

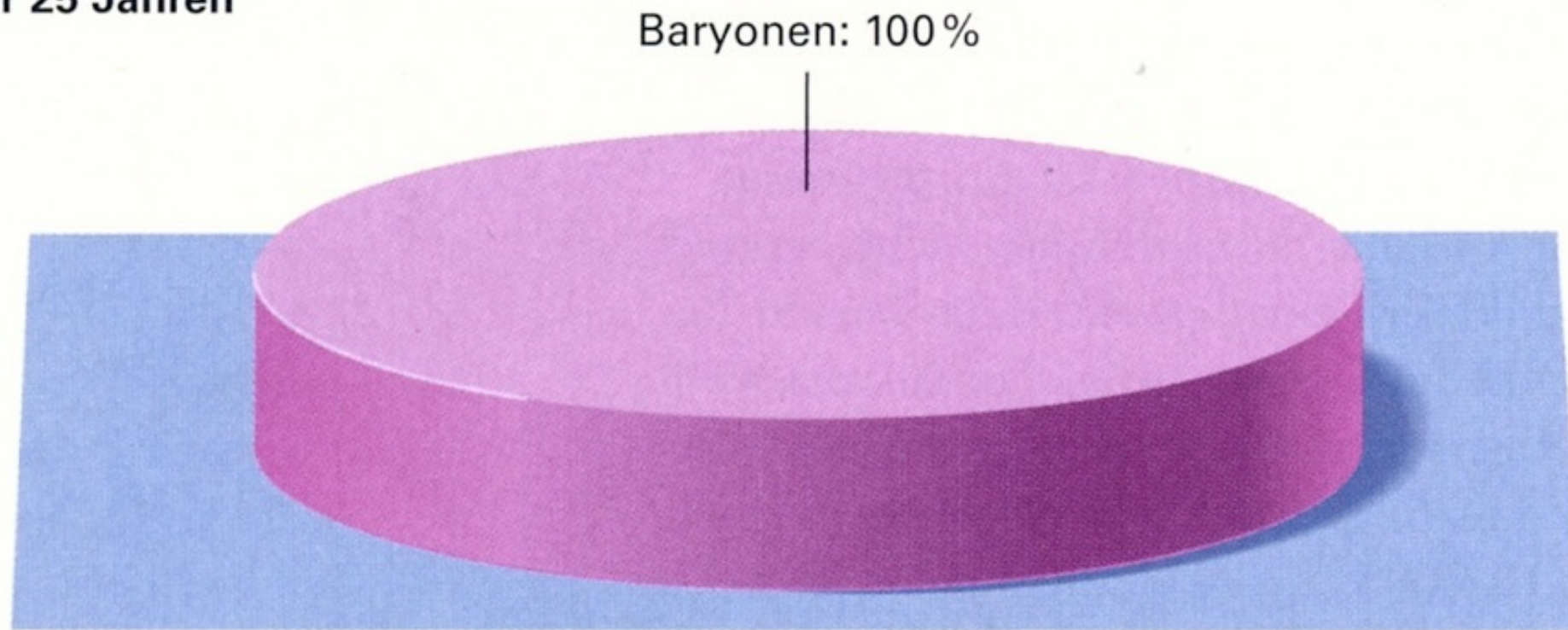


Fritz Zwicky
(1898-1974)

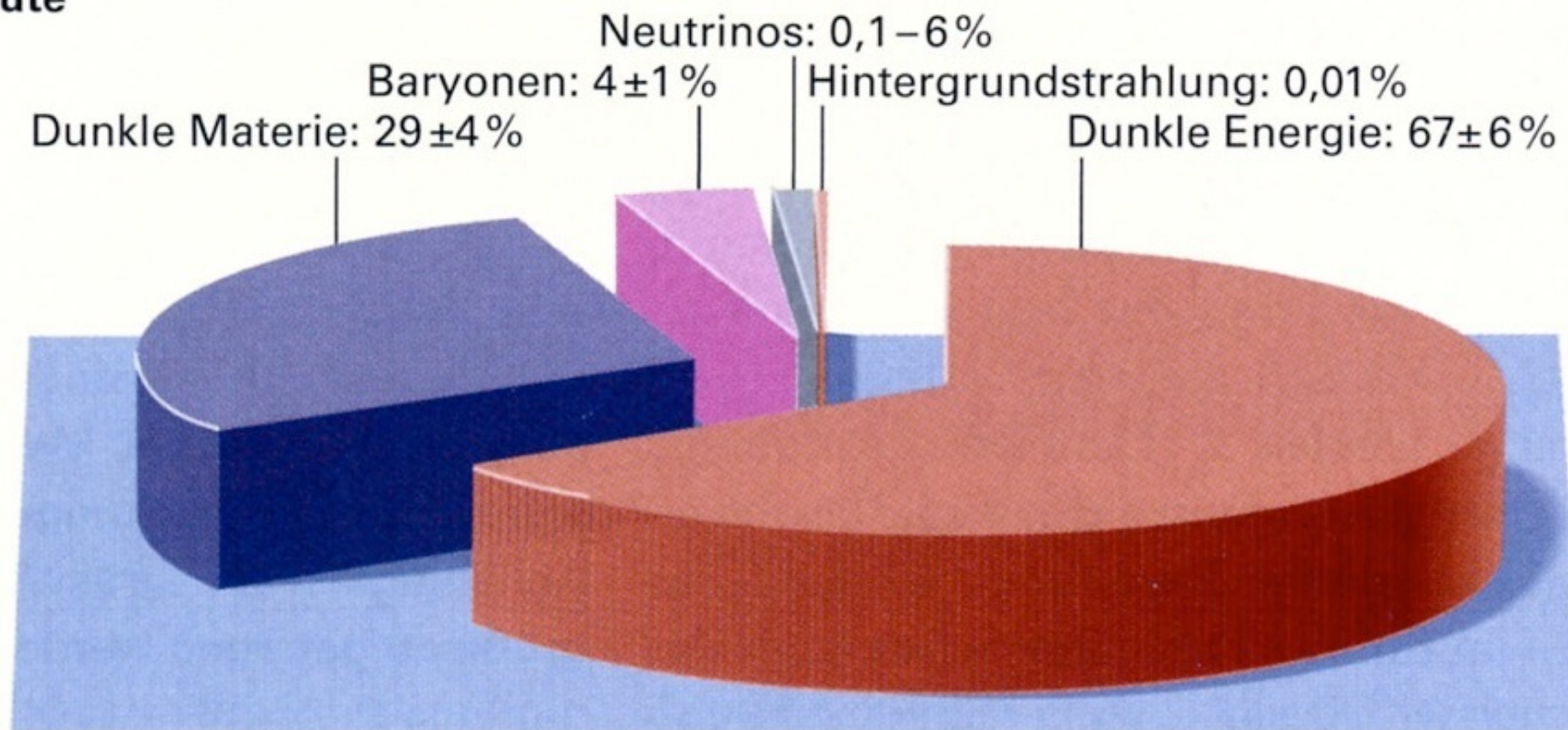
Coma-Haufen: Dunkle Materie?!

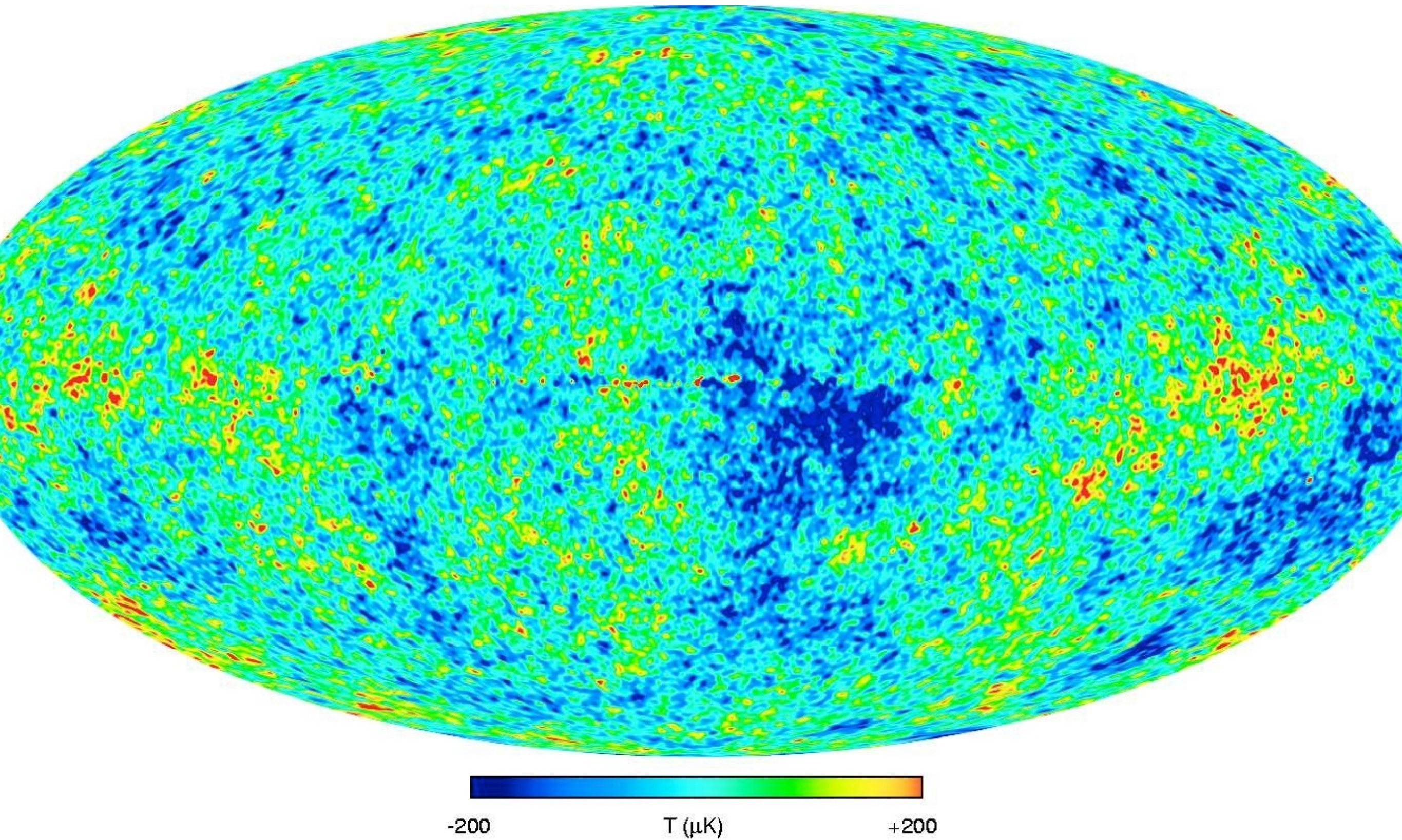


vor 25 Jahren

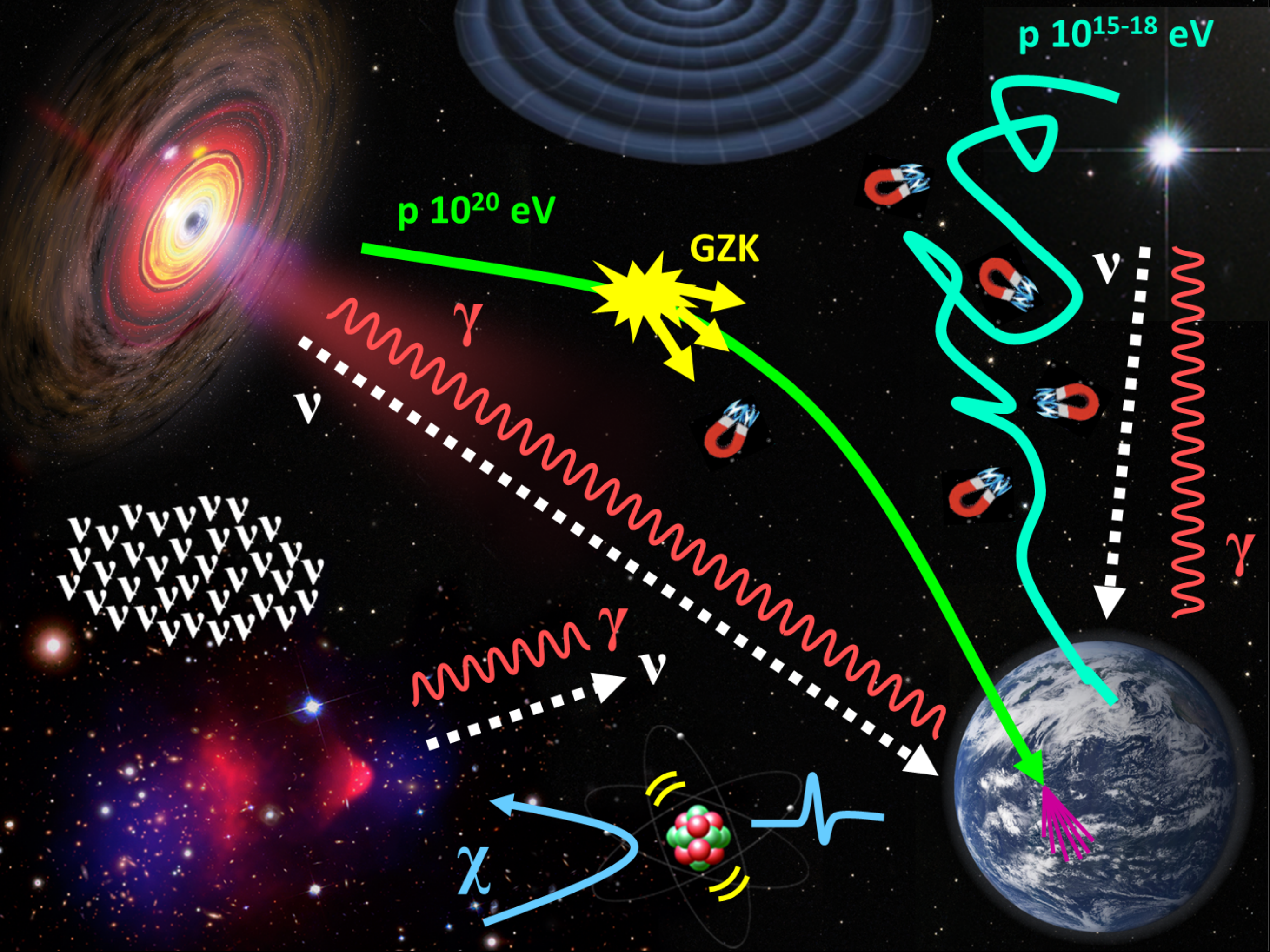


heute





WMAP: Temperaturkarte des Universums





UND WEIL SICH DAS UNIVERSUM IMMER
WEITER AUSDEHNT, BRAUCHEN WIR EBEN
EIN GRÖßERES TELESKOP !

1.2 Physikalische Größen und Einheiten

nur drei Basisgrößen: Länge, Zeit, Masse

Tabelle 1.4

Metrische Vorsilben

Vorsilbe	Abkürzung	Wert
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2
deka	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Tabelle 1.5

Basisgrößen

Größe	Einheit	Abkürzung der Einheit
Länge	Meter	m
Zeit	Sekunde	s
Masse	Kilogramm	kg
Elektrischer Strom	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Größe	Name der SI-Einheit (Basiseinheit bzw. abgeleitete Einheit)	Symbol, Zusammenhang mit Basiseinheiten
Länge	Meter	m
Zeit	Sekunde	s
Masse	Kilogramm	kg
Fläche	Quadratmeter	m ²
Volumen	Kubikmeter	m ³
Frequenz	Hertz	Hz = s ⁻¹
Geschwindigkeit	Meter/Sekunde	m s ⁻¹
Beschleunigung	Meter/Quadratsekunde	m s ⁻²
Kraft	Newton	N = kg m s ⁻²
Druck	Pascal	Pa = N m ⁻² = kg m ⁻¹ s ⁻²
Arbeit, Energie, Wärmemenge	Joule	J = Nm = kg m ² s ⁻²
Leistung	Watt	W = J s ⁻¹ = kg m ² s ⁻³
Dichte	Kilogramm/Kubikmeter	kg m ⁻³
Temperatur	Kelvin	K
Stromstärke	Ampere	A
Ladung	Coulomb	C = A s
Stromdichte	Ampere/Quadratmeter	A m ⁻²
Spannung	Volt	V = J C ⁻¹ = kg m ² s ⁻³ A ⁻¹
Widerstand	Ohm	Ω = V A ⁻¹ = kg m ² s ⁻³ A ⁻²
Kapazität	Farad	F = C V ⁻¹ = kg ⁻¹ m ⁻² s ⁴ A ²
elektrische Feldstärke	Volt/Meter	V m ⁻¹ = kg m s ⁻³ A ⁻¹
magnetische Feldstärke	Ampere/Meter	A m ⁻¹
magnetische Induktion	Tesla	T = V s m ⁻² = kg s ⁻² A ⁻¹
Induktivität	Henry	H = V s A ⁻¹ = kg m ² s ⁻² A ⁻²
Lichtstärke	Candela	cd
Energiedosis	Gray	Gy = J kg ⁻¹ = m ² s ⁻²
Aktivität	Becquerel	Bq = s ⁻¹
Stoffmenge	Mol	mol

Tripelpunkt von Wasser: Druck P ./.. Temperatur T

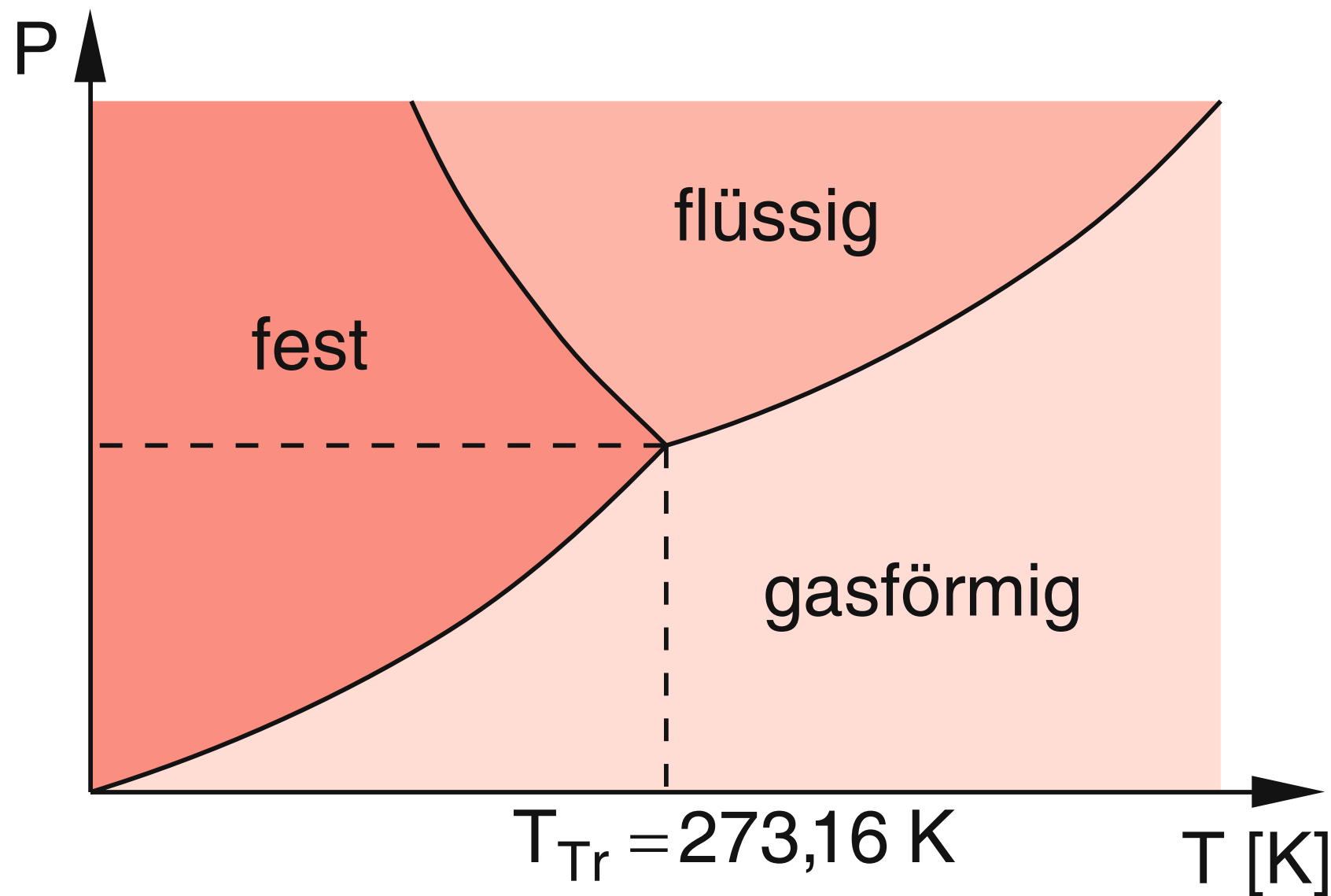


Abb. 1.27. Phasendiagramm und Tripelpunkt des Wassers

Temperaturen

Gleichgewichtszustand	T/K	$t_c/^\circ\text{C}$
Dampfdruck des Heliums	3 bis 5	–270,15 bis –268,15
Tripelpunkt des Wasserstoffs	13,8033	–259,3467
Dampfdruck (32,9 kPa) des Wasserstoffs	$\approx$ 17	–256,15
Dampfdruck (102,2 kPa) des Wasserstoffs	20,3	–252,85
Tripelpunkt des Neons	24,5561	–248,5939
Tripelpunkt des Sauerstoffs	54,3584	–218,7916
Tripelpunkt des Argons	83,8058	–189,3442
Tripelpunkt des Quecksilbers	234,3156	–38,8344
Tripelpunkt des Wassers	273,16	0,01
Schmelzpunkt des Galliums	302,9146	29,7646
Erstarrungspunkt des Indiums	429,7485	156,5985
Erstarrungspunkt des Zinns	505,078	231,928
Erstarrungspunkt des Zinks	692,677	419,527
Erstarrungspunkt des Aluminiums	933,473	660,323
Erstarrungspunkt des Silbers	1234,93	961,78
Erstarrungspunkt des Goldes	1337,33	1064,18
Erstarrungspunkt des Kupfers	1357,77	1084,62

Raumwinkel

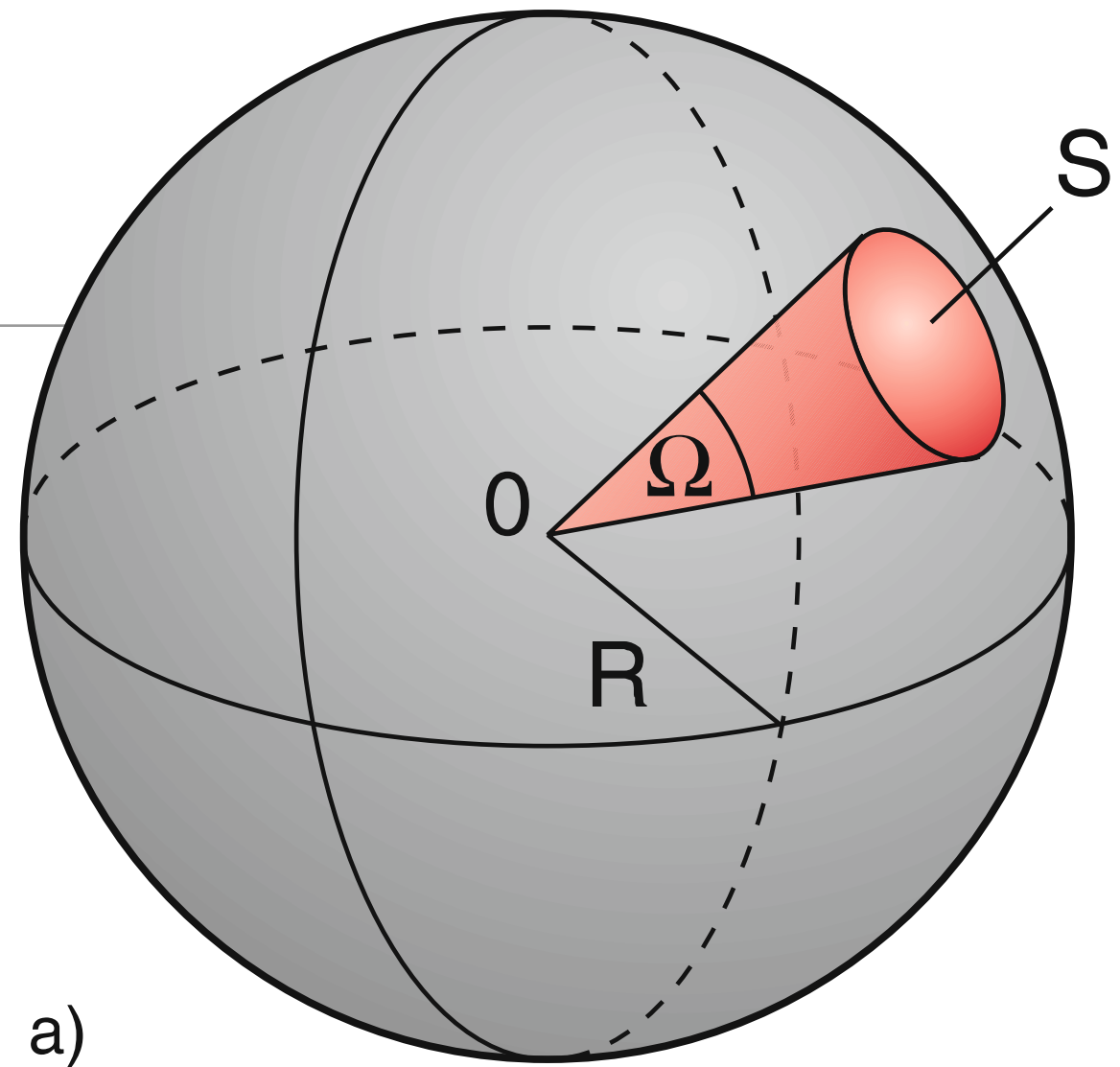
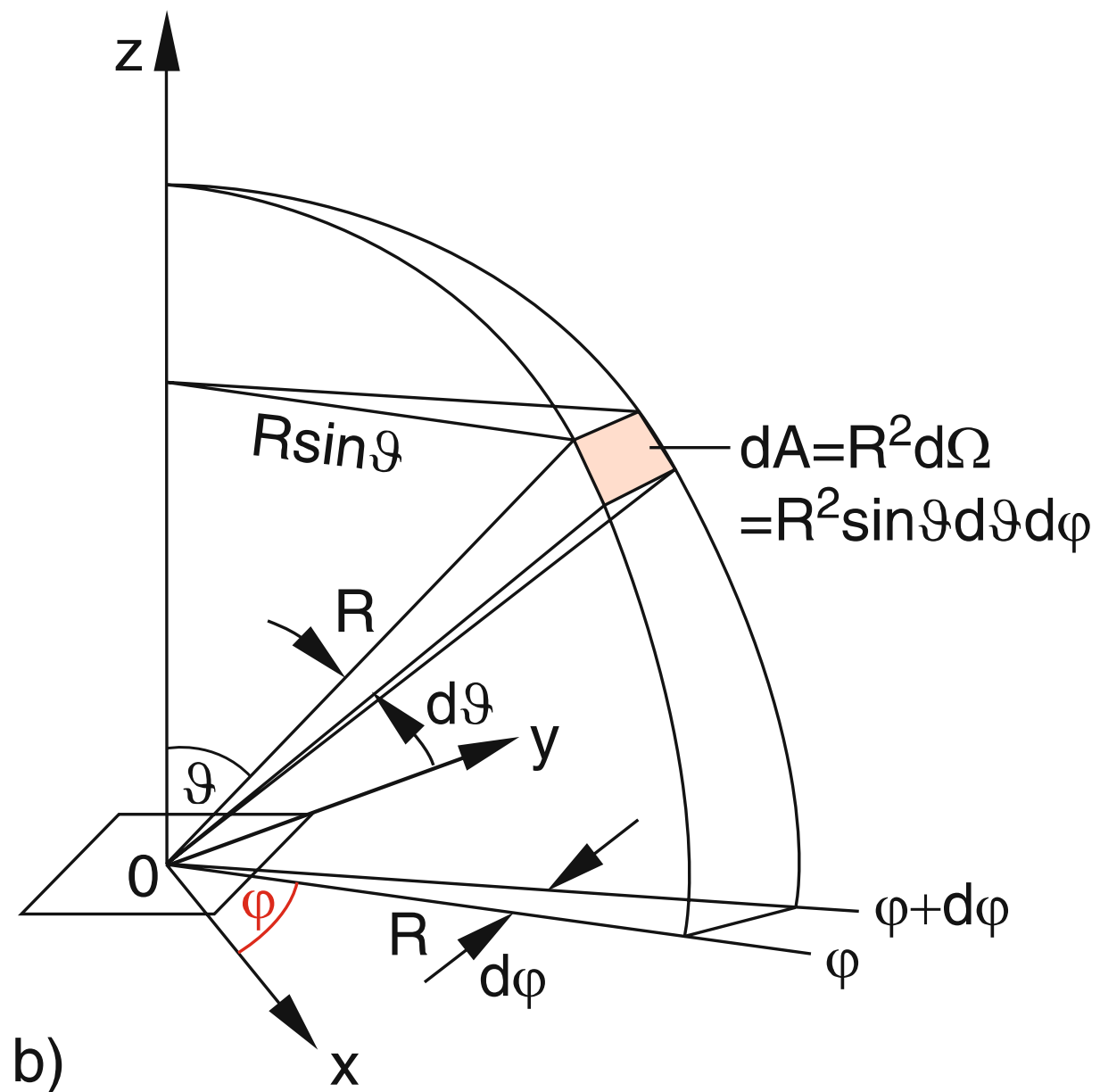


Abb. 1.30. (a) Anschauliche Illustration des Raumwinkels Ω
(b) Definition des Raumwinkelelementes $d\Omega = dA/R^2$

I.3 Messungen

- Fehler ./ Unsicherheiten
- Systematische Fehler
- Zufällige/statistische Fehler
- Zentraler Grenzwertsatz
- Fehlerfortpflanzung
- Rechengenauigkeit
- Datenauswertung (Anriss)

Theorie oder Experiment?

MIND OVER MATTER

THE INTELLECTUAL CONTENT OF EXPERIMENTAL PHYSICS

V.L. Telegdi

California Institute of Technology, Pasadena CA91125

According to my experience, the most brilliant physics students at any university want to become theoreticians, and this on both sides of the Atlantic ocean. It is rare that a person of the intellectual power of, say ,

I have come up with two reasons. The first of these is the style in which physics is taught essentially everywhere. There are two models, A and B, both of which fail to convey to the students the intellectual content of important experiments. Following model A, the student is told that some great genius, identified by name, predicted a remarkable dependence $y(x)$ of one observable upon another. That dependence was then subsequently brilliantly confirmed by experiment - by some unspecified person. In model B, one presents an observed dependence $y(x)$ that constituted, at its time, a great puzzle. Again, a great genius (name given) came along and presented a theory which fitted the observations perfectly. In either model, the intellectual accomplishment of the experimentalist is generally not conveyed to the students. I shall illustrate this by two examples: (1) in Okun's masterful book "Leptons and Quarks", experiments are rarely described - although the authors are given - their results are merely quoted, as "one finds....". (2) I once gave a course "Great Experiments in Modern Physics" at MIT. It was attended by young students and ... senior theorists. Many of the latter learned for the first time how Willis Lamb had actually determined "his" shift, how many brilliant insights he had had to have to achieve his goals.

Theorie braucht Experiment und umgekehrt

Histogramm

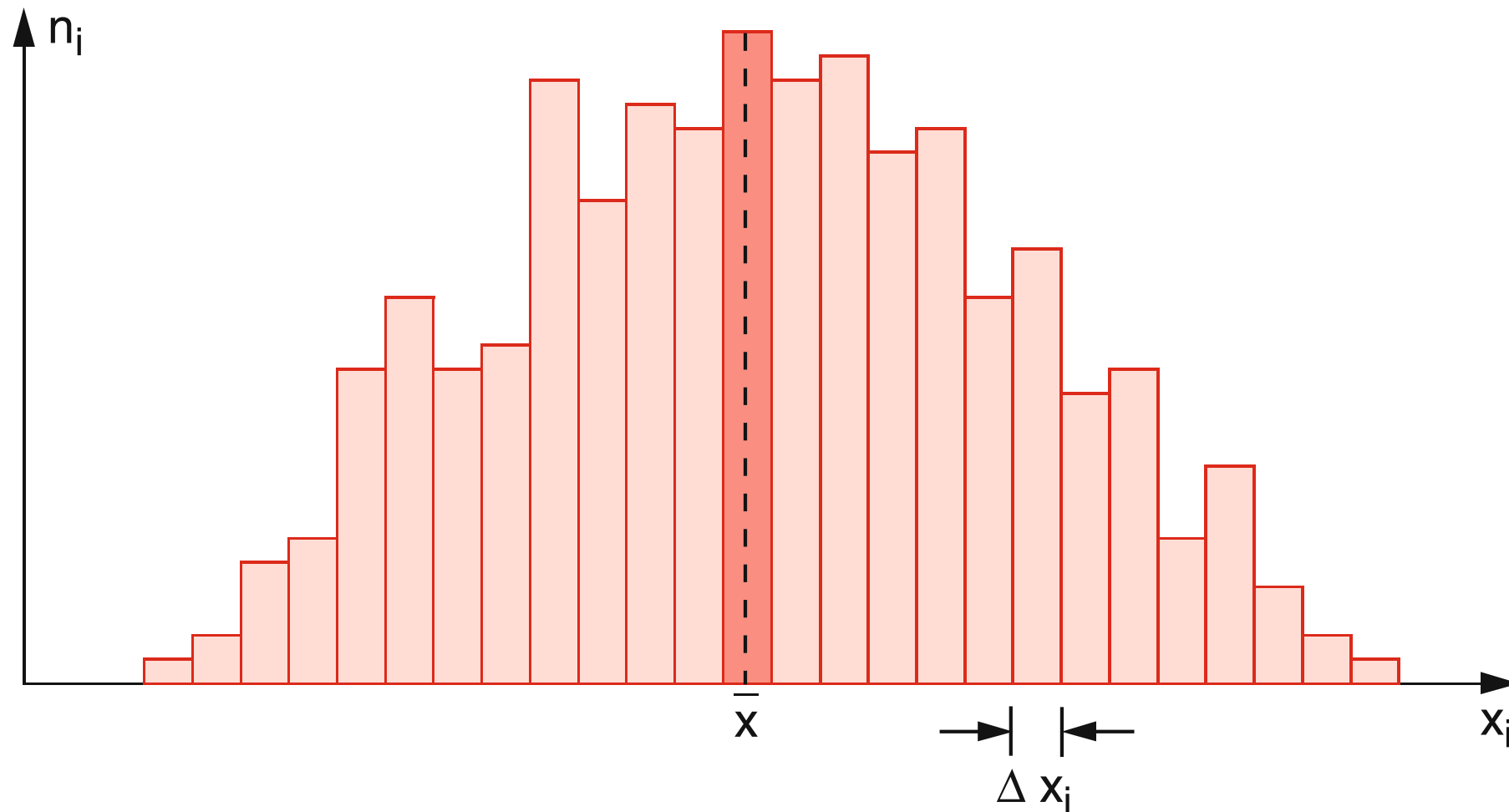
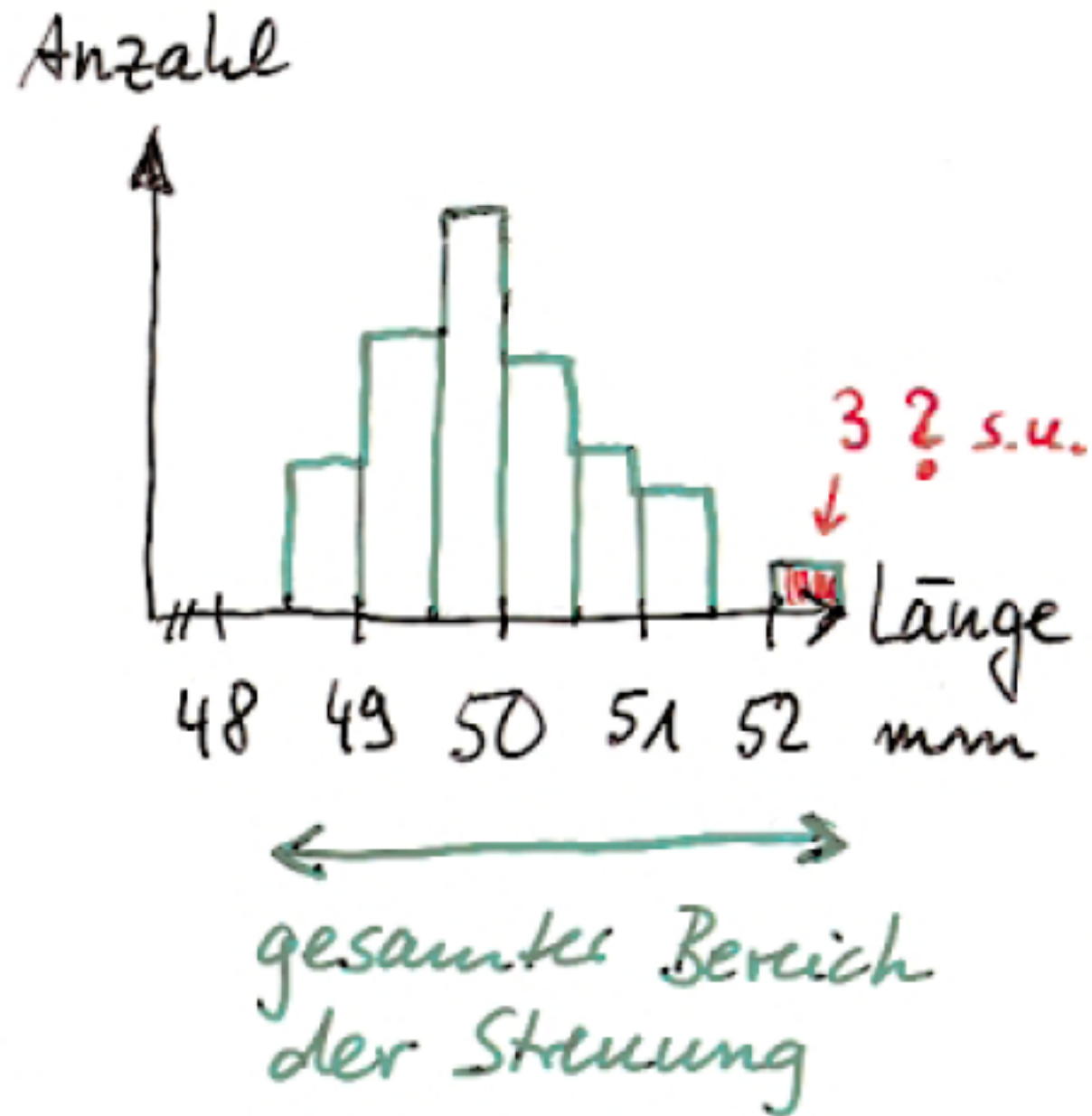
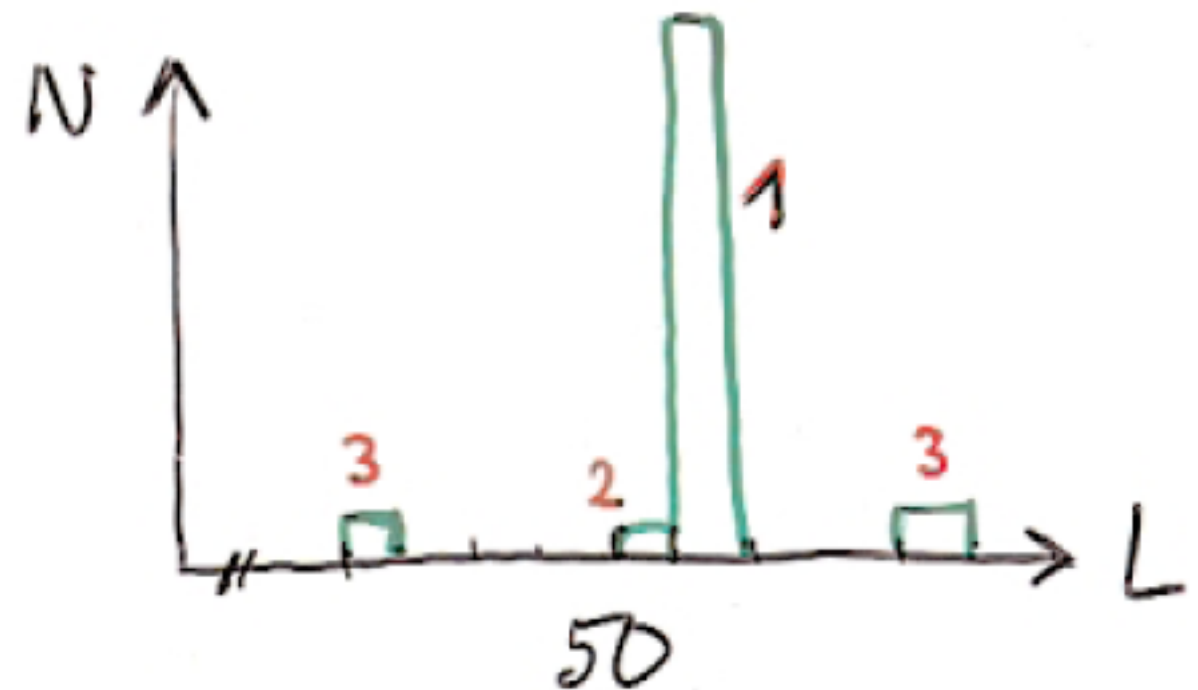


Abb. 1.33. Typisches Histogramm einer Verteilung von Messwerten x_i um den Mittelwert $\langle x \rangle$ bei statistischer Fehlerverteilung

Streichhölzer-Länge



alle Streichhölzer,
je 1x gemessen



1 Streichholz
1000x gemessen