

Hard- und Software Burkhard Lewetz

Ingenieurbüro für technische Software-Entwicklung

Wie geht das ...

... mit *WinPC-NC* ?

Beschreibung der Laser- Testfunktionen

Light

✓ USB

✓ Professional



Bild: Montierter Laser für Gravur- und Schneidaufgaben



In dieser Anleitung erfahren Sie, wie Sie die in WinPC-NC integrierten Laser-Testfunktionen nutzen und Ihre Arbeitsergebnisse noch optimieren und verbessern können, um anschließend Gravuren oder Schneidaufgaben zu erledigen.

Informationen wie Sie die richtigen Signale für Ihren Laser zuweisen und weitere nützliche Anleitungen zum Laser finden Sie auf unserer Homepage im Hilfebereich.

Inhalt

1. Übersicht der verfügbaren Laser-Testfunktionen	3
Laser-Graustufen-Test.....	3
Laser-Schneidetest.....	3
2. Durchführung des Laser-Graustufen-Tests.....	4
Durchführung des Geschwindigkeitstests	6
Beurteilung des Geschwindigkeits-Testergebnisses	8
Übernahme der richtigen Parameter	9
Durchführen des Graustufen-Tests	10
Der Graustufentest im Detail.....	11
Beurteilung der Ergebnisse und Optimieren der Einstellungen	12
3. Laser-Schneidetest.....	20
Durchführung des Schneidtests	21
Beurteilung der Testergebnisse	23
Übernahme der richtigen Parameter	23
4. Geschwindigkeitsabhängige Leistung.....	26
Funktionsweise	26



1. Übersicht der verfügbaren Laser-Testfunktionen

Da das Ergebnis bei Arbeiten mit einem Laser sehr stark vom verwendeten Material oder der Oberfläche und der Laserleistung abhängt, verfügt *WinPC-NC* über interne Testfunktionen, um auf jedem Material immer das beste Ergebnis zu erzielen. Führen Sie deshalb die Tests für jedes Material erneut durch und ermitteln Sie die individuellen Werte für das verwendete Material.

Die Testfunktionen finden Sie bei aktiviertem Lasermodul unter dem Menüpunkt **Sonderfunktionen**.

Laser-Graustufen-Test

Die Funktion für den Graustufen-Test umfasst zwei einzelne Schritte. Als Grundlage für den **Graustufentest** wird zuerst ein **Geschwindigkeitstest** ausgeführt, um die maximal mögliche Geschwindigkeit zu ermitteln, die mit voller Laserleistung eine satte schwarze Farbe erzeugt. Mit der ermittelten Geschwindigkeit wird anschließend die Abstufung der Graustufen kalibriert.

Laser-Schneidetest

Die Funktion **Laser-Schneidetest** bietet Ihnen ein Werkzeug, mit dem Sie die optimalen Parameter zum Schneiden und Trennen Ihres Materials mit einem Laser finden können.

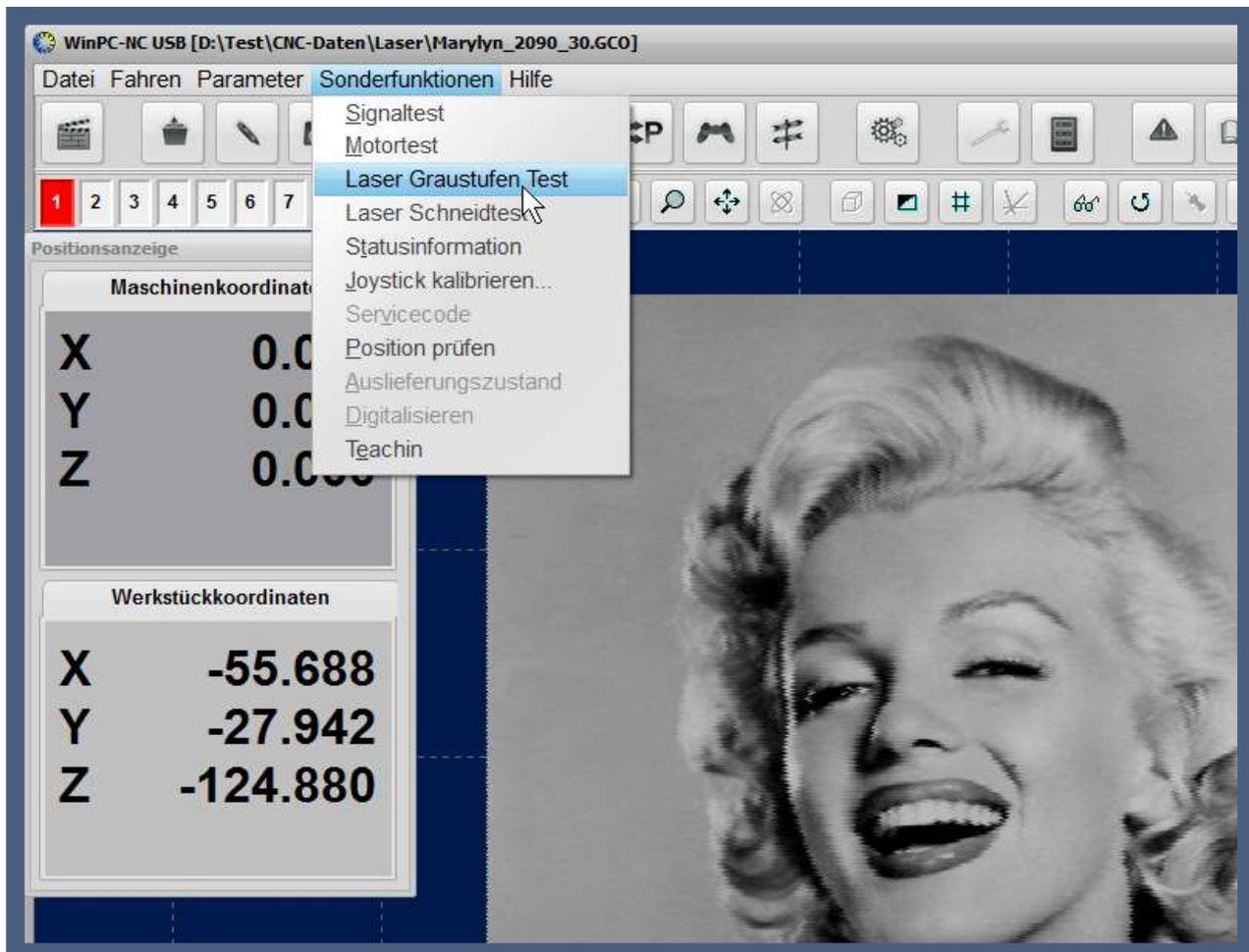


Bild: Laser Geschwindigkeits- und Graustufen-Test



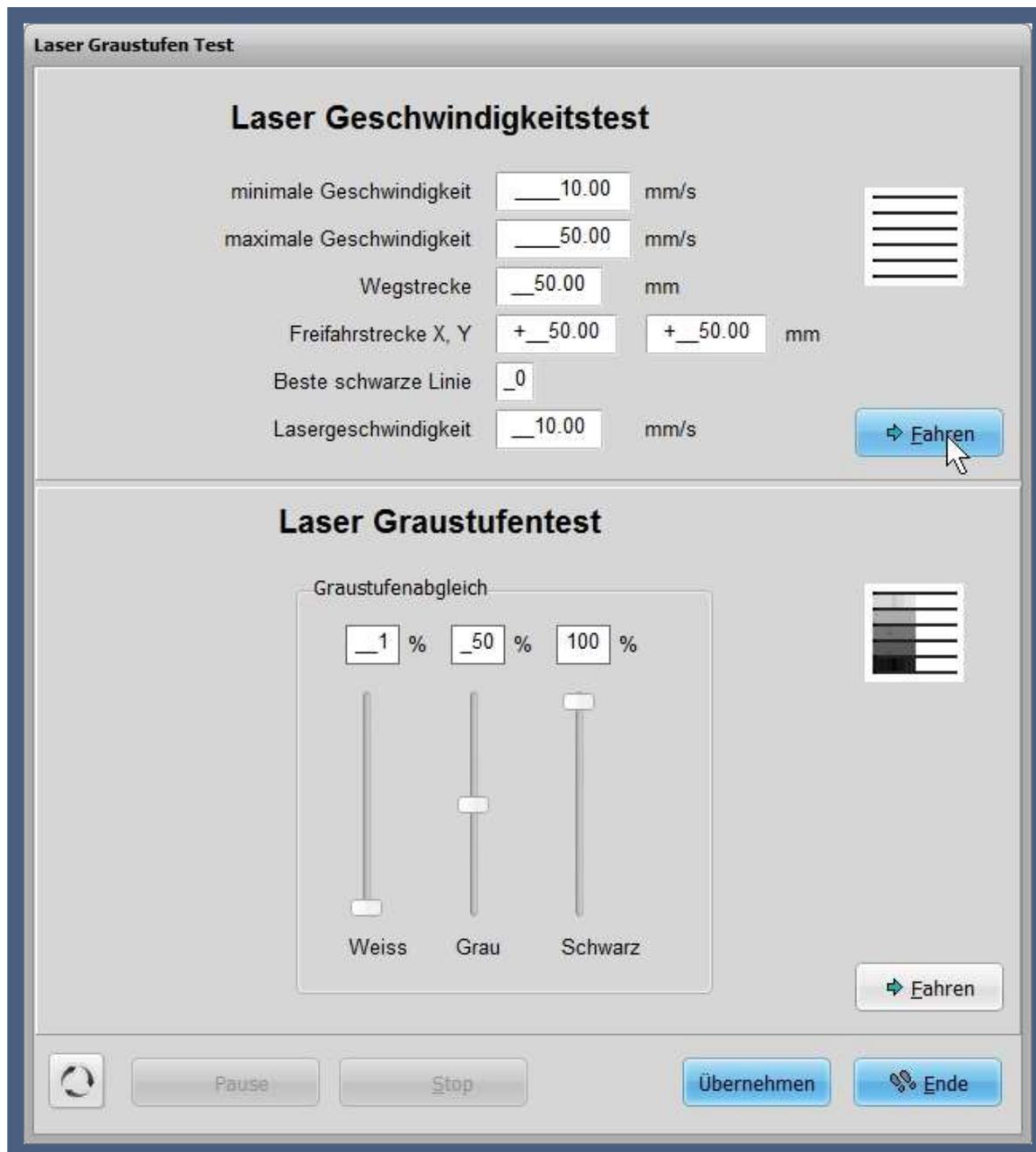
2. Durchführung des Laser-Graustufen-Tests

Um in den Testmodus zu gelangen, klicken Sie bitte auf **Sonderfunktionen** und anschließend auf **Laser-Graustufen-Test**





Anschließend öffnet sich folgendes Fenster für den Testmodus



Wie man auf der Grafik oben gut erkennen kann, ist dieser Testmodus zweigeteilt. Mit den Parametern im oberen Teil des Fensters können zuerst die maximalen Geschwindigkeiten für ein sattes Schwarz ermittelt werden. Hierzu fährt der Laser mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei maximaler Leistung. Anschließend wählen Sie die beste Linie aus, bei der gerade noch ein sattes Schwarz erzeugt wird. Mit der Auswahl der Linie im Dialog haben Sie die Möglichkeit automatisch die ermittelte Geschwindigkeit zu speichern und anschließend den Graustufen-Abgleich durchzuführen.



Erklärung der Parameter

Minimale & Maximale Geschwindigkeit:	<i>WinPC-NC</i> fährt 11 Linien in gleichmäßiger Abstufung zwischen minimaler und maximaler Geschwindigkeit (Die Werte sind abhängig von Ihrer Maschine und der zur Verfügung stehenden Laserleistung)
Wegstrecke:	Länge der Testlinie
Freifahrstrecke X, Y:	Freifahren nach dem Test um das Ergebnis ohne Hindernisse begutachten zu können
Beste schwarze Linie:	Bestes Testergebnis (genaue Definition folgt noch)
Lasergeschwindigkeit:	Geschwindigkeit, die anhand der besten schwarzen Linie ermittelt wurde

Durchführung des Geschwindigkeitstests

Für den ersten Durchlauf des Testprogramms empfehlen wir die Standardparameter wie in der Abbildung zu verwenden. Sollten Sie nach dem ersten Testlauf feststellen, dass die Geschwindigkeit zu gering oder zu hoch war, wiederholen Sie den Test mit angepassten Parametern.

Um den Geschwindigkeitstest durchzuführen, fahren Sie zunächst den gewünschten Nullpunkt auf Ihrem Testmaterial an. Dazu können Sie die Funktion **Manuelles Fahren** verwenden, welche im Lasertest über den Button links unten verfügbar ist.

Speichern Sie anschließend Ihren XY-Nullpunkt ab und stellen Sie die Fokushöhe des Lasers korrekt ein.

Nun sind alle Voraussetzungen erfüllt um den Geschwindigkeitstest zu starten. Hierzu klicken Sie im oberen Teil des Fensters auf **Fahren**.



Achtung

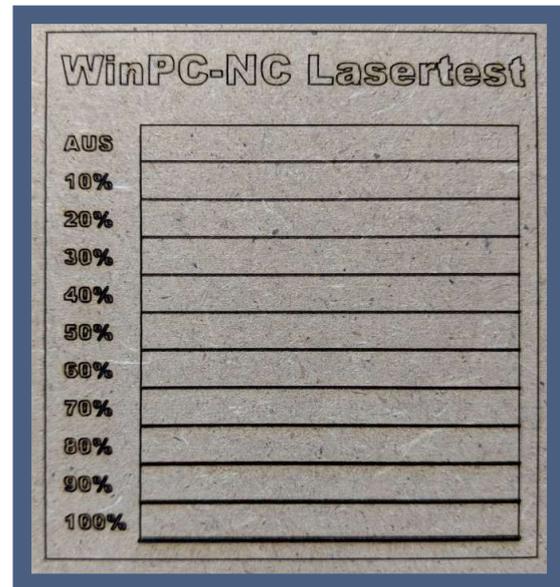
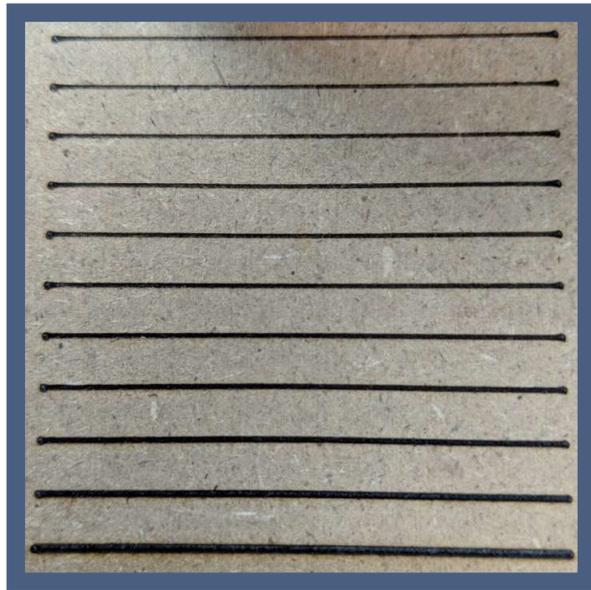
Ihre Maschine fährt nun automatisch los. Sie können den Test jederzeit mit *Stop* abbrechen.

Für den Geschwindigkeitstest fährt *WinPC-NC* ein Muster aus 11 Linien mit voller Laserleistung ab. Jede Linie wird mit einer anderen Geschwindigkeit abgefahren. Eine Testlinie besteht dabei aus 4 Bahnen die jeweils um 0,1mm versetzt sind.



Der Zweck dieses Tests ist die Ermittlung der maximal möglichen Lasergeschwindigkeit, mit der noch ein sattes Schwarz erreicht wird.

Sie sollten nun ein Test-Muster auf Ihrem Versuchsmaterial vorfinden, dass dem Abgebildetem ähnelt.



Bilder: Ergebnis Geschwindigkeitstest (rechts mit vorab graviertem Rahmen)



Hinweis

Bitte beachten: Wir verwenden zur besseren Veranschaulichung einen vorab gravierten Rahmen für diese Anleitung. Dieser Rahmen wird bei Ihrem Test nicht vorhanden sein und ist dafür auch nicht nötig.



Beurteilung des Geschwindigkeits-Testergebnisses

Um nun die Linie mit der besten Geschwindigkeit zu finden, müssen wir diese zunächst genauer inspizieren. Es gibt hierbei zwei Aspekte, die zu beachten sind. Zum ersten sollte die Linie zwischen 0,4 und 0,6 mm breit sein und die Farbe sollte tief schwarz sein. Es darf keine „dunklere“ Linie geben.

Ist diese Linie ermittelt, wird sie von unten beginnend abgezählt. Im Beispiel war es die 5. Linie mit dem besten Ergebnis.

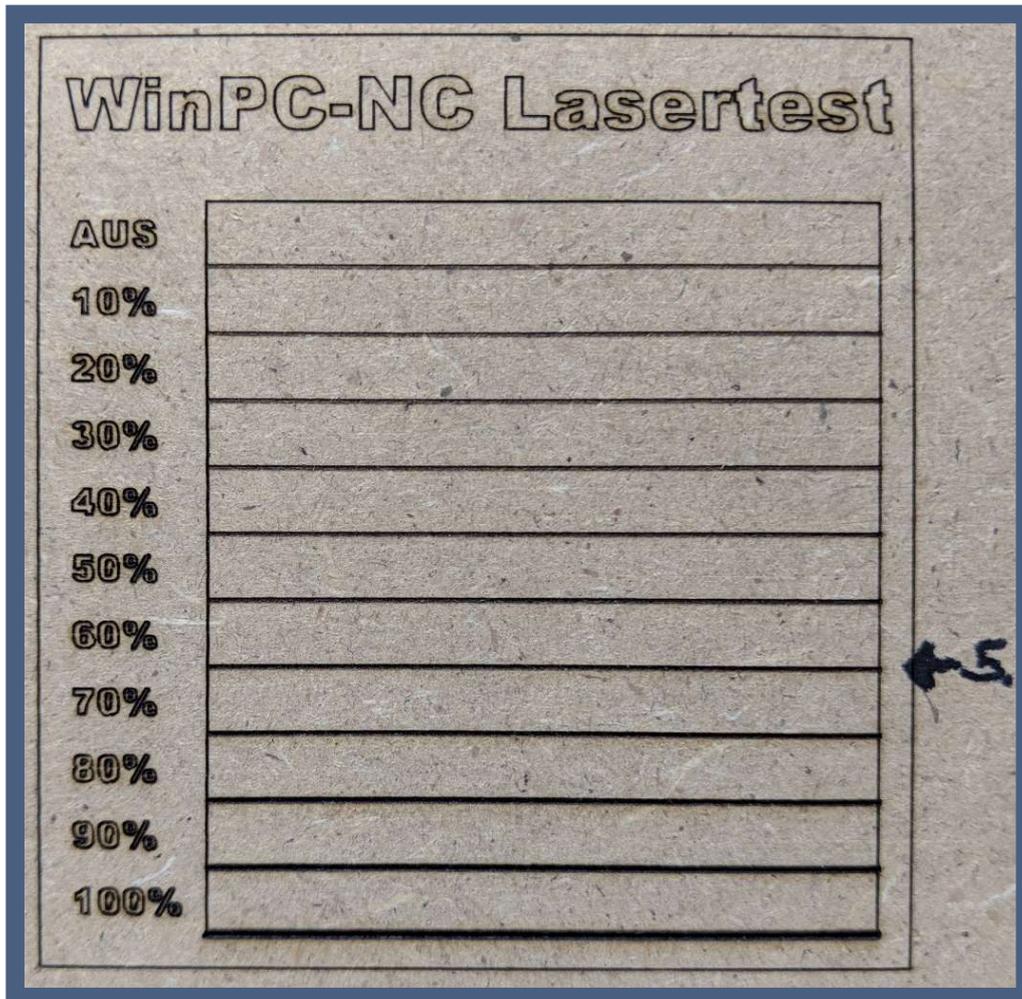


Bild: Markierte beste Linie



Übernahme der richtigen Parameter

Wenn Sie nun die beste Linie identifiziert und abgezählt haben, geben Sie diese bitte im Feld **Beste schwarze Linie** als Zahlenwert ein. *WinPC-NC* berechnet dann automatisch die dazugehörige Geschwindigkeit.

Alternativ können Sie auch den Wert **Lasergeschwindigkeit** von Hand anpassen.

Bild: Eingabe der besten schwarzen Linie

In der Abbildung ist gut zu erkennen, dass *WinPC-NC* anhand der besten schwarzen Linie den Wert für die Lasergeschwindigkeit errechnet. Der Geschwindigkeitstest ist nun abgeschlossen.

Ihre Maschine ist nun für Gravuren in **schwarz/weiß** gerüstet. Übernehmen Sie die Lasergeschwindigkeit als Vorschubgeschwindigkeit für Ihr Werkzeug in die Werkzeugparameter, indem Sie auf den Button Übernehmen im unteren Bereich des Fensters klicken.

Sollten Sie anschließend noch den Graustufentest durchführen wollen, schließen Sie bitte das Testfenster zwischenzeitlich nicht. Der Graustufentest basiert auf der zuvor ermittelten Lasergeschwindigkeit.



Durchführen des Graustufen-Tests

Um mit Ihrem Laser auch Graustufen abbilden zu können, ist es nötig den Leistungsverlauf der Laserdiode an einen linearen Verlauf der Graustufen anzupassen. Um hierfür die richtigen Parameter zu kalibrieren, bietet **WinPC-NC** die Möglichkeit des **Graustufentests**.

Dabei werden einzelne Linien, immer 0,1mm zueinander versetzt, in der zuvor ermittelten Lasergeschwindigkeit abgefahren. Für jede Linie wird dabei die Leistung in Stufen von **AUS bis 100%** Leistung gedimmt. Ist der Test erfolgreich abgeschlossen, sollten Sie mit Ihrem Laser einen linearen Verlauf von weiß nach schwarz darstellen können.

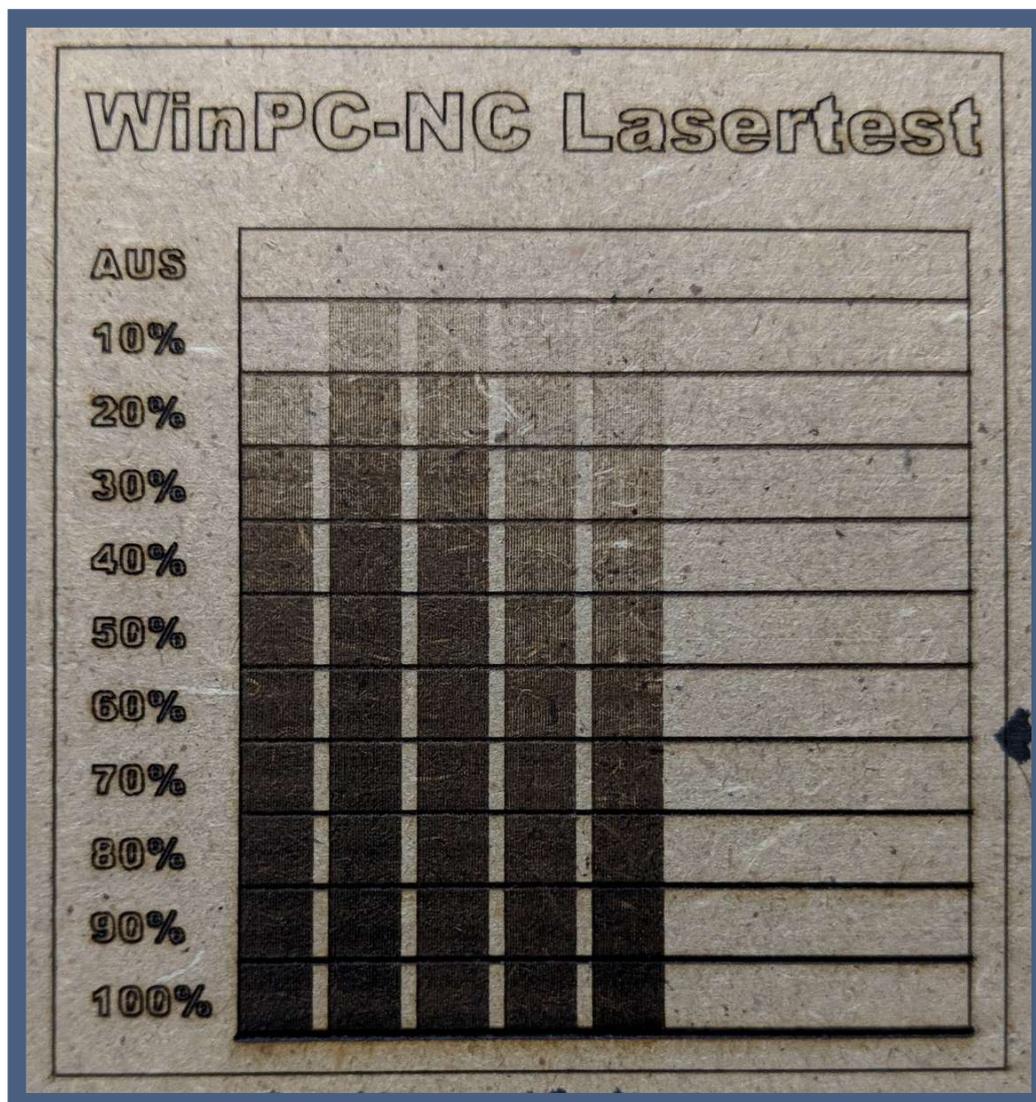


Bild: Verlauf der Graustufen nach mehreren Durchläufen des Graustufentests



Der Graustufentest im Detail

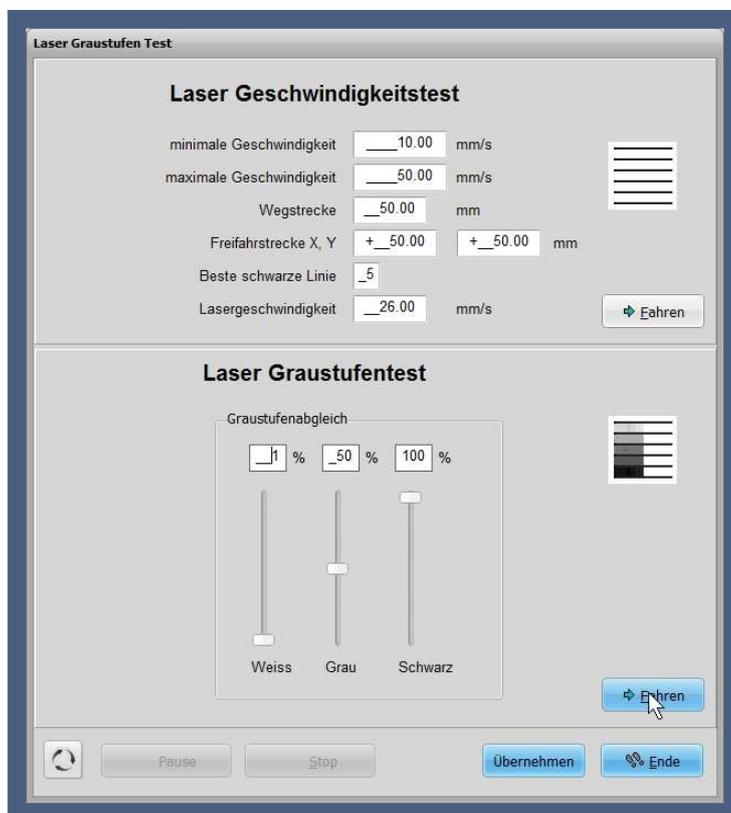
Für den Graustufentest gibt es 3 Prozentwerte mit denen der Grauwert an die Leistungskurve des Lasers angepasst werden kann.

- Weiß** Mit diesem Wert wird die Schwelle eingestellt, ab der der Laser keine Linie mehr zeichnet.
- Grau** Der Grauwert dient zum Ausmitteln der grauen Farbstufen und wird nachfolgend erklärt.
- Schwarz** Mit diesem Wert wird eingestellt, ab welcher Laserleistung die Linien komplett schwarz sind.

Für den ersten Testdurchlauf empfiehlt es sich wieder die Standardwerte zu verwenden.

Diese liegen bei:

- Weiß** 1%
- Grau** 50%
- Schwarz** 100%



Mit einem Klick auf den Button **Fahren** beginnt *WinPC-NC* den Graustufentest durchzuführen. Der Test wird quer zu den Linien aus dem Geschwindigkeitstest abgefahren.



Beurteilung der Ergebnisse und Optimieren der Einstellungen

Nachdem genügend Linien im Graustufentest gezeichnet wurden, können Sie den Test mit ***Pause*** unterbrechen. Der Laserkopf fährt vom Werkstück weg und Sie können das Ergebnis beurteilen.

Die gelaserten Linien sollten so oder ähnlich aussehen.

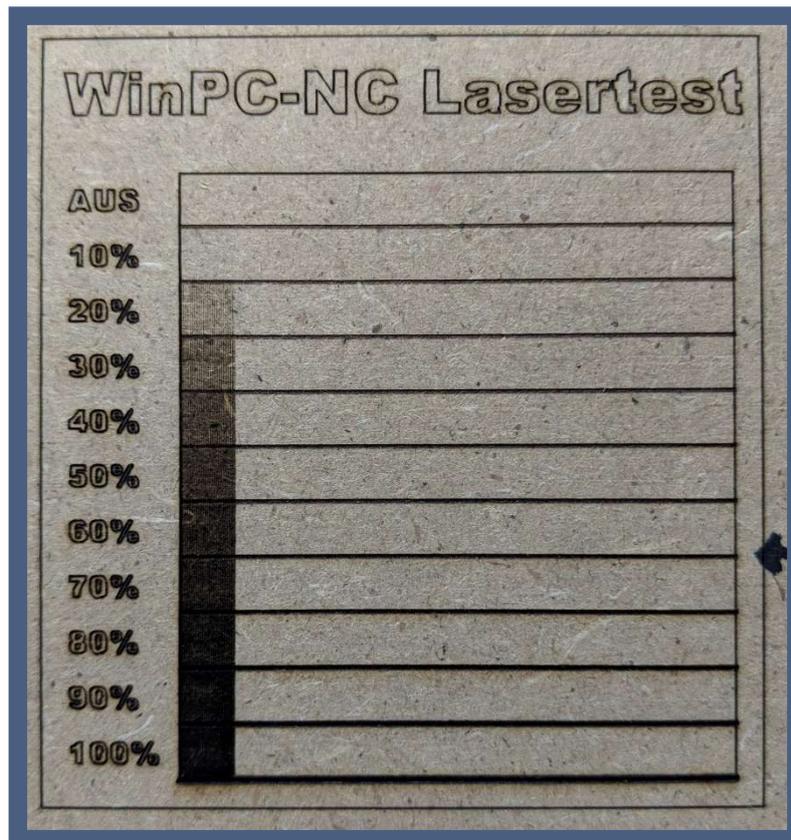
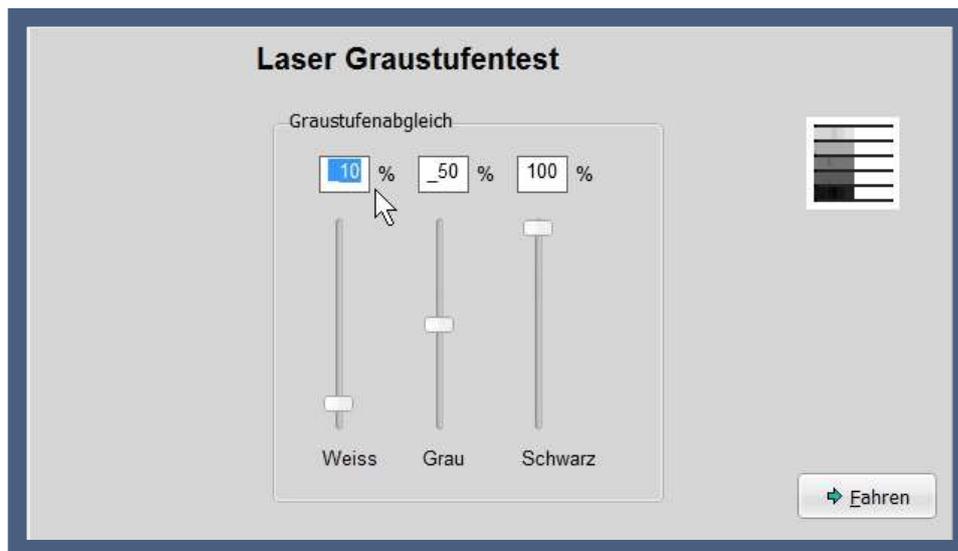


Bild: Graustufentest mit Standardparameter

Nach genauer Betrachtung des Ergebnisses fällt auf, dass im Bereich zwischen AUS und 20% keine Änderung der Graustufe erfolgt. Dies lässt sich nun durch anpassen des **Weißwertes** optimieren und kann bei diesem Ergebnis etwa um 10% erhöht werden.



Der Test wird fortgeführt und *WinPC-NC* zeichnet erneut die Linien mit neuen Einstellungen und kleiner Lücke zum letzten Testfeld. Das Ergebnis könnte danach so aussehen.

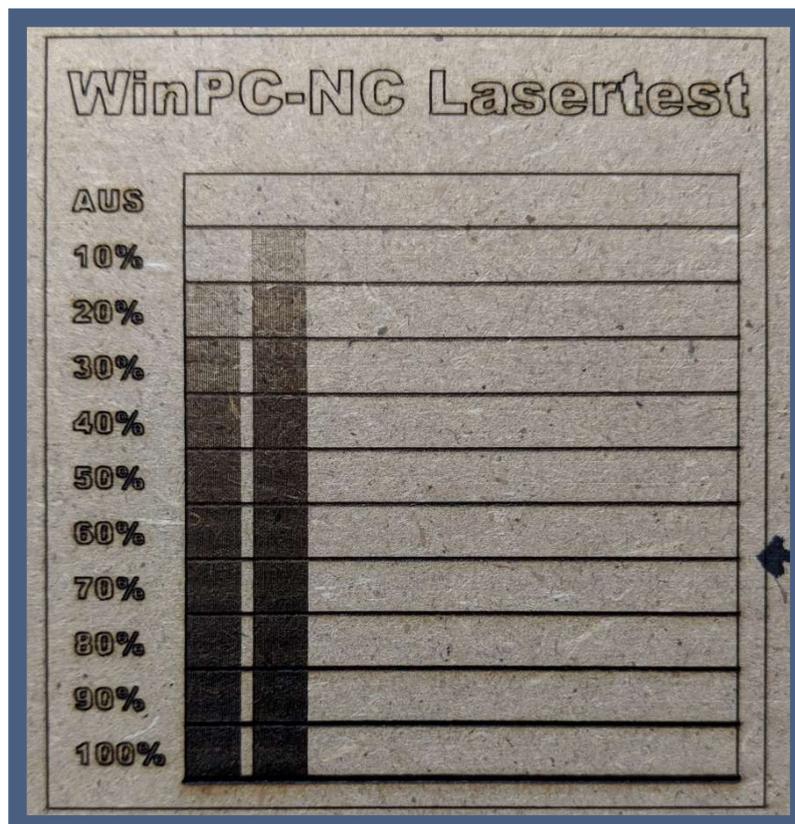
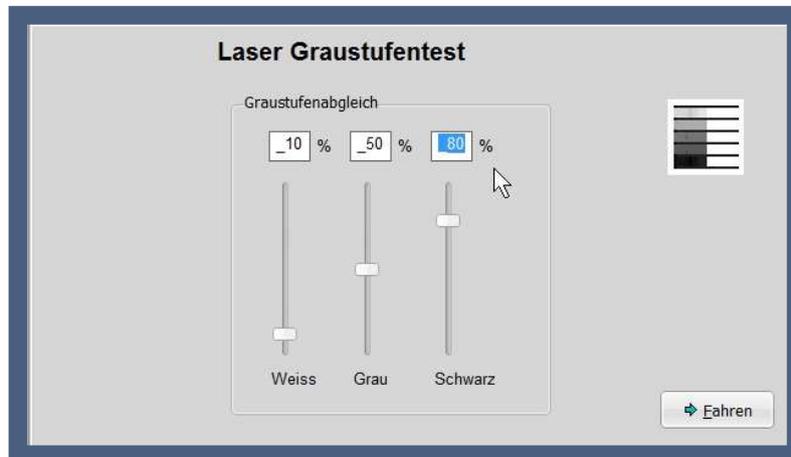


Bild: Ergebnis nach Optimierung des Weiss-Wertes

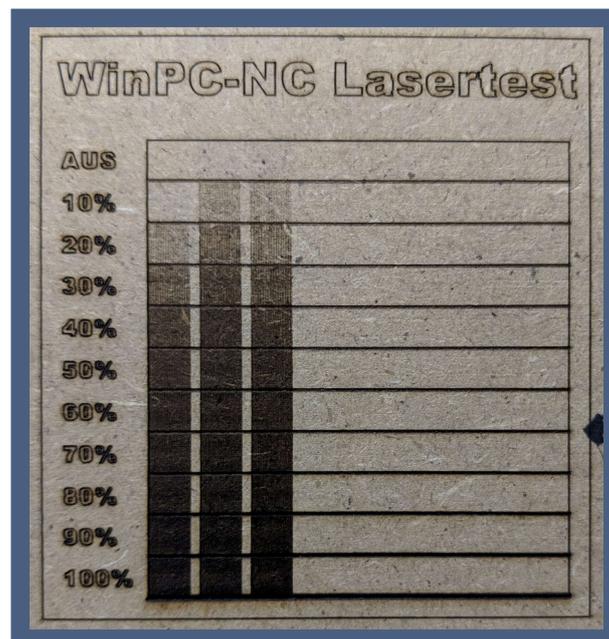
Bei erneuter Beurteilung stellen wir fest, dass der Weiß-Wert jetzt richtig eingestellt wurde. Im Bereich AUS sind keine Linie zu sehen, ab 10% Laserleistung nimmt der Grauverlauf langsam zu.



Als nächstes wird der **Schwarz-Wert** eingestellt. Im Testergebnis ist gut zu erkennen, dass im Bereich zwischen 80% und 100% Laserleistung keine Zunahme des Grauwerts mehr zu erkennen ist. Aus diesem Grund können wir die Leistung nach oben mit Hilfe des **Schwarz-Wertes** beschränken und setzen den Schieberegler auf 80%.



Der dritte Test könnte folgendes Ergebnis liefern.



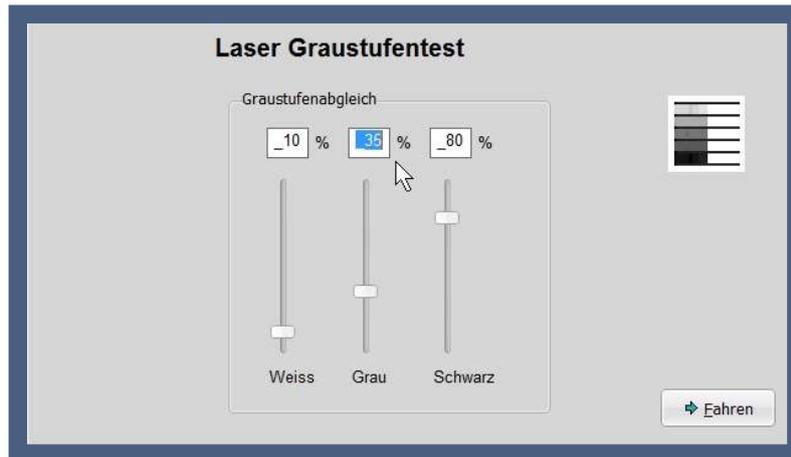
Im Vergleich zum zweiten Durchlauf ist kein großer Unterschied erkennbar aber der Test und die Anpassung war dennoch erfolgreich. Es wurden nur die Leistungsbereiche beschnitten in der keine Änderung der Graustufen mehr zu erkennen war (80-100% Laserleistung)



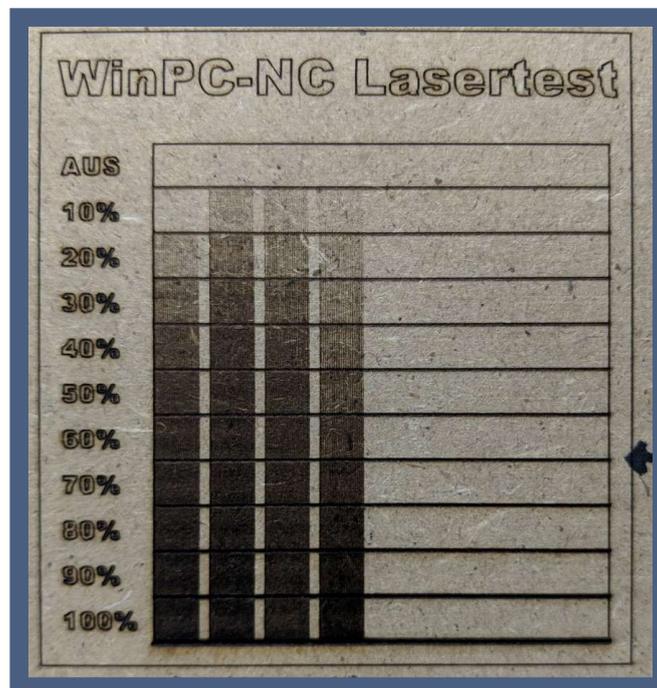
Im dritten Schritt geht es nun darum, den **Grau-Wert** auszumitteln oder zu linearisieren.

Im bisherigen Testergebnis liegt der ideale Graubereich eindeutig im ersten Drittel. In den nächsten zwei Dritteln Richtung schwarz ändert sich die Abstufung nur noch in kleineren Schritten.

Mit dem **Grau-Wert** ist es möglich diesen Verlauf auszumitteln und zu entzerren. Hierfür geben wir in unserem Beispiel für den 4. Test einen **Grau-Wert** von 35% ein.



Nach dem 4. Testdurchlauf erhalten Sie in der Regel schon einen sehr schönen Graustufen-Verlauf. Ein exemplarisches Beispiel für einen solchen Verlauf sehen Sie hier:

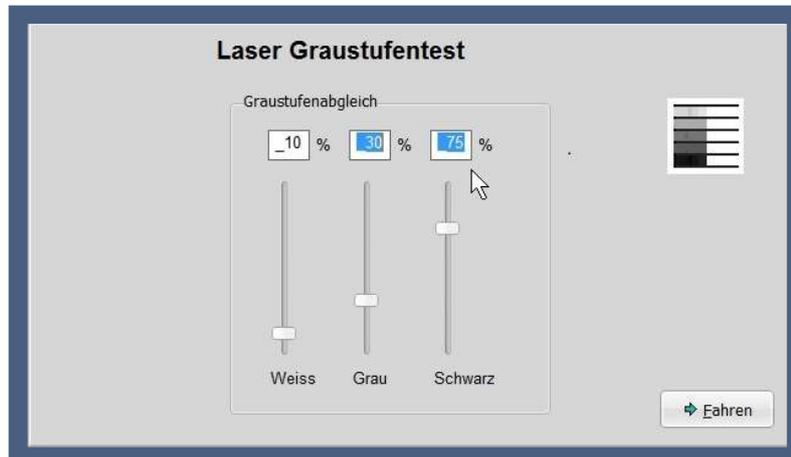


Das Ergebnis ist bereits zufriedenstellend und es könnte damit problemlos gearbeitet werden. Um an dieser Stelle jedoch noch mehr auf die Optimierung einzugehen, wollen wir Ihnen noch einen 5. Durchlauf für den letzten Feinschliff veranschaulichen.

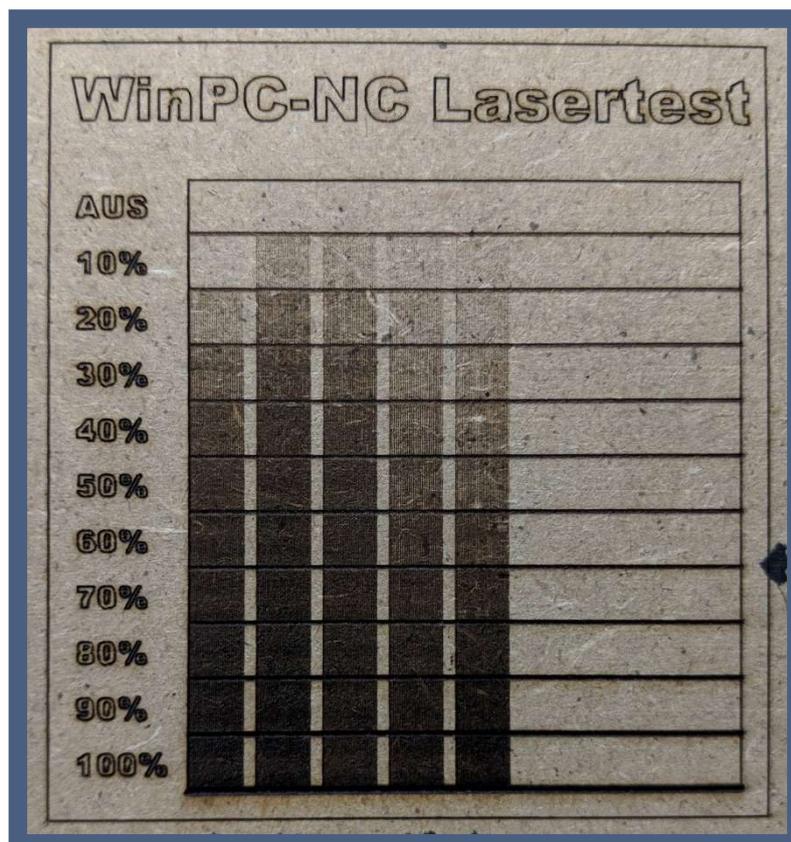


Im 5. Testdurchlauf gibt es nur noch wenig zu optimieren. Der **Grau-Wert** kann noch etwas in Richtung **Weiss** verschoben werden. Außerdem könnte der **Schwarz-Wert** noch um 5% verringert werden, um ein noch besseres Ergebnis zu erzielen.

Die letzte Feinanpassung der Parameter wird mit folgenden Werten vorgenommen.

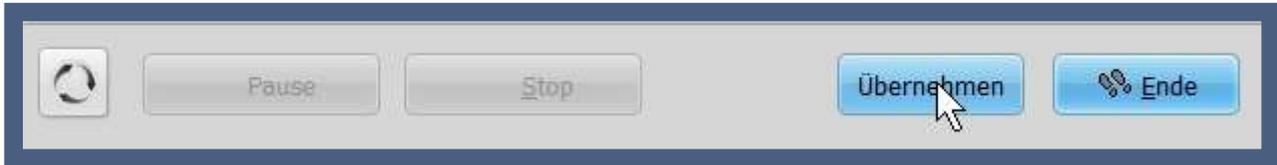


Das Ergebnis des letzten Optimierungslaufs ist jetzt wie folgt.

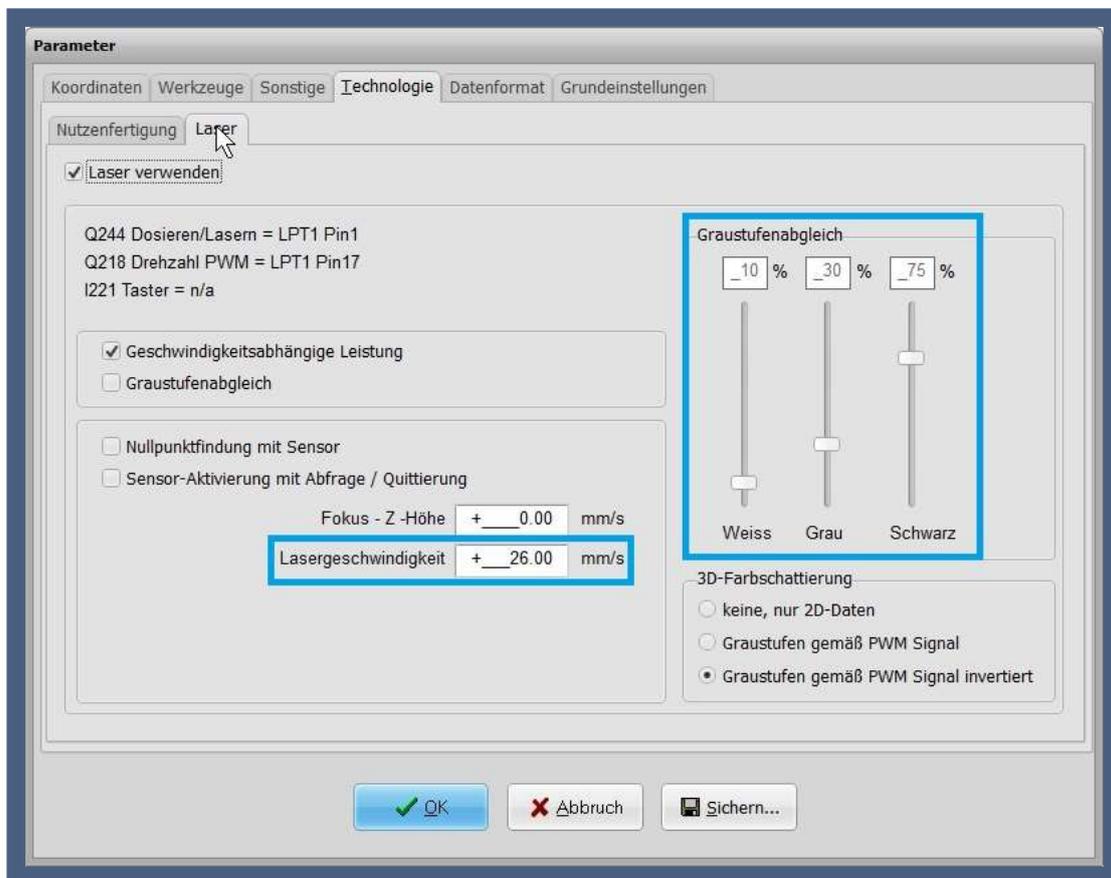




Nachdem Sie mit dem Ergebnis Ihres Graustufen-Tests zufrieden sind, können Sie die Werte abspeichern. Klicken Sie dazu bitte auf **Übernehmen**.



Sobald Sie die neuen Parameter im Graustufen-Test abspeichern, werden diese direkt in die Lasereinstellungen übernommen. Diese können Sie unter **Parameter-Technologie-Laser** jederzeit einsehen. Auch die **Lasergeschwindigkeit** und andere wichtige Einstellungen zu Ihrem Laser finden Sie hier:



Hinweis

Die Ergebnisse der Laser-Testfunktionen sind immer materialabhängig, d.h. Sie sollten für jedes Material, das Sie bearbeiten möchten, einmal den Lasertest durchführen.

Tipp: Sichern Sie sich die Einstellungen in Profilen oder speichern Sie Screenshots der W-/G-/S-Parametern ab, um später wieder darauf zugreifen zu können.

Wie geht das mit WinPC-NC ?



Beschreibung der Laser-Testfunktionen

Hier finden Sie noch einmal eine Detailaufnahme des kompletten Graustufen-Verlauf, der Ihnen als Referenz für Ihre eigenen Tests dienen kann.

Auf dem Bild ist ein Pfeil zu erkennen, der die **Beste schwarze Linie** Nr. 5 andeutet und im unteren Bereich finden Sie die verschiedenen **Weiss-, Grau- und Schwarz-Werte**.

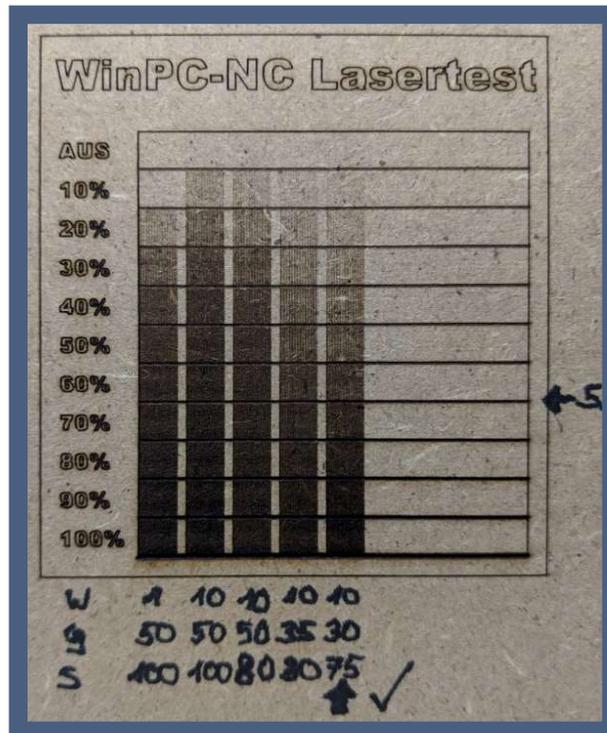
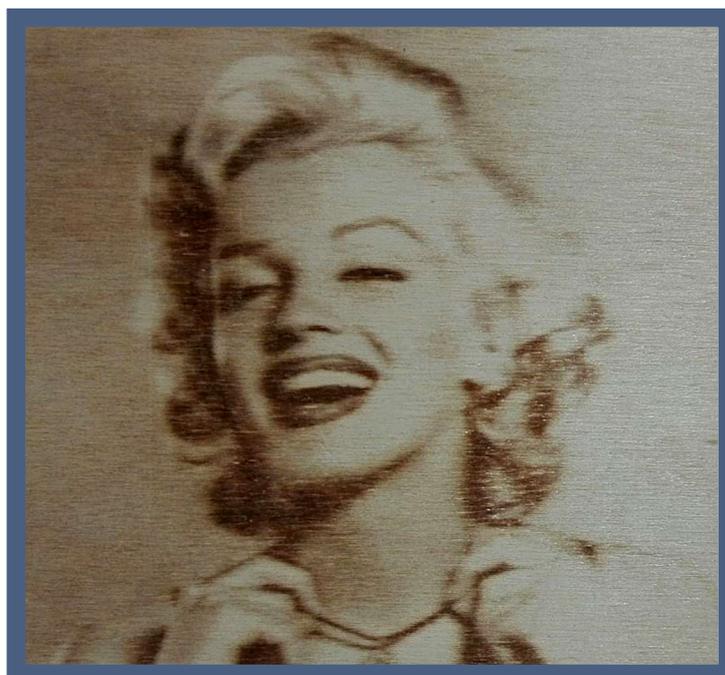


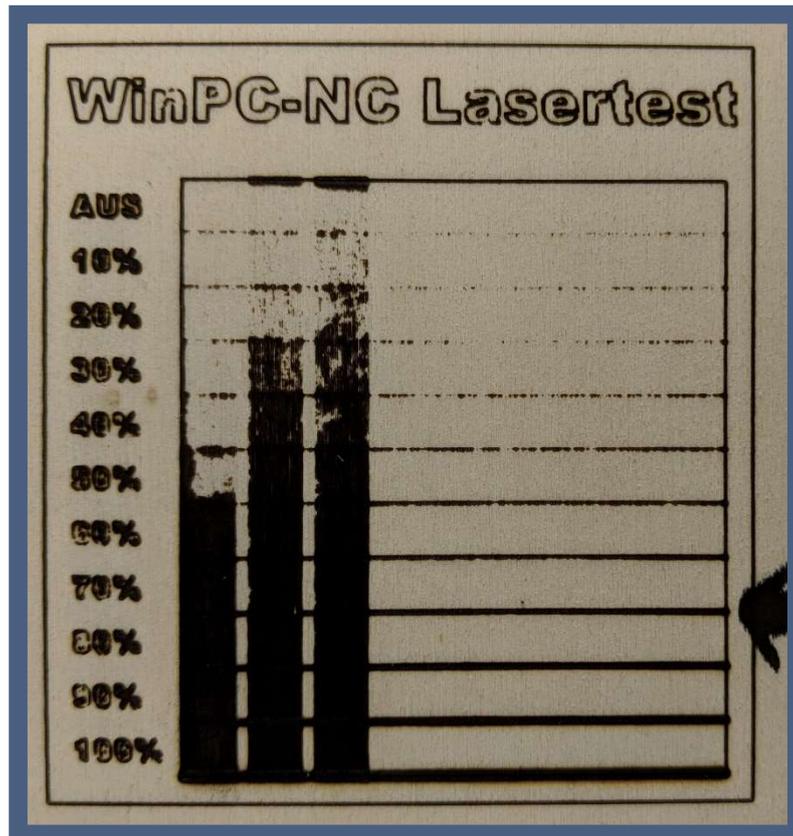
Bild: Gesamter Graustufentest mit zugehörigen Parametern





Hinweis

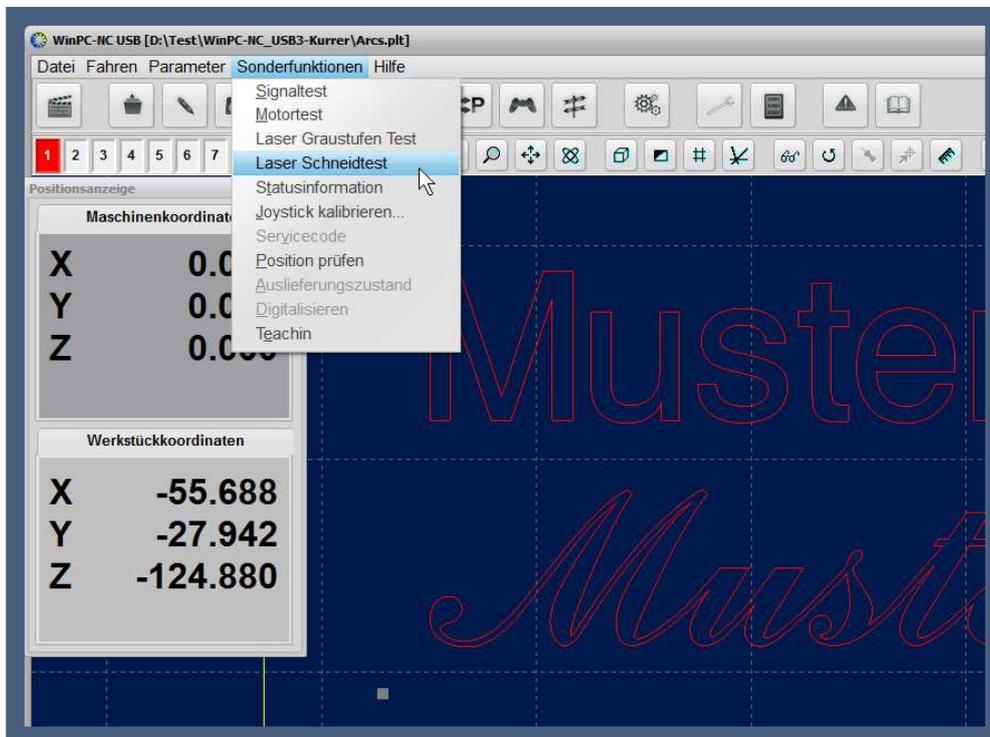
Nicht jedes Material lässt sich mit einem Laser gleich gut bearbeiten. Die für unser Beispiel verwendeten MDF-Platten haben hervorragende Eigenschaften um mit einem Laser graviert zu werden. Hingegen ist der Graustufentest auf Pappel-Sperrholz sehr schwierig durchzuführen. Hier ist ein Graustufen-Abgleich kaum möglich.



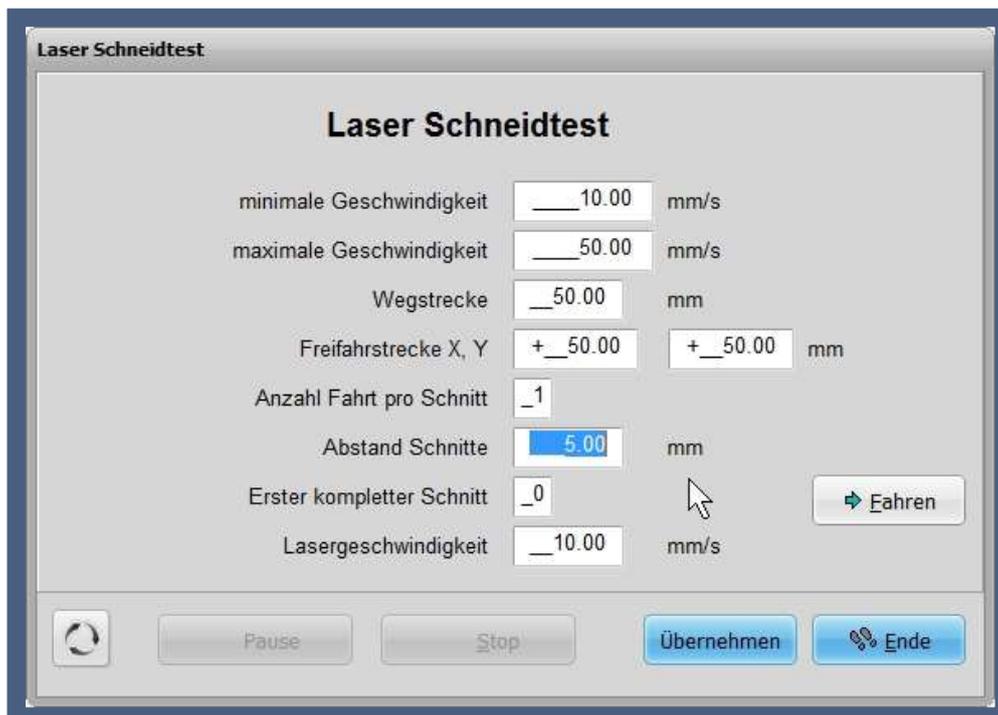


3. Laser-Schneidtest

Um in den Schneidtest zu gelangen, klicken Sie bitte auf **Sonderfunktionen** und anschließend auf **Laser-Schneidtest**



Anschließend öffnet sich folgendes Fenster für den Testmodus:





Dieses Fenster ist dem des Laser **Graustufentests** sehr ähnlich. Die meisten Parameter sind hier ebenfalls zu finden. Nachfolgend erhalten Sie eine Zusammenfassung und Erklärung der möglichen Einstellungen.

Erklärung der Parameter

Minimale & Maximale Geschwindigkeit:	<i>WinPC-NC</i> fährt auch hier 11 Linien in gleichmäßiger Abstufung zwischen minimaler und maximaler Geschwindigkeit
Wegstrecke:	Länge der Testlinien
Freifahrstrecke X, Y:	Freifahren nach dem Test
Anzahl Fahrt pro Schritt:	Anzahl der Durchgänge pro Schnitt
Abstand Schnitte:	Abstand zwischen den Schnitten
Erster kompletter Schnitt:	Bestes Testergebnis
Lasergeschwindigkeit:	Anhand vom Besten Schnitt ermittelte Geschwindigkeit

Durchführung des Schneidtests

Für den ersten Durchlauf des Testprogramms empfehlen wir weitestgehend die Standardparameter aus der Abbildung zu verwenden. Einzig beim Parameter **Abstand zwischen Schnitten** ist es bei manchen Materialien sinnvoll einen höheren Wert einzugeben. Der Standardwert setzt die Linien sehr dicht nebeneinander und eine genaue Beurteilung wird so in manchen Fällen erschwert. Erfahrungsgemäß sind 5mm Abstand aber für fast alle Materialien geeignet.

Für das Beispiel wird hier eine 0,2mm starke Folie verwendet. Diese wird oft im KFZ-Bereich eingesetzt und ist relativ gut zu verarbeiten. Da die Folien schnell an den Rändern aufschmelzen und danach nicht mehr schön aussehen, ist es zu empfehlen, die Parameter vorab mit dem Schneidtest zu ermitteln und einzustellen.

Sollten Sie nach dem ersten Testlauf feststellen, dass die Geschwindigkeit zu gering oder zu hoch war, wiederholen Sie den Test mit angepassten Parametern bei minimaler und maximaler Geschwindigkeit.

Fahren Sie zunächst den gewünschten Nullpunkt auf dem Testmaterial an, speichern Sie ihn ab und stellen Sie die Fokushöhe des Lasers korrekt ein.



Klicken Sie nun auf **Fahren** im oberen Teil des Fensters.



Achtung

Ihre Maschine fährt nun automatisch los. Sie können den Test jederzeit mit *Stop* abbrechen.

Ihre Maschine fährt nun 11 Linien ab und verwendet für jede einzelne eine andere absteigende Geschwindigkeit. Wurden mehrere Fahrten pro Schnitt festgelegt, so fährt **WinPC-NC** die gleiche Linie mehrmals ab und kann damit auch dickere Materialien schneiden. Nach abgeschlossenem Test fährt die Maschine frei und bleibt dort stehen, damit Sie das Testergebnis beurteilen können.





Beurteilung der Testergebnisse

Eine Linie, die mit den richtigen Parametern geschnitten wurde, lässt sich leicht identifizieren. Sie sollte eine ausreichende und gleichmäßige Breite haben und ganz sauber geschnitten sein. Das heißt auch, es muss so langsam oder so oft verfahren werden, dass die Laserleistung ausreichend ist, um das gewünschte Material komplett zu durchtrennen. Die Verfahrensgeschwindigkeit darf jedoch auch nicht zu gering sein, da ansonsten die Ränder der Schnittkanten aufschmelzen oder anbrennen und dadurch ungenau/ungerade werden.

Im Beispielfoto oben, sind diese Merkmale leider etwas schwierig zu erkennen. Die beste Linie ist die dritte von oben. Die darunter liegenden und schneller abgefahrenen Linien sind nicht ganz durchtrennt und man sieht noch die transparente Klebstoffschicht.

Bei den Linien 1 und 2 ist schon zu langsam gefahren worden. Die Ränder sind nicht gerade und teilweise wurde schon der Untergrund „angeschnitten“.



Hinweis

Eine gute Möglichkeit der Beurteilung ist es, das Material von der Maschine zu nehmen und dann gegen das Licht zu halten. Dabei sieht man sehr gut ob die Linien ganz durchtrennt wurden. Auch ungerade oder unsaubere Schnittkanten fallen so viel schneller auf.

Übernahme der richtigen Parameter

Um die ermittelten Parameter in *WinPC-NC* zu übernehmen, reicht es aus, die **Nummer der besten Linie** einzugeben. Allerdings wird beim Schneidtest, im Gegensatz zum Geschwindigkeitstest, von oben beginnend gezählt.

Wie bei der vorangegangenen Beurteilung ermittelt, ist die dritte Linie von oben die mit dem besten Ergebnis. Aus diesem Grund geben wir die Zahl „3“ beim Parameter **Erster kompletter Schnitt** ein.

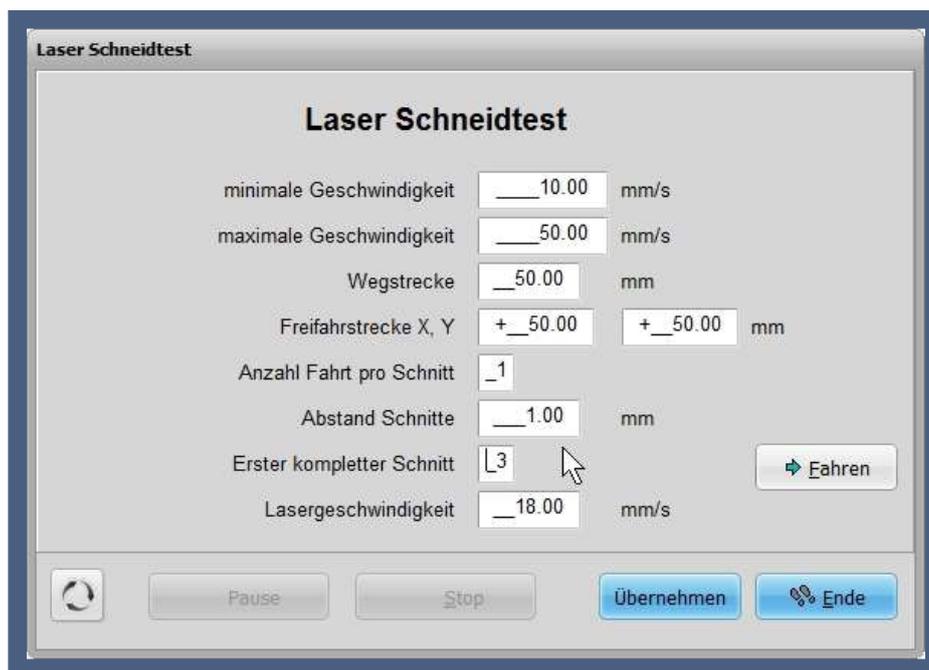
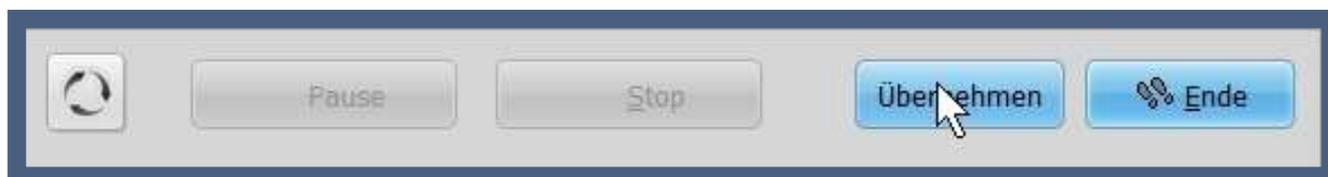


Bild: Gesamter Graustufentest mit zugehörigen Parametern

WinPC-NC errechnet aus der eingegebenen Nummer die dazu passende Geschwindigkeit. Im Beispiel wurde die dritte Linie mit 18 mm/s abgefahren. Um diesen Wert dauerhaft zu speichern, klicken Sie bitte auf **Übernehmen**.



Sie können den **Laser-Schneidtest** nun mit einem Klick auf **Ende** verlassen.

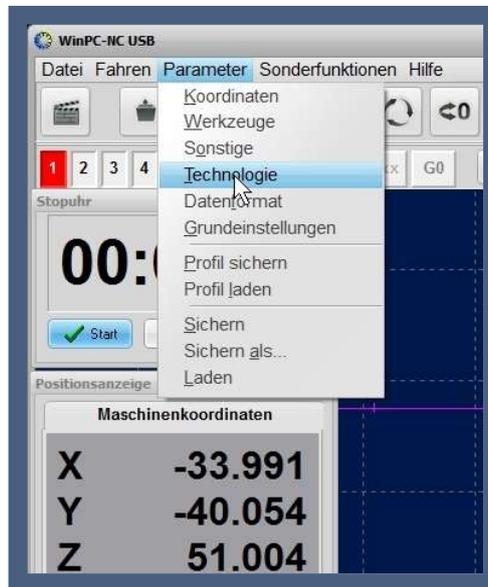


Bild: Geschnittener Filz mit 4 Durchgängen und ohne Brandkanten

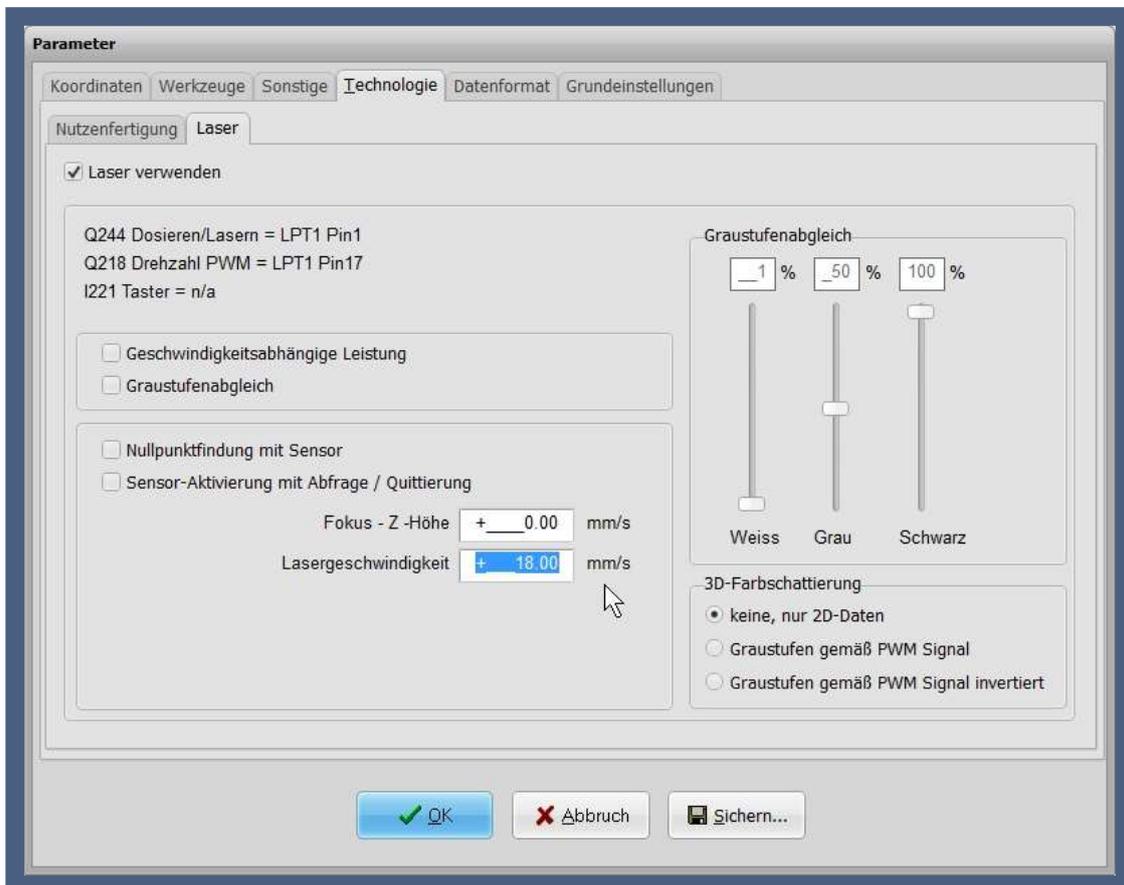


Um den Geschwindigkeitswert auch ohne Durchlauf des kompletten Testzyklus zu verändern, können Sie die Lasereinstellungen in den Parametern verwenden.

Gehen Sie dazu auf **Parameter-Technologie**



Anschließend bekommen Sie folgendes Menü angezeigt. Hier können Sie die übernommenen Werte überprüfen und jederzeit manuell verändern.





4. Geschwindigkeitsabhängige Leistung

Da wir uns in diesem Teil von *Wie geht das..?* mit dem Thema Optimierung der Parameter für den Einsatz eines Lasers auseinandersetzen, bleibt abschließend noch ein wichtiger Parameter zu erwähnen: die geschwindigkeitsabhängige Steuerung der Laserleistung.

Funktionsweise

Um diese Einstellung genau zu erklären, muss man sich mit der Bahnsteuerung von *WinPC-NC* etwas auseinandersetzen.

Ihre Steuerung fährt während einer Achsbewegung nicht immer konstant mit der in den Werkzeugparametern angegebenen Vorschubgeschwindigkeit. Vielmehr wird diese Geschwindigkeit dynamisch angepasst. Dies geschieht vollautomatisch und wird von *WinPC-NC* im Hintergrund erledigt, um eine Überlastung der Mechanik durch zu schnelle Richtungsänderungen zu vermeiden und um bessere und gleichmäßigere Ergebnisse zu erzielen.

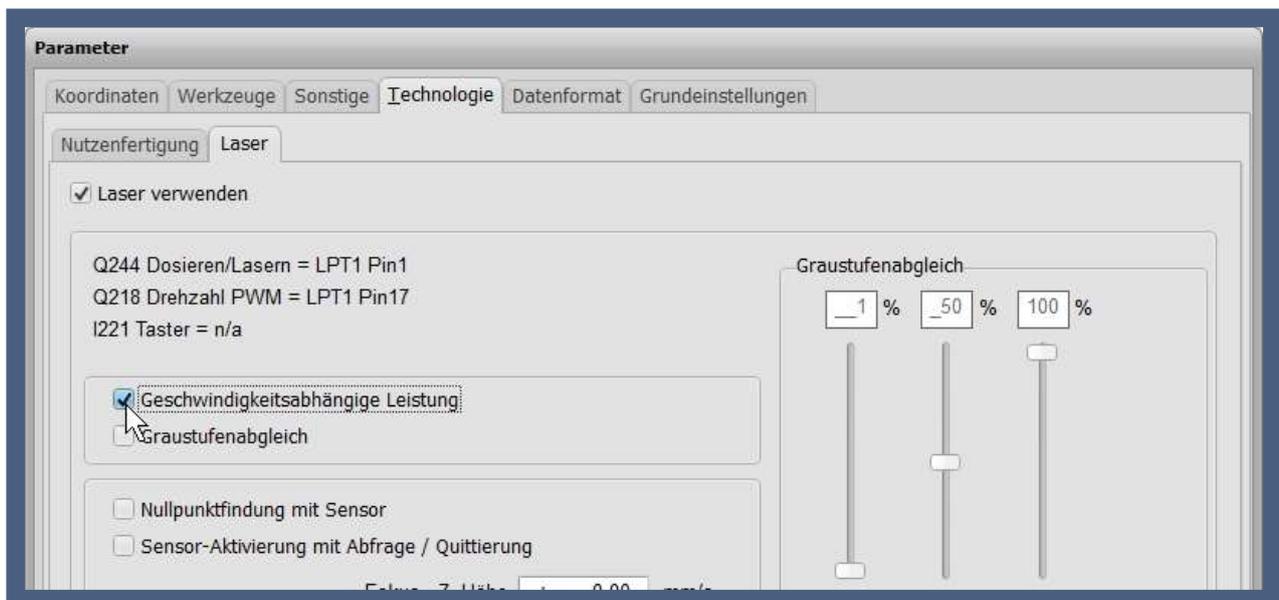
In der Praxis stellen Sie das vor allem beim Abfahren abgerundeter Konturen fest. Während eine gerade Linie immer mit der eingestellten konstanten Vorschubgeschwindigkeit abgefahren wird, bremst Ihre Steuerung in Rundungen und Ecken ab und fährt diese deutlich langsamer. Diese Eigenschaft ist beim Fräsen und Gravieren fast ohne Auswirkung auf das Ergebnis, beim Lasern sieht man am Ergebnis aber deutlich den Unterschied zwischen den verschiedenen Geschwindigkeiten.

Die durch diese Dynamik langsamer gefahrenen Konturen haben durch die verringerte Geschwindigkeit deutlich mehr Laserleistung abbekommen und das Material wurde dadurch übermäßig erhitzt oder verbrannt.

Auf dem Werkstück äußert sich das dann mit verbrannten Kanten und unsauberen Konturen oder der Untergrund wird schon mit angebrannt. Gut erkennen kann man auch, dass gerade Linien ordentlich bearbeitet wurden, weil hierbei die ermittelte Geschwindigkeit exakt eingehalten wird.



Wenn Sie selbst ein solch schlechtes Ergebnis beim Laserschneiden erhalten, können Sie die Einstellung **Geschwindigkeitsabhängige Leistung** aktivieren.



Damit passt *WinPC-NC* die Laserleistung automatisch an die verringerte Vorschubgeschwindigkeit an, indem die Laserleistung mit verminderter Geschwindigkeit entsprechend heruntergefahren wird.



Das Ergebnis mit identischen Parametern wie oben, jedoch mit aktivierter geschwindigkeitsabhängiger Leistungssteuerung, sieht dann so aus:



Man erkennt deutlich, dass die zuvor auffälligen Stellen viel besser aussehen und die Folie an allen Stellen sauber getrennt wurde, ohne zu viel Leistung einzubringen. Die Kanten sind gerade und nicht verbrannt.

Wir wünschen an dieser Stelle viel Spaß und Erfolg beim Nachmachen.