

Die Sonne – ein Feuerball wird untersucht

Sonnenforschung in Südniedersachsen



Andreas Lagg

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung
Katlenburg-Lindau

Übersicht:

- Was wissen wir über die Sonne?
- Woher kommt unser Wissen?
 - Fraunhofer-Linien
- Was macht das Lindauer MPS?
 - Beobachtungen
 - Theorien
 - Simulationen
- Warum Sonnenforschung?

Vortragsgebrauchsanleitung: Hörer



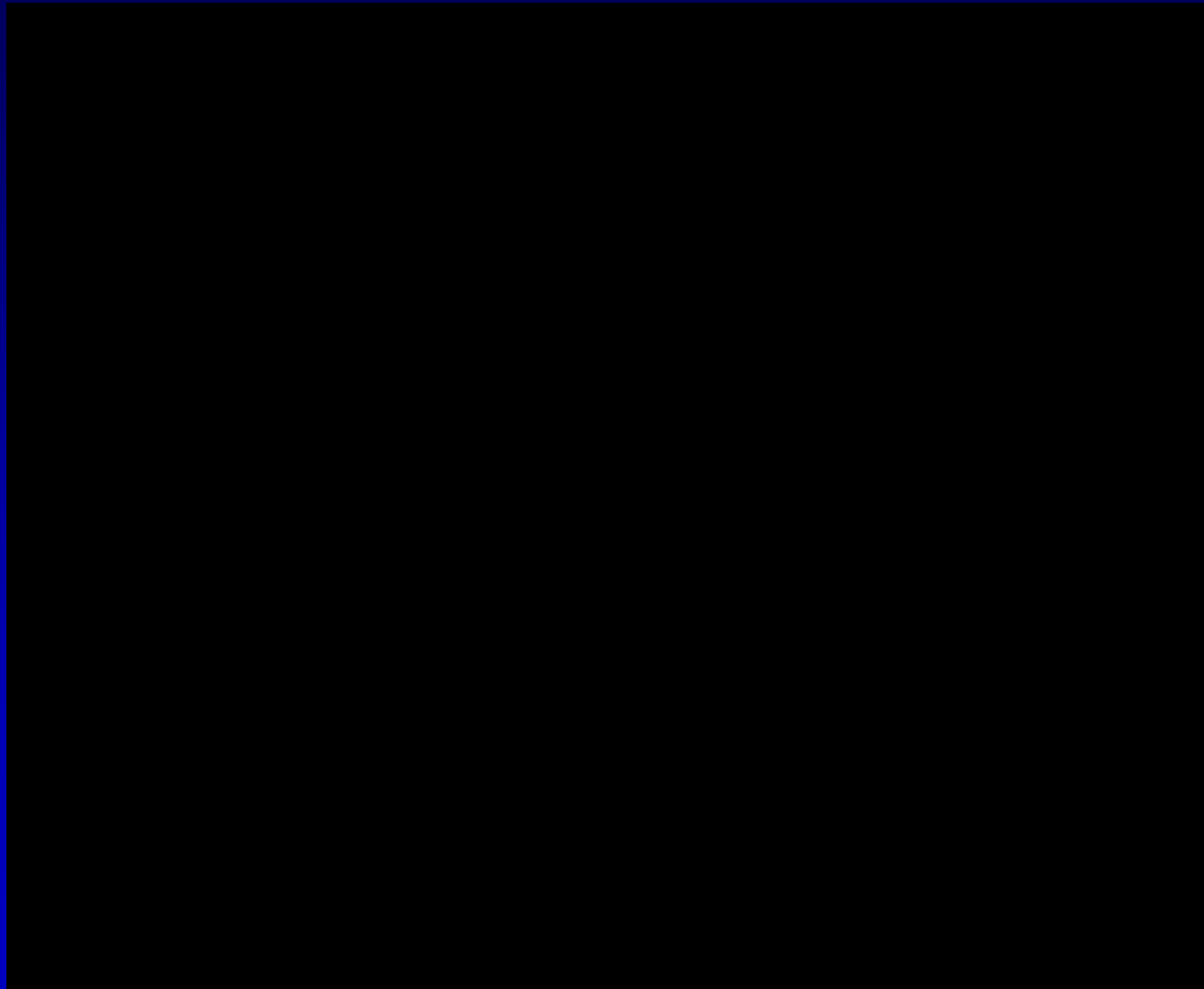
- Achtung Physik!
- Wer den Berg nicht erklimmen möchte darf sich zurücklehnen und am Bier nippen.



- Achtung schwierige Physik!
- Wer nicht ins Schleudern geraten möchte, darf sich zurücklehnen, einen kräftigen Schluck trinken und die Augen schließen.

Wie alles begann...

vor ca. 4.5 Milliarden Jahren...



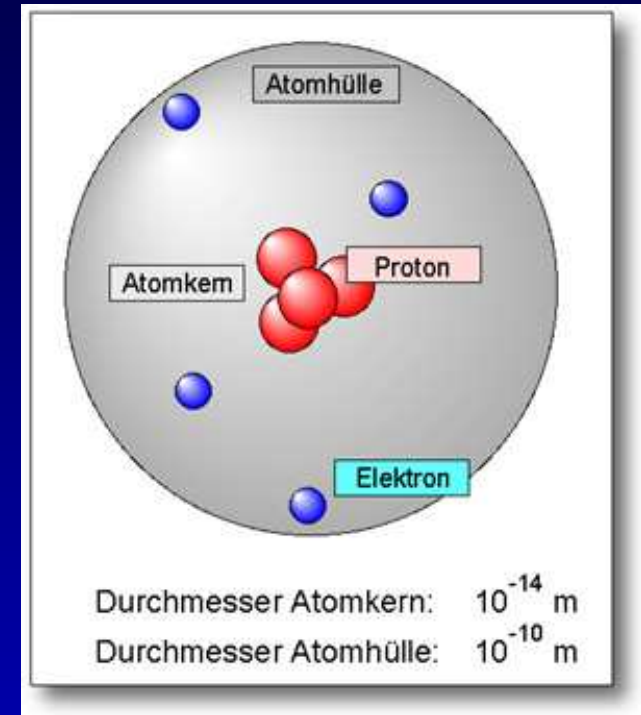
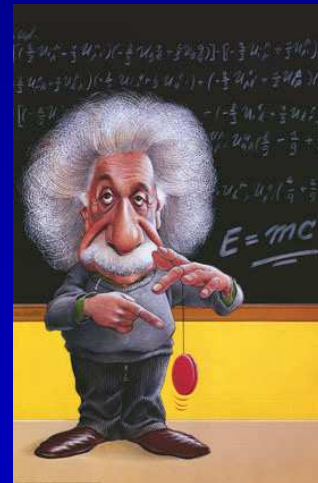
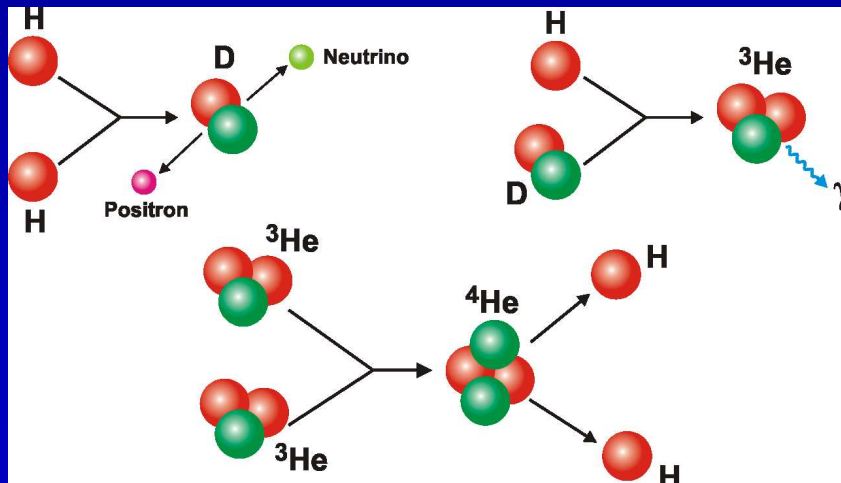
Der "heiße Ofen"



Normalfall:
Atomkern von Elektronen umkreist
→ 2 Atomkerne immer getrennt

Sonne:
Druck, Temperatur extrem hoch
→ Atomkerne verschmelzen (=Fusion)

$$E = mc^2$$

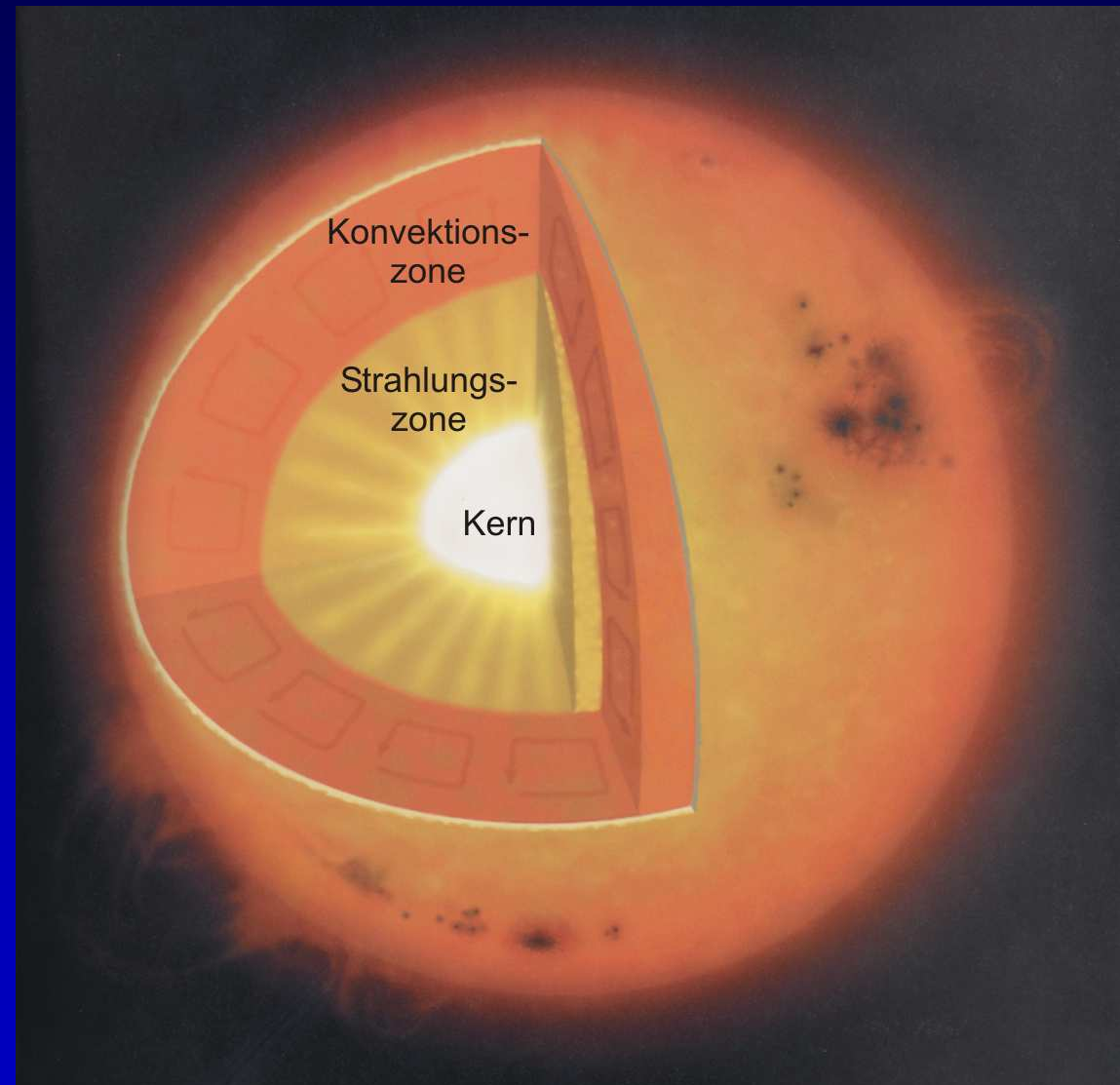


pro Sekunde:
Energiebedarf der
Menschheit für über
1 Million Jahre!

Der innere Aufbau



- Strahlung
→ z.B. Feuer
- Wärmeleitung
→ z.B. Pfannengriff
- Konvektion
→ z.B. kochendes Wasser

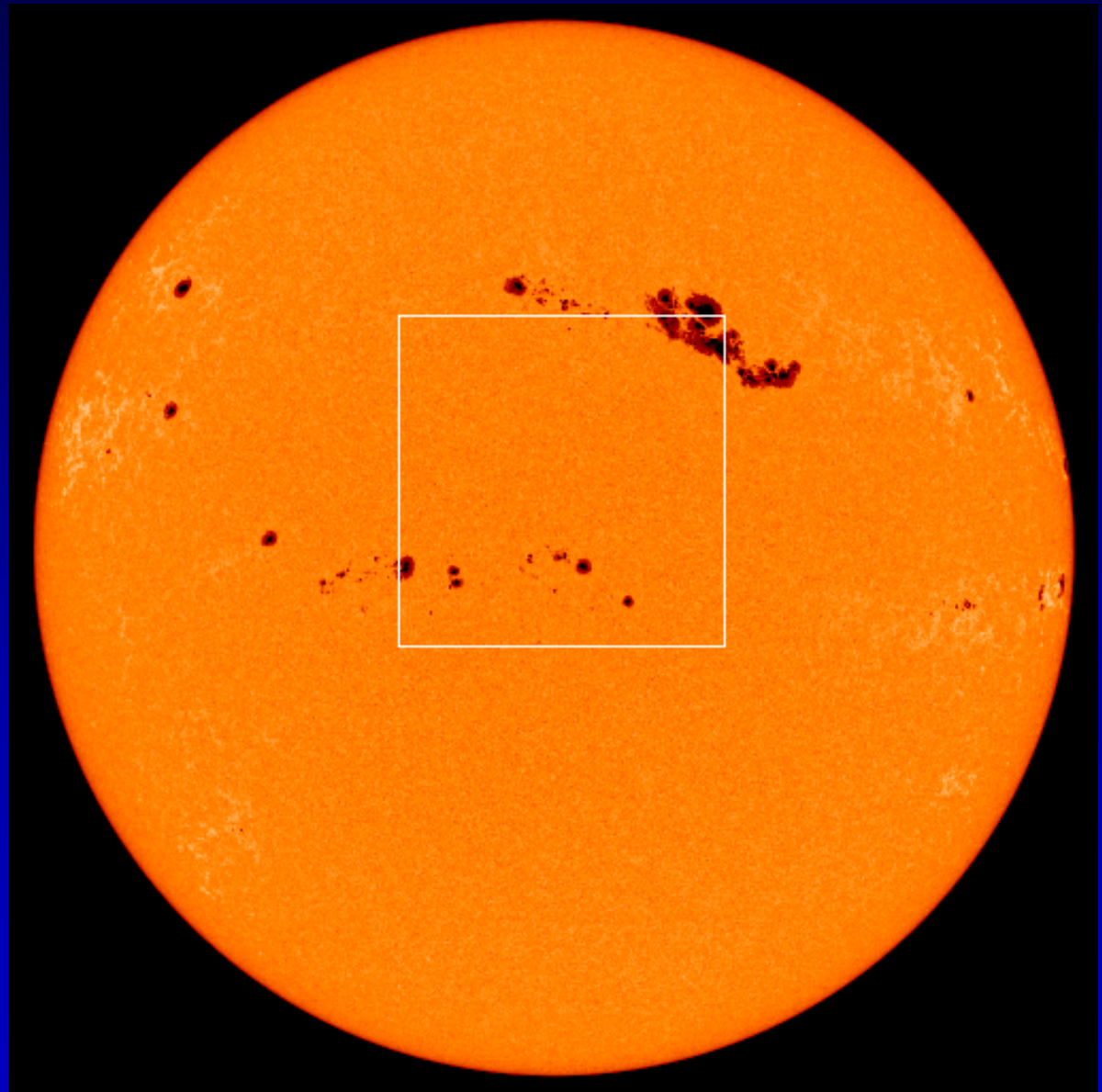


Kern: 15 Millionen Grad
Oberfläche: ~ 6000 Grad

Die Sonnenoberfläche

Weißlicht

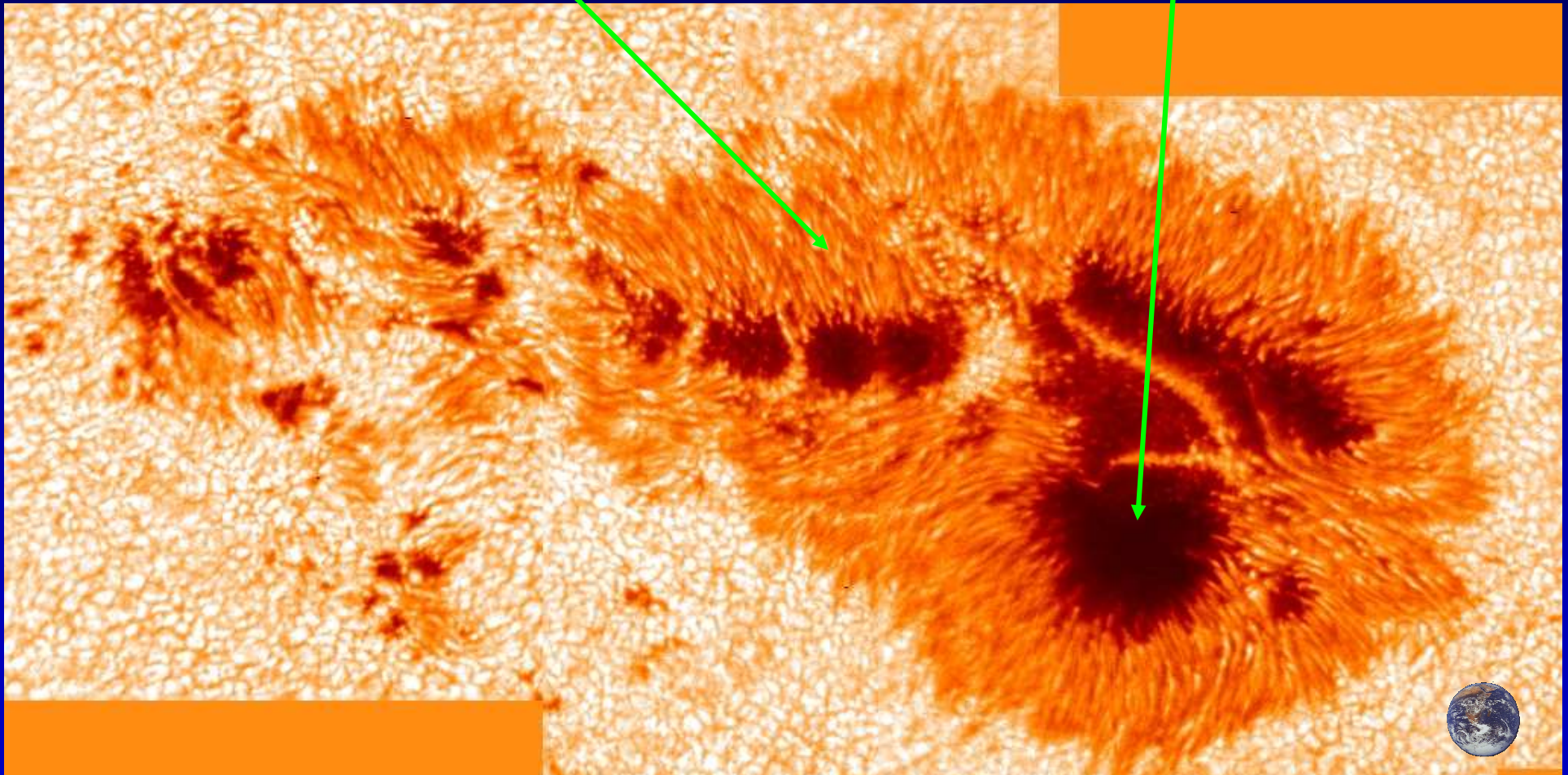
(Sonnenfinsternis-Brille)



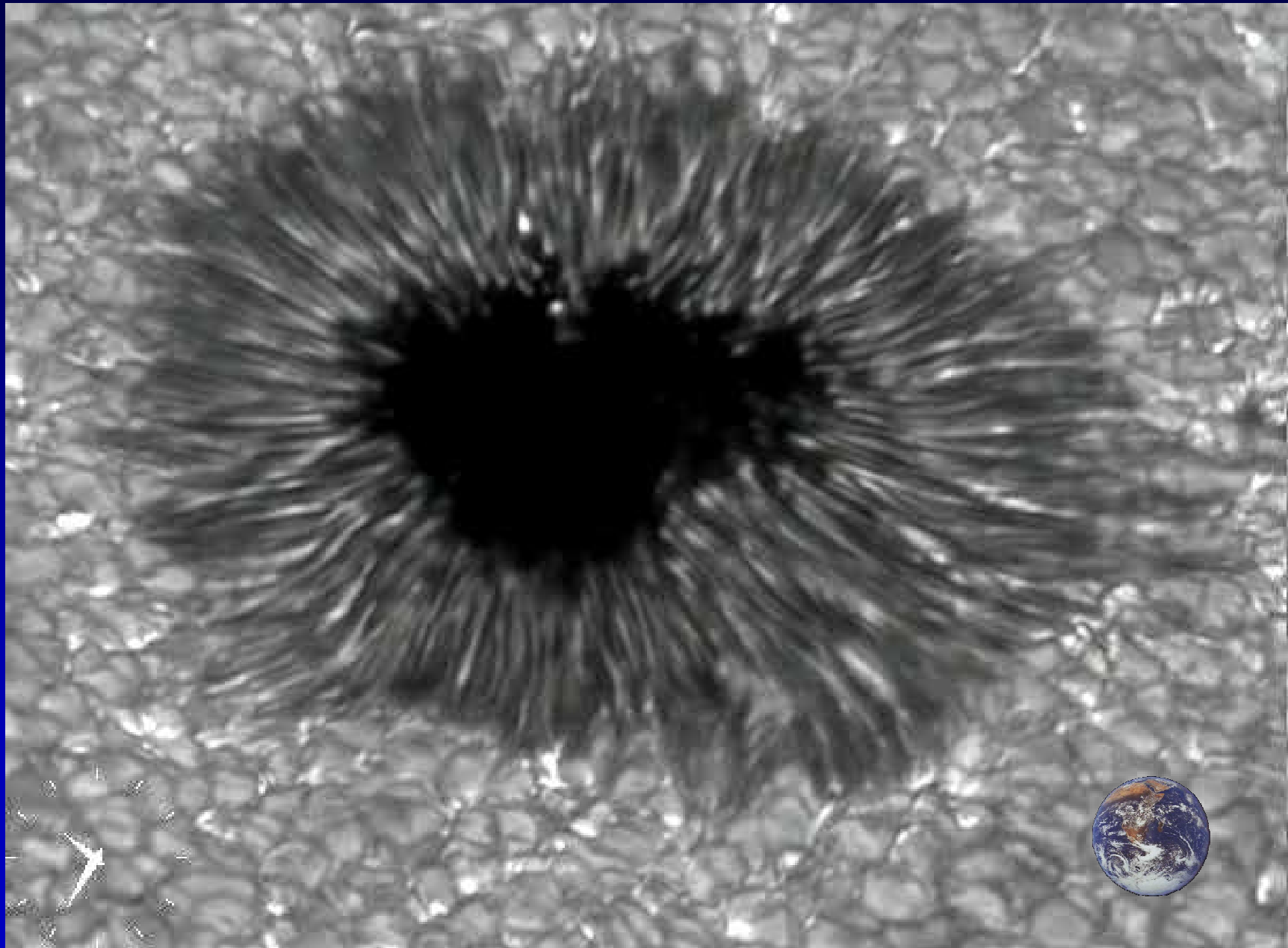
Sonnenflecken

Penumbra

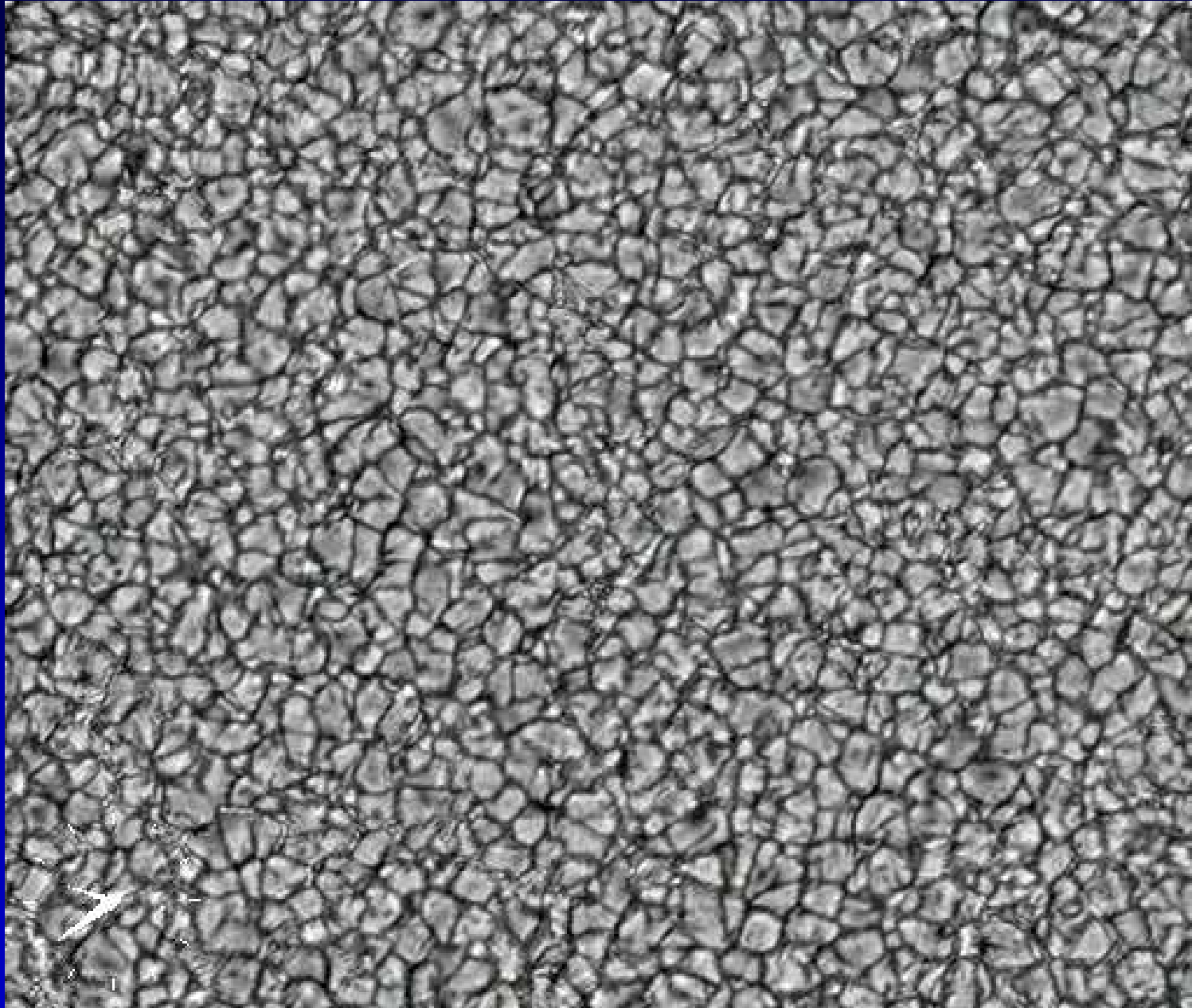
Umbra



Sonnenflecken (Dynamik)



Granulation

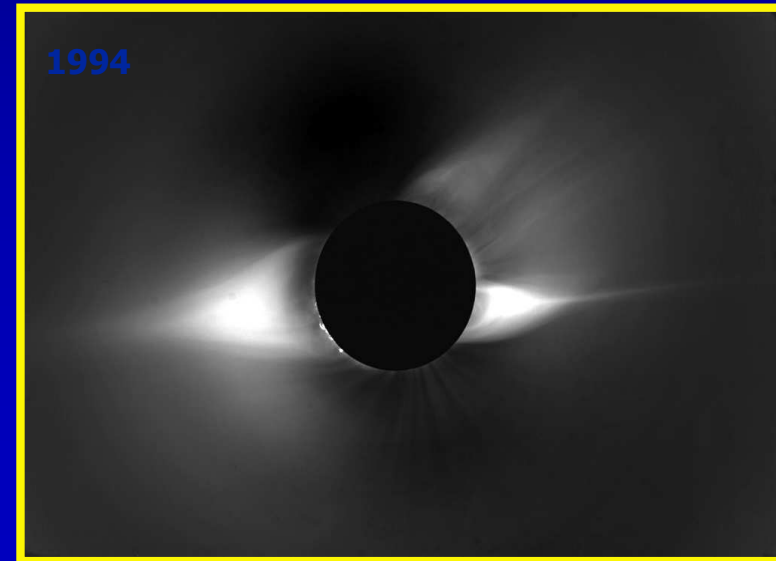
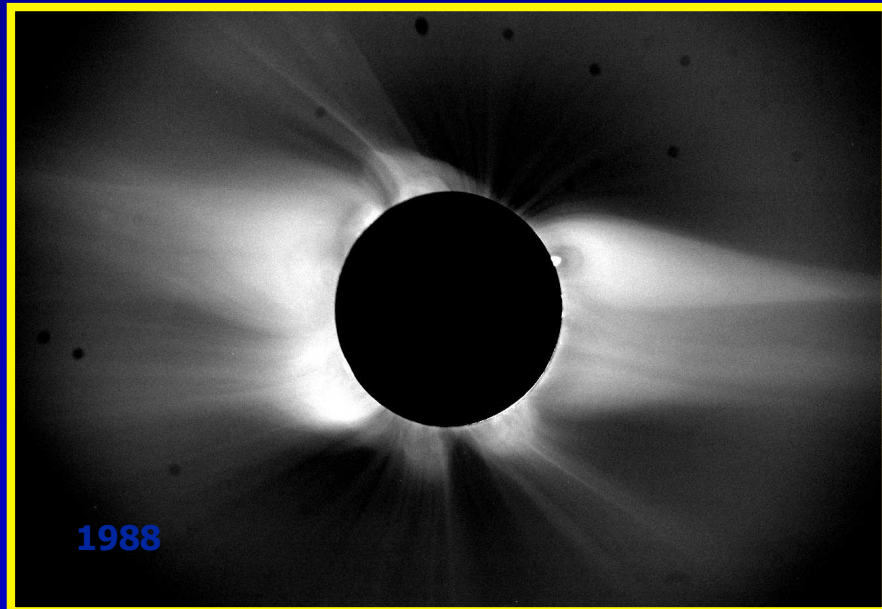
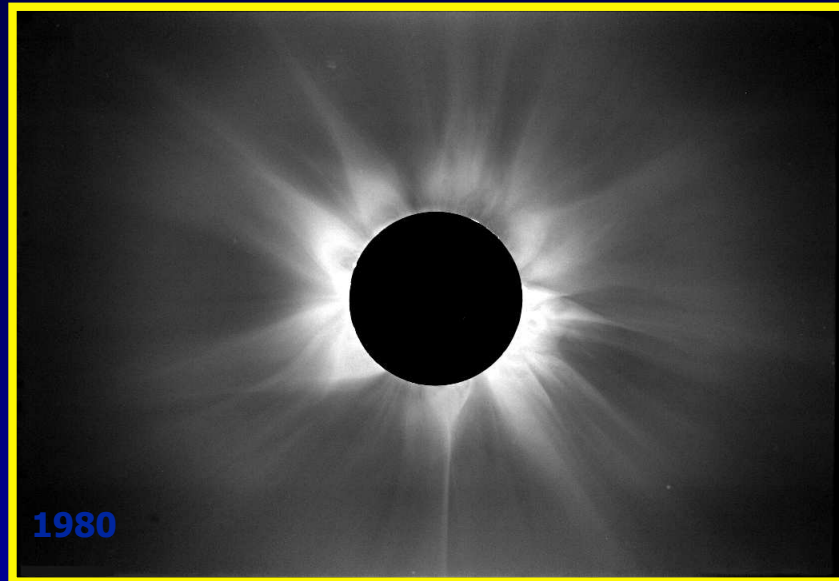


Übergangsregion

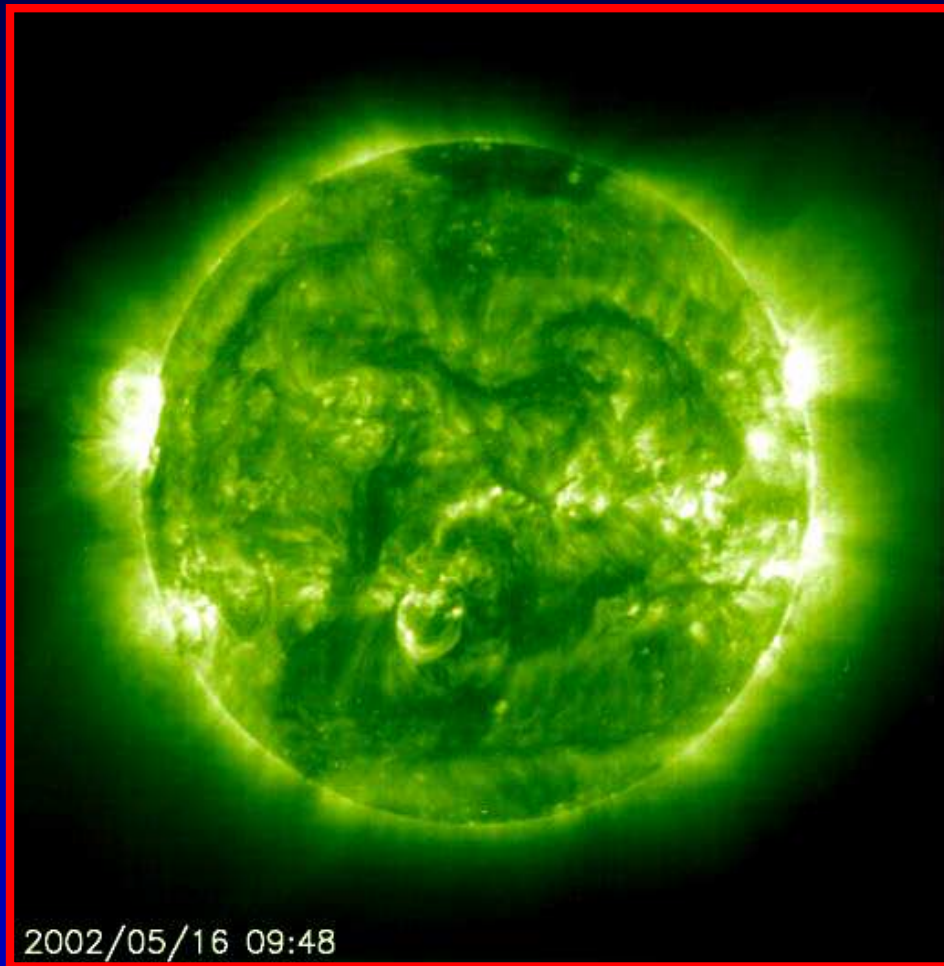


1998/03/30 20:23:42

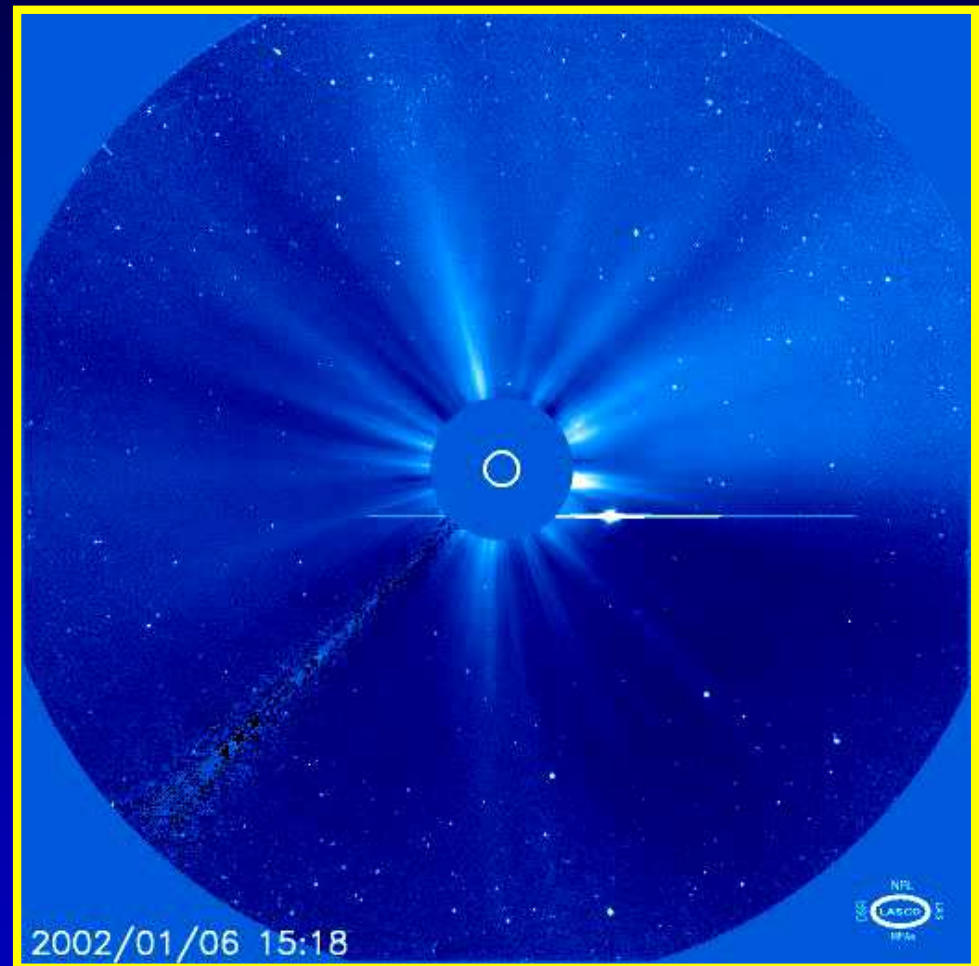
Sonnenkorona während Finsternissen



Die Korona

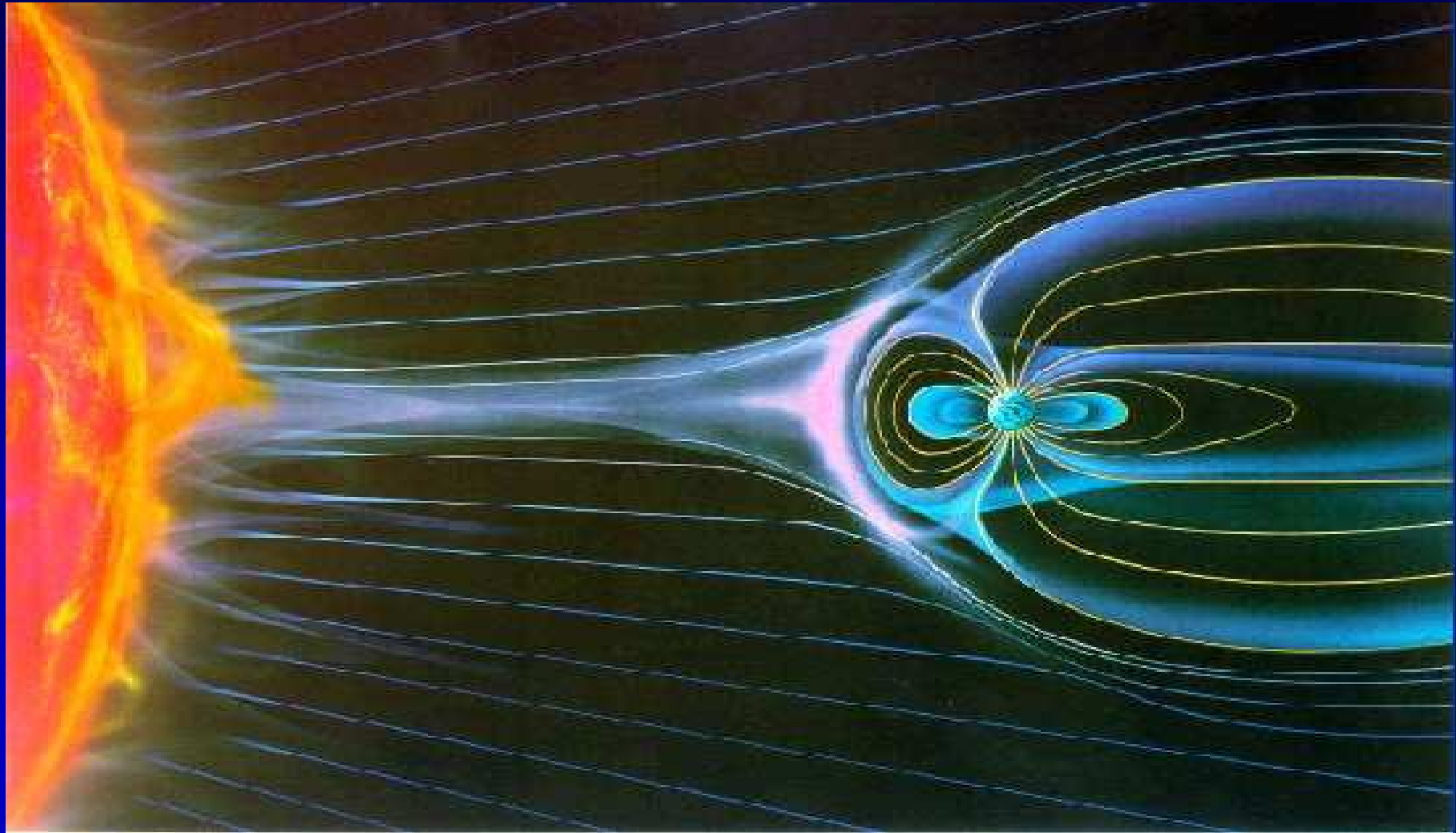


EUV Korona: Plasma bei $>10^6$ K
(EIT 195 Å)



Weißlicht Korona mit Kometen
(LASCO C3)

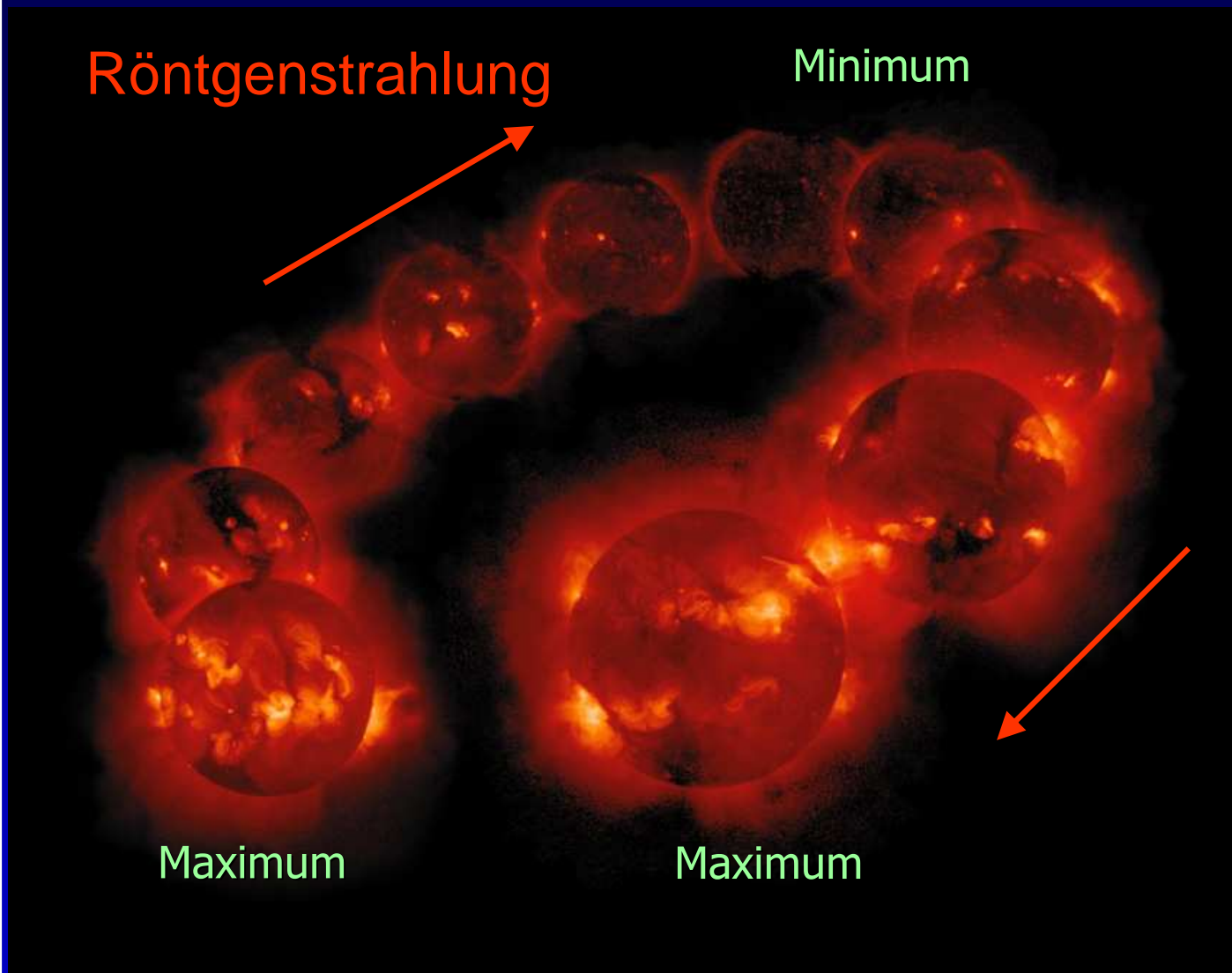
Der Sonnenwind



Polarlichter



Sonnenzyklus



Variation der Strahlung
im Röntgenbereich:

Faktor 100!

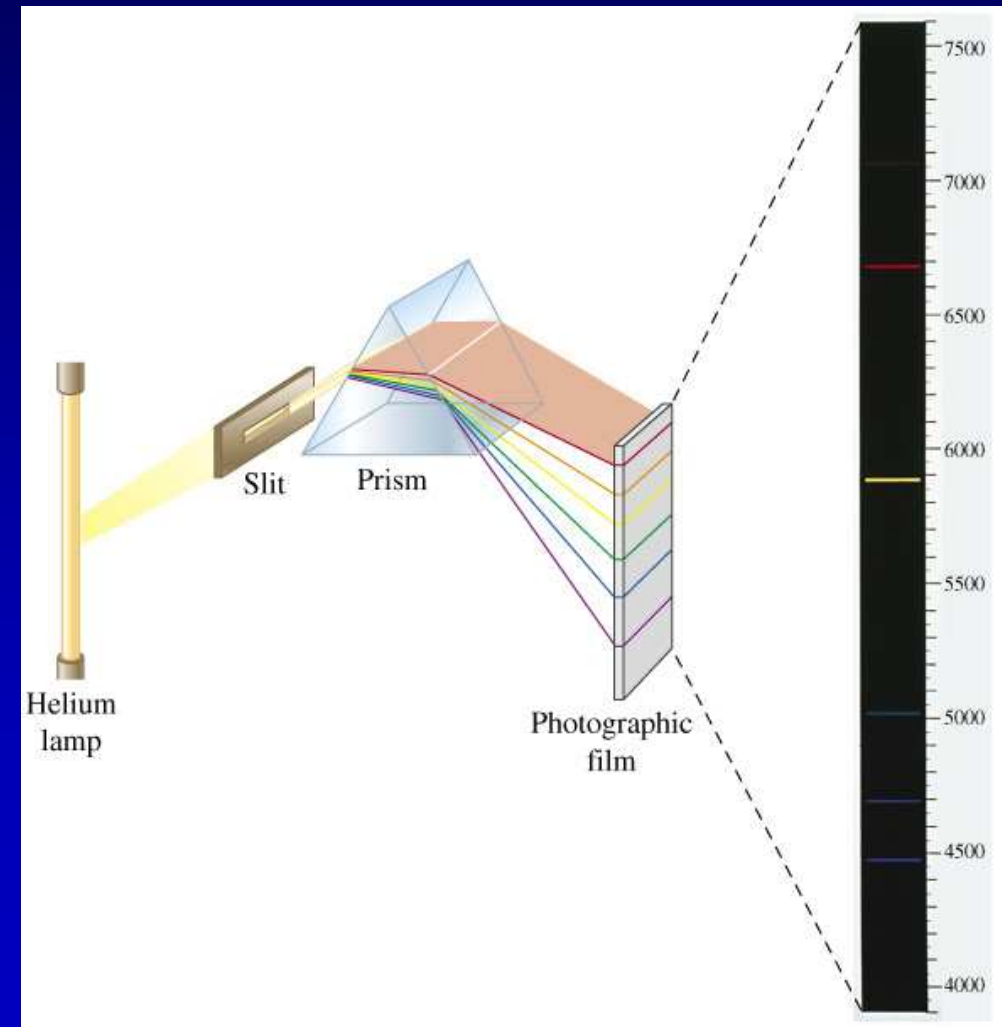
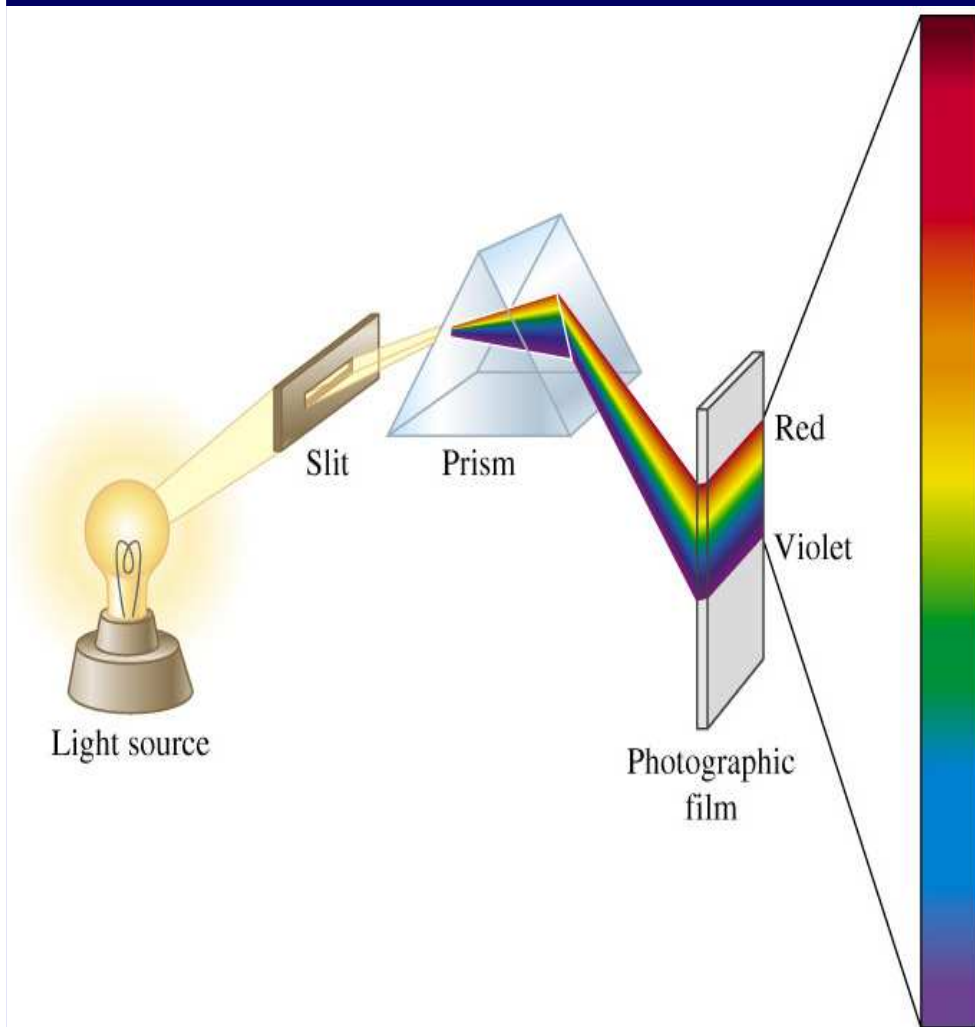
Variation der gesamten
Strahlung:

im Promillebereich

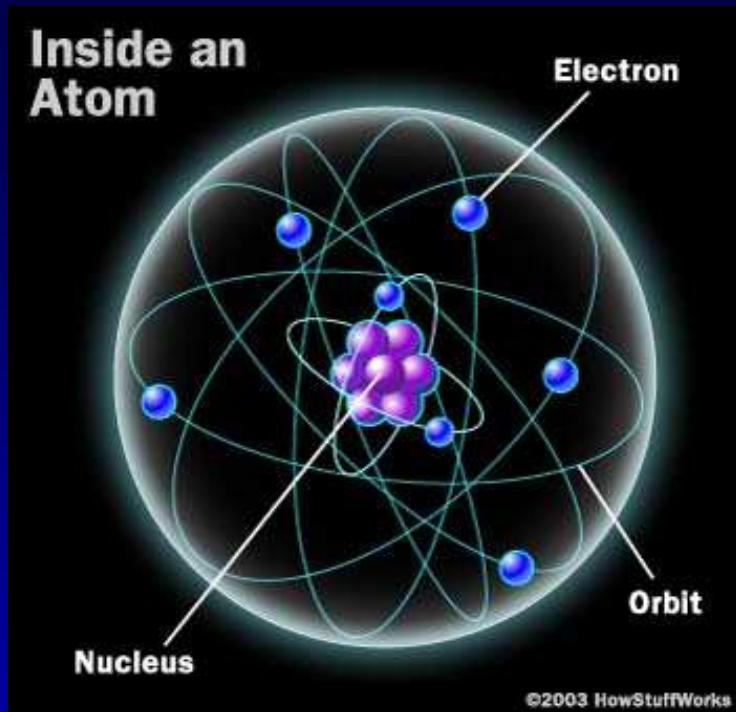
Woher wissen wir das?

keine in-situ Messungen möglich

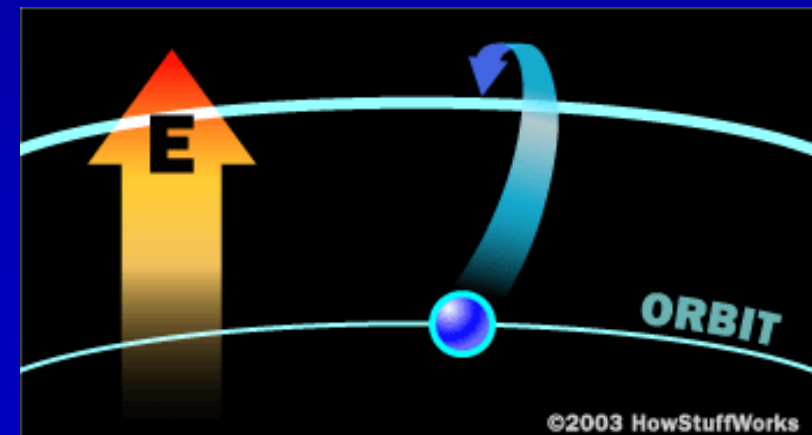
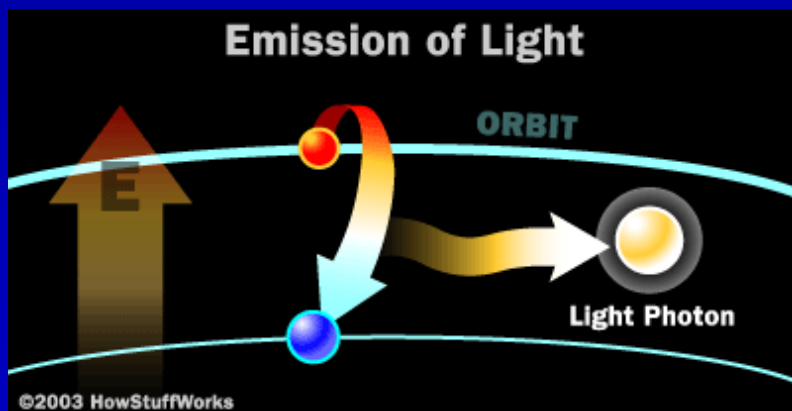
→ Messung des Sonnenlichtes (Spektrometrie)



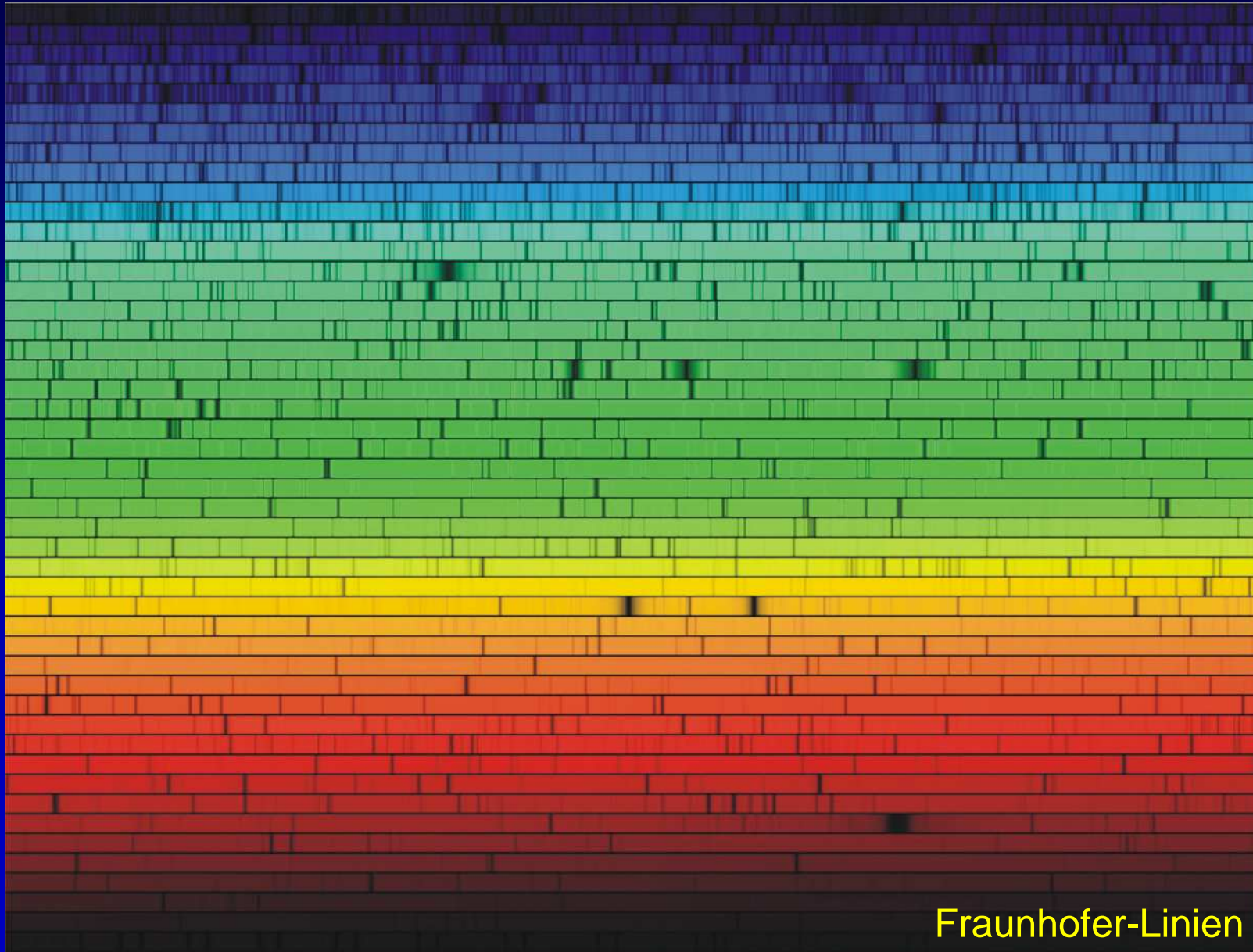
Wie entstehen Fraunhofer-Linien (1)



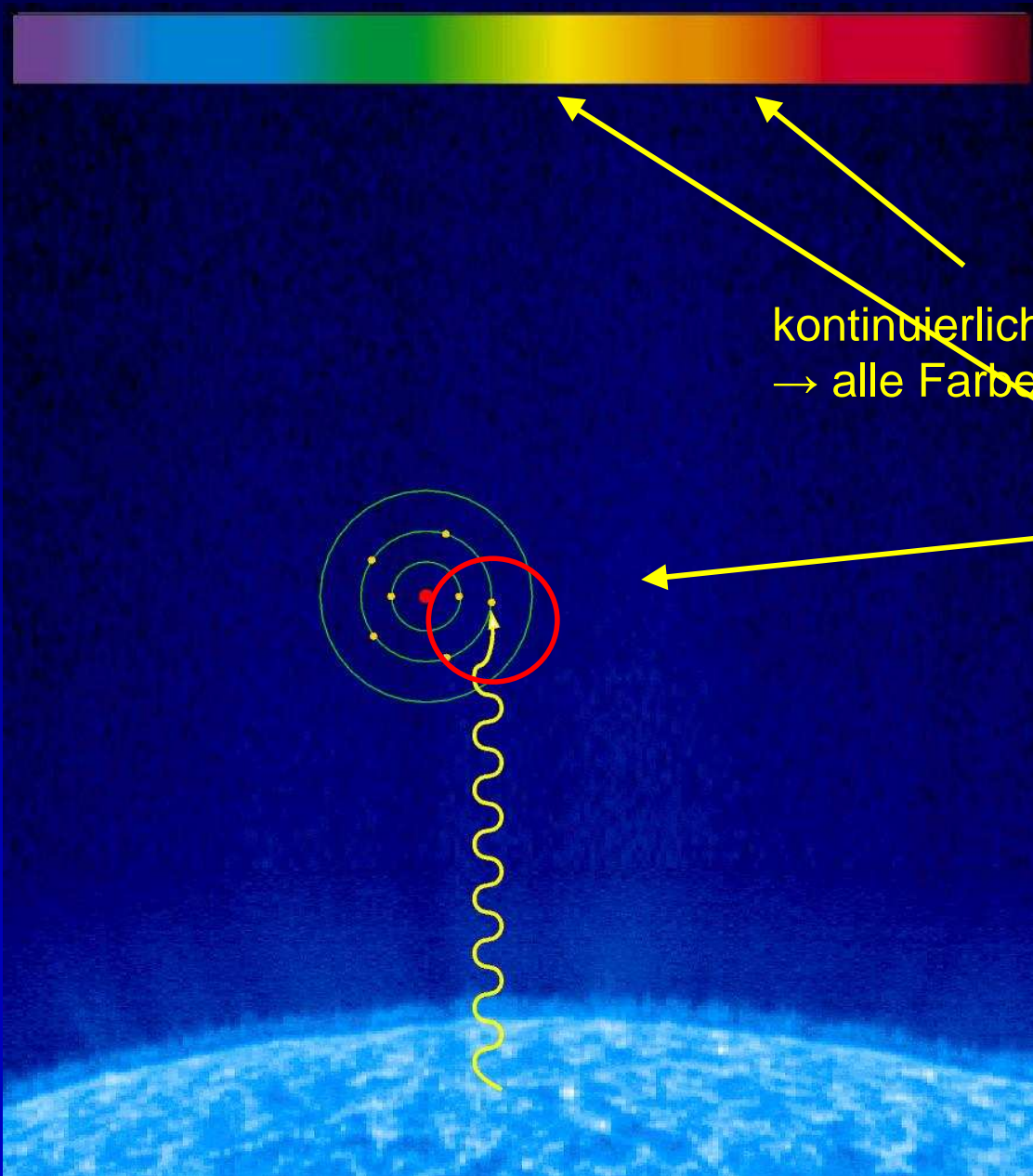
- Quantenphysik: nur bestimmte Bahnen um den Atomkern sind erlaubt
- jede Bahn entspricht einer bestimmten Energie
- Bahnwechsel = Energieänderung (ΔE)
 - auf höhere Bahn: Energie reinstecken
 - auf niedrigere Bahn: Energie wird frei
- Energieübertragung durch Licht (Photonen, Lichtquanten)



Sonnenspektrum



Wie entstehen Fraunhofer-Linien (2)



kontinuierliches Spektrum (Regenbogen)
→ alle Farben / Wellenlängen kommen durch

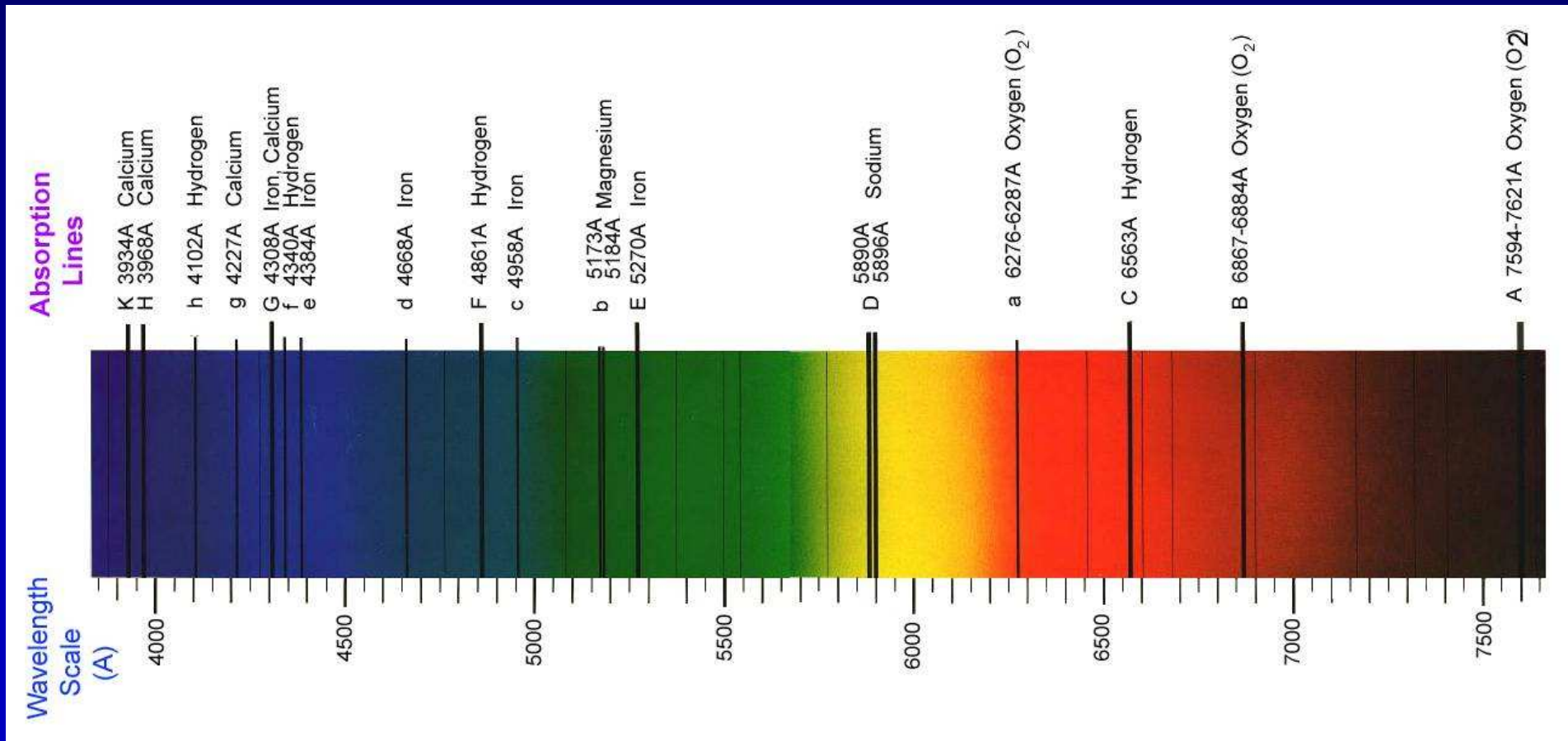
Lichtteilchen (Photon) hebt
Elektron auf höhere Bahn
→ Photon vernichtet

- jedes Atom / Molekül hat charakteristische Energieniveaus
- Fingerabdruck der Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre!

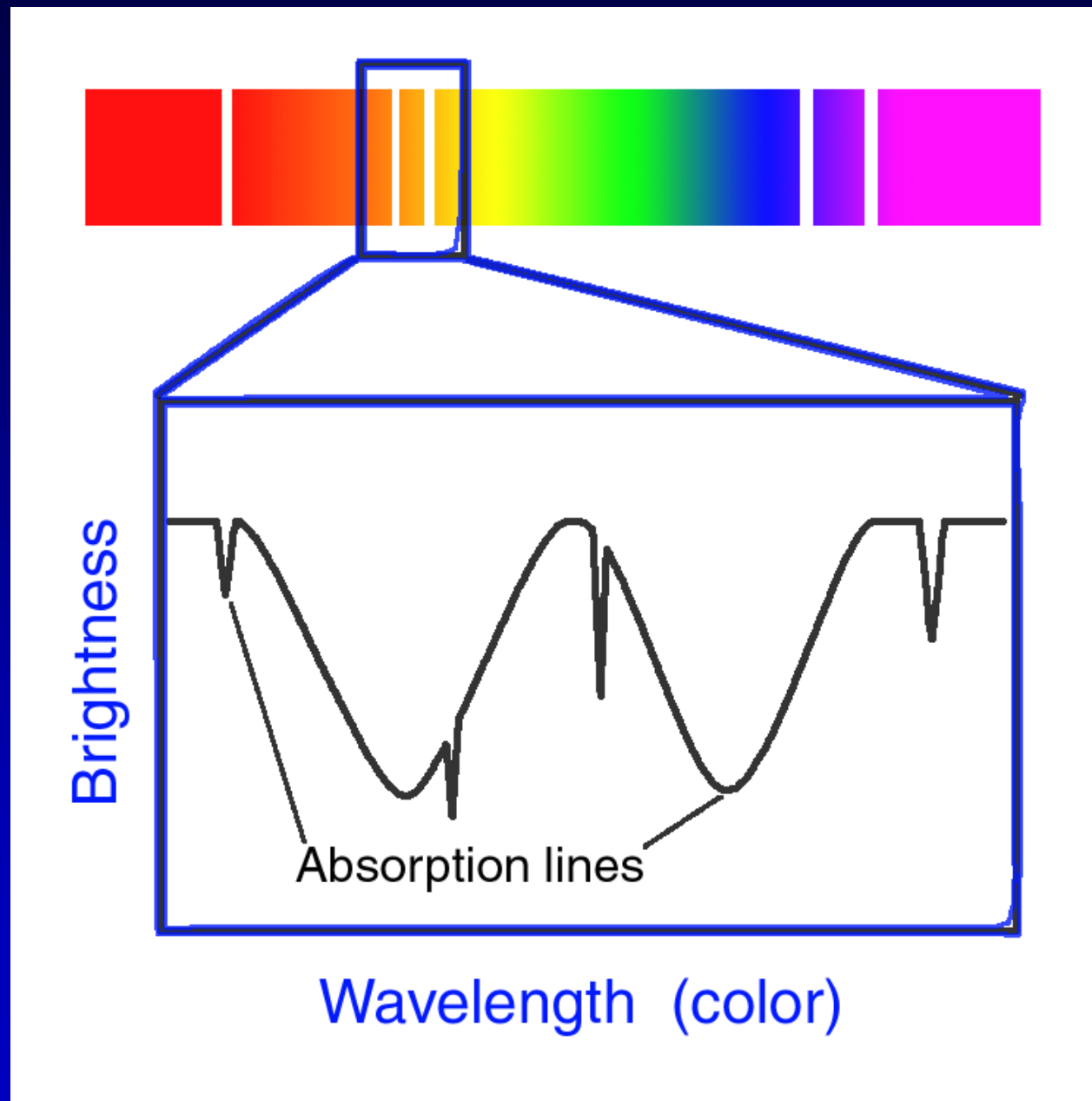
Zusammensetzung

← Ultraviolett (UV)

Infrarot →

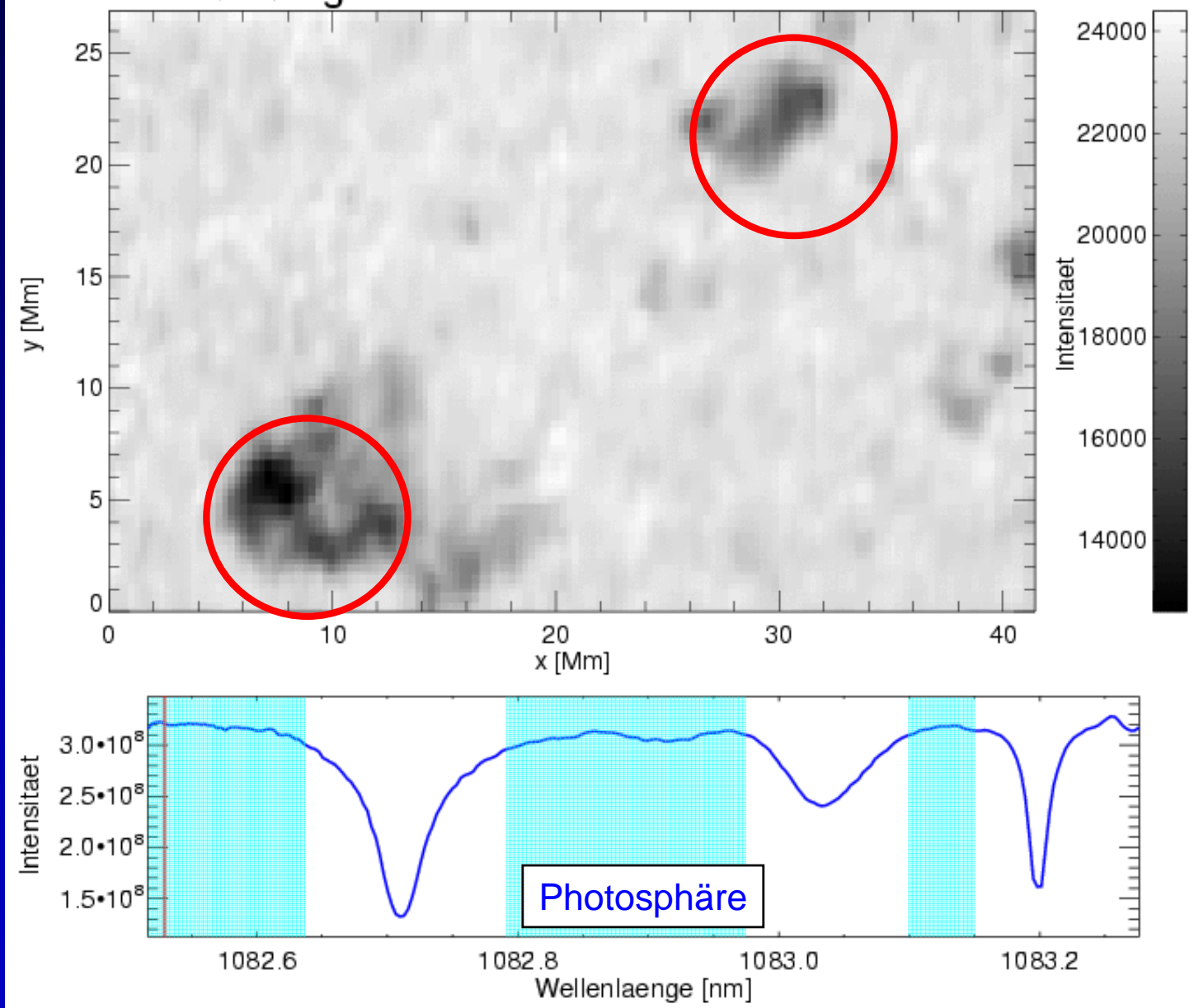


Absorptionsspektrum

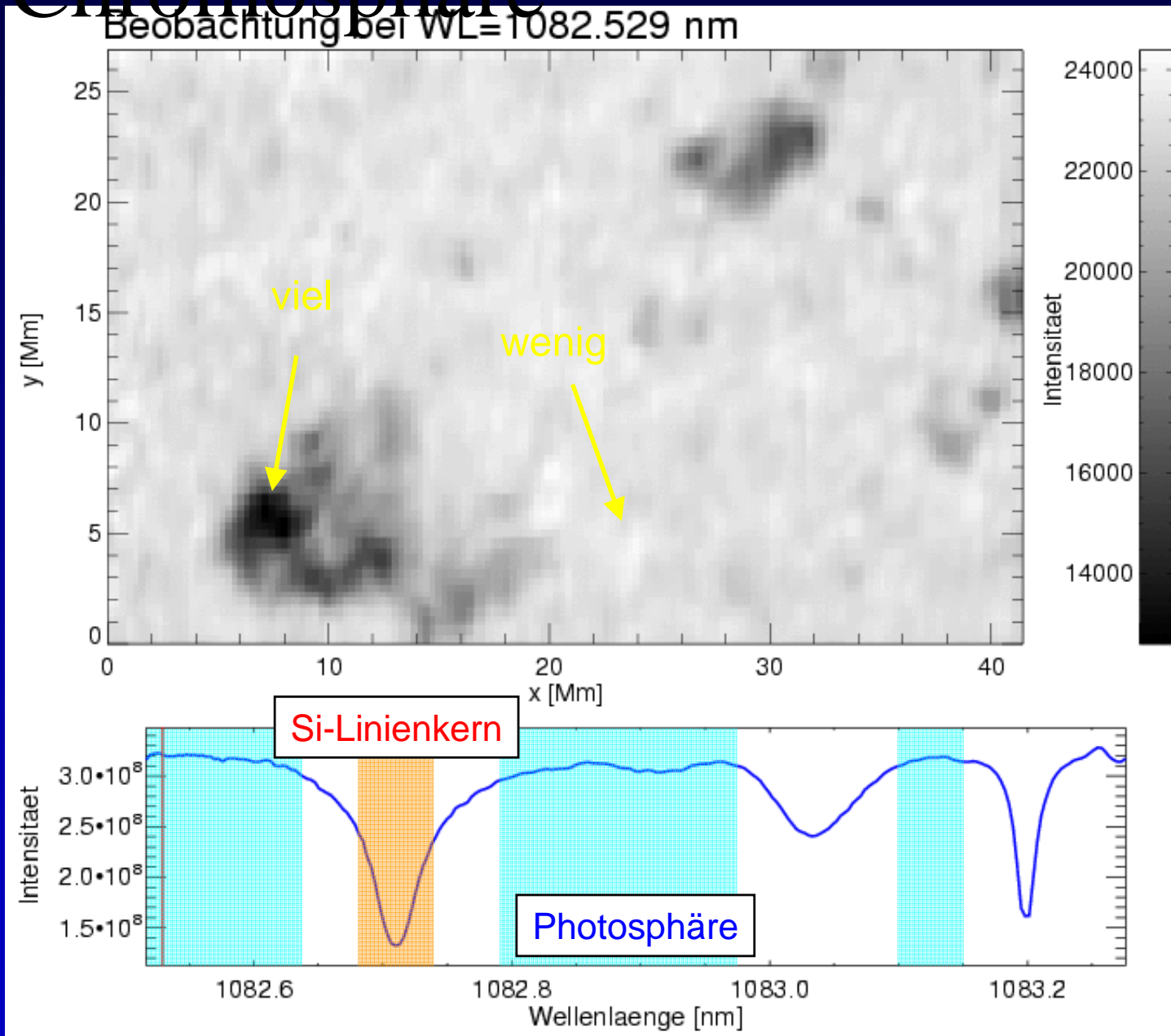


Photosphäre - Linienkern - Chromosphäre

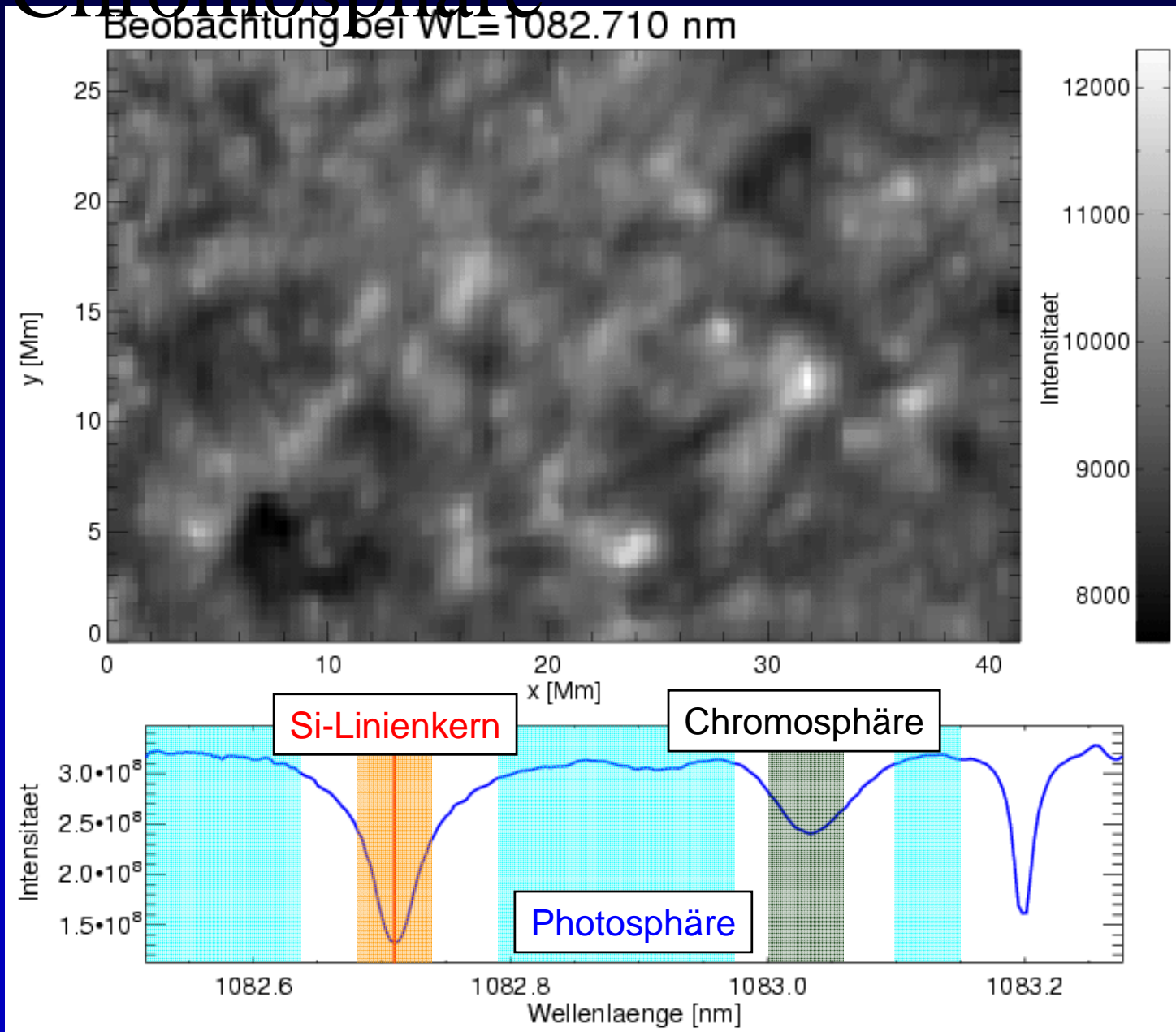
Beobachtung bei WL=1082.529 nm



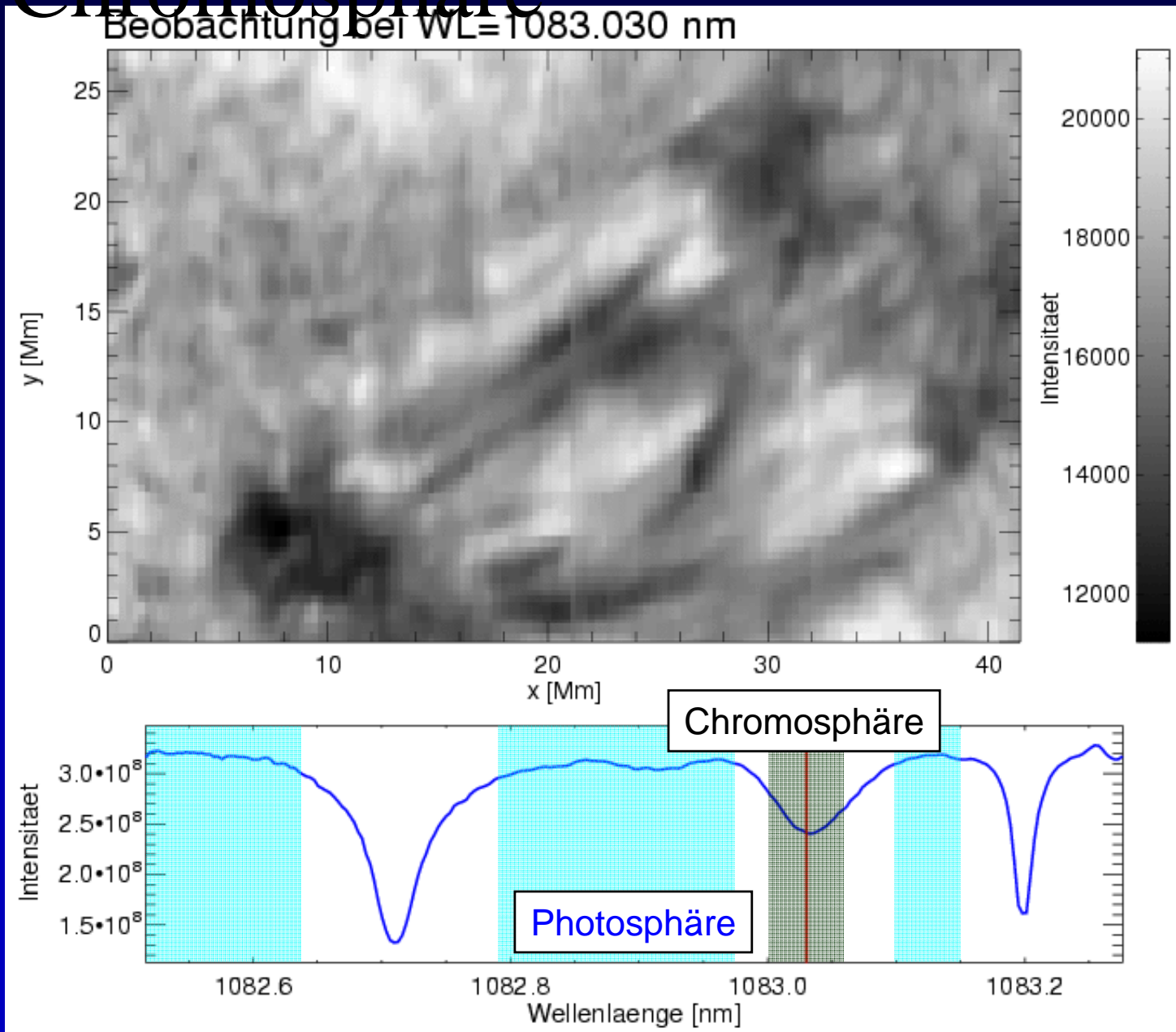
Photosphäre - Linienkern - Chromosphäre



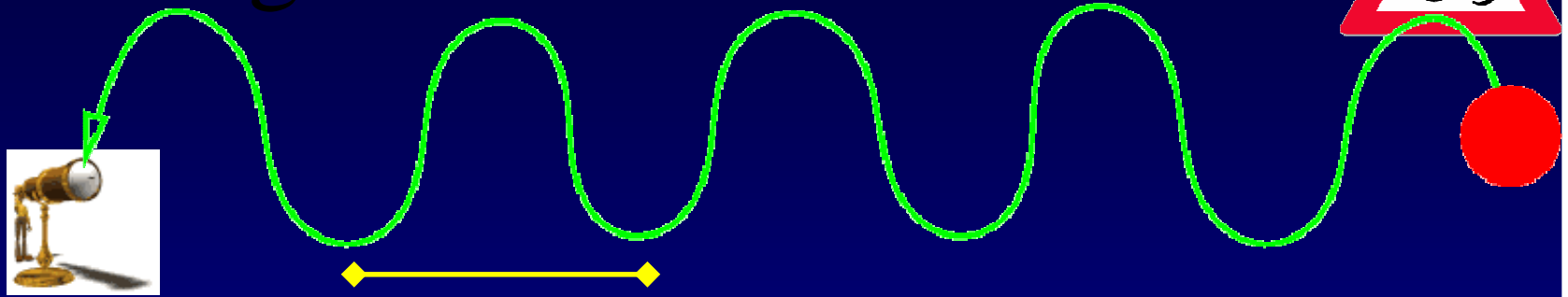
Photosphäre - Linienkern - Chromosphäre



Photosphäre - Limbikern - Chromosphäre



Geschwindigkeiten



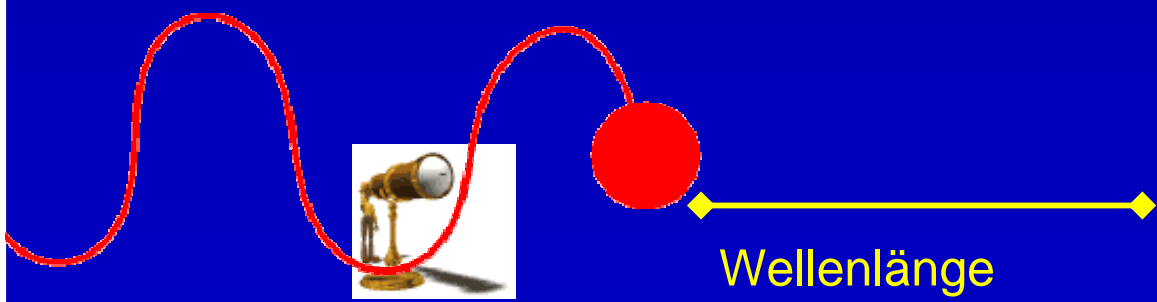
Wellenlänge



Bewegung hin zum Beobachter
→ Blauverschiebung
Schall: hoher Ton

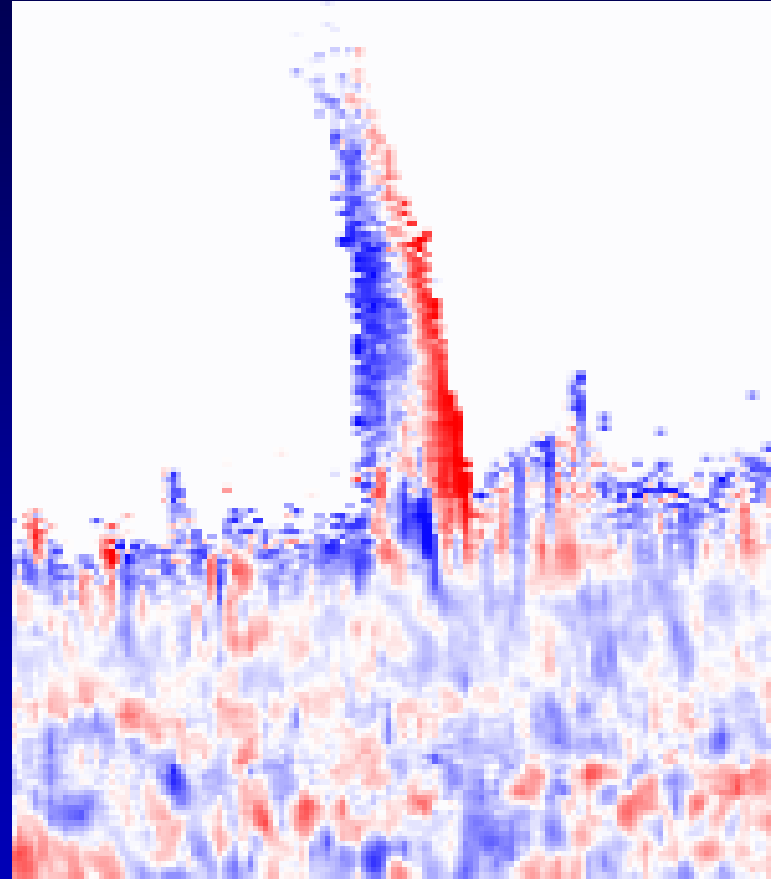
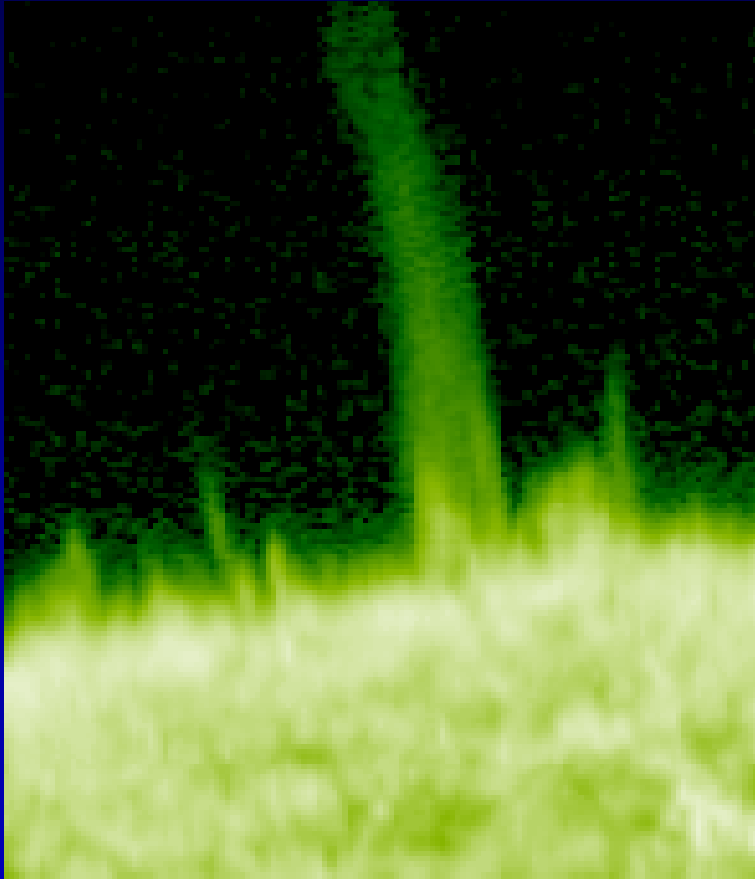
Wellenlänge

Bewegung weg vom Beobachter
→ Rotverschiebung
Schall: niedriger Ton



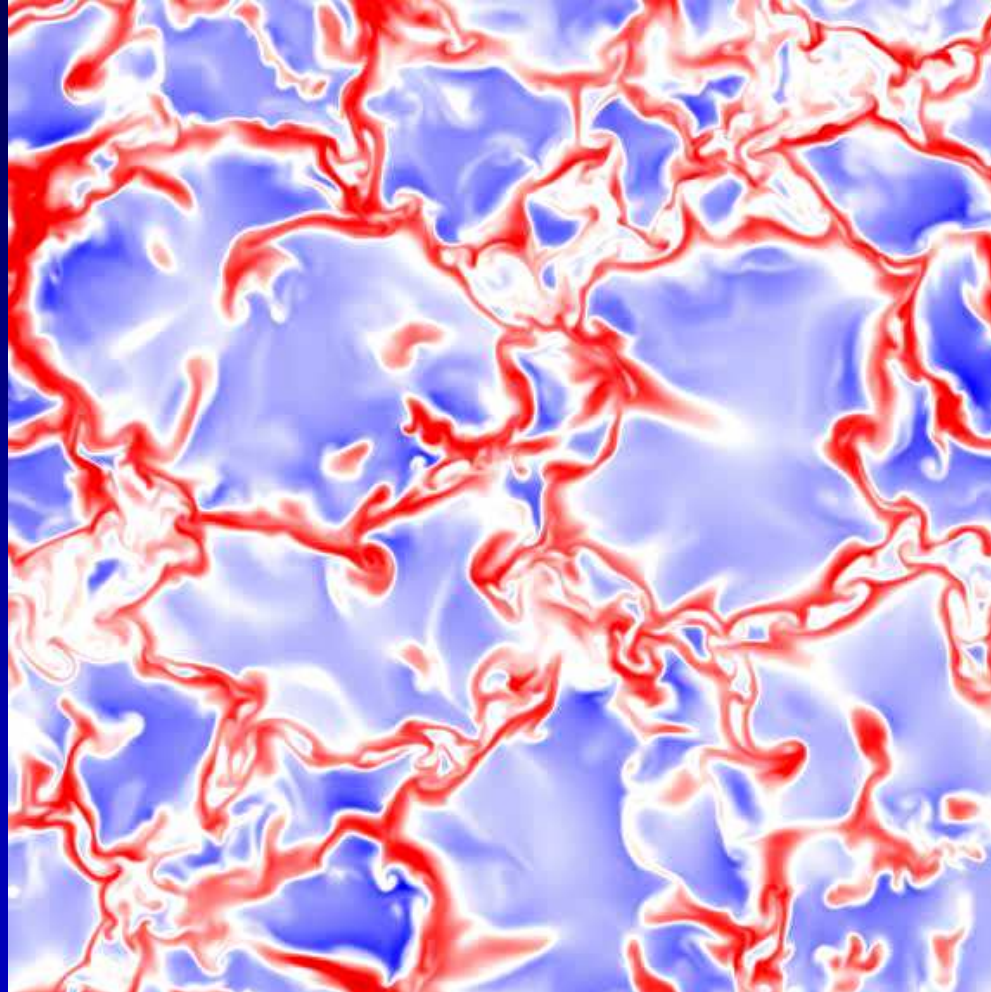
Wellenlänge

Windgeschwindigkeiten in der Sonnenatmosphäre



Solarer Tornado: Windgeschwindigkeit 50000 km/h

Konvektion

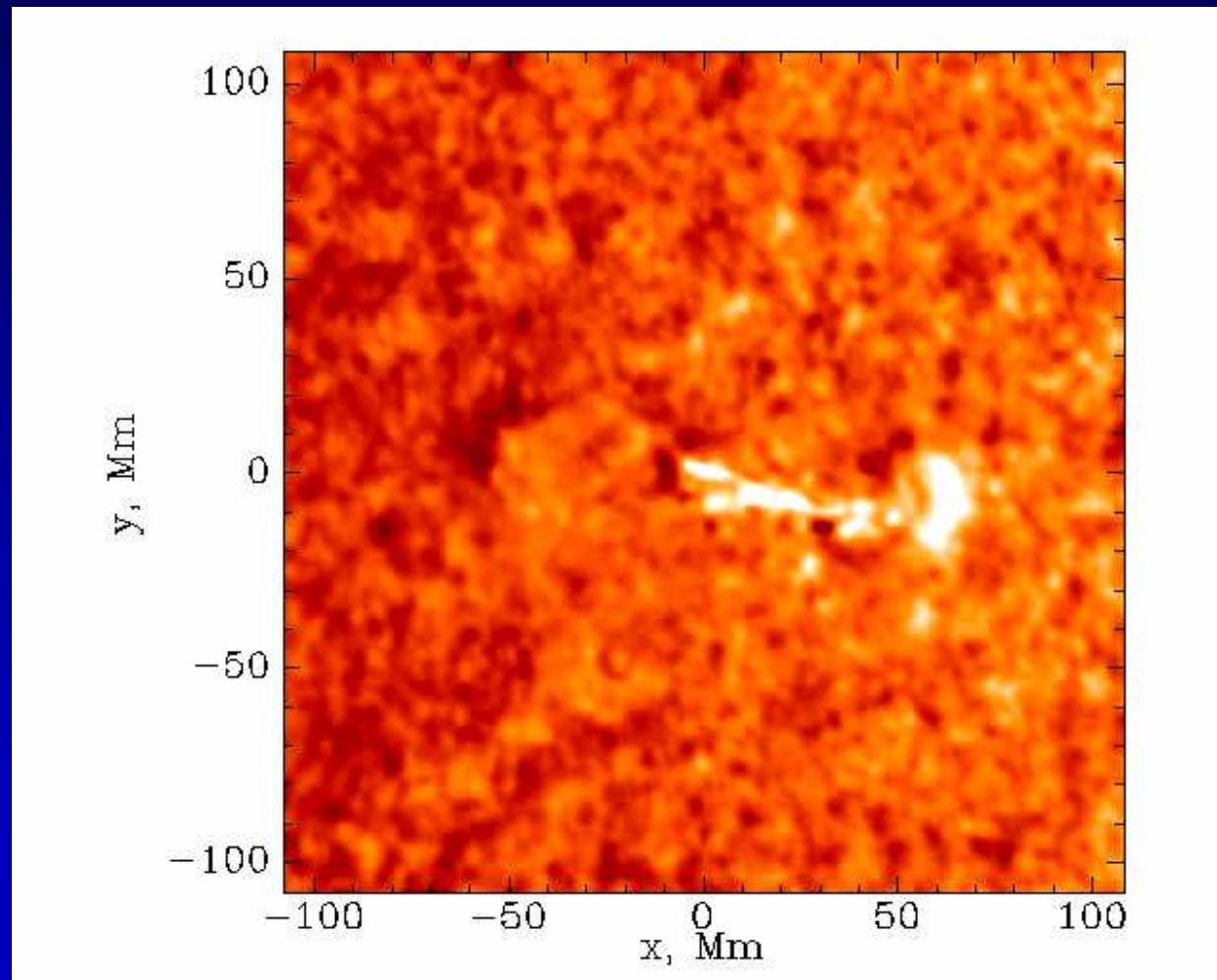


blau:
Material strömt nach oben

rot:
Material fließt nach unten

Helioseismologie

Sonnenbeben



Dauer des Films: ~ 1 Stunde

Informationen aus Fraunhofer-Linien

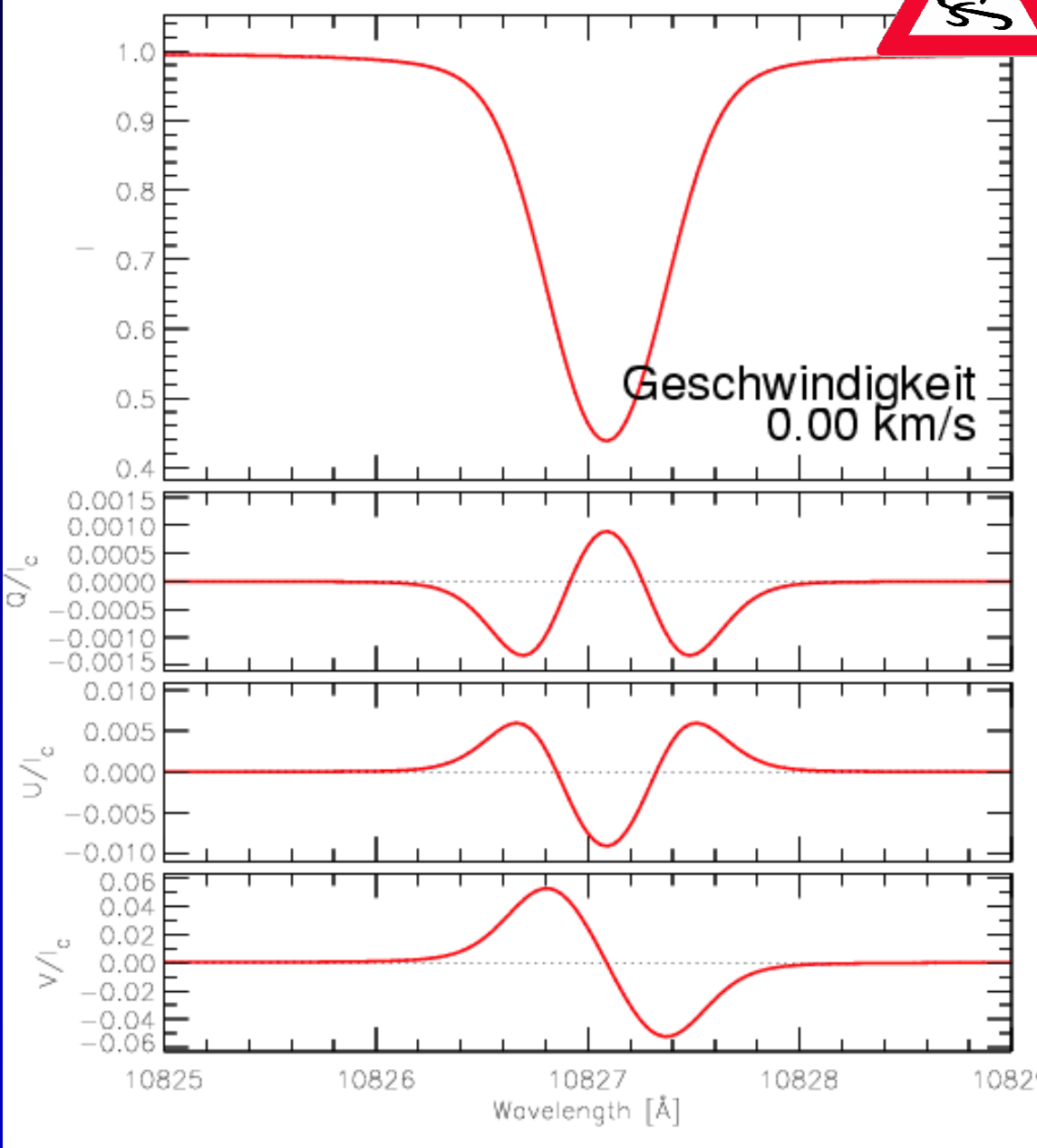


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

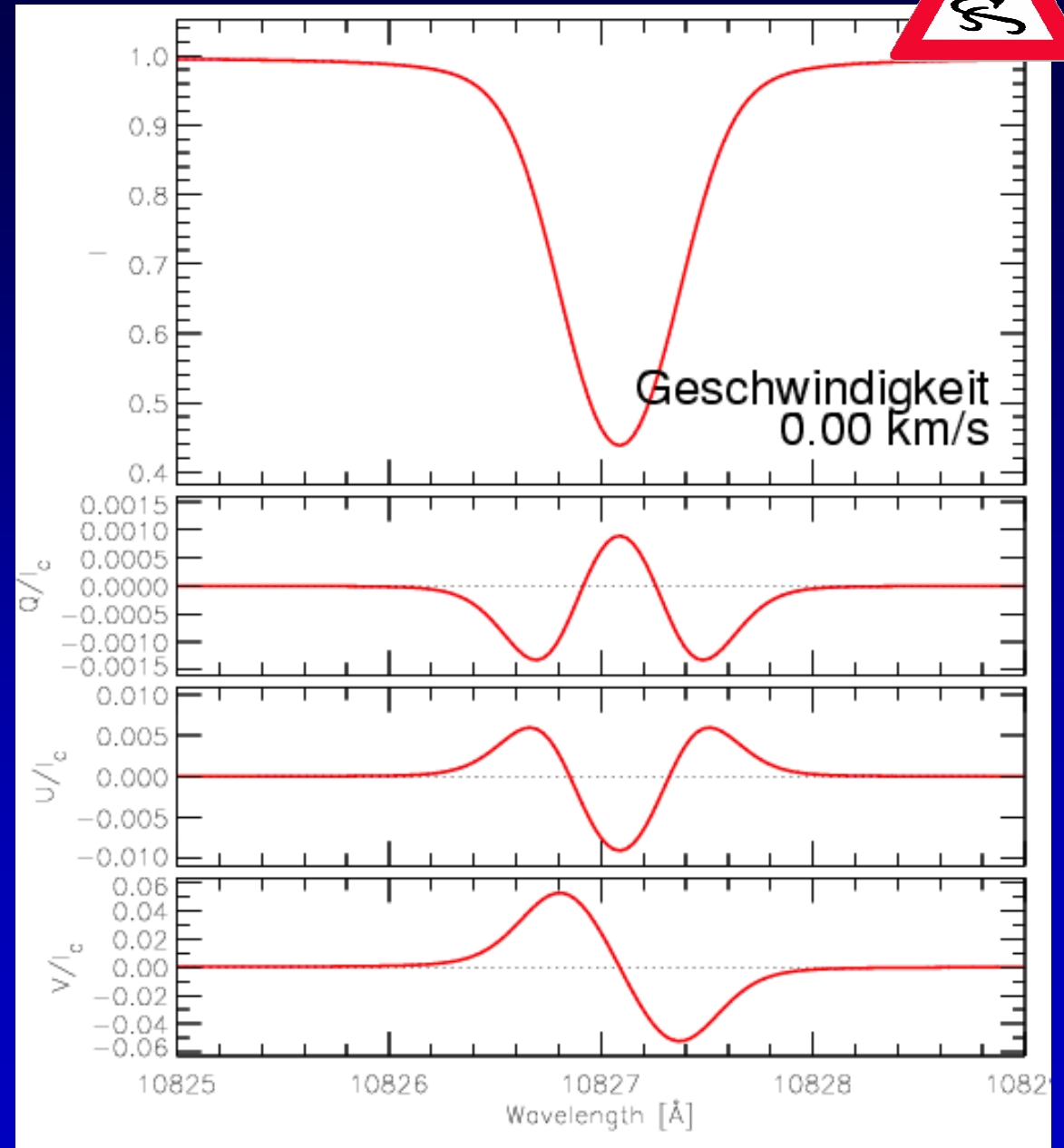


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

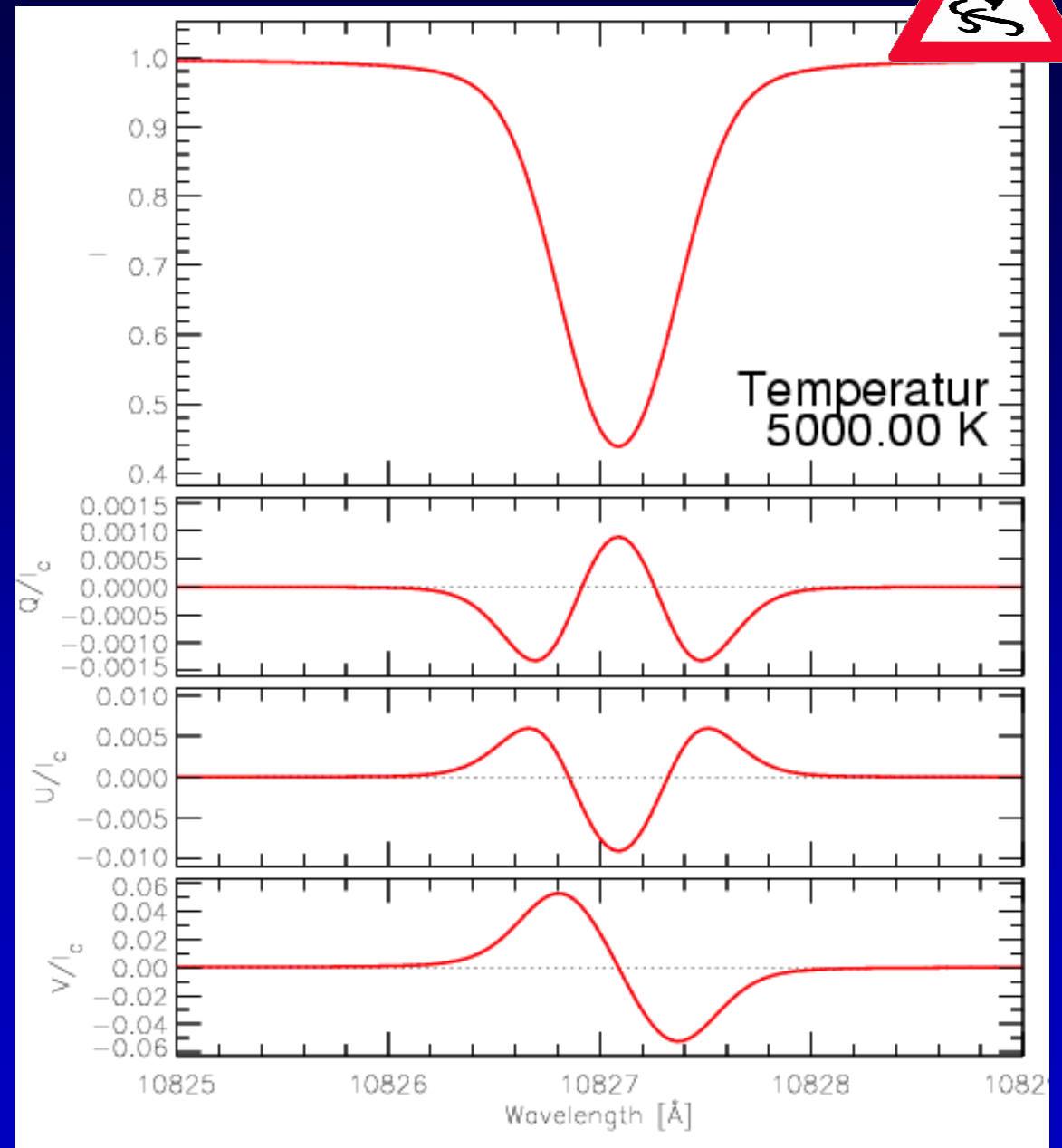


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

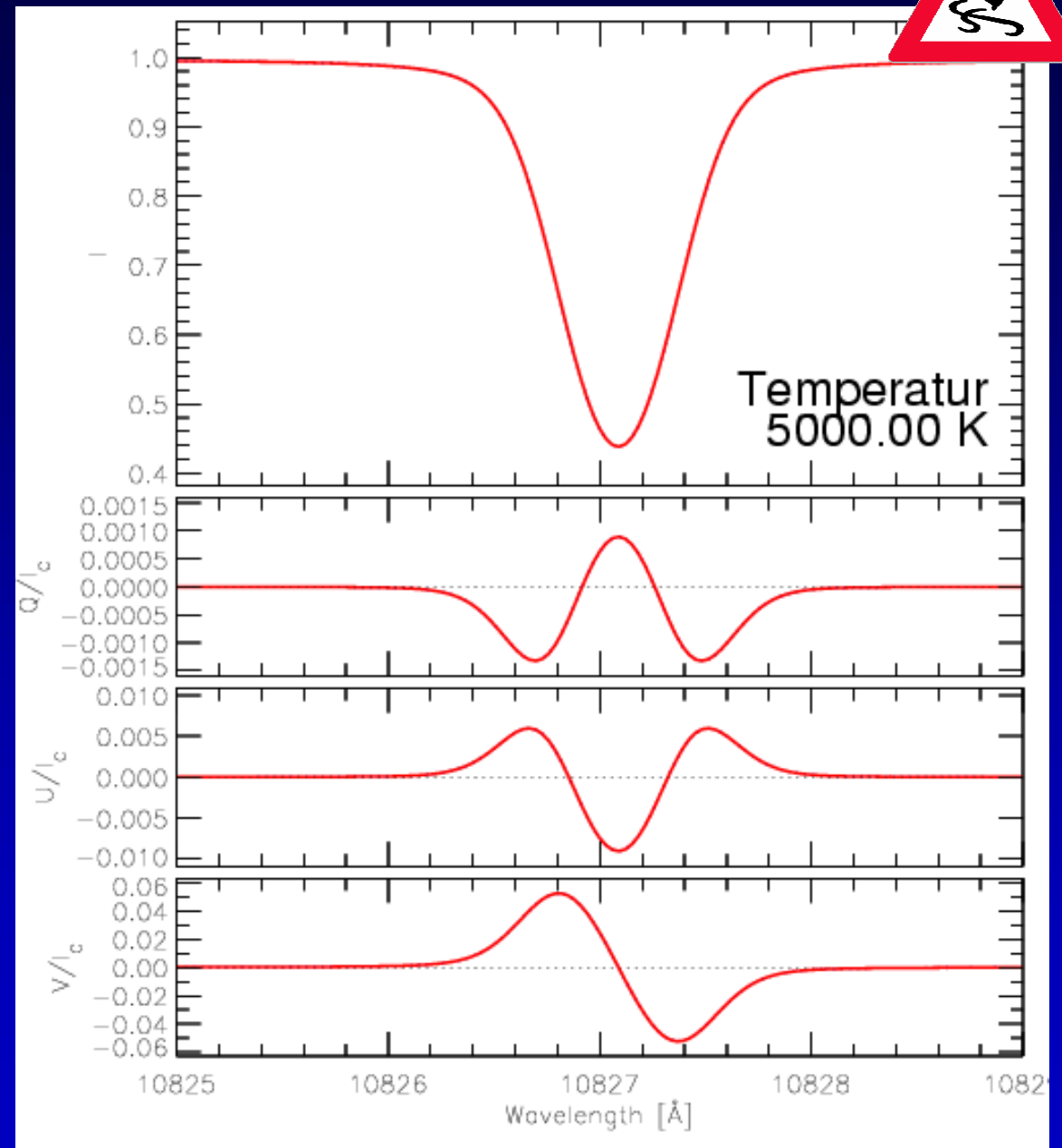


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

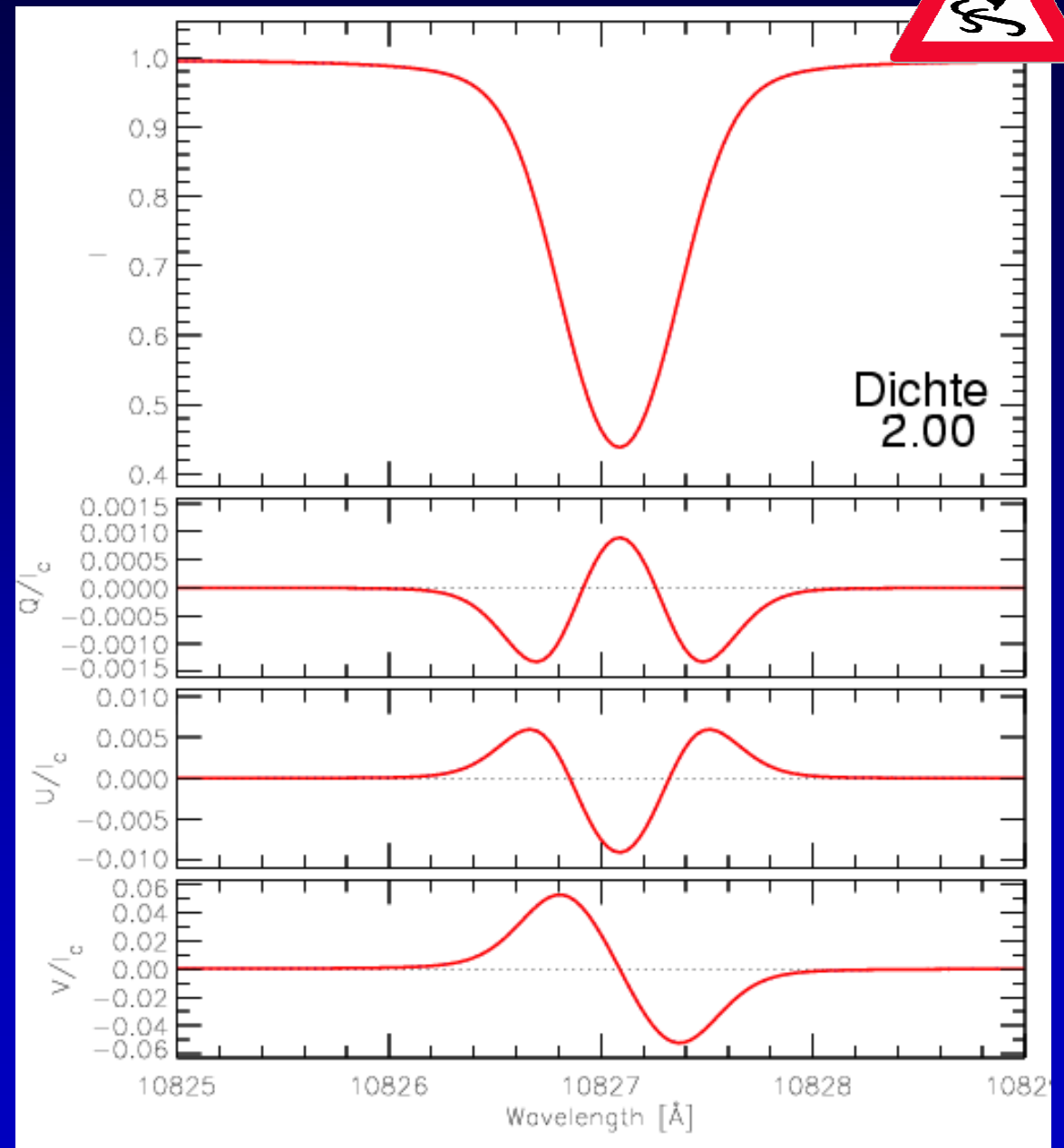


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

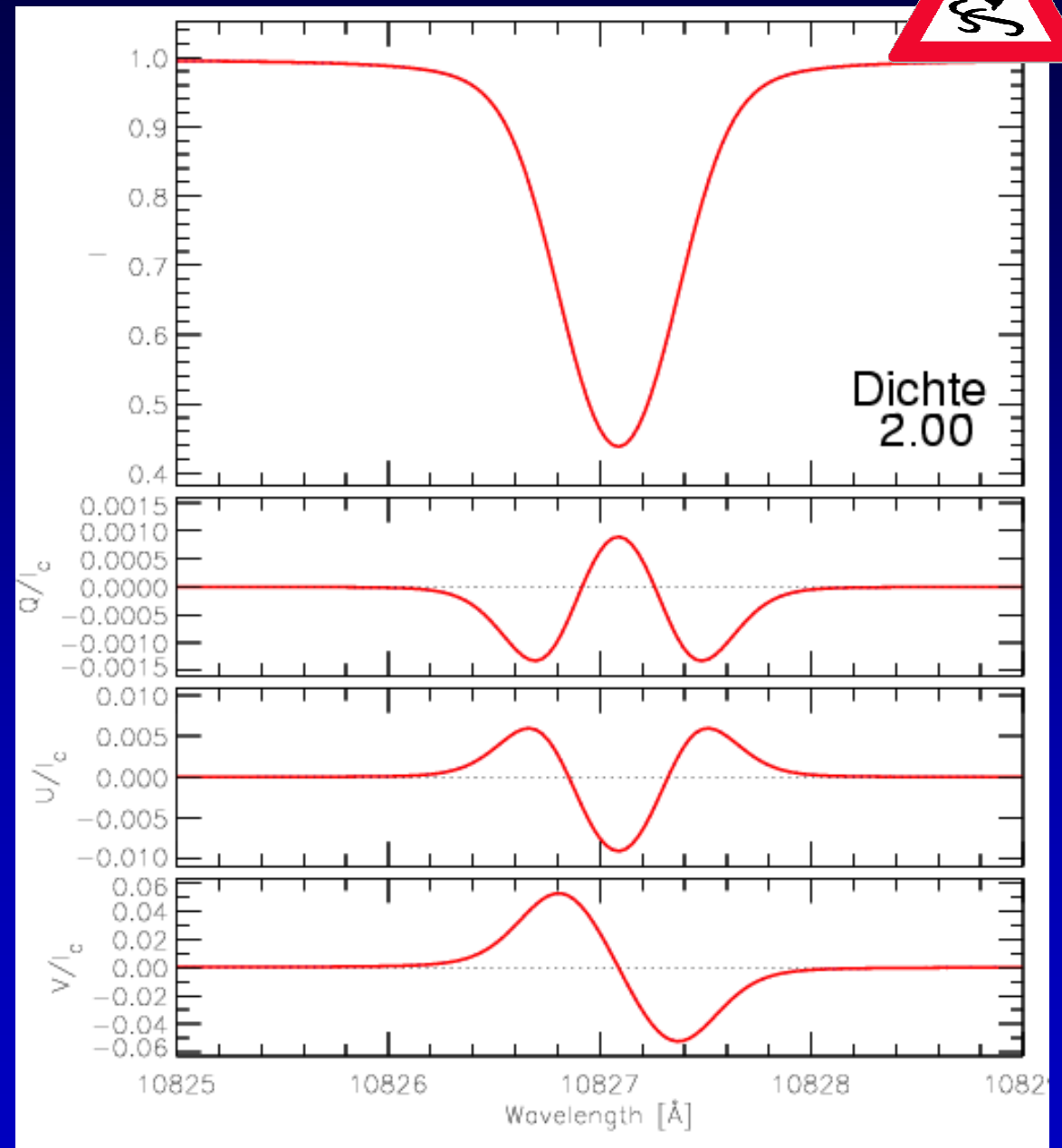


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

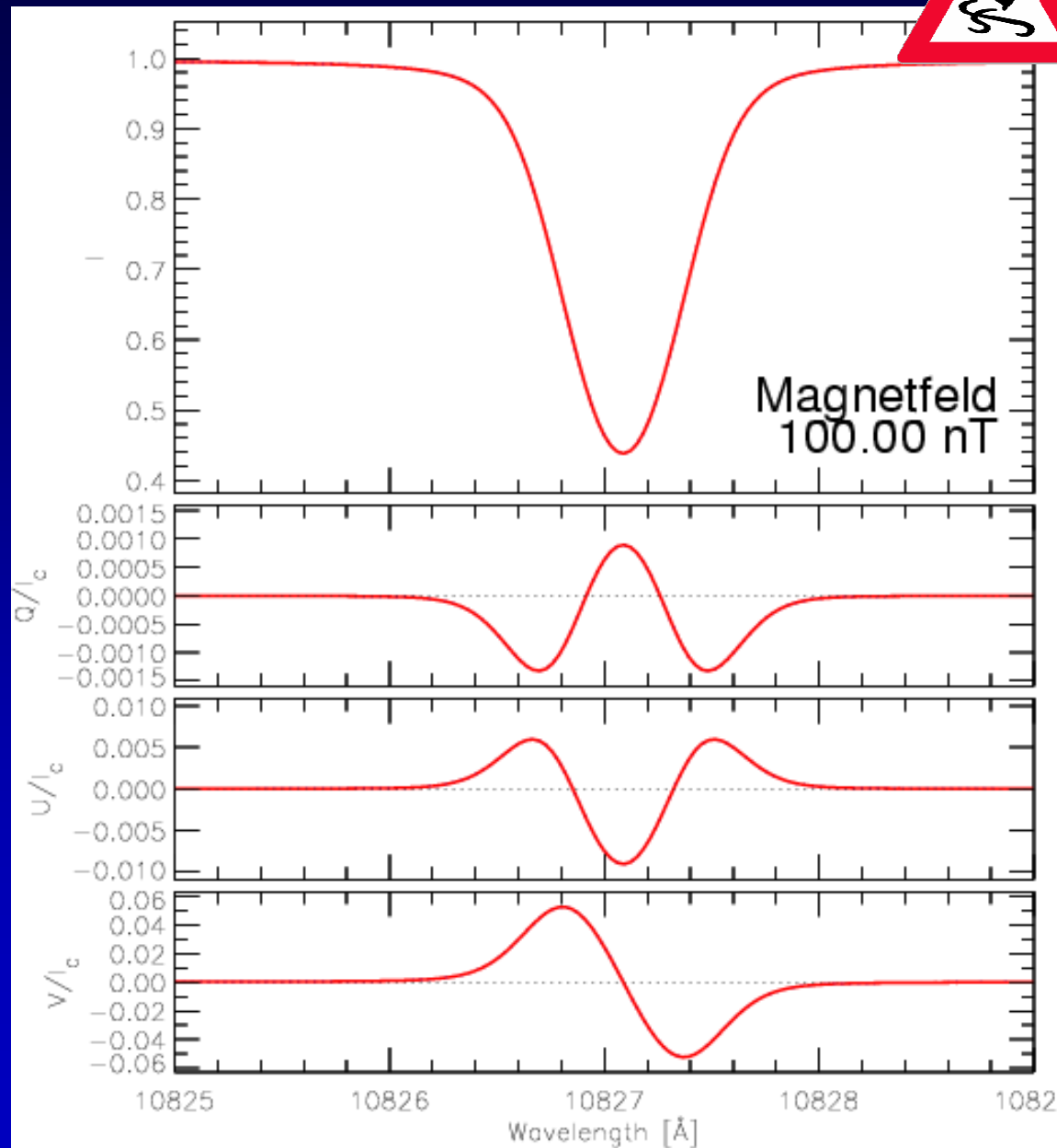


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



Informationen aus Fraunhofer-Linien

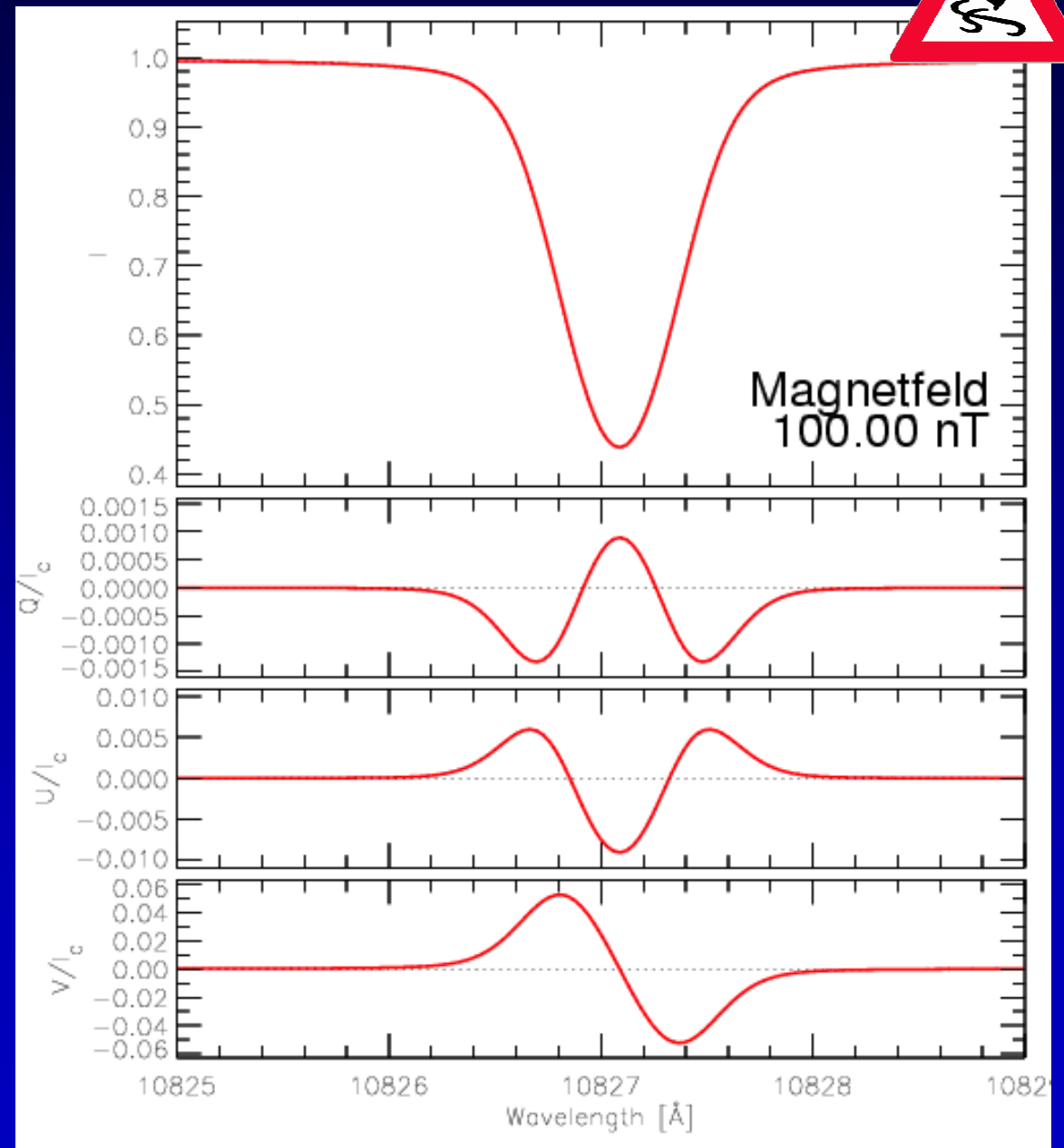


Geschwindigkeiten
(„Winde“, Strömungen)
Doppler-Effekt

Temperatur
(kalt=3500°, heiß=6000°)
Linienbreite

Dichte
(Anzahl, Anreicherungen)
Intensität

Magnetfelder
(Sonnenflecken)
Linienaufspaltung



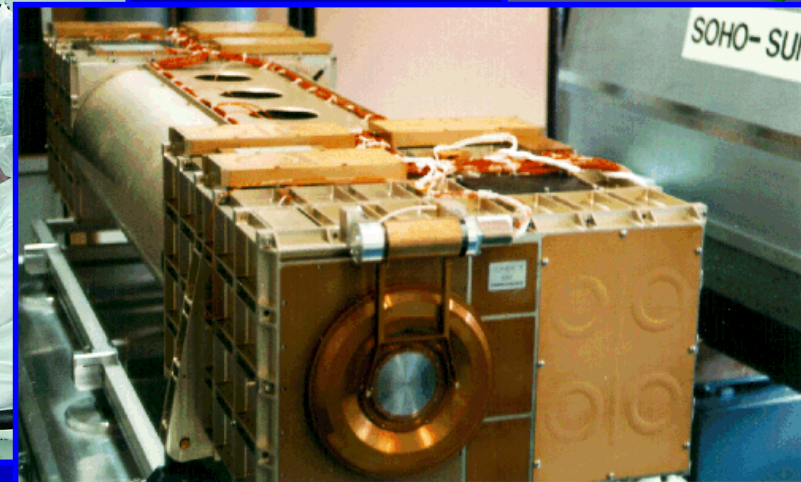
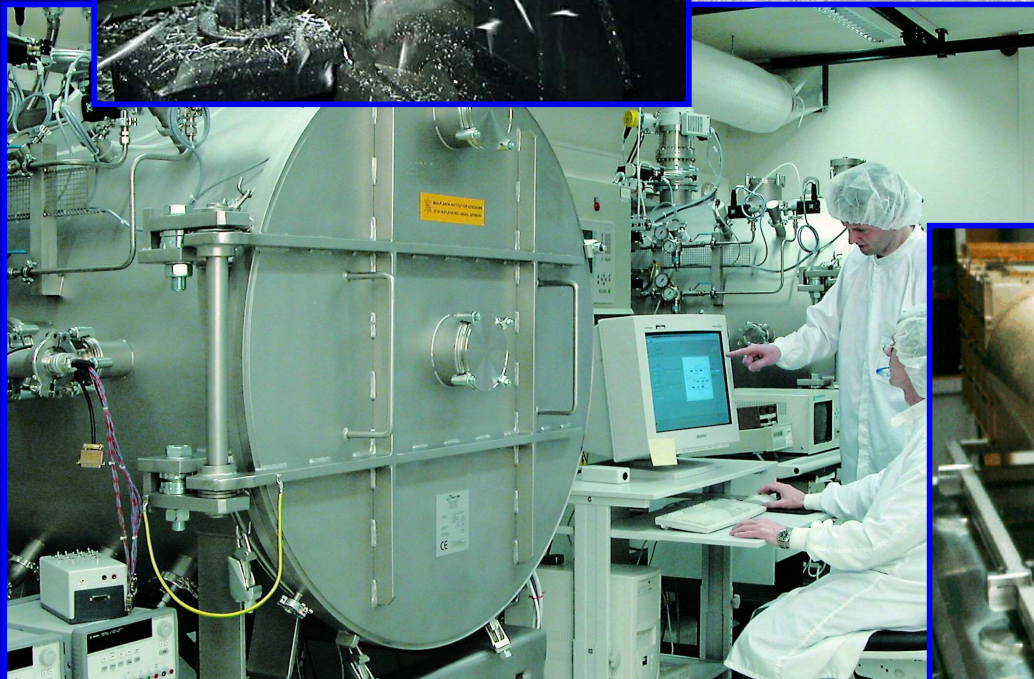
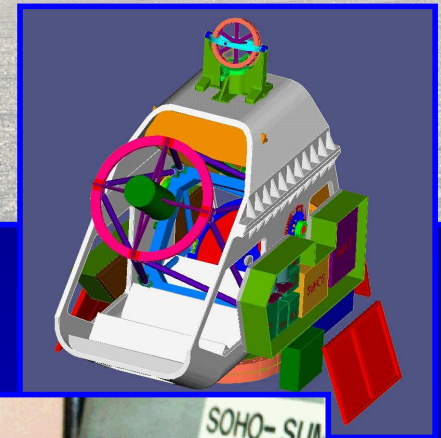
Was passiert in Lindau?

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung

- Gründung: 1948
(MPI für Ionosphärenforschung)
- 1958: Stratosphäre + Ionosphäre = MPI für Aeronomie
- seit 1. Juli 2004: MPI für Sonnensystemforschung



MPS: Instrumentenbau



MPS: Sonnenbeobachtungen

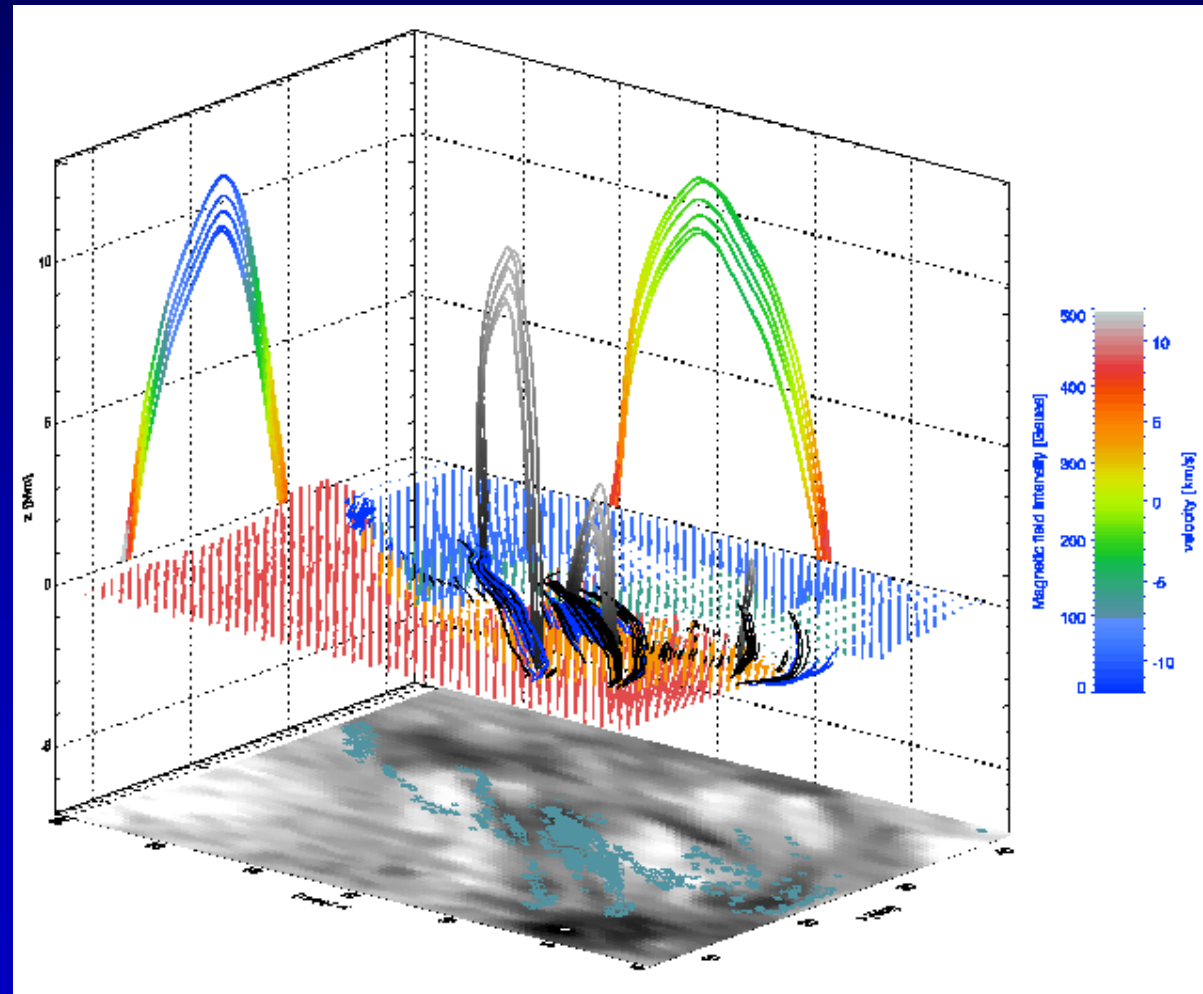
Bodengebundene Beobachtungen



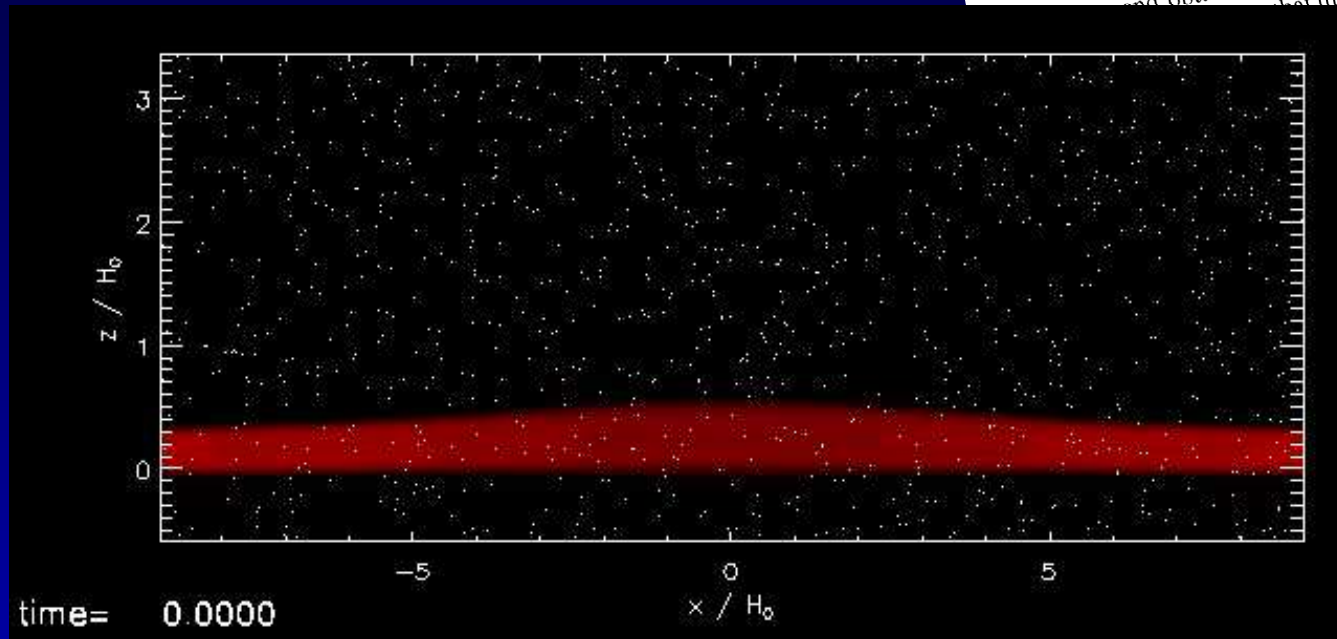
- Teneriffa (Teide-Observatorium)
- La Palma
- Kitt Peak (Kalifornien)
- Locarno (Schweiz)

MPS: Auswertung von Beobachtungen

z.B. Magnetfeldmessungen



MPS: Theorien / Modelle



- Anwendung der Formeln auf Supercomputern
- erlauben Einblicke in die grundlegenden Prozesse
- gesucht: optimale Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung

cated, as presented by Solanki et al. a time consuming non-LTE analysis et al. (1995) the fact that the literature obtain most of their contribution that they can be used to study the velocity at the understanding work concerning the dynamics of Galaxies. In the next step we will use these fits to study the magnetic field with the application to the

$$\frac{\cos 2\chi + U}{V}$$

this approach is best for Q small in the eventhough

through the ratio (e.g. Landi Degl'Infante Eq. (2) is strictly so that it is expected γ , in particular

Therefore, we approach that radiative transfer (2003), as well as the inner, which, however

The spectral line is a spectral Lorentzian Gaussian, Voigt function Landi Degl'Infante and the a

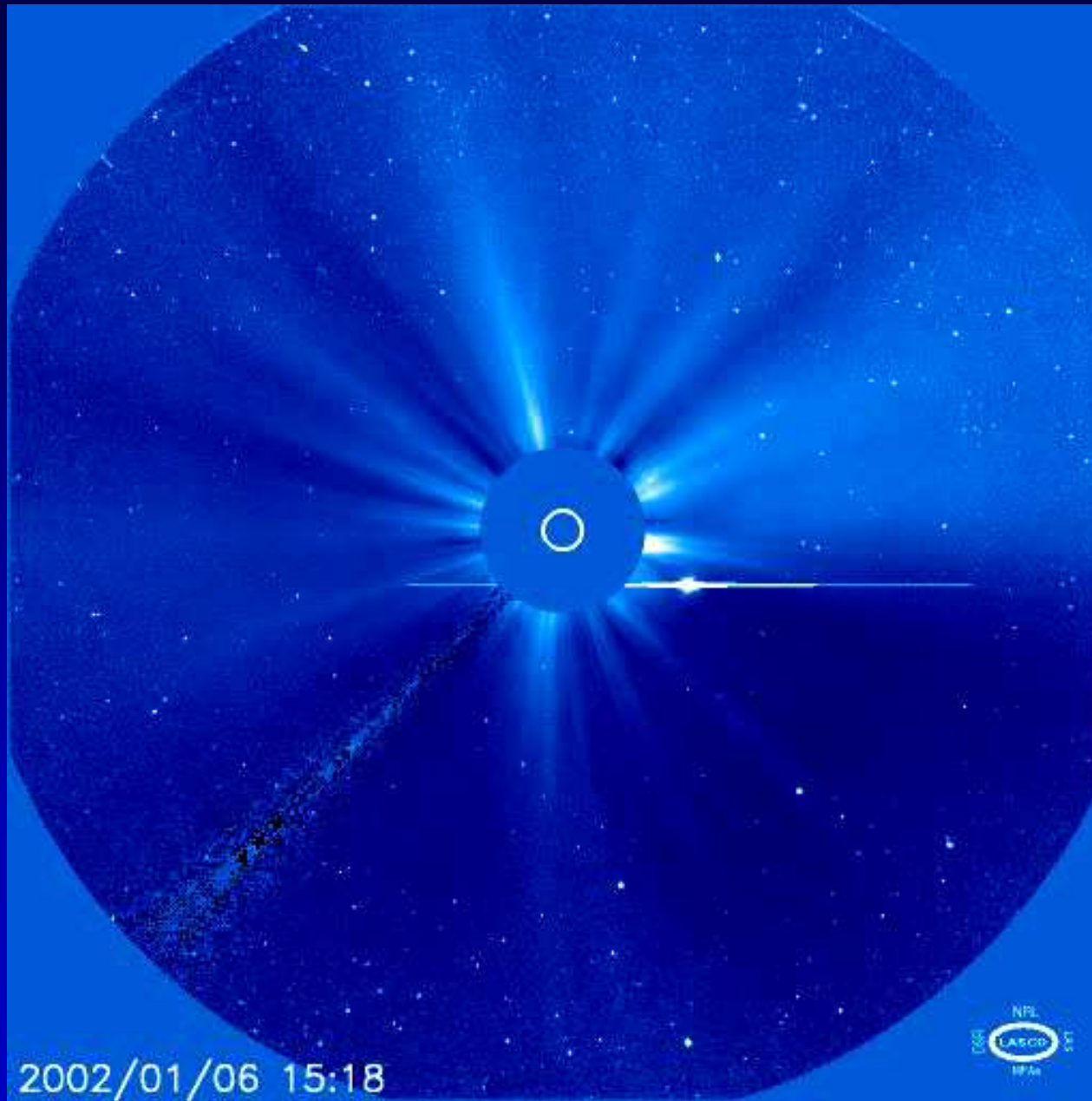
$$\eta_{b,r} =$$

Warum Sonnenforschung?

Sonnenforschung ist **zweckfreie** Grundlagenforschung

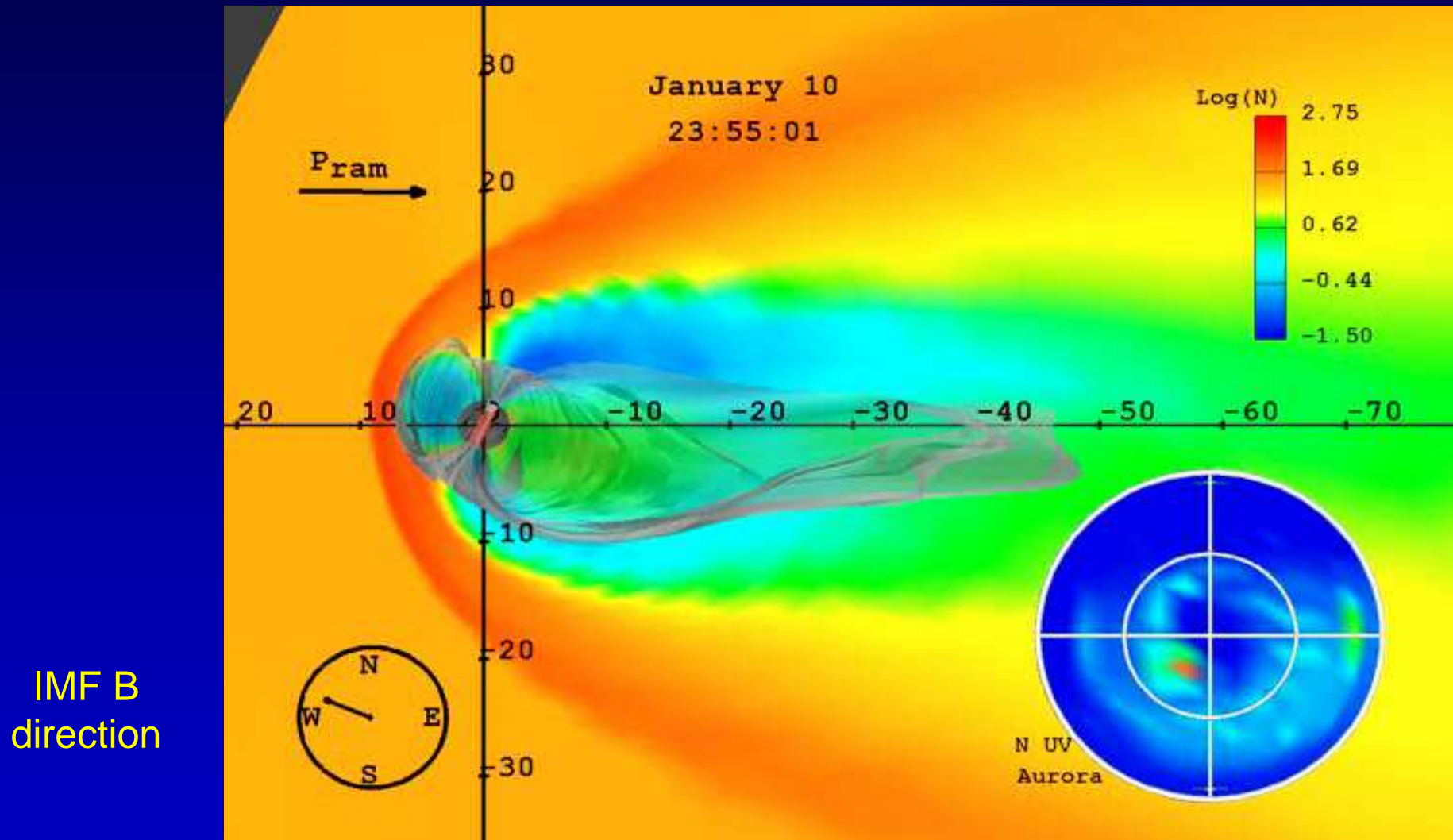
- Forschung ist neugiergetrieben
 - Forschung ist ergebnisoffen
 - Forschung ist nicht produkt- oder gewinnorientiert
- unvermeidbar: Anwendungen
- Sonne als Labor
→ Atomphysik (Laser)
 - Technologieentwicklung
 - „Space Weather“
 - Zusammenhang Sonne-Klima

Sonnensturm: Gefahr für die Erde?



Geomagnetischer Sturm

Simulation: Reaktion der Magnetosphäre auf Massenauswurf von 6.1.97



Avge. solar wind speed: 410 km

Goodrich et al. 1998 GRL

BILD
UNABHÄNGIG · ÜBERPARTEILICH
www.bild.de

Fleischessen erhöht Krebsrisiko

Washington – Wer regelmäßig viel Rind- oder Schweinefleisch isst, erhöht das Risiko an Darmkrebs zu erkranken dramatisch. Forscher der „Amerikanischen Krebsgesellschaft“ (ACS) hatten 150.000 Personen befragt. Ergebnis: Bei den Viel-Fleischessern stieg das Krebsrisiko um 40 Prozent. Warum das Fleisch die Tumorentstehung begünstigt, ist noch nicht bekannt.

NEUES AUTO
Im Web über 700.000 Top-getrauchte
NEUES ZUHAUSE
Immobiliemarkt Der schnelle Weg in die Traumwohnung
NEUER JOB
Stellenbörse Klicken, finden, online bewerben
Heute bei www.bild.t-online.de

Tägliches Bier hält Frauengehirn fit

Washington – Täglich ein Glas Bier oder Wein – und das Gehirn von Frauen bleibt auch im Alter fit und munter! US-Wissenschaftler untersuchen in einer Langzeitstudie 12.480 Frauen zwischen 70 und 81 Jahren heraus: Bei Frauen, die täglich einen Drink zu sich nehmen, läßt das Gedächtnis weniger stark nach als bei solchen, die gar nicht trinken. Die Forscher gehen davon aus, daß dies auch für Männer gilt.

Man sieht sich immer zweimal.

Dieser Sonntag in BILD am SONNTAG: die Bundesligarückrunde im größten Sportteil aller Zeiten.

BILD am Sonntag

SUPER BINGO
14. Spiel 320
121 360
215 394
242 514
46824531
Goldene Zahl

Nazi-Skandal im Landtag

Nazi-Eklat im sächsischen Landtag. Während einer Schweigeminute für die Opfer der NS-Herrschaft verließ die NPD den Saal – Seite 2.

Orkaner Sturm!

Mega-Explosion auf der Sonne! Strahlenbomben prasseln Richtung Erde. Plasma-woiken rasen auf uns zu. Experten befürchten Blackouts von Satelliten, Handys und TV-Geräten. Sogar die Weltwirtschaft könnte abschließen – letzte Seite.

Heidi friert nie...

Heizkostennachzahlung? Also, Heidi ist da kein raus. Sie weiß nämlich, wie echtes Energiesparen geht: Öhrchen immer schön warmhalten. Die empfindlichen Stellen mit einem warmen Hut abdecken. Und wenn's doch mal zu kalt wird, schnell ins Bettchen springen. Rätzlatz – da wird ihr ganz schnell wieder heiß...



Foto: MC PHOTO INT.
Nächste Seite: www.bild.t-online.de

Steinbrück will DNA-Tests ausweiten

Düsseldorf – Nordrhein-Westfalens Ministerpräsident Peer Steinbrück (SPD) hat gefordert, DNA-Tests für alle Straftaten breiter anzuwenden. Steinbrück zu BILD: „Ein Kindermörder darf nicht frei herumlaufen, wenn wir das mit der DNA-Analyse auch für minder schwere Straftaten, die vorher begangen wurden, verhindern können.“ Die Behörden von Daleschützern teilte er nicht. Die DNA-Überprüfung sei wie der Vergleich von „Dokumenten mit chinesischen Schriftzeichen“, Steinbrück verglichen. „Vergleichen wird nur, ob sie übereinstimmen, ohne daß jemand weiß, was sie bedeuten.“

HypoVerleinsbank Milliarden-Verlust

München – Riesen-Minus für die HypoVerleinsbank: Deutschlands zweitgrößte Bank hat 2004 erneut einen Milliarden-Verlust erwirtschaftet. Ursache seien u.a. „faule Immobilienkredite“ in Höhe von 2,75 Mrd. Euro. Es werde nicht mehr damit gerechnet, daß Kunden diese Kredite zurückzahlen.



GEWINNER
Jetzt räumt Audi richtig ab! Nach dem „Goldenen Lenkrod“ von BMW gewinnt der neue Audi A6 jetzt auch den prestigeträchtigen ADAC (15 Millionen Mitglieder) vergebenen „Gelben Engel“ für das beste Auto 2005! Die Leser der ADAC-Motorwelt wählten den Opel Astra und den VW Golf auf die Plätze zwei und drei. BILD meint: Turbo-stark!



VERLIERER
Verteidigungsminister Peter Struck (61, SPD) wurde von seinen eigenen Soldaten nicht erkannt. Bei einem Truppenbesuch in Storkow (Brandenburg) begrüßte die Wache am Tor nur drei uniformierten Oberst, der Struck begleitete. Der Minister blieb gelassen, stellte sich trocken vor: „Mein Name ist Struck, ich bin der Verteidigungsminister.“ BILD meint: Wie war's mit einem Struck-Poster im Spind?

Soviel Heizkosten müssen Sie für 2004 nachzahlen

Größe der Wohnung (m²)	Heizöl (Euro)	Gas (Euro)	Strom (Euro)
30	+77	+46	+14
50	+96	+58	+17
60	+115	+68	+19
70	+134	+80	+22
80	+154	+92	+25
90	+172	+103	+28
100	+192	+114	+32
120	+230	+136	+40
Freistehendes Haus			
120	+243	+131	+48
150	+375	+164	+50

Quelle: Bund der Energieversorger, Deutsche Mieterbund. Regionale Nachzahlungen möglich.

Von JAN W. SCHÄFER Hamburg – Millionen Mieter müssen in den nächsten Wochen mit hohen Nachzahlungen für Heizung und Strom rechnen! Laut Mieterbund drohen Zusatzgaben von bis zu

30 Prozent. Grund: die im vergangenen Jahr deutlich gestiegenen Öl- und Erdgaspreise. BILD sagt, mit welchen Nachzahlungen Durchschnittsmieter für 2004 maximal rechnen müssen: .

NACHRICHTEN

Leserbriefe Seite 6

Gegen Renten-Erhöpfung
Berlin – Sozialministerin Ulla Schmidt (SPD) hat Forderungen nach einer Rentenerhöhung im Sommer als „blanke Effekthascherei“ zurückgewiesen.

EU-Kommission verurteilt Brüssel
Die neue EU-Kommission unter Präsident José Manuel Barroso ist vor dem Europäischen Gerichtshof in Luxemburg verurteilt worden.

Geheimtransport auf Estonia
Stockholm – Eine schwedische Untersuchung hat bestätigt, daß auf der verunglückten Fähre Estonia (852 Tote) geheime Elektroausrüstungen des sowjetischen KGB transportiert wurden. Das Material sei allerdings nicht explosiv gewesen.

Feuer in Atomkraftwerk Budapest
in ungarischen Atomkraftwerk Paks brach abends ein Feuer aus. Der Brand wurde schnell gelöscht.

Französisch beliebt
Wiesbaden – Die deutschen Schüler stehen auf Französisch als Fremdsprache. Laut Statistischem Bundesamt nahmen 2004 rund 1,6 Millionen Jugendliche am Französisch-Unterricht teil.

DRK-Hospital fertig
Colombo – Das mobile Krankenhaus des DRK in den Flutgebieten von Sri Lanka ist fertig aufgebaut. Es kann täglich 500 Patienten behandeln.

Fötus 50 Jahre in Mutter
Hanoi – Ärzte haben in Vietnam einer Frau (75) einen 50 Jahre alten Fötus herausoperiert. Das Baby war 45 cm lang und wog 2,1 Kilo.

Schiffs-Crash auf Bosphorus
Istanbul – Bei dichtem Nebel kollidierte auf dem Bosphorus eine voll besetzte Personenfähre mit einem leeren Tankerschiff. Drei Passagiere wurden leicht verletzt.

Börse
Frankfurt/M. – Xetra Dax: 4216 (-4), Euro: 1,2965 (1,2936) Dolar: Kilobaren Gold: 10 475 (r. 15).

Sonabend TV-TIPS Sonntag

„Wetten, dass...?“ Show
Das erste „Wetten, dass...?“ kommt in diesem Jahr aus Hannover. Thomas Gottschalk präsentiert mit Gerard Depardieu, Sag-Tenor Placido Domingo und Musical-Komponist Andrew Lloyd Webber. Dazu gibt's die neue Popkönigin Joss Stone (17) – und natürlich spannende Wetten! Werden Sie „Wetten, dass...?“-Superstar! Alles über die Gewinn-Aktion auf S. 6
ZDF, 20.15 Uhr

„Die Burg“ Reality-Show
Zehn Promis ziehen auf eine Mittelaltersburg in Österreich. Die einen leben bereits als Adlige, der Rest schließt in Armut. Sonya Kraus und Ebon modernisieren das Spektakel. Als Kandidaten u. a. dabei Prinz Friedrich von Ahlert und Comedy-Star Tanja Schwanert.
Pro Sieben, 22.30 Uhr

Landpartie für 4,99 €

Siegfried Lenx
So zärtlich war Süßkyken

Die BILD Bibliothek: Jede Woche ein neuer Bestseller!

Jetzt im Buch- und Zeitschriftenhandel.

BILD Dir Deine Meinung!

Wird unsere liebe Sonne jetzt böse?

Dieser gigantische Strahlungsturm gefährdet den Schutz der Erde

Der größte Sonnenfleck, der je gemessen wurde. Auf der Sonnenoberfläche ist es 6000 Grad heiß. In diesem Explosionskern aber herrschen unvorstellbare zwei Millionen Grad Celsius

Der Riesenknall auf der Sonne! Ein Fleck von der Größe Jupiters ist explodiert – 318mal so groß wie die Erde!

Die Eruption entfesselt eine Plasmawolke, gespickt mit Milliarden elektrischer Teilchen. Jetzt rast der Strahlungshagel auf die Erde zu.

Sonnenphysiker Rainer Schwenn (62) vom Max-Planck-Institut in Katlenburg (Niedersachsen): „Gewöhnlich benötigen diese Wolken vier Tage, um die 150 Millionen Kilometer zurückzulegen. Heute erreichen sie die Erde in nur zwei Tagen. Der Einschlag der Teilchen wird die Erde umhüllen.“

Sonnenwinde den Aufprall der normalen kosmischen Strahlung auf die Erde. Resultat: Weniger Wassertröpfchen bilden sich in der Atmosphäre – es regnet nicht. Sonneneruptionen können sogar die Weltwirtschaft gefährden. Schon vor 150 Jahren hat der englische Ökonom Stanley Jevons bewiesen: Verlängert sich die Eruptionsphase, drohen Dürren, Missernten und weniger Wohlstand.

heißt das die Erde auf? Ja. Eine aktive Sonne strahlt härter – es wird wärmer. Auch verhindern diese

gen. Heute erreichen sie die Erde in nur zwei Tagen. Der Einschlag der Teilchen wird die Erde umhüllen.“

... ist eigentlich nur alle 11 Jahre zu erwarten. Die Phase aber, die sich in den nächsten 5 Jahre verlängert, ist ein Zeichen dafür, dass die Sonne in eine aktive Phase übergeht. Ja. Eine aktive Sonne strahlt härter – es wird wärmer. Auch verhindern diese

Nein!

Liebe ist...

... sich nicht länger als für einen Kuß voneinander trennen zu wollen.



Deutscher Tourist überfährt Ehefrau

Wellington – Tragischer Unfall im Urlaub: Auf einem Parkplatz in Wellington (Neuseeland) fuhr ein deutscher Tourist (74) seine Ehefrau (64) tot. Sie hatte ihn in eine Parklücke dirigieren wollen, als der Mann von der Bremse abrutschte und auf Gaspedal trat.

Der US-Präsident geht auf Schmuse-Kurs

Von TOM JUNKERSDORF

Washington – Amerika feiert sie schon als die neuen Kennedys. Das Power-Couple George W. Bush (58) und Ehefrau Laura (58), die reichste Ehefrau der Welt, im...
 Yorks Edeldesigner Oscar de la Renta (10 000 pro Kleid) schneidert für sie Maß. Sie ist Haferbrei mit Früchten, macht Yoga, st...
 Tanz in die zweite Amtszeit: US-Präsident



Mafia tötet sechs Knast-Aufseher

Mexico-City – Die Drogenmafia schlug blutig zurück. In der mexikanischen Grenzstadt Matamoros wurden in einem Geländewagen sechs ermordete Aufseher eines Hochsicherheitsgefängnisses gefunden. Erst in der letzten Woche hatte die mexikanische Bundespolizei die Kontrollen in dem Gefängnis verschärft: Jahrelang hatten Insassen dort Aufseher geschmiert.

DAS **WETTER**

Für Samstag 22. Januar 2005