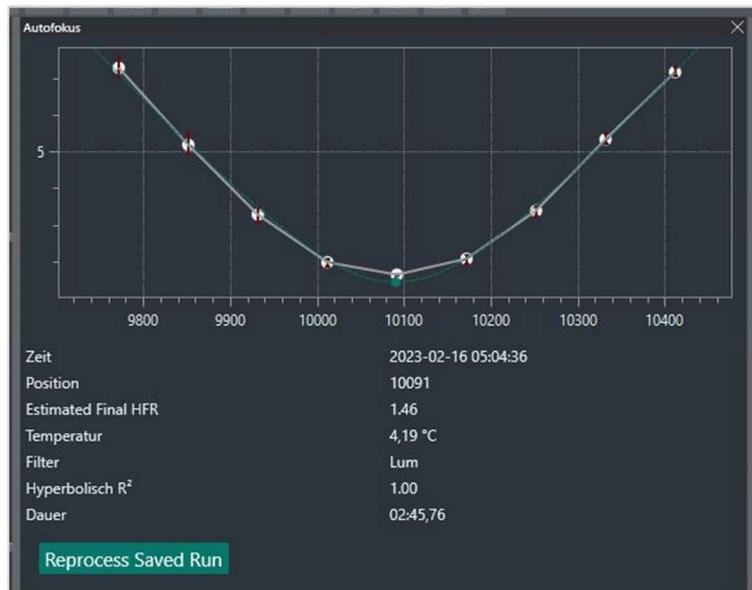


Autofokus in N.I.N.A.



*Genauer als ein Mensch, und so oft wie nötig während der ganzen Nacht:
N.I.N.A. beim Autofokus.*

Inhalt

1	„Ein Leben ohne Autofokus ist möglich, aber sinnlos“	3
2	Wie lässt sich der Autofokus in N.I.N.A. einrichten?	3
2.1	Start aus einer „nahe-am-Fokus-Position“	3
2.2	Die „Autofokus-Stellschrauben“ in N.I.N.A.	6
2.2.1	Autofokus-Schrittgröße	7
2.2.2	Autofokus-Startversatz („Initialer Autofokus Schrittoffset“)	8
2.2.3	Backlash-Kompensation	11
3	Ein wenig „Kurvenlehre“?.....	14
3.1	Die „richtige“ Kurve	14
3.2	Keine Backlash-Kompensation	15
3.3	Zu große Schrittgröße	15
3.4	Zu kleine Schrittgröße.....	15
3.5	Start zu weit extrafokal	16
3.6	Start zu weit intrafokal	16
3.7	Wolken während des Autofokus-Laufs.....	17
3.8	Okularauszug zu stramm eingestellt	17
4	Optimierung von Sequenzen mit „geschleiften Belichtungen“	18
5	Wichtige Hinweise zum Schluss.....	21

1 „Ein Leben ohne Autofokus ist möglich, aber sinnlos“

Was einst für Victor von Bülow alias Lorient der Mops war, ist heute dem komfortbewussten Astrofotografen der Autofokus.

Es gibt Aufgaben die Systeme besser, präziser und konstanter erledigen als wir Menschen. Dazu zählt zweifelsohne das Einstellen des Fokus. Dies gilt insbesondere dann, wenn man mit schnellen oder temperaturempfindlichen Teleskopen arbeitet, lange Brennweiten verwendet, oder regelmäßig zwischen Filtern wechselt, die nicht homofokal sind. Selbst wenn man „nur“ bequem ist und die Zeit unter dem Sternenhimmel nicht mit Fokusfindung und Fokuskontrolle verbringen möchte, ist man gut beraten über ein Autofokussystem nachzudenken.

Die Einrichtung eines solchen Systems in N.I.N.A. ist nicht kompliziert. Von dem überschaubaren Einmal-Aufwand sollte man sich keinesfalls abhalten lassen. Hat man einmal den Komfort eines Autofokussystems erlebt, wird man ihn nicht mehr missen wollen.

2 Wie lässt sich der Autofokus in N.I.N.A. einrichten?

2.1 Start aus einer „nahe-am-Fokus-Position“

Es mag sich paradox anhören, aber damit ein Autofokussystem arbeiten kann, sollte sich das Teleskop zunächst nahe am Fokus befinden. Der Grund hierfür liegt in der Funktionsweise von Autofokussystemen. Diese fertigen bei unterschiedlichen Fokuspositionen Aufnahmen an. Die Sternabbildung wird bei allen Bildern geprüft und der durchschnittliche Sterndurchmesser festgehalten. Dies ist notwendig, um den Verlauf der Sternabbildung in einer Kurve beschreiben zu können:

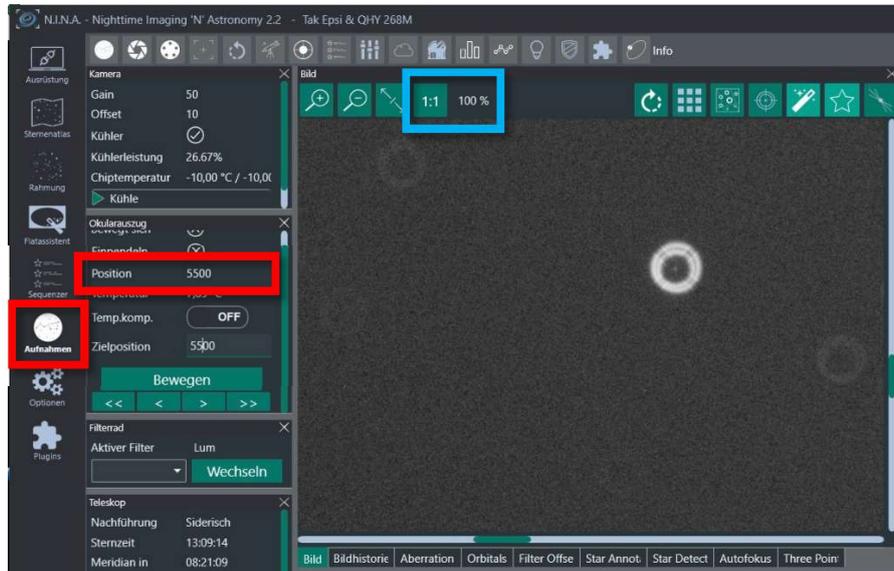


Der tiefste Punkt der Kurve zeigt den kleinsten durchschnittlichen Sterndurchmesser an – und damit die Position des besten Fokus.

Um aber den Sterndurchmesser bestimmen zu können, muss N.I.N.A. Sterne als Sterne erkennen können. Ist das System stark defokussiert, werden Sterne nicht erkannt. Ein Autofokus ist dann unmöglich.

Natürlich kann N.I.N.A. bei der Suche nach einer ausreichend guten Startposition behilflich sein. Zunächst wird die Ausrüstung verbunden, die Montierung polarausgerichtet und die Nachführung gestartet. Man

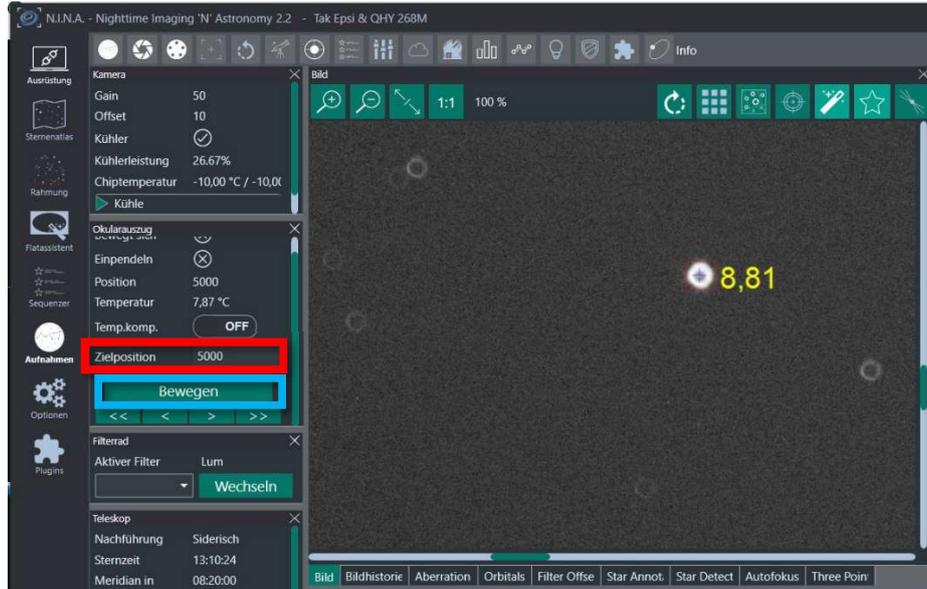
wechselt in den Aufnahmebildschirm und fertigt bei der aktuellen Fokusposition (**roter** Kasten) eine kurze Aufnahme an. Danach suchen wir in der 100-Prozent-Ansicht (**blauer** Kasten) nach Sternen:



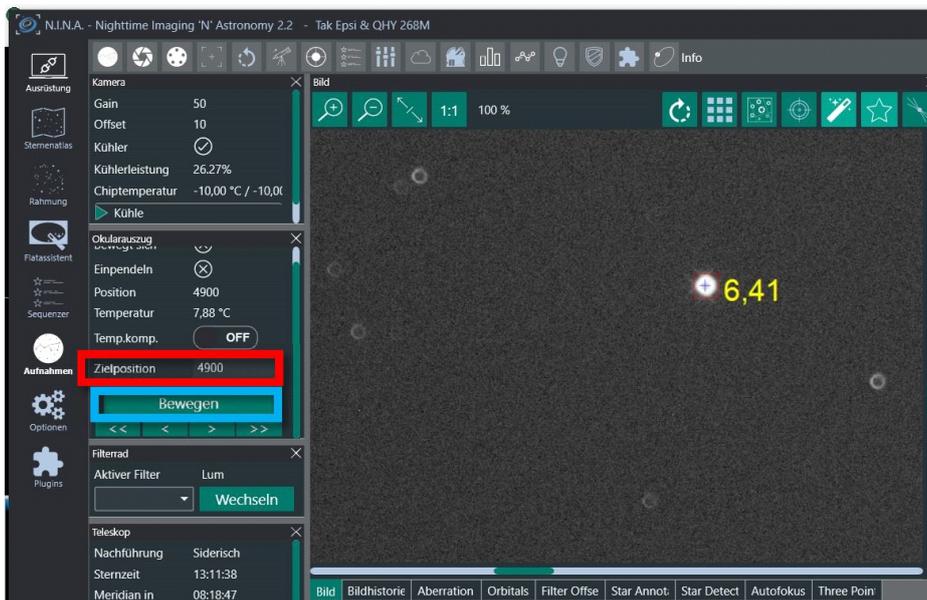
Hier merken wir uns die Fokusposition (im Beispiel 5500) und bewegen den Okularauszug um einen „ausreichend großen“ Betrag in die Richtung des Fokus. Doch welcher Betrag und welche Richtung sind korrekt?

Leider kann nicht allgemeingültig beantwortet werden, welcher Betrag sinnvoll ist. Er hängt von der spezifischen Kombination von Okularauszug und Motorfokus ab. Der Betrag muss groß genug sein, dass eine Veränderung im Sterndurchmesser erkennbar wird. Zudem sollte er so groß sein, dass der Backlash schnell überwunden wird (dazu mehr im Kapitel 2.2.3). Starten wir mit einem Betrag von 500.

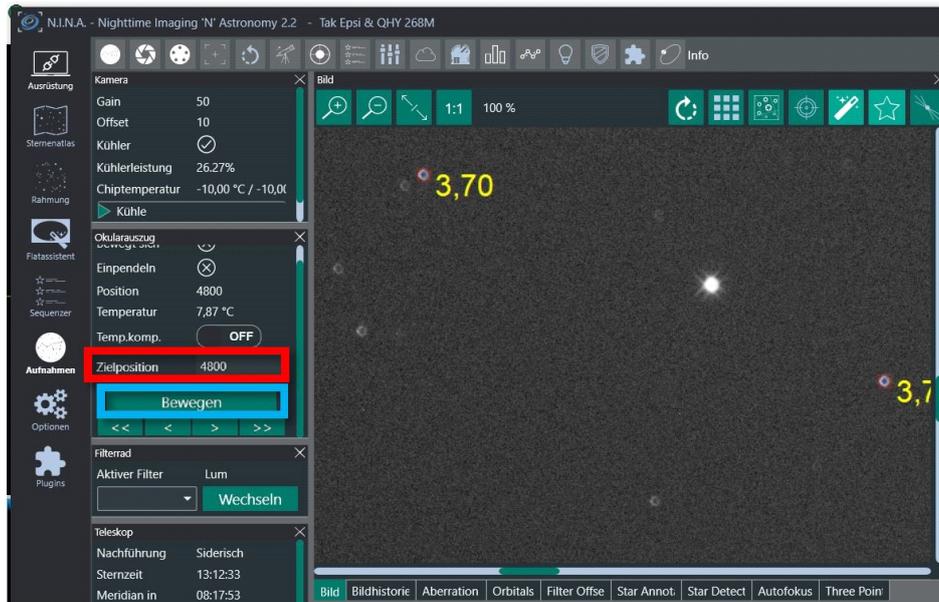
Ist die korrekte Richtung (intrafokal oder extrafokal) nicht bekannt, entscheidet man sich für eine Richtung und hofft auf die 50-Prozent-Chance. Wir versuchen unser Glück und fahren den Okularauszug nach innen, d.h. wir steuern eine kleinere Zielposition an. Im Beispiel reduzieren wir demnach die aktuelle Position von 5500 um 500, und tragen 5000 unter „Zielposition“ ein (**roter** Kasten). Wir starten die Bewegung (**blauer** Kasten), machen eine neue Aufnahme und beobachten die Veränderung der Sternabbildung:



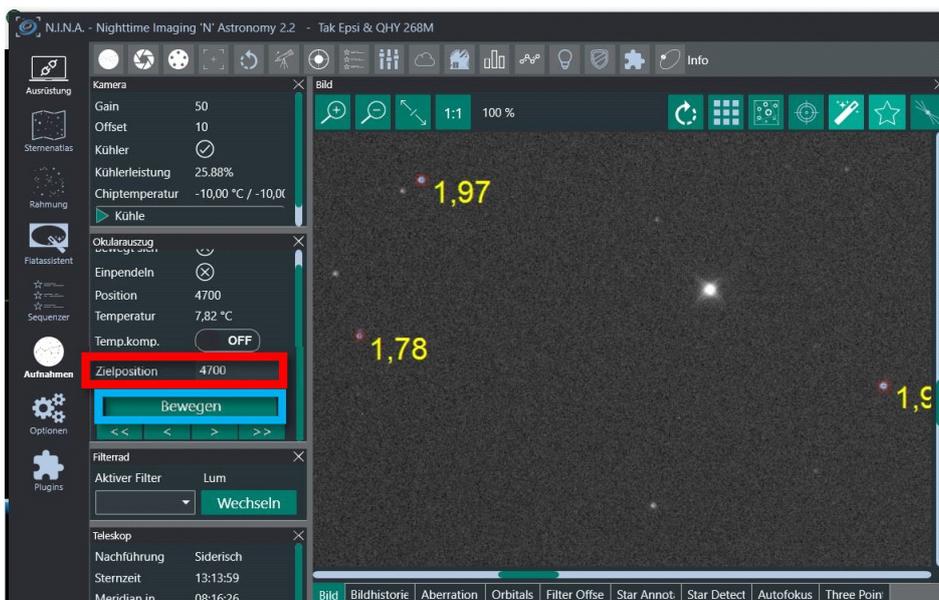
Wir hatten Glück: die Sterne sind kleiner geworden, d.h. die Richtung „intrafokal“ stimmt. Zudem erscheint neben einem Stern eine Zahl. Diese steht für die „Half Flux Ratio“ (kurz HFR), ein Maß für die Sterngröße. Allerdings war die Veränderung der Sterngröße von Position 5000 zu 5000 recht groß (die Sternscheibe hat nur noch in etwa die Hälfte des ursprünglichen Durchmessers). Für den nächsten Schritt versuchen wir einen kleineren Sprung von 100 Schritten. Wir tragen 4900 unter „Zielposition“ ein (roter Kasten), verändern die Position des Okularauszuges (blauer Kasten) und starten die nächste Aufnahme:



Der HFR des Sterns hat sich bei einer Fokusveränderung um 100 Schritte von 8,81 auf 6,41 verringert, d.h. um 2,4. Diese Information wird bei der Bestimmung der richtigen Schrittgröße (Kapitel 2.2.1) noch wichtig sein. Jetzt geht es aber darum, erst einmal nahe genug an den Fokus zu kommen. Wir unternehmen einen weiteren Schritt von 100, d.h. wir tragen 4800 unter „Zielposition“ ein (roter Kasten) und starten die nächste Aufnahme:



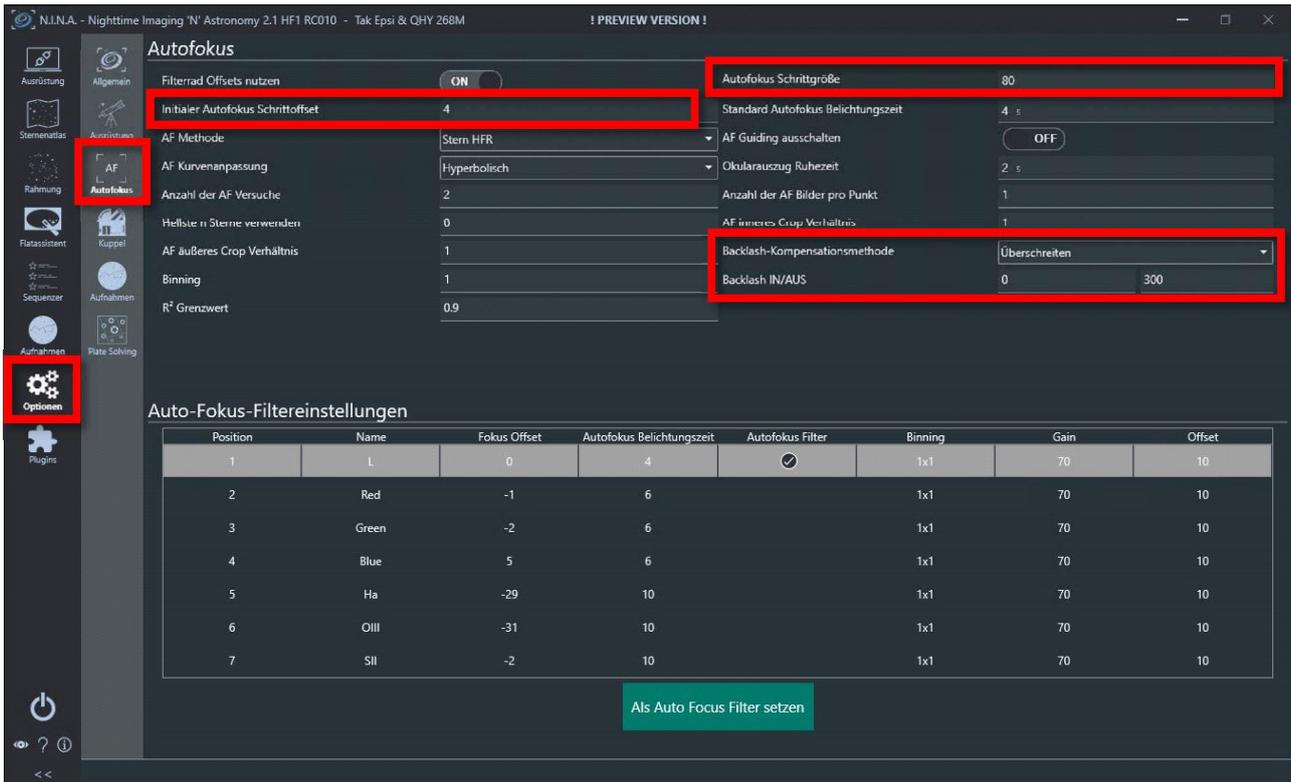
Es fehlt nicht mehr viel, um nahe genug am Fokus zu sein. Wir reduzieren ein letztes Mal die Fokusposition, jetzt auf 4700 (roter Kasten) und starten die Aufnahme:



Der Fokuspunkt ist noch nicht perfekt getroffen, aber es tauchen schon einige kleinere Sterne im Bildausschnitt auf. Die Sternabbildung ist jetzt gut genug für die Autofokusroutine.

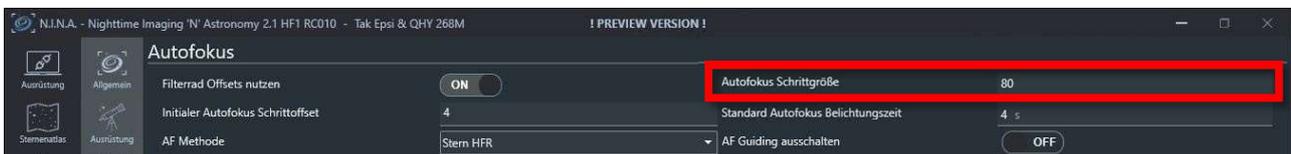
2.2 Die "Autofokus-Stellschrauben" in N.I.N.A.

Damit der Autofokus in N.I.N.A. gelingt, sind nur wenige Einstellungen erforderlich:



2.2.1 Autofokus-Schrittgröße

Betrachten wir zunächst die Autofokus-Schrittgröße:



Mit dieser Angabe wird bestimmt, wie groß der Abstand zwischen den einzelnen Messungen eines Autofokuslaufes ist. Der Abstand sollte groß genug sein, dass eine Veränderung in der Sterngröße messbar ist. Er sollte aber weder zu groß noch zu klein sein. Ist der Wert zu groß, kommt das System nach wenigen Schritten in eine Fokusposition, bei der die Sterne nicht mehr als solche erkennbar sind. Ist die Schrittgröße zu klein, müssten zu viele Aufnahmen angefertigt werden, damit eine Fokuskurve sinnvoll berechnet werden kann. Eine ideale Fokuskurve sieht so aus, dass mit wenigen Schritten rechts und links der Position des besten Fokus HFR-Werte erreicht werden, die ca. drei- bis viermal größer (**roter** Kasten) sind als der HFR-Wert an der Position des besten Fokus (**blauer** Kasten):



Bei der Suche nach einer „nahe-am-Fokus-Position“ (Kapitel 2.1) hatten wir beobachtet, dass bei einer Fokusveränderung um 100 Schritte von Position 5000 auf Position 4900 die Sterngröße von 8,81 auf 6,41 verändert wurde, d.h. um 2,4. Bei einer Position von 4700 waren wir schon recht nahe am Fokus (mit Sterngrößen etwas unter 2).

Wie oben beschrieben, ist eine Fokuskurve dann gut getroffen, wenn die maximalen HFR-Werte an den intra- und extrafokalen Endpunkten der Fokuskurve Beträge erreichen, die ca. drei- bis viermal größer sind als der HFR-Wert an der Position des besten Fokus. Wir kennen zwar zum aktuellen Zeitpunkt weder die optimale Fokusposition, noch die im besten Fall zu erzielenden HFR-Werte. Es ist aber zu erwarten, dass bei einer Position nahe von 4700 der beste HFR bei einem Wert etwas unter 2 liegen wird. Das drei- bis vierfache dieses HFRs läge bei 6 bis 8. HFRs in dieser Größenordnung hatten wir bei Fokuspositionen von 5000 bzw. 4900 erreicht. Wir suchen also einen Wert für die „Autofokus-Schrittgröße“, der uns in wenigen Schritten von einem HFR um 2 auf einen HFR von 6 bis 8 bringt. Zu überbrücken sind dabei ca. 300 Fokusschritte (von ca. 4700 bis ca. 5000). Das bringt uns zum „Initialen Autofokus Schrittoffset“.

2.2.2 Autofokus-Startversatz („Initialer Autofokus Schrittoffset“)

Die Bezeichnung „Initialer Autofokus Schrittoffset“ ist zugegebenermaßen ein wenig kryptisch. Was damit eigentlich gemeint ist, ist der Versatz der Fokusposition beim Start eines Autofokuslaufs. Immer noch nicht klar? Schauen wir uns einfach an was N.I.N.A. mit diesem Wert macht.

Wir haben in Kapitel 2.1 eine Fokusposition gefunden, in der die Sterne ausreichend definiert waren. Von dieser Position ausgehend will N.I.N.A. eine Fokuskurve anfertigen, um die Position des besten Fokus zu finden. N.I.N.A. erwartet also eine Ausgangsposition nahe des besten Fokus (blauer Kasten). Von dieser Position möchte N.I.N.A. am Start der Autofokusroutine an eine Position fahren, die nahe dem extrafokalen „Ende“ der Kurve liegt (roter Kasten):



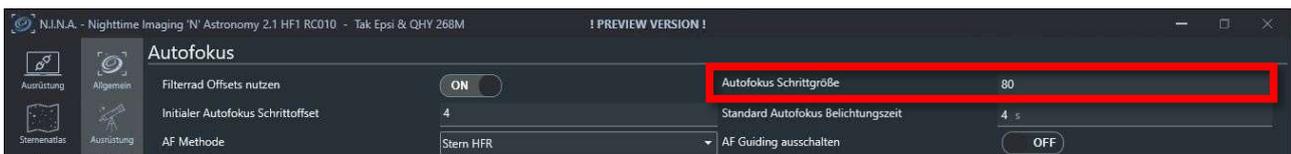
Doch woher nimmt N.I.N.A. die Information, wie weit nach außen der Okularauszug von der aktuellen Position aus gefahren werden soll? In Kapitel 2.2.1 haben wir beobachtet, dass ein Wert von ca. 300 Fokusschritten uns aus der „nahe-Fokus-Position“ an eine günstige „Start-Position“ mit HFRs von 6 bis 8 bringt.

Jetzt nehmen wir uns die Freiheit, den sperrigen Begriff „Initialer Autofokus Schrittoffset“ gedanklich umzudefinieren. Beschreiben wir stattdessen den Begriff als die Anzahl der Messpunkte auf jeder Seite der Fokuskurve. Denn das ist die Wirkung dieses Parameters. Mit vier Aufnahmen jeweils rechts und links der Position des optimalen Fokus ist ein guter Kompromiss getroffen. Die Kurve ist ausreichend exakt und ist trotzdem recht schnell aufzubauen. Wir wählen also für „Initialer Autofokus Schrittoffset“ den Wert vier:



N.I.N.A. nimmt am Start der Autofokusroutine diesen Wert und multipliziert ihn mit dem Betrag, der bei „Autofokus Schrittgröße“ hinterlegt ist. Daraus ergibt sich für N.I.N.A. die Anzahl der Autofokusschritte, um die der Okularauszug nach außen gefahren werden muss, um in die Startposition der Autofokuskurve zu gelangen.

Wir wissen, dass wir diese extrafokale Startposition mit ca. 300 Schritten erreichen. Zudem wissen wir, dass N.I.N.A. diesen Wert aus der Multiplikation von „Initialer Autofokus Schrittoffset“ und „Autofokus Schrittgröße“ errechnet. Der „Initiale Autofokus Schrittoffset“ wurde gerade mit vier belegt. Demnach ergibt sich die richtige „Autofokus Schrittgröße“ aus 300 geteilt durch vier gleich 75. Wir runden auf und tragen 80 für die „Autofokus Schrittgröße“ ein:



Wird nun die Autofokusroutine gestartet, erstellt N.I.N.A. zunächst eine Aufnahme an der aktuellen Position des Okularauszugs (Position ①). Danach fährt N.I.N.A. um den vierfachen Betrag der „Autofokus Schrittgröße“ nach außen und macht eine zweite Aufnahme (Position ②). Danach verändert die Routine

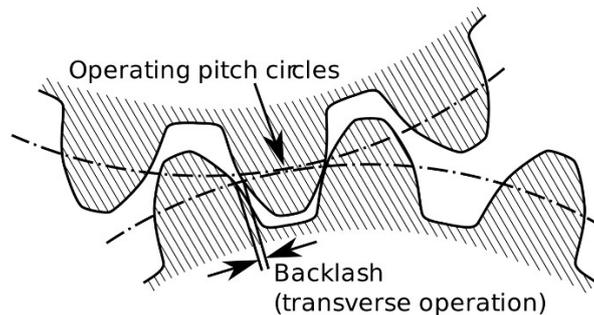
die Position des Okularauszuges jeweils um den Betrag der „Autofokus Schrittgröße“ nach innen und nimmt weitere Bilder auf. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis ein „Tiefpunkt“ der Kurve gefunden wurde und mindestens vier Aufnahmen auf beiden Seiten der Kurve vorhanden sind. Das Ende der Aufnahmen zur Bestimmung der Fokuskurve ist nach der neunten Aufnahme erreicht (Position **9**):



Nun sucht N.I.N.A. eine mathematische Kurve, die am besten die jeweiligen HFR-Punkte verbindet. Mit dem Wert „Hyperbolisch R²“ wird die Abweichung von einer perfekten hyperbolischen Kurve angezeigt. Ein Wert von „1.00“ bedeutet, dass keine Abweichung zu beobachten war, d.h. die Messpunkte konnten ohne Abweichungen in einer hyperbolischen Kurve abgebildet werden. Mit dem mathematischen Tiefpunkt dieser Fokuskurve bestimmt N.I.N.A. die Position des besten Fokus. Dies gelingt selbst dann, wenn die Aufnahme mit dem niedrigsten HFR-Wert nicht am Punkt des besten Fokus aufgenommen wurde.

2.2.3 Backlash-Kompensation

Mechanische Systeme mit Motoren, Zahnrädern, Übersetzungen und ähnlichem haben aufgrund von fertigungsbedingten Toleranzen immer etwas Spiel. Dies ist leider unvermeidlich und gilt auch für Autofokussysteme. Das Spiel entsteht nicht nur im Autofokusmotor selbst, sondern auch im Okularauszug. Im nachfolgenden Beispiel liegt das obere Zahnrad an seiner rechten Flanke am unteren Zahnrad an. Solange sich das obere Zahnrad gegen den Uhrzeigersinn bewegt, wird das untere Zahnrad spielfrei im Uhrzeigersinn rotieren. Sollte sich aber die Bewegungsrichtung des oberen Zahnrads umkehren (auf „mit dem Uhrzeigersinn“), sind einige wenige Grad der Bewegung notwendig, um überhaupt den Kontakt mit dem unteren Rad wiederherzustellen. Diese „Lücke“ ist der Backlash.



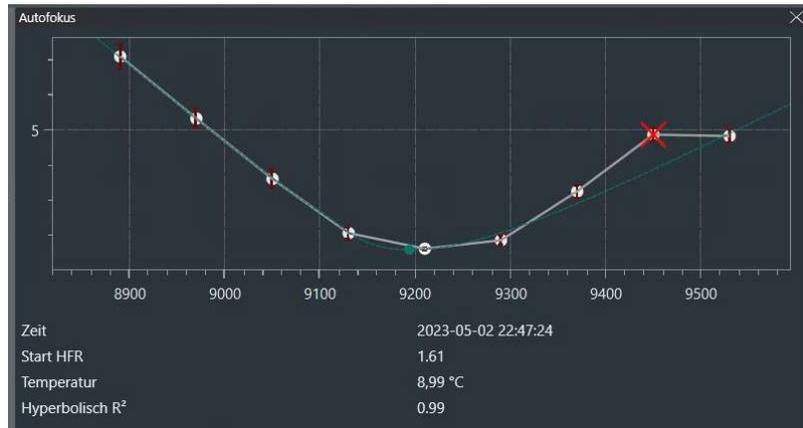
Quelle: [https://en.wikipedia.org/wiki/Backlash_\(engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Backlash_(engineering))

Der Backlash des Autofokus-Gesamtsystems (Antrieb und Okularauszug) summiert sich mit der Summe des Spiels zwischen seinen Einzelkomponenten.

Wird die Wirkung des Backlash nicht berücksichtigt, macht sich das Spiel im Fokuslauf eventuell mehrfach bemerkbar. Nach der ersten Aufnahme an der Startposition des Okularauszugs (Position ①) gibt N.I.N.A. den Befehl an das Autofokussystem, den vierfachen Betrag der „Autofokus Schrittgröße“ nach außen zu fahren. N.I.N.A. glaubt dann, an Position ② zu stehen. Tatsächlich könnte N.I.N.A. *irgendwo* zwischen ① und ② stehen. Dies wäre dann der Fall, wenn ein Teil der Bewegung des Autofokus-Motors aufgrund des Backlash nicht in eine Bewegung des Okularauszuges umgesetzt wurde. Bei der Bewegung von ② nach ③ erfolgt immer eine Umkehr der Bewegungsrichtung, d.h. es wird wieder ein Teil der Bewegung des Motors zum Ausgleich des Spiels im System verwendet. Im besten Fall tritt ab Position ③ das Problem nicht mehr auf: solange die Richtung der Bewegung nicht mehr wechselt, werden 100 Prozent der Bewegung des Motors zur Bewegung des Okularauszuges verwendet (weil alle beweglichen Teile bereits in Kontakt sind).



Dadurch entsteht eine Kurve die so aussieht:



Man erkennt in der Kurve ein Plateau am rechten (extrafokalen) Rand. Die Länge des Plateaus entspricht dem Betrag des Backlash (ca. 100 Schritte).

Die gute Nachricht ist, dass N.I.N.A. zwei Methoden zur Kompensation des Backlash bereithält.

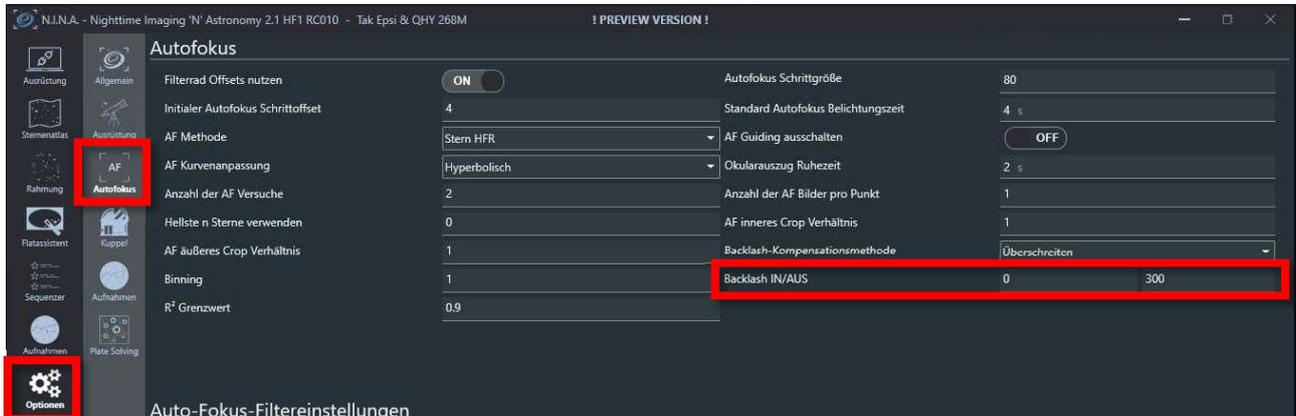
Die erste Methode setzt voraus, den Betrag des Backlash genau zu kennen. Bewegungen des Okularauszugs werden um diesen Betrag korrigiert. Wird der Backlash-Betrag aber nicht korrekt angegeben, wird N.I.N.A. die Bewegungen über- oder unterkorrigieren.

Dieses Problem besteht bei der zweiten Methode nicht. Man wählt dazu unter „Backlash-Kompensationsmethode“ die Option „Überschreiten“ aus:



Diese Methode steht dafür, dass N.I.N.A. jede Veränderung des Okularauszuges nur von einer Richtung aus vornimmt, d.h. entweder immer von „innen nach außen“ („IN“), oder immer von „außen nach innen“ („AUS“). Die Richtung ist unerheblich, sofern man auf beiden Seiten des Fokuspunktes ausreichend

Bewegungsfreiheit im Okularauszug hat. Ich habe mich für „AUS“ entschieden und dort mit „300“ einen wirklich hohen Wert eingetragen, der sicher über meinem tatsächlichen Backlash-Betrag liegt:



Wenn N.I.N.A. nun einen Befehl an das Autofokussystem absetzt, können zwei Situationen vorliegen:

1. Die angeforderte Bewegungsrichtung des Okularauszugs ist von „außen nach innen“:
In diesem Fall ist der Backlash bereits ausgeglichen, d.h. die Bewegung des Okularauszugs kann ohne eine Kompensation direkt durchgeführt werden.
2. Die angeforderte Bewegungsrichtung des Okularauszugs ist von „innen nach außen“:
Da jede neue Position immer von außen angesteuert wird, muss in diesem Fall der Okularauszug erst um 300 Schritte über die geplante Zielposition hinaus gefahren werden. Danach wird die Bewegungsrichtung umgekehrt, d.h. das System fährt wieder 300 Schritte nach innen. Dadurch wird der Backlash ausgeglichen.

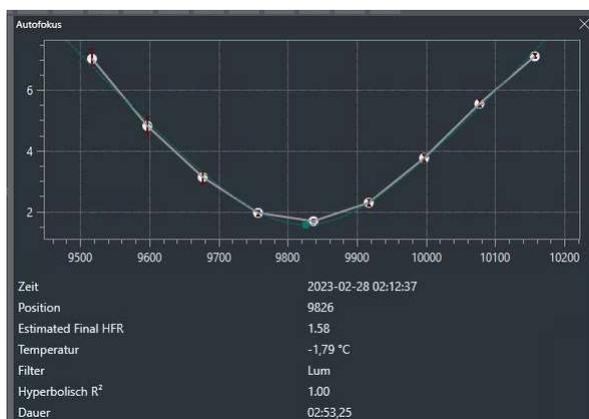
3 Ein wenig „Kurvenlehre“?

Ein Bild sagt bekanntlich mehr als tausend Worte. Man kann einer Autofokuskurve in N.I.N.A. daher durchaus entnehmen, ob die Einstellungen korrekt sind, oder ob gegebenenfalls noch ein zusätzliches Problem vorliegt. Daher werden nachfolgend einige Beispiele von Autofokuskurven gezeigt und die damit eventuell verbunden Probleme besprochen.

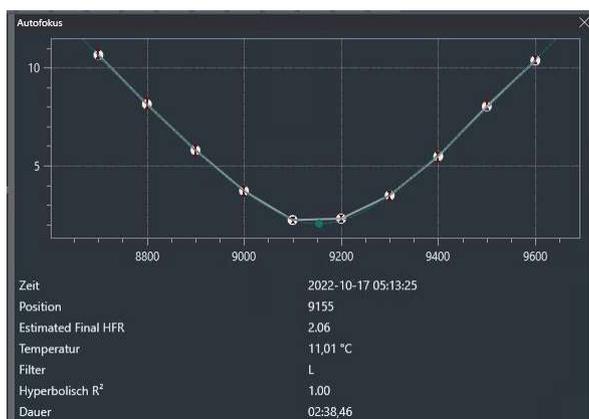
3.1 Die „richtige“ Kurve

So sollte eine korrekte Autofokuskurve aussehen:

- Die Anzahl der Aufnahmen rechts und links der Position mit dem geringsten HFR entspricht dem Wert des „Initialen Autofokus Schrittoffset“ (im Beispiel vier)
- die HFRs an den extra- und intrafokalen Flanken der Kurve betragen das drei- bis vierfache des HFR nahe am Fokus
- der Wert für „Hyperbolisch R²“ als Maß der Abweichung von einer perfekten hyperbolischen Kurve liegt bei „1.00“ oder sehr nahe bei eins.

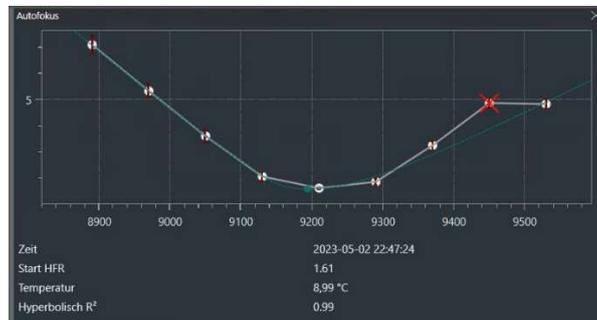


Die nächste Fokuskurve sieht auf den ersten Blick gut aus. Allerdings liegen die HFRs an den extra- und intrafokalen Flanken der Kurve leicht über dem vierfachen des HFR nahe am Fokus. Das ist noch kein Problem. Allerdings könnte hier die Step size ein wenig reduziert werden. Zumindest sollte geprüft werden, wie viele Sterne bei HFRs über 10 noch erkannt werden:



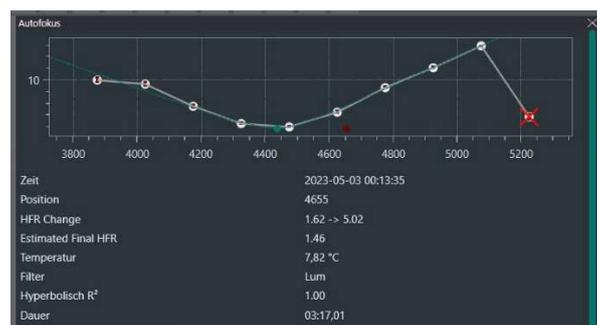
3.2 Keine Backlash-Kompensation

Im Kapitel 2.2.3 hatten wir das typische Muster kennengelernt, welches eine Fokuskurve zeigt, wenn keine Backlash-Kompensation aktiviert ist. Für N.I.N.A. erscheint die zweite Messung von rechts „aus der Reihe zu fallen“. Die Messung wird bei der Berechnung der Fokuskurve ausgeschlossen. Tatsächlich wäre dies aber ein besserer Messpunkt gewesen, als der vom Backlash beeinflusste erste Messpunkt von rechts:



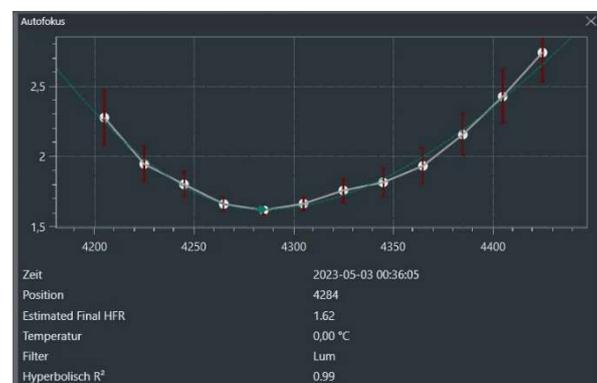
3.3 Zu große Schrittgröße

Bei diesem Autofokuslauf lag die Schrittgröße bei 150 (statt 80). Bei der ersten Aufnahme weit außen an der extrafokalen Position (ca. 5080) wurden daher keine validen Sterne erkannt. Die letzte Messung intrafokal (links außen) erscheint ebenfalls fragwürdig:



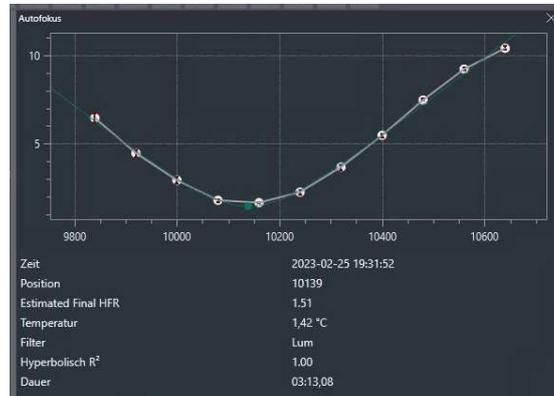
3.4 Zu kleine Schrittgröße

Bei diesem Autofokuslauf lag die Schrittgröße bei 20 (statt 80). Die HFRs der Aufnahmen liegen an den Flanken nicht einmal beim doppelten Wert des HFR nahe am Fokus. Trotz der augenscheinlich zahlreichen Messpunkte ist die Stichprobe zu „eng“ gefasst, um eine aussagekräftige Fokuskurve zu bestimmen.

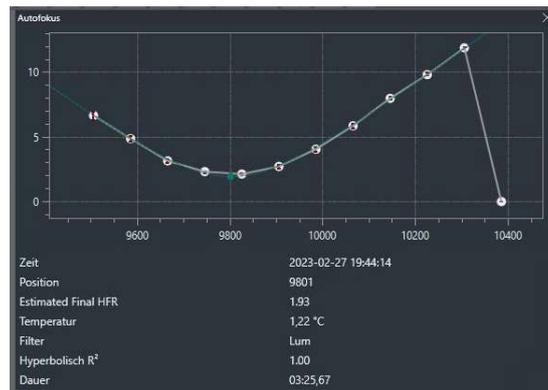


3.5 Start zu weit extrafokal

Die Startposition des Okularauszugs war bei diesem Autofokuslauf etwas zu weit außen (extrafokal). Daher ist N.I.N.A beim Start an den rechten Rand zu weit herausgefahren. Allerdings war noch eine Sternerkennung möglich. Im Ergebnis war der Autofokuslauf erfolgreich. Es mussten nur mehr Punkte an der rechten Flanke erstellt werden, um den Tiefpunkt der Kurve zu erreichen.

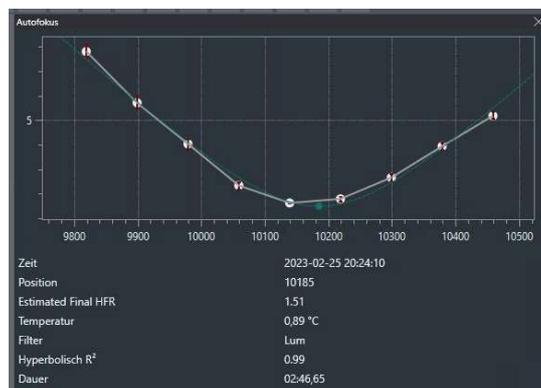


Beim folgenden Beispiel war die Startposition noch weiter rechts außen (extrafokal). Daher ist die erste Aufnahme nicht mehr gelungen: es konnten keine Sterne erkannt werden. Es spricht für N.I.N.A, dass der Autofokuslauf am Ende trotzdem erfolgreich war (die erste Messung wurde ignoriert).



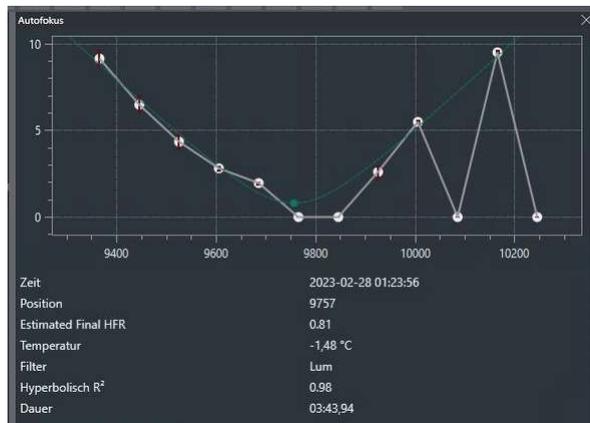
3.6 Start zu weit intrafokal

Bei diesem Autofokuslauf war die Startposition des Okularauszugs etwas zu weit innen (intrafokal). Daher ist N.I.N.A beim Start an den rechten Rand etwas zu kurz gefahren. Trotzdem konnte der Lauf mit nur vier Aufnahmen auf jeder Seite erfolgreich abgeschlossen werden.



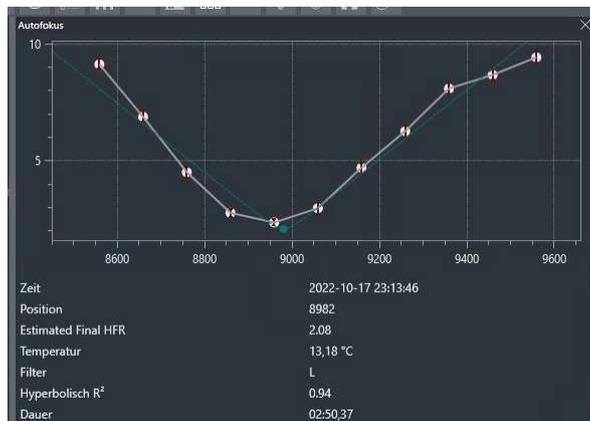
3.7 Wolken während des Autofokus-Laufs

Manchmal ist höhere Gewalt mit im Spiel. Bei diesem Lauf waren Wolken durch das Bildfeld gezogen. Einige Aufnahmen sind nicht brauchbar. Da N.I.N.A. die offensichtlich falschen Messungen nicht berücksichtigt hat, ist das Ergebnis trotzdem brauchbar. Nichtsdestotrotz sollte ein solcher Fokuslauf wiederholt werden.



3.8 Okularauszug zu stramm eingestellt

Der folgende Lauf wirkt auf den ersten Blick so, als wäre keine oder eine zu geringe Kompensation für den Backlash vorgenommen worden. Dagegen spricht aber, dass die Kurve zwischen den ersten drei Aufnahmen eine gerade Linie darstellt. Wäre die Ursache der Backlash, wäre entweder das erste Teilstück waagrecht (wenn der Backlash größer als 100 Schritte wäre), oder das erste Teilstück hätte die gezeigte Steigung, aber das zweite Teilstück hätte die Steigung der restlichen Flanke (wenn der Backlash kleiner als 100 Schritte wäre). In diesem Fall war ein etwas zu stramm eingestellter Okularauszug die Ursache für den untypischen Verlauf der Fokuskurve.



4 Optimierung von Sequenzen mit „geschleiften Belichtungen“

Im vierten Artikel der Serie zu N.I.N.A. hatten wir in Ausgabe 34 den typischen Anwendungsfall der Nutzung einer Monokamera mit Filterrad und Autofokussystem betrachtet. Da für ein Bild in der Regel mehrere Filter belichtet werden müssen, betrachteten wir die Frage, ob dies besser „nacheinander“ oder „nebeneinander“ geschieht.

Im ersten Fall würde man beispielsweise drei Stunden Luminanz aufnehmen, gefolgt von je einer Stunde mit dem Rot-, Grün- und Blaufilter.

Im zweiten Fall würde man drei Aufnahmen Luminanz anfertigen, gefolgt von je einer Aufnahme in Rot, Grün und Blau. Diese Folge würde sechs Stunden lang wiederholt werden.

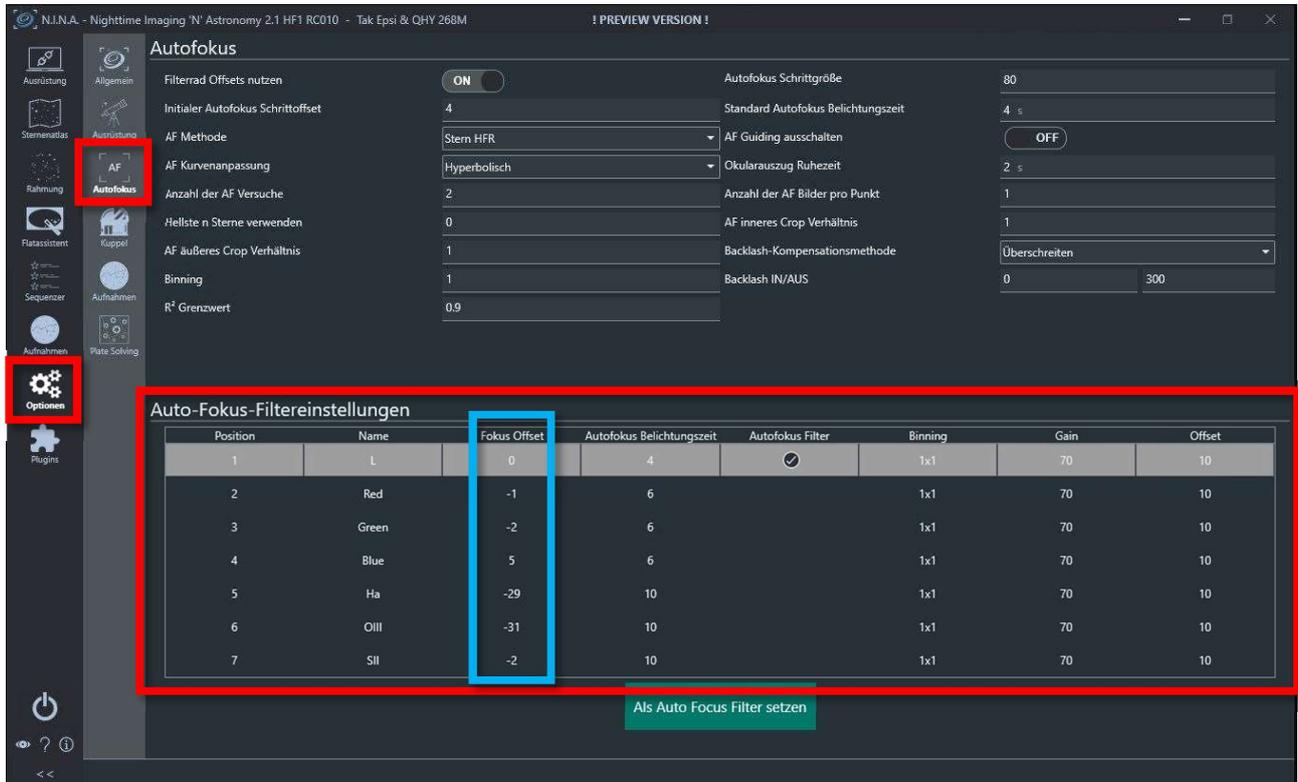
Beide Methoden haben ihre Berechtigung. Trotzdem belichte ich meine Ziele fast ausschließlich nach der zweiten Methode, d. h. in kurzen Schleifen mit den benötigten Filtern. Diese Vorgehensweise schafft sehr einheitliche Gradienten, die in der späteren Nachbereitung leichter zu entfernen sind, als Gradienten, die sich zwischen den Farbkanälen unterscheiden. Ein weiterer Vorteil des zweiten Verfahrens besteht in seiner »Robustheit«: es stellt sicher, zu jedem Zeitpunkt immer das gewünschte Verhältnis an Aufnahmen je Farbkanal zu haben, selbst wenn Wolken einen beliebigen Teil der Aufnahmezeit rauben.

Der offensichtliche Nachteil diese Methode, ist die Häufigkeit der Filterwechsel und der damit verbundene Zeitaufwand. Erfreulicherweise bietet N.I.N.A. an, mit sogenannten Filter-Offsets zu arbeiten. Zunächst wird für alle Filter einmalig die Position des Okularauszugs bestimmt, bei welcher das System im Fokus ist. Kennt N.I.N.A. alle Positionen, kann es bei jedem Filterwechsel automatisch die Position des Okularauszuges so nachsteuern, dass die Kamera nach dem Filterwechsel automatisch optimal im Fokus bleibt. Das ist ausgesprochen komfortabel und spart Zeit: statt einem Autofokuslauf von zwei bis vier Minuten (je nach Filter) wird die Fokusposition beim Filterwechsel in wenigen Sekunden nachgesteuert. Beide Aufgaben (Filterwechsel und Anpassung der Fokusposition) werden zeitsparend parallel erledigt.

Zudem kann man seinem System die Arbeit leichter machen, indem man die Sequenzen weiter optimiert. Man kann die Belichtung der Filter so anordnen, dass das Autofokussystem beim Filterwechsel keinen Ausgleich seines Backlash vornehmen muss, der einige „Extra-Sekunden“ dauern würde.

Wie genau geht das?

Das Plugin „Filter Offset Calculator“ erlaubt es, automatisiert die Offsets für alle Filter zu ermitteln und N.I.N.A. mitzuteilen (blauer Kasten).



Hierdurch wurde N.I.N.A. die notwendige Information an die Hand gegeben, die Filterpositionen bei jedem Filterwechsel automatisch anzupassen.

In Kapitel 2.2.3 haben wir gelernt, dass jeder Richtungswechsel bei der Bewegung des Okularauszuges eine Backlash-Kompensation auslöst. Das ist kein Problem, es kostet nur Zeit. Daher sollten wir bei geschleiften Belichtungen mit zahlreichen Filterwechseln die Reihenfolge der Filter so anordnen, dass keine Richtungswechsel im Okularauszug während eines Schleifendurchlaufs erforderlich werden.

Als „Backlash-Kompensationsmethode“ habe ich die Option „Überschreiten“ ausgewählt. Zudem habe ich festgelegt, dass jede Veränderung des Okularauszuges nur von „außen nach innen“ („AUS“) erfolgt. Mit diesen Einstellungen kann ich eine Veränderung der Fokusposition ohne Ausgleich des Backlash vornehmen, solange der Okularauszug von außen nach innen gefahren wird (d.h. solange die Fokusposition abnimmt).

Mit diesem Wissen ordnen wir gedanklich unsere Filter im Filterrad von der größten zur kleinsten Fokusposition, bzw. vom größten zum kleinsten Filter-Offset:

Reihenfolge der Filter in einer Sequenz	Filter-Bezeichnung	Filter-Offset
1	Blue	5
2	Lum	0
3	Red	-1
4	Green	-2
5	SII	-2
6	Ha	-29
7	OIII	-31

Jetzt müssen wir nur noch dafür sorgen, dass in einer geschleiften Sequenz die Filter in eben dieser Reihenfolge verwendet werden.

Zudem kann man am Ende der Belichtungsschleife den Wechsel auf den ersten Filter parallel zum Dither durchführen lassen. So kostet der Filterwechsel auf den ersten Filter des nächsten Schleifendurchlaufs keine zusätzliche Zeit.

Auf diese Art lassen sich Sequenzen sehr einfach optimieren. Will man beispielsweise eine Breitbandaufnahme in LRGB anfertigen, könnte man den Aufnahmeteil so gestalten:

The screenshot shows a software interface for astronomical imaging, titled "Aufnahmen Mono LRGB (mit Filter Offsets)". It displays a sequence of filter exposures with various parameters and instructions.

Schleifenbedingungen (Loop Conditions):

- Bis Zeitpunkt wiederholen: Astronomische Morgendämmerung, Zeit 7:28:47, Offset 10 m, Verbleibend 10:39:51
- Wiederholen bis Höhe unter: Höhe < 20°, Höhe 13.83° < 20°

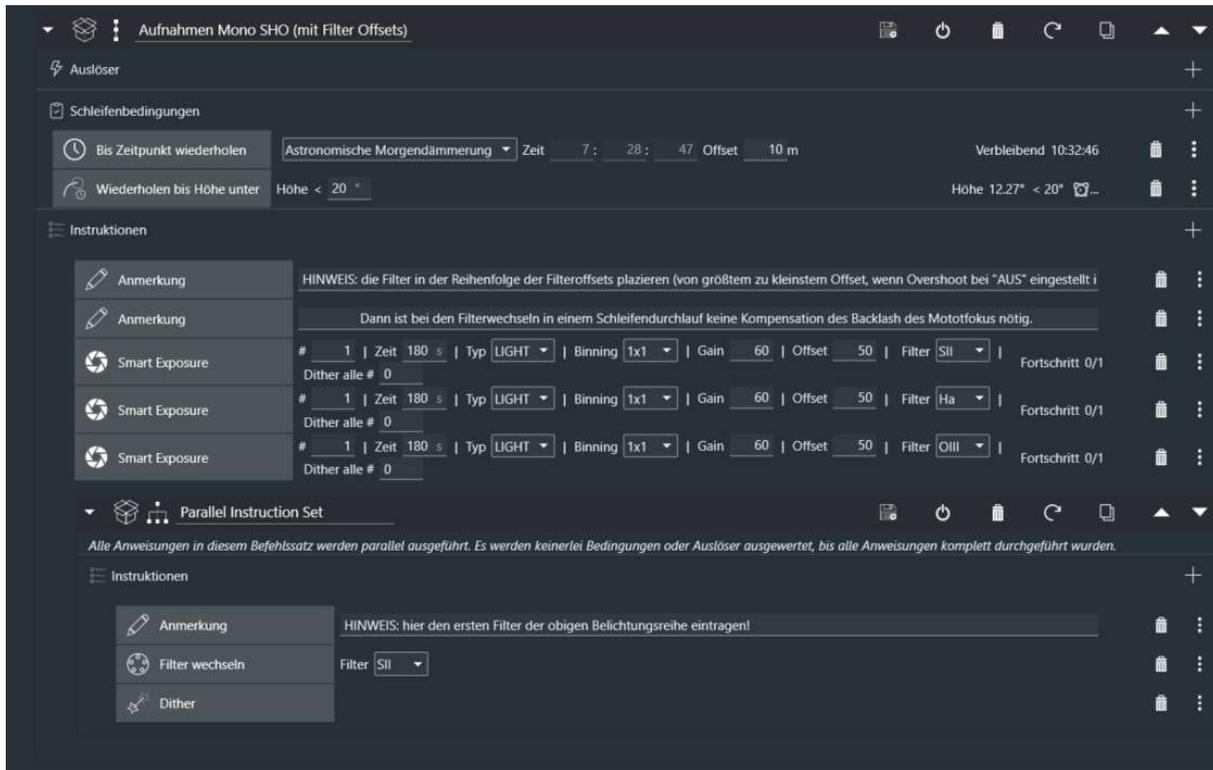
Instruktionen (Instructions):

- Anmerkung: HINWEIS: die Filter in der Reihenfolge der Filteroffsets plazieren (von größtem zu kleinstem Offset, wenn Overshoot bei "AUS" eingestellt i...)
- Anmerkung: Dann ist bei den Filterwechseln in einem Schleifendurchlauf keine Kompensation des Backlash des Motofokus nötig.
- Smart Belichtung # 1 | Zeit 120 s | Typ LIGHT | Binning 1x1 | Gain 55 | Offset 30 | Filter Blue | Fortschritt 0/1 | Dither alle # 0
- Smart Belichtung # 3 | Zeit 120 s | Typ LIGHT | Binning 1x1 | Gain 30 | Offset 30 | Filter Lum | Fortschritt 0/3 | Dither alle # 0
- Smart Belichtung # 1 | Zeit 120 s | Typ LIGHT | Binning 1x1 | Gain 55 | Offset 30 | Filter Red | Fortschritt 0/1 | Dither alle # 0
- Smart Belichtung # 1 | Zeit 120 s | Typ LIGHT | Binning 1x1 | Gain 55 | Offset 30 | Filter Green | Fortschritt 0/1 | Dither alle # 0

Parallel Instruction Set:

- Anmerkung: HINWEIS: hier den ersten Filter der obigen Belichtungsreihe eintragen!
- Filter wechseln: Filter Blue
- Dither

Eine Schmalbandsequenz könnte so aussehen:



5 Wichtige Hinweise zum Schluss

Über diese Informationen hinaus wird empfohlen, sich mit der „offiziellen“ Dokumentation zum Autofokus vertraut machen:

<https://nighttime-imaging.eu/docs/master/site/advanced/autofocus/>

Wenngleich die in diesen Zusatzinformationen beschriebenen Verfahren beim Autor regelmäßig im Einsatz sind, kann keine Garantie gegeben werden, dass diese in gleicher Weise auf anderen Systemen funktionieren. Schließlich sind bei jedem Astrofotografen die Ausrüstung und die verwendeten Komponenten sehr unterschiedlich. Die Anwendung der hier beschriebenen Verfahren erfolgt auf eigenes Risiko.

Doch „Bange-machen“ gilt nicht. Die Einrichtung eines Autofokus ist weniger kompliziert, als man vielleicht glauben mag. Der Gewinn an Komfort wiegt den einmaligen Aufwand zur Einrichtung des Autofokus mehr als auf.

Ich wünsche dabei viel Erfolg!

Beste Grüße,

Andreas Habermehl

PS: Feedback welcome ;)