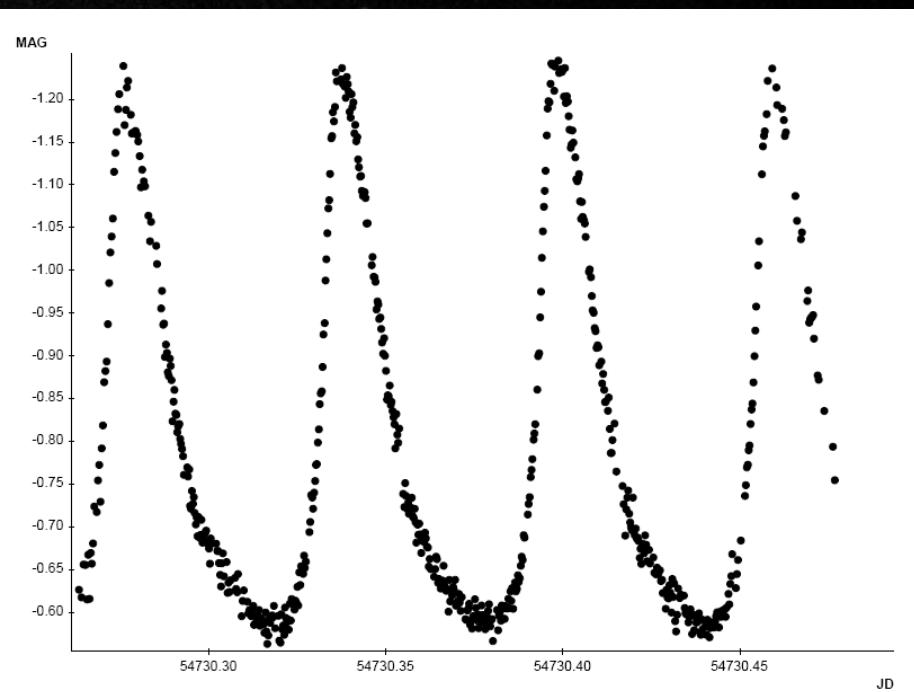


Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit mit einer astronomischen Methode

Ein Projekt am Realgymnasium
Schuljahre 2008/09/10



Geschichtliches

Im Jahre 1644 wurde der dänische Astronom Ole Römer geboren, der Mann der als Erster in der Geschichte der Wissenschaft die Frage klären sollte, ob sich Licht mit unendlicher oder doch mit einer endlichen Geschwindigkeit ausbreitet. Er benutzte dazu Tabellen zur Vorhersage von Verfinsterungen der Jupitermonde. Diese Tabellen waren dazu gedacht die Navigation auf hoher See die in der damaligen Zeit ein wichtiges und unbefriedigend gelöstes Problem war zu erleichtern. Die Idee war, dass ein Kapitän aus einer Beobachtung einer Verfinsterung auf hoher See durch Abgleich mit der Tabelle die aktuelle Uhrzeit ermitteln konnte. Ole Römer fiel bei seinen eigenen Beobachtungen auf, dass die Verfinsterungen nicht immer zur vorhergesagten Zeit auftraten, sondern dass es eine systematische Abweichung gab.

Geschichtliches

Er analysierte diese Abweichung und interpretierte sie richtig als einen Effekt, der durch die endliche Geschwindigkeit des Lichtes hervorgerufen wurde. Aus dieser Arbeit lässt sich der Wert der Lichtgeschwindigkeit zu 227.000 km/s bestimmen. Der korrekte Wert liegt bei 300.000 km/s. Im Jahre 1676 publizierte er seine Ergebnisse.

Ole Römer starb im Jahre 1710 in Kopenhagen.



Ole Römer

Unser Ziel

Die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit ist in einem Schullabor in der Regel zu aufwändig und nicht vorgesehen. Die dafür notwendige Apparatur ist ausgesprochen groß und wird auch von einschlägigen Firmen nicht angeboten.

Unser Ziel ist es die Lichtgeschwindigkeit experimentell zu ermitteln, wobei eine astronomische Methode zum Einsatz kommen soll, ähnlich zur Methode Römers.

Das hoffentlich ansprechende Ergebnis wird dokumentiert und die Ergebnisse werden veröffentlicht.

Die Methode

Die Methode basiert auf einer Idee, die der Astronom Alfred Jensch im Jahre 1936 hatte. Er bemerkte, dass der Stern CY Aquarii (also ein Stern im Sternbild Wassermann) periodisch seine Helligkeit änderte. Die Periode der Helligkeitsvariation war ausgesprochen kurz und konstant. Man kann den Stern damit im Prinzip als eine sehr genau gehende Uhr in sehr großer Entfernung auffassen.

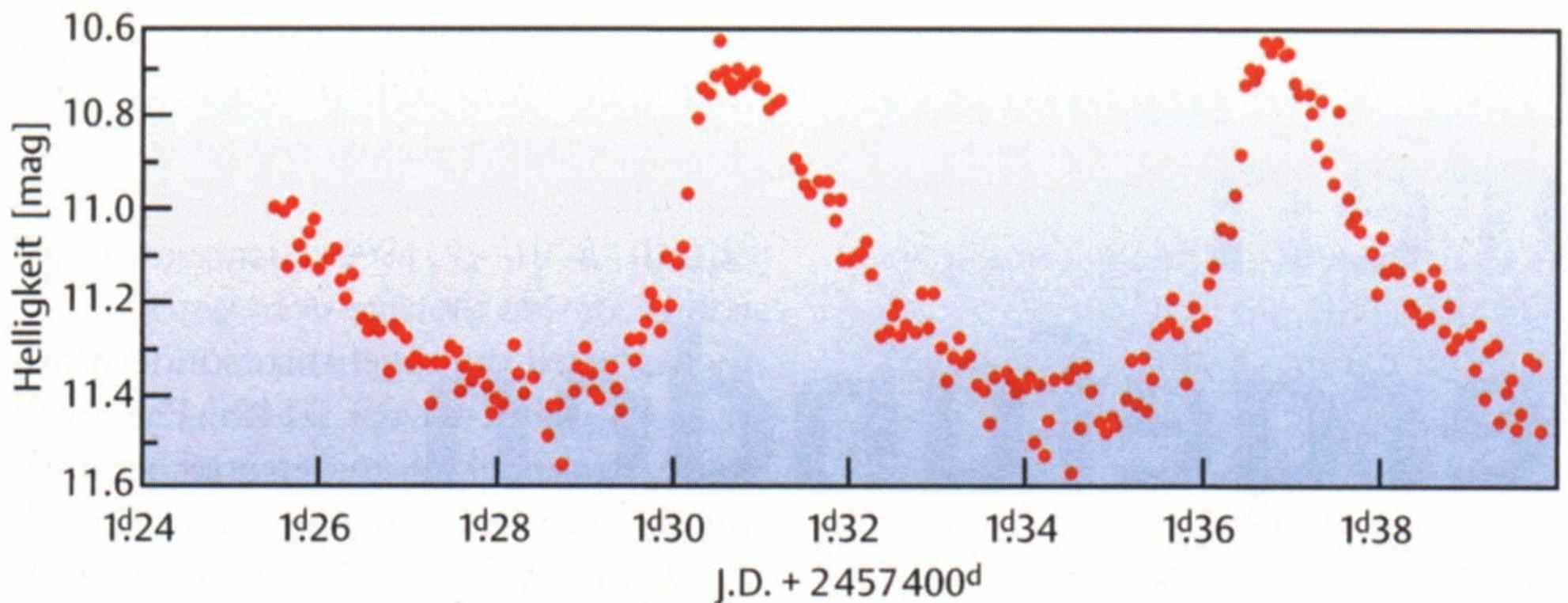
Eine Lichtkurve die den Helligkeitswechsel von CY Aquarii zeigt findet man auf der nächsten Folie.



Alfred Jensch

Die Methode

Lichtkurve aufgenommen von Schirmer J. im Jahr 2001.



Die Methode

Jedes der gezeigten Helligkeitsmaxima kann als Gongschlag einer Uhr aufgefasst werden, der aus großer Entfernung gehört wird. Befinden sich Uhr und Zuhörer an festen Positionen, ist der Gongschlag absolut regelmäßig.

Entfernt sich der Zuhörer aber von der Uhr, so müssen die Gongschläge dem Zuhörer „hinterherlaufen“. Es kommt zu einer Verspätung der Signale. Nähert sich der Zuhörer der Uhr wieder, so gleicht sich die Verspätung wieder aus.

Tatsächlich befindet sich ein ergebundener Beobachter aufgrund der Revolution der Erde an einem beweglichen Standort. Ein halbes Jahr lang entfernt man sich von CY Aquarii und die Helligkeitsmaxima treffen mit einer zunehmenden Verspätung am Ort der Erde ein. Im nächsten halben Jahr wird

Die Methode

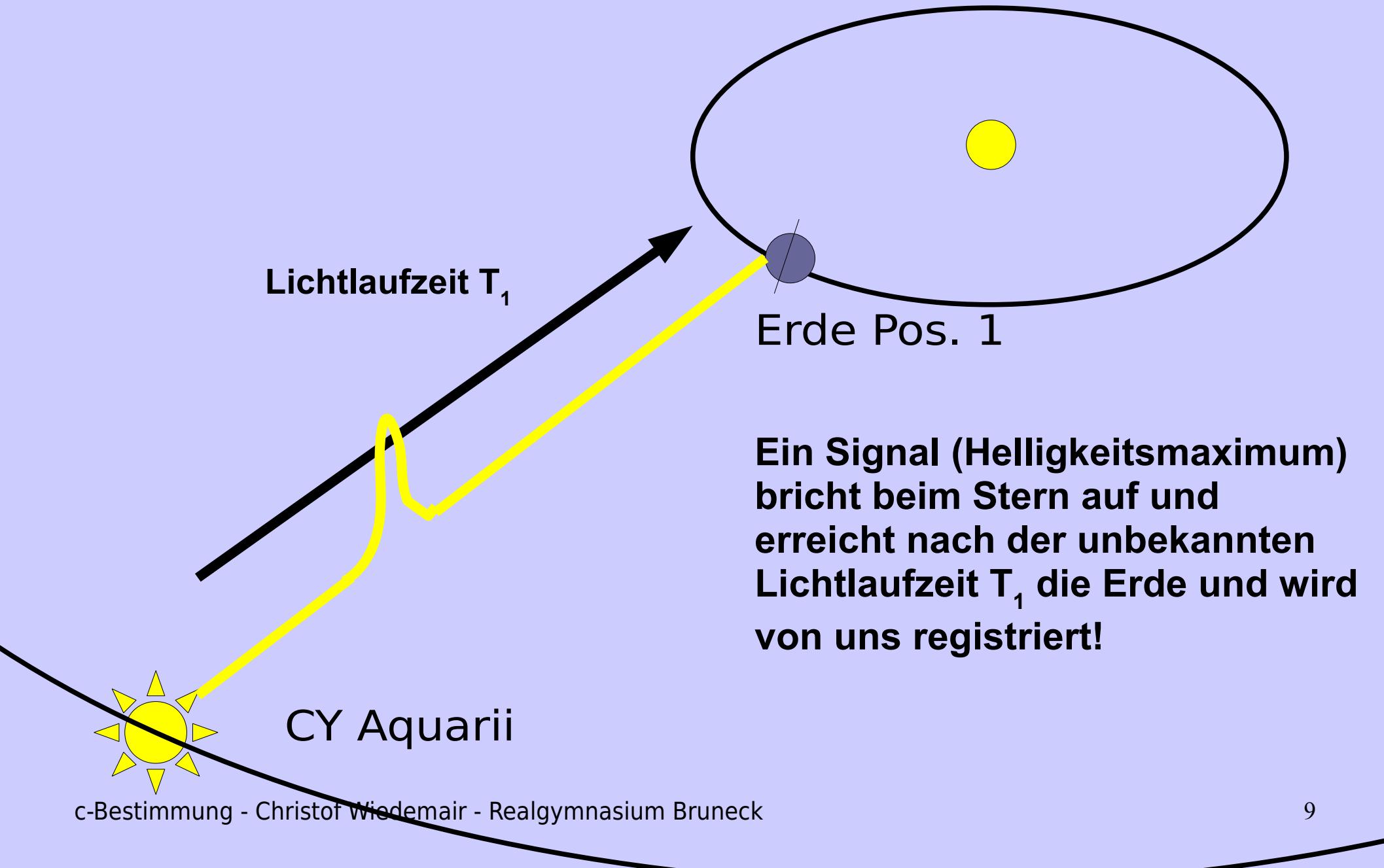
diese Verspätung sukzessive wieder wettgemacht.

Misst man das größte Ausmaß der Verspätung so kann man dieser Zeit den Wegunterschied des Lichtes zuordnen. Da der Stern CY Aquarii zufällig fast genau in der Erdbahnebene liegt, entspricht die maximal auftretende Verspätung genau dem Erdbahndurchmesser (ca. 300 Mio. km). Das Licht braucht für diese Extrastrecke ca. 1000 Sekunden, also fast 17 Minuten.

Das klingt nun relativ simpel, die Durchführung erfordert aber Geduld und Sorgfalt. Außerdem entpuppt sich jedes Problem bei genügend genauer Betrachtung als komplizierter als gedacht.

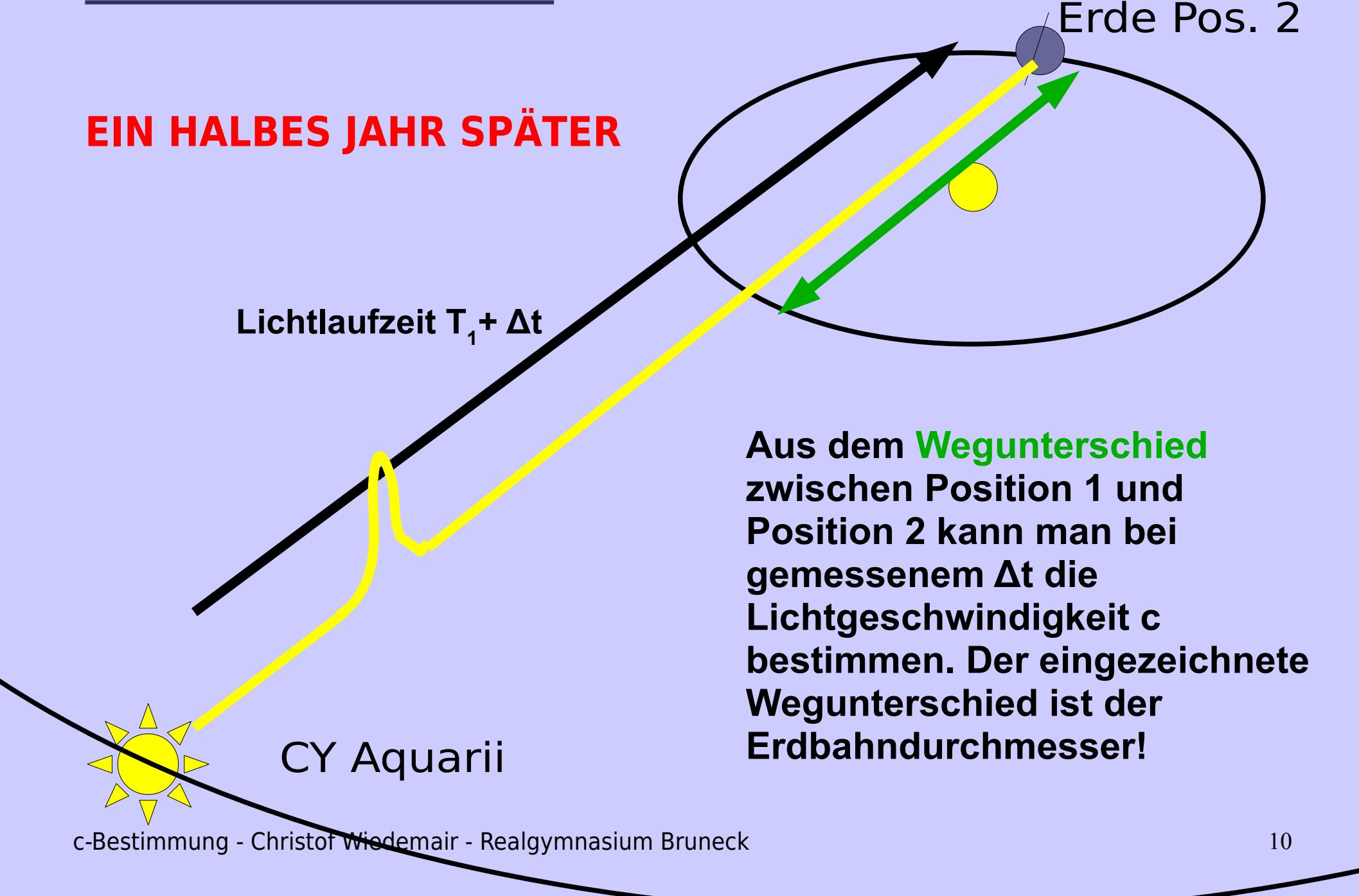
Die nächsten Skizzen verdeutlichen das Gesagte!

Die Methode



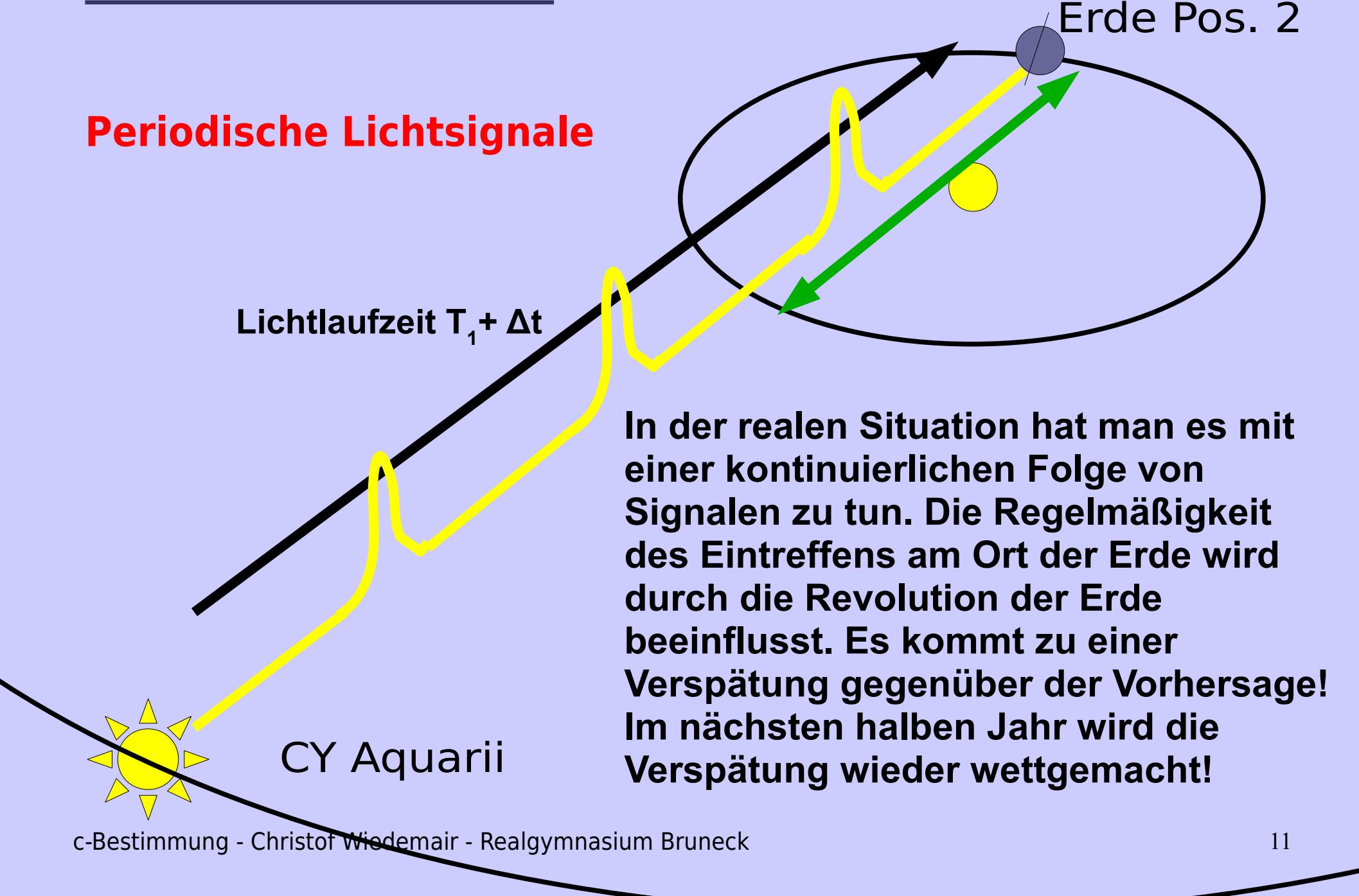
Die Methode

EIN HALBES JAHR SPÄTER



Die Methode

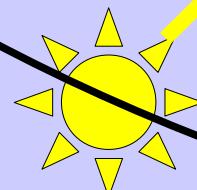
Periodische Lichtsignale



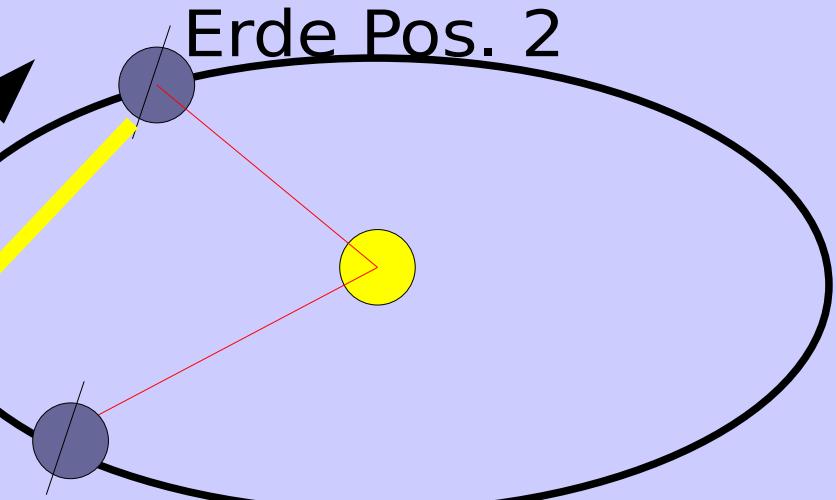
Die Methode

**Beobachtungsperioden
1 und 2**

Lichtlaufzeit $T_1 + \Delta t$



CY Aquarii



Erde Pos. 1

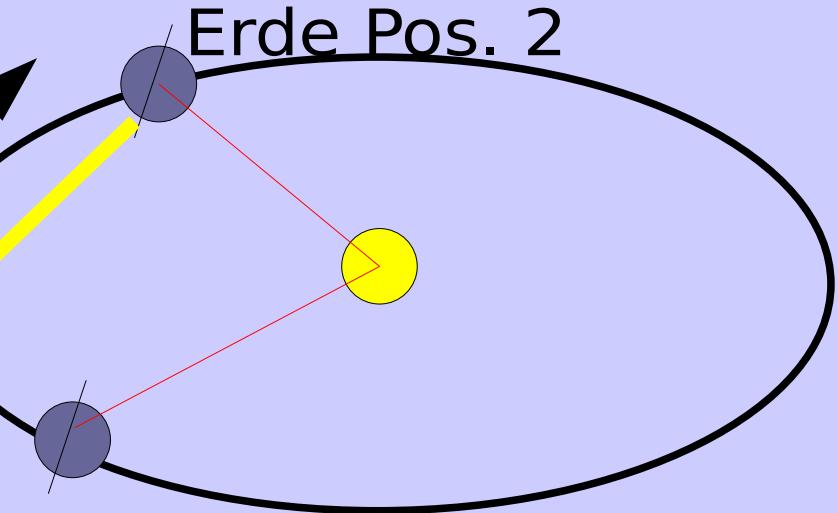
Erde Pos. 2

Die Position der Erde darf in der zweiten Beobachtungsperiode nicht hinter der Sonne liegen, da der Stern im Aquarius sonst nicht beobachtbar ist (Mit der Sonne am Taghimmel). Deshalb ist die maximal messbare Verspätung kleiner als 16 min.

Die Methode

**Erhebung über der
Ekliptik**

Lichtlaufzeit $T_1 + \Delta t$



Der Stern steht in Wirklichkeit leicht oberhalb der Erdbahnebene (Ekliptik)! Ist dieser Einfluss relevant?

Die Aufgabe

Worin besteht nun die Aufgabe?

Der Stern CY Aquarii muss mit Geduld und Ausdauer in mehreren Beobachtungsperioden beobachtet werden. Zu mindestens zwei Zeitpunkten muss die Maximumszeit genau ermittelt werden um die Verspätung auszurechnen. Außerdem wollen wir auch die Periode des Sterns selbst ermitteln.

Zur Ausrüstung des Realgymnasiums gehört ein Teleskop und eine empfindliche CCD-Kamera. Mit dieser muss eine große Anzahl von Aufnahmen des Sterns und seiner Umgebung gemacht werden. Die Aufnahmen werden vermessen und die Helligkeit des Sterns bestimmt. Aus diesen sog. photometrischen Daten werden sogenannte Lichtkurven gewonnen aus denen man den genauen Maximumszeitpunkt

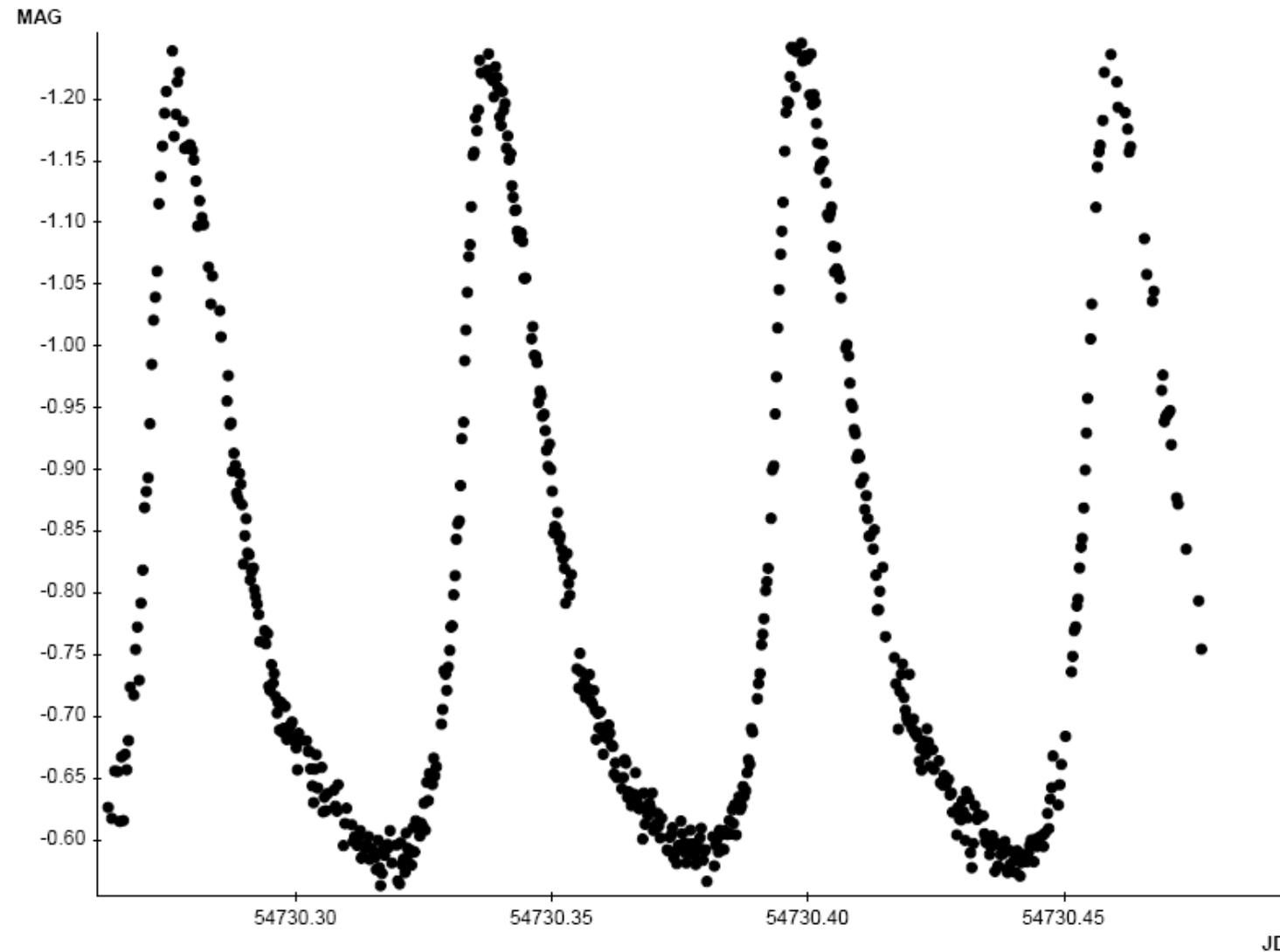
Die Aufgabe

bestimmt. Die Auswertung der Bilder erfolgt am Computer und wird glücklicherweise mit einem Freeware-Programm größtenteils automatisiert. Am Ende steht ein mathematischer Teil um den Wert der Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen. Drittklässler sollten das bereits problemlos hinkriegen.

Eine Lichtkurve vom 20.09.08 ist auf der übernächsten Folie dargestellt. Hier wurden über 700 digitale Aufnahmen zu 700 Messpunkten ausgewertet!

**DEINE MITHILFE IST GEFRAGT! MELDE
DICH ÜBER EMAIL SCHULHOMEPAGE BEI
DER ASTROGRUPPE AN!**

Die Aufgabe



Eine mit dem Schulteleskop aufgenommene Lichtkurve!

Die Aufgabe



Ein Einzelbild der Serie! CY ist rechts unten. Die anderen Sterne dienen bei der Photometrie als Vergleichssterne.

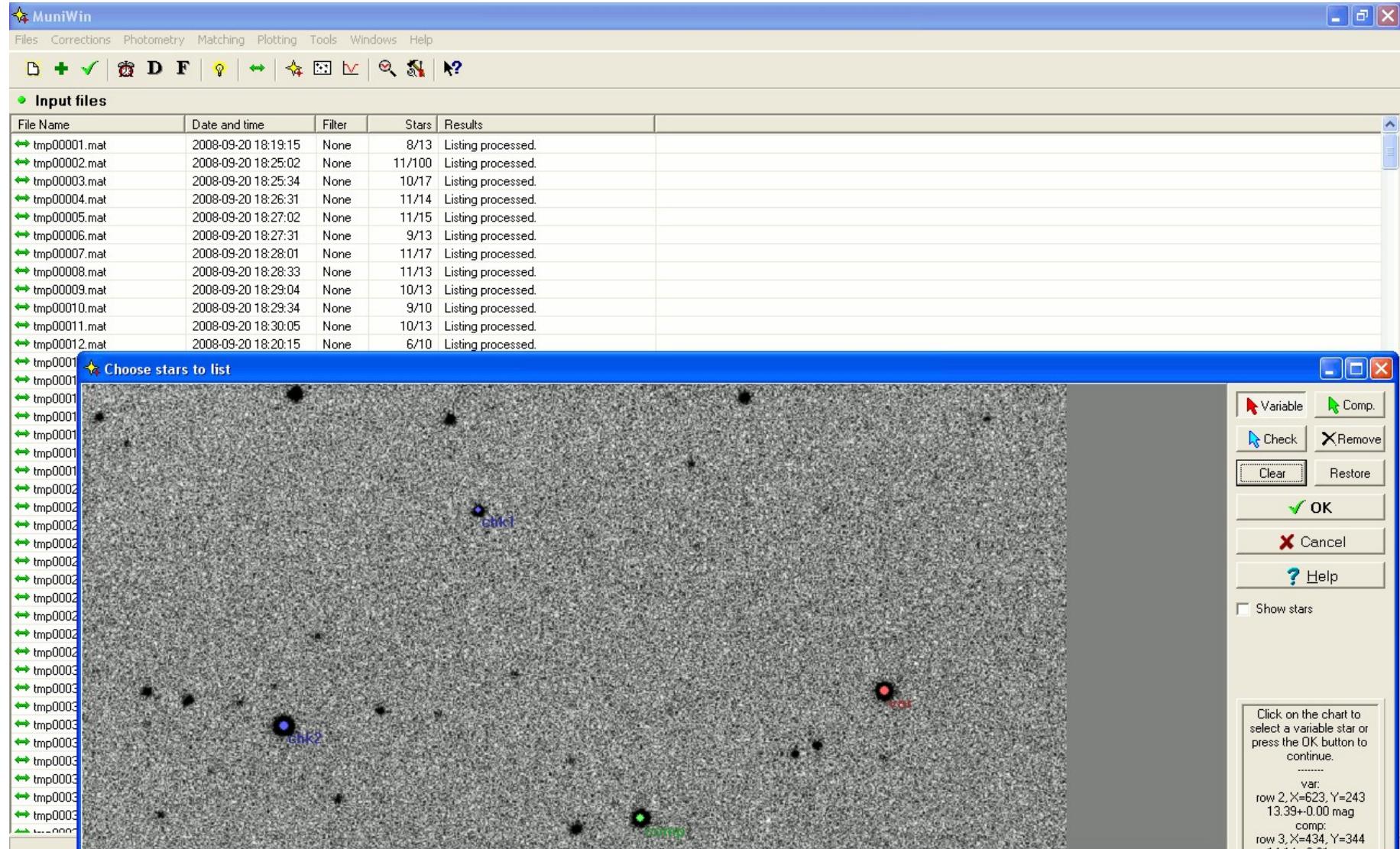
Die Aufgabe



Die CCD-Kamera am Schulteleskop.

c-Bestimmung - Christof Wiedemair - Realgymnasium Bruneck

Die Aufgabe



Screenshot aus Muniwin - dem Photometrieprogramm.

EINE MITHILFE IST GEFRAGT! MELDE DICH ÜBER EMAIL DER ASTROGRUPPE AN!

J http://www.schule.suedtirol.it/rg-bk/html/astro.html



Zum RGB --- Ausrüstung --- Ergebnisse --- Projekte --- Links

Willkommen auf der Homepage der Astrogruppe des Realgymnasiums Bruneck. Hier werden in nächster Zeit Beobachtungsabende kurzfristig angekündigt (siehe Astroampel) und die Ergebnisse vorgestellt.

[Die Astroampel \(Das O oben rechts\)](#)

Die Astroampel soll das Ankündigen von Beobachtungsabenden am Realgymnasium beträchtlich vereinfachen.
Steht die Astroampel auf **grün**, so findet ein Beobachtungsabend statt, zu dem jeder herzlich eingaden ist.
Steht sie auf **gelb**, so findet ein Beobachtungsabend statt, zu dem ein eingeschränkter Beobachterkreis eingeladen ist.
Steht die Ampel auf **rot**, so finden keine Beobachtungen statt.

Genauere Infos gibt es immer in dem folgenden Kasten:

Für heute ist kein Beobachtungsabend geplant!

Kontakt zur Astrogruppe
[Email an die Astrogruppe](#)



Weitere Infos

Schulhomepage:

**[http://www.schule.suedtirol.it/rg-bk/html/
astro.html](http://www.schule.suedtirol.it/rg-bk/html/astro.html)**

Für mehr Infos zur Methode:

**[http://www.astro.uni-
jena.de/Users/pfau/SuW2004/text.html](http://www.astro.uni-jena.de/Users/pfau/SuW2004/text.html)**