



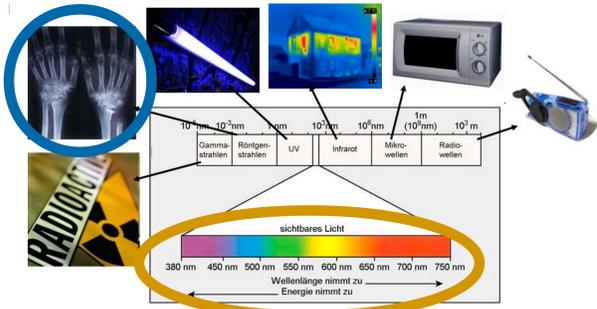
# Untersuchung der Variabilität von Zwergsternen mit Weltraumteleskopen

Stefanie Rätz, Martina Coffaro & Beate Stelzer

Institut für Astronomie und Astrophysik

## 1 Spektrum elektromagnetischer Wellen

Das Licht, das der Mensch mit den Augen sehen kann, ist nur ein kleiner Ausschnitt des gesamten elektromagnetischen Spektrums. Zu diesem gehören auch das infrarote und ultraviolette Licht, Mikrowellen, Radiowellen, Röntgenstrahlung und Gammastrahlung. Die verschiedenen Arten der elektromagnetischen Strahlung unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre Wellenlänge.

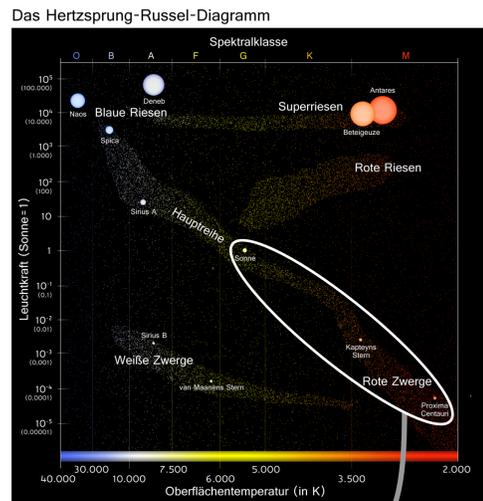


Messungen bei verschiedenen Wellenlängen erlauben Rückschlüsse auf die Eigenschaften der aussendenden oder absorbierenden Lichtquelle. In unseren Projekten beobachten wir sowohl im **optischen** als auch im **Röntgenlicht**, was es uns ermöglicht, verschiedene Bereiche der Sternatmosphären zu untersuchen.

## 2 Zwergsterne

Sterne haben unterschiedliche Temperaturen und sind unterschiedlich hell. Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Leuchtkraft ist im sogenannten Hertzsprung-Russell-Diagramm dargestellt.

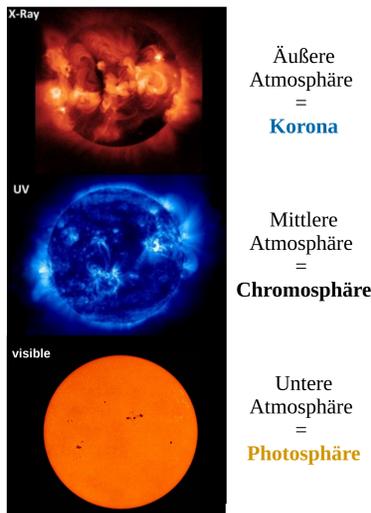
Die meisten Sterne liegen in einem schmalen, bandähnlichen Bereich, die sogenannte Hauptreihe. Sterne auf der Hauptreihe, werden als **Zwergsterne** bezeichnet. Je schwerer ein Stern ist, desto heißer und desto heller ist er. Die maximale Intensität ihres Lichtes senden heiße Sterne im blauen Wellenlängenbereich aus. Daher erscheinen sie uns blau. Je leichter die Sterne werden, desto kühler werden sie und desto schwächer leuchten sie. Das Maximum der Lichtintensität verschiebt sich immer weiter in den roten Wellenlängenbereich. Daher werden die kühlen, massearmen Sterne am unteren Ende der Hauptreihe auch "**Rote Zwerg**" genannt. Unsere Sonne befindet sich etwa in der Mitte der Hauptreihe und wird als **gelber Zwergstern** bezeichnet. Solche sonnenähnliche Sterne sind recht selten, noch massenreichere Sterne sind noch seltener. Die meisten Sterne im Universum (3/4 aller Sterne) sind die massearmen Roten Zwerg. Auch der nächste Stern zur Sonne, Proxima Centauri, ist ein Roter Zwerg.



In unseren Projekten untersuchen wir die Variabilität von Zwergsternen im mittleren und unteren Teil der Hauptreihe bei verschiedenen Wellenlängen.

## 3 Stellare Aktivität

Unter "**stellare Aktivität**" versteht man eine Vielfalt von Phänomenen, die sich an oder über der Oberfläche eines Sternes, in der sogenannten Atmosphäre, abspielen. Durch Beobachtungen bei verschiedenen Wellenlängen kann man verschiedene Schichten der Sternatmosphäre studieren. Stellare Aktivität wird durch starke und veränderliche Magnetfelder hervorgerufen. Der für dessen Entstehung verantwortliche Dynamo-Effekt wird u.a. durch die Rotation des Sterns getrieben. Da die Rotationsgeschwindigkeit eines Sternes im Laufe der Zeit abnimmt ändert sich auch die Aktivität der Sterne im Laufe ihres Lebens.

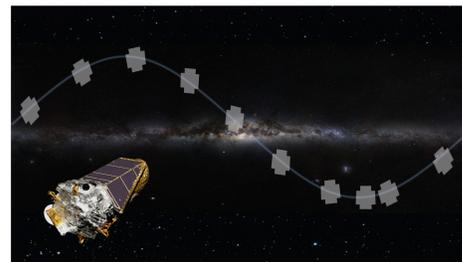


**Aktivitätsphänomene die unsere Gruppe untersucht:**

- **Sternflecken**
- **Aktivitätszyklen der Röntgenstrahlung**

## Das Kepler/K2 Weltraumteleskop

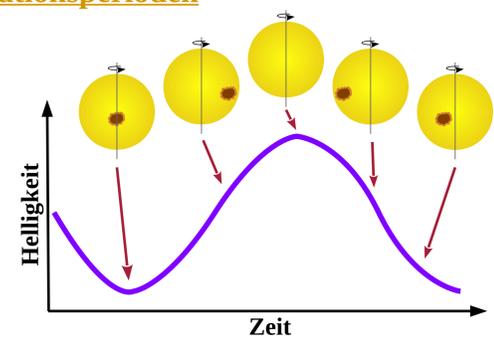
Das K2 Projekt ist eine Forschungsmission der NASA, welche im Mai 2013 als Erweiterung des 2009 gestarteten Kepler Weltraumteleskops entwickelt wurde. Die K2 Mission besteht aus einem 95 cm optischen Teleskop und einer Anordnung aus 42 CCD-Sensoren, mit denen alle 30 min ein Bild aller Sterne in einem 105 Quadratgrad großen Gesichtsfeld aufgenommen wird.



Die Mission ist in "Kampagnen" unterteilt, bei denen verschiedene, um die ekliptische Ebene verteilte, Felder beobachtet werden. In den einzelnen "Kampagnen" wird für ~80 Tage kontinuierlich die Helligkeit von ~20000 Sternen überwacht und nach kleinsten Veränderungen gesucht. Das Ziel der Untersuchungen ist es, Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, sogenannte Exoplaneten, zu identifizieren, die Rotation sowie die innere Struktur der Sterne zu messen.

## Bestimmung von Rotationsperioden

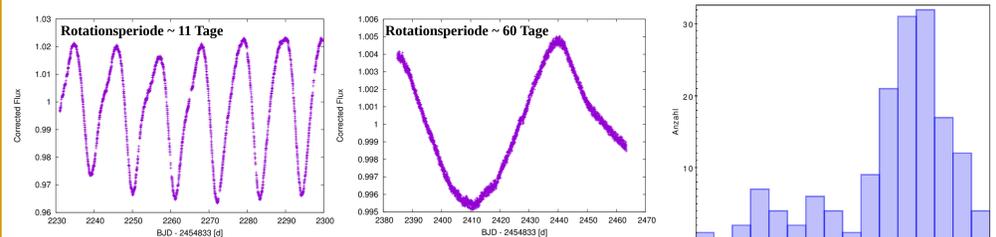
Sternflecken sind Regionen in der **Photosphäre**, die etwas kühler sind als ihre Umgebung. Daher erscheinen sie uns als dunkle Flecken auf der Sternoberfläche. Sternflecken können nur bei der Sonne direkt beobachtet werden (Sonnenflecken, zu sehen im unteren Bild in Box 3). Bei anderen Sternen können sie nur indirekt nachgewiesen werden. Befindet sich ein Fleck auf einem rotierenden Stern, verändert sich seine Helligkeit wie in der Abbildung gezeigt. Die Sternflecken verursachen eine periodische "Lichtkurve". Durch die Beobachtung der Lichtkurve kann die **Rotationsperiode** des Sterns bestimmt werden.



Schematische Darstellung des Entstehung des Rotationslichtwechsels

## Rotationsperioden von Roten Zwergen gemessen mit K2

Unsere Untersuchungen basieren auf einem Katalog, welcher alle **Roten Zwerge** in der Nachbarschaft der Sonne enthält. Da die Helligkeitsschwankungen bei vielen Roten Zwergen sehr gering ist, kann die Variabilität nur mit der hohen Genauigkeit eines Weltraumteleskops gemessen werden. Von März 2014 bis Juli 2016 haben wir insgesamt 219 helle ( $V < 15\text{mag}$ ), nahe (maximal ~350 Lichtjahre von der Sonne entfernt) Rote Zwerge mit dem K2 Weltraumteleskop in neun "Kampagnen" beobachtet. Bei 154 der 219 Roten Zwerge konnten wir den typischen Rotationslichtwechsel in den Lichtkurven identifizieren und eine **Rotationsperiode** bestimmen. Die Lichtkurven für zwei Rote Zwerge sind hier als Beispiel zu sehen.



Die hier dargestellte Häufigkeitsverteilung zeigt, wieviele Sterne eine Rotationsperiode in einem bestimmten Periodenbereich haben. Ein Ergebnis dieser Studie ist, dass etwa 80% der gefundenen Rotationsperioden länger als 10 Tage sind!

## Das Röntgenteleskop XMM-Newton

XMM-Newton ist ein Weltraumteleskop der ESA für Beobachtungen im Röntgen-Bereich, welches 1999 gestartet wurde. Da die Erdatmosphäre nicht für Röntgenstrahlen durchlässig ist, kann nur ein Teleskop im Weltraum kosmische Röntgenquellen untersuchen. Die XMM-Newton-Mission hilft Wissenschaftlern, eine Reihe von kosmischen Mysterien zu lösen, die von den rätselhaften Schwarzen Löchern bis zu den Ursprüngen des Universums reichen. Die hochauflösenden Kameras erlauben zudem detaillierte Studien der Röntgenvariabilität von stellaren **Koronen**.



## Röntgenaktivität der Sonne



Die **Korona** ist die äußerste Schicht der Sternatmosphäre in welcher Temperaturen von einigen Millionen Grad Celsius herrschen. Durch die extrem hohen Temperaturen "leuchtet" die Korona im Röntgenlicht. Die Strahlung ist stark variable, da sie zum einen ungleichmäßig auf der **Korona** verteilt ist, zum anderen aber auch starken zeitlichen Helligkeitsvariationen unterworfen ist. Besonders bekannt ist die Röntgenaktivität der Sonne. Die Intensität ihrer Röntgenstrahlung variiert alle 11 Jahre in einem periodischen Zyklus, der als **Sonnenzyklus** bezeichnet wird. Der Ursprung der Sonnenzyklus ist die Änderung des Magnetfeldes der Sonne.

## Aktivitätszyklen junger Sterne

Bei anderen Sternen kann die **Korona** nicht direkt beobachtet werden. Um die Frage zu beantworten, ob auch andere Sterne Aktivitäts-/Magnetfeldzyklen haben wie unsere Sonne, wird nach periodischen Helligkeitsänderungen des Röntgenlichtes gesucht. Bisher ist eine Detektion der Röntgen-Variabilität nur bei vier Sternen gelungen, z.B. bei iHor, dessen Zyklus hier zu sehen ist. Der Stern iHor ist besonders interessant, da er ein Beispiel für die junge Sonne ist. Er ist etwa 10x jünger als die Sonne und befindet sich gerade in dem Alter, in dem die Sonne war, als das Leben auf der Erde entstand. Stellare Aktivität könnte einen wesentlichen Einfluss auf die Entstehung des Lebens haben. Unsere Gruppe sucht nach **Aktivitätszyklen** solcher jungen sonnenähnlichen Sterne.

