

Am 23ten Mai 2022 begonnen: Unterschied " $H_0/H_0 \approx 72/68$ " Stand 04. Juni 2022

a) Der in den Fachartikeln für gegenwärtig für gültig erachtete, als "direkt" bezeichnete Wert der Hubble-Konstante " $H_0 \approx 72 \text{ [km/s] pro [Mpc]}$ " ist so gemeint, dass er identisch mit dem Wert der Steigung der Entfernungsmodul-Ersatzgerade sei, für den Fall der ermittelten Messwerte aus den SNIa-Ereignissen.

b) Es gibt aber auch noch den anders ermittelten, als "indirekt" bezeichnete Wert " $H_0 \approx 68 \text{ [km/s] pro [Mpc]}$ ", der aus Pixel-Fluktuationen der kosmischen Hintergrundstrahlung gewonnen worden ist. Diese CMB-Strahlung ist in den {FIRAS// COBE// WMAP// Planck}-Missionen mit zunehmender Präzision ermittelt worden.

Verständnis-Hinweis: Die einzelnen Fluktuationsschläge können meines Erachtens physikalisch-mathematisch als 'Vektoren' betrachtet werden.

Bei a) wurde der "direkte" " $H_0 \approx 72 \text{ [km/s] pro [Mpc]}$ "-Wert aus einem "direkt" zugeordneten Funktionsdiagramm namens 'Hubble-Diagramm' grafisch ermittelt. (Hierzu musste das Spiegelbild der 'Hubble-plot'-Grafik Fig.1 von Saul Perlmutter benutzt worden sein).

Bei b) wurde (bei der allerersten Mission) zur Ermittlung des "indirekten" Wertes " $H_0 \approx 68 \text{ [km/s] pro [Mpc]}$ " zuerst das Powerspektrum der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung-Messergebnisse gebildet, (nämlich mit dem Zweck, einen als „absoluten Mittelwert“ zu erhalten, zu welchem dann stets positive Quadrate als Abweichungen registriert werden könnten).

Die registrierten winzigen Beträge der Temperaturunterschiede, welche auch „Fluktuationen“ genannt werden, können dann beispielsweise in einer neu-zugewiesenen bunten " H_0 "-Pixelskala wie „farbkodierte Vektoren“ mit der Dimensionierung " [km/s] pro [Mpc] " behandelt werden.

Um das Ganze [um die Fluktuationen herum] bezüglich des "indirekt" ermittelten " H_0 "-Wertes besser bezüglich der physikalisch-systematischen Funktionsweise verstehen zu können, beginne ich meine Erzählung für diese "indirekte" Version bei Adam&Eva:

Zuerst werden die Fluktuationen beim Abscannen sozusagen gefiltert, indem davon lediglich ein dünner Strahlungsdurchgang von zirka " $1^\circ \text{ [Raumwinkel]}$ " durchgelassen wird.

Trifft nun der durchgelassene infrarote Strahl auf die „Haut“ des Sensors, so erzeugt er Wärme, und zwar umso mehr, je *weniger* der Strahl [von dem ursprünglich weißlichen Spektrum her] rotverschoben ist.

Und, das Maß der Rotverschiebung entspricht dem Maß der Fluchtbewegung der „Fluktuations-Wellenpakete“ jeweilig voneinander weg“.

Oder, anders formuliert: Das positiv gezählte Ausmaß der Rotverschiebung eines jeden einzelnen „Fluktuations-Partikels“ muss jener positiv-gezählten Quantität der *negativ-gewerteten* Fluchtschnelligkeit eines jeden „Fluktuations-Partikels“ entsprechen, also " $H_0 = xx \text{ [km/s] pro [Mpc]}$ ".

In den beiden quadratischen Kästen unterhalb des großen bunten Ovals [der

unten nachstehenden Grafik] würden bei den -40° schrägen Strahlen die farblich-passenden " H_x "-Werte zugeordnet sein; und der Schnittpunkt mit der -45° -Diagonale würde den dafür gültigen " H_0 "-Wert angeben.

Die Details in dem großen Oval muss man sich allerdings so vorstellen: Je tiefer rot die Pixel sind, desto höher-herausragend sind sie relativ zur Basis gelagert. Bzw. je tiefer blau die Pixel sind, desto mehr sind sie vertieft gelagert.

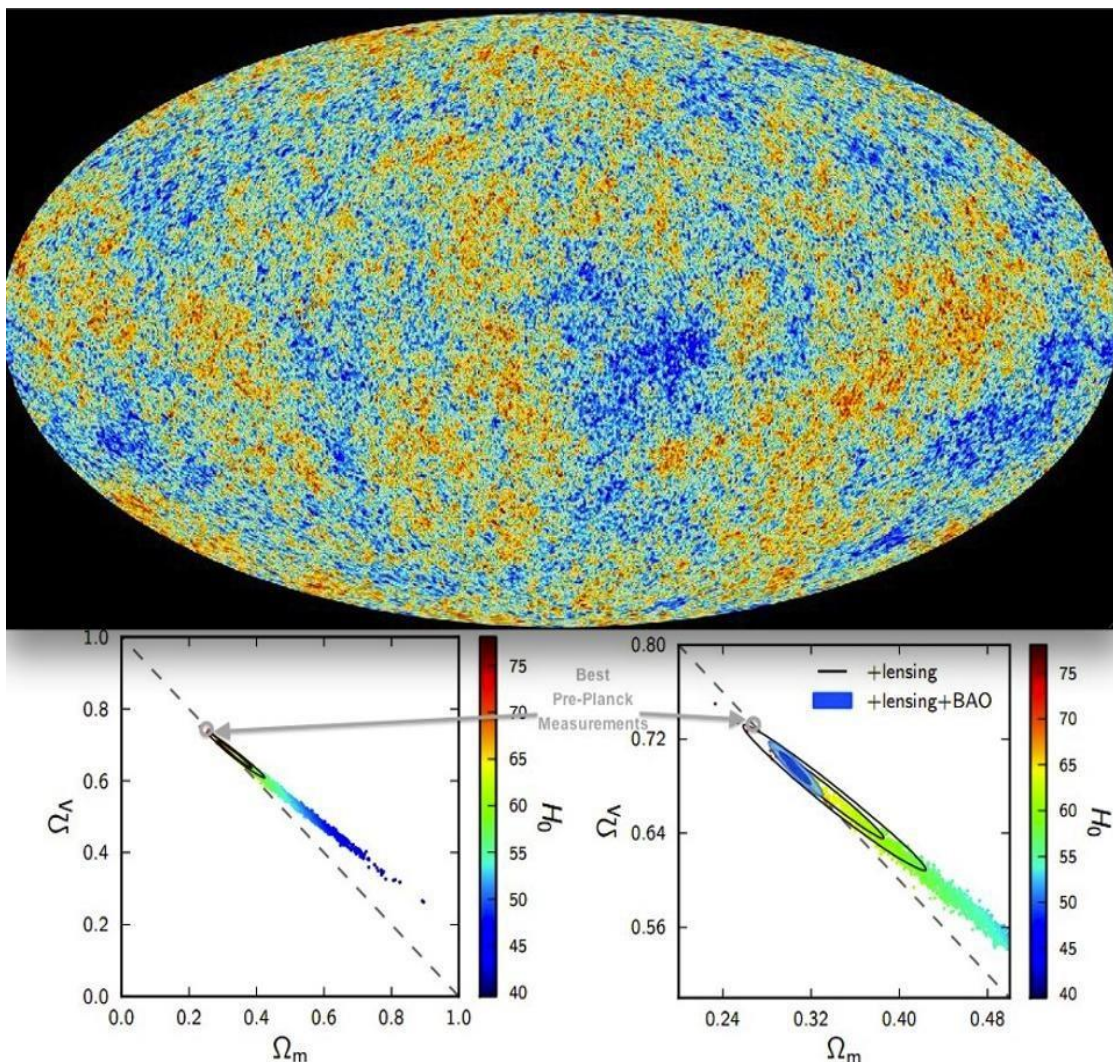
Man könnte diese Darstellung der Fluktuationen der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung auch als Darstellung der feinkörnigen „Krümmung des RAUMES“ zu Zeiten des CMB auffassen; nämlich, dass "1800000[LJ] nach dem Urknall" die Oberfläche der Urknallhülle die dargestellt bunte „Rauheit“ gehabt hat; dass aber [das Universum übers Ganze gesehen] sphärisch „flach“ war.

Der Zweck des gezeigten bunten Powerspektrums war (bei der allerersten Mess-Campagne) folgender:

_Kleine Abweichungswerte (zum statistischen Mittelwert gemeint) haben stets niedrigere Quadrierungsergebnisse.

_Große Abweichungswerte haben stets hohe Quadrierungsergebnisse.

_Und, der sich ergebende Mittelwert konnte sogar als Relationsbasis gebraucht werden.



Wegen der dazwischengeschalteten jeweiligen Quadrierungsoperation hat die Quantität eines jeden bunten Fluktuations-Partikels das b)“indirekt“ ermittelte „Powerspektrums“-Niveau.

Anders gesagt: Das „Powerspektrums“-erniedrigte Intensitätsniveau [eines jeden bunten Fluktuations-Partikels in dem bunten Oval] stimmt also *nicht mehr* mit dem Intensitätsniveau [der örtlich-momentanen Fluchtgeschwindigkeit jedes individuellen „Fluktuations-Partikels“] überein, weil ja dazwischengeschaltet ein quadratischer Mittelwert gebildet worden ist, welcher das Intensitätsniveau der „Fluktuations-Partikel“ gemindert hat.

Wiederholung: Das „Powerspektrums“-erniedrigte Intensitätsniveau [eines jeden bunten Fluktuations-Partikels in dem bunten Oval] stimmt also *nicht mehr* mit dem Intensitätsniveau [der örtlich-momentanen Fluchtgeschwindigkeit jedes individuellen „Fluktuations-Partikels“] überein, weil ja dazwischengeschaltet ein quadratischer Mittelwert gebildet worden ist, welcher das Intensitätsniveau der „Fluktuations-Partikel“ gemindert hat.

In einer Dekade von Messwerten gemeint, sozusagen in der linken Hälfte, ist der Quadrierungswert geringer als derjenige in der Mitte. Und, bei der rechten Hälfte ist der Quadrierungswert zumindest geringer als 100%, so dass die resultierende Fluktuations-Quantität in dem bunten Oval insgesamt geringer sein muss als die originale Fluchtgeschwindigkeits-Quantität!

Wieviel dieser Unterschied ausmacht, dürfte m.E. in einem mathematischen Naturgesetz geregelt sein.

Wahrscheinlich ist die “indirekt“ gemeinte Fluktuations-Quantität um den Faktor "68/72" geringer als die “direkt“ ermittelte Fluchtgeschwindigkeits-Quantität. Und falls dieses mathematisch so wäre, würde sich die nachstehende Spekulation von Adam Riess erübrigen.



Zu dem vorstehend voreiligen Logikschluss war der Nobelpreisträger für Physik 2011 Adam Riess in einer Focus-Sendung vom 12.11.2019 19:19 gelangt:

["https://praxistipps.focus.de/qualitative-und-quantitative-forschung-das-ist-der-unterschied-114935"](https://praxistipps.focus.de/qualitative-und-quantitative-forschung-das-ist-der-unterschied-114935) dort in | Praxistipps Freizeit & Hobby | Qualitative und Quantitative Forschung: Das ist der Unterschied | von Sonja Tretter | „Forschung: Hubble-Konstante mit rätselhaftem Wert“.

Adam Riess war offenbar zu jener dokumentierten Einsicht gelangt, dass die verschiedenen Herangehensweisen und Randbedingungen für die Ermittlung von " H_0 -Wert = $67,4 \pm 0,5$ [km/s]pro[Mpc]" einfach zu unüberblickbar seien; und, dass deswegen mit zwei Versionen von Naturgesetzmäßigkeiten gerechnet werden müsse: a) für "direkt" gemessenen " H_0 "-Wert für b) für "indirekt" gemessenen " H_0 "-Wert.

Adam Riess ist einer von den dreien, die damals den Nobelpreis für Physik 2011 gewonnen haben.

Aus den Messungen mit Abschluss 2011 von Adam Riess, Saul Perlmutter und Brian Schmidt, welche Messungen ja den a) "direkt" gemessenen " H_0 "-Wert " ≈ 72 [km/s]pro- [Mpc]" ergeben haben, ist der Logikschluss zu ziehen, dass sie ihre Ergebnisse nur mittels Hubble-Diagramm-Auswertungen gewonnen haben können. Das heißt, vom "indirekt" gültigen Hubble_plot, des von Saul Perlmutter musste erst das Spiegelbild genommen werden, um ein für die " H_0 "-Bestimmung "direkt" gültiges Hubble-Diagramm zu bekommen.

Die auf der vorigen Seite stehende Oval-Grafik (für "indirekt" gemessenen " H_0 "-Werte), welche ja die Verteilung der Materie *innerhalb des Erdglobus* (nicht in der „Haut“ der Erde, wäre gemeint!) aufzeigt, soll nur eine Vorstellung davon vermitteln, wie wir vom Empfangszentrum namens „Erde“ aus das „Universum“ rundum sehen könnten, wenn wir eine entsprechende Brille für die Mikrowellenhintergrundstrahlung hätten.

Hinweis1: Die Fluktuations-Quantitäten und nicht die Fluchtgeschwindigkeits-Quantitäten werden in dem bunten Oval angezeigt!

Hinweis2: Die bunten Pixel sind schon bereinigt von den starken Störungen durch die vordergründige „Milchstraße“!

Oder mit anderen Worten: Die „ovale bunte Atlaskarte“ zeigt zwar die Außenoberfläche der Urknallhülle des sich momentan in Ausdehnung begriffenen Universums an, aber das „kosmologischen Prinzip“ erzwingt, dass ein randloses, endloses, von Grobkörnigkeit befreites Universum, ohne irgendeine Begrenzung oder Umhüllung gedacht werden müsse. Die durchgängige Isotropie würde also „flache“ Oberfläche erzeugen.

Dennoch gibt es die durch die Buntheit der Pixel dargestellte „Fluktuationen“, welche sich in lokal winzigen Unterschieden der Expansionsgeschwindigkeit an den bunten Stellen der Hülle des Universums zeigen, also sich in der Rauheit der Urknallblase äußern.

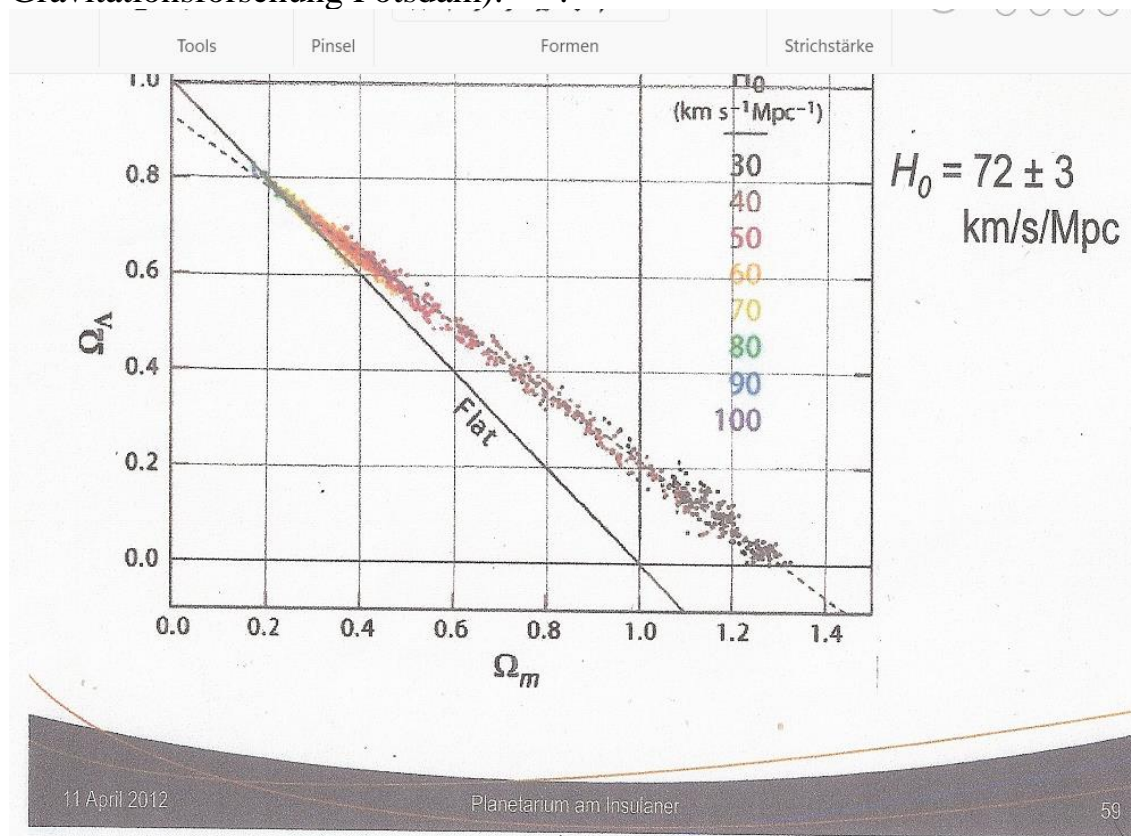
Folgendes ist dazu, und lediglich als Visualisierungsbeispiel bezüglich der bunten Grafik gemeint:

Ich schätze, dass der Unterschied von einem blauen Pixel zu einem roten Pixel bezüglich der individuellen Expansionsgeschwindigkeit der Urknallhülle, (nach außen hin gemeint), zu Zeiten des CMB nur 10% von " $H_0 \approx 70$ [km/s]pro[Mpc]" betragen hat.

Das heißt, der der Unterschied von blau nach rot die Fluchtgeschwindigkeitspanne " $\Delta H_0 = \pm 7$ [km/s]pro [Mpc]" ausgemacht haben könnte. Und, dass sich der \pm Unterschied „eingeebnet“ habe, so dass im Mittel mit " $H_0 = 68$ [km/s]pro[Mpc]" Fluchtgeschwindigkeit der Hülle nach außen gerechnet werden könne. => Siehe obig, die bunte Skala am rechten Rand der quadratischen Kästen.

Eine bessere Quantisierung von " $H_0 = xx$ [km/s]pro[Mpc]" ist mir leider nicht möglich. Und Hinweis: Die Herkunftsquelle der obigen ovalen Grafik konnte ich leider nicht mehr finden.

Die nachstehende Grafik, [welche in anderer Kolorierung als vorher das Gleiche zeigt], stammt aus dem AIP (das war das damaliges Albert-Einstein-Institut für Gravitationsforschung Potsdam).



Den Artikel schrieb damals 2012 Volker Müller. Hierzu weiß ich nicht, wie die Grafik entstanden ist und, wie der als "indirekt" gemessene bzw. bezeichnete Wert " $H_0 = 72 \pm 3$ [km/s]pro [Mpc]" zustande gekommen ist.

Aber, es ist für mich sehr aufschlussreich, dass damals von Volker Müller (und Kolleginnen), damals also die Grafiken der "indirekt" gemessenen „ H_0 “-Werte

so hin getrimmt worden sind, als ob sie "direkt" gemessenen " $H_0=72\pm 3[\text{km/s}] \text{ pro } [\text{Mpc}]$ " seien.

Bei dieser vorstehenden Grafik, die aus der Zeit 2012 stammt, schneidet der zirka -40° schräge bunte Pixel-Strahl die -45° Diagonale des quadratischen $\{\Omega_m/\Omega_\Lambda\}$ -Schaubilds und gibt am Schnittpunkt den ermittelten Wert der Hubble-Konstante " $H_0=72 \text{ ckm/s} \text{ pro } [\text{Mpc}]$ " und zudem auch die $\{\Omega_m/\Omega_\Lambda\}$ -Zusammensetzung an.

Ich kann nicht nachvollziehen, wie die Kalibrierung des Schnittpunktes in dem Λ -CDM-Konstrukt zustande gekommen ist, die hier " $H_0=72 \text{ ckm/s} \text{ pro } [\text{Mpc}]$ " anstatt der von mir erwarteten " $H_0=68[\text{km/s}] \text{ pro } [\text{Mpc}]$ " ausweist.

Aber, ich habe ich eine neue Quelle gefunden, die nachweist, dass die CMB-Rotverschiebung und die CMB-Fluchtbewegung im Zusammenhang stehen.

Die URL von dem Artikel "arXiv:1910.09881" bzw. THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 893;18 (6pp), 2020 April 10 ist folgende:

"<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab7b70>".

Darin wird folgendes Schaubild gezeigt, welches die Abklingung der Kurven der Universaltemperatur „über die Jahre“ relativ zu den " $2,725[\text{K}]$ ", die bei einer Hubble-Konstante von " $H_0 \approx 70[\text{km/s}] \text{ pro } [\text{Mpc}]$ " angesagt sind, aufzeigt. Diese Kurven sind rechnerisch zu den Auswertungen der bunten Pixelschaubilder der Mikrowellenhintergrundstrahlung relativiert.

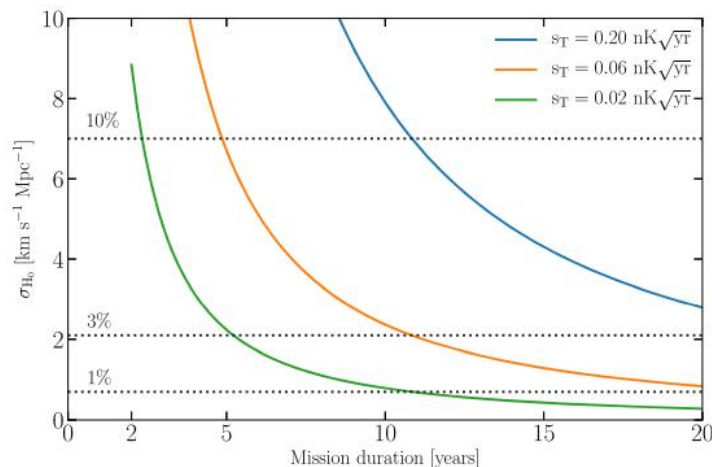


Figure 1. Hubble constant uncertainty as a function of mission duration for different effective sensitivities to T . The scaling of σ_{H_0} depends on mission duration to the $-3/2$, as the noise averages down with the square root of time and the signal increases linearly in time. An experiment with effective monopole temperature sensitivity $s_T = 0.06 \text{ nK } \sqrt{\text{yr}}$ could measure H_0 to 3% in about 11 yr (see Equation (5)).

Es gibt im aktuellen Artikel eine hier nicht gezeigte Figure 2. Bei der dortigen Figure 2 war ich zum Verlauf der (hier nicht gezeigten) grünen "Spektral-Radiance"-Kurve stutzig geworden, nämlich weil die dort durchgezogene grüne Kurve bei etwa " $103,4[\text{GHz}]$ " nach unten abtaucht und als gestrichelte grüne Kurve wieder nach oben-links auftaucht.

Mein Verdacht lautete: „Hat das Ab- und Auftauchen der Kurve etwas mit „meinem Merksatz“ zu tun: " $103,4[\text{GHz}] \text{ pro } [^\circ\text{K}]$ " ist mein neuer Rückbezug „pro $1[^\circ\text{K}]$ “.

(Einen Rest einer anderen grünen Kurve für die „uncertainty“ (Ungewissheit) befindet sich am Anfang der nach-folgenden Grafik).

Den Beginn des arXiv-Artikels bzw. des THE ASTROiPHYSICAL JOURNAL-Artikels, bringe ich nachstehend als Kopie.

Measuring the Hubble Constant from the Cooling of the CMB Monopole

Maximilian H. Abitbol¹, J. Colin Hill^{2,3,4}, and Jens Chluba⁵

Published 2020 April 8 • © 2020. The American Astronomical Society.

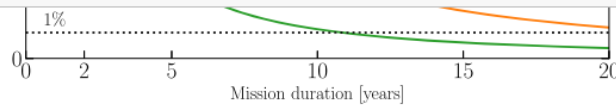


Figure 1. Hubble constant uncertainty as a function of mission duration for different effective sensitivities to T . The scaling of σ_{H_0} depends on mission duration to the $-3/2$, as the noise averages down with the square root of time and the signal increases linearly in time. An experiment with effective monopole temperature sensitivity $s_T = 0.06 \text{ nK } \sqrt{\text{yr}}$ could measure H_0 to 3% in about 11 yr (see Equation (5)).

example noise curves to produce such a measurement, including a detailed treatment of foregrounds. Studies of the time evolution of the CMB angular power spectrum and forecasts for observations have also been conducted (Lange et al. 2007; Zibin et al. 2007; Moss et al. 2008). In particular, Lange & Page (2007) found that the change in the power spectrum could in principle be detected over the course of a century.

2. Method

2.1. Hubble Cooling of T_{CMB}

The monopole temperature of the CMB, hereafter denoted $T \equiv T_{\text{CMB}}$, decreases in time with the scale factor as

$$T(t) = T_0/a(t). \quad (1)$$

The time derivative of T is then $\dot{T}(t) = -H(t)T(t)$. This can be evaluated to first order, taking $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} = 7.2 \times 10^{-11} \text{ yr}^{-1}$ as an example and $T_0 = 2.725 \text{ K}$,⁶

$$\dot{T}_0 = H_0 T_0 = -0.20 \text{ nK yr}^{-1}. \quad (2)$$

Therefore the temperature of the CMB decreases by 2 nK over a 10 yr period. One could thus in principle measure the real-time cooling of the CMB due to the expansion of space and from this infer the value of the Hubble constant.

2.2. Requirements to Measure H_0

The simplest method to measure the Hubble constant from the monopole temperature would amount to fitting for the slope of T as it decreases in time. The model is linear in time with a slope of $H_0 T_0$,

$$T(t) = T_0 - H_0 T_0 t. \quad (3)$$

We have in mind a future version of the COBE/FIRAS experiment, where the data can be reduced in discrete time

⁶ The forecast for σ_{H_0} depends on the true value of the current CMB temperature T_0 but the change in σ_{H_0} is small given the current sub-mK constraints on T_0 from COBE/FIRAS (Fixsen et al. 1996, 2011).

intervals to evaluate the monopole temperature of the CMB repeatedly over the mission duration. For example, the mission could take data continuously for 10 yr, potentially mapping out large portions of the sky, and the monopole CMB temperature would be inferred from these data every year. Given the expected level of cooling, we can then propagate uncertainties from $T(t)$ to H_0 and determine what sensitivity to $T(t)$ is required to measure H_0 with a given precision.

We make some simplifying assumptions that will allow us to analytically calculate the uncertainty on H_0 using an ordinary least-squares estimator. First, we assume that $T(t)$ is measured with (foreground-marginalized) uncertainty σ_T in discrete uniform time intervals with spacing Δt , such that $t = k\Delta t$, where $k = 1, 2, \dots, N$. The mission duration is thus $t_{\text{total}} = N\Delta t$ with N data points. Second, the uncertainties on $T(t)$ are time-independent, parameter-independent, and Gaussian uncorrelated.⁷ The foreground-marginalized uncertainty σ_T can then be written in terms of an effective sensitivity s_T of the experiment such that,

$$\sigma_T = \frac{s_T}{\sqrt{\Delta t}}, \quad (4)$$

where s_T is understood as the effective sensitivity to T of the experiment after data reduction and foreground marginalization. The SI units for σ_T and s_T are K and $\text{K}\sqrt{\text{s}}$, respectively. With these assumptions, we can use a linear least-squares regression to propagate the uncertainties from $T(t)$ to H_0 and solve this in the limit that $H_0 \Delta t \ll 1$ and $\sigma_{T_0} \ll T_0$,

$$\sigma_{H_0} = \frac{s_T}{T_0 t_{\text{total}}^{3/2}} \sqrt{\frac{12N^2}{N^2 - 1}} \approx \sqrt{12} \frac{s_T}{T_0 t_{\text{total}}^{3/2}}. \quad (5)$$

Figure 1 shows the uncertainty on H_0 as a function of mission duration and effective sensitivity. To minimize the uncertainty on H_0 requires minimizing s_T and maximizing t_{total} .

⁷ This is not entirely true as the CMB photon noise is one of the dominant noise sources and therefore the noise depends on T_{CMB} . However, the change in the CMB photon noise over these timescales is negligible.

The cosmic microwave background (CMB) monopole temperature evolves with the inverse of the cosmological scale factor, independent of many cosmological assumptions. With sufficient sensitivity, real-time cosmological observations could thus be used to measure the local expansion rate of the universe using the cooling of the CMB. We forecast how well a CMB spectrometer could determine the Hubble constant via this method. The primary challenge of such a mission lies in the separation of Galactic and extra-Galactic foreground signals from the CMB at extremely high precision. However, overcoming these obstacles could potentially provide an independent, highly robust method to shed light on the current low-/high- z Hubble tension. An experiment with 3000 linearly spaced bins between 5 GHz and 3 THz with a sensitivity of $1 \text{ mJy } \sqrt{\text{yr}} \text{ sr}^{-1}$ per bin, could

measure H_0 to 3% over a 10 yr mission, given current foreground complexity. This sensitivity would also enable high-precision measurements of the expected Λ CDM spectral distortions, but remains futuristic at this stage.

Die kosmische Mikrowellenhintergrund-(CMB)-Monopole-Temperatur entwickelt sich invers, (also abfallend), zum ansteigenden kosmologischen Skalenfaktor; unabhängig von sonstigen kosmologischen Annahmen. Bei genügender Sensibilität, würden daher Echtzeitbeobachtungen hergenommen werden können, um die lokale Expansionsrate des Universums zu messen, indem die Abkühlung des CMB benutzt wird. Wir machen die Vorhersage, dass ebenso genau wie das Spektrometer den CMB erfassen kann, kann über diese Methode die Hubble-Konstante bestimmt werden. Die erste Botschaft für eine solche Mission liegt in der Separation der galaktischen sowie extragalaktischen Signale vom CMB mit höchster Präzision. Trotzdem, in der Überwindung dieser Hindernisse könnte möglicherweise eine unabhängige Methode Licht schütten auf die laufende niedrig/hoch-z-Hubble-Bereich. Ein Experiment mit 3000 linearen spaced bins between 5 GHz and 3 THz with a sensitivity of $1 \text{ mJy} \sqrt{\text{yr}} \text{ sr}^{-1}$ per bin, could measure H_0 to 3% over a 10 yr mission, given current foreground complexity. This sensitivity would also enable high-precision measurements of the expected Λ CDM spectral distortions, but remains futuristic at this stage.

Aber, es gibt ja auf der oben gezeigten Seite 2 des arXiv-Artikels von 2020 bzw. den THE ASTROPHYSICAL JOURNAL-Artikel, worin für die grüne Kurve die „uncertainty“ (Ungewissheit) von " $0,02_{[n^\circ\text{K}]}$ " pro " $[\sqrt{\text{yr}}]$ " aufgezeigt wird. (Ich blicke da nicht durch; aber auf Seite 2 bei 2. Method geht es weiter.)

Was ich daran bemerkenswert finde, ist Folgendes: Sogar die winzige Änderung pro Jahr lässt sich statistisch abgesichert erfassen. Hinweis: Dieses ist natürlich nicht bis vor " $13,8_{[\text{MrdLJ}]}$ " möglich. Aber es wird von Mess-Campagnen der Dauer "pro $10_{[\text{Jahre}]}$ ", ja sogar in einem Vorschlag von einer Mess-Campagne der zukünftigen Dauer " $100_{[\text{Jahre}]}$ " gesprochen.

Die Formel (2) auf Seite 2 für differentiale Ableitung der Universaltemperatur pro Jahr lautet: " $\dot{T}_0 = -0,20_{[n^\circ\text{K}]}$ " pro " $[\text{yr}]$ ". Also soll pro Jahr eine Universalabkühlung von " $0,2 \cdot 10^{-9}_{[^\circ\text{K}]}$ " stattfinden.

Hinweise und Spekulationen: Falls dieses sich linear fortsetzen würde, könnten zweierlei Rückschlüsse daraus gezogen werden:

- i) Vor " $5_{[\text{MrdLJ}]}$ " müsste der Urknall gewesen sein.
- ii) Damals soll die im Text genannte Universaltemperatur " $5_{[\text{Mrd}^\circ\text{K}]}$ " betragen haben, falls die rechnerisch-heutige (echtZeit ermittelte) Universaltemperatur " $1_{[^\circ\text{K}]}$ " zutreffen würde.

Aus ii) könnte gefolgert werden, dass die " $10^{+32}_{[^\circ\text{K}]}$ ", welche für die Nukleosynthese notwendig wären, bei weitem nicht erreicht würden.

Falls an der Reziprozität vom Skalenfaktor " $a_{[-\text{fach}]}$ " zur Universaltemperatur " $T_{[^\circ\text{K}]}$ " festhalten würde, könnte diese Funktionalität nur „momentan-vorübergehend“ mal gegolten haben. Somit würde das Urknallmodell zu Fall kommen.

Auf der Seite 1 wird für i) der „direkt“ ermittelte " $H_0\text{-Wert} = 74,03 \pm 1,42_{[\text{km/s}]}$ " pro " $[\text{Mpc}]$ " angegeben.

Und, für ii) den „indirekt“ ermittelten wird " $H_0\text{-Wert} = 67,4 \pm 0,5_{[\text{km/s}]}$ " pro " $[\text{Mpc}]$ "

angegeben.

Man kann die Satzstellung so verstehen, dass nun der " H_0 -Wert= $74,03 \pm 1,42$ [km/s] pro [Mpc]" nachkalibriert worden sei; dass aber der " H_0 -Wert= $67,4 \pm 0,5$ [km/s] pro [Mpc]" war sowieso schon fix bestimmt war.

Das heißt dann aber für ii), dass die Formeln und Annahmen den Seiten 1 und 2 schon den für „absolut-richtig deklarierten " H_0 -Wert= $67,4 \pm 0,5$ [km/s] pro [Mpc]" enthalten haben müssen.

Nachstehend: Vielleicht schon überholte, weitere Spekulationen!

Hier in der vorstehend gezeigten Grafik sind $c_{H_0} = 72 \pm 3$ [km/s] pro [Mpc] angegeben. Aber, hallo! Hier müssten doch eigentlich für den „indirekt“ ermittelten Wert " $H_0 \approx 68$ [km/s] pro [Mpc]" herausgekommen sein!

Evtl. steckt in der quasi 100-jährlichen Veränderung der Strukturwandel von Materiewolken zum Kugelsternhaufen und von dort zur Galaxie bis hin zum Schwarzen Loch.

Nachdem der " H_0 -Wert= $67,4 \pm 0,5$ [km/s] pro [Mpc]" für die Zukunft veränderlich sein muss, hat es auch keinen Sinn, einen festen Proportionalitätsfaktor zu erfinden.

Der niedrigere Wert für " $H_0 \approx 68$ [km/s] pro [Mpc]" ergibt sich ja statistisch bei der CMB-Methode und enthält vermutlich einen Systematik-Fehler bezüglich meiner angenommenen „Einebnung“ infolge der Powerspektrum-Mittelwertbildung.

Denn für die Änderung von " $H_0 \approx 68$ [km/s] pro [Mpc]" auf " $H_0 \approx 72$ [km/s] pro [Mpc]" " $H_0 \approx 72$ [km/s] pro [Mpc]" müsste logischerweise der spätere Zeitbereich von ‘damals‘ bis ‘heute‘ zutreffend sein und bedeuten, dass sich die Expansionsrate von " $H_0 \approx 68$ [km/s] pro [Mpc]" auf " $H_0 \approx 72$ [km/s] pro [Mpc]" verschleunert habe.

Dieses schon deswegen widersinnig, weil die Strukturbildung bei den CMB-Mustern als Vorläufer für die Strukturbildung bei den Galaxien angesehen wird.

Für " $H_0 \approx 72$ [km/s] pro [Mpc]" bei a) gilt der Zeitbereich, der für die Ereignisse der gespiegelten Saul Perlmutter’schen ‘Hubble_plot‘-Grafik gelten würde (und zudem im ‘Urknall-Modell’ gemeint wäre.

Für " $H_0 \approx 72$ [km/s] pro [Mpc]" bei b) gilt der Zeitbereich der Pixelfluktuationen, die "180000 [LJ nach dem Urknall]" beendet worden sind.

Für beide Varianten a) und b) müsste genau-genommen für " $H_0 \approx x_x$ [km/s] pro [Mpc]" *der jeweilige Wert der Kurvensteigung zum betreffenden Zeitpunkt im sinusförmigen Kurvenverlauf des „Urprall-Modells“ genommen werden.*

Jetzt stelle ich mir nochmals die Frage: Welche Unterschiedlichkeiten der bei den {a) = “direkt“ oder b) = “indirekt“}-bezeichneten Auswertemethoden vorgelegen haben, und ob es sich um Systematik- oder Ungenauigkeitsfehler gehan-

delt hat.

Die Antwort lautet: Bei der Auswerte-Methode b) = "indirekt" muss sich mathematisch-zwangswise wegen der „Powerspektrum“-Mittelwertbildung ein anderer Trend ergeben als bei der a) = "direkten" Auswertemethode.

Eine andere Unterschiedlichkeit betrifft die zeitabhängige Varianz der Hubble-Konstante.

Im kosmologischen Standardmodell wird die Vermutung verfolgt, dass die Strukturierungen, welche sich bereits in den Pixelmustern der CMB-Strahlung offenbaren, die Vorläufer der heutigen Materieverteilung, also der Galaxieverteilung im Universum seien.

Es ist daher denkbar, dass dadurch eine allmähliche Veränderung der "H₀-Konstanz" bewirkt worden sein könnte, die sich in den niedrigeren b) = "indirekt"-Werten geäußert haben könnten.