

Neuigkeiten WELTTABELLEN Version 3.22 (19.6.2026)

1. Neue Leistungen für die Ausgabe in die Plotter-Datendatei

Steuertyp -107, zusätzliche Variablen 58, 59, 60

Zur Erinnerung: CMB = Zeit nach dem Urknall (oder auch Skalenfaktor) der Emission der kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung.

- 58: tpCMB. CMB-Temperatur als Funktion von a oder t (Scheitel-Variable, siehe Kap. 5.2)
- 59: zzCMB. Rotverschiebung CMB (auch als zz^* bezeichnet) als vom Lichtkegelscheitel abhängige Variable (Scheitel-Variable, siehe Kap. 5.2)
- 60: dCMB. Physikalischer **Abstand** des Beobachters **zum Zeitpunkt CMB** zu den mitbewegten Objekten, die *zum Zeitpunkt CMB jenes Licht in Richtung auf den Beobachter emittiert haben*, das als kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung im Scheitel sichtbar ist (Scheitel-Variable, siehe Kap. 5.2)
- 18: PHu-a: Partikelhorizont u bis a , u =Wandelvariable -22 (siehe STYP -122):
Mitbew.: $D_{PH}(a)-D_{PH}(u)$, Phys.: $a * (D_{PH}(a)-D_{PH}(u))$
Falls Ausgabe physikalisch und Wandelvariable -22=ZCMB, kann PHu-a als Scheitel-Variable (siehe Kap. 5.2) interpretiert werden. In diesem Fall ist Variable 18 der physikalische **Abstand** des Beobachters **zum Scheitel-Zeitpunkt** zu den mitbewegten Objekten, die *zum Zeitpunkt CMB jenes Licht in Richtung auf den Beobachter emittiert haben*, das als kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung im Scheitel sichtbar ist.

Es ist sinnvoll, die Variablen 18 (physikalisch, Wandelvariable -22=ZCMB), 59, 60 sowie 58 gemeinsam auszugeben.

Steuertyp -221, Position 5

- 5) 1 oder -9: Dichten (Variablen 19-22 in STYP -107) in kg/m^3
2: Dichten in $\text{GeV}/c^2/\text{m}^3$.
3: Dichten als Anteile der kritischen Dichte im räumlich flachen Λ CDM-Modell
4: Dichten als prozentuale Anteile der kritischen Dichte im räumlich flachen Λ CDM-Modell
5: Anstelle von Dichten wird bei den Variablen 19 bis 21 und 45 bis 48 der aus der Dichte resultierende Druck ausgegeben. Die Variablen 22, 39 und 49 werden wie bei Voreinstellung -9 ausgedruckt.
V: -9

2. Eher unwichtige Details. Nur lesen, wenn man wirklich auf entsprechende Probleme stößt!

I-Steuertyp -1017 liest in der Folgezeile 5 Steuergrößen ein: SGtpCMB, SGzzCMB, SG333, SG444, SG555. Die letzten 3 Größen sind noch nicht definiert. Sei zz^* die Rotverschiebung CMB der Scheitelvariablen 59 in STYP -107 (siehe Kap. 5.2) und tpCMB die Temperatur CMB in STYP -107, Variable 58. Ist $zz^* < 0$ (Steuertyp -1018, zzDELTA wurde zuvor berücksichtigt), gilt Folgendes: Ist SGtpCMB bzw. SGzzCMB $\neq -9$, so wird tp bzw. zz^* auf SGtpCMB bzw. SGzzCMB (im Allgemeinen NULL) gesetzt. Ist hingegen eine der Größen -9, so wird die zur Berechnung üblicherweise verwendete Formel auch angewandt, wenn $zz^* < 0$ bzw. $tp < 0$. Das mag im Fall von zz^* nach Auffassung des Benutzers *eventuell* sinnvoll sein. Ergebnis ist eine negative Rotverschiebung, die auch sonst für Zukunftszeitpunkte bisweilen verwendet wird. I-Steuertyp -1017 kann durch STYP -117 überschrieben werden.

I-Steuertyp -1018 liest in der Folgezeile 5 Deltaschranken ein: LHDELTA (Lichtkegel-Hubblerradius in DELTA-Datei), EHDELTA (Ereignishorizont-Hubblerradius in DELTA-Datei), LEDELTA (Licht-

kegel-Ereignishorizont, Variable 56 in Plotter-Datendatei), zzDELTA und (noch nicht definiert) YZDELTA, die darüber entscheiden, ob eine Deltavariablen auf NULL gesetzt wird. Das Verhalten für die ersten 3 Schranken soll am Beispiel für die Delta-Variablen Lichtkegel minus Hubblerradius klargestellt werden: Die Differenz wird auf NULL gesetzt, wenn mit Wert1=Lichtkegel und Wert2=Hubblerradius die Ungleichung $(\frac{|\text{Wert1}-\text{Wert2}|}{\max(|\text{Wert1}|,|\text{Wert2}|)}) < \text{LHDELTA}$ gilt. Die 4. Deltaschranke zzDELTA betrifft die Rotverschiebung CMB zz* der Scheitel-Variablen 59 (siehe Kap. 5.2) in STYP -107. Ist $|\text{zz}^*| < \text{zzDELTA}$, so wird zz* auf NULL gesetzt. Alle Schranken sind mit $5 \cdot 10^{-15}$ voreingestellt. Möchte man eine der ersten 3 Schranken außer Kraft setzen, kann man eine -1 für diese Schranke eingeben. I-Steuertyp -1018 kann durch STYP -118 überschrieben werden.

STYP -117	Die 5 Steuergrößen von ITERATIONENW ITYP -1017 können überschrieben werden (siehe I-Steuertyp -1017 oben). Es müssen in der Folgezeile 5 Gleitkommawerte eingegeben werden, z.B. 0,-9,0,0,0 – das ist ein Beispiel, kein Ratschlag. Voreinstellung, falls ITYP -1017 nicht gesetzt: 5 mal 0. Ratschlag: Voreinstellungen nicht ändern!
STYP -118	Die 5 Deltaschranken von ITERATIONENW ITYP -1018 können überschrieben werden (siehe (siehe I-Steuertyp -1018 oben). Es müssen in der Folgezeile 5 Gleitkommawerte eingegeben werden, z.B. 5.D-14,5.D-15,1.D-15, 1.D-15, 1.D-15 – das ist ein Beispiel, kein Ratschlag. Voreinstellung, falls ITYP -1018 nicht gesetzt: 5 mal 5.D-15. Ratschlag: Voreinstellungen nicht ändern! Möchte man eine der ersten 3 Schranken außer Kraft setzen, kann man eine -1 für diese Schranke eingeben.

Zusätzliche Einträge in Kap. 4.2 (Vorbereitete Steuerdateien)

Siehe auch Datei *Aenderungen Steuerdateien.txt* in Verzeichnis STEUERD

lap_plot1 lap_plot2 lap_plot1k	1	Wie lap, zusätzlich werden in lap_plot1 a, t, H, HR, EH, LK, PH(Urknall), PH(CMB), Rezession PH in die _PLOT-Datei ausgegeben, in lap_plot2 die zugehörigen Rezessionsgeschwindigkeiten der Abstände. Dimensionen in lap_plot1 via STYP -221: km, 1/s und km/s, in lap_plot2 die Standard-Dimensionen. lap_plot1k ist Kurzvariante von lap_plot1 unter Verwendung von Standardvorgaben.	P
1tCMB	1	Ausgabe von Scheitel-Variablen (siehe Kap. 5.2) in die Plotter-Datendatei. Unter welcher Rotverschiebung am jeweiligen Scheitel ist die Mikrowellen-Hintergrundstrahlung sichtbar? Welche CMB-Temperatur herrscht am jeweiligen Scheitel? Welchen Abstand zum Beobachter hatte die am Scheitel SICHTBARE Mikrowellen Hintergrundstrahlung zum Zeitpunkt der CMB-Emission? Abschließender NEUHEUTE-Abruf.	P
1tGx-18	1	Aufgabe 1 mit Galaxie (STYP -224). Es wird aufgezeigt, wie Platzhalter -18 in STYP -301 verwendet werden kann. -18 ist jener Zeitpunkt, bei dem die physikalische Entfernung der Galaxie auf dem Lichtkegel gemessen wird. In der Plotter-Datendatei ist der Abstand des Beobachters zur Galaxie gleich wie der Abstand zum Lichtkegel.	P
1tLkD	1	Siehe Kap.5.14.2	P
1tLkDx	1	Kurzversion (wenige Zeitpunkte) von 1tLkd für Veröffentlichung auf WELTTABELLEN-Internet-Seite	P
1tLkD9x	1	Wie 1tLkDx, aber für WMAP9	P
1tRHO	1	Ausgabe von Dichteparametern ρ_R , ρ_M , ρ_Λ und ρ_{crit} in Plotter-Datendatei (siehe auch STYP -114). Voreinstellung: anteilmäßig. Steuerung über STYP -221, Position. Ausgabe Ω_γ und Ω_v in Hauptausgabedatei.	X
1tRHO1	1	Wie 1tRHO, aber Dichten in kg/m ³	X
1tRHO5	1	Wie 1tRHO, aber Ausgabe des den Dichten zugeordneten Drucks	X

1tRHOall	1	Ausgabe von Dichteparametern $\rho\gamma$, $\rho\nu$, ρb , ρc und ρ_{crit} in Plotter-Datendatei (siehe auch STYP -114). Voreinstellung: anteilmäßig. Steuerung über STYP -221, Position 5. Ausgabe Ω_b , Ω_c , Ω_γ und Ω_ν in Hauptausgabedatei.	P
1tRHOall-960	1	Siehe Kap.5.14.2	P
1tRHOall1		Wie 1tRHO, aber Dichten in kg/m ³	P
1tRHOall5		Wie 1tRHO, aber Ausgabe des den Dichten zugeordneten Drucks	P
1tdichtant-113	1	Wie 1tdichtant. Alle internen Variablen wurden mit STYP -113 überschrieben. Man könnte hier z.B. den Kontrolldurchlauf für eine Veröffentlichung annehmen, bei der mit internen Variablen mit nur 4 zählenden Ziffern gerechnet wurde. Erforderlich ist ein Vorlauf mit 2a-113.	P
1tdichtant58	1	Wie 1tdichtant. Als letzte beide Variablen werden die Scheitel-Variablen Temperatur CMB und die Rotverschiebung CMB am Lichtkegelscheitel bei t oder a ausgegeben.	P
1taeq	1	Äquivalenzen zwischen anteilmäßigen Dichteparametern. Vorlauf 2a oder 2t erforderlich.	P
1tUebertrag-960	1	Siehe Kap. 5.14.2	P
2a-113	2	Wie 2a, allerdings wurden alle internen Variablen wie in 1tdichtant-113 überschrieben. 1tdichtant-113 erfordert einen Vorlauf mit dieser Steuerdatei.	
3-3-4_plot	3	AUFGABE 3, AUFGABE3EINGABEMODUS 3, EIGENART -4: <u>Beispielhaft für das Plotten bei Aufgabe 3.</u> Inline-Beschreibung lesen! <i>Definition der Galaxie:</i> Schneidet bei $a=0.8$ den Lichtkegel mit Scheitel bei $a=1$. <i>Fragestellung:</i> Gesucht ist der Scheitel jenes Lichtkegels, dessen Abstand zum Beobachter die Galaxie bei einem bestimmten t-Wert schneidet. <i>Bei welchen t?:</i> Die t-Werte werden in der Dritten Zeile von STYP -227 erwartet. <i>Was wird geplottet?:</i> Für die in STYP -107 definierten Variablen werden 100 t-äquidistante (t, physikalische Distanz d)-Punkte zwischen $t=4$ Mrd. Jahre nach dem Urknall und dem t des Ereignishorizonts geplottet.	

Die folgenden Seiten sind ein Ausschnitt aus der (nicht veröffentlichten) vorläufigen Programmbeschreibung Version 3.22.

5.2 Variablen-Klassifikation

Basisvariablen für alle Berechnungen sind der Skalenfaktor a und die Zeit nach dem Urknall t . Der Skalenfaktor a ist durch $a=1$ für $t=HEUTE$ normiert. Die Zusammenhänge zwischen beiden Größen sind in [1], Kap. 4, genauer erläutert. Jede der beiden Variablen kann jeweils als Funktion der anderen betrachtet werden. Kap. 5.14 ist dabei noch besonders zu berücksichtigen.

Durch WELTTABELLEN-Steuerdateien umschriebene kosmologische Größen beziehen sich im Allgemeinen auf zwei Grundlagen: den Parametersatz und den Lichtkegelscheitel. Kosmologische Variablen können von beiden Elementen abhängig sein. Aufgaben 1 und 2 legen neben dem Parametersatz zusätzlich genau einen Lichtkegelscheitel fest, Aufgabe 3 behandelt den Schnittpunkt der Weltlinien von Galaxien und Lichtkegeln verschiedener Scheitel.

Die Rotverschiebung z als zusätzliche Basisvariable hängt vom Lichtkegelscheitel a_s ab. Für z und a gilt die Beziehung $z+1 = a_s / a$. Der Lichtkegel mit dem Scheitel $a_s = 1$ wird als Standard-Lichtkegel des in der Steuerdatei behandelten Parametersatzes bezeichnet, der Scheitel selbst als Standardscheitel. Die dem Standardscheitel $a_s = 1$ zugeordnete Rotverschiebung wird im Allgemeinen mit z^* markiert. Es gilt die Beziehung $z^* + 1 = 1 / a$.

Auch die Ableitungen der Basisvariablen (z.B. a als Funktion von t) wollen wir der Kategorie der Basisvariablen zuordnen.

Alle anderen Variablen, die Ergebnisse kosmologischer Funktionen, wollen wir als von den Basisvariablen abhängige Variablen betrachten. Eine Vielzahl dieser Variablen ist von Lichtkegel-Scheiteln unabhängig.

Da ein erheblicher Teil der Variablen nur in Aufgabe 1 durch eine Abspeicherung in die Plotter-Datendatei abrufbar ist, sollen die dort verwendete Variablennummer und der dort verwendete Name speziell gekennzeichnet werden.

Scheitelunabhängige Variablen

Nummer: Abkürzung in Plotter-Datendatei	Bezeichnung der Variablen
5: H	Hubble-Parameter
6: HR	Hubblesphäre (häufig nur durch deren Radius, dem Hubbleradius, umschrieben)
7: EH	Ereignishorizont
9: PH	Partikelhorizont
13: q	Abbremsparameter
19: rho_R	Strahlungsdichte (inkl. Neutrinos)
20: rho_M-	Materiedichte
21: rho_Ld (Lambda)	Dichte Dunkle Energie (konstant)
22: rho_CR	Kritische Dichte
34: volPH	Volumen des Beobachtbaren Universums
37: LMBDA	Kosmologische Konstante
45: rho_b	Dichte baryonischer Materie
46: rho_c	Dichte dunkler Materie
47: rho_gamma	Photonendichte
48: rho_ny	Neutrino-Dichte

Unabhängig von Lichtkegel-Scheiteln sind auch von diesen Variablen abgeleitete Größen wie die Abstände vom Beobachter, die Rezessionsgeschwindigkeiten von Hubblesphäre, Ereignishorizont oder Partikelhorizont, die Rezessionsgeschwindigkeiten von mitbewegten Objekten und auf den

Beobachter gerichteten (im Falle des Partikelhorizonts vom Ort des Beobachters emittierten) Photonen auf diesen Oberflächen und, soweit noch nicht als Rezessionsgeschwindigkeit interpretiert, die Ableitungen verschiedener genannter Größen. Das Volumen des Beobachtbaren Universums ist eine dem Partikelhorizont zuordbare Größe.

Auf den ersten Blick scheint die Anzahl der einem Lichtkegelscheitel zuordbaren abhängigen Variablen im Vergleich zum zuvor genannten Typus gering zu sein. Zu beachten ist allerdings, dass es jeweils nur eine Hubblesphäre, einen Ereignishorizont und einen Partikelhorizont gibt, dass aber zu jedem Lichtkegelscheitel a_S (oder der zugeordneten Scheitelzeit T) ein Lichtkegel betrachtet werden muss.

Scheitelabhängige Variablen

Nummer: Abkürzung in Plotter-Datendatei	Bezeichnung der Variablen
8: LK	Lichtkegel
17: LeuKD	Leuchtkraftdistanz
23: volLK	Volumen der Kugel über einer Lichtkegeldistanz

Abhängige Größen wie die Abstände vom Beobachter, die Rezessionsgeschwindigkeit von mitbewegten Objekten oder von auf den Beobachter gerichteten Photonen auf dem Lichtkegelmantel und, soweit noch nicht als Rezessionsgeschwindigkeit interpretiert, die Ableitungen verschiedener Größen. Viele Lehrbücher oder Kosmologie-Rechner behandeln nur einen Lichtkegel, nämlich jenen mit dem Scheitel bei $t=HEUTE$ oder $a=1$. In diesen Lehrbüchern oder Rechnern wird diese Unterscheidung zwischen scheitelunabhängigen und scheitelabhängigen Variablen nicht vorgenommen.

Scheitel-Variablen

Nummer: Abkürzung in Plotter-Datendatei	Bezeichnung der Variablen
58: tpCMB	CMB-Temperatur
59: zzCMB	Rotverschiebung CMB als vom Lichtkegelscheitel abhängige Variable
60: dCMB	<u>Physikalischer Abstand des Beobachters zu den lichtemittierenden mitbewegten Objekten zum Zeitpunkt CMB</u> der im Scheitel sichtbaren kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung
18: PHu-a (physikalisch, Wandelvariable 22=ZCMB)	<u>Physikalischer Abstand des Beobachters zu den lichtemittierenden mitbewegten Objekten zum Scheitelzeitpunkt</u> der im Scheitel sichtbaren kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung

Bei den Scheitel-Variablen steht der sich verändernde Scheitel selbst im Zentrum der Betrachtung. Scheitelabhängige Variablen sind Werte kosmologischer Funktionen, bei denen die Basisvariablen genau einem Scheitel (bei den Aufgaben 1 und 2 dem in der rufenden Steuerdatei vereinbarten Scheitel) zugeordnet sind (Beispiel: physikalischer Abstand zum Beobachter zum Zeitpunkt t , $t=CMB$ ist nur einer der betrachteten Zeitpunkte, die Scheitelzeit T oder der Scheitel beim Skalenfaktor a_S ist für alle betrachteten a oder t gleich. Bei den Scheitelvariablen, die nur durch Ausgabe in die Plotter-Datendatei abgerufen werden können, wird diese Logik umgekehrt. Festgehalten wird allein der Zeitpunkt t_{CMB} oder der entsprechende Skalenfaktor a_{CMB} , beweglich ist der Scheitel des Lichtkegels in a und t .

Es ist zu beachten, dass bei der Ausgabe in die Plotter-Datendatei beide Logiken zugleich angewandt werden können. Eine Scheitelvariable verhält sich prinzipiell wie eine scheitelunabhängige Variable. Wie wir bei der Variablen PHu-a sehen können, ist der Übergang zwischen beiden Variablentypen manchmal fließend und hängt bisweilen von der Betrachtungsweise des gerade ins Visier genommenen Problems ab.

5.3 Zusatzerläuterungen zu besonderen Steuertypen

5.3.1 Steuertypen für die Plotter-Datendatei

Steuertyp -106, Name und Ausgabeort der Plotter-Datendatei

-106 Dichten	-106 &&&	-106 nicht vorhanden
Plotter-Datendatei mit Name Dichten.txt in \\WZEICHNUNGEN <i>Kap. 4.2: Itdichtant2</i>	Plotter-Datendatei mit dem Namen des Steuerkennzeichens in \\WZEICHNUNGEN <i>Kap. 4.2: ItVOLkm</i>	Plotter-Datendatei _PLOT im Ausgabeverzeichnis <i>Standardverhalten</i>

Steuertyp -107, Ausgabe in die Plotter-Datendatei (Beispiel)

-107 7,4,3 1,2,3,7,8,9,14 ,# X (A1,D21.14,30(A1,D21.14)) (A1,15X,A6,30(A1,15X,A6))	ANZPLOT, PKOPFTYP, PZEILANZ Auszugebende Variablen Trenner und Kommentarzeichen Format für Ausgabewerte Format für Kopfzeilen
---	---

ANZPLOT: Anzahl auszugebender Variablen in die Plotter-Datendatei. Das ist die Anzahl der Nummern in der Folgezeile. Die Nummern sind in Kap. 5.1, -107 erläutert.

PKOPFTYP – welche zusätzlichen Zeilen werden neben den durch ein Plotterprogramm zu interpretierenden Daten in die Plotter-Datendatei ausgegeben? Wer nicht für ein konkretes Plotterprogramm eine 1-3 (siehe Kap. 5.1, -107) benötigt, sollte (insbesondere für eine wiedereinlesbare Datei ohne Plotterabsicht) eine 4 wählen, für ein Programm zur NEUHEUTE-Methodik eine 5. PKOPFTYP=4 informiert zusätzlich über die Bedeutung von Variablen, die in Kopfzeilen auftreten. PKOPFTYP=5 bewirkt noch zusätzlich die Ausgabe der Informationen der primären Ausgabezeile in detaillierterem Format. Wird die NEUHEUTE-Methodik verwendet, sind H_0 und Ω_M keine wenigziffrigen Größen mehr.

PZEILANZ: Die beiden ersten Zeilen hinter der -107-Zeile sind obligat. PZEILANZ umschreibt mit 0, 1 oder 3 die Anzahl der Zeilen, die zusätzlich zu den -107-Folgezeilen gehören. Ist die Trenner/Kommentarzeichen-Zeile bzw. sind die beiden Formatzeilen nicht besetzt, gelten folgende Voreinstellungen:

```
,# X
(A1,D18.8,30(A1,D18.8))
(A1,12X,A6,30(A1,12X,A6))
```

Für ein Programm, das Zeilen der Plotter-Datendatei wiedereinliest, wird die Plotter-Datendatei mit Hilfe der **3. Folgezeile** so aufbereitet, dass die Daten für dieses Programm in einfacher Form interpretierbar sind. Die Zeile enthält, sofern vorhanden, 4 Zeichen, die jeweils umschreiben, wie die Ausgabedatei aufgebaut ist. Der Trenner trennt Werte in substantiellen Ausgabezeilen und Variablennamen in der Variablennamenkopfzeile. Die weiteren Zeichen umschreiben, was in die erste Spalte der Ausgabezeilen geschrieben wird: das allgemeine Kommentarzeichen, das Kommentarzeichen für die Variablennamenkopfzeile und das Leerzeilenzeichen. Alle Zeilen der Plotter-Datendatei (mit Ausnahme der substantiellen Ausgabezeilen) enthalten in der ersten Spalte ein Kommentarzeichen, das dem lesenden Programm nach dessen Konvention ermöglicht, diese Zeilen zu überlesen. Das Leerzeilenzeichen leitet Leerzeilen ein, die für das Auge des lesenden Benutzers (und nicht für eine Applikation) bestimmt sind. Sonderfälle: Ist das Leerzeilenzeichen ein X, so beginnt die Leerzeile mit einem Leerzeichen. (Eine Leerzeile besteht immer aus 2 Zeichen, das zweite ist ein Leerzeichen.) Ist

das Leerzeilenzeichen ein Z, so wird die Leerzeile nicht ausgegeben. Wenn die 3. Folgezeile fehlt, ist #<Leerzeichen>X (Komma, Numeralsymbol, Leerzeichen, X) voreingestellt.

Sollten durch das lesende Programm keine anderslautenden Anforderungen gelten, kann man die Trenner/Kommentarzeichen-Zeile nach obigem Vorbild vorgeben. Die Ergebnisse von Trenner- und Kommentarzeichenregeln können der Ausgabe verschiedener Plotter-Datendateien in Anhang 2 (Kap. 9) entnommen werden.

Ausgegeben werden im obigen Beispiel Werte mit 14 zählenden Ziffern hinter dem Komma, freigehalten werden 21 Stellen. Das Kopfzeilenformat muss angepasst werden, 15X (Leerstellen) und A6 für den 6-stelligen Variablenamen entspricht 21 Stellen.

Es werden von WELTTABELLEN nur doppeltgenaue Variablen ausgegeben. D18.8 (oder E18.8) heißt Ausgabe mit Exponent, 18 Zeichen für die Ausgabe der Variablen mit 8 Nachkommastellen. Dabei müssen 4 Stellen für den Exponenten vorgesehen werden und ein Zeichen für das Komma (in Wirklichkeit ein Punkt) zwischen Vor- und Nachkommastellen, zusätzlich muss eine Stelle für ein eventuelles Minuszeichen freigehalten werden. F18.8 würde für eine Ausgabe ohne Exponent stehen. G18.8 gibt wie F18.8 aus, wenn kein Exponent nötig ist, mit Exponent, wenn erforderlich.

E18.8 und D18.8 geben Zahlen immer in der Form mit einer Vorkommastelle NULL aus. Man kann die Ausgabe in der Form nPD18.8 um n Vorkommastellen verschieben, z.B. wird bei 1PD18.8 mit einer von NULL verschiedenen Vorkommastelle ausgegeben. Das nP kann auch vor G stehen, wirkt sich dort aber nur dann aus, wenn über G ein Wert mit Exponent ausgegeben wird.

12X steht für 12 Leerzeichen. Ändert man die Anzahl der Stellen von Variablen, z.B. D20.10, so muss die Anzahl der Leerzeichen im zweiten Format angepasst werden, im D20.10-Beispiel also 14X. Vergrößert man die Stellenzahl, so muss man vorsorgen, die maximale Zeichenzahl pro Zeile (bei Notepad 167 Zeichen, wenn keine Steuerzeichen enthalten sind, siehe Kap. 5.12) nicht zu überschreiten.

Die 30 vor der Klammer besagt, dass das geklammerte Format dahinter 30-mal ausgegeben wird (solange Werte ausgegeben werden). Die etwas komplizierte Format-Struktur wurde aus dem alleinigen Grund gewählt, damit dem letzten Ausgabewert kein Trenner folgt.

Plotten in Aufgabe 3

Für das Plotten in Aufgabe 3 siehe Kap. 4.2: 3-3-4_plot. Die detaillierte Inline-Beschreibung dieser Steuerdatei enthält alle erforderlichen Informationen für das Plotten in Aufgabe 3. Weitere Steuerdateien sind in Kap. 5.1, -227 erwähnt.

5.3.2 Steuertypen zur Definition und Bewegungsbeobachtung von Galaxien

Kurzfassung für STYP -224 (Definition der Weltlinie einer Galaxie)

Mittels Steuertyp -224 wird die Weltlinie einer Galaxie umschrieben. Die Galaxie wird durch ihren mitbewegten Abstand vom Beobachter auf der positiven radialen Koordinatenachse definiert.

Dieser mitbewegte Abstand kann durch STYP -224 flexibel formuliert werden. An STYP -227 oder auf Wunsch auch an Aufgabe 1 wird aber immer nur der mitbewegte Abstand übergeben. Die Art und Weise der Definition der Galaxie in STYP -224 ist außerhalb von STYP -224 irrelevant. Dies sei erwähnt, da dem Benutzer eventuell die Eingabevarianten bei der Definition der Galaxie und die Eingabevarianten an jenen Stellen, an denen die Galaxie abgerufen wird, inkonsistent erscheinen.

Die Galaxie wird durch ein Tripel definiert. D ist dabei der mitbewegte, d der physikalische Abstand vom Beobachter auf der positiven radialen Koordinatenachse. Der Skalenfaktor apexa und die Zeit apexd in Mrd. Jahren nach dem Urknall umschreiben jeweils den Scheitel eines Lichtkegels. z ist eine

Rotverschiebung zum Scheitel apexa oder apext, z^* die Rotverschiebung zum Scheitel $a=1$ bzw. $t=HEUTE$. Die jeweils erste Komponente dieser Tripel wird auch als **EIGENART** bezeichnet.

-1,a,d	d ist der physikalische Abstand beim Skalenfaktor a. (-1,1,d) ist identisch mit (-1,-9,d), (-3,-9,d) und (-3,-14,d).
-1,-9,d	d ist bereits der mitbewegte Abstand D vom Beobachter.
-2,apexa,z	D ist unter der Rotverschiebung z der berechnete mitbewegte Abstand vom Beobachter auf dem Lichtkegel mit dem Scheitelpunkt apexa. Im Normalfall ist apexa=1. Achtung: $z(\text{apexa})=0$, auch wenn apexa von 1 verschieden ist.
-202,apexa, z^*	wie -2, nur $z^*=z^*(a=1)$ anstelle $z(\text{apexa})$. a und t werden via Scheitel bei $a=1$ errechnet, anschließend wird z zu apexa bereitgestellt, und D wird berechnet.
-22,apext,z	wie Fall -2, allerdings ist apext nun in t vorzugeben. apext=-14 für HEUTE ist möglich. Achtung: $z(\text{apext})=0$, auch wenn apext von HEUTE verschieden ist.
-222,apext, z^*	wie -22, nur $z^*=z^*(HEUTE)$ anstelle $z(\text{apext})$. a und t werden via Scheitel bei $t=HEUTE$ errechnet, anschließend wird z zu apext bereitgestellt.
-3,t,d	d ist der physikalische Abstand zum Zeitpunkt t. (-3,-9,d) ist identisch mit (-1,-9,d) und (-3,-14,d).
-4,apexa,a	D ist der berechnete mitbewegte Abstand beim Skalenfaktor a einer Galaxie auf dem Lichtkegel mit a-Scheitelpunkt apexa.
-5,apext,t	D ist der berechnete mitbewegte Abstand zur Zeit t einer Galaxie auf dem Lichtkegel mit t-Scheitelpunkt apext.

In Kap. 5.1, -224 ist eine Reihe zusätzlicher Informationen zu diesen Tripeln vorhanden. Ist apexa von 1 bzw. apext von HEUTE verschieden, so wird bei den Eigenarten -202 und -222 durch z^* auf jenes a oder t auf dem Lichtkegel mit Scheitel mit $a=1$ bzw. $t=HEUTE$ verwiesen, das man nur über z^* kennt und das nicht in einer Zwischenrechnung extra berechnet werden muss. z^* selbst hat als Rotverschiebung für den Lichtkegel mit einem Scheitel bei $a \neq 1$ bzw. $t \neq HEUTE$ keinerlei Bedeutung.

Der Abstand zum Beobachter einer so definierten Galaxie kann in Aufgabe 1 als Variable 14 in die Plotter-Datendatei ausgegeben werden. Wird die Aufgabe 1-Variante 111 gewählt, so werden zusätzlich die Schnittpunkte der Galaxie mit der Hubblesphäre berechnet.

Letzteres geschieht ebenfalls in Aufgabe 3. Das Haupteinsatzgebiet der Galaxie ist jedoch in Aufgabe 3 die Ermittlung von Schnittpunkten der mittels STYP -224 definierten Galaxie mit den mittels STYP -227 definierten Lichtkegeln.

Kurzfassung für STYP -227 (Bewegungsbeobachtung von Galaxien)

Steuertyp -227 (Beispiel AUFGABE3EINGABEMODUS 3)

-227	Erste Zeile AUFGABE3EINGABEMODUS 3, Anzahl Zeitpunkte Zeitpunkte
-9,-9,-9	
3,12	
4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,-14,15	

STYP -227 ist von bestechender Einfachheit, wenn man für die Erste Zeile die obigen Voreinstellungen verwendet. Über andere Ausprägungen der Ersten Zeile kann man sich in Kap. 5.1, -227 informieren. Insbesondere sei erwähnt, dass sich der erste dieser Parameter mit dem Plotten von Ergebnissen befasst. Der eingerahmte letzte Satz von Kap. 5.3.1 liefert weitere Informationen.

Der AUFGABE3EINGABEMODUS 3 in der Zweiten Zeile (nach der -227-Zeile) bestimmt, dass in der Dritten Zeile t-Werte in Mrd. Jahren nach dem Urknall aufgeführt sind. Der Folgewert ist deren Anzahl.

Mit der Zweiten und Dritten Zeile wird für jedes genannte t der Dritten Zeile die folgende Frage beantwortet: *Welchen Scheitel in t hat der Lichtkegel, den die Galaxie beim t-Wert der Dritten Zeile schneidet?*

Ist der AUFGABE3EINGABEMODUS eine 1, so werden in der Dritten Zeile a-Werte (Skalenfaktoren) aufgeführt. Es wird die analoge Frage beantwortet: *Welchen Scheitel in a hat der Lichtkegel, den die Galaxie beim a-Wert der Dritten Zeile schneidet?*

Es gibt noch zwei weitere Eingabemodi 4 und 5, die die jeweilige Frage umkehren.

Ist der AUFGABE3EINGABEMODUS eine 4, so werden in der Dritten Zeile a-Scheitelpunkte erwartet, beim AUFGABE3EINGABEMODUS 5 t-Scheitelpunkte. Es wird nun die Frage beantwortet: *Bei welchem a (bzw. t) schneidet die Galaxie den jeweiligen Lichtkegel mit dem vorgegebenen Scheitelpunkt?*

Mit dieser Kurzfassung sollte es möglich sein, sich – wenn nötig – in weitere Details des in Kap. 5.1 beschriebenen Steuertyps -227 einzuarbeiten.

Erwähnt werden sollte noch, dass der Name aller vorbereiteten Steuerdateien für Aufgabe 3 (siehe Kap. 4.2) den Aufbau 3-A-E.txt (z.B. 3-5-22) aufweist, wobei das A für den AUFGABE3EINGABEMODUS von STYP -227 steht, das E für den Absolutwert der EIGENART von STYP -224. Es sollte also einfach sein, für bestimmte Fragestellungen geeignete vorbereitete Steuerdateien zu finden.