> | 313 |
| 17.1 | Tübingen – aus Sicht eines Myons | 314 |
| 17.2 | Hanns Ruders Visualisierungsgruppe | 315 |
| 17.2.1 | Historische Visualisierungen der Relativitätstheorie . . . | 318 |
| 17.2.2 | Messprozesse | 320 |
| 17.2.3 | Scheinbare Verlängerung durch Lichtlaufzeit. | 320 |
| 17.2.4 | Computer als Forschungswerkzeug | 321 |
| 17.2.5 | Gravitationslinsen | 322 |
| 17.2.6 | Wie Science-Fiction-Filme besser aussehen müssten . . . | 323 |
| 17.3 | „Verstehen tun wir nix, aber wir sehen’s wenigstens.“ | 327 |
| 17.4 | Weiterleben der Forschung Hanns Ruders <i>Susanne M. Hoffmann (Berlin) und Christoph Keller (Hildesheim)</i> | 330 |
| 17.5 | Literatur | 332 |
| 18 | Hi(gg)story – Der historische Weg zum Higgs-Mechanismus <i>Carsten Busch (Hamburg)</i> | 335 |
| 18.1 | Wissenschaftsgeschichtlicher Überblick: die korpuskulare Struktur der Materie | 336 |
| 18.2 | Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik: Teilchen und Kräfte | 341 |
| 18.3 | Standardmodell: Quantenfeldtheorie und Austauscheteilchen . . | 344 |
| 18.4 | Symmetrie und Eichtheorie | 348 |
| 18.5 | Das Unendlichkeitsproblem der Quantenfeldtheorie und die Renormierung | 350 |
| 18.6 | Austauschteilchenmasse und Wechselwirkungsreichweiten . . . | 354 |
| 18.7 | Elektroschwache Vereinheitlichung: Glashow-Weinberg-Salam-Theorie | 358 |
| 18.8 | Der Higgs-Mechanismus rettet die elektroschwache Theorie . . | 362 |
| 18.9 | Die Glashow-Weinberg-Salam Theorie und der Brout-Englert-Higgs-Mechanismus im Experiment | 366 |
| 18.10 | Nachgedanken | 373 |
| 18.11 | Literatur | 376 |

| | |
|--|-----|
| ALLGEMEINE ASTRONOMIEGESCHICHTE | 377 |
| 19 Die Finsternisvorhersage von Thales aufgrund der mitteleuropäischen bronzezeitlichen Astronomie <i>Christine Rink (Hamburg), Rahlf Hansen (Hamburg)</i> | 379 |
| 19.1 Saroszyklus auf den Goldhüten | 380 |
| 19.2 Ermittlung der Monatslänge durch Beobachtung von Mondfin- sternissen | 383 |
| 19.3 Wie können die antiken Astronomen vorgegangen sein? | 384 |
| 19.4 Wie hätten wir versucht, den Zeiten- und Breitenversatz zu be- stimmen? | 387 |
| 19.5 Zur möglichen weiteren Funktion der Goldhüte | 390 |
| 19.6 Exkurs Dolmengöttin | 391 |
| 19.7 Goldhüte – Wissen um die Zeit im internationalen Kontext | 391 |
| 19.8 Verdächtiges Zahlenverhältnis bei Pythagoras | 392 |
| 19.9 Rückblick | 395 |
| 19.10Literatur | 398 |
| 20 Die Zahlenkombination 32 / 33 als Indikator für einen plejadengeschal- teten Lunisolarkalender <i>Rahlf Hansen (Hamburg), Christine Rink (Hamburg)</i> | 401 |
| 20.1 Einleitung | 402 |
| 20.2 Der Nutzen der Plejaden | 403 |
| 20.3 Symbole für die Plejaden | 409 |
| 20.4 Die Zahlenkombination 32 / 33 als Reminiszenz an die Plejaden- schaltregel | 410 |
| 20.5 Die 32 / 33 als Ornamentverschlüsselung | 414 |
| 20.6 Mythologische und etymologische Hinweise | 417 |
| 20.7 Ausrichtungen | 421 |
| 20.8 Ausblick | 422 |
| 20.9 Anhang | 424 |
| 20.10Literatur | 427 |
| 21 Die astronomischen Erkenntnisse des M. T. Cicero über den Sternenhim- mel <i>Heidi Tauber (Hamburg)</i> | 433 |
| 21.1 Einleitung | 434 |
| 21.2 Ciceros Übersetzung der <i>Phainomena</i> des Aratos von Soloi | 436 |
| 21.3 Ciceros Kenntnisse über die Planeten | 447 |
| 21.4 Darstellung der Planeten im <i>Traum des Scipio</i> in <i>De re publica</i> | 451 |

| | |
|--|-----|
| 21.5 Die bildlichen Darstellungen auf dem Kultbild der Mysterien des Mithras | 456 |
| 21.5.1 Das Kultbild | 456 |
| 21.5.2 Das Mithrasrelief zu Osterburken | 457 |
| 21.6 Quellen und Literatur | 463 |
| 21.6.1 Quellen | 463 |
| 21.6.2 Literatur | 463 |
| 22 Historische Beobachtungen als Schlüssel für das Verständnis von Radiocarbon-Schwankungen | |
| <i>Ralph Neuhäuser und Dagmar L. Neuhäuser (Jena)</i> | 465 |
| 22.1 Einleitung: C-14 | 466 |
| 22.2 C-14 Anstieg nach Supernova SN 1006 ? | 467 |
| 22.3 C-14 Anstiege in AD 774/5 und 993/4 | 468 |
| 22.4 Rekonstruktion von Sonnenaktivität | 468 |
| 22.5 Aufruf zur Mitarbeit | 469 |
| 22.6 Bibliography | 469 |
| 23 In den Himmeln erschien ein rotes Kreuzifix: Halo-Code und Halo-Vergessenheit | |
| <i>Dagmar L. Neuhäuser und Ralph Neuhäuser (Jena)</i> | 471 |
| 23.1 Einleitung | 472 |
| 23.2 Halo-Vergessenheit – Beispiele aus der gegenwärtigen Astronomie | 480 |
| 23.3 Halo-Code – Theologische Deutung historischer Sichtungen . . | 497 |
| 23.4 Literatur | 514 |
| AKAG 2013 – „Der Himmel über Tübingen“ | 519 |
| 24.1 Tagung des Arbeitskreises Astronomiegeschichte in der Astronomischen Gesellschaft, Tübingen, 22.–23. September 2013 | 519 |
| 24.2 Programm der Vorträge | |
| <i>Der Himmel über Tübingen</i> | |
| <i>Barocksternwarten – Landesvermessung – Hochenergieastrophysik</i> | 520 |
| 24.3 Teilnehmer – Arbeitskreis Astronomiegeschichte, Tübingen 2013 | 524 |
| Autoren | 529 |
| Abbildungsverzeichnis | 541 |
| Nuncius Hamburgensis | 548 |
| Personenindex | 554 |