

# Jupiter: Längendriftermittlung mit Hilfe von Bildpaaren

von Grischa Hahn

Mit WinJUPOS Version 9.1.3 steht ein robustes und genaues Verfahren zur Verfügung, die Geschwindigkeit der atmosphärischen Winde speziell auf Jupiter automatisiert zu ermitteln.

Benötigt werden hierzu zwei in ihrer Auflösung vergleichbare Aufnahmen Jupiters in einem zeitlichen Abstand von 10 oder 20 Stunden (dies entspricht ein bzw. zwei Rotationen des Planeten). Bei größeren zeitlichen Abständen sind die Wolkenstrukturen leider schon so verformt, daß das automatische Verfahren keine oder nur noch unzureichende Entsprechungen findet.

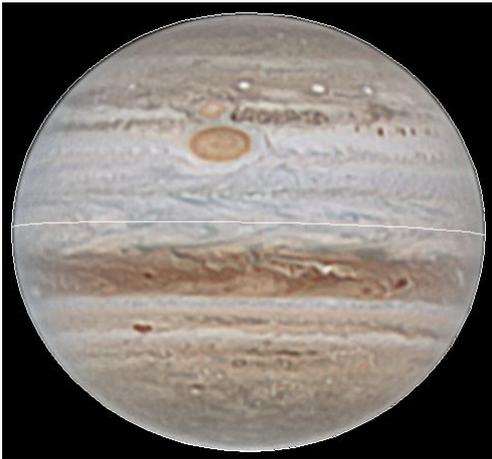


Abbildung 1: Parker 2010-09-04 05:53 UT



Abbildung 2: Yoshida 2010-09-04 15:48 UT

Berechnet wird die Geschwindigkeitskomponente parallel zum Äquator, welche mit der Längendrift eines Objekts korrespondiert. Und dies in allen Breitenlagen, so daß am Ende ein Geschwindigkeitsprofil über die gesamte Atmosphäre entsteht.

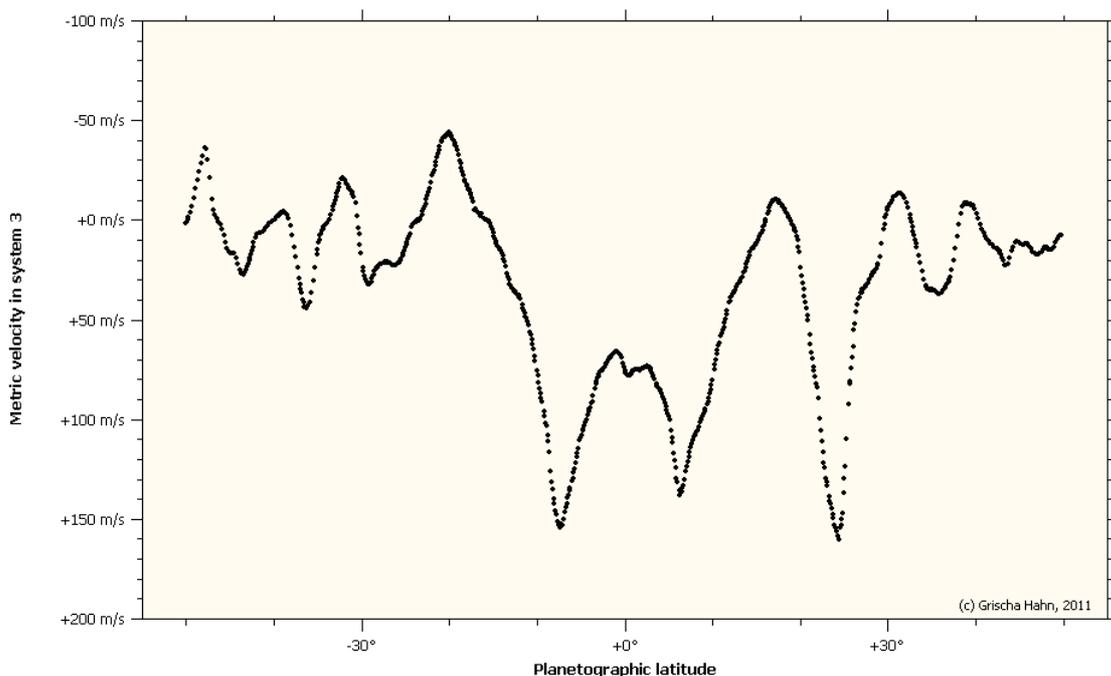


Abbildung 3: Parker 2010-09-04 05:53-06:34 UT gegen Yoshida 2010-09-04 14:52-18:07 UT

Diese Verfahren hat gegenüber dem bisher verwendeten Ausmessen von Objektpositionen und anschließender Driftrechnung mehrere Vorteile:

- es können Längendriften sehr kurzlebiger Details ermittelt werden
- in die Ermittlung der mittleren Längendrift einer Breite fließt nicht nur eine begrenzte Menge von Einzeldriften langlebiger Objekte ein (die ohnehin oft ein Eigenleben führen), sondern praktisch alle atmosphärischen Details eines Breitenkreises
- es können Längendriften aus Bilddaten ermittelt werden, bei denen ein Betrachter keine oder nur schwache Strukturen wahrnimmt, er also gar nicht mehr in der Lage ist, Einzelobjekte zu lokalisieren
- es kann mit relativ geringem Aufwand ein komplettes Längendriftprofil in hoher Auflösung ermittelt werden

Natürlich dürfen die Nachteile nicht verschwiegen werden:

- das Heraussuchen von brauchbaren Bildpaaren ist sehr zeitaufwendig
- die Kalibrierung der Einzelaufnahmen erfordert sehr viel Sorgfalt

## 1. Vorbereitungen

Praktisch ist die Minimalforderung bezüglich zweier Einzelaufnahmen von Jupiter unzureichend, da die Kalibrierung der Umrandungsellipse in der Bildausmessung von WinJUPOS nicht genau genug ist. Eine Ausnahme bilden Aufnahmen, die einen oder mehrere Jupitermonde abbilden, welche zu einer recht genauen Kalibrierung herangezogen werden können. Dies ist aber nicht oft der Fall.

Abhilfe schafft dagegen folgende Anforderung: Statt einer Einzelaufnahme wird ein Bildverband aus mindestens zwei Einzelaufnahmen in zeitlichem Abstand von einer halben bis anderthalben Stunde genutzt.

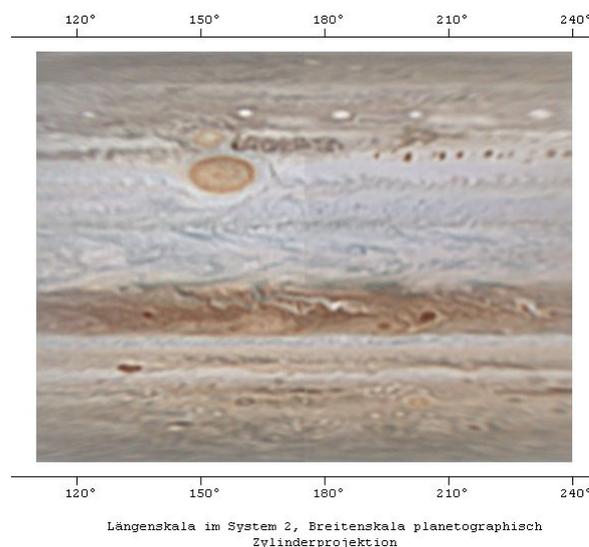
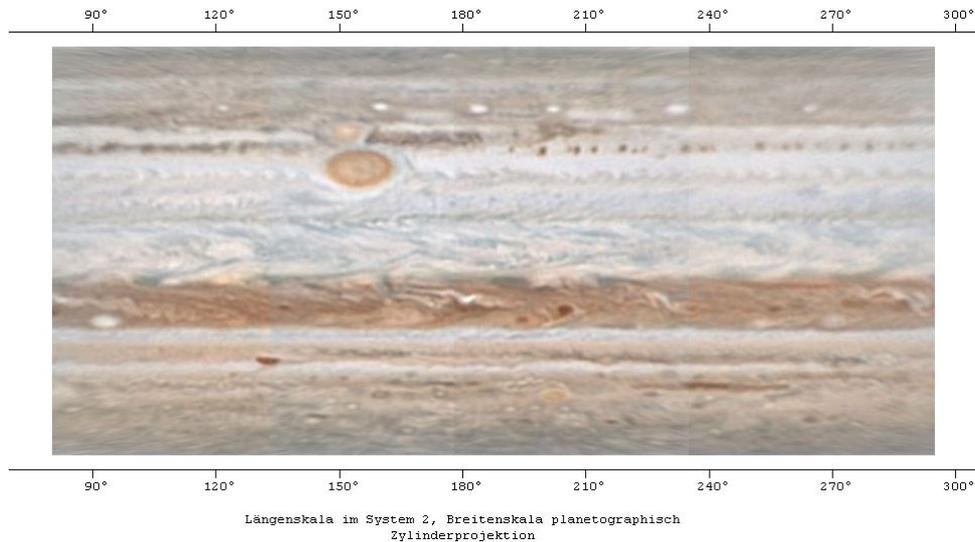


Abbildung 4: Parker 2010-09-04 05:53-06:34 UT



*Abbildung 5: Yoshida 2010-09-04 14:52-18:07 UT*

Aus den Einzelaufnahmen wird eine (Teil-)Kartenprojektion berechnet. An der Grenzkante zwischen den Einzelaufnahmen kann die korrekte Rotation des Umrangungsellipse der WinJUPOS-Bildausmessung überprüft werden. Weiterhin werden mit Hilfe zweier markanter Objekte in den gemäßigten nördlichen und südlichen Breiten, Verschiebung und Größe der Umrangungsellipsen so angepaßt, daß die Koordinaten der Objekte in den Einzelbildern (eines Bildverbandes) gleich sind. Die Breiten der Objekte müssen dabei außerdem noch mit denen im zweiten Bildverband übereinstimmen. Dies erfordert zwar einiges an Sorgfalt, aber so lassen sich die Fehler bei der Positionierung der Umrangungsellipse sehr stark reduzieren. Übrig bleibt meist nur noch ein absoluter Fehler in Länge, der entweder ein systematischer Verschiebungsfehler der Umrangungsellipse parallel zum Äquator ist oder/und ein Fehler in der Zeitangabe der Aufnahmen. Mit letzterem Fehler muß man leben. Allerdings lassen sich die berechneten Driften nachträglich linear verschieben, so daß man anhand markanter und hinlänglich bekannter Driften von Einzelobjekten, das gesamte Driftprofil justieren kann.

Tipps:

Bei der Berechnung von Kartenprojektionen sollten die polaren Breiten ausgespart werden. Bewährt hat sich ein Breitenbereich von  $-70^\circ$ .. $+70^\circ$  jovigraphischer Breite. Eine weitere sinnvolle Beschränkung ist die, nie mehr als  $60^\circ$  links oder rechts vom Zentralmeridian abzubilden. Hiermit lassen sich bessere Helligkeitsanpassungen zwischen den Einzelbildern durchführen, da die polaren bzw. randnahen Bereiche, trotz Randabschattungskorrektur, zu stark gestört sind.

Oft lassen sich die Kartenprojektionen im Helligkeitsverlauf nicht vollständig glätten. Eine sehr einfache Möglichkeit, trotzdem nahezu perfekte Ergebnisse zu erhalten, ist die Nutzung der Option „Helligkeitsnivellierung speziell für die "Längendriftermittlung aus Bildpaaren" (langsam)“ bei der Kartenberechnung.

Bei der Längendriftermittlung müssen Sie einen Farbkanal wählen, da die Rechnung nur mit monochromen Bildinformationen durchgeführt werden kann. Zur Auswahl stehen Rot, Grün, Blau und Grau. Für höchste Genauigkeitsanforderungen ist folgendes Vorgehen sinnvoll:

- Sind die Farbkanäle in den Originalbildern schlecht überdeckt, sollten die Bildausmessungen für die Farbkanäle Rot/Grün/Blau separat durchgeführt werden.
- Kartenberechnung für die Farbkanäle Rot/Grün/Blau/Grau (aus Farbe) separat durchführen.

- Die ermittelten Driften im roten, grünen, blauen und grauen Farbkanal mitteln. Hierzu kann man das Modul „Längendriftmittel-Berechnung“ verwenden.

Verwenden Sie für die Kartenberechnung generell die hochauflösenden Bildformate PNG oder TIFF. WinJUPOS speichert in diesen Formaten jeden Bildpunkt mit 48 Bit Auflösung (RGB). Ideal wären natürlich auch Einzelaufnahmen mit einer Auflösung von 16 Bit (graustufige Bilder) oder 48/64 Bit (Farbbilder).

## 2. Kalibrieren von Einzelaufnahmen

Die Längendriftermittlung arbeitet stets nur mit monochromatischen Aufnahmen bzw. einem bestimmten Farbkanal einer Farbaufnahme.

Die automatische Kalibrierung der Umrandungsellipse benutzt bei Farbaufnahmen stets nur den Grünkanal (auf welchen sich meist der angegebene Aufnahmezeitpunkt bezieht).

Ein manuelle Kalibrierung sollte bei Farbaufnahmen auch nur mit dem Grünkanal durchgeführt werden.

Der Grünkanal ist darüber hinaus beim Bildformat JPEG derjenige mit der besten Abbildung.

### 2.1 Kalibrierung einer Einzelaufnahme mit Hilfe von Monden und Mondschatten

Die Ephemeriden der Jupitermonde und der Schattenfiguren auf Jupiter sind so genau, daß sie als Fixpunkte zu Kalibrierung der Umrandungsellipse herangezogen werden können. Dazu verwendet man die Funktion „Ausrichtung nach zwei bekannten Punkten“ bzw. „Rotation und Skalierung nach einem bekannten Punkt“:

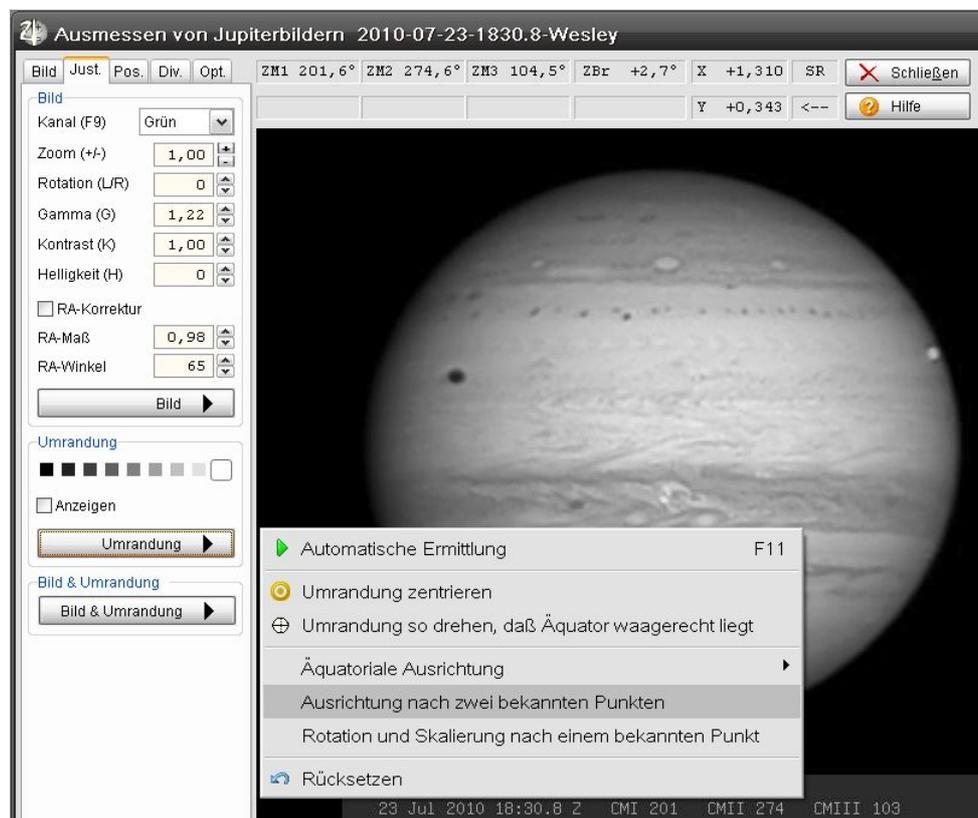


Abbildung 6: Ausrichtung nach zwei bekannten Punkten

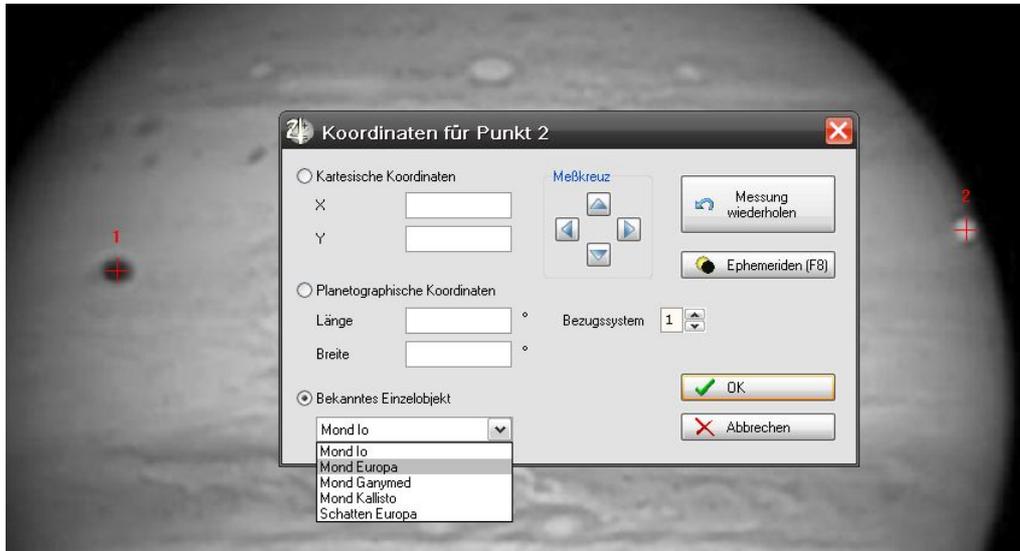


Abbildung 7: Auswahl bekannter Einzelobjekte

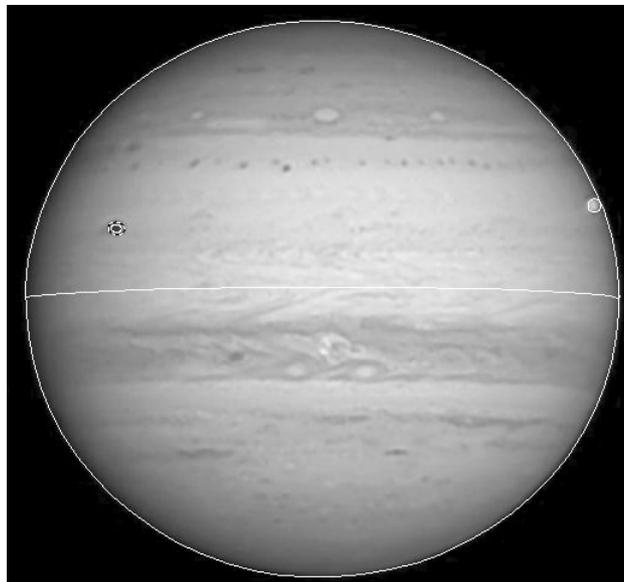


Abbildung 8: Ergebnis der Ausrichtung nach zwei bekannten Punkten

Ist nur ein Mond oder Schatten abgebildet, läßt sich nur die Größe und Rotation der Umrandungsellipse anpassen. Ihr Mittelpunkt bleibt erhalten. Dazu paßt man zuerst die Umrandung bei erhöhtem Gamma-Wert (3-4) bestmöglich manuell an und benutzt dann die Funktion „Rotation und Skalierung nach einem bekannten Punkt“.

Natürlich sollten die Monde oder deren Schatten möglichst weit vom Mittelpunkt entfernt liegen.

Es kann vorkommen, daß trotz sorgfältiger Arbeit nach der Benutzung dieser Funktionen, die Umrandungsellipse plötzlich versetzt oder falsch skaliert erscheint. Oft liegt dann ein Fehler in der Zeitangabe vor. „Üblich“ sind Abweichungen von bis zu ein bis zwei Minuten. Die Ursachen liegen meist darin, daß statt der Mitte der Anfangs- oder Endzeitpunkt der Video-Aufzeichnung angegeben wurde (üblich sind Aufnahmelängen von ca. 2 Minuten), oder aber sich die Zeit auf einen anderen Farbkanal einer Farbaufnahme bezieht.

## 2.2 Kalibrieren von Einzelaufnahmen bei Kenntnis der Parameter des Aufnahmesystems

Wenn Sie die effektive Brennweite des Teleskops und die Größe der Sensorelemente (Pixel) einer Aufnahme kennen, können Sie mit der Funktion „Skalierung mittels Teleskop-Parameter“ die Größe der Umrandungsellipse exakt setzen.

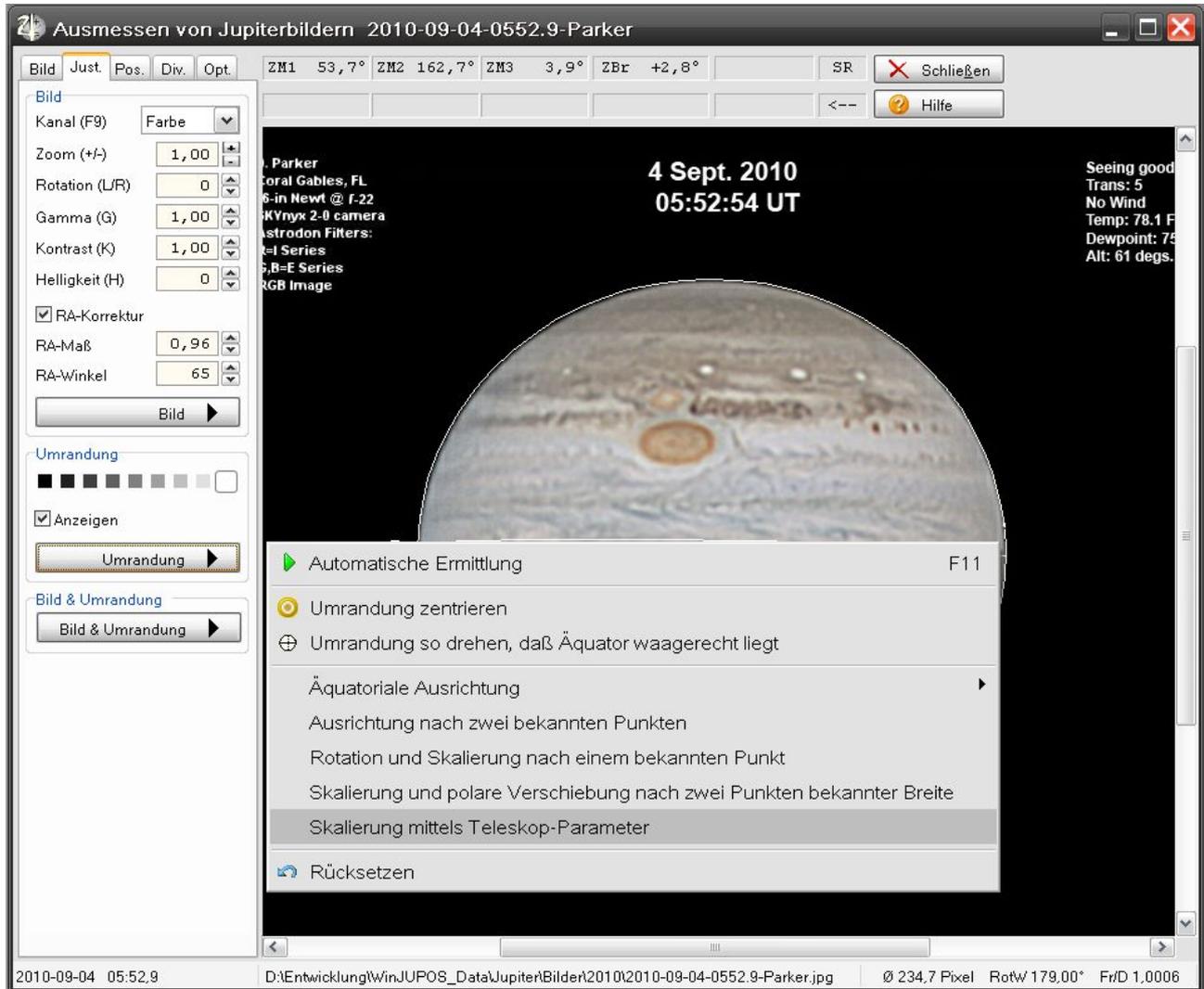


Abbildung 9: Umrandungsskalierung mittels Teleskop-Parameter

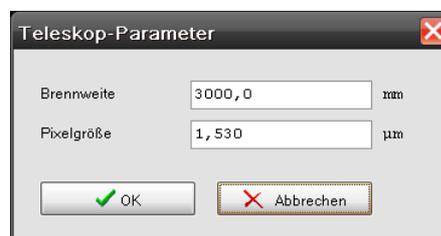


Abbildung 10: Teleskop-Parameter

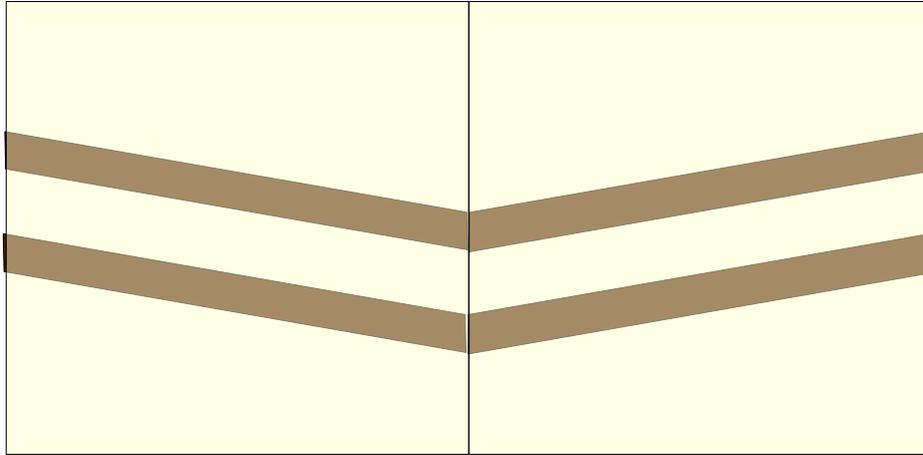
Die Umrandung wird entsprechend der eingegebenen Werte skaliert. Ihr Mittelpunkt bleibt erhalten. Wie gut die Umrandungsgröße mit den Teleskop-Parametern übereinstimmt, gibt der Wert **SF** (Skalierungsfaktor) ganz unten rechts im Ausmessungsbildschirm wieder.

### 2.3 Kalibrieren von Einzelaufnahmen innerhalb eines Bildverbandes

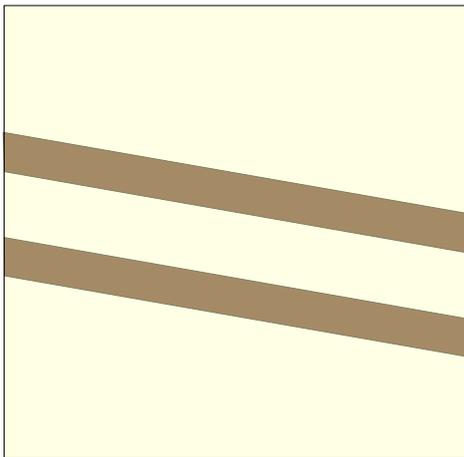
Schritt 1)

Die Bandkanten aller Teilbilder müssen parallel zueinander verlaufen.

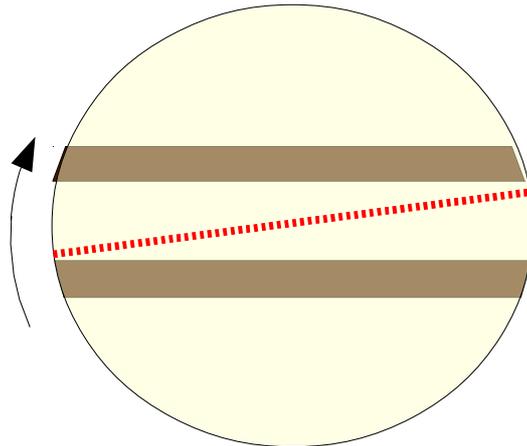
→ ggf. Korrektur der Rotation der Umrandungsellipsen



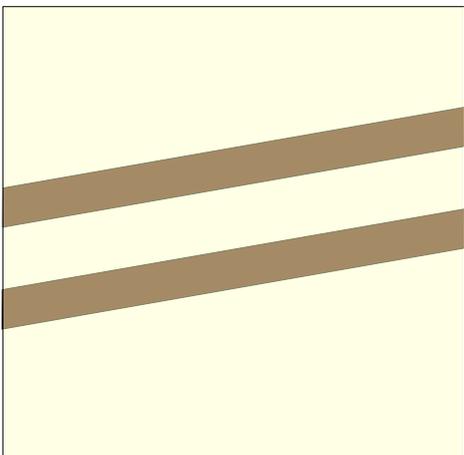
*Zeichnung 1: Kartenprojektion mit fehlerhaft gedrehten Umrandungsellipsen in der Bildausmessung*



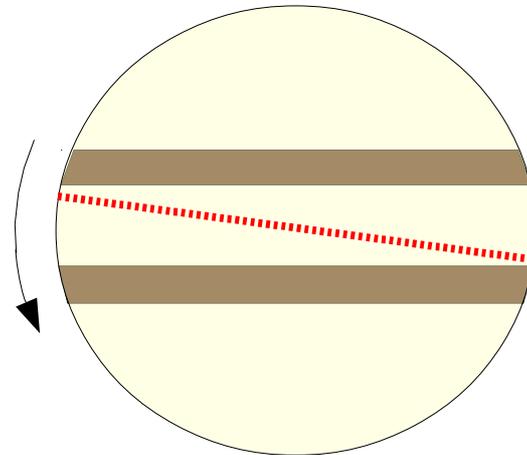
*Zeichnung 3: Positiv verdrehte Umrandungsellipse*



*Zeichnung 2: Korrektur durch negative Drehung (N)*



*Zeichnung 5: Negativ verdrehte Umrandungsellipse*

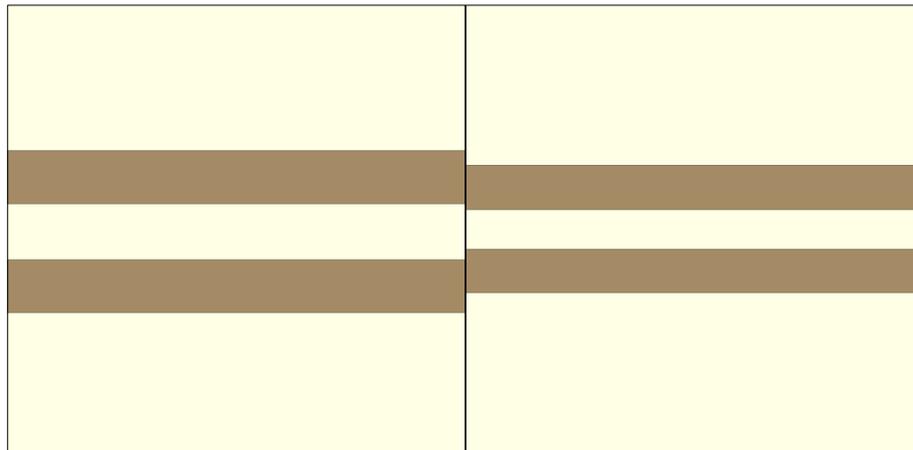


*Zeichnung 4: Korrektur durch positive Drehung (P)*

Schritt 2)

Eine Bandkante muß in allen Teilbildern auf gleicher Höhe verlaufen.

→ ggf. Korrektur der Y-Verschiebung und Skalierung der Umrandungsellipsen



Zeichnung 6: Kartenprojektion mit fehlerhaften Skalierungen der Umrandungsellipsen in der Bildausmessung

Tipp:

Zur besseren Korrektur von Skalierung und Y-Verschiebung führen Sie vorher bitte folgende Befehle für die Umrandungsellipse in der Bildausmessung aus: „Umrandung (mit Bild) so drehen, daß Äquator waagerecht liegt“ sowie „Umrandung (mit Bild) zentrieren“

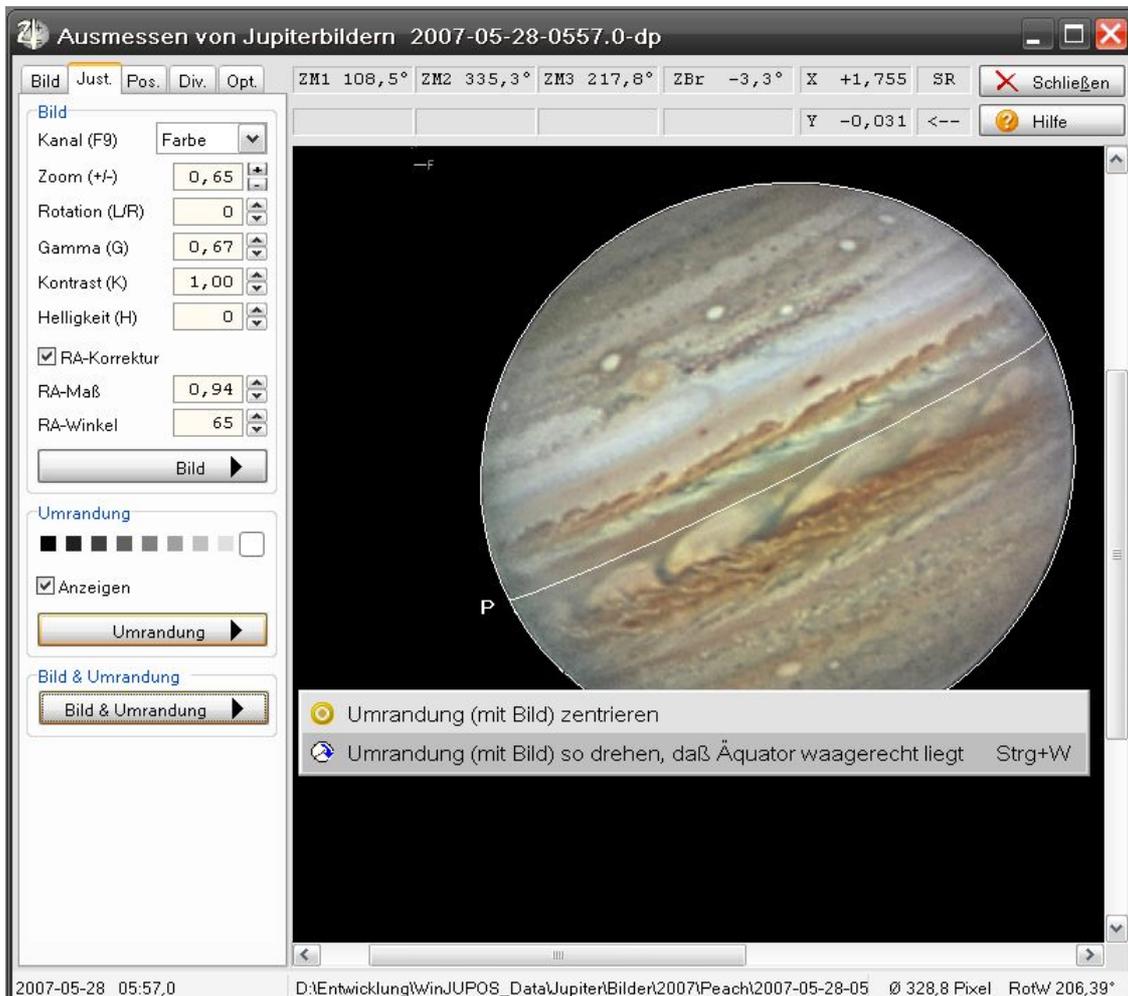


Abbildung 11: Bildzentrierung

Dies hat zur Folge, daß sich Bild und Umrandungsellipse axenparallel und zentriert im Ausmessungsbildschirm befinden:

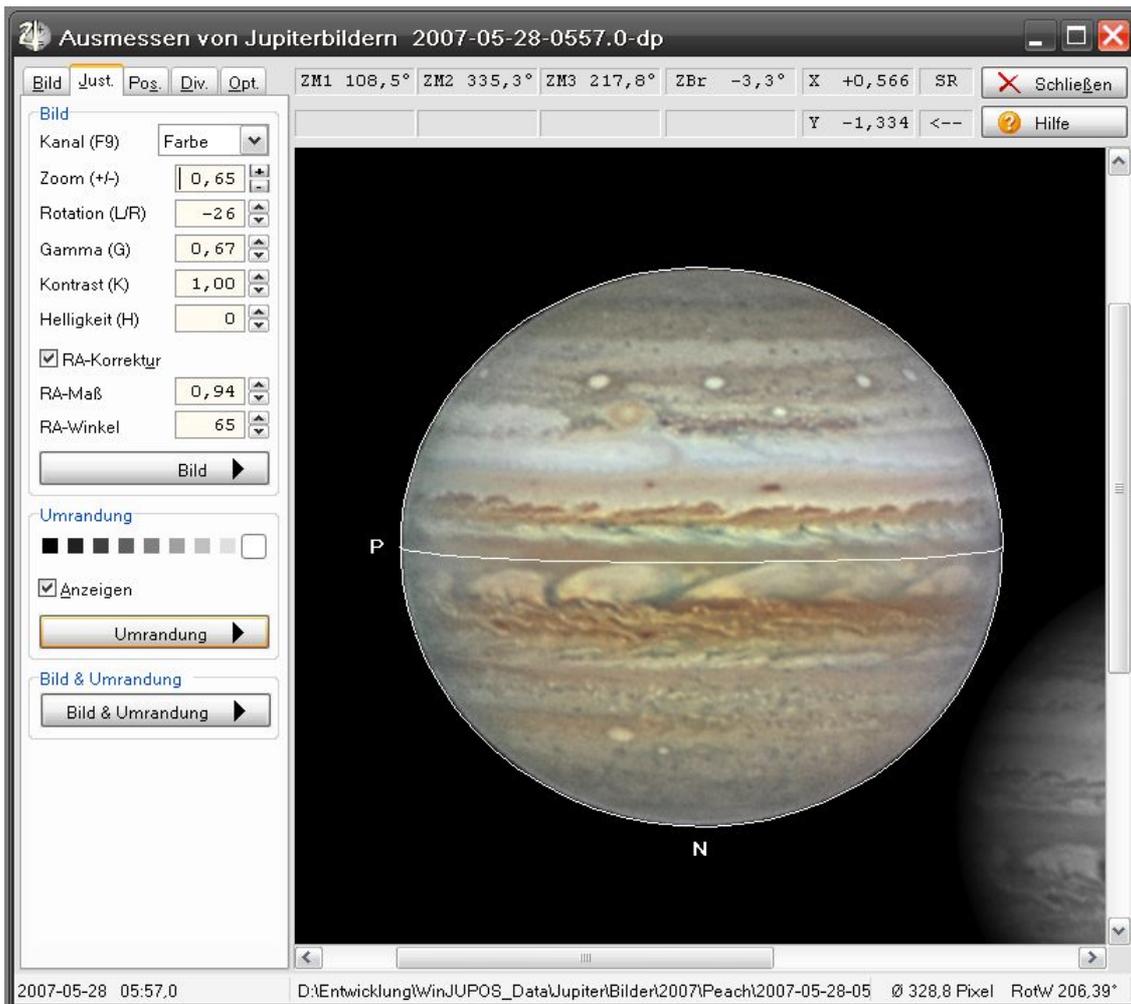
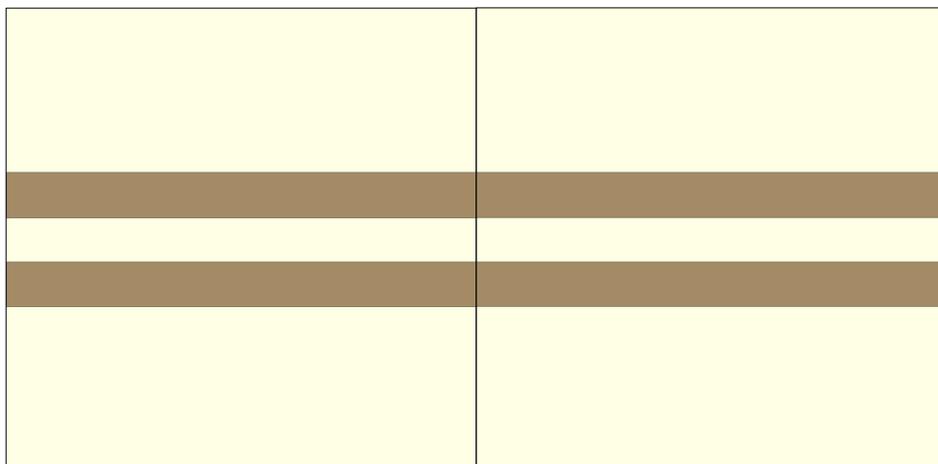


Abbildung 12: Ergebnis der Bildzentrierung im Ausmessungsbildschirm

Eine Verschiebung der Umrandungsellipse mit den [Pfeiltasten nach unten bzw. oben] entspricht dann genau der Y-Verschiebung senkrecht zum Planetenäquator. Die Skalierung mit den Tasten [Bild auf/ab], die sich stets auf die Mitte des Ausmessungsbildschirms bezieht, bezieht sich jetzt auch genau auf die Planetenmitte.



Zeichnung 7: Kartensprojektion mit korrekten Drehwerten der Umrandungsellipse. Skalierung und Y-Verschiebungen der Teilbilder korrespondieren untereinander.

Schritt 3)

Kalibrieren der Breiten mit Fixwerten oder Breiteninformationen aus einem anderen Bildverband.  
→ ggf. Korrektur der Y-Verschiebung und Skalierung der Umrandungsellipsen

Tipp: Hierzu können Sie die Funktion „Skalierung und polare Verschiebung nach zwei Punkten bekannter Breite“ nutzen.

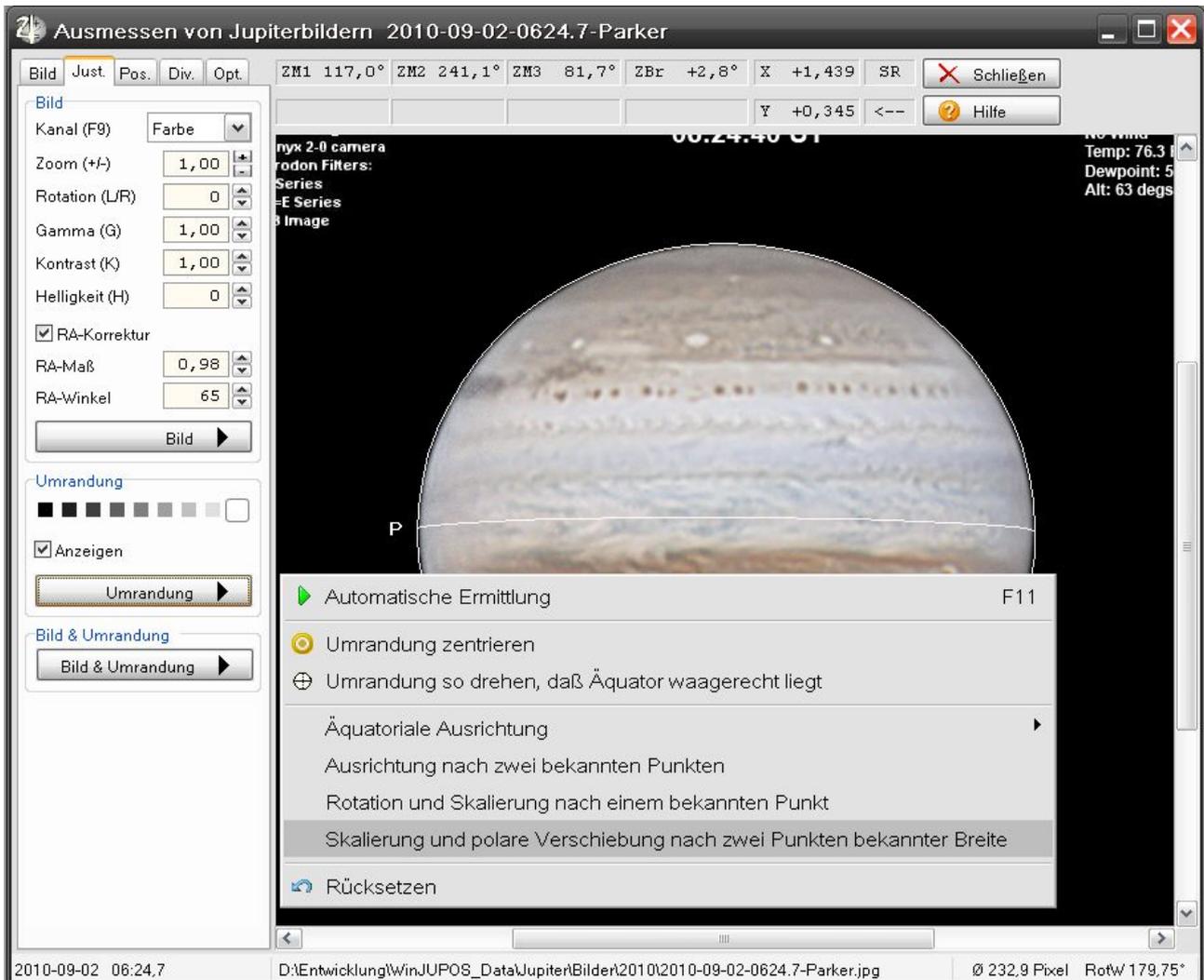


Abbildung 13: Skalierung und polare Verschiebung nach zwei Punkten bekannter Breite

### 3. Hinweise zu den Einstellungen zur Längendriftberechnung:

#### 3.1 Längenauflösung für Driftrechnung

Da der Driftwert durch quadratische Interpolation ermittelt wird, kann (insbesondere für erste Testzwecke) mit relativ groben Werten ( $0.5^\circ$ ) gerechnet werden. Erst in der Endrechnung kann auf  $0.1$  bzw.  $0.05^\circ$  heruntergegangen werden. Die Rechnung dauert dann natürlich auch  $5$  bzw.  $10x$  länger.

#### 3.2 Von/Bis Länge

Bei Teilkartenprojektionen sollte der zu betrachtende Längenbereich auf  $1^\circ$  vom linken bzw. rechten Rand eingeschränkt werden. Überstreicht die kleinste Teilkarte einen Längenbereich von  $100^\circ \dots 255^\circ$ , so sollte **Von Länge** auf  $101^\circ$  und **Bis Länge** auf  $254^\circ$  gesetzt werden.

Haben sie eine komplette Karte des Planeten ( $0^\circ..360^\circ$ ), so tritt irgendwo der Sprung von der zeitlich letzten zur zeitlich ersten Aufnahme auf. Dies ist bei mäßig driftenden Objekten unproblematisch. Ebenso bei der globalen Driftermittlung. Kritisch wird es in schnell driftenden Zonen, wie EZ oder NEBs, wenn Einzeldriften in kleineren Längenintervallen oder Min/Max-Werte ermittelt werden sollen. Hier sollte man den Längenbereich des Sprunges ausklammern. Tritt der Sprung z.B. bei einer Länge von  $120^\circ$  auf und ihr **Längenintervall** beträgt  $\pm 60^\circ$ , so sollte **Von Länge** auf  $180^\circ$  und **Bis Länge** auf  $60^\circ$  gesetzt werden. Damit wird verhindert, daß ein Längenintervall die Sprungstelle beinhaltet.

### 3.3 Minimaler Kontrast

Werden Rechnungen über ein großes Längenintervall (z.B.  $360^\circ$ ) ausgeführt, kann hier ein kleiner Wert stehen (z.B. 20). Die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen ist relativ gering.

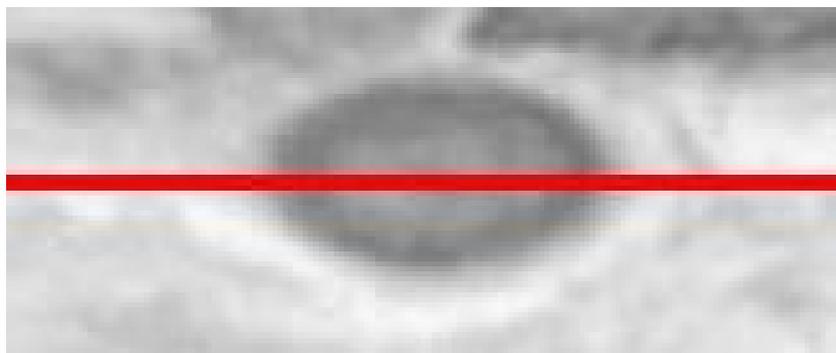
Je kleiner die Längenintervalle werden, umso kritischer wird die Driftrechnung. Der Grund liegt zum einen in der automatischen Helligkeits- und Kontrastanpassung der Intensitätswerte., sowie zweites in zu starker Einfußnahme von Rauschen und Bildfehlern. Deshalb empfiehlt es sich bei kleineren Längenintervallen den Wert für den minimalen (unkorrigierten) Kontrast auf ca. 50 zu setzen. Damit werden nur noch echte Objektstrukturen beachtet.

### 3.4 Minimale Signifikanz

Werden Rechnungen über ein großes Längenintervall (z.B.  $360^\circ$ ) ausgeführt, kann hier ein Wert von ca. 2.1 stehen. Die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen ist relativ gering.

Je kleiner die Längenintervalle werden, umso mehr hängt eine sinnvolle Größe für die Minimale Signifikanz von der abgebildeten Objektstruktur (Intensitätskurve) im Längenintervall ab. Betrachten wir hierzu zwei Beispiele.

Beispiel 1 – ein dominantes ausgedehntes Objekt:



*Abbildung 14: Längenintervall von ca.  $50^\circ$  um den GRF. Die rote Linie ist die Schnittlinie für die Intensitätskurve.*

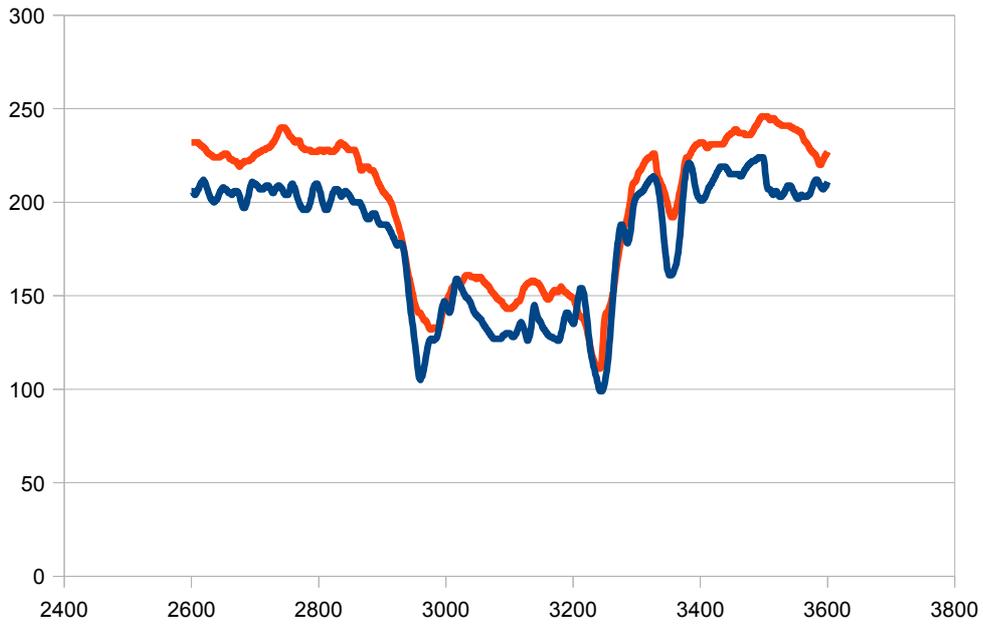
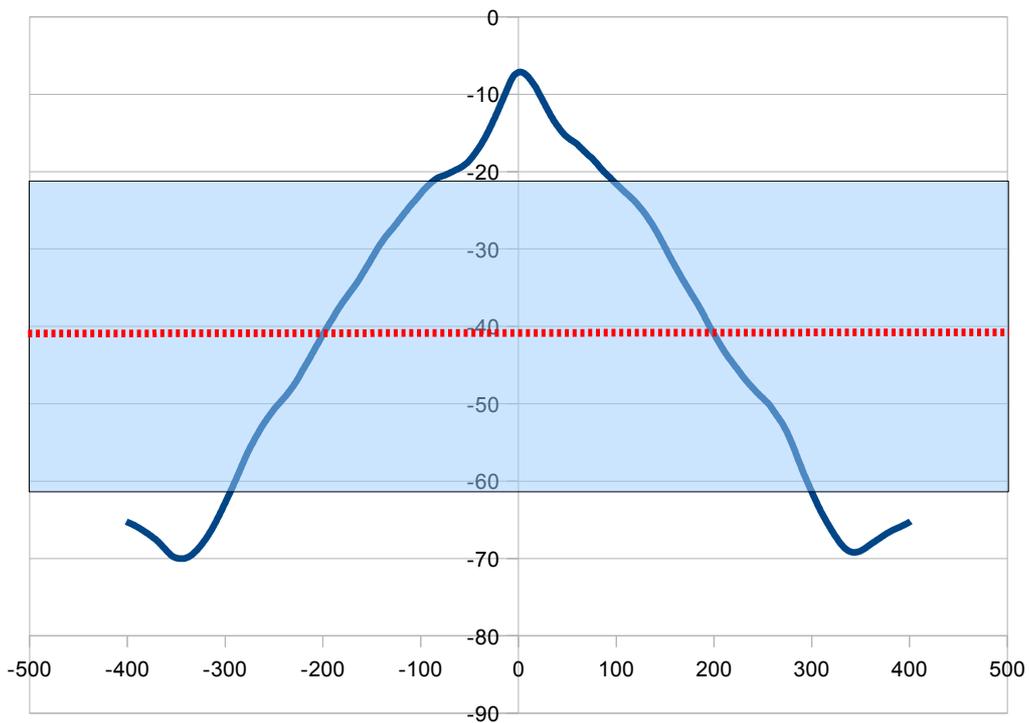


Abbildung 15: Intensitätskurven der beiden verwendeten Bilder zentral durch den GRF



Zeichnung 9: Gütemaßfunktion bzgl. der Längenverschiebung (X-Achse).  
Mittelwert = -41 / Standardabweichung (s) 20 / Maxima erhebt sich mit 1.7s über den Mittelwert.

Beispiel 2 – viele kleine Objekte:

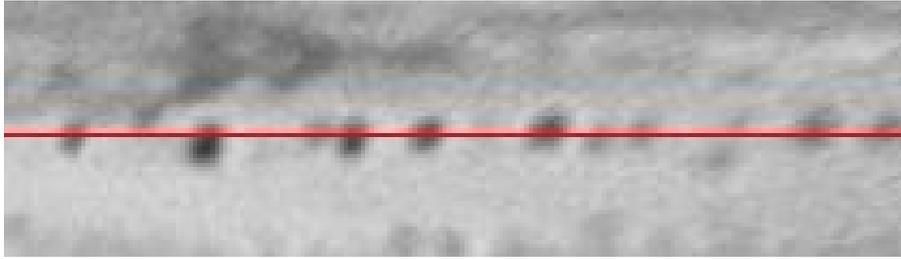


Abbildung 16: Längenintervall von ca.  $50^\circ$  durch dunkle Flecke im STB. Die rote Linie ist die Schnittlinie für die Intensitätskurve.

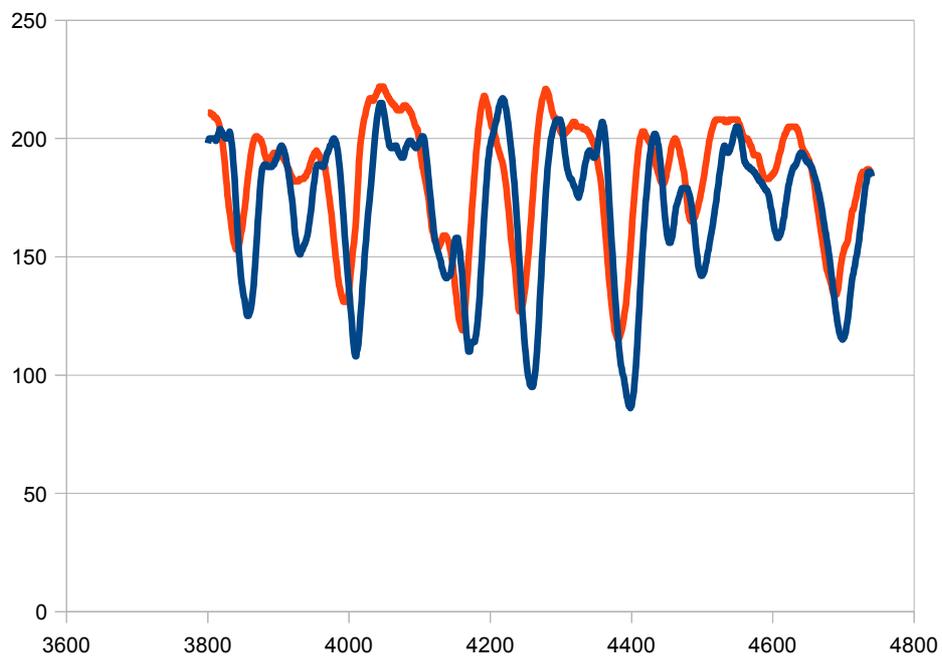
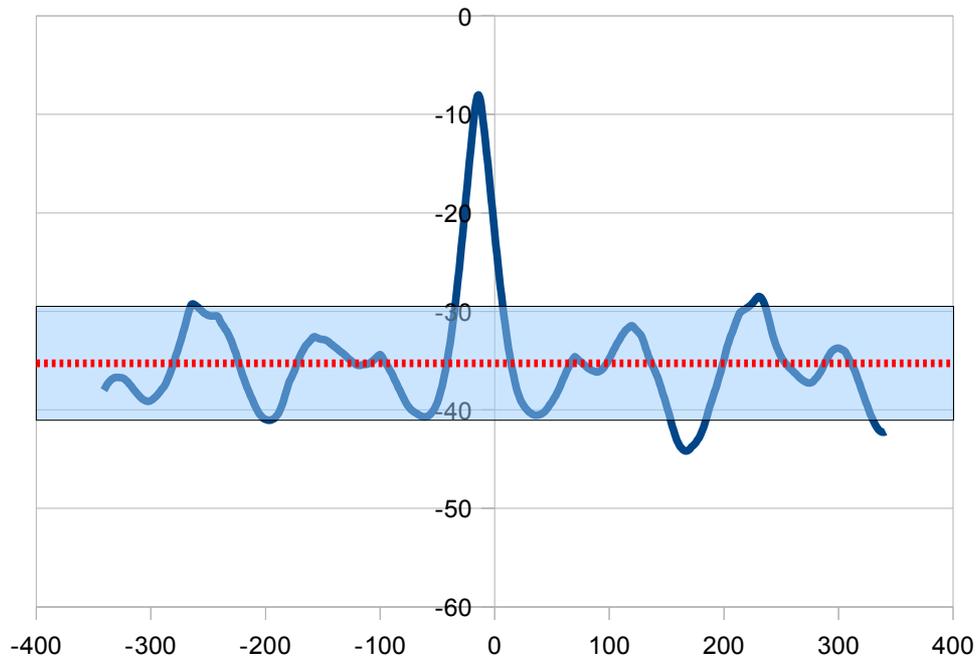


Abbildung 17: Intensitätskurven der beiden verwendeten Bilder durch die dunklen Fleck im STB.



*Zeichnung 10: Gütemaßfunktion bzgl. der Längenschiebung (X-Achse). Mittelwert -35 / Standardabweichung (s) 6 / Maxima erhebt sich mit 4.7s über den Mittelwert.*

### 3.5 Fazit

Um bei einer Driftrechnung in kleinen Längenintervallen beide Fälle abzudecken, ist also ein kleiner Wert für die Minimale Signifikanz notwendig (z.B. 1.4). Leider können damit verstärkt Fehlinterpretationen auftreten. Und zwar dann, wenn das Längenintervall starkes Rauschen, Strukturlosigkeit oder eine Vielzahl filigraner Objektstrukturen aufweist. Solche Intensitätsverläufe liefern - ähnlich Beispiel 2 - eine stark schwankende Gütemaßfunktion mit fragwürdigen Maxima zurück. Hier hilft nur die gleichzeitige Anhebung des Minimalen Kontrastes auf ca. 50, um Fehlinterpretationen zu minimieren.

Eine andere Strategie ist, die Parameter den verschiedenen Breitenlagen anzupassen. Man rechnet dann für die Äquatorzone (EZ) mit anderen Werten, als zum Beispiel für das STB oder NtrZ/NTBs.

Dresden, 25. März 2011