



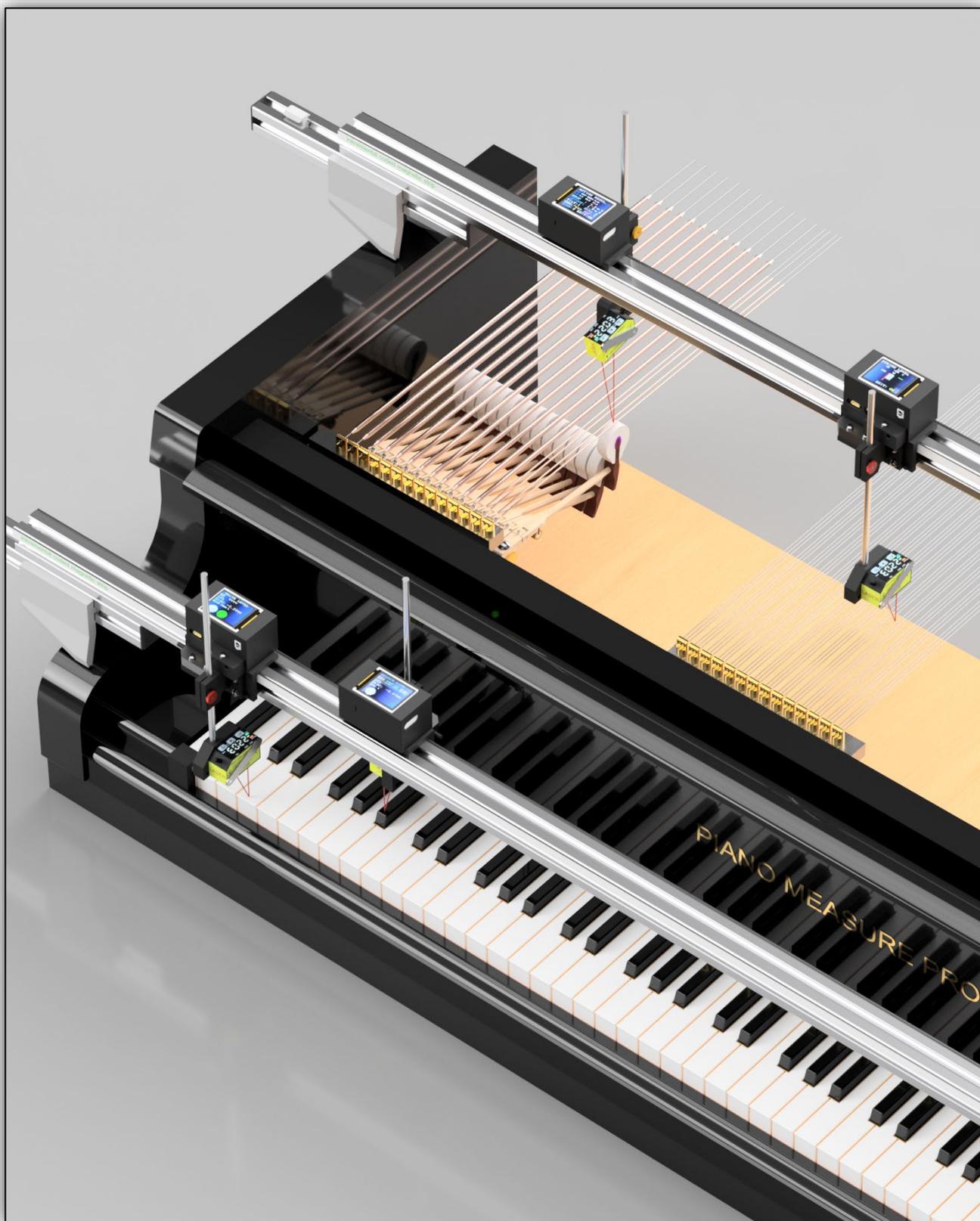
piano measure pro™

L A S E R P R E C I S I O N | Innovation for piano makers

Digitale Messvorrichtung zur kontaktlosen Höhen- und Längenvermessung

Bedienungsanleitung

Copyright © 2025 Tobias J. Schmidt, Klavieratelier Lychen



1 Inhalt

1	Inhalt	2
2	Beschreibung	4
2.1	Tonbezeichnungssystem	4
2.2	Gesamt-Baugruppe	5
2.3	Laser Distanz Sensoren	6
2.4	Positionsgeber (Linear Encoder und Magnetband auf der Führungsschiene)	7
2.5	9V Block-Akku (wiederaufladbar)	8
2.6	IR - Fernbedienung (Infrarot)	9
2.7	Einschalten des Gerätes	9
2.7.1	Start Bildschirm	9
2.7.2	Prüfung auf Firmware Updates	10
2.7.3	Neue WLAN-Verbindung einrichten	10
3	Führungsschiene platzieren	11
4	Funktion „key level“ – Geradelegen von Klaviaturen / Tiefgang einstellen	12
4.1	Vorbereitungen der Klaviatur / Mechanik	12
4.2	Ausrichten der Führungsschiene	13
4.3	Messung beginnen	14
4.4	Tastenhöhen messen (Weiße Tasten)	14
4.5	Tastenhöhen messen (Schwarze Tasten)	17
4.6	Tastentiefgang messen (Weiße Tasten)	18
4.7	Tastentiefgang messen (Schwarze Tasten)	19
4.8	Datensatz speichern	19
4.9	Messwerte abrufen: Klaviatur geradelegen / Tiefgang korrigieren	20
4.9.1	WHITE LIVE (Live-Messung weiße Tasten)	20
4.9.2	BLACK LIVE (Live-Messung schwarze Tasten)	21
4.9.3	WHITE LVL / WHITE DIP / BLACK LVL / BLACK DIP (Gemessene aufgezeichnete Messwerte abrufen)	22
4.10	Papierscheiben Stärken festlegen / ändern	24
4.11	Tastenverhältnis messen	25
4.12	Datensatz in Excel analysieren	27
4.12.1	Herstellen der WiFi-Verbindung	27
4.12.2	Daten vom Gerät abrufen	27
4.12.3	Tabellenblatt „DATA“	28
4.12.4	Tabellenblatt „DIAG_DEV“	29
4.12.5	Tabellenblatt „DIAG_WB“	31
4.12.6	Tabellenblatt „DIAG_W“	32
4.12.7	Tabellenblatt „DIAG_B“	33
4.12.8	Tabellenblätter „LVL_TOO_LOW“ / „DIP_TOO_LOW“ / LVL_TOO_HIGH / DIP_TOO_HIGH	34
5	Funktion „action regul.“ – Flügelmechanik Regulierungs-Parameter messen und einstellen	35
5.1	Referenz-Modi (STRING / HAMMER-TO-STRING)	36
5.1.1	STRING - Modus	36
5.1.2	HAMMER-TO-STRING - Modus	36
5.2	Haupt-Dialog	37
5.2.1	Soll-Werte der Regulierungs-Parameter	37

5.2.2	Messwert-Anzeige.....	37
5.3	Setup (Führungsschiene und Sensor)	38
5.3.1	Schrägstellung des Sensors (TILT-Modus).....	39
5.3.2	Messungen bei eingebauter Dämpfung.....	40
5.3.3	SCAL-Modus	40
5.3.4	Akustische Rückmeldung (TONE)	40
6	Funktion „string level“ – Saitenhöhen richten auf Ebene	41
6.1	Setup – Führungsschiene / Sensor	43
6.2	Saitenchor messen	43
6.3	Saitenhöhe korrigieren / richten (LIVE-Anzeige)	44
7	Funktion „scale design“ – Mensur-Vermessung / Stegdruck.....	45
7.1	Führungsschiene über den Saiten platzieren	47
7.2	Funktion aufrufen.....	49
7.2.1	Datensatz laden (Master-Gerät)	50
7.2.2	Setup (Master-Gerät)	50
7.2.3	Setup – Offsets (Master-Gerät)	51
7.2.4	Play-Dialog – vorhandene Messwerte abrufen (Master-Gerät).....	52
7.2.5	Geräte verbinden (Startposition)	53
7.3	Offsets für Startpositionen festlegen.....	54
7.4	Mess-Modus (Messwerte aufnehmen)	56
7.4.1	Master-Gerät	56
7.4.2	Client-Gerät.....	57
7.4.3	Stegdruck messen	57
7.5	LIVE-Übertragung der Messwerte zu Excel.....	59
7.5.1	Aktivieren des Excel-Modus	59
7.5.2	Einrichtung in Excel.....	59
7.5.3	Tabellenblatt „SCALE_DATA“	60
7.5.4	Erklärung der Tabelle.....	61
7.5.5	Interpolation fehlender Messwerte	62
7.5.6	Maß-Blatt für die Bass-Saiten Fertigung.....	64

2 Beschreibung

2.1 Tonbezeichnungssystem

Für die Darstellung der Töne wird bei diesem Mess-System die wissenschaftliche Notation (scientific pitch notation) verwendet.

Jeder Ton besteht aus einem Buchstaben (A–G) und einer Ziffer für die Oktave.

Beim modernen Standardklavier mit 88 Tasten reicht der Tonumfang von A0 bis C8.

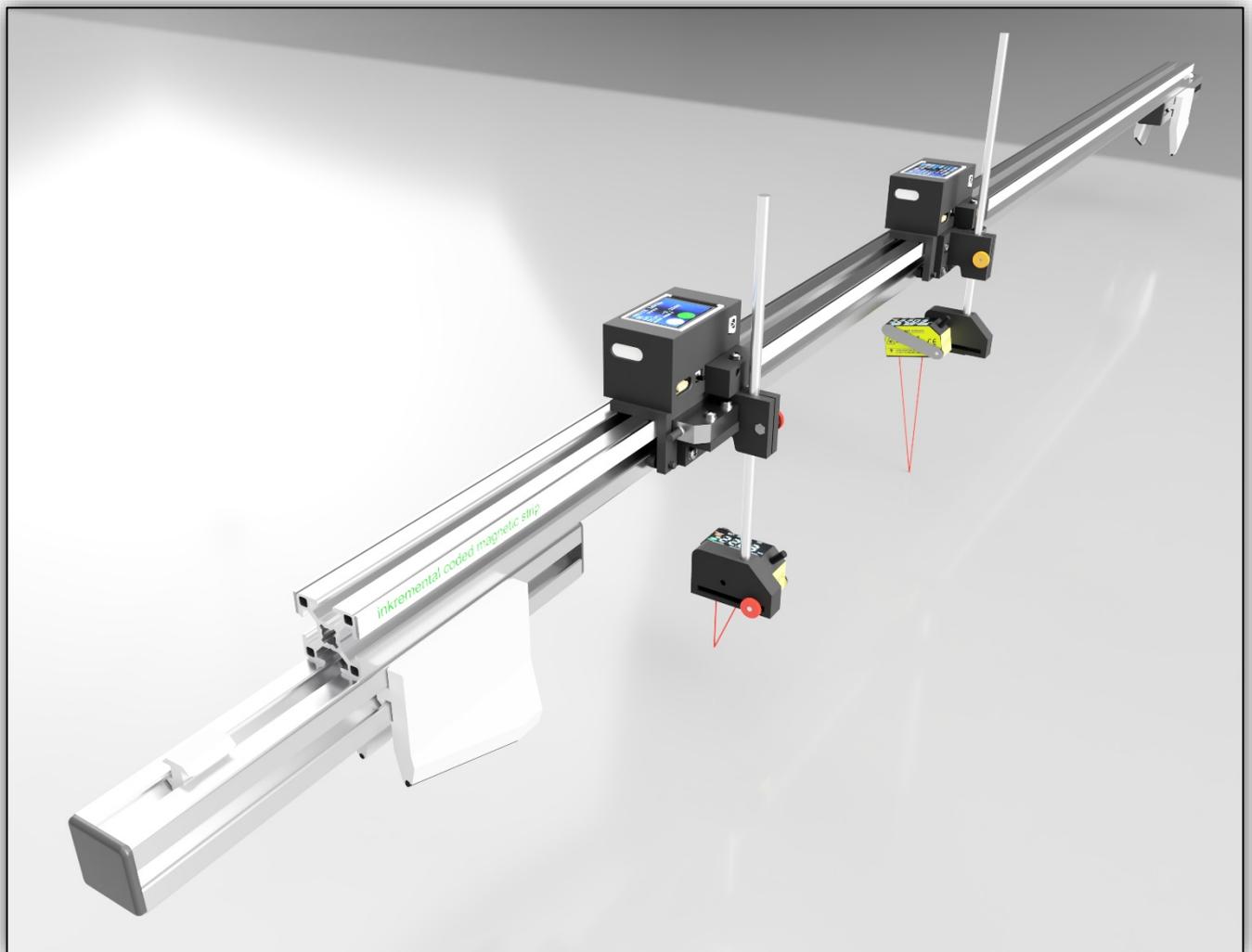
Das Kammerton a1 wird als A4 bezeichnet.

Erweiterte Klaviaturen:

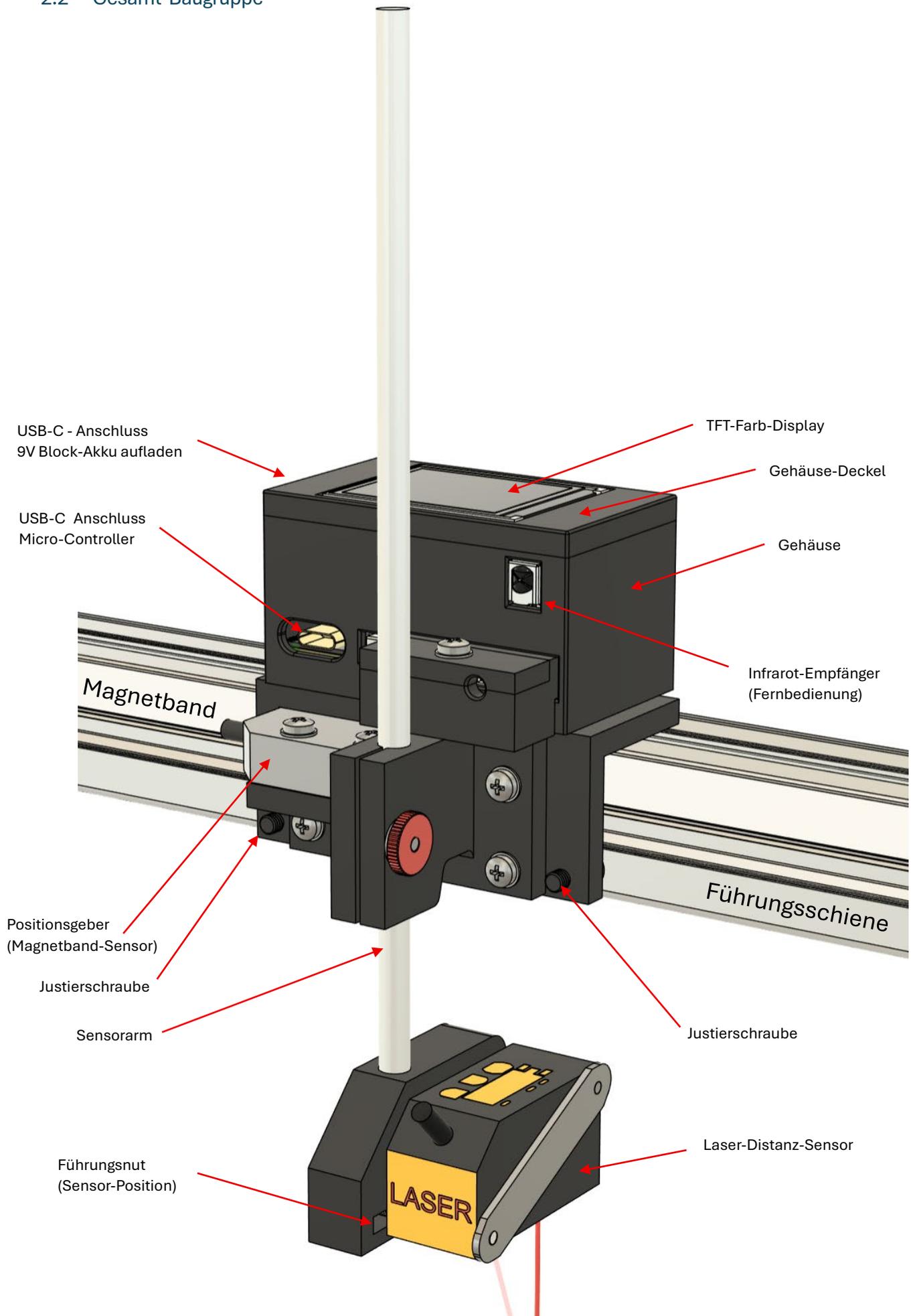
Beim Bösendorfer Imperial reicht der Tonumfang bis C0 (Zusatztasten schwarz links vom A0).

Beim Bösendorfer 275 reicht der Tonumfang bis F0 (Zusatztasten schwarz links vom A0).

Dieses System ist international gebräuchlich, eindeutig und vermeidet Verwechslungen mit der traditionellen deutschen Helmholtz-Notation.



2.2 Gesamt-Baugruppe



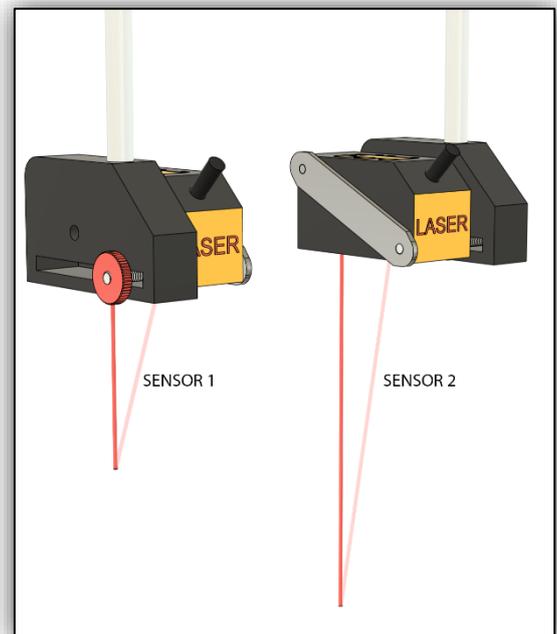
2.3 Laser Distanz Sensoren

Für verschiedene Anwendungen und Messaufgaben werden unterschiedliche Anforderungen an Messbereich und Messgenauigkeit gestellt. Für das präzise Vermessen der Saitenhöhen ist eine höhere Messgenauigkeit erforderlich als beispielsweise beim Messen der Auslösung oder der Steighöhe (Abstand des Hammerkopfes zur Saite in Ruhelage). Bei der Erfassung von Regulationsparametern hingegen wird ein größerer Messbereich benötigt als beim Vermessen der Saitenhöhen.

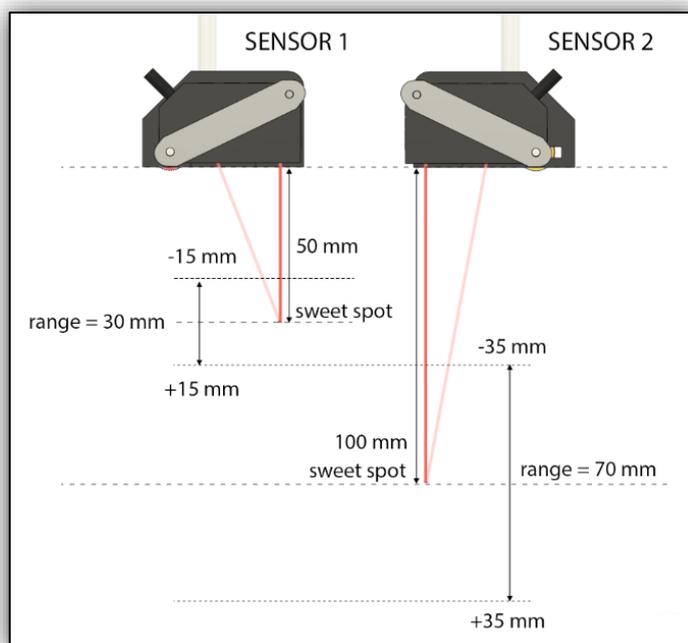
Dazu stehen zwei Sensoren zur Verfügung, die im Folgenden als Sensor 1 und Sensor 2 bezeichnet werden:

- **Sensor 1: Messbereich 30 mm (± 15 mm um den Sweet Spot bei 50 mm, Messbereich 35 - 65 mm)**
- **Sensor 2: Messbereich 70 mm (± 35 mm um den Sweet Spot bei 100 mm, Messbereich 65 - 135 mm)**

Nachfolgend eine Tabelle, welche den jeweils geeigneten Sensor für die einzelnen Messaufgaben aufzeigt:



	SENSOR 1	SENSOR 2
Sweet Spot	50 mm	100 mm
Messbereich	30 mm (+-15 mm)	70 mm (+- 35 mm)
Messgenauigkeit	30 μ m (0.03 mm)	70 μ m (0.07 mm)
Tastenhöhe / Tastentiefgang Funktion key-level	*** sehr gute Eignung	** gute Eignung
Regulierungs-Parameter Auslösung, Steighöhe, Abnicken, Fang Funktion action regul.	* eingeschränkt geeignet	*** sehr gute Eignung
Saitenhöhen Funktion string level	*** sehr gute Eignung	- nicht geeignet
Mensur / Stegdruck vermessen Funktion scale design	beide beteiligt	
	vorne (Agraffen / Kapodaster)	hinten (Steg, Anhang)



Die Anzeige am Sensor wird in der Regel verwendet, um den Sensor mithilfe des Rundstabes in den richtigen Messbereich zu bringen. Sie zeigt den Abstand des Sensors zum Messobjekt an. Ein Wert von 0 bedeutet, dass sich der Sensor genau im Sweet Spot befindet. Positive Werte zeigen an, dass der Sensor näher am Objekt ist, negative Werte bedeuten, dass sich das Objekt weiter entfernt befindet. Wichtig ist lediglich, den Sensor in den passenden Bereich zu bringen; kleinere Abweichungen spielen dabei keine Rolle. Entscheidend ist, dass der Sensor im für die jeweilige Anwendung geeigneten Messbereich arbeitet.

2.4 Positionsgeber (Linear Encoder und Magnetband auf der Führungsschiene)

Das Gerät verwendet einen hochpräzisen Linear Encoder, der in Verbindung mit einem Magnetband auf der Führungsschiene arbeitet.

Ein Linear Encoder funktioniert im Prinzip ähnlich wie ein sehr großer Messschieber. Durch kontinuierliche Abtastung des Magnetbandes werden Impulse erzeugt, aus denen jederzeit die exakte Position auf der Schiene berechnet wird.

Die Messgenauigkeit ist dabei beeindruckend, sie liegt im Bereich weniger Mikrometer und erlaubt eine äußerst präzise Positionsbestimmung.

Der Positionsgeber ist unverzichtbar, um während einer Messung immer genau zu wissen, über welchem Ton sich der Sensor gerade befindet (Funktion „key level“).

In der Funktion „scale design“ arbeiten zwei Geräte parallel auf der Führungsschiene. Jedes Gerät hat dabei seine eigene Position, die kontinuierlich erfasst wird. Der Abstand zwischen den Geräten wird auf Basis dieser Positionen berechnet und über WiFi zwischen beiden Geräten ausgetauscht. Auf diese Weise können z. B. Messuren und Saitenlängen präzise vermessen werden.

Von Zeit zu Zeit sollte die einwandfreie Magnetcodierung des Magnetbandes überprüft werden.

Einwandfreie Codierung prüfen:

Die LED am Sensor leuchtet blau, wenn die Codierung in Ordnung ist und der Abstand zum Magnetband stimmt.

Dazu den Sensor langsam einmal über die gesamte Führungsschiene bewegen. Die LED muss dabei durchgehend blau leuchten. Flackert sie an einer Stelle, ist das Magnetband an dieser Stelle beschädigt und die exakte Positionsbestimmung wird beeinträchtigt.

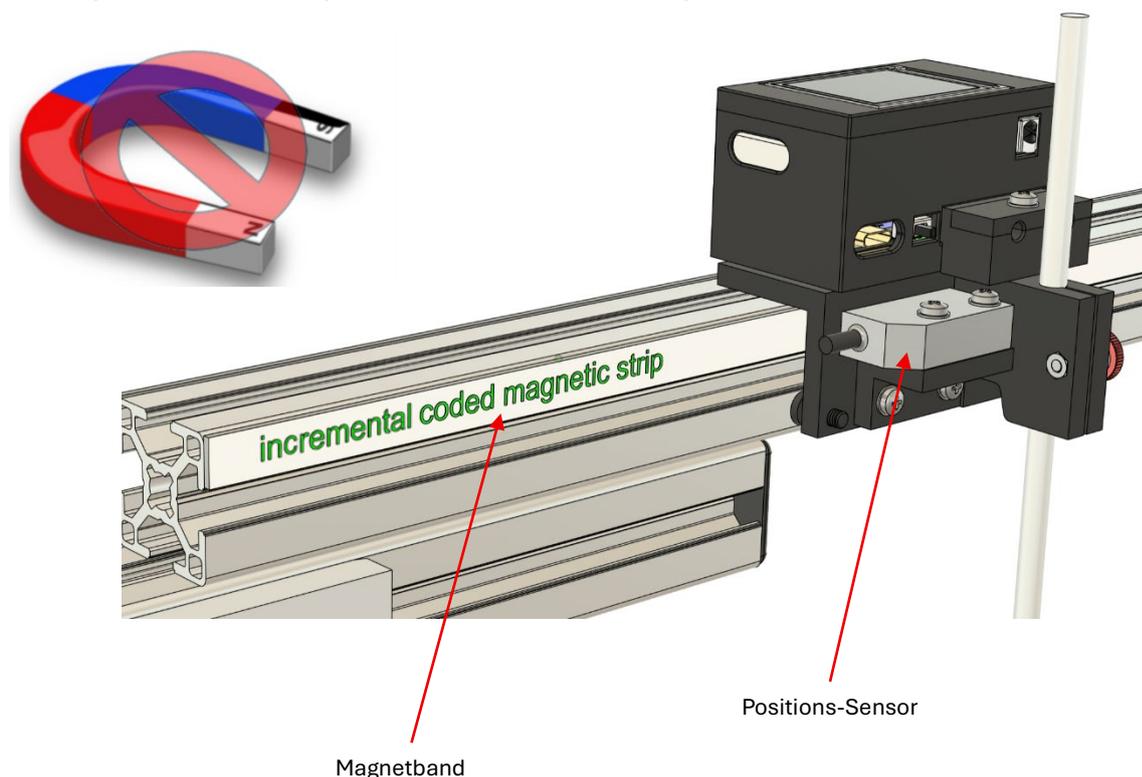
Das Magnetband kann jedoch leicht ausgetauscht werden. Es ist auf die Schiene aufgeklebt und lässt sich einfach abziehen. Anschließend die Kleberückstände mit Aceton oder Isopropanol entfernen und ein neues Band aufkleben (Ersatzbänder sind auf Anfrage erhältlich).

Externe Magnetfelder:

Die Magnetisierung des Magnetbandes kann verloren gehen. Insbesondere dürfen keine Magnetfelder (z. B. Haftmagnete, Dauermagnete oder Magnete in Smartphones wie MagSafe) in direkten Kontakt mit dem Magnetband geraten. Die beliebte Bevelbox (digitaler Winkelmesser) hat oft an der Unterseite Magnete und darf keinesfalls direkt auch die Führungsschiene gestellt werden!



Das Magnetband ist unbedingt vor Einflüssen durch Fremdmagnete zu schützen!



2.5 9V Block-Akku (wiederaufladbar)

Das Gerät wird mit einem wiederaufladbaren 9V Lithium-Ionen-Blockakku betrieben. Der Akku kann direkt am Akku selbst über einen integrierten USB-C-Anschluss mit einem handelsüblichen USB-C-Kabel geladen werden und braucht zum Aufladen nicht entnommen werden. Eine LED-Anzeige am Akku signalisiert den aktuellen Ladestatus.

Alternativ kann auch eine herkömmliche, nicht wiederaufladbare 9V-Batterie eingesetzt werden.

Akkutausch:

Der Akku ist auswechselbar. Dazu wird der obere Deckel des Gerätes abgenommen und vorsichtig zur Seite geklappt. Das Display ist fest mit dem Deckel verbunden und über zwei Steckverbindungen mit der Platine im Gerät angeschlossen. Das Kabel ist lang genug, um den Deckel sicher zur Seite zu klappen.

Der Akku kann nun entnommen und von der Stromversorgung getrennt werden. Beim Herausnehmen oder Einstecken ist besondere Vorsicht geboten, damit keine Kabel oder Steckverbindungen beschädigt werden. Anschließend wird der neue Akku eingesetzt, angeschlossen und der Deckel wieder geschlossen.

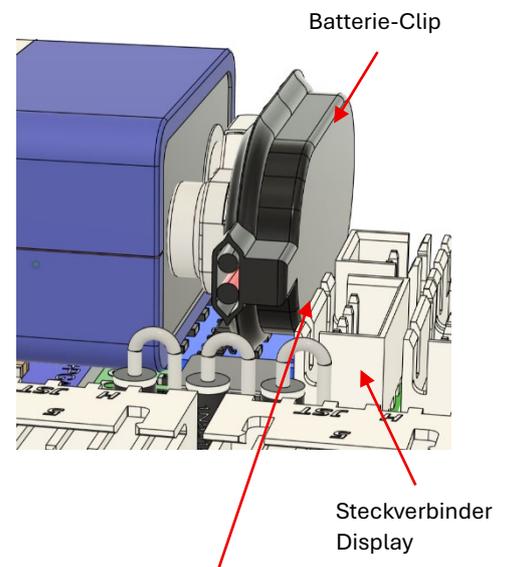
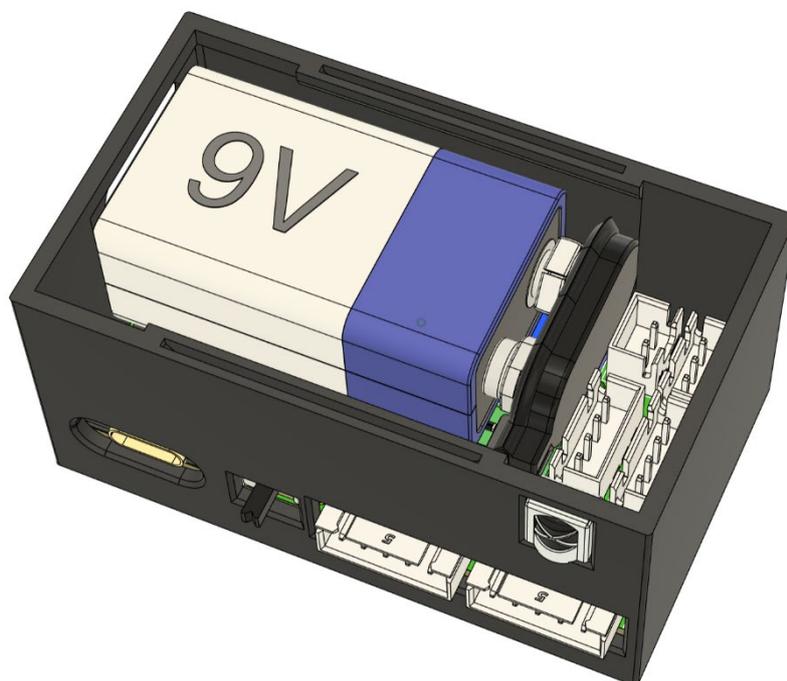
WICHTIGER HINWEIS:

Beim Abnehmen des Gehäusedeckels diesen auf der **linken Seite** anheben und abnehmen. Beim Aufsetzen **zuerst die rechte Seite** in die Führung (Nase) des Gehäuses einsetzen und anschließend die linke Seite aufdrücken.

Zum Entnehmen des Akkus auf der **rechten Seite den Akku am Batterieclip** anheben, den Clip abziehen und den Akku herausnehmen.

Beim Einsetzen des Akkus zuerst den Batterieclip aufstecken. Anschließend den Akku auf der rechten Seite schräg einsetzen, so dass die Außenseite des Batterieclips bündig am weißen Steckverbinder der Platine anliegt. Danach den Akku links sanft herunterdrücken, bis er einrastet.

Keinesfalls darf der Batterie-Clip auf dem Steckverbinder aufliegen, da sonst der Gehäusedeckel nicht geschlossen werden kann!



Außenseite des schwarzen Clips muss bündig am Steckverbinder anliegen beim Einsetzen

2.6 IR - Fernbedienung (Infrarot)

Piano-Measure-Pro wird ausschließlich mit einer Infrarot-Fernbedienung bedient. Am Messgerät selbst gibt es keine Bedientasten, da sich dort die empfindlichen Sensoren befinden. Schon ein leichter Druck auf eine Taste am Gerät könnte die hochpräzisen Messergebnisse verfälschen. Eine kontaktlose Steuerung per Infrarot ist daher die optimale Lösung.

Die mitgelieferte Fernbedienung verfügt über zehn Zahlentasten, vier Pfeiltasten (hoch, runter, links, rechts), eine Bestätigungstaste OK sowie zwei Sondertasten (* und #).

Reagieren die Tasten nicht mehr zuverlässig, sollte die Batterie (Knopfzelle) ausgetauscht werden.

Kommen beide Geräte gleichzeitig zum Einsatz beispielsweise in der Funktion „scale design“, reagieren beide parallel auf die Tasteneingaben. Soll nur ein Gerät angesteuert werden, genügt es, das andere auf der Führungsschiene leicht zur Seite zu schieben.



2.7 Einschalten des Gerätes

Das Gerät wird mit dem Schalter an der Vorderseite des Controllers eingeschaltet. Vor Beginn einer vollständigen Session sollte sichergestellt sein, dass der Akku vollständig geladen ist.

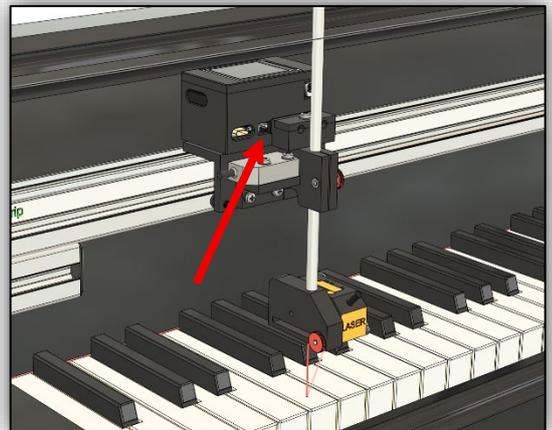
2.7.1 Start Bildschirm

Nach dem Einschalten erscheint der Start-Bildschirm und ein Signalton ertönt. Gerät 1 mit Sensor 1 gibt dabei einen einzelnen Ton aus, Gerät 2 mit Sensor 2 zwei kurze Töne (tief und hoch).

Auf dem Start-Bildschirm kann mit der IR-Taste 1 der Infrarot-Fernbedienung „SOFT AP“ ein WLAN-Kanal gewählt werden. In Umgebungen mit vielen WLAN-Netzen lässt sich so auf einen anderen Kanal umschalten, falls Verbindungsprobleme auftreten. Dies ist nur

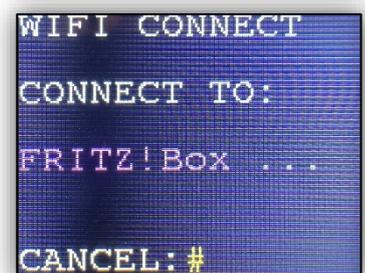
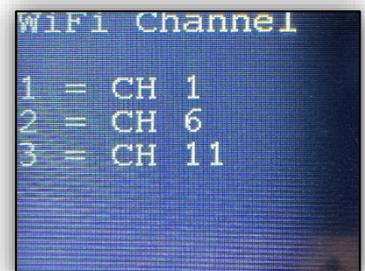
im DUAL-Modus relevant, bei dem beide Geräte

miteinander kommunizieren und Messwerte austauschen. Momentan wird dies ausschließlich in der Funktion „scale design“ verwendet. In diesem Modus werden beide Geräte auf der Führungsschiene platziert: Der Laserspot von Gerät 1 wird exakt am vorderen Beginn der klingenden Saitenlänge (z. B. an der Agraffe) positioniert, während der Sensor von Gerät 2 auf einen hinteren Punkt der Saite (Stegstift oder Anhangstift) gesetzt wird. Der Abstand wird aus beiden Positionen berechnet. Die Geräte kommunizieren über eine eigene WiFi-Verbindung, unabhängig vom Haus-WLAN. Bei Verbindungsproblemen kann der Kanal beim Start gewechselt werden (IR-Tasten 1-3).



Zusätzlich kann das Display mit der IR-Taste 9 um 180° gedreht werden. Diese Funktion ist häufig auf die Taste 9 gelegt, z. B. im Hauptmenü, im Hauptbildschirm der Funktion „action regul.“ oder in der Funktion „scale design“.

Mit der IR-Taste OK wird der Dialog beendet, und das Gerät versucht, eine Verbindung zu einem WLAN-Netzwerk aufzubauen, sofern bereits zuvor ein Passwort hinterlegt wurde.



2.7.2 Prüfung auf Firmware Updates

Piano Measure Pro wird kontinuierlich weiterentwickelt. Neue Funktionen kommen hinzu, bestehende Funktionen werden verbessert.

Bei jedem Start wird nach einer erfolgreichen WLAN-Verbindung kurz geprüft, ob ein neues Update verfügbar ist. Dazu baut das Gerät eine Internet-Verbindung zum Server von Klaviertelier auf. Wenn die Server-Version neuer ist als die Geräte-Version, erscheint eine Meldung mit den jeweiligen Versionsnummern.

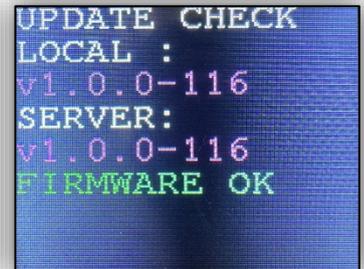
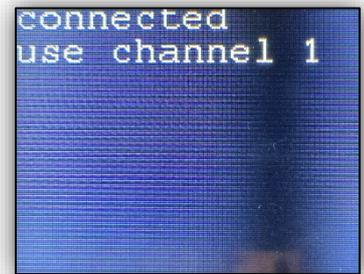
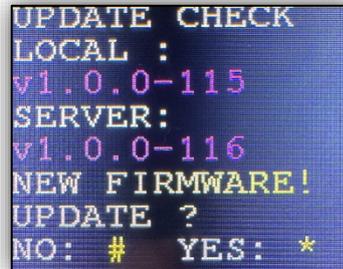
Es besteht die Wahl:

Installation mit der IR-Taste *

Keine Installation mit der IR-Taste #

Wird dieser Dialog nicht innerhalb von 10 Sekunden bestätigt, wird automatisch ohne Update zum Hauptmenü weitergegangen.

Wird das Update mit * gestartet, wird es heruntergeladen und installiert. Das Gerät startet danach automatisch neu. Ist kein Update verfügbar, erscheint die Meldung „Firmware OK“.



2.7.3 Neue WLAN-Verbindung einrichten

Kann keine WLAN-Verbindung aufgebaut werden, erscheint ein Dialog mit der Frage, ob alle verfügbaren WiFi-Netze ermittelt werden sollen. Mit # kann dieser Vorgang abgebrochen werden - zum Beispiel beim Einsatz beim Kunden, wo keine WLAN-Verbindung benötigt wird.

Die Daten können auch ohne Verbindung zu einem externen WLAN über die Direct SOFT AP-Verbindung übertragen werden, indem der Laptop direkt mit Piano-Measure-Pro verbunden wird (siehe späteres Kapitel).

Im „scale design“-Modus kommunizieren beide Geräte direkt über WiFi, ohne ein externes Netzwerk zu benötigen.

Das externe WLAN wird im Wesentlichen für zwei Zwecke verwendet:

- zur Prüfung auf neue Firmware-Updates,
- sowie zur komfortablen Übertragung von Datensätzen zum PC/Laptop in der Werkstatt, ohne diesen jedes Mal direkt mit dem Gerät koppeln zu müssen.

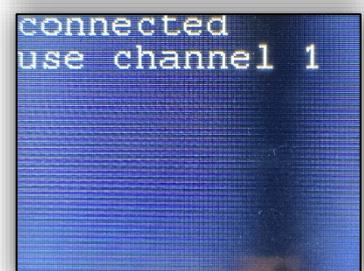
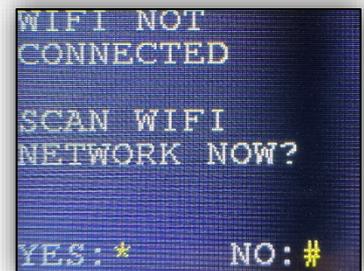
Beim Einsatz beim Kunden ist daher kein externes WLAN erforderlich; alle Funktionen stehen grundsätzlich auch ohne Verbindung zur Verfügung.

Zum Scannen aller verfügbaren WLAN-Netzwerke wird die Taste * gedrückt. Nach kurzer Zeit erscheint eine Liste aller gefundenen Netzwerke. Mit den Pfeiltasten hoch/runter kann das gewünschte Netzwerk ausgewählt und mit OK bestätigt werden.

Anschließend öffnet sich der Passwort-Dialog. Das Passwort wird Zeichen für Zeichen eingegeben:

- Mit den Pfeiltasten links/rechts wird der benötigte Buchstabe, eine Zahl oder ein Sonderzeichen ausgewählt (rechts neben CHARACTER).
- Mit der Taste OK wird das gewählte Zeichen in das Passwort übernommen.
- Mit BACK (Taste #) können Zeichen gelöscht werden.
- Mit DONE (Taste *) wird die Eingabe abgeschlossen.

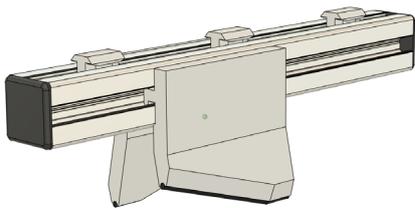
Ist das Passwort korrekt, wird die Verbindung hergestellt. Das Passwort wird dauerhaft im Gerät gespeichert und muss beim nächsten Start nicht erneut eingegeben werden.



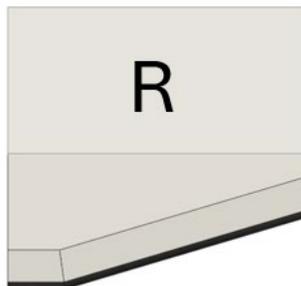
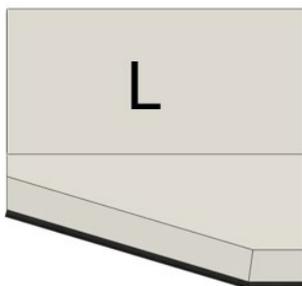
3 Führungsschiene platzieren



Zum Aufsetzen der Führungsschiene über der Klaviatur oder beim Flügel auch über den Hammerköpfen (action regul.) oder über den zu nivellierenden Saiten (string level) werden links und rechts zwei kurze Schienen in die untere Profilvernut der langen Führungsschiene eingeschoben.



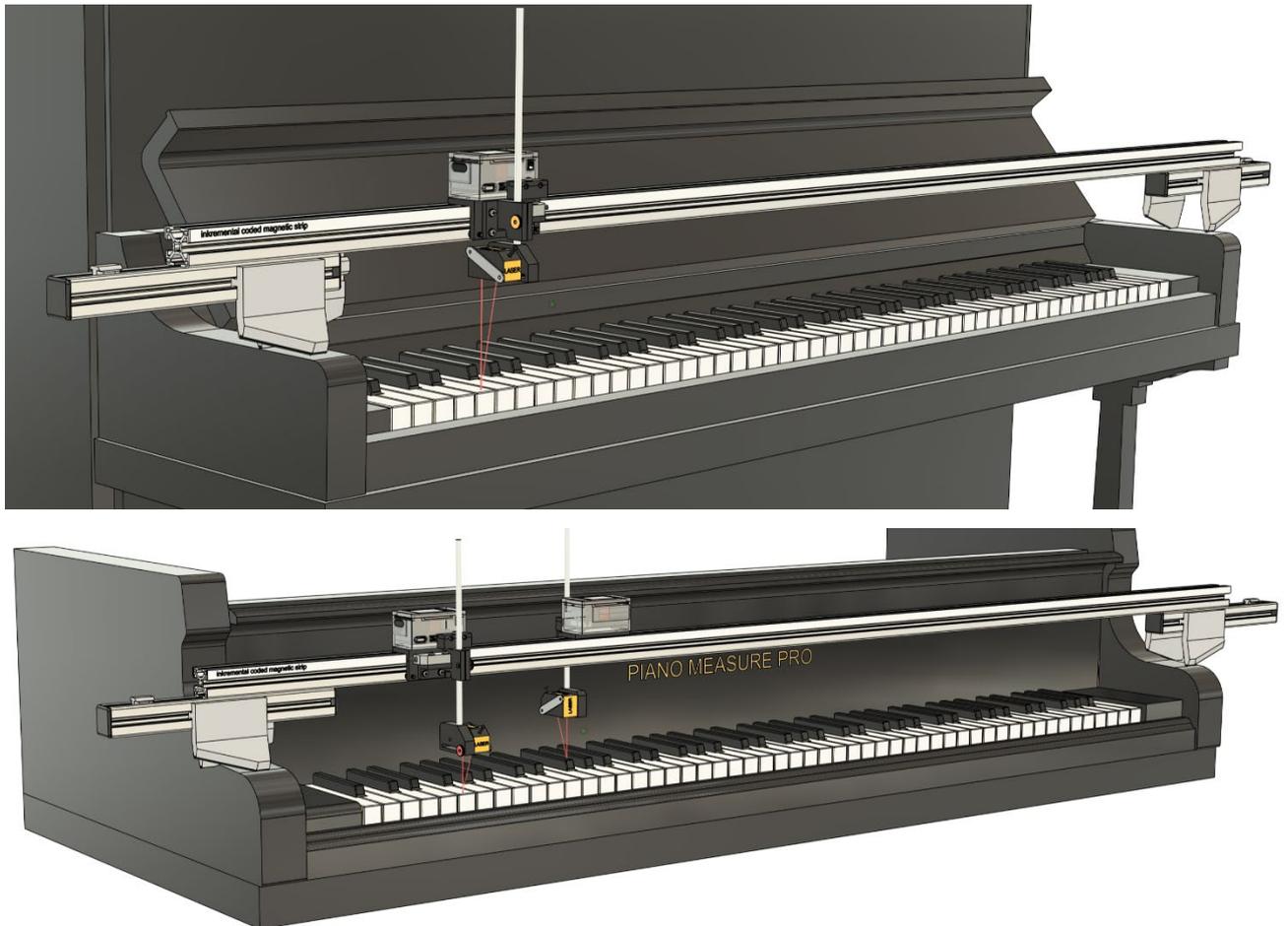
An diesen kurzen Schienen befinden sich jeweils zwei Stützen - eine vordere und eine hintere. Auf den Abbildungen sind die vorderen Stützen mit „R“ (rechts) und „L“ (links) gekennzeichnet. Diese Markierungen dienen lediglich der Veranschaulichung. In der Praxis lassen sich die Stützen durch ihre gespiegelte Form eindeutig zuordnen.



Die kurzen Schienen werden so positioniert, dass sich die Stützen im Bereich der Gehäusebacken befinden. Die vorderen Stützen dienen als Auflagefläche und werden so ausgerichtet, dass der waagerechte Teil der Gummiauflage flächig auf dem Instrumentengehäuse aufliegt. Die abgewinkelte Gummiauflage der rechten Stütze wird auf der rechten Gehäusesseite des Instruments platziert, die der linken Stütze entsprechend auf der linken Seite.

Eine der hinteren Stützen dient zur Feineinstellung der Neigung der gesamten Führungsschiene entlang ihrer Längsachse. Die andere hintere Stütze wird anschließend leicht bis an das Gehäuse herangeschoben, sodass die Führungsschiene insgesamt stabil und kippelfrei aufliegt.

4 Funktion „key level“ – Geradelegen von Klaviaturen / Tiefgang einstellen



4.1 Vorbereitungen der Klaviatur / Mechanik

Zu Beginn der Messungen sollte die Klaviatur zusammen mit der Mechanik sorgfältig vorbereitet werden, damit bei jeder Taste eine hohe Wiederholgenauigkeit erreicht wird. Unter Wiederholgenauigkeit versteht man, dass die Taste nach dem Niederdrücken stets in exakt dieselbe Ausgangslage zurückkehrt, unabhängig davon, ob sie stark oder schwach, staccato oder legato angeschlagen wird.

Die Wiederholgenauigkeit wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

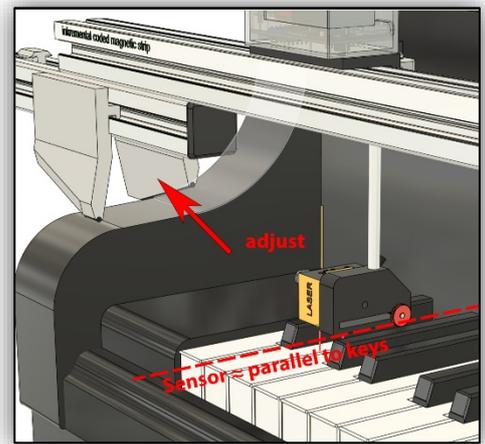
- **Tastengarnierungen:** Sie müssen in einwandfreiem Zustand sein. Verschlissene Garnierungen oder zu stramm sitzende neue Filze führen zu Ungenauigkeiten.
- **Tastenstellung (Kanteln):** Vor dem Geradelegen sollten leicht schief stehende Tasten am Waagebalkenstift so gerichtet werden, dass sie vorne absolut gerade und waagrecht stehen. Dies wird mit einem kurzen Lineal kontrolliert. Auch die Spatien (Abstände zwischen den Tasten) sollten bestmöglich ausgeglichen werden, indem die Vorderstifte entsprechend gerichtet werden.
- **Tasten zu Fall bringen:** Die Bohrung in der Taste für den Waagebalkenstift muss so groß sein, dass die Taste beim Aufstecken langsam und gleichmäßig nach unten gleitet. Die Bäckchen-Garnierung darf den Gleitvorgang nicht behindern. Sitzen Tasten zu stramm, hilft es z. B. im Rahmen eines Serviceeinsatzes, die Klaviaturstifte zu entfetten (z. B. mit Aceton oder Isopropanol), ggf. zu polieren und abschließend mit einem speziellen Gleitmittel auf PTFE-Basis zu behandeln. Reicht dies nicht aus, muss die Bohrung mit einem Klaviaturboden-Aufreiber etwas aufgeweitet werden.
- **Unterstellen und Mechanik-Bedingungen:** Beim Klavier müssen die Tasten-Pilote so reguliert sein, dass die Tasten hinten mit dem Gewicht von Hebeglied, Hammerstiel und Hammerkopf auf den Klaviaturrahmenstreifen gedrückt werden und vorne korrekt in oberer Position stehen. Alternativ kann die Hammerruheleiste abgeschraubt werden, sodass alle Tasten über die Stoßzunge direkt mit der Hammernuss in Kontakt stehen. Beim Flügel ist dies nicht notwendig; hier ist lediglich darauf zu achten, dass alle Hammerstiele frei über der Pralleiste schweben und nicht aufliegen, da dies sonst die Stellung der Tasten vorne beeinflussen würde.

Die Wiederholgenauigkeit kann zu Beginn der Messungen überprüft werden: Der Laser wird über eine Taste gefahren, die Taste mehrfach unterschiedlich stark angeschlagen. Wird bei jedem Anschlag derselbe Messwert angezeigt, ist die Vorbereitung perfekt.

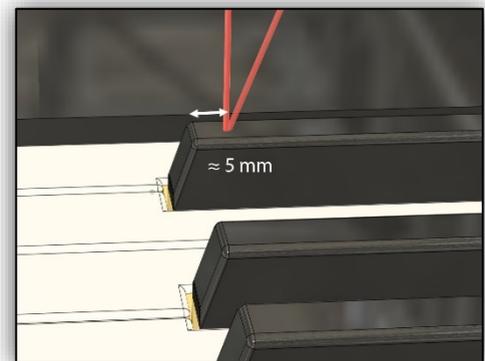
4.2 Ausrichten der Führungsschiene

Zum Ausrichten das Gerät so auf die Führungsschiene aufsetzen, dass der Laser Sensor hinter der Schiene im Bereich der schwarzen Tasten ist.

Die Führungsschiene wird so ausgerichtet, dass der Laserstrahl möglichst senkrecht auf die Oberfläche der weißen Untertasten trifft. Der Sensorarm (Rundstab) kann dazu weit abgesenkt werden. Die Unterkante des Sensors dient dabei als Referenzlinie und wird nach Augenmaß parallel zu den weißen Tasten ausgerichtet. Kleine Abweichungen sind unkritisch. Zur Justierung die hintere Stütze verschieben, damit wird die Führungsschiene in der Längsachse geneigt. Die andere hintere Stütze wird im Anschluss so verschoben, dass die Führungsschiene kippelfrei steht (siehe auch Kapitel „Führungsschiene platzieren“). Anschließend wird die horizontale Position des Lasers justiert. Dafür wird der Sensor wieder nach oben geschoben, sodass sich die Position des Laserspots auf der ersten und letzten schwarzen Taste beurteilen lässt.



Die Führungsschiene wird nun leicht nach vorn oder hinten verschoben, bis der Spot möglichst weit vorne auf der schwarzen Taste auftrifft - idealerweise etwa 5 mm von der vorderen Kante entfernt (dies entspricht dem höchsten Punkt der Taste). Danach dreht man die Einheit und prüft, wo der Spot auf der weißen Taste auftrifft. Liegt er etwa 5 bis 15 mm hinter der Tastenfront, ist die Position in Ordnung. Falls nicht, kann der Sensor horizontal im Langloch unten am Sensorarm verschoben werden. Dazu die Flügelschraube lösen und den Sensor leicht nach vorne oder hinten versetzen. Diese Nachjustierung ist besonders bei älteren Instrumenten mit abweichenden Tastenmaßen sinnvoll.



Wenn die Position des Spots auf der ersten und letzten Taste stimmt, wird der Laser in der Höhe so eingestellt, dass im Display des Sensors möglichst ein Messwert nahe 0 erscheint, wenn der Spot etwa 5 bis 15 mm hinter der Tastenfront auftrifft. Negative Werte bedeuten, der Laser ist zu hoch, positive Werte, er ist zu tief. Es ist jedoch nicht erforderlich, exakt 0 zu erreichen – die Einstellung dient lediglich dazu, den Sensor in den optimalen Messbereich zu bringen.

Für die Tastenmessung empfiehlt sich ein Sensor mit einem Messbereich von 30 mm: +15 mm nach oben für die schwarzen Tasten, die etwa 12 mm höher als die weißen stehen sollen, und -15 mm nach unten für den Tiefgang der weißen Tasten, der im Durchschnitt rund 10 mm beträgt.

Zum Abschluss sollte nochmals überprüft werden, ob die Führungsschiene stabil steht oder erneut kippt. Ist dies der Fall, wird eine der hinteren Stützen leicht vom Korpus nach außen weggeschoben und anschließend behutsam wieder bis an den Korpus herangeführt. Weitere Hinweise dazu finden sich im Abschnitt „Führungsschiene platzieren“.

4.3 Messung beginnen

Im Hauptmenü den Punkt „key level“ mit den Pfeiltasten auswählen und mit der OK-Taste bestätigen.

Im folgenden Dialog kann gewählt werden, ob ein neuer Datensatz angelegt oder ein bereits gespeichertes Instrument geladen werden soll. Dafür stehen neun Speicherplätze zur Verfügung. Nach Drücken einer Zahlentaste zwischen 1-9 gelangt man zum Startbildschirm, um die Messwerte weiter zu verarbeiten (siehe Kapitel „Messwerte abrufen: Klaviatur geradelegen / Tiefgang korrigieren“).

Alternativ kann eine neue Messung gestartet werden. Dabei gibt es zwei Optionen: „flat“ oder „curve“.

Die Einstellung „curve“ wird für Klaviaturen verwendet, die eine leichte Wölbung in der Mitte aufweisen, wie sie beispielsweise bei Steinway & Sons üblich ist. Hierbei wird eine quadratische Regression berechnet, die eine parabelförmige Kurve ergibt und sich möglichst genau an die vorhandenen Tastenhöhen anpasst. Bei der Einstellung „flat“ wird dagegen eine lineare Regression durchgeführt, also eine gerade Linie, die als Bezugsebene für die Tasten dient.

Diese Kurven dienen dem Techniker als Grundlage, um anschließend fein nachjustieren (zum Beispiel mehr oder weniger Wölbung oder eine insgesamt höhere oder tiefere Lage).

Mit der Sterntaste (*) wird „curve“ ausgewählt, mit der OK-Taste „flat“. Mit der Raute-Taste (#) kann der Dialog abgebrochen und zum Hauptmenü zurückgekehrt werden.

Im folgenden Dialog kann das Tastenverhältnis festgelegt werden. Dazu besteht die Möglichkeit, die Tasten manuell mit einem Bandmaß auszumessen und die Werte selbst zu berechnen und einzutragen. Mit den Pfeiltasten hoch/runter wird zwischen dem Wert für die weiße oder die schwarze Taste gewechselt, mit den Tasten rechts/links lässt sich der ausgewählte Wert anpassen.

Alternativ kann „MEASURE KEYS“ gewählt werden. Dann öffnet sich ein neuer Dialog, in dem die Tasten bequem mit dem Laser und dem Linear Encoder vermessen werden können (siehe Kapitel „Tastenverhältnis messen“).

Das Tastenverhältnis wird benötigt, um aus der an der Taste gemessenen Abweichung die erforderliche Scheibenstärke am Waagebalken zu berechnen.

Zu Beginn eines Messvorgangs kann mit einem beliebigen Tastenverhältnis gearbeitet werden, da dieses für die Messwerte zunächst keine Rolle spielt. Da der Datensatz im internen Speicher des Geräts abgelegt wird, bleibt er auch nach dem Ausschalten erhalten. Wird das Gerät später wieder eingeschaltet und der Datensatz geladen, kann das Tastenverhältnis jederzeit angepasst werden, wenn die Klaviatur geradegelegt wird. Bei einem Flügel ist es daher möglich, zunächst die Tastenhöhen und den Tastentiefgang zu vermessen und das Tastenverhältnis erst später, nach dem Abnehmen der Mechanik und dem Entnehmen der Tasten, separat zu bestimmen. Mit der Sterntaste (*) können die aktuell eingestellten Werte als Standardwerte in den Geräteeinstellungen gespeichert werden. Diese werden beim nächsten Einschalten und Aufrufen der Funktion automatisch übernommen.

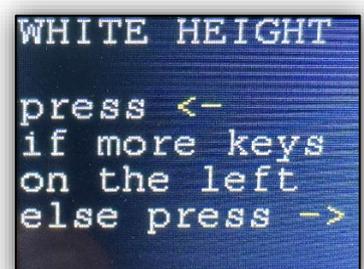
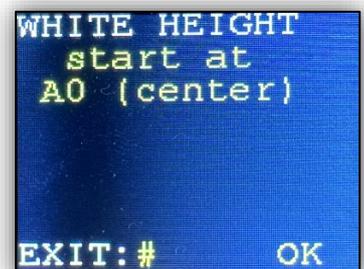
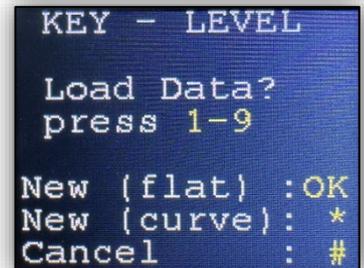
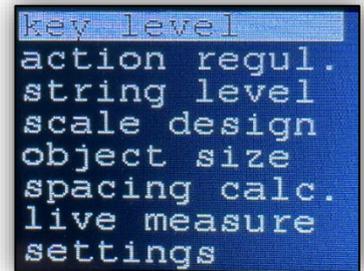
4.4 Tastenhöhen messen (Weiße Tasten)

Mit der OK-Taste gelangt man in den nächsten Dialog. Dort wird man aufgefordert, den Laserspot mittig auf die Taste A0 zu positionieren (bei den meisten Instrumenten die erste Taste) und anschließend erneut OK zu drücken. Mit der Raute-Taste (#) kann der Vorgang abgebrochen und ins Hauptmenü zurückgekehrt werden.

Im nächsten Schritt drückt man die Taste „Pfeil links“, falls sich links von A0 noch weitere Tasten befinden, wie zum Beispiel beim Bösendorfer Imperial mit seinen zusätzlichen schwarzen Tasten bis hinunter zu C0. Andernfalls, und in den meisten Fällen, drückt man die Taste „Pfeil rechts“.

Nun hat man zwei Möglichkeiten:

Wenn die Klaviatur bereits ungefähr auf der richtigen Höhe liegt und lediglich innerhalb ihrer Ebene ausgeglichen werden soll (zum Beispiel im Rahmen eines Serviceeinsatzes), ist es nicht erforderlich, die absolute Höhe der weißen Tasten über der Schlossleiste zu bestimmen. In diesem Fall kann direkt mit der Messung begonnen werden, der folgende Abschnitt entfällt.



Muss die Klaviatur jedoch im Rahmen einer Generalüberholung oder eines Neubaus grundlegend neu eingerichtet werden, wird zunächst die absolute Höhe der Taste A0 über der Schlossleiste gemessen. Dazu wird ein Messblock an der Front der Taste A0 angesetzt und bis an die Schlossleiste abgesenkt.



Nachdem der Block einige Sekunden ruhig gehalten wurde, kann die Messung erfolgen und wird mit einem Signalton quittiert. Der entsprechende Messwert wird anschließend auf dem Display angezeigt.

Der Laser erfasst dabei die Höhe des schwarzen Messblocks, der eine definierte Höhe von 30 mm besitzt (dieser Wert kann in den Geräteeinstellungen angepasst werden). Da zuvor die Höhe der weißen Taste ohne Block ermittelt wurde, kann auf diese Weise die absolute Höhe der Taste A0 über der Schlossleiste berechnet werden. Ein großer Vorteil dieser Methode besteht darin, dass die Führungsschiene zum Messen der Höhe über der Schlossleiste nicht erneut verschoben werden muss. Sie wird nur einmal zu Beginn aufgesetzt und ausgerichtet und verbleibt dann bis zum Ende aller Messungen in derselben Position.

Ist es erforderlich, die Höhe der Taste über dem Stuhlboden zu messen, kann ein Hilfsblock mit 50 mm Höhe auf den Stuhlboden gestellt und darauf der Messblock positioniert werden, anstatt ihn auf die Schlossleiste zu setzen. Bei den angezeigten Messergebnissen werden anschließend einfach 50 mm addiert.

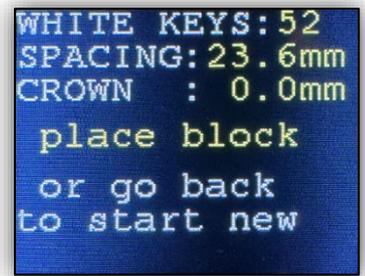
WHITE HEIGHT
place block
or
go to highest
key (center)

WHITE HEIGHT
scanning...
VALUE: 19.5mm
go to highest
key (center)

WICHTIGER HINWEIS:

Beim Überfahren der Tasten wird für jede Taste ein Mittelwert berechnet, der sich bei weißen Tasten aus dem Zentrum plus/minus 8 mm ergibt. Bei einigen, insbesondere älteren Klavieren kann es vorkommen, dass durch starkes Spiel eine leichte Wölbung der Oberfläche (z. B. bei Elfenbeinklaviaturen) entstanden ist. Deshalb ist es notwendig, an diesen Stellen einen Mittelwert zu bilden. Bei den schwarzen Tasten wird ebenfalls ein Mittelwert gebildet, hier im Bereich von plus/minus 4 mm vom Zentrum der Taste. Auch wenn einzelne Tasten leicht schief stehen, etwa wenn die rechte Seite etwas höher ist als die linke, sorgt die Mittelwertbildung dafür, dass die Tasten insgesamt bestmöglich nivelliert werden.

Zum Start der Messung aller weißen Tastenhöhen wird der Sensor nach rechts entlang der Klaviatur geführt. Dabei darf die Bewegung zügig erfolgen. Sollte die Geschwindigkeit zu hoch sein, erscheint auf dem Display eine gelbe Warnung „Speed“. In diesem Fall sollte die Bewegung verlangsamt werden. Wird jedoch deutlich zu schnell gefahren, erscheint eine rote Fehlermeldung und der Vorgang muss an der Taste A0 neu begonnen werden.



Der Sensor wird bis zur obersten Taste (mittig) geschoben. Im oberen Bereich sollte die Bewegung verlangsamt werden, damit die mittige Position der obersten Taste möglichst präzise angefahren werden kann (das ist wichtig, um die genaue Breite der Klaviatur und damit den Abstand von Taste zu Taste berechnen zu können).

Achtung: Sobald der Sensor vollständig angehalten wird, gilt die Messung als beendet. Wird er hingegen nur sehr langsam weiterbewegt, bleibt die Messung aktiv und wird nicht abgebrochen.

Sobald der Sensor oben gestoppt wird, öffnet sich ein neuer Dialog mit der berechneten Anzahl der weißen Tasten und dem Abstand von Taste zu Taste. Im „flat“-Modus beträgt die Überhöhung 0, im „curve“-Modus wird hier die berechnete Wölbung der Klaviatur angezeigt (eine Parabel, die mittels quadratischer Regression bestmöglich an die Messwerte angepasst ist).



Hat man zuvor die Höhe mit dem Messblock bei A0 bestimmt, wird man nun aufgefordert, das gleiche Verfahren mit der höchsten Taste durchzuführen. Dazu den Block erneut aufsetzen, ruhig halten und auf den Signalton warten. Alternativ kann der Sensor nach links zurückbewegt werden; in diesem Fall wird die Messung bei A0 automatisch wiederholt.

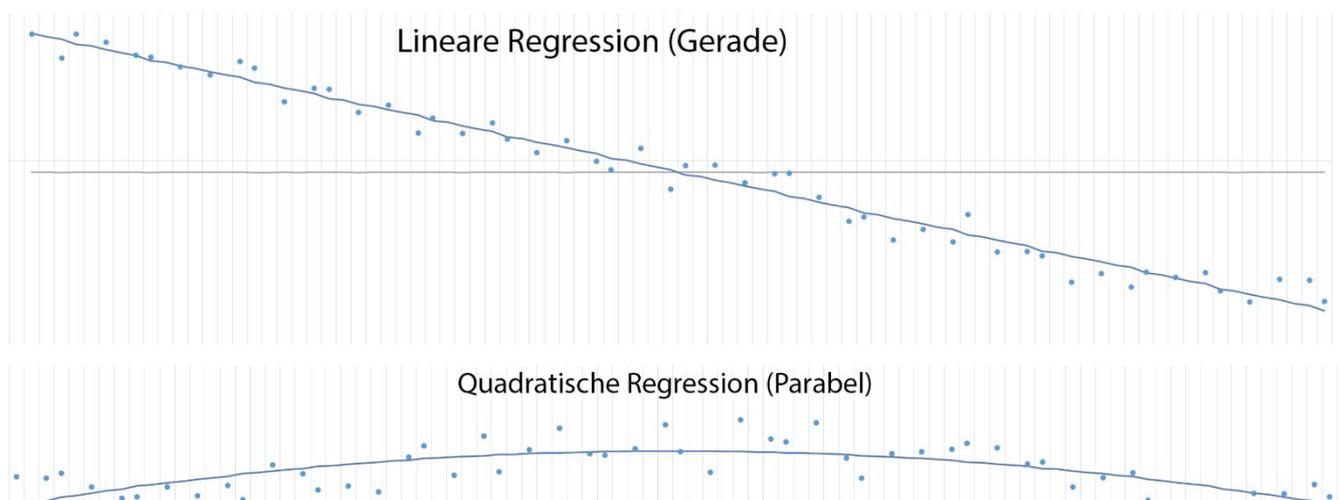
Anschließend wird aus den Messdaten eine Regressionskurve (Gerade oder Parabel) berechnet. Die Höhe dieser Referenzkurve über der Schlossleiste wird links und rechts angezeigt. Dabei ist zu beachten, dass diese Werte nicht zwingend mit den direkt an den Tasten gemessenen Höhen übereinstimmen müssen, da einzelne Tasten zufällig deutlich höher oder tiefer liegen können als der Rest.

Zusätzlich werden die mittlere Höhe (level) der Referenzkurve über der Schlossleiste sowie ihre Neigung (tilt) angezeigt. Die Neigung gibt an, wie stark die Ausgleichskurve gegenüber der Schlossleiste geneigt ist. Eine Abweichung von unter einem Millimeter ist mit dem Auge kaum erkennbar.

Ein Wert von Tilt = 1,2 mm, wie im Beispielbild gezeigt, bedeutet, dass die Referenzkurve rechts um 1,2 mm niedriger liegt als links über der Schlossleiste. Würde die Klaviatur nach dieser Referenzkurve nivelliert, lägen die Tasten auf der rechten Seite also um 1,2 mm tiefer als die Tasten auf der linken Seite – die gesamte Klaviatur wäre leicht schief.

Der Techniker kann selbst entscheiden, welche Werte akzeptabel sind. Es besteht jederzeit die Möglichkeit, die beiden Werte level und tilt nachzjustieren: Mit den Pfeiltasten hoch/runter wird der gewünschte Wert ausgewählt, mit den Pfeiltasten rechts/links kann er verändert werden. Grundsätzlich stellt die automatisch berechnete Referenzkurve die bestmögliche Ausgleichskurve dar. Der Aufwand, die Tasten an diese Kurve anzugleichen, ist immer geringer, als wenn man die Werte manuell verändert und damit von dieser optimalen Kurve abweicht. Ist jedoch die Neigung zu stark oder liegen die Tasten insgesamt zu hoch oder zu tief, sodass dies nicht mehr tolerierbar ist, muss eine neue Referenzkurve festgelegt werden, indem die Werte entsprechend angepasst werden.

Mit der Raute-Taste (#) lassen sich Änderungen rückgängig machen, mit OK werden die Werte übernommen und die Messung bei den schwarzen Tasten oder beim Tastentiefgang der weißen Tasten fortgesetzt.



Nach der Messung der Tastenhöhen der weißen Tasten gibt es zwei Möglichkeiten, fortzufahren: Entweder mit der Messung der Tastenhöhen der schwarzen Tasten oder mit der Messung des Tastentiefgangs der weißen Tasten. Der Sensor erkennt automatisch, welche Option gewählt wird.

Wird die Taste, die sich direkt unter dem Sensor befindet, gedrückt und einige Sekunden ruhig gehalten, erkennt dies das Gerät und startet die Messung des Tastentiefgangs der weißen Tasten - also von der oberen Ruheposition bis zur unteren Endlage. Wird das Gerät dagegen abgenommen, gedreht und erneut so aufgesetzt, dass sich der Sensor hinter der Führungsschiene befindet, schaltet das Gerät automatisch in den Messmodus für die Tastenhöhen der schwarzen Tasten.

Im Folgenden wird zunächst die Messung der Tastenhöhen der schwarzen Tasten beschrieben. Anschließend wird auf die Messung des Tastentiefgangs der weißen Tasten eingegangen.

4.5 Tastenhöhen messen (Schwarze Tasten)

Sobald das Gerät um 180° gedreht auf die Führungsschiene aufgesetzt wurde, dreht sich das Display automatisch, sodass es für den Techniker wieder lesbar ist. Der Laserspot wird nach Augenmaß mittig auf die oberste Taste positioniert und anschließend mit OK bestätigt.

Erscheint im Display die Meldung „scanning...“, wird der Sensor nach links in Richtung der ersten Taste bewegt. Dort sollte die Bewegung verlangsamt und gestoppt werden, sobald im Display der Dialog mit der gemessenen mittleren Höhe und der Neigung der schwarzen Tasten über den weißen Tasten erscheint. Die Geschwindigkeit sollte insgesamt etwas geringer sein als bei der Messung der weißen Tasten, da die Plateau-Erkennung sonst nicht zuverlässig funktioniert.

Falls nicht alle erwarteten Plateaus erkannt werden, erscheint eine Meldung und der Messvorgang kann wiederholt werden. In diesem Fall bitte die Bewegung langsamer über die schwarzen Tasten ausführen.

Wenn alle Plateaus erkannt wurden, kann der Techniker die Parameter „level“ und „tilt“ anpassen. Es gilt dasselbe wie bei den weißen Tasten: Änderungen bedeuten zusätzlichen Aufwand beim Geradelegen der schwarzen Tasten. Der Techniker muss selbst entscheiden, wie groß die Neigung der schwarzen Tasten gegenüber der Referenzlinie der weißen Tasten sein darf und wie hoch die schwarzen Tasten über den weißen stehen sollen. Die Bezugskurve ist hier nicht mehr die Schlosseleiste (wie bei den weißen Tasten), sondern die zuvor vom Techniker festgelegte Referenzkurve der weißen Tasten. Im Beispiel auf dem Bild liegen die schwarzen Tasten ganz rechts 12,15 mm über den weißen Tasten und ganz links 12,25 mm. Wir hätten also einen Tilt von 0,1 mm, entsprechend der Differenz zwischen der Höhe der ersten und der letzten schwarzen Taste über den weißen Tasten. Mit den Pfeiltasten können die Werte geändert werden, mit der Raute-Taste (#) Änderungen rückgängig gemacht werden und mit OK geht es weiter zur nächsten Messung: dem Tastentiefgang der weißen Tasten.

Im nächsten Schritt kann der Tastentiefgang der weißen Tasten gemessen werden. Da die Mechanik und deren Regulierung einen Einfluss auf die Messwerte haben können, ist es in manchen Fällen sinnvoll, die Mechanik vor der Messung zu entnehmen (beim Klavier) oder von der Klaviatur abzuschrauben (beim Flügel). Dafür wird das Gerät von der Führungsschiene abgenommen, beim Klavier die Mechanik entnommen bzw. beim Flügel die Mechanik mit der Klaviatur aus dem Gehäuse gezogen, die Mechanik abgeschraubt und die Klaviatur wieder in den Flügel eingesetzt.

Dabei ist darauf zu achten, dass die Führungsschiene nicht verrutscht. Sollte dies dennoch geschehen, wären alle folgenden Messungen ungültig, da sich die Referenz verändert hat. In diesem Fall können die bis dahin ermittelten Messwerte zwar weiterhin gespeichert und verwendet werden, eine Fortführung der Messreihe ist jedoch nicht mehr möglich.

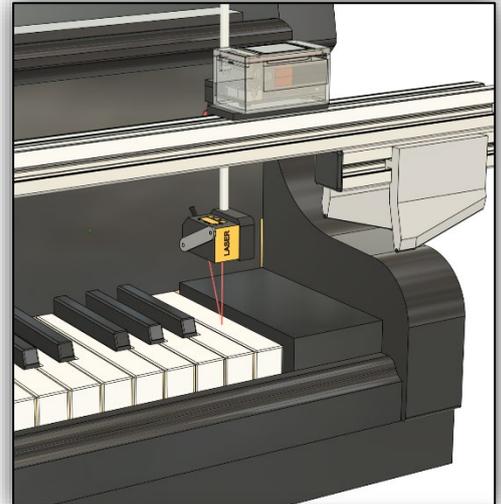
Anschließend wird das Gerät erneut um 180° gedreht auf die Führungsschiene aufgesetzt und der Messvorgang des Tastentiefgangs der weißen Tasten fortgesetzt.

Mit der OK-Taste wird der Messvorgang sofort beendet und der Speicher-Dialog geöffnet (siehe Kapitel „Datensatz speichern“).

```
WHITE KEY DIP
press keys
to start

BLACK HEIGHT
flip unit
to start

END: OK
```



```
BLACK HEIGHT
start at
C8 (center)

press OK
```

```
BLACK HEIGHT
scanning...

go to lowest
key (center)
```

```
BLACK HEIGHT
-----
Level: 12.2mm
Tilt : 0.1mm
-----

CHANGE: ^ v < >
UNDO: # OK
```

```
WHITE KEY DIP
remove action

flip unit
to start

END: OK
```

4.6 Tastentiefgang messen (Weiße Tasten)

Der Laser wird mittig auf der ersten Taste positioniert (meistens A0, beim Bösendorfer Imperial C0). Bevor mit OK bestätigt und der Messvorgang gestartet wird, sollten die ersten Tasten bereits gedrückt sein, damit der Sensor den korrekten Messwert für den Tastentiefgang erfasst. Es hat sich bewährt, die Tasten jeweils in Dreiergruppen gleichzeitig zu drücken und den Laser über diese Tasten zu führen. Dabei ist darauf zu achten, die Tasten möglichst gleichmäßig zu betätigen. Alternativ kann auch ein definiertes Gewicht auf die Tasten aufgelegt werden.

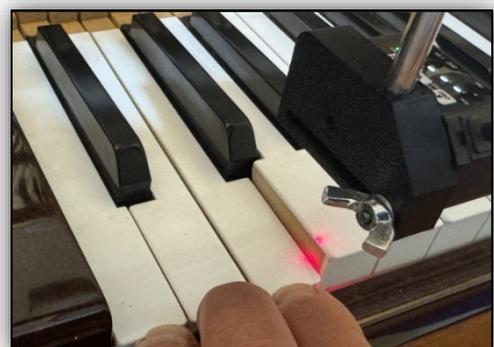
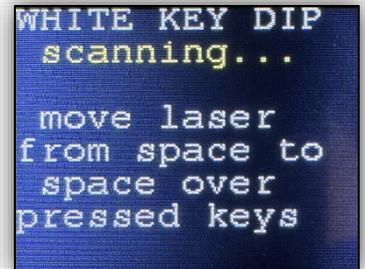
Der Laser wird dabei stets von Zwischenraum zu Zwischenraum bewegt. Verwendet werden die Messwerte, die mittig auf der Taste in einem Bereich von etwa 8 mm rechts und links liegen. Deshalb ist es nicht erforderlich, den Laser exakt im Zwischenraum zwischen den Tasten zu stoppen.

Beim Drücken der Tasten sollte darauf geachtet werden, diese ganz vorne an der Kante zu betätigen, damit der Laser nicht versehentlich einen Finger erfasst und die Messung verfälscht (siehe Bilder unten).

Eine besonders elegante Methode ist die Verwendung des Gewichtschens. Dabei handelt es sich um sieben definierte Gewichte (Messingzylinder), die im hinteren Bereich der Taste - also hinter dem Laserspot - aufgesetzt werden. Auf diese Weise können bei jedem Schritt sieben Tasten gleichzeitig erfasst und gescannt werden. Dabei ist lediglich darauf zu achten, den Rechen gleichmäßig auf die Tasten zu setzen, ohne die Führungsschiene oder den Sensor zu berühren.

So arbeitet man sich von unten nach oben vor, indem jeweils gruppenweise Tasten gedrückt werden und der Laser über die gedrückten Tasten weitergeführt wird, bis die nächste ungedrückte Taste erreicht ist. Die letzte Taste wird nur bis etwa zur Mitte angefahren. Das Display wechselt dann automatisch in den Ergebnisdialog, in dem die Lage (level) und die Neigung (tilt) der neu ermittelten Ausgleichskurve des Tastentiefgangs in Bezug auf die zuvor festgelegte Referenzkurve der weißen Tasten angezeigt werden und vom Techniker angepasst werden können.

Die Bedienung erfolgt in der gleichen Weise wie zuvor beschrieben: Raute-Taste (#) = Änderungen rückgängig machen, Pfeiltasten = Werte ändern, OK = Werte übernehmen und mit der Messung des Tiefgangs der schwarzen Tasten fortfahren.



4.7 Tastentiefgang messen (Schwarze Tasten)

Weiter geht es mit der Messung des Tastentiefgangs der schwarzen Tasten. Das Gerät wird erneut um 180° gedreht und auf die Führungsschiene aufgesetzt, sodass sich der Sensor wieder hinter der Führungsschiene befindet. Das Gerät erkennt automatisch, dass es gedreht wurde, und dreht das Display ebenfalls um 180°, sodass die Anzeige weiterhin korrekt lesbar ist.

Alternativ kann die gesamte Messung an dieser Stelle beendet werden. Mit der OK-Taste gelangt man sofort in den Speicher-Dialog; der folgende Schritt zur Messung des Tastentiefgangs der schwarzen Tasten wird dabei übersprungen.

Für die Messung wird der Laserspot mittig auf die letzte weiße Taste ausgerichtet (normalerweise C8 oder A7) und mit OK der Scanvorgang gestartet. Sobald im Display „scanning...“ erscheint, wird der Sensor über die gedrückten schwarzen Tasten geführt. Auch hier werden jeweils zwei oder drei Tasten gleichzeitig gedrückt, während der Sensor über diese hinwegfährt. Entscheidend ist ein möglichst gleichmäßiger Druck, um präzise Messergebnisse zu erhalten.

Auch der Gewichtsrechen mit den Messingzylindern kann verwendet werden. In diesem Fall werden fünf Zylinder auf den hinteren Bereich der schwarzen Tasten gestellt und drücken diese gleichzeitig nieder.

Sobald die letzte schwarze Taste vollständig erfasst wurde, erscheint der Ergebnisdialog mit den Messwerten der erzeugten Referenzkurve. Bezug ist hierbei die zuvor ermittelte Referenzkurve der schwarzen Tastenhöhen. Im dargestellten Beispiel ergibt sich ein durchschnittlicher Tastentiefgang der schwarzen Tasten von 9,2 mm bei einem tilt von 0,2 mm. Das bedeutet: Werden die schwarzen Tasten nach dieser Referenz nivelliert, liegt der Tastentiefgang rechts bei 9,1 mm und links bei 9,3 mm.

Die Werte können erneut an Vorgaben und Bedürfnisse angepasst werden. Mit OK wird die gesamte Messung abgeschlossen, und der Speicher-Dialog erscheint.

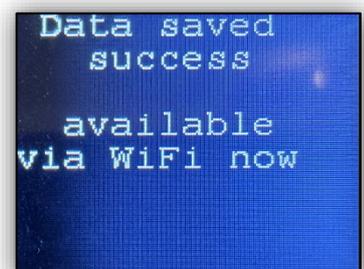
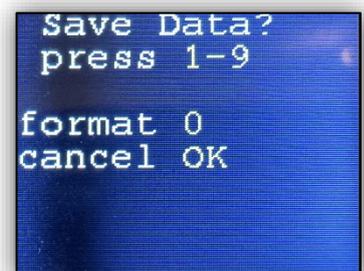
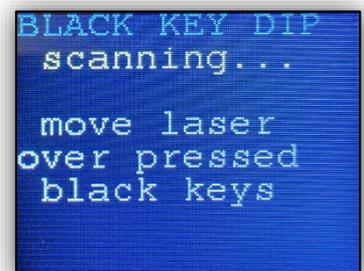
4.8 Datensatz speichern

Es stehen neun Speicherplätze für die Ablage eines vollständigen Datensatzes zur Verfügung. Dabei ist zu beachten, dass eventuell bereits vorhandene Datensätze ohne Nachfrage überschrieben werden. Der gesamte Speicher kann mit der Taste 0 neu formatiert werden; dabei werden alle gespeicherten Datensätze gelöscht. Mit der Taste OK kann der Vorgang abgebrochen und ohne Speicherung fortgefahren werden.

Wird eine Zahlentaste zwischen 1 und 9 gedrückt, werden alle aufgezeichneten Daten fest im Speicher des Geräts abgelegt. Diese stehen auch nach längerer Zeit wieder zur Verfügung, indem sie mit derselben Nummer erneut geladen werden. Auf diese Weise lässt sich ein Instrument über mehrere Arbeitsschritte hinweg vermessen. Beispielsweise kann zunächst die Klaviatur in einem Flügel gemessen werden. Danach wird das Gerät ausgeschaltet, die Mechanik in Ruhe entnommen und auf der Werkbank aufgebaut. Nach dem Abschrauben der Mechanik von der Klaviatur kann das Gerät erneut eingeschaltet, der entsprechende Datensatz wieder geladen und mit der Korrektur der Tasten fortgefahren werden.

Nach dem Speichern erscheint kurz eine Meldung, dass der Datensatz erfolgreich gesichert wurde und nun per WLAN zum Download bereitsteht. Dies bedeutet, dass der Datensatz mit der speziellen Excel-Arbeitsmappe (beim Kauf mitgeliefert oder vom Webserver herunterladbar) in Excel geladen und dort weiter analysiert werden kann. In dieser Arbeitsmappe lassen sich die Abweichungen komfortabel in einem großen Diagramm darstellen und auf Knopfdruck Grafiken erzeugen, die die benötigten Papierscheiben für jeden Ton farblich visualisieren. Details dazu finden sich später im Kapitel „Datensatz in Excel analysieren“.

Im Anschluss erscheint der Startbildschirm zum Justieren bzw. Korrigieren der Tastenhöhen und des Tastentiefgangs.



4.9 Messwerte abrufen: Klaviatur geradelegen / Tiefgang korrigieren

Nach dem Laden eines vorhandenen Datensatzes oder nach Beendigung eines Messvorganges gelangt man zum Startbildschirm zum Justieren bzw. Korrigieren der Tastenhöhen und des Tastentiefgangs. Abhängig davon, welche Messreihen bereits aufgezeichnet wurden, erscheinen die entsprechenden Menüpunkte hell (falls vorhanden) oder dunkel (falls nicht vorhanden). Zu diesem Bildschirm gelangt man auch, wenn nach Aufruf der Hauptfunktion „key level“ aus dem Hauptmenü ein Datensatz geladen wird.

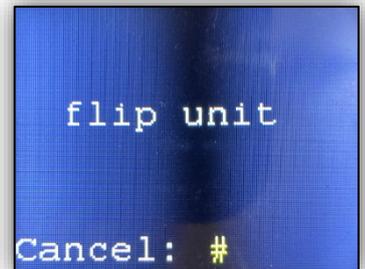
An dieser Stelle besteht jederzeit die Möglichkeit, mit der Sterntaste (*) das Tastenverhältnis von weißen und schwarzen Tasten zu ändern (siehe Kapitel „Tastenverhältnis messen“). Mit den Zahlentasten 1–6 können die verfügbaren Funktionen aufgerufen werden, die im Folgenden genauer beschrieben sind. Mit der OK-Taste gelangt man zurück zum Hauptmenü.



4.9.1 WHITE LIVE (Live-Messung weiße Tasten)

Mit der Taste 1 auf der IR-Fernbedienung gelangt man in die Funktion WHITE LIVE.

Wird diese Funktion aufgerufen, während das Gerät noch umgedreht auf der Führungsschiene aufgesetzt ist, also im Bereich der schwarzen Tasten, erscheint erneut die Meldung, das Gerät zu drehen, sodass der Sensor vor der Führungsschiene sitzt (flip unit).



Anschließend wird der Laserspot genau mittig auf die Taste A0 geschoben und mit OK bestätigt. Danach ist die Funktion aktiv. Nun werden die Tastenhöhen der weißen Tasten live gemessen und die Abweichungen zur zuvor vom Techniker festgelegten Referenzkurve angezeigt. Wurde beispielsweise festgelegt, dass die Tasten 20 mm über der Schlossleiste (oder 65 mm über dem Stuhlboden) liegen sollen, bei einem Tilt von 0 mm (also absolut gerade), so werden die Abweichungen jeder einzelnen gemessenen Taste in Bezug auf diese ideale Gerade angezeigt.

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Funktion angezeigten Messwerte beziehen sich auf die Referenzkurven, die zuvor aufgezeichnet und gespeichert wurden und zwar bei exakt gleicher Position der Führungsschiene auf dem Korpus sowie identischer Absenkung und Stellung des Sensorarms.

Wurde die Führungsschiene zwischenzeitlich abgenommen und später erneut aufgesetzt (möglicherweise an einer minimal anderen Position) oder der Sensorarm leicht verstellt, muss der Sensor zwingend auf die zuvor aufgezeichnete Messung neu kalibriert werden.

Dazu wird die Funktion WHITE LVL mit der Taste 2 aufgerufen. Anschließend fährt man auf eine der ersten Tasten, bei der eine Abweichung angezeigt wird, da hier der exakte Messwert sichtbar ist. Bei Tasten, bei denen „OK“ angezeigt wird, kann die Abweichung zwar dennoch zwischen -0,03 mm und +0,03 mm liegen, dies wäre jedoch nicht hilfreich für die Kalibrierung. Nun wird der Sensorarm so nachjustiert, dass im LIVE-Modus (IR-Taste 1) derselbe Messwert angezeigt wird wie im WHITE LVL-Modus (IR-Taste 2). Dies wird an einer Taste im mittleren und im oberen Bereich wiederholt.

Wenn die angezeigten Live-Werte mit den aufgezeichneten Werten möglichst genau übereinstimmen, ist die Kalibrierung abgeschlossen und die Live-Werte können verwendet werden. Optimal ist es jedoch, die Live-Funktion direkt im Anschluss an die Messung der Klaviatur aufzurufen und zu verwenden, ohne Führungsschiene oder Sensorarm zu verstellen.

Wenn die Taste nicht gedrückt ist, wird der Messwert für die Tastenhöhe angezeigt (LVL DISC). Negative Werte (Orange dargestellt) bedeuten, dass die Taste zu tief liegt. In diesem Fall müssen Papierscheiben unterlegt werden. Welche Scheiben dafür erforderlich sind, wird direkt unten grafisch angezeigt.

Positive Werte (Magenta dargestellt) zeigen an, dass die Taste zu hoch liegt. In diesem Fall müssen Scheiben entfernt oder Material vom Tastenholz abgetragen werden.



Das Gerät kann beiseitegeschoben werden, um die Korrektur an der Taste vorzunehmen. Anschließend wird der Sensor wieder auf die soeben korrigierte Taste gefahren und der Messwert erneut kontrolliert.

Sobald die Taste niedergedrückt wird, springt die Anzeige um und der Wert für den Tasten-Tiefgang wird angezeigt (DIP DISC). Hier werden sowohl der absolute Tiefgang als auch die Abweichung zum Sollwert dargestellt. Liegt die Abweichung zwischen $-0,03$ und $+0,03$ mm, wird der Wert weiß, also neutral, angezeigt.

Oben bei TARGET DIP erscheint der aktuelle Referenzwert für den Tastentiefgang. Wurde der Tiefgang zuvor gemessen, zeigt das Gerät hier stets den ermittelten Wert an. Ist ein tilt größer als 0 vorhanden, verändern sich die Werte nach oben oder unten, je weiter der Sensor entlang der Klaviatur nach oben bewegt wird. Wurde der Tiefgang nicht gemessen, erscheint hier ein fester Standardwert, der mit den Pfeiltasten (hoch/runter) angepasst und anschließend als Referenz verwendet werden kann.

CURVE zeigt die Krümmung der Referenzkurve bei der aktuell angefahrenen Taste an. Dies ist nur relevant, wenn die Klaviatur im CURVED-Modus eingemessen wurde (siehe Kapitel „Messung beginnen“).

Mit der Stern-Taste (STORE-Funktion) besteht jederzeit die Möglichkeit, den zuvor gemessenen, aufgezeichneten und gespeicherten Messwert, der im WHITE-LVL- oder WHITE-DIP-Modus angezeigt wird, durch den aktuellen LIVE-Messwert zu überschreiben.

Auf diese Weise können nach und nach alle Tasten mit Hilfe des LIVE-Modus korrigiert werden für diejenigen, die diese Vorgehensweise bevorzugen. So ist bei jeder Taste eine präzise Kontrolle möglich. Es lässt sich genau nachvollziehen, wie sich der Messwert verändert, wenn Tasten unterlegt oder Scheiben entfernt werden.

Eine andere Methode, alle Tasten auf einmal zu unterlegen, kann mit den Funktionen WHITE-LVL / WHITE-DIP bzw. BLACK-LVL / BLACK-DIP durchgeführt werden. Dabei werden die Tasten entweder vollständig oder abschnittsweise aus dem Klaviaturrahmen entnommen und die Scheiben unterlegt. Bei einer Flügelklaviatur wird hierfür die Mechanik zum Korrigieren abgeschraubt. Diese Funktionen werden später noch im Detail beschrieben.

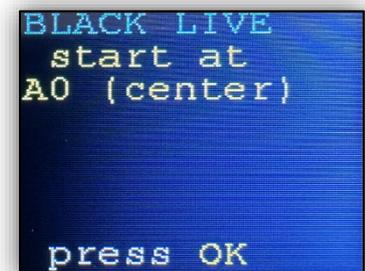
4.9.2 BLACK LIVE (Live-Messung schwarze Tasten)

Mit der IR-Taste 4 wird der LIVE-Modus für die schwarzen Tasten aufgerufen. Befindet sich der Sensor noch im Bereich der weißen Tasten, also vor der Führungsschiene, erscheint die Aufforderung, das Gerät zu drehen. Anschließend wird der Laserspot mittig auf die Taste A0 positioniert und mit OK bestätigt.

Nun können alle schwarzen Tasten gemessen werden. Diese Funktion arbeitet analog zur zuvor beschriebenen Funktion WHITE-LIVE für die weißen Tasten.

Hinweis: Schwarze Tasten werden in einem Bereich von ± 4 mm um das Zentrum der Taste erkannt. Sollte die Erkennung etwas nach rechts oder links verschoben sein, d.h. die schwarze Taste wird zu früh oder zu spät erkannt, kann mit der Raute-Taste (#) der freie Modus aktiviert werden. In diesem Modus kann der Sensor frei verschoben werden. Dazu fährt man zunächst an die Stelle, an der die schwarze Taste im Display erkannt wird, drückt die Raute-Taste, verschiebt den Sensor an die korrekte Position (ca. 4 mm links von der Mitte der schwarzen Taste) und bestätigt erneut mit der Raute-Taste.

Dieses Verhalten tritt insbesondere dann auf, wenn beim Aktivieren der BLACK-LIVE-Funktion der Laser nicht exakt mittig auf der Taste A0 positioniert war.



4.9.3 WHITE LVL / WHITE DIP / BLACK LVL / BLACK DIP (Gemessene aufgezeichnete Messwerte abrufen)

Diese Funktionen werden mit den IR-Tasten 2 (WHITE LVL), 3 (WHITE DIP), 5 (BLACK LVL) oder 6 (BLACK DIP) aufgerufen. Sie zeigen die zuvor gemessenen, aufgezeichneten und gegebenenfalls gespeicherten Messwerte an, also die Abweichungen zur festgelegten Referenzkurve.

Befindet sich der Sensor noch nicht auf der richtigen Seite der Führungsschiene (Vorderseite für weiße Tasten, Rückseite für schwarze Tasten), erscheint erneut die Meldung „flip unit“, hier wird genauso verfahren, wie bereits zuvor beschrieben.

Beim Überfahren der Tasten wird oben die Bezeichnung des aktuell angefahrenen Tons angezeigt, z. B. „A0“, „G5“ oder „F#3“. Wird der Sensor über den Bereich der Klaviatur hinaus nach links oder rechts bewegt, erscheint die Meldung OUT OF RANGE.

Rechts neben der Tonbezeichnung werden je nach Abweichung kleine Pfeile eingeblendet: nach oben (Magenta) oder nach unten (Orange).

Pfeile nach oben bedeuten, dass die Taste höher liegt als die gewünschte Referenzkurve (LVL-Funktionen), also zu hoch ist und nach unten korrigiert werden muss. Im DIP-Modus zeigen Pfeile nach oben an, dass der Tastentiefgang geringer ist als die Referenz, also zu wenig Tiefgang vorhanden ist. Zur Korrektur müssen Scheiben entnommen oder Material vom Tastenholz abgetragen werden.

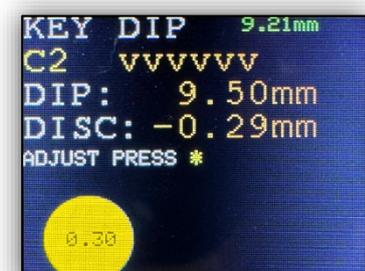
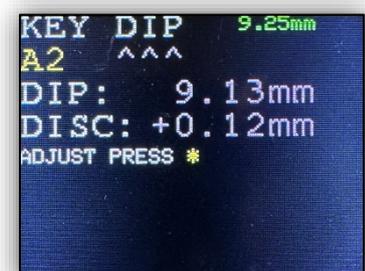
Pfeile nach unten bedeuten analog, dass die Taste tiefer liegt als die Referenzkurve. Im LVL-Modus ist die Taste also zu tief und muss nach oben korrigiert werden. Im DIP-Modus zeigen Pfeile nach unten an, dass der Tastentiefgang größer ist als die Referenz, also zu viel Tiefgang vorhanden ist. Zur Korrektur müssen Papierscheiben unterlegt werden. Die jeweils erforderlichen Scheiben werden im unteren Bereich des Displays angezeigt.

Negative Werte werden in Orange dargestellt, ebenso wie die Pfeile nach unten. Positive Werte erscheinen in Magenta, entsprechend den Pfeilen nach oben. Befindet sich der Messwert innerhalb des Bereichs $\pm 0,03$ zur Referenz, wird „OK“ angezeigt und es ist keine Korrektur erforderlich.

Je mehr Pfeile angezeigt werden, desto größer ist die Abweichung vom Referenzwert.

In den DIP-Funktionen wird zusätzlich oben in Grün der für die aktuelle Taste gültige Referenzwert des Tastentiefgangs angezeigt. Dieser Wert kann sich von Taste zu Taste unterscheiden, wenn ein tilt > 0 vorliegt; andernfalls ist er selbstverständlich überall konstant.

Der Sensor kann sehr schnell über die Klaviatur bewegt werden, wobei im Display sofort erkennbar ist, welche Tasten zu hoch oder zu tief liegen (LVL-Funktionen) bzw. wo der Tastentiefgang zu gering oder zu groß ist (DIP-Funktionen). Die exakten Messwerte und die vorgeschlagenen Scheibenkombinationen werden jedoch erst angezeigt, wenn der Sensor angehalten wird.



ADJUST-MODUS:

Mit der Sterntaste (*) wird der Adjust-Modus für die aktuell angefahrne Taste aktiviert. Der Lasersensor misst die momentane Höhe der Taste und setzt diesen Wert als Referenz für die im Folgenden vorgenommenen Korrekturen.

Im Display ist erkennbar, dass sich der angezeigte Messwert und die dazu passende Scheibenkombination direkt verändert, sobald die Taste leicht angehoben oder abgesenkt wird. Auf diese Weise kann die Taste korrigiert werden, indem die erforderlichen Scheiben unterlegt werden. Dazu wird der Sensor beiseitegeschoben, um die Taste herausnehmen zu können. Der Adjust-Modus bleibt für diese Taste aktiv. Sobald der Sensor wieder auf diese Taste geschoben wird, erscheint im Display unmittelbar die erreichte Änderung. Sobald die Taste keine Abweichung mehr hat, wird erneut mit der Sterntaste (*) der Adjust-Modus beendet und der Wert im Datensatz gespeichert.



Dies ist besonders hilfreich, um zu hoch stehende Tasten zu korrigieren, wenn unklar ist, welche Scheibenstärken ursprünglich untergelegt wurden oder ob überhaupt Scheiben vorhanden sind. Ist letzteres der Fall, kann bei geringfügigen Korrekturen etwas Material vom Tastenholz entfernt werden.

Bei Flügelklaviaturen werden die zu korrigierenden Tasten hinten mit einem Bleigewicht beschwert, damit sie in oberer Position stehen. Die Mechanik muss für das Unterlegen der Tasten abgeschraubt werden. Anschließend wird der Adjust-Modus aktiviert und die Taste nivelliert.

Auf diese Weise können zunächst alle zu hoch stehenden Tasten korrigiert werden. Danach werden die zu tief liegenden Tasten anhand der im Display angezeigten Scheibenkombinationen unterlegt. Es ist dabei nicht erforderlich, jede Taste einzeln im Adjust-Modus zu kontrollieren. Wenn die Arbeit sorgfältig ausgeführt wird, stimmen die Ergebnisse anschließend exakt.

Man kann hier entweder in Gruppen arbeiten und alle Tasten einer Oktave herausnehmen und unterlegen oder man entnimmt sämtliche Tasten und unterlegt alle erforderlichen Tasten auf einmal.

Typische Fehlerquellen:

Werden die alten Filzscheiben wieder verwendet, sollten diese in der gleichen Orientierung wieder aufgesteckt werden, da sonst das Messergebnis allein durch Verdrehen der Filzscheiben sich verändern könnte.

Dünne Scheiben kleben durch den Stanzvorgang gelegentlich zusammen. Statt einer Scheibe werden dann versehentlich zwei oder drei unterlegt. Nach dem Unterlegen neuer Scheiben sollten daher die Tasten am Waagebalken (LVL-Funktionen) oder vorne (DIP-Funktionen) leicht bis mäßig angedrückt und mehrmals betätigt werden. Durch Stanzgrate können Scheiben anfangs eine kleine Wulst haben, die das Messergebnis verfälscht und sich erst nach längerem Spielen setzt.

Von entscheidender Bedeutung ist außerdem die exakte Bestimmung der verfügbaren Scheibenstärken, beispielsweise mit einer digitalen Schieblehre. Häufig weichen die tatsächlichen Maße von den Nennwerten ab. In einem Fall waren die grünen Scheiben nicht 0,12 mm, sondern 0,15 mm stark. Die rosa Scheiben maßen 0,19 mm statt der angegebenen 0,20 mm. Diese Kontrolle sollte einmalig durchgeführt werden. Die Werte für Waagebalken und Tiefgang können in den Geräteeinstellungen hinterlegt werden (siehe Kapitel „Papierscheiben-Stärken festlegen / ändern“).

WICHTIGER HINWEIS:

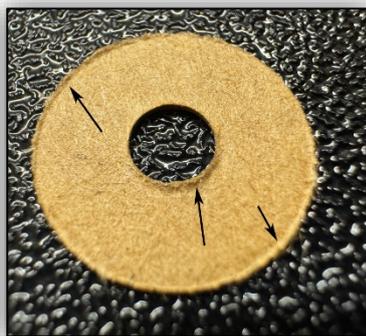
Im Adjust-Modus werden nur relative Änderungen angezeigt, also wie stark sich die Höhe im Vergleich zum vorherigen Messwert verändert. Dieses Verfahren ist sehr präzise. Die absolute Höhe unterscheidet sich zwar geringfügig, wenn ein Bleigewicht hinten an der Taste hängt, im Vergleich zur aufgeschraubten Mechanik, da die Belastung unterschiedlich wirkt. Für die Arbeit ist dies jedoch unerheblich, da ausschließlich die relative Änderung zum zuvor korrekt ermittelten Messwert benötigt wird (z. B. bei einem Flügel mit eingeschobener Mechanik und angeschraubten Backenklötzen).

4.10 Papierscheiben Stärken festlegen / ändern

Im Hauptmenü wird der Punkt „settings“ ausgewählt. Daraufhin gelangt man in das Settings-Menü und wählt mit der IR-Taste 4 den Menüpunkt „punchings“. Hier öffnet sich ein Untermenü, in dem die Scheibenstärken jeweils für den Waagebalken und den Vorderdruck festgelegt werden können (IR-Taste 1 oder 2).

Innerhalb des Dialogs bewegt man sich mit den Pfeiltasten hoch/runter zur nächsten Scheibenposition. Mit den Pfeiltasten rechts/links kann der aktuell ausgewählte Wert verändert werden.

Es empfiehlt sich, bei jeder Scheibenstärke mehrere Scheiben mit einer digitalen Schieblehre genau nachzumessen. Innerhalb einer Charge sind die Werte zwar meist recht konstant, können jedoch vom angegebenen Sollwert abweichen. So kann es vorkommen, dass grüne Scheiben mit einem Sollwert von 0,12 mm tatsächlich 0,15 mm messen.



Beim Messen ist darauf zu achten, dass die Wulst vom Stanzvorgang den Messwert nicht verfälscht; die Scheiben sollten daher vor dem Messen leicht geglättet werden, z. B. mit einer kleinen Walze. Auch der Messdruck der Schieblehre darf weder zu stark noch zu schwach sein, sondern muss mit Gefühl erfolgen, um den tatsächlichen Wert zu ermitteln. Wegen der Wulst vom Stanzvorgang ist es besonders wichtig, die Scheiben später beim Geradelegen fest an den Waagebalken anzudrücken, damit die Wulst sofort beseitigt wird. Wird

eine Scheibe mit Wulst untergelegt und die Taste nur locker auf den Stift gesetzt, ohne sie fest anzudrücken, steht die Taste vorne zunächst etwas höher. Erst nach längerem Spielen setzt sich die Scheibe und die Taste kommt tiefer. Dadurch entsteht nachträglich zusätzlicher Aufwand, da die gesamte Klaviatur erneut nivelliert werden muss.

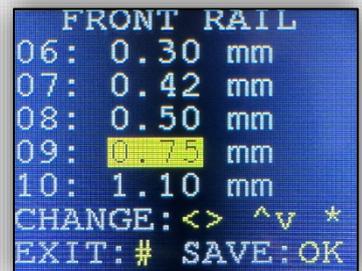
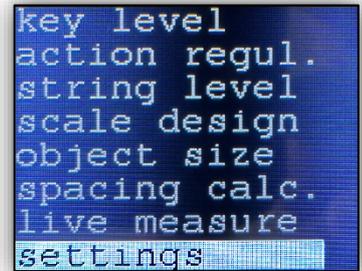
Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass die Papierscheiben trocken gelagert werden. Hohe Luftfeuchtigkeit beeinflusst die Stärke der Scheiben. Es empfiehlt sich daher, kleine Silicagel-Päckchen in den Aufbewahrungsbehältern zu platzieren. Diese nehmen überschüssige Feuchtigkeit auf, halten die Scheiben trocken und stabilisieren ihre Maße.

Stellt sich später beim Geradelegen heraus, dass mit einer bestimmten Scheibenstärke trotz korrekt hinterlegtem Tastenverhältnis regelmäßig zu hohe oder zu niedrige Werte auftreten, sollten die Scheibenwerte entsprechend angepasst werden.

Mit der Taste OK werden alle Werte fest im Gerät gespeichert und stehen beim nächsten Einschalten wieder zur Verfügung.

Wichtiger Hinweis:

Ältere Datensätze der Messreihen für Tastenhöhe und Tastentiefgang behalten stets die zu diesem Zeitpunkt im Gerät hinterlegten Papierstärken. Beim Speichern eines Datensatzes werden also immer auch die aktuell eingestellten Scheibenstärken mitgesichert. Diese Werte werden später exakt so wieder geladen, auch wenn sie zwischenzeitlich geändert wurden.



BALANCE-RAIL-PUNCHINGS									
0,05	0,08	0,15	0,19	0,25	0,30	0,42	0,58	0,75	1,25

FRONT-RAIL-PUNCHINGS												
0,05	0,08	0,15	0,19	0,25	0,30	0,42	0,50	0,75	1,10	1,25	1,50	2,00

4.11 Tastenverhältnis messen

Immer wenn die Funktion „key level“ aufgerufen wird, unabhängig davon, ob ein vorhandener Datensatz geladen oder eine neue Messung gestartet wird, besteht die Möglichkeit, das Tastenverhältnis anzupassen.

Die aktuell im Gerät hinterlegten Werte, getrennt für weiße und schwarze Tasten, werden angezeigt und können mit den Pfeiltasten editiert werden. Damit anhand der gemessenen Abweichung an der Vorderseite der Taste die benötigte Scheibenstärke berechnet werden kann, ist das Tastenverhältnis erforderlich. Es definiert sich aus Hinterlänge / Gesamtlänge.

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Hinterlänge}}{\text{Gesamtlänge}}$$

Hinterlänge: Abstand vom hinteren Auflagepunkt der Taste (mittig auf dem Rahmenstreifen) bis zur Bohrung für den Waagebalkenstift.

Gesamtlänge: Abstand vom hinteren Auflagepunkt bis zur Messposition vorne an der Taste (dort, wo der Laserspot die Tastenhöhe misst).

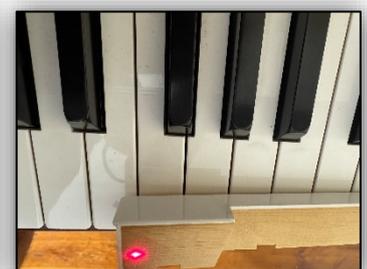
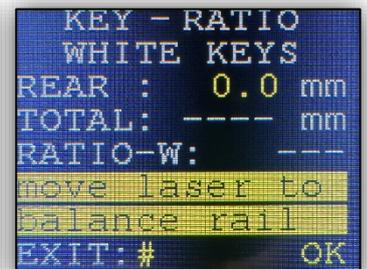
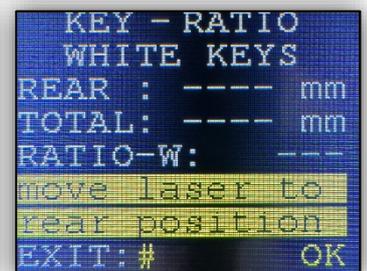
Dieses Verhältnis hat weniger Einfluss, als man vermuten würde. Selbst mit einem Standardwert von 0,42 - der für die meisten Instrumente näherungsweise passt - werden die Scheiben bereits recht genau berechnet. Wer jedoch höchste Präzision wünscht, misst das Tastenverhältnis entweder manuell mit einem Bandmaß und trägt den berechneten Wert direkt im Menü ein, oder nutzt die komfortable Mess-Funktion „measure keys“.

Hierzu wird im Menü der entsprechende Eintrag mit den Pfeiltasten ausgewählt. Eine möglichst gerade, nicht gekröpfte Taste wird vorne auf die Klaviatur gelegt, sodass mit dem Laser nacheinander drei Punkte angefahren werden können:

Schritt 1: Hinten: Auflagepunkt der Taste auf dem Rahmenstreifen (mittig). Der Laserspot wird dorthin positioniert und mit OK bestätigt. Das Display zeigt nun 0,00 mm (Position genullt).

Schritt 2: Mitte: Bohrung für den Waagebalkenstift. Der Laserspot wird mittig auf die Bohrung gesetzt und mit OK bestätigt. Das Display zeigt die Hinterlänge (REAR).

Schritt 3: Vorne: Messposition vorne an der Taste, dort, wo beim Einmessen die Tastenhöhe erfasst wird. Nach dem Positionieren des Lasers vorne wird die Gesamtlänge (total) angezeigt.



Das resultierende Tastenverhältnis (RATIO_W) wird automatisch berechnet und ebenfalls im Display angezeigt. Mit OK wird der Wert übernommen. Anschließend wird derselbe Ablauf für eine schwarze Taste wiederholt. Meist liegt das Tastenverhältnis der schwarzen Tasten etwas höher als das der weißen.

Mit der Sterntaste (*) können die eingestellten Werte als Standardwerte in den Geräteeinstellungen gespeichert werden. Diese Standardwerte werden nach jedem Neustart automatisch verwendet. Wird jedoch ein bereits gespeicherter Datensatz geladen, werden selbstverständlich die Werte wiederhergestellt, die zum Zeitpunkt des Speicherns dieses Datensatzes hinterlegt waren.

Mit der Taste OK wird der Dialog beendet.



4.12 Datensatz in Excel analysieren

Nachdem ein neuer Datensatz gemessen und gespeichert oder ein vorhandener Datensatz geladen wurde, erscheint die Meldung, dass die Daten via WIFI verfügbar sind. Diese können über eine WLAN-Verbindung an eine Excel-Tabelle übertragen werden.

Die Messergebnisse lassen sich dort in Diagrammen visualisieren und weiterverarbeiten. Zusätzlich können Grafiken erstellt werden, die für jeden Ton oktavweise die benötigten Papierscheiben farbige darstellen.

Diese Grafiken können beispielsweise per Screenshot auf ein Smartphone oder Tablet übertragen werden und stehen damit direkt in der Werkstatt am Instrument zur Verfügung.



4.12.1 Herstellen der WiFi-Verbindung

Die Verbindung zwischen Gerät und Computer kann auf zwei Arten hergestellt werden:

Verbindung über ein bestehendes Heimnetzwerk (NORMAL WIFI MODE):

Beim Start verbindet sich das Gerät automatisch mit dem vorhandenen WLAN.

Die einmalige Ersteinrichtung mit Eingabe des WLAN-Passworts ist im Kapitel „Verbinden mit Haus-WLAN“ beschrieben. Anschließend muss lediglich der PC oder Laptop, auf dem die Excel-Tabelle ausgeführt wird, mit demselben WLAN verbunden sein.



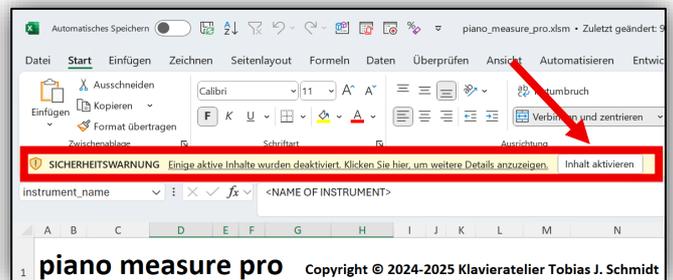
Direktverbindung ohne Heimnetzwerk (DIRECT SOFT AP):

Steht kein WLAN-Netz zur Verfügung, kann eine direkte Verbindung zwischen Gerät und PC/Laptop aufgebaut werden. Unter Windows öffnet man dazu die WLAN-Einstellungen über das Symbol in der Taskleiste und ruft die Netzwerkliste auf. Unter MacOS öffnet man das WLAN-Menü über die Menüleiste oben rechts auf dem Bildschirm. In beiden Fällen erscheint das Gerät als „piano-measure-pro“ (Gerät 1 mit Sensor 1) oder „piano-measure-pro-2“ (Gerät 2 mit Sensor 2).

Nach Auswahl des entsprechenden Netzwerks ist der PC direkt mit dem Gerät verbunden, und die Daten können wie im folgenden Kapitel beschrieben übertragen werden.

4.12.2 Daten vom Gerät abrufen

Nachdem die Excel-Arbeitsmappe geöffnet wurde, muss sichergestellt sein, dass die Makro-Funktionalität aktiviert ist. Beim Öffnen der Datei in Excel erscheint in der Regel eine gelbe Meldungleiste mit der Option „Inhalt aktivieren“. Diese Option muss bestätigt werden, da sonst keine Datenübertragung möglich ist. Falls diese Meldung nicht erscheint, sind die Makros wahrscheinlich komplett deaktiviert. Diese können in den Excel-Einstellungen (Menü Datei > Optionen > TrustCenter > Makroeinstellungen) aktiviert werden. Danach muss Excel neu gestartet werden, damit die Änderungen aktiv werden.



Auf dem Tabellenblatt „DATA“ befindet sich oben rechts eine Auswahlbox. Dort wird eingestellt, ob Gerät 1 oder Gerät 2 über das Heim-WLAN verbunden ist (NORMAL WIFI MODE 1 oder NORMAL WIFI MODE 2). Falls eine direkte Verbindung zwischen PC und Gerät genutzt wird, ist DIRECT (SOFT AP) auszuwählen.

Bei Klick auf die Schaltfläche „LOAD“ wird anschließend wird der komplette Datensatz automatisch in die Excel-Tabelle geladen. Sollte der Ladevorgang beim ersten Versuch nicht erfolgreich sein, kann der Vorgang einfach wiederholt werden.

NOTE	KEY LVL	KEY DEP	NOTE	KEY LVL	KEY DEP	NOTE	KEY LVL	KEY DEP	LVL-DISC	DIP-DISC	NOTE	KEY LVL	KEY DEP	LVL-DISC	DIP-DISC
88 C8	0,00	0,00	88 C8	0,00	0,00	88 C8	0,00	0,00	0,00	0,00	88 C8	0,00	0,00	0,00	0,00
87 B7	0,00	0,00	87 B7	0,00	0,00	87 B7	0,00	0,00	0,00	0,00	87 B7	0,00	0,00	0,00	0,00
85 A7	0,00	0,00	85 A7	0,00	0,00	85 A7	0,00	0,00	0,00	0,00	85 A7	0,00	0,00	0,00	0,00
79 D7	0,00	0,00	79 D7	0,00	0,00	79 D7	0,00	0,00	0,00	0,00	79 D7	0,00	0,00	0,00	0,00
84 G#7	0,00	0,00	84 G#7	0,00	0,00	84 G#7	0,00	0,00	0,00	0,00	84 G#7	0,00	0,00	0,00	0,00
83 F#7	0,00	0,00	83 F#7	0,00	0,00	83 F#7	0,00	0,00	0,00	0,00	83 F#7	0,00	0,00	0,00	0,00
82 F#7	0,00	0,00	82 F#7	0,00	0,00	82 F#7	0,00	0,00	0,00	0,00	82 F#7	0,00	0,00	0,00	0,00
81 F7	0,00	0,00	81 F7	0,00	0,00	81 F7	0,00	0,00	0,00	0,00	81 F7	0,00	0,00	0,00	0,00
80 E7	0,00	0,00	80 E7	0,00	0,00	80 E7	0,00	0,00	0,00	0,00	80 E7	0,00	0,00	0,00	0,00
79 D#7	0,00	0,00	79 D#7	0,00	0,00	79 D#7	0,00	0,00	0,00	0,00	79 D#7	0,00	0,00	0,00	0,00
77 C7	0,00	0,00	77 C7	0,00	0,00	77 C7	0,00	0,00	0,00	0,00	77 C7	0,00	0,00	0,00	0,00
76 C7	0,00	0,00	76 C7	0,00	0,00	76 C7	0,00	0,00	0,00	0,00	76 C7	0,00	0,00	0,00	0,00
75 B6	0,00	0,00	75 B6	0,00	0,00	75 B6	0,00	0,00	0,00	0,00	75 B6	0,00	0,00	0,00	0,00
74 A6	0,00	0,00	74 A6	0,00	0,00	74 A6	0,00	0,00	0,00	0,00	74 A6	0,00	0,00	0,00	0,00
73 A6	0,00	0,00	73 A6	0,00	0,00	73 A6	0,00	0,00	0,00	0,00	73 A6	0,00	0,00	0,00	0,00
72 G#6	0,00	0,00	72 G#6	0,00	0,00	72 G#6	0,00	0,00	0,00	0,00	72 G#6	0,00	0,00	0,00	0,00
70 F#6	0,00	0,00	70 F#6	0,00	0,00	70 F#6	0,00	0,00	0,00	0,00	70 F#6	0,00	0,00	0,00	0,00
69 F6	0,00	0,00	69 F6	0,00	0,00	69 F6	0,00	0,00	0,00	0,00	69 F6	0,00	0,00	0,00	0,00
68 E6	0,00	0,00	68 E6	0,00	0,00	68 E6	0,00	0,00	0,00	0,00	68 E6	0,00	0,00	0,00	0,00
67 D#6	0,00	0,00	67 D#6	0,00	0,00	67 D#6	0,00	0,00	0,00	0,00	67 D#6	0,00	0,00	0,00	0,00
65 C#6	0,00	0,00	65 C#6	0,00	0,00	65 C#6	0,00	0,00	0,00	0,00	65 C#6	0,00	0,00	0,00	0,00
63 B5	0,00	0,00	63 B5	0,00	0,00	63 B5	0,00	0,00	0,00	0,00	63 B5	0,00	0,00	0,00	0,00
62 A5	0,00	0,00	62 A5	0,00	0,00	62 A5	0,00	0,00	0,00	0,00	62 A5	0,00	0,00	0,00	0,00
61 A5	0,00	0,00	61 A5	0,00	0,00	61 A5	0,00	0,00	0,00	0,00	61 A5	0,00	0,00	0,00	0,00
60 G#5	0,00	0,00	60 G#5	0,00	0,00	60 G#5	0,00	0,00	0,00	0,00	60 G#5	0,00	0,00	0,00	0,00
59 G5	0,00	0,00	59 G5	0,00	0,00	59 G5	0,00	0,00	0,00	0,00	59 G5	0,00	0,00	0,00	0,00
58 F#5	0,00	0,00	58 F#5	0,00	0,00	58 F#5	0,00	0,00	0,00	0,00	58 F#5	0,00	0,00	0,00	0,00
57 F5	0,00	0,00	57 F5	0,00	0,00	57 F5	0,00	0,00	0,00	0,00	57 F5	0,00	0,00	0,00	0,00
56 E5	0,00	0,00	56 E5	0,00	0,00	56 E5	0,00	0,00	0,00	0,00	56 E5	0,00	0,00	0,00	0,00
55 D#5	0,00	0,00	55 D#5	0,00	0,00	55 D#5	0,00	0,00	0,00	0,00	55 D#5	0,00	0,00	0,00	0,00
54 D5	0,00	0,00	54 D5	0,00	0,00	54 D5	0,00	0,00	0,00	0,00	54 D5	0,00	0,00	0,00	0,00
53 C#5	0,00	0,00	53 C#5	0,00	0,00	53 C#5	0,00	0,00	0,00	0,00	53 C#5	0,00	0,00	0,00	0,00
52 C5	0,00	0,00	52 C5	0,00	0,00	52 C5	0,00	0,00	0,00	0,00	52 C5	0,00	0,00	0,00	0,00
51 B4	0,00	0,00	51 B4	0,00	0,00	51 B4	0,00	0,00	0,00	0,00	51 B4	0,00	0,00	0,00	0,00
49 A4	0,00	0,00	49 A4	0,00	0,00	49 A4	0,00	0,00	0,00	0,00	49 A4	0,00	0,00	0,00	0,00
47 G#4	0,00	0,00	47 G#4	0,00	0,00	47 G#4	0,00	0,00	0,00	0,00	47 G#4	0,00	0,00	0,00	0,00
45 F#4	0,00	0,00	45 F#4	0,00	0,00	45 F#4	0,00	0,00	0,00	0,00	45 F#4	0,00	0,00	0,00	0,00
44 F4	0,00	0,00	44 F4	0,00	0,00	44 F4	0,00	0,00	0,00	0,00	44 F4	0,00	0,00	0,00	0,00
43 E4	0,00	0,00	43 E4	0,00	0,00	43 E4	0,00	0,00	0,00	0,00	43 E4	0,00	0,00	0,00	0,00
42 D#4	0,00	0,00	42 D#4	0,00	0,00	42 D#4	0,00	0,00	0,00	0,00	42 D#4	0,00	0,00	0,00	0,00
42 C#4	0,00	0,00	42 C#4	0,00	0,00	42 C#4	0,00	0,00	0,00	0,00	42 C#4	0,00	0,00	0,00	0,00
39 B3	0,00	0,00	39 B3	0,00	0,00	39 B3	0,00	0,00	0,00	0,00	39 B3	0,00	0,00	0,00	0,00
37 A3	0,00	0,00	37 A3	0,00	0,00	37 A3	0,00	0,00	0,00	0,00	37 A3	0,00	0,00	0,00	0,00
35 G#3	0,00	0,00	35 G#3	0,00	0,00	35 G#3	0,00	0,00	0,00	0,00	35 G#3	0,00	0,00	0,00	0,00
33 F#3	0,00	0,00	33 F#3	0,00	0,00	33 F#3	0,00	0,00	0,00	0,00	33 F#3	0,00	0,00	0,00	0,00
32 F3	0,00	0,00	32 F3	0,00	0,00	32 F3	0,00	0,00	0,00	0,00	32 F3	0,00	0,00	0,00	0,00
31 E3	0,00	0,00	31 E3	0,00	0,00	31 E3	0,00	0,00	0,00	0,00	31 E3	0,00	0,00	0,00	0,00
30 D#3	0,00	0,00	30 D#3	0,00	0,00	30 D#3	0,00	0,00	0,00	0,00	30 D#3	0,00	0,00	0,00	0,00
29 D3	0,00	0,00	29 D3	0,00	0,00	29 D3	0,00	0,00	0,00	0,00	29 D3	0,00	0,00	0,00	0,00
28 C#3	0,00	0,00	28 C#3	0,00	0,00	28 C#3	0,00	0,00	0,00	0,00	28 C#3	0,00	0,00	0,00	0,00
26 A2	0,00	0,00	26 A2	0,00	0,00	26 A2	0,00	0,00	0,00	0,00	26 A2	0,00	0,00	0,00	0,00
24 G#2	0,00	0,00	24 G#2	0,00	0,00	24 G#2	0,00	0,00	0,00	0,00	24 G#2	0,00	0,00	0,00	0,00
24 G2	0,00	0,00	24 G2	0,00	0,00	24 G2	0,00	0,00	0,00	0,00	24 G2	0,00	0,00	0,00	0,00
23 F#2	0,00	0,00	23 F#2	0,00	0,00	23 F#2	0,00	0,00	0,00	0,00	23 F#2	0,00	0,00	0,00	0,00
22 F2	0,00	0,00	22 F2	0,00	0,00	22 F2	0,00	0,00	0,00	0,00	22 F2	0,00	0,00	0,00	0,00
21 E2	0,00	0,00	21 E2	0,00	0,00	21 E2	0,00	0,00	0,00	0,00	21 E2	0,00	0,00	0,00	0,00
20 D#2	0,00	0,00	20 D#2	0,00	0,00	20 D#2	0,00	0,00	0,00	0,00	20 D#2	0,00	0,00	0,00	0,00
19 D2	0,00	0,00	19 D2	0,00	0,00	19 D2	0,00	0,00	0,00	0,00	19 D2	0,00	0,00	0,00	0,00
18 C#2	0,00	0,00	18 C#2	0,00	0,00	18 C#2	0,00	0,00	0,00	0,00	18 C#2	0,00	0,00	0,00	0,00
17 C2	0,00	0,00	17 C2	0,00	0,00	17 C2	0,00	0,00	0,00	0,00	17 C2	0,00	0,00	0,00	0,00
16 B1	0,00	0,00	16 B1	0,00	0,00	16 B1	0,00	0,00	0,00	0,00	16 B1	0,00	0,00	0,00	0,00
14 A1	0,00	0,00	14 A1	0,00	0,00	14 A1	0,00	0,00	0,00	0,00	14 A1	0,00	0,00	0,00	0,00
12 G#1	0,00	0,00	12 G#1	0,00	0,00	12 G#1	0,00	0,00</							

4.12.3 Tabellenblatt „DATA“

Nach dem Laden der Messdaten werden diese im Tabellenblatt „DATA“ in Tabellenform dargestellt.

- Abweichungen nach unten (Tasten zu tief oder Tastentiefgang zu groß) werden mit roten Balken markiert.
- Abweichungen nach oben (Tasten zu hoch oder Tastentiefgang zu gering) werden mit gelben Balken markiert.

In den linken Spalten werden die Abweichungen in Mikrometern (1/1000 mm) dargestellt.

Ein Wert von -294 bei „D7“ bedeutet beispielsweise eine Abweichung von -0,294 mm nach unten; die Taste ist also zu tief.

Bei einem WHITE KEY RATIO von 0,42 ergibt sich daraus eine rechnerisch benötigte Scheibenstärke von 0,123 mm. Diese müsste unterlegt werden, damit die Taste vorne um 0,294 mm angehoben wird und exakt auf der Referenzkurve liegt.

piano measure pro Copyright © 2024-2025 Klavieratelier Tobias J. Schmidt NORMAL WIFI MODE 1

INSTRUMENT: August Förster 275

WHITE KEYS (flat) HGT (mm) 19,1 10,0 TILT (mm) 0,4 0,1

BLACK KEYS (flat) HGT (mm) 11,9 9,2 TILT (mm) 0,3 0,1

WHITE KEY RATIO: 0,420 BLACK KEY RATIO: 0,450

LOAD CALC CLEAR

TOO LOW (mm)						TOO HIGH (mm)					
NOTE	KEY LVL (µm)	KEY DIP (µm)	LVL-DISC	DIP-DISC		NOTE	KEY LVL (µm)	KEY DIP (µm)	LVL-DISC	DIP-DISC	
88 C8	6	219	0,00	0,00		88 C8	0,01	0,22	0,00	0,00	0,22
87 B7	38	22	0,00	0,00		87 B7	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
85 A7	-46	-42	0,01	0,00		86 A#7					0,11
83 G7	64	238	0,05	0,04		85 A7					0,00
81 F7	11	-32	0,00	0,00		84 G#7					0,15
80 E7	-26	-147	0,00	0,00		83 G7					0,24
78 D7	-294	78	0,29	0,00		82 F#7					0,20
76 C7	-1	-161	0,00	0,03		81 F7	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
75 B6	-123	233	0,03	0,15		80 E7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73 A6	-7	-133	0,08	0,00		79 D#7	0,00	0,12	0,00	0,00	0,12
71 G6	-157	64	0,29	0,00		78 D7	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08
69 F6	224	-168	0,03	0,00		77 C#7	0,00	0,14	0,00	0,00	0,14
68 E6	-2	91	0,00	0,16		76 C7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
66 D6	-1	-30	0,12	0,00		75 B6	0,00	0,23	0,00	0,00	0,23
64 C6	110	-244	0,18	0,00		74 A#6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63 B5	14	-137	0,01	0,13		73 A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61 A5	180	198	0,22	0,11		72 G#6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59 G5	315	170	0,16	0,00		71 G6	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06
57 F5	74	90	0,17	0,21		70 F#6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56 E5	52	10	0,00	0,17		69 F6	0,22	0,00	0,00	0,00	0,09
54 D5	-28	4	0,00	0,00		68 E6	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09
52 C5	-9	16	0,03	0,00		67 D#6	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04
51 B4	-17	187	0,00	0,03		66 D6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49 A4	71	36	0,00	0,00		65 C#6	0,26	0,02	0,00	0,00	0,12
47 G4	-11	53	0,00	0,24		64 C6	0,11	0,00	0,00	0,00	0,05
45 F4	-213	39	0,00	0,14		63 B5	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
44 E4	-259	-175	0,10	0,06		62 A#5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
42 D4	-257	-291	0,00	0,00		61 A5	0,18	0,20	0,00	0,00	0,08
40 C4	-153	-175	0,00	0,05		60 G#5	0,50	0,00	0,00	0,00	0,22
39 B3	64	-62	0,00	0,00		59 G5	0,31	0,17	0,00	0,00	0,13
37 A3	60	-154	0,00	0,00		58 F#5	0,19	0,11	0,00	0,00	0,08
35 G3	25	-42	0,00	0,00		57 F5	0,07	0,09	0,00	0,00	0,09
33 F3	144	-92	0,00	0,00		56 E5	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
32 E3	195	-77	0,00	0,22		55 D#5	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
30 D3	-59	4	0,03	0,00		54 D5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28 C3	34	-89	0,00	0,01		53 C#5	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
27 B2	-21	123	0,01	0,00		52 C5	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
25 A2	-97	-28	0,02	0,00		51 B4	0,00	0,19	0,00	0,00	0,19
23 G2	-131	24	0,00	0,00		50 A#4	0,14	0,06	0,00	0,00	0,06
21 F2	-95	76	0,00	0,00		49 A4	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00
20 E2	156	-3	0,00	0,00		48 G#4	0,03	0,23	0,00	0,00	0,23
18 D2	188	-301	0,01	0,00		47 G4	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05
16 C2	26	-27	0,01	0,00		46 F#4	0,00	0,18	0,00	0,00	0,18
15 B1	-61	7	0,21	0,00		45 F4	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
13 A1	-47	-112	0,26	0,18		44 E4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11 G1	183	175	0,04	0,03		43 D#4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9 F1	-122	86	0,26	0,29		42 D4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 E1	-20	-85	0,22	0,33		41 C#4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 D1	22	248	0,15	0,17		40 C4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 C1	-130	120	0,00	0,06		39 B3	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
3 B0	-22	256	0,00	0,00		38 A#3	0,13	0,12	0,00	0,00	0,12
1 A0	174	-69	0,00	0,15		37 A3	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
II G0			0,00	0,00		36 G#3	0,11	0,01	0,00	0,00	0,05
IV F0			0,00	0,04		35 G3	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
V E0			0,05	0,00		34 F#3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
VII D0			0,00	0,09		33 F3	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
IX C0			0,00	0,08		32 E3	0,20	0,00	0,00	0,00	0,08

DATA SCALE_DATA SCALE_BASS DIAG_DEV DIAG_WB DIAG_B DIAG_W LVL_TOO_LOW DIP_TOO_LOW LVL_TOO_HIGH DIP_TOO_HIGH PUNCHINGS +

Auf der rechten Seite befinden sich zwei Blöcke:

- „TOO LOW“ (Abweichungen in Rot)
- „TOO HIGH“ (Abweichungen in Gelb)

Dort werden die Messergebnisse aus den linken Spalten mithilfe der Tastenverhältnis-Zahlen für die weißen und schwarzen Tasten (KEY RATIO) umgerechnet und als Millimeterwerte dargestellt (LVL-DISC / DIP-DISC).

TOO LOW (mm)					TOO HIGH (mm)				
NOTE	KEY LVL	KEY DIP	LVL-DISC	DIP-DISC	NOTE	KEY LVL	KEY DIP	LVL-DISC	DIP-DISC
88 C8	0,00	0,00	0,00	0,00	88 C8	0,01	0,22	0,00	0,22
87 B7	0,00	0,00	0,00	0,00	87 B7	0,04	0,02	0,00	0,00
86 A#7	0,01	0,00	0,00	0,00	86 A#7	0,00	0,11	0,00	0,11
85 A7	0,05	0,04	0,00	0,04	85 A7	0,00	0,00	0,00	0,00
84 G#7	0,00	0,00	0,00	0,00	84 G#7	0,17	0,15	0,08	0,15
83 G7	0,00	0,00	0,00	0,00	83 G7	0,06	0,24	0,00	0,24
82 F#7	0,00	0,00	0,00	0,00	82 F#7	0,05	0,20	0,00	0,20
81 F7	0,00	0,03	0,00	0,00	81 F7	0,01	0,00	0,00	0,00
80 E7	0,03	0,15	0,00	0,15	80 E7	0,00	0,00	0,00	0,00
79 D#7	0,08	0,00	0,00	0,00	79 D#7	0,00	0,12	0,00	0,12
78 D7	0,29	0,00	0,12	0,12	78 D7	0,00	0,08	0,00	0,08
77 C#7	0,03	0,00	0,00	0,00	77 C#7	0,00	0,14	0,00	0,14
76 C7	0,00	0,16	0,00	0,16	76 C7	0,00	0,00	0,00	0,00
75 B6	0,12	0,00	0,05	0,05	75 B6	0,00	0,23	0,00	0,23
74 A#6	0,18	0,00	0,08	0,08	74 A#6	0,00	0,00	0,00	0,00
73 A6	0,01	0,13	0,00	0,13	73 A6	0,00	0,00	0,00	0,00
72 G#6	0,22	0,11	0,10	0,11	72 G#6	0,00	0,00	0,00	0,00
71 G6	0,16	0,00	0,07	0,07	71 G6	0,00	0,06	0,00	0,06
70 F#6	0,17	0,21	0,08	0,21	70 F#6	0,00	0,00	0,00	0,00
69 F6	0,00	0,17	0,00	0,17	69 F6	0,22	0,00	0,09	0,09
68 F6	0,00	0,00	0,00	0,00	68 F6	0,00	0,00	0,00	0,00

Oben links kann vom Techniker der Name des Instruments eingetragen werden. Darunter stehen die Parameter der Referenzkurven, die beim Einmessen festgelegt wurden.

In der Zeile HGT (Height) werden nacheinander angezeigt:

- Höhe der weißen Tasten über der Schlossleiste (falls gemessen), hier 19,1 mm
- Tastentiefgang der weißen Tasten, hier 10 mm
- Höhe der schwarzen Tasten über den weißen, hier 11,9 mm
- Tastentiefgang der schwarzen Tasten, hier 9,2 mm

Darunter zeigt die Zeile TILT die Schräglage der Referenzkurven. Ein Tilt von 0,4 mm in der Spalte KEY LVL (WHITE) bedeutet, dass die Referenzkurve zum Nivellieren ganz rechts um 0,4 mm tiefer liegt als ganz links. Mit bloßem Auge ist dies nicht erkennbar, reduziert jedoch den Arbeitsaufwand, verglichen mit einer Korrektur auf Tilt = 0.

INSTRUMENT: August Förster 275					
WHITE KEYS (flat)			BLACK KEYS (flat)		
HGT (mm)	19,1	10,0		11,9	9,2
TILT (mm)	0,4	0,1		0,3	0,1
NOTE	KEY LVL(μm)	KEY DIP (μm)	NOTE	KEY LVL (μm)	KEY DIP (μm)
88 C8		6	86 A#7	-13	109
87 B7		38	84 G#7	175	145
85 A7	-46	-42	82 F#7	51	202
83 G7	64	238	79 D#7	-84	115
81 F7	11	-32	77 C#7	-26	139
80 E7	-26	-147	74 A#6	-179	1
78 D7	-294	78	72 G#6	-216	-110
76 C7	-1	-161	70 F#6	-174	-208
75 B6	122	222	67 D#6	28	45

4.12.4 Tabellenblatt „DIAG_DEV“

In diesem Tabellenblatt befindet sich ein großes Diagramm, in dem die Abweichungen grafisch dargestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass die angezeigten Werte bereits mit den KEY_RATIO-Faktoren umgerechnet wurden. Sie zeigen also direkt die rechnerischen Scheibenstärken an.

- Die Tastenhöhen werden in blau dargestellt (HEIGHT).
- Die Tastentiefgang-Werte werden in orange dargestellt (KEY DIP).

Werte im Bereich zwischen -0,03 und +0,03 werden lediglich als Balken angezeigt, jedoch ohne Messwerte, da sie normalerweise nicht korrigiert werden (Toleranzbereich).

Mit den Schaltflächen unterhalb des Diagramms können verschiedene Messwerte ein- und ausgeblendet werden:

Die Messwerte der weißen Tasten lassen sich getrennt von denen der schwarzen Tasten anzeigen (Schaltfläche „WHITE ONLY“) oder umgekehrt (Schaltfläche „BLACK ONLY“) oder beides zusammen (Schaltfläche „BLACK & WHITE“).

Die Werte für die Tastenhöhen (HEIGHT) können mit der Schaltfläche „KEY LVL“ ein- oder ausgeblendet werden.

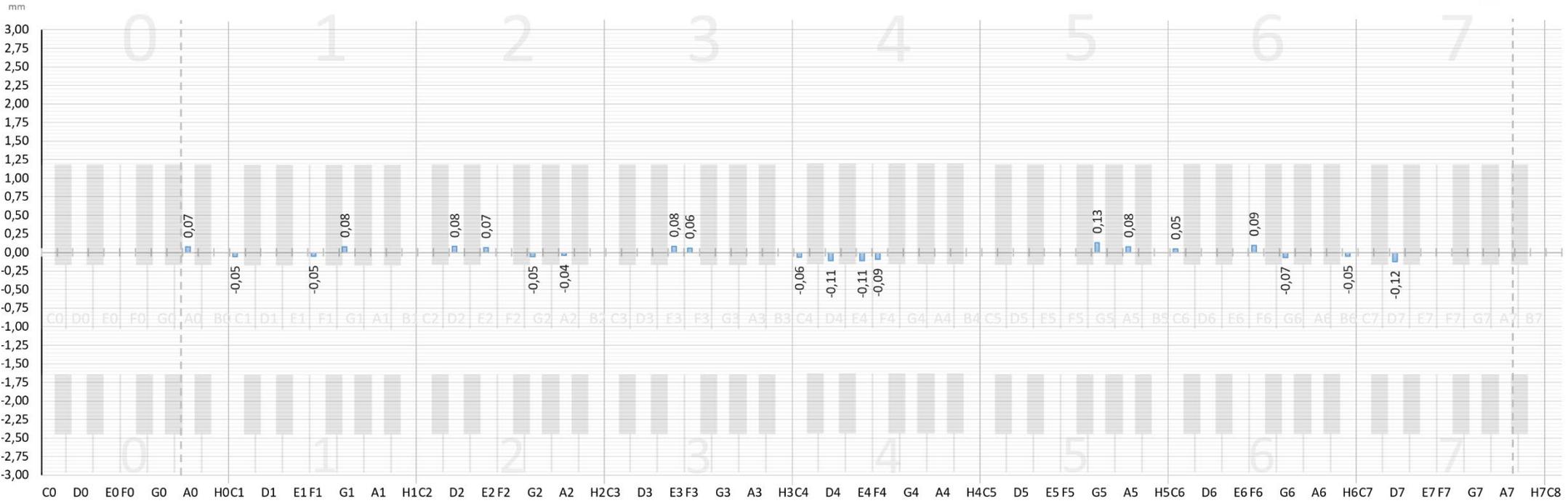
Die Werte für den Tastentiefgang können mit der Schaltfläche „KEY DIP“ ein- oder ausgeblendet werden.

Zudem kann gewählt werden, ob nur die Balken angezeigt werden oder auch die zugehörigen Messwerte (Schaltflächen „LVL NUMBERS“ und „DIP NUMBERS“).

BLACK & WHITE	WHITE ONLY	BLACK ONLY	KEY LVL	LVL NUMBERS	KEY DIP	DIP NUMBERS
---------------	------------	------------	---------	-------------	---------	-------------

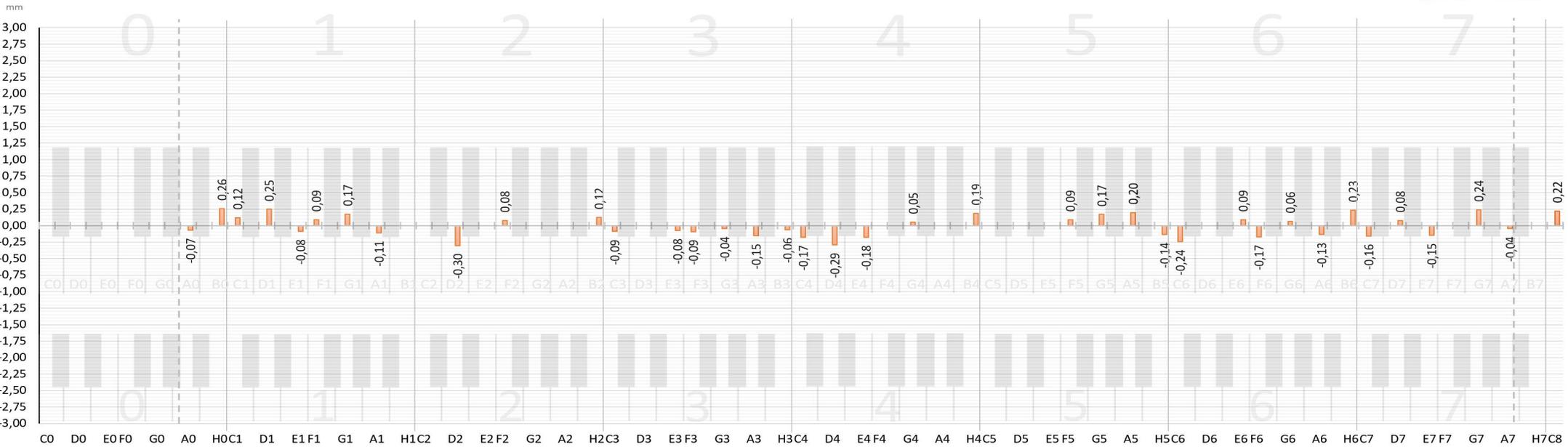
August Förster 275

KEY DIP ■ HEIGHT



August Förster 275

■ KEY DIP ■ HEIGHT

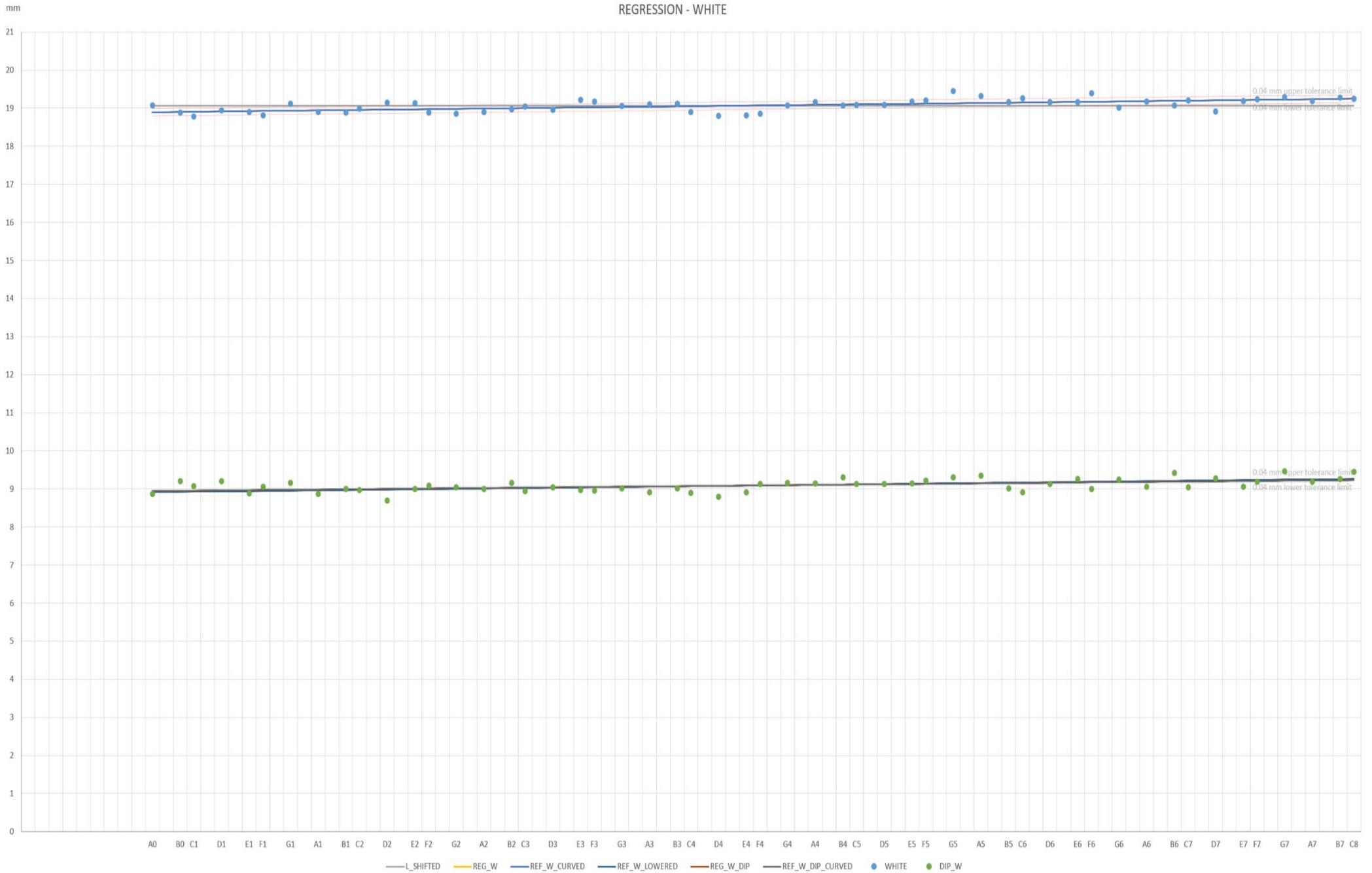


4.12.5 Tabellenblatt „DIAG_WB“

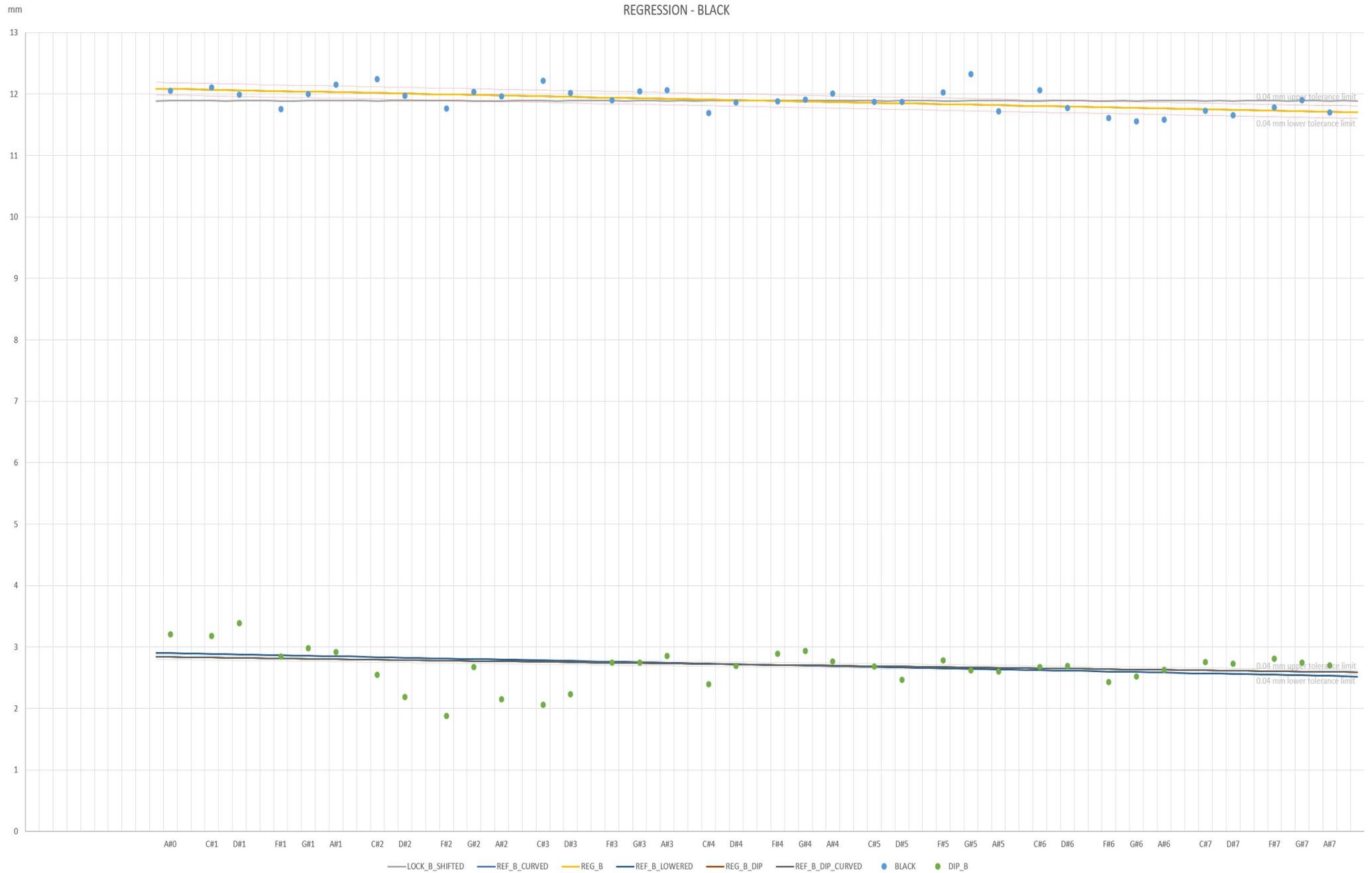
In diesem Diagramm werden alle Messwerte und Referenzkurven der weißen und schwarzen Tasten dargestellt. Gut erkennbar sind die teilweise leicht geneigten Referenzkurven (tilt > 0). Diese stellen die bestmögliche Annäherung an die vorhandenen Messwerte dar. Solange der Tilt im vertretbaren Bereich liegt, wird der Arbeitsaufwand minimiert. Auf Wunsch kann der Tilt jedoch nach Abschluss der Messungen auf 0 gesetzt werden, um eine absolut gerade Referenzkurve zu erhalten (siehe Kapitel „Messung beginnen“). **Wichtig:** Die mm-Skala bezieht sich auf die Schlossleiste, sofern beim Start die Höhe der weißen Tasten über der Schlossleiste links und rechts gemessen wurde. Die blauen Messwerte zeigen die Höhen der weißen Tasten, hier etwa bei 19-20 mm. Die dunkle Linie bei etwa 18 mm, unterhalb der Referenzkurve für die weißen Tasten (blau), zeigt die Bezugskurve der Ganztonstasten für die schwarzen Tasten im hinteren Bereich. Da die Führungsschiene beim Einmessen vermutlich nicht absolut waagrecht zur Tastenoberfläche ausgerichtet war, wurde beim Drehen des Sensors zum Messen der schwarzen Tasten für die weißen Tasten eine leicht niedrigere Höhe erfasst. Die schwarzen Tasten liegen rund 12 mm höher als diese Bezugskurve, also bei knapp 30 mm über der Schlossleiste.



4.12.6 Tabellenblatt „DIAG_W“



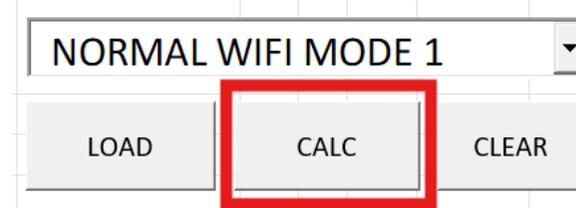
4.12.7 Tabellenblatt „DIAG_B“



4.12.8 Tabellenblätter

„LVL_TOO_LOW“ / „DIP_TOO_LOW“ / LVL_TOO_HIGH / DIP_TOO_HIGH

Nach dem Einlesen der Messdaten kann auf dem Tabellenblatt „DATA“ die Schaltfläche „CALC“ betätigt werden. Daraufhin werden automatisch vier Übersichts-Tabellen erstellt, in denen die erforderlichen Papierscheiben für jede Taste farbig dargestellt sind. Grundlage hierfür sind die im Tabellenblatt „PUNCHINGS“ hinterlegten Scheibenstärken.



Beim Laden eines Datensatzes vom Gerät werden die zum Zeitpunkt der Aufnahme gültigen Werte für die Scheibenstärken ebenfalls übernommen und in das Tabellenblatt eingetragen. Diese Werte können bei Bedarf angepasst werden;

C#0	D#0	F#0	G#0	A#0
C#1	D#1	F#1	G#1	A#1
C#2	D#2	F#2	G#2	A#2
●	●●	1 2	○ ○	● 2
C#3	D#3	F#3	G#3	A#3
● 2	2			
C#4	D#4	F#4	G#4	A#4
○ ●				
C#5	D#5	F#5	G#5	A#5
	●		○	○
C#6	D#6	F#6	G#6	A#6
		●	●	
C#7	D#7	F#7	G#7	A#7

die farbigen Tabellen lassen sich anschließend jederzeit mit einem Klick auf „CALC“ auf Basis der neuen Angaben neu berechnen.

Über die Kontrollkästchen „WHITE“ und „BLACK“ lassen sich die Darstellungen auf die weißen oder die schwarzen Tasten beschränken, was die Übersichtlichkeit deutlich verbessert. Auf diese Weise kann sich der Techniker gezielt die benötigten Scheiben für eine Teilgruppe von Tasten anzeigen lassen.

Die farbcodierten Tabellen können sehr einfach per Screenshot auf ein Smartphone oder Tablet übertragen werden. Damit stehen die Informationen direkt am Instrument zur Verfügung und erleichtern das Unterlegen der Tasten mit den passenden Scheiben.

Es gibt eine Besonderheit bei den stärkeren Scheiben: Die letzten vier Scheibenstärken der Waagebalkenscheiben und die letzten sieben Scheiben der Druckscheiben (ab 0,42 mm) werden in den Tabellen nur mit einer Ganzzahl von 1-7 dargestellt. Dadurch bleibt die Übersichtlichkeit gewahrt, da die exakten Scheibenstärken hier nicht zusätzlich angezeigt werden. Im Gerät selbst werden jedoch auch die Werte der dickeren Scheiben korrekt mit ihrer tatsächlichen Stärke dargestellt.

BALANCE-RAIL-PUNCHINGS									
0,05	0,08	0,15	0,19	0,25	0,30	0,42	0,58	0,75	1,25

FRONT-RAIL-PUNCHINGS												
0,05	0,08	0,15	0,19	0,25	0,30	0,42	0,50	0,75	1,10	1,25	1,50	2,00

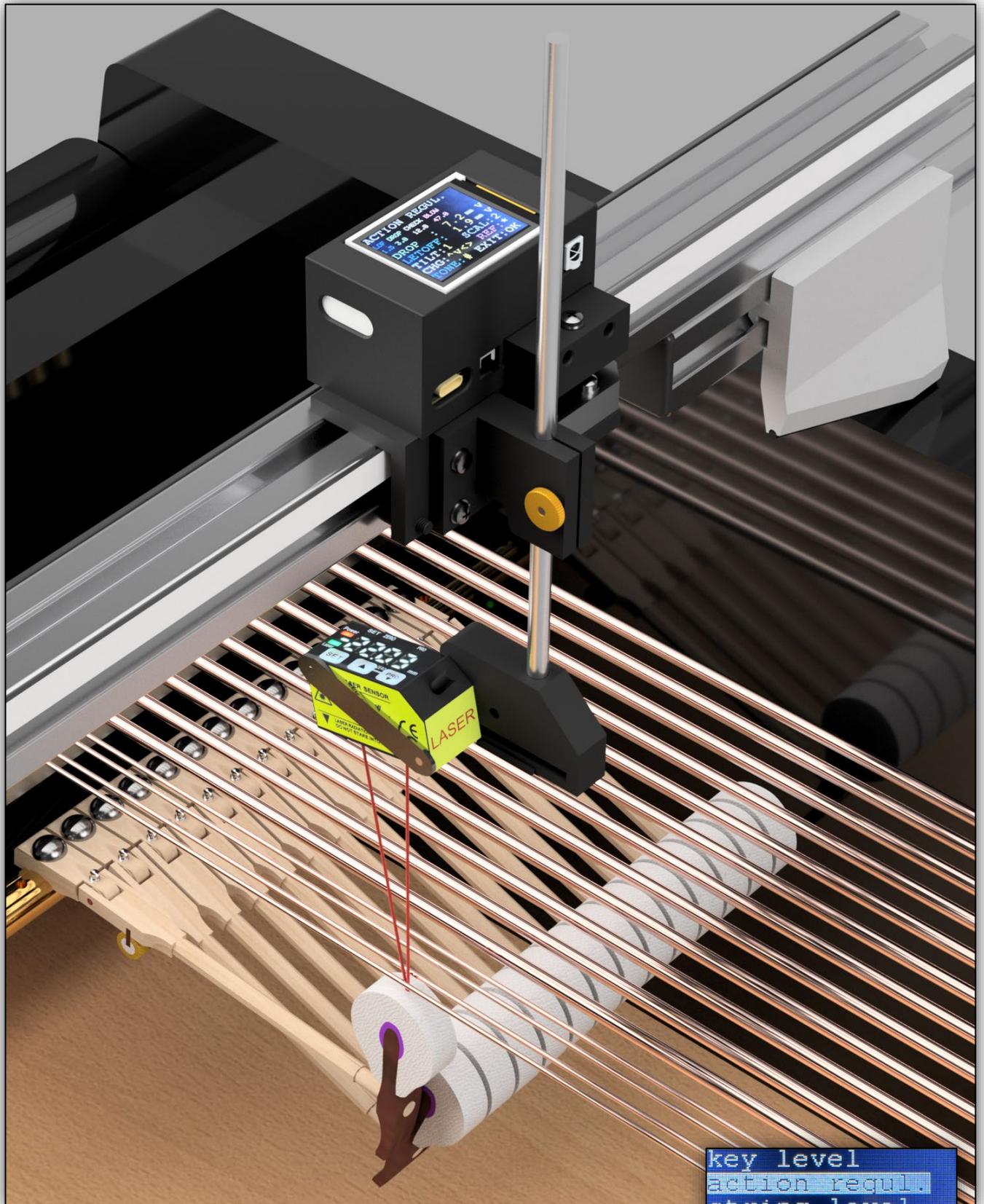
SYMBOLS												
○	○	●	●	●	●	1	2	3	4	5	6	7

C0	C#0	D0	D#0	E0	F0	F#0	G0	G#0	A0	A#0	B0	<input checked="" type="checkbox"/> WHITE	<input checked="" type="checkbox"/> BLACK
									○				
C1	C#1	D1	D#1	E1	F1	F#1	G1	G#1	A1	A#1	B1		
				○					●				
C2	C#2	D2	D#2	E2	F2	F#2	G2	G#2	A2	A#2	B2		
	●	●●	●●				1 2	○ ○		● 2			
C3	C#3	D3	D#3	E3	F3	F#3	G3	G#3	A3	A#3	B3		
○	● 2		2	○	○ ○		○		○ ○		○		
C4	C#4	D4	D#4	E4	F4	F#4	G4	G#4	A4	A#4	B4		
○ ●	○ ●	●		○ ●									
C5	C#5	D5	D#5	E5	F5	F#5	G5	G#5	A5	A#5	B5		
			●					○		○	○ ○		
C6	C#6	D6	D#6	E6	F6	F#6	G6	G#6	A6	A#6	B6		
● ●					○ ●	●		●	○ ○				
C7	C#7	D7	D#7	E7	F7	F#7	G7	G#7	A7	A#7	B7		
○ ○				○ ○	○				○				
C8													

Praxistipp:

Es empfiehlt sich, die benötigte Anzahl jeder Scheibenstärke vorab bereitzulegen. Dabei sollten Scheiben, die durch den Stanzvorgang eventuell zusammenkleben, voneinander getrennt und anschließend lose bereitgelegt werden. Auf diese Weise hat man eine gute Kontrolle: Bleiben am Ende keine Scheiben übrig bzw. fehlen keine, ist sichergestellt, dass alle Scheiben korrekt unter die Tasten gelegt wurden.

5 Funktion „action regul.“ – Flügelmechanik Regulierungs-Parameter messen und einstellen



Die Funktion „action regul.“ wird aus dem Hauptmenü ausgewählt. Nach dem Aufruf befindet sich das Gerät im speziellen Messmodus zur Erfassung und Regulierung zentraler Parameter der Flügelmechanik. Mit Hilfe des Lasersensors können die Werte für Auslösung (Letoff), Abnicken (Drop), Fang (Check) und Steighöhe (Blow) präzise ermittelt und eingestellt werden.

```
key level
action regul.
string level
scale design
object size
spacing calc.
live measure
settings
```

5.1 Referenz-Modi (STRING / HAMMER-TO-STRING)

Der Laser misst von oben den Abstand des Hammerkopfes zur Saite (Unterkante) und liefert damit die Grundlage für verschiedene Einstellgrößen beispielsweise den Abstand des Hammerkopfes in Ruhelage zur Saite (sogenannte Steighöhe).

Die Referenz, also die Unterkante der Saite, kann in zwei verschiedenen Modi ermittelt werden:

5.1.1 STRING - Modus

Der STRING-Modus wird verwendet, wenn die Dämpfung noch nicht eingebaut ist. In diesem Fall sind die Saiten im Bereich der Anschlaglinie direkt von oben zugänglich.

Der Sensor erfasst die Oberkante der Saite und korrigiert den Wert um den eingestellten Saitendurchmesser nach unten. Auf diese Weise ergibt sich die exakte Unterkante der Saite als Referenz.

Dieser Modus ist beim ersten Aufruf der Funktion „action regul.“ standardmäßig aktiv. Erkennbar ist dies daran, dass rechts oben im Display die Saitenstärke in violett angezeigt wird:

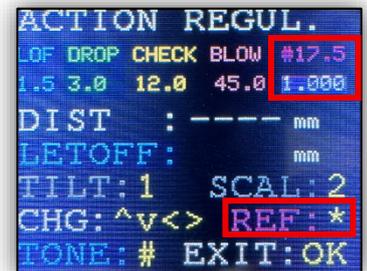
- oben die Saitennummer (#)
- darunter der exakte Saitendurchmesser in Millimetern.

Der Durchmesser kann mit den Pfeiltasten (hoch/runter) jederzeit angepasst werden, je nach Ton, der gerade gemessen wird.

Eine ungefähre Angabe reicht aus, da die Abweichungen sehr gering sind:

- Unterschied zwischen zwei Saitennummern: 0,025 mm (25 µm)
- Unterschied von vier Saitennummern: lediglich 0,1 mm (1/10 mm).

Vorteil des STRING-Modus: Beim Weiterfahren des Sensors auf den nächsten Ton wird beim Überqueren der Saiten automatisch die neue Referenz gemessen. Es genügt, den Saitendurchmesser von Zeit zu Zeit grob anzupassen. Ein Ton-Signal signalisiert, dass eine neue Referenz gemessen wird.



5.1.2 HAMMER-TO-STRING - Modus

Wenn die Dämpfung eingebaut ist, ist die direkte Messung der Saite nicht möglich, da sie von den Dämpfern verdeckt wird.

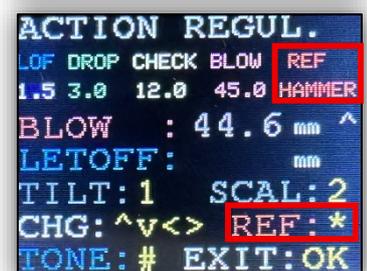
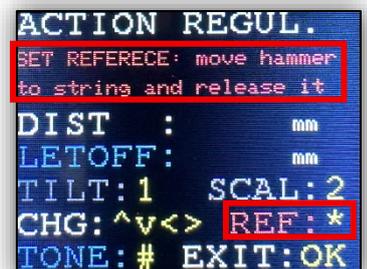
In diesem Fall wird der HAMMER-TO-STRING-Modus verwendet:

- Der Sensor misst den Hammerkopf direkt unterhalb der Saite am Scheitelpunkt.
- Dieser Messwert wird als Referenz für die Unterkante der Saite übernommen.
- Der Hammerkopf wird mit einem speziellen Werkzeug (Hammerstielheber) bis an die Saite geführt und anschließend losgelassen.

Der Wechsel zwischen beiden Modi erfolgt mit der Stern-Taste (*).

Die aktive Einstellung ist am Display erkennbar:

- STRING-Modus: Schrift „REF:“ violett, Anzeige des Saitendurchmessers.
- HAMMER-TO-STRING-Modus: Schrift „REF:“ rot, Anzeige „REF HAMMER“ (ebenfalls in rot) statt des Saitendurchmessers.



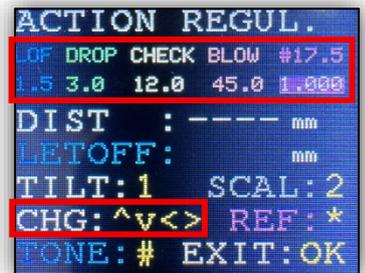
5.2 Haupt-Dialog

5.2.1 Soll-Werte der Regulierungs-Parameter

Im Haupt-Dialog können die Sollwerte der Regulierungsparameter Auslösung (Letoff), Abnicken (Drop), Fang (Check) und Steighöhe (Blow) eingestellt werden.

Mit den Pfeiltasten links/rechts wird der gewünschte Parameter ausgewählt, mit hoch/runter der jeweilige Sollwert verändert (CHG: ^v <>). Der aktuell aktivierte Wert wird invertiert dargestellt.

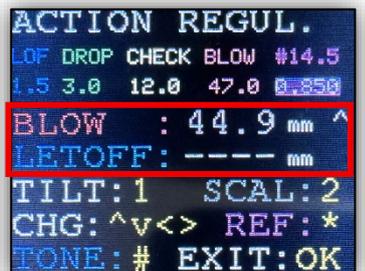
Im STRING-Modus kann zusätzlich die Saitenstärke angepasst werden. Rechts oben im Display erscheinen dann die Saitennummer (#) und darunter der exakte Saitendurchmesser in Millimetern.



5.2.2 Messwert-Anzeige

Darunter befindet sich die Anzeige der aktuellen Messwerte, also der Distanz des Hammerkopfes zur Unterkante der Saite. Sie ist in zwei Zeilen gegliedert:

- **Erste Zeile**
 - Je nach Abstand des Hammerkopfes zur Saite wechselt die Anzeige automatisch:
 - **BLOW** (Steighöhe): Distanz größer als 40 mm → Hammer in Ruhelage.
 - **DIST**: Distanz zwischen 40 mm und 25 mm → kein typischer Regulierungsbereich, reine Distanzanzeige.
 - **CHECK** (Fang): Distanz kleiner als 25 mm, aber größer als 10 mm → Hammer wird nach dem Anschlag am Fänger abgefangen. Typische Werte: 12-15 mm (herstellerabhängig).
 - **DROP** (Abnicken): Distanz kleiner als 10 mm → Hammer steigt bis kurz vor die Saite, löst dort aus und fällt dann etwas zurück auf den Repetierschenkel.
- **Zweite Zeile**
 - Hier wird **LETOFF** (Auslösung) angezeigt. Messwerte erscheinen nur, wenn der Hammerkopf langsam genug aufsteigt, damit der Auslösepunkt erfasst werden kann.
- **Abweichungsanzeige**
 - Rechts am Rand erscheinen Pfeile, die Abweichungen vom Sollwert markieren:
 - Pfeil nach unten (orange) → Messwert ist größer als der Sollwert.
 - Pfeil nach oben (magenta) → Messwert ist kleiner als der Sollwert.
 - Der Messwert selbst ist ebenfalls farblich hervorgehoben:
 - orange → Sollwert zu groß
 - magenta → Sollwert zu klein
 - weiß → Sollwert erreicht, Pfeil verschwindet.



5.3 Setup (Führungsschiene und Sensor)

Die Führungsschiene wird auf dem Flügelgehäuse (Rim) über der Anschlaglinie aufgestellt. Sie muss dabei stabil und kippelfrei aufliegen (siehe Kapitel „Ausrichten der Führungsschiene“).

Für diese Messungen kommt SENSOR 2 mit erweitertem Messbereich von 70 mm zum Einsatz (vgl. Kapitel „Laser-Distanz-Sensoren“). Die Messwerte im Display des Sensors reichen von -35 mm bis +35 mm und entsprechen damit einem absoluten Messbereich von 70 mm:

- -35 mm = größtmöglicher Abstand (am weitesten entfernt, gerade noch messbar)
- +35 mm = kleinstmöglicher Abstand (am nächsten dran, gerade noch messbar)

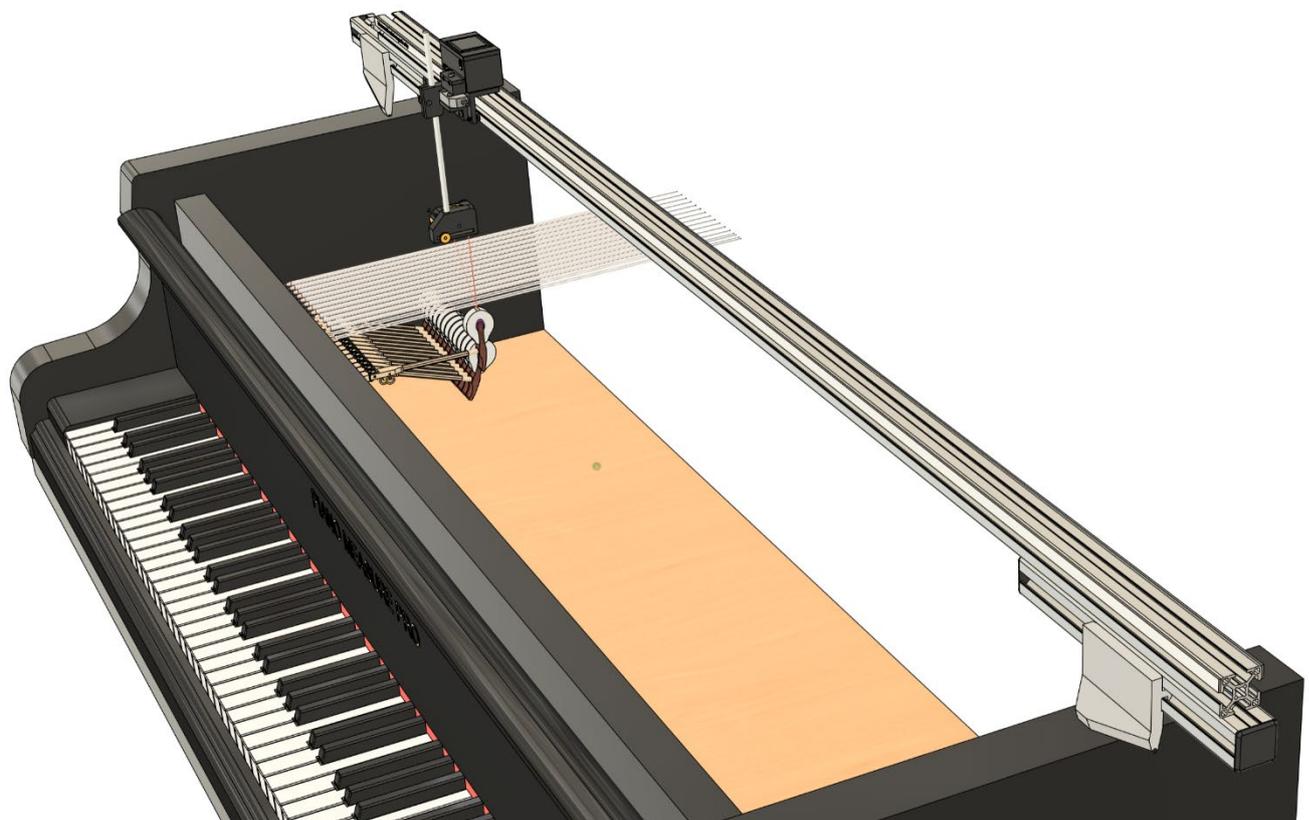
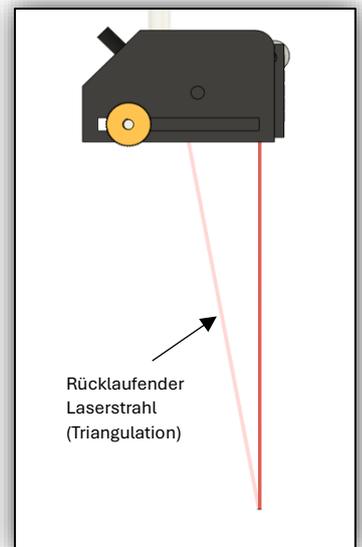
Sobald sich ein Messobjekt außerhalb dieses Bereichs befindet, erscheint im Display die Anzeige „--“. Dasselbe gilt, wenn der rücklaufende Laserstrahl nach dem Triangulationsprinzip durch ein Hindernis blockiert wird.

Der Sensorarm wird nun so weit in der Höhe abgesenkt, dass im Display des Laser-Distanz-Sensors am unteren Ende des Messbereichs (-35 mm) noch eine Reserve von 5-10 mm verbleibt. Praktisch bedeutet das, dass beim Ausrichten des Lasers auf den Scheitelpunkt eines Hammerkopfes in Ruhelage in der Mittellage ein Wert von etwa -30 bis -25 mm angezeigt werden soll.

Dabei ist zu beachten, dass die Basshämmer höher stehen als die übrigen. Es muss sichergestellt sein, dass der Sensor sowohl im Bass, in der Mittellage als auch im Diskant alle Hammerköpfe sicher erfasst, gleichzeitig aber nach oben zur Saitenebene noch ein Spielraum von mindestens 50 mm verbleibt. Die übliche Hammersteighöhe beträgt bei Flügeln etwa 47 mm (modellabhängig leicht variierend).

Kleinere Messwerte - einschließlich negativer Werte - im Display des Laser-Distanz-Sensors bedeuten stets, dass sich das Messobjekt weiter vom Sensor entfernt befindet.

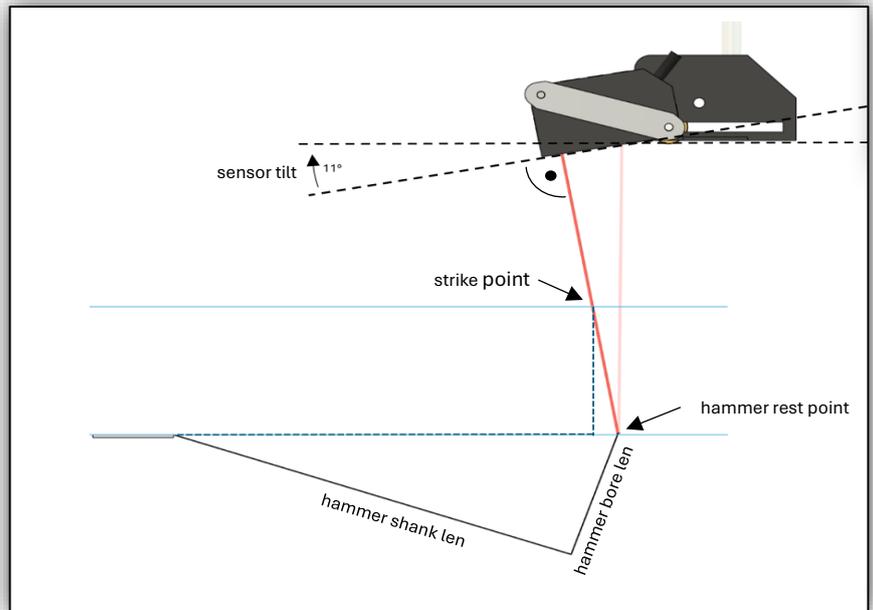
⚠ Hinweis: Das Display kann mit der IR-Taste 9 jederzeit um 180° gedreht werden, je nachdem ob das Gerät vor oder hinter der Führungsschiene aufgesetzt wird.



5.3.1 Schrägstellung des Sensors (TILT-Modus)

Steht der Lasersensor genau senkrecht zur Saitenebene und wird auf den Scheitelpunkt eines Hammerkopfes in Ruhelage ausgerichtet, ist zu beobachten, dass der Laserspot den Hammer beim Aufsteigen nicht mehr exakt am Scheitelpunkt trifft, sobald dieser die Saite berührt. Der Grund liegt darin, dass sich der Hammerkopf beim Ansteigen entlang einer Kreisbahn bewegt, die von der Länge des Hammerstiels sowie der Bohrlänge des Hammerkopfes abhängt.

Um zu erreichen, dass der Laserspot den Hammerkopf sowohl in Ruhelage als auch in der Anschlagposition genau am Scheitelpunkt trifft, muss der Sensor schräg gestellt werden.



- Befindet sich der Sensor **vor** der Führungsschiene, wird er **nach oben** geneigt.
- Befindet er sich **hinter** der Führungsschiene, wird er nach **unten geneigt**.

Die Neigung ist so lange einzustellen, bis der Spot den Hammerkopf in beiden Endlagen exakt im Scheitelpunkt trifft. Diese Einstellung muss nur einmalig durch Ausprobieren ermittelt werden und kann anschließend beibehalten werden. Sie gilt in der Regel auch für die Basshämmer mit hinreichender Genauigkeit.

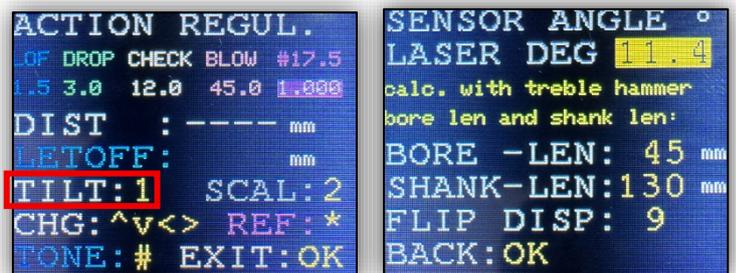
Das Schrägstellen des Sensors ist besonders dann hilfreich, wenn alle Regulierungsparameter eines Tones zeitgleich überprüft werden sollen.

In manchen Fällen ist eine Schrägstellung jedoch nicht möglich, etwa wenn Teile der Gussplatte (Gussplattenstrebe) oder andere Bauteile der akustischen Anlage des Flügels den Strahlengang behindern (oft in der oberen Mittellage / Diskant). In diesen Situationen wird der Sensor geradegestellt, und die Parameter werden nacheinander gemessen. Dies geschieht beispielsweise so:

- Zuerst wird die Steighöhe innerhalb einer Tongruppe ermittelt (Hämmer in Ruhelage).
- Anschließend wird die Auslösung geprüft, indem die Führungsschiene oder der Sensor in der Langlochführung geringfügig nach vorne oder hinten verschoben wird, bis der Laserspot den Hammerkopf in der oberen Position exakt am Scheitelpunkt trifft.

Mit der IR-Taste 1 wird der TILT-Dialog aufgerufen, in dem der Neigungswinkel des Sensors festgelegt wird. Werden die Parameter für Hammerstiel-Länge und Bohrlänge des Hammerkopfes geändert, wird automatisch der korrekte Neigungswinkel des Sensor berechnet. Alternativ kann der Winkel aber auch manuell eingestellt werden.

Der TILT-Modus ist aktiv, sobald im Hauptdialog die Schrift „TILT:“ weiß dargestellt wird. Durch erneutes Drücken der Taste 1 wird er deaktiviert; die Schrift erscheint dann grau.



Die Messung selbst erfolgt entlang der Laserachse (nicht senkrecht). Bei aktiviertem TILT-Modus werden die Messwerte automatisch anhand des eingestellten Neigungswinkels korrigiert. Dies ist erforderlich, da nur die lotrechte Komponente den tatsächlichen Abstand des Hammerkopfes zur Saitenebene widerspiegelt. Die Korrektur erfolgt nach der Cosinus-Formel. Damit ist sichergestellt, dass der Laserstrahl sowohl in der Ruhelage als auch in der Anschlagposition den Hammerkopf exakt im Scheitelpunkt trifft und die tatsächlichen Messwerte (lotrecht) angezeigt werden.

5.3.2 Messungen bei eingebauter Dämpfung

Messungen ohne eingebaute Dämpfung sind problemlos möglich, da die Hammerköpfe in diesem Fall nicht durch die Dämpfer verdeckt werden. In vielen Fällen können jedoch auch bei eingebauter Dämpfung Messungen durchgeführt werden, sofern die Abstände zwischen den Dämpfern dies zulassen.

In der Regel ist der Spalt groß genug, sodass der Laserstrahl zwischen den Dämpfern hindurch den Abstand des Hammerkopfes zur Saite erfassen kann. Voraussetzung ist allerdings, dass die Verschiebung der Mechanik aktiviert wird. Auf diese Weise werden die Hammerköpfe nach rechts verschoben und können vom Laser erfasst werden.

Um nicht ständig das Verschiebungspedal betätigen zu müssen, kann alternativ ein Keil zwischen Flügelmechanik und Anschlag links eingesetzt werden. Reicht diese Verschiebung noch nicht aus, kann zusätzlich der rechte Backenklotz entfernt werden, da dort oft die Verschiebung durch eine Anschlagschraube begrenzt wird. So lässt sich eine noch größere seitliche Bewegung der Hammerköpfe erreichen.

Im Bass- und unteren Mittellagenbereich stehen die Saiten und Dämpfer aufgrund der Bassüberkreuzung schräg. Da der Sensorarm aus einem Rundstab besteht, kann der Sensor leicht nach rechts oder links verdreht werden, um parallel zu den Saiten ausgerichtet zu bleiben.

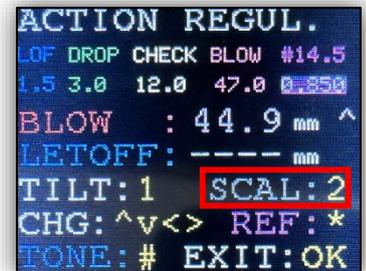
⚠ Wichtig: Die Saiten-Referenzhöhe kann bei eingebauter Dämpfung nur im „Hammer-to-String“-Modus (siehe nachfolgende Kapitel) ermittelt werden. Ein direktes Messen der Saite über dem Hammerkopf ist in diesem Fall nicht möglich, da der Dämpfer den Zugang versperrt.

5.3.3 SCAL-Modus

Im SCAL-Modus wird nicht der Hammerkopf direkt, sondern der Hammerstiel gemessen. Über eine spezielle Skalierung lässt sich daraus der äquivalente Abstand des Hammerkopfes zur Saite berechnen.

Dieser Modus ist besonders dann sinnvoll, wenn die Dämpfer sehr eng stehen oder die Dämpferfilze seitlich hervorstehen und dadurch eine direkte Messung am Hammerkopf bei eingebauter Dämpfung nicht möglich ist.

⚠ Hinweis: Diese Funktion befindet sich derzeit in der **BETA-Phase**.



5.3.4 Akustische Rückmeldung (TONE)

Beim Einstellen der Auslösung (Letoff) oder der Steighöhe (Blow) kann das Gerät eine akustische Rückmeldung ausgeben. Es ertönen dabei zwei aufeinanderfolgende Töne:

Der erste Ton ist immer gleich.

Der zweite Ton variiert in seiner Tonhöhe je nach Abweichung vom Sollwert:

- Ist der Messwert größer als der Sollwert, wird der zweite Ton zunehmend tiefer.
- Ist der Messwert kleiner als der Sollwert, wird der zweite Ton zunehmend höher.



Dies ist für den Techniker besonders hilfreich, da beim Einstellen der Auslösung an der Auslösepuppe oder der Steighöhe an der Pilote die volle Aufmerksamkeit auf die Mechanik gerichtet ist. So entfällt das ständige Hin- und Herschauen zwischen Mechanikraum und Display.

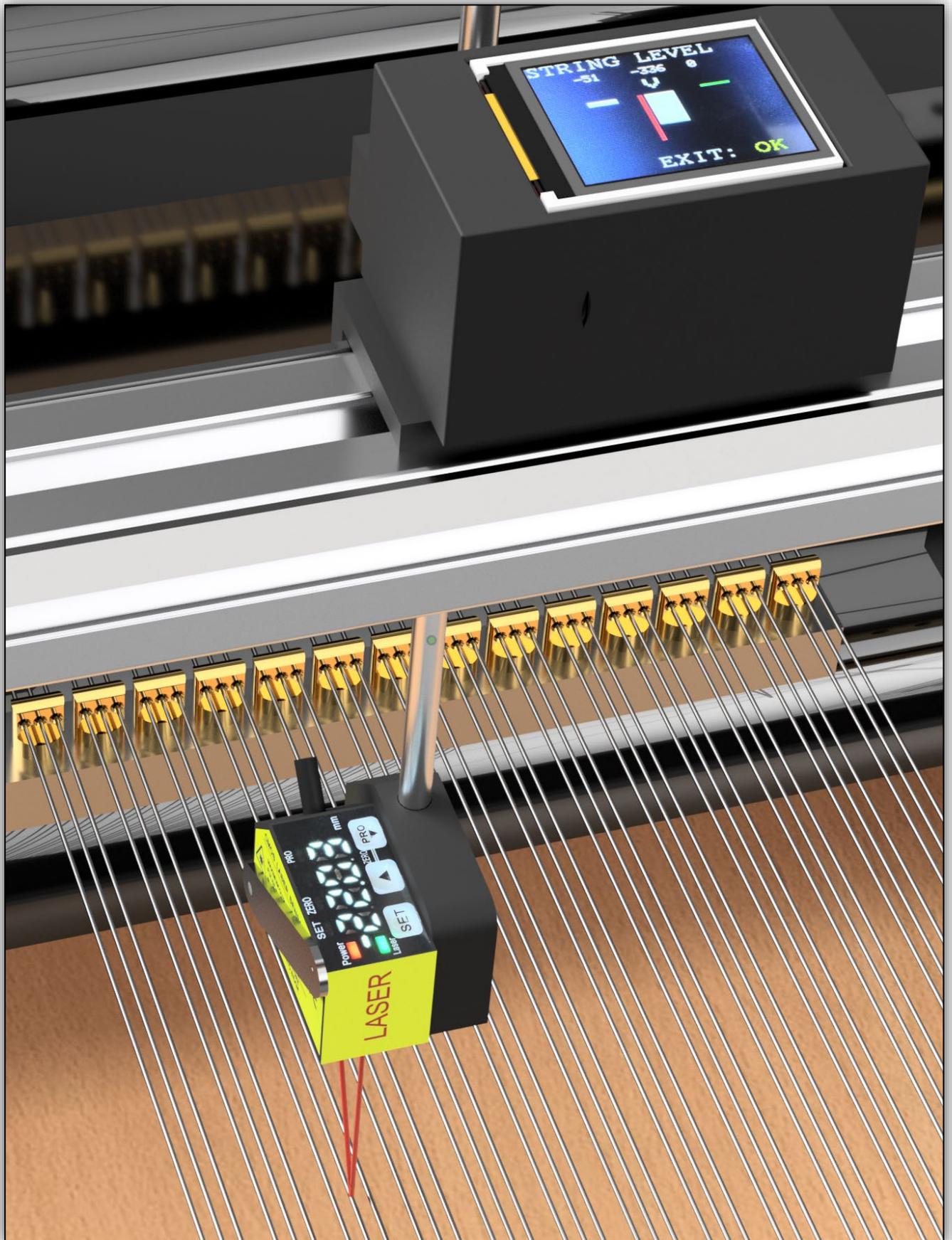
✓ Sobald beide Töne in etwa gleich hoch erklingen, entspricht der Messwert dem Sollwert.

Die akustische Rückmeldung wird über den TONE-Modus gesteuert, der mit der Raute-Taste (#) umgeschaltet wird.

- „TONE:“ blau → akustische Rückmeldung für Auslösung (Letoff)
- „TONE:“ hellrot → akustische Rückmeldung für Steighöhe (Blow)
- „TONE:“ grau → akustische Rückmeldung deaktiviert

Die Umschaltfolge lautet: blau → hellrot → grau.

6 Funktion „string level“ – Saitenhöhen richten auf Ebene



Nach Aufruf der Funktion „String Level“ gelangt man in den speziellen Messmodus zur Bestimmung der Saitenhöhen. Ziel ist es, dass alle Saiten innerhalb eines Chors exakt auf derselben Höhe liegen. Nur dann trifft der Hammerkopf beim Anschlag jede Saite mit gleicher Kraft, was für einen homogenen Klang unerlässlich ist.

⚠ Besonders nach einer Neu-Besaitung ist die Nivellierung der Saitenhöhen zwingend erforderlich. Eine präzise Anpassung des Hammer-Scheitels an den Saitenchor bildet zugleich die Voraussetzung für eine saubere Intonation der Hammerköpfe.

Vorteile der kontaktlosen Messung



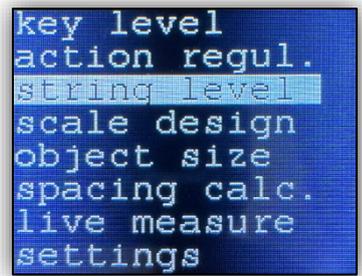
Traditionell erfolgt die Kontrolle mit einer kleinen Wasserwaage, die auf den Saitenchor aufgesetzt wird. Dabei müssen die Saiten wiederholt angezupft, die Wasserwaage abgenommen und die einzelnen Saiten korrigiert werden. Dieses zeitaufwendige Wechselspiel wiederholt sich, bis alle Saiten die Wasserwaage berühren, diese also nicht mehr kippelt und genau waagrecht steht.

Mit dem kontaktlosen Messsystem Piano Measure Pro entfallen diese Umwege.

Nach langsamem Überfahren des Saitenchors mit dem Laser zeigt das Display sofort an, welche Saite die höchste ist und welche Saiten tiefer liegen.

Die höchste Saite wird automatisch als Referenz gesetzt. Alle anderen Saiten werden relativ dazu bewertet.

Zu tief liegende Saiten müssen gezielt nach oben gerichtet werden.



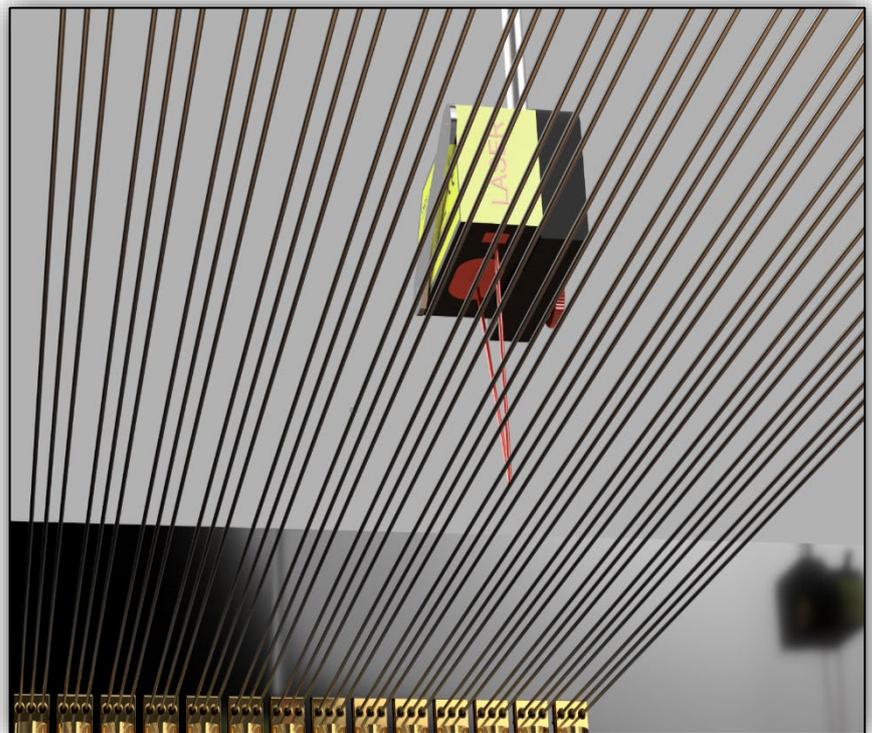
Live-Kontrolle beim Richten

Positioniert man den Laserspot anschließend genau auf die Saite, die zu tief liegt, erscheint im Display eine LIVE-Anzeige.

Während der Techniker die Saite mit dem Richtwerkzeug anhebt oder absenkt, wird die Veränderung in Echtzeit dargestellt:

- sofort erkennbar, ob die Saite noch zu tief liegt,
- ob sie bereits zu hoch gerichtet wurde,
- oder ob sie exakt die Sollhöhe erreicht hat.

Damit erhält der Techniker eine direkte grafische Rückmeldung, ohne ständig messen, korrigieren und neu prüfen zu müssen. Dies führt zu einer erheblichen Zeitersparnis, da der gesamte Chor in nur einem einzigen Arbeitsschritt perfekt nivelliert werden kann.



6.1 Setup – Führungsschiene / Sensor

Die Führungsschiene wird auf den Rim (Korpus) gestellt und so platziert, dass der Sensor die Saitenhöhen erfassen kann. Hier ist darauf zu achten, dass sowohl die ersten Saiten im Übergang von den Bass-Saiten zu den blanken Saiten als auch der letzte Chor der Mittellage korrekt gemessen werden können.

Dabei ist stets darauf zu achten, dass die Führungsschiene kippelfrei aufliegt (vgl. Kapitel „Ausrichten der Führungsschiene“).

Für die Messung ist vorzugsweise SENSOR 1 zu verwenden, da die Genauigkeit von SENSOR 2 für diese Anwendung nicht ausreicht (vgl. Kapitel „Laser Distanz Sensoren“). Eine gröbere Justierung wäre mit SENSOR 2 zwar möglich, für die präzise Fein-Nivellierung sollte jedoch der SENSOR 1 verwendet werden.

Der Sensorarm wird so weit abgesenkt, dass die Saite in etwa im Fokus des Lasers liegt, bei Sensor 1 also ca. 50 mm Abstand vom Sensor. Die Anzeige im Display des Sensors dient hierbei als Orientierung.

Die Messwerte im Display des Sensors reichen von -15 mm bis +15 mm und entsprechen damit einem absoluten Messbereich von 30 mm:

- -15 mm = größtmöglicher Abstand (am weitesten entfernt, gerade noch messbar)
- +15 mm = kleinstmöglicher Abstand (am nächsten dran, gerade noch messbar)

Sobald sich ein Messobjekt außerhalb dieses Bereichs befindet, erscheint im Display die Anzeige „---“. Dasselbe gilt, wenn der rücklaufende Laserstrahl nach dem Triangulationsprinzip durch ein Hindernis blockiert wird.

Sobald der Wert 0 plus/minus 1 mm erscheint und der Laserspot mittig auf einer Saite liegt, ist der Abstand korrekt eingestellt.

Darüber hinaus muss die Führungsschiene möglichst parallel zur Saitenebene ausgerichtet sein. Dies kann z. B. mit einem digitalen Winkelmesser (Bevelbox, Smartphone-App etc.) überprüft werden. Eine gerade Leiste (10-15 cm) auf die zu korrigierenden Saiten legen. Den Winkelmesser darauf nullen. Anschließend die Leiste auf die Führungsschiene legen und den Winkelmesser erneut aufsetzen.

Die Neigung der Schiene wird nun mit den Stützen eingestellt, die jeweils eine abgeschrägte Kante besitzen. Beide Stützen auf einer Seite werden so positioniert, dass sie mit der Schräge an der Korpuskante anliegen - so kann die Höhe exakt reguliert werden. Mit der hinteren Stütze wird zum Abschluss die Kippelfreiheit sichergestellt.

💡 Hinweis: In zukünftigen Firmware-Versionen (Software-Updates) wird eine **automatische Korrektur der Schienenneigung** integriert. Dann ist es nicht mehr erforderlich, die Führungsschiene vor Beginn der Messungen parallel zu den Saiten auszurichten - sie muss lediglich aufgesetzt werden. Diese Funktion befindet sich derzeit noch in der Beta-Phase und ist noch nicht verfügbar.

⚠️ Achtung: Unter keinen Umständen dürfen Smartphones oder Bevelboxen mit Magneten an der Unterseite direkt auf die Führungsschiene gesetzt werden. Fremdmagnete jeglicher Art sind unbedingt fernzuhalten, da sie die Magnetcodierung des Magnetbandes an der Führungsschiene beschädigen können (vgl. Kapitel „Positionsgeber (Linear Encoder und Magnetband auf der Führungsschiene“). Eine kleine Leiste ist stets als Unterlage zu verwenden, und ein Mindestabstand von 20 mm ist einzuhalten.  

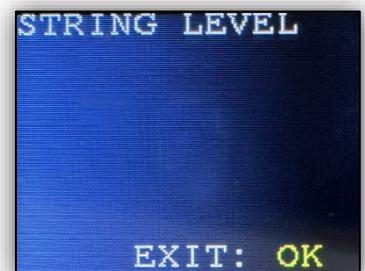
6.2 Saitenchor messen

Der Laser wird langsam über den gesamten Saitenchor geführt. Sobald der Sensor stoppt, wird das Messergebnis auf dem Display ausgegeben. Wird die Strecke nicht vollständig über den gesamten Chor ausgeführt, erscheint kein Ergebnis.

Der Sensor erkennt automatisch, ob der Chor aus zwei oder drei Saiten besteht. Nach dem Anhalten werden die **Messwerte der letzten 15 Millimeter** ausgewertet. Dabei werden die Plateaus mit ihren Maxima bestimmt. Jede Position eines Maximums wird gespeichert, da diese Daten für die anschließende Korrektur notwendig sind.

Die Messergebnisse, in der Regel von drei Saiten (bei älteren Instrumenten gelegentlich nur von zwei Saiten), erscheinen als senkrechte weiße breite Balken nebeneinander auf dem Display.

Die höchste gemessene Saite wird automatisch als Referenz gesetzt und nicht als Balken, sondern durch einen schmalen grünen Strich markiert. Die Saiten, die tiefer liegen, erscheinen als weiße Balken. Je größer die Abweichung nach unten, desto länger der Balken. Bei sehr großen Abweichungen wird der Balken maximal lang dargestellt und färbt sich rot. Über jedem Balken wird zusätzlich die jeweilige Abweichung zur Referenz in µm numerisch angezeigt.



In diesem Beispiel wird die rechte Saite als Referenz verwendet, da sie die höchste Saite im Chor ist. Sie wird durch einen schmalen grünen Strich markiert.

Die mittlere Saite liegt 0,336 mm (336 μm) tiefer als die rechte Referenzsaite. Dies wird im Display durch einen langen weißen Balken dargestellt.

Die linke Saite liegt lediglich 0,051 mm (51 μm) tiefer als die Referenz. Der Unterschied ist nur sehr gering und wird durch einen sehr kurzen weißen Balken angezeigt.



6.3 Saitenhöhe korrigieren / richten (LIVE-Anzeige)

Nach der Anzeige der Messergebnisse kann der Laser-Spot gezielt auf die zu korrigierende Saite gefahren werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Spot genau mittig auf der Saite liegt.



Die zuvor gespeicherten Positionen der Plateaus (Maxima) werden mit der aktuellen Position abgeglichen. Sobald diese einer Maxima-Position entspricht, erscheint über dem jeweiligen Balken ein kleiner Pfeil (∇). Dies signalisiert, dass der LIVE-Modus für diese Saite aktiv ist. Die Position wird dabei genullt, alle folgenden Änderungen der Saitenhöhe werden relativ zu dieser Ausgangsposition gemessen.

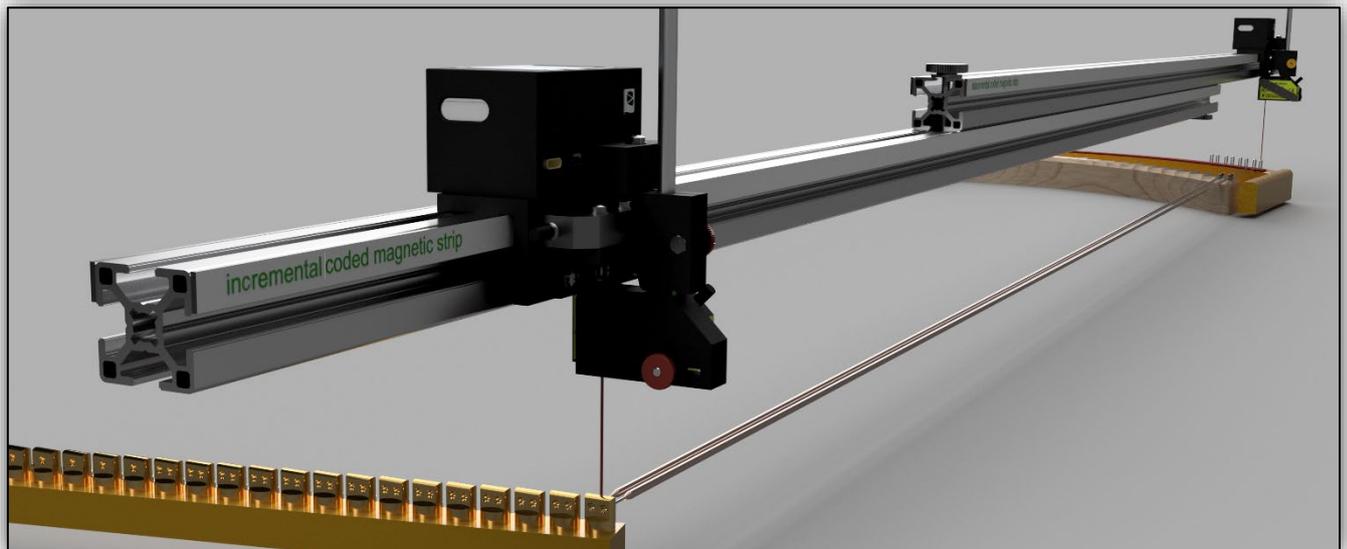
Jede Abweichung wird als schmaler gelber Strich links neben dem Hauptbalken dargestellt. So erhält der Techniker eine direkte grafische Rückmeldung, wie stark sich die Saite durch den Korrekturvorgang nach oben oder unten bewegt. Wird die Veränderung zu groß, färbt sich der gelbe Strich rot.

Die mittlere Saite in diesem Beispiel soll so weit nach oben gerichtet werden, bis der gelbe Strich genau so lang ist wie der weiße Balken. Dann entspricht die Saite der Sollhöhe. Anschließend wird die nächste zu korrigierende Saite angefahren und die gleiche Prozedur wiederholt.

Zum Abschluss wird der gesamte Saitenchor erneut gemessen, um das Ergebnis zu überprüfen.



7 Funktion „scale design“ – Messur-Vermessung / Stegdruck



Mit der Funktion „scale design“ lassen sich die Längen von Klavier-Saiten präzise vermessen. Dazu werden zwei Geräte gleichzeitig auf der Führungsschiene eingesetzt.

Da eine einzelne Führungsschiene nur eine begrenzte Länge besitzt und in der Regel nur für Klaviere oder kleinere Flügel ausreicht, können bei größeren Instrumenten, beispielsweise bei Konzertflügeln mit besonders langen Saiten, zwei Schienen miteinander gekoppelt werden. Die Schienen werden dazu verbunden und auf die benötigte Länge ausgezogen, sodass auch sehr lange Messuren erfasst werden können. Auf diese Weise ist es möglich, selbst die Saitenlängen eines Bösendorfer Imperial Konzertflügels mit 290 cm Gesamtlänge vollständig zu vermessen.

Jede Führungsschiene ist mit einem hochpräzisen Magnetband ausgestattet. Beide Geräte verfügen jeweils über einen eigenen Linear-Encoder, der die aktuelle Position auf der Schiene kontinuierlich erfasst. Der Abstand zwischen den Geräten ergibt sich somit aus der Differenz der beiden Positionswerte.

Die Kommunikation erfolgt dabei über eine eigens aufgebaute WiFi-Verbindung zwischen den beiden Geräten. Über diese drahtlose Verbindung werden die Positionsdaten laufend ausgetauscht.

Beide Geräte verfügen über einen eigenen Laser-Distanzsensor. In dieser Funktion dient der Laser-Spot in erster Linie zur präzisen Positionierung der Geräte auf den gewünschten Messpunkten. Die eigentliche Abstandsmessung des Lasers wird nur bei der später beschriebenen Stegdruck-Berechnung benötigt.

Positionierung der Geräte auf der Führungsschiene:

Die Führungsschiene wird über der zu vermessenden Saite platziert. Gerät 1 wird an der vorderen Saitenbegrenzung positioniert, also an der Agraffe oder am Kapodaster. Befinden sich zwei Führungsschienen im Einsatz, sitzt Gerät 1 in der Regel auf der unteren Schiene.

Gerät 2 wird im hinteren Bereich ausgerichtet: entweder am klangseitigen Stegstift (Ende der klingenden Länge S) oder am Anhangstift an der Gussplatte (Bestimmung der Totallänge B). Wenn zwei Führungsschienen verwendet werden, sitzt Gerät 2 üblicherweise auf der oberen Schiene.

Auf diese Weise lassen sich zwei unterschiedliche Längen bestimmen, die im Klavierbau relevant sind:

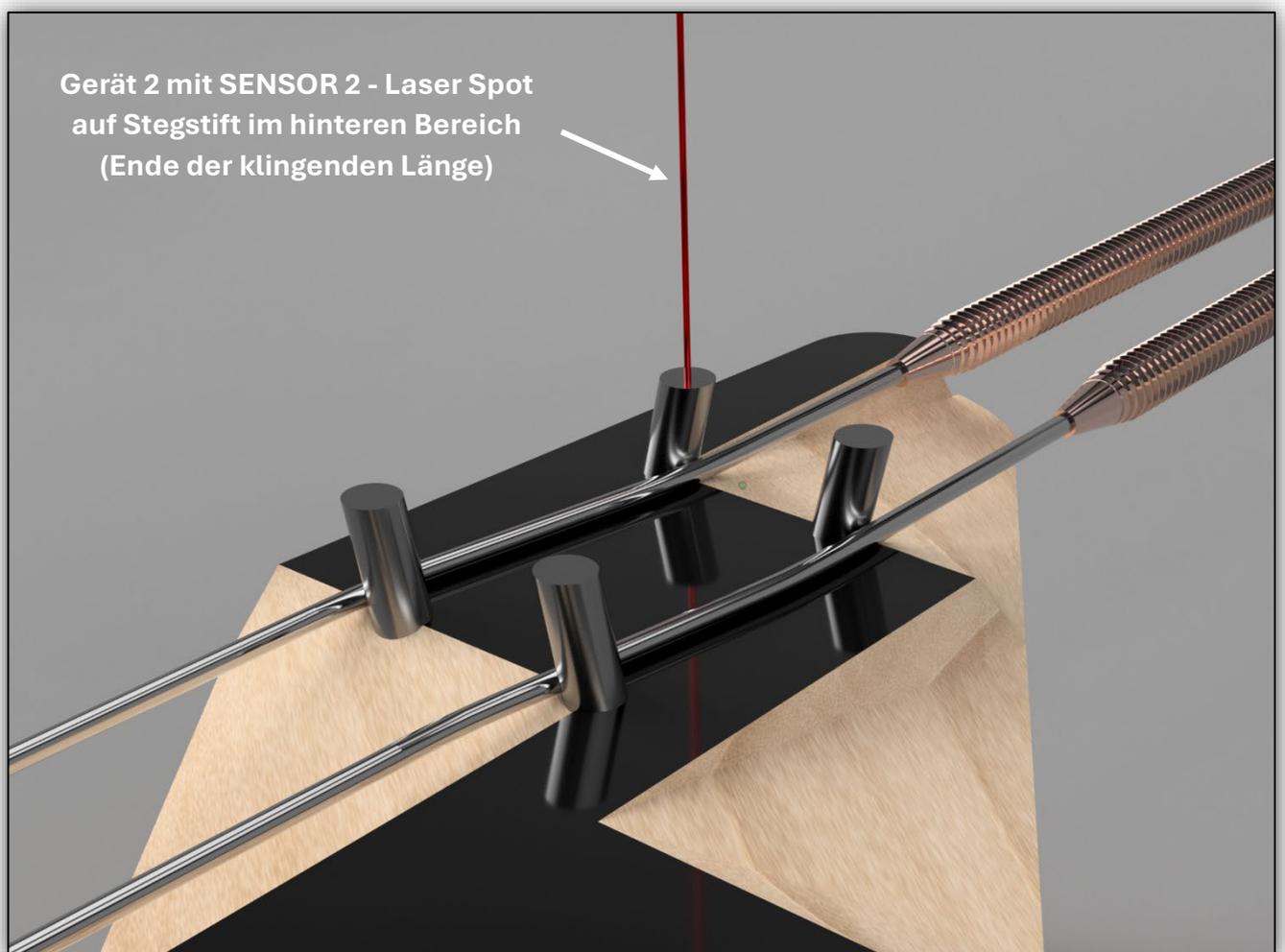
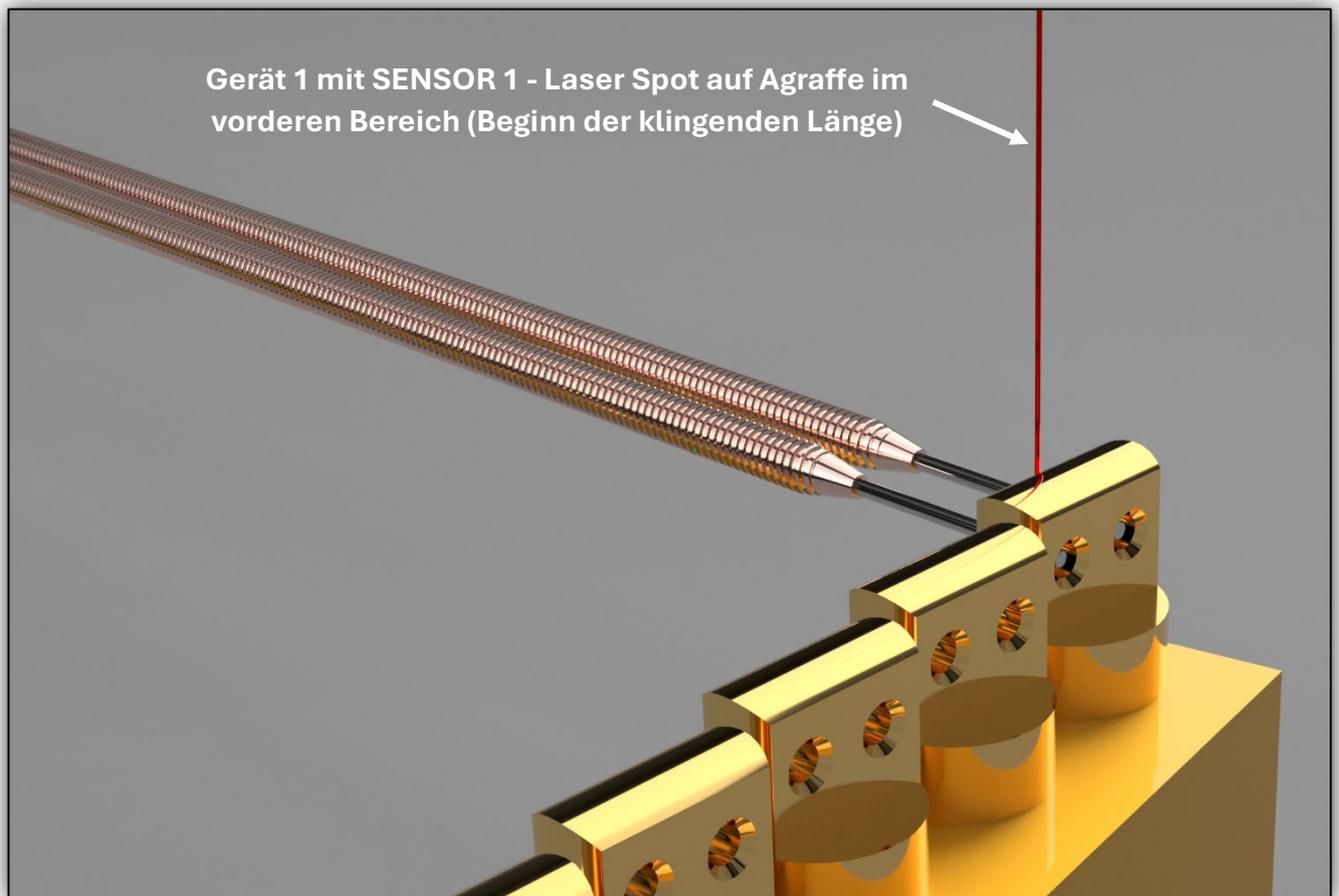
- klingende Länge - vom vorderen Auflagepunkt (z.B. Agraffe/Kapodaster) bis zum klangseitigen Stegstift am Steg,
- Gesamtlänge - vom vorderen Auflagepunkt bis zum Anhangstift an der Gussplatte.

Nur im Bassbereich, oder - falls Übergangssaiten vorhanden sind - auch in der unteren Mittellage, werden in der Regel beide Werte benötigt, da hier umspinnene Saiten gefertigt werden. Der Basssaiten-Hersteller benötigt hierfür insbesondere die sogenannte Anhanglänge A (Differenz aus Gesamtlänge B und klingender Länge S) sowie die Gesamtlänge B selbst.

Diese Bezeichnungen (A, B, S) werden auch in den folgenden Kapiteln einheitlich für diese Längen verwendet:

- S = klingende Länge (von Agraffe/Kapodaster bis zum Stegstift),
- B = Gesamtlänge (von Agraffe/Kapodaster bis zum Anhangstift),
- A = Anhanglänge (B - S).

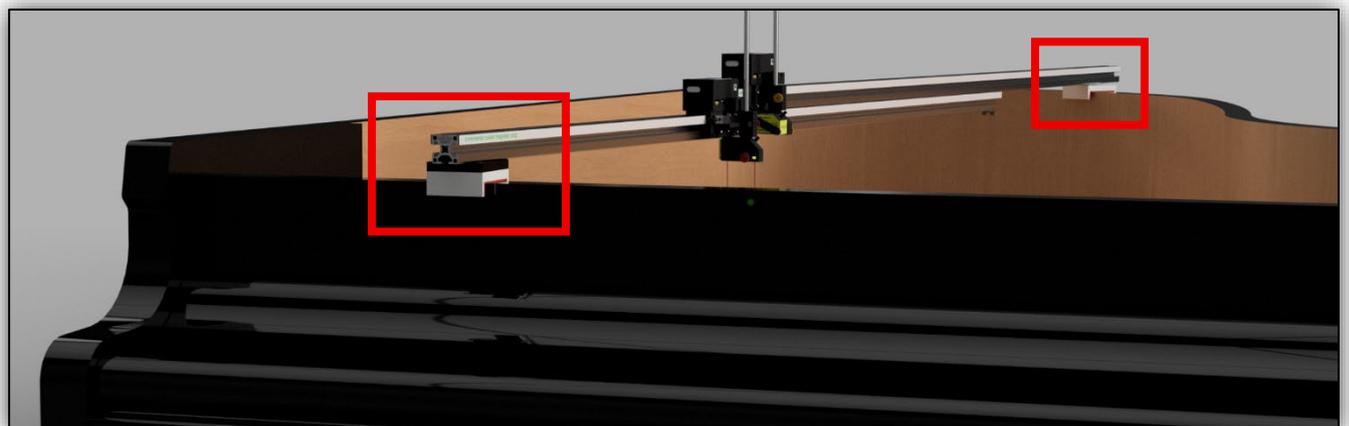
In der Mittellage und im Diskant genügt es dagegen, lediglich die klingende Länge S zu messen, da hier ausschließlich blanke Saiten verwendet werden und dieses Maß die entscheidende Grundlage für die Mensur-Analyse und Optimierung bildet.





7.1 Führungsschiene über den Saiten platzieren

Die Führungsschiene wird vorne auf der Schlossleiste und hinten auf dem Rim des Flügelkorpus aufgesetzt. Sie ruht dabei auf speziellen Gleitplatten, deren Unterseiten mit weichem Filz versehen sind. So kann die Konstruktion sicher auf dem lackierten Gehäuse gleiten, ohne dessen Oberfläche zu beschädigen. Die Gleitplatten sind modular aufgebaut: Zwischenplatten können aufgesteckt werden, um die Höhe der Führungsschiene über dem Korpus exakt zu justieren. An der Oberseite jeder Gleitplatte befindet sich ein Führungsstift, der in eine Nut an der Unterseite der Führungsschiene eingreift. Dadurch ist die Schiene seitlich geführt und kann leicht von Saite zu Saite verschoben werden.



Die Ausrichtung der Laserspots auf die Messpunkte kann wahlweise durch Verschieben der Geräte auf der Schiene oder durch Bewegen der gesamten Schiene erfolgen. In der Regel ist es nicht erforderlich, den Flügeldeckel abzunehmen.

Alternativ kann die Führungsschiene auch auf ein weiches Tuch aufgelegt werden, das über den hinteren Rim und die vordere Schlossleiste gelegt wird.

Messbereiche der Sensoren und Einsatzbereiche:

Für Messungen des Stegdrucks ist sicherzustellen, dass sich beide Lasersensoren im Messbereich befinden, wenn sie auf die Messpunkte ausgerichtet sind: vorne auf die Agraffe oder Saite, hinten auf die Stegobenseite bzw. den Anhangbereich der Gussplatte.

Die Messwerte im Display von SENSOR 1 reichen von -15 mm bis +15 mm, entsprechend einem absoluten Messbereich von 30 mm.

Bei SENSOR 2 erstrecken sich die Werte von -35 mm bis +35 mm, was einem absoluten Messbereich von 70 mm entspricht.

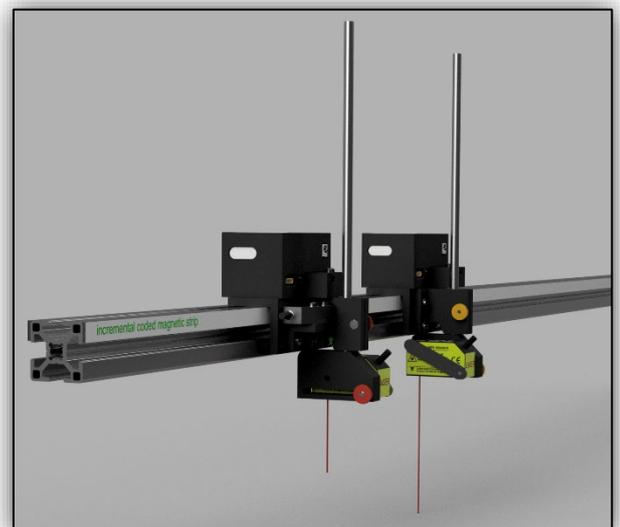
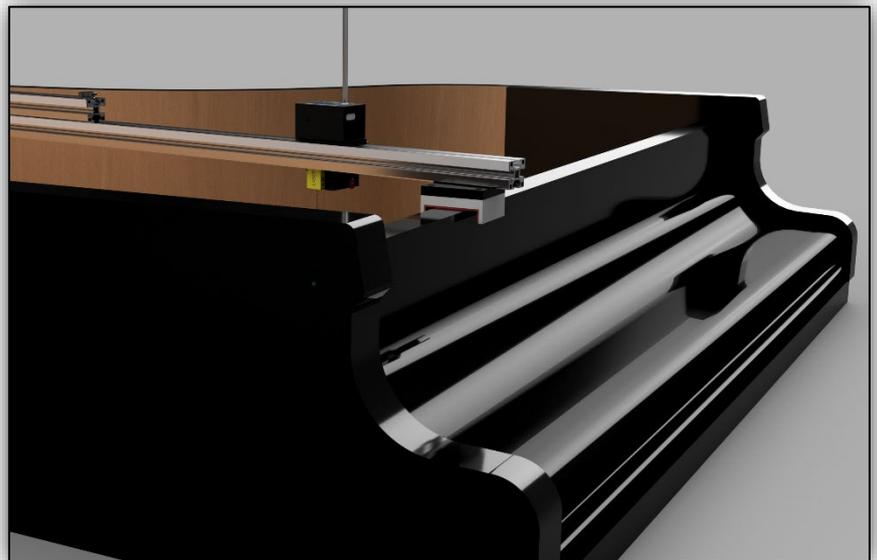
- -15 mm (-35 mm) = größtmöglicher Abstand (am weitesten entfernt, noch messbar)
- +15 mm (+35 mm) = kleinstmöglicher Abstand (am nächsten dran, noch messbar)

Befindet sich ein Messobjekt außerhalb des jeweiligen Messbereichs, zeigt das Display „---“ an. Dasselbe gilt, wenn der rücklaufende Laserstrahl nach dem Triangulationsprinzip durch ein Hindernis blockiert wird.

In der Anwendung von „scale design“ wird Gerät 1 mit SENSOR 1 im vorderen Bereich der Saitenaufhängung eingesetzt (Agraffen bzw. Kapodaster), während Gerät 2 mit SENSOR 2 im hinteren Bereich verwendet wird (Steg bzw. Anhang). Diese Zuordnung ergibt sich aus den typischen Abständen: Die Agraffen bzw. der Kapodaster liegen in der Regel näher an der Führungsschiene, weil die Schiene vorne auf die Schlossleiste aufgelegt wird, die tiefer ist als der Rim hinten. Hier passt der kürzere Messbereich von SENSOR 1 besser. Der Steg und insbesondere der Anhang liegen dagegen deutlich weiter entfernt, weshalb hier der erweiterte Messbereich von SENSOR 2 benötigt wird.

Nur eine Führungsschiene für Klaviere und kleinere Flügel:

Bei Klavieren oder kleineren Flügeln reicht in der Regel eine einzige Führungsschiene aus, um auch die längsten Saiten zu vermessen. In diesem Fall werden beide Geräte auf derselben Schiene aufgesetzt. Erst bei großen Konzertflügeln mit besonders langen Basssaiten ist es notwendig, zwei Führungsschienen miteinander zu koppeln, sodass Gerät 1 üblicherweise auf der unteren und Gerät 2 auf der oberen Schiene geführt wird.



Koppeln von zwei Führungsschienen für große Konzertflügel:

Beim Vermessen sehr langer Saiten in großen Konzertflügeln reicht eine einzelne Führungsschiene nicht mehr aus. In diesem Fall können zwei Schienen zu einer Einheit gekoppelt werden.

Dazu werden zunächst die kurzen Schienen mit den Stützen, die für die anderen Anwendungsfälle (key level, action regul. und string level) benötigt werden, von der unteren Schiene abgezogen. Anschließend wird eine zweite Schiene auf die erste aufgeschoben:

- Linke Seite: Ein Nutenstein mit langer Rändelschraube greift in die Nut der unteren Schiene.
- Rechte Seite: Zwei Nutensteine, die fest in die obere Nut eingeschoben sind (Presspassung), greifen in die untere Nut der oberen Schiene.

Die beiden Schienen lassen sich so spielfrei gegeneinander verschieben und auf die gewünschte Gesamtlänge je nach Flügelgröße ausziehen. Zum Schluss wird die Rändelschraube auf der linken Seite angezogen, wodurch beide Schienen sicher miteinander fixiert sind.



7.2 Funktion aufrufen

Die Funktion „scale design“ wird im Hauptmenü auf beiden Geräten gestartet. Zu Beginn können die Geräte nebeneinander in der Startposition (siehe Kapitel „Geräte verbinden (Startposition)“) auf der Führungsschiene aufgesetzt werden. Die Steuerung erfolgt über die IR-Fernbedienung, die beide Geräte gleichzeitig ansprechen kann. Sollte es dabei zu Problemen kommen, etwa wenn zeitweise nur eines der beiden Geräte reagiert, kann der gesamte Vorgang auch nacheinander an jedem Gerät einzeln durchgeführt werden.

Nach dem Aufruf erscheint eine Abfrage, welches Gerät als Master und welches als Client arbeiten soll.

- Am Master-Gerät werden alle Setup-Einstellungen vorgenommen. Hier können auch bereits erfasste Messwerte abgerufen werden, indem über die Oktaven bzw. Töne geblättert wird. Der Techniker gibt über die IR-Fernbedienung am Master-Gerät den Befehl, die aktuell gemessene Entfernung zwischen den beiden Geräten als Saitenlänge zu speichern und anschließend zum nächsten Parameter bzw. zum nächsten Ton zu wechseln. Damit läuft die gesamte Steuerung ausschließlich über das Master-Gerät.
- Der Client hat die alleinige Aufgabe, den zweiten Positions- bzw. Höhenwert zu liefern. Er wird auf den entsprechenden Messpunkt ausgerichtet – entweder von einer Hilfsperson oder vom Techniker selbst – und übermittelt dabei, also während er auf der Führungsschiene bewegt und ausgerichtet wird, kontinuierlich seine Messwerte (Position und Höhe). Auf dem Display des Client-Gerätes erscheinen dabei sowohl die aktuelle Entfernung zwischen den beiden Geräten (die momentane Saitenlänge) als auch der Messwert des eigenen Laser-Distanzsensors.



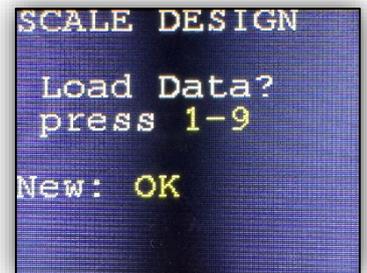
Normalerweise wird das in den Einstellungen als „Device 2“ konfigurierte Gerät (Gerät 2 mit SENSOR 2) im hinteren Bereich, also am Steg oder am Anhang, eingesetzt und als Master ausgewählt. Dieses Gerät wird vom Techniker direkt bedient. Das als „Device 1“ konfigurierte Gerät (Gerät 1 mit SENSOR 1) fungiert dagegen als Client und wird im vorderen Bereich an den Agraffen bzw. am Kapodaster positioniert. Am Gerät 1 sind während der Durchführung der Messreihe keine Einstellungen vorzunehmen; es muss lediglich stets präzise auf den jeweiligen vorderen Messpunkt ausgerichtet werden (durch eine Hilfsperson oder vom Techniker selbst).

Auf dem Display des Client-Gerätes erscheint der Hinweis, dass zunächst alle Setup-Einstellungen am Master-Gerät vorgenommen werden müssen. Sobald dies erledigt ist, kann am Client-Gerät mit der IR-Taste 0 fortgefahren werden.



7.2.1 Datensatz laden (Master-Gerät)

Auf dem Display des Gerätes, das als Master ausgewählt wurde, erscheint zunächst der Dialog zum Laden eines Datensatzes. Falls ein Instrument bereits teilweise oder vollständig eingemessen wurde, können die vorhandenen Messwerte hier erneut geladen werden. Es stehen neun Speicherslots zur Verfügung. Mit der Taste OK kann alternativ ein neuer Datensatz angelegt werden.



7.2.2 Setup (Master-Gerät)

Im Setup-Dialog werden die grundlegenden Parameter der Messur festgelegt.

Rechts oben wird mit einem magenta-farbenen Sternchen angezeigt, dass es sich um einen neuen Datensatz handelt, der noch nicht in einem Speicherslot (1-9) gespeichert wurde. Falls ein Datensatz geladen ist, erscheint hier stattdessen die Nummer des belegten Speicherslots. Die Auswahl und Änderung der einzelnen Parameter erfolgt mit den Pfeiltasten der IR-Fernbedienung.



Zunächst wird der Tonumfang des Instruments definiert (RANGE):

- Standard: A0 bis C8
- Ältere Instrumente: häufig nur bis A4
- Bösendorfer Imperial: C0 bis C8

Im Feld BASS wird die Gesamtzahl der Bass-Töne angegeben, also aller Töne mit umspinnenen Saiten. Hinter dem Schrägstrich wird zusätzlich die Zahl der Bass-Töne ausgewiesen, die nicht mehr zum Bassteg, sondern bereits zum Langsteg (Diskantsteg) und somit zum Übergangsbereich gehören.

Im Beispielbild: BASS: 23/0

- insgesamt 23 Bass-Töne,
- davon 0 im Übergangsbereich, also alle über den Bassteg geführt.

Jeder Bass-Ton kann 1-chörig, 2-chörig oder 3-chörig sein.

- Die Anzahl der 1-chörigen Töne wird im Feld 1-CH festgelegt.
- Die Anzahl der 2-chörigen Töne im Feld 2-CH.
- Die Anzahl der 3-chörigen Töne ergibt sich automatisch als Differenz aus der Gesamtzahl der Basstöne und der Summe von 1-CH und 2-CH.

Im Beispielbild:

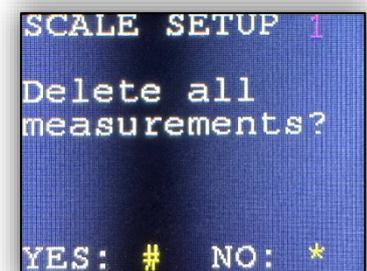
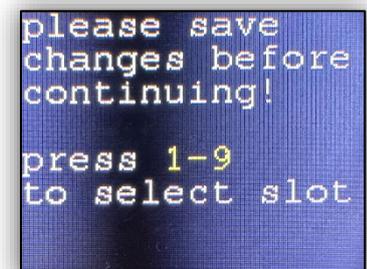
- 23 Bass-Töne insgesamt,
- davon 9 einchörig,
- 11 zweichörig,
- 3 dreichörig (Differenz).

Mit der Stern-Taste * gelangt man in das Untermenü Offsets (siehe nächstes Kapitel „Setup – Offsets (Master-Gerät)“). Mit den Zahlentasten 1-9 kann der aktuelle Datensatz in einem Speicherslot gesichert werden. Alle zukünftigen Messergebnisse werden dann automatisch in diesem Slot gespeichert.

⚠ Sollte es während der Messung zu einem Abbruch durch einen leeren Akku kommen, sind alle bis dahin gespeicherten Werte im gewählten Slot gesichert und können nach dem Neustart erneut geladen werden. Der Messvorgang lässt sich an der zuletzt gespeicherten Position fortsetzen.

- Mit der Taste # wird der Setup-Dialog abgebrochen und zum Hauptmenü zurückgekehrt.
- Mit der Taste OK werden alle Einstellungen übernommen, der Setup-Dialog beendet und der Play-Dialog aufgerufen (siehe Kapitel „Play-Dialog – vorhandene Messwerte abrufen (Master-Gerät)“).

Falls noch kein Speicherslot zugewiesen wurde, erscheint eine entsprechende Meldung. In diesem Dialog besteht auch die Möglichkeit, bereits vorhandene Daten im ausgewählten Slot vollständig zu löschen. Nach erfolgreichem Speichern erscheint die Meldung „Data saved“.



7.2.3 Setup – Offsets (Master-Gerät)

Während man sich im Setup-Dialog befindet, kann mit der Taste * der Offset-Dialog aufgerufen werden. Hier lassen sich Korrekturwerte (Offsets) festlegen, die zu bestimmten Messwerten addiert werden.

Die Bedienung erfolgt wieder über die IR-Fernbedienung:

Mit den Pfeiltasten hoch / runter wird der aktuell ausgewählte Wert in ganzen Schritten verändert.

Mit den Pfeiltasten rechts / links erfolgt die Änderung in feinen Schritten von 0,1 mm.

Mit der Taste * wird der nächste Parameter ausgewählt.

Mit OK gelangt man zurück in den Haupt-Setup-Dialog.

Folgende Parameter können eingestellt werden:

AGRA-H: Dieser Parameter ist wichtig für die Stegdruck-Berechnung. Wird der Stegdruck am vorderen Beginn der Saite direkt an der Agraffe gemessen, zum Beispiel, wenn noch keine Saiten im Instrument vorhanden sind, entspricht der Messpunkt nicht exakt der späteren Saitenhöhe. Hier wird deshalb die Höhendifferenz zwischen der Bohrung für die Saitendurchführung und der Oberkante der Agraffe eingetragen, an der die Messung erfolgen soll. Der vom Gerät 1 ermittelte Höhenwert wird anschließend automatisch um diesen Offset korrigiert, sodass der Messwert der tatsächlichen Höhe der Saite entspricht, auch wenn an der Agraffe gemessen wurde.

CAPO-L: Dieser Parameter ist wichtig für die Längen-Berechnung. In Bereichen, in denen die Saiten nicht durch Agraffen (oder beim Klavier durch die Silie) begrenzt werden, sondern durch einen Kapodaster, ist eine direkte Messung mit dem Laser nicht möglich, da der Kapodaster den von oben kommenden Laserstrahl verdeckt. Hier wird eine Hilfslehre verwendet, die auf die Saiten vor dem Kapodaster aufgelegt und direkt an die Silie der zu messenden Saite herangeschoben wird. Der Laser misst dann nicht an der Saite selbst, sondern an einem markierten Punkt auf der Lehre. Der Abstand von der Vorderkante der Lehre, die an der Silie anliegt, bis zu diesem Messpunkt wird als Offset unter CAPO-L eingetragen.

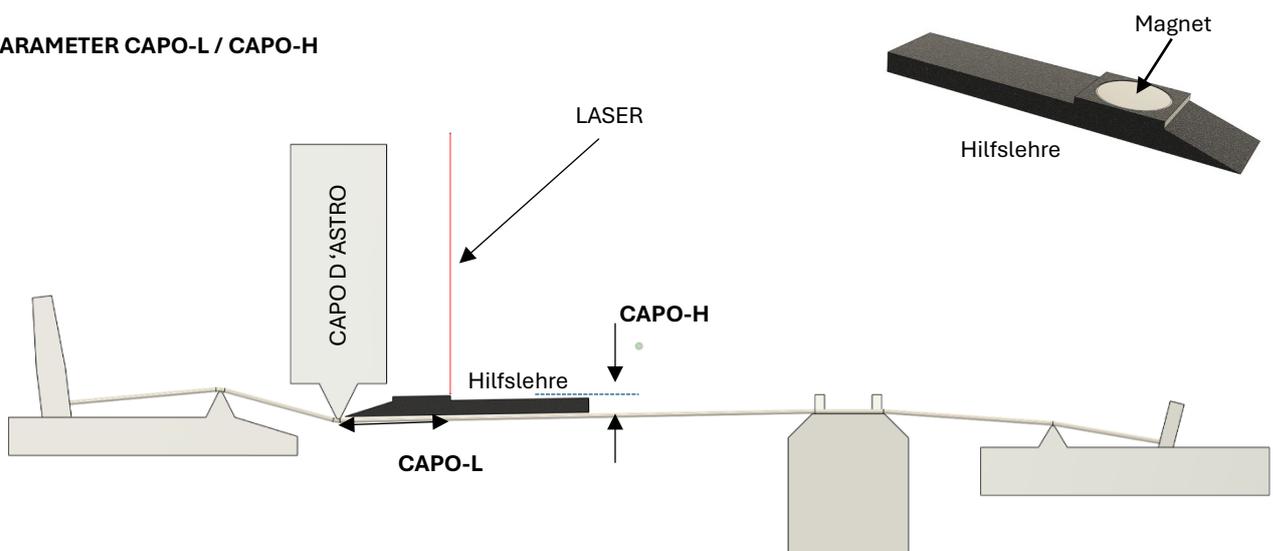
⚠ **Wichtig:** Dieser Offset wird nur bei Tönen berücksichtigt, die tatsächlich vom Kapodaster begrenzt werden. Ab welchem Ton dies der Fall ist, wird mit dem Parameter CAPO-1ST festgelegt.

CAPO-H: Dieser Parameter ist wichtig für die Stegdruck-Berechnung. Wenn die Saitenhöhe nicht direkt an der Saite gemessen werden kann, sondern über eine Hilfslehre, wird hier die Dicke der Lehre als Höhenkorrektur eingetragen.

CAPO-1ST: Mit diesem Parameter wird der erste Ton, der durch einen Kapodaster begrenzt wird (Flügel), definiert. Ab diesem Ton gelten die Offsets CAPO-L und CAPO-H.



PARAMETER CAPO-L / CAPO-H



7.2.4 Play-Dialog – vorhandene Messwerte abrufen (Master-Gerät)

Nach Verlassen des Setup gelangt man in den Play-Dialog. Hier können bereits erfasste Messwerte abgerufen und überprüft werden.

Für jeden Ton werden – falls vorhanden - die Messwerte der aktuell gewählten Saite angezeigt. Dazu gehören:

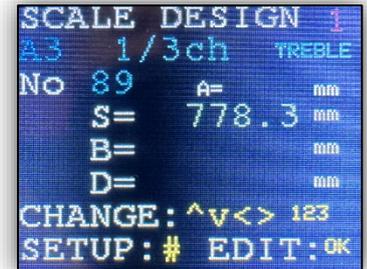
- S = klingende Länge
- B = Totallänge
- D = Stegdruck
- A = Anhanglänge (wird automatisch aus der Differenz von B und S berechnet, sofern beide Werte vorhanden sind)



Im ersten Bild werden noch keine Werte angezeigt (leere Felder), weil hier noch keine Messwerte gespeichert wurden. In den weiteren Beispielen sind die vorhandenen Mess-Werte in grün dargestellt.

Navigation

- Mit den Pfeiltasten links / rechts wird zum vorherigen bzw. nächsten Ton gewechselt.
- Mit den Pfeiltasten hoch / runter springt die Anzeige jeweils um eine ganze Oktave weiter (z. B. von C1 zu C2).
- Mit den Zahlentasten 1-3 wird die gewünschte Saite ausgewählt. Diese Auswahl bleibt auch beim Weiterblättern aktiv, solange der Ton über die entsprechende Anzahl an Saiten verfügt.



Im 1-chörigen Bereich wird nur eine Saite angezeigt.

Im 2-chörigen Bereich kann zwischen erster und zweiter Saite gewählt werden.

Im 3-chörigen Bereich stehen die Saiten 1-3 zur Auswahl.

👉 In der Praxis werden im Bassbereich in der Regel alle Saiten eines Tones gemessen (wichtig für die Basssaiten-Herstellung). Im Diskant genügt es meist, nur eine Saite pro Ton zu erfassen, da für Mensuranalysen und Optimierungen die klingende Länge S im Vordergrund steht.

Anzeige im Display

- Erste Zeile: Rechts wird die Nummer des aktuellen Speicherslots (Magenta) angezeigt.
- Zweite Zeile: Links wird die Tonbezeichnung angezeigt (z. B. A0, C4). Direkt daneben erscheint die Angabe zur Saitenzahl: Die erste Zahl steht für die aktuell gewählte Saite, die zweite Zahl für die Gesamtzahl der Saiten dieses Tones. Beispiel: 2/3ch bedeutet, dass die zweite Saite eines dreisaitigen Tones ausgewählt ist. Rechts in der Zeile steht die Bereichsangabe BASS oder TREBLE; befindet man sich im Kapodaster-Bereich, erscheint zusätzlich der Hinweis TREBLE (CAPO).
- Dritte Zeile: Nummer der aktuell gewählten Saite (beginnend mit 1 für die erste Saite des tiefsten Tones, z. B. A0). Daneben der Wert für die Anhanglänge A (sofern S und B gemessen wurden).
- Weitere Zeilen: Messwerte für S, B und D der aktuell gewählten Saite, jeweils in Millimetern.



Steuerung

Mit der Taste # wird in das Setup-Menü zurückgekehrt, um beispielsweise Offsets anzupassen. Ein erneutes Drücken von # im Setup-Dialog beendet die gesamte Funktion scale design und führt ins Hauptmenü zurück.

Mit der Taste OK wird der Play-Dialog verlassen und in den Messmodus (EDIT) gewechselt.

Falls die beiden Geräte noch nicht miteinander verbunden (kalibriert) wurden, erscheint zunächst automatisch der Kalibrier-Dialog.

7.2.5 Geräte verbinden (Startposition)

Master-Gerät

Wenn die Geräte beim ersten Aufruf der Funktion noch nicht verbunden (kalibriert) wurden, gelangt man nach dem Verlassen des Play-Dialogs mit OK (EDIT) automatisch in den Pairing-Dialog.

Erscheint die Meldung „wait client...“, bedeutet dies, dass der Client noch nicht zum Koppeln bereit ist. Der Master wartet in diesem Zustand, bis das Client-Gerät in den Pairing-Modus versetzt wird (siehe unten „Client-Gerät“). Dieser Wartebildschirm kann jederzeit mit der Taste # abgebrochen werden.

Sobald sich der Client verbunden hat, baut er automatisch eine Verbindung mit dem WLAN-Access-Point des Masters auf. Es wird also kein externes Netzwerk benötigt. Nach erfolgreicher Verbindung erscheint auf dem Master ein Menü zur Auswahl der Offsets für die Startposition.

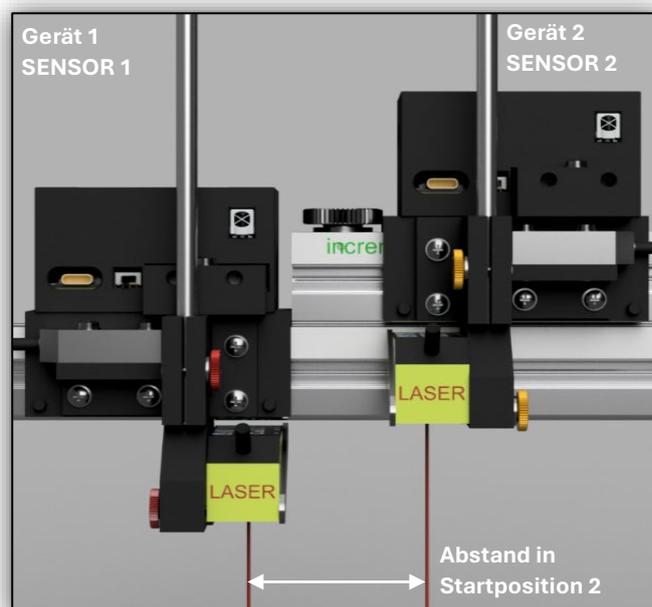
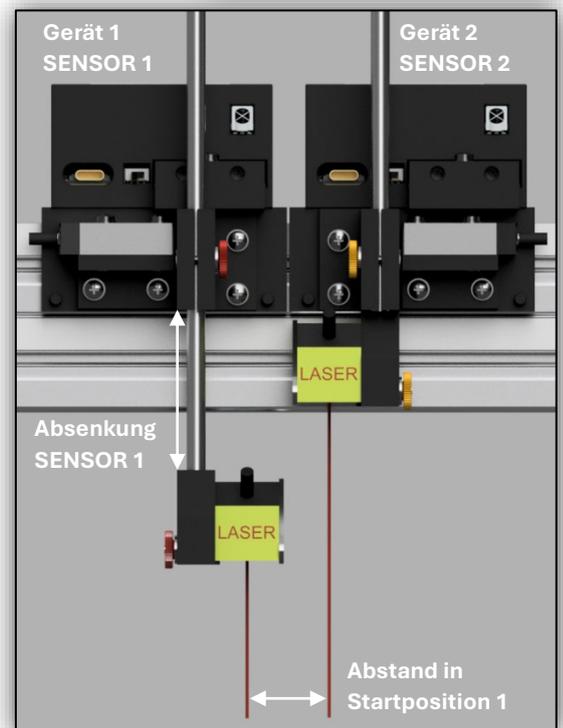
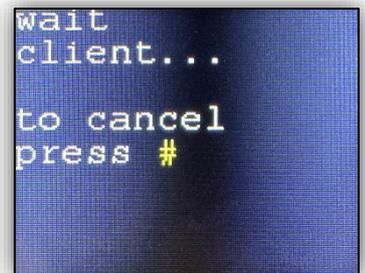
Es stehen drei typische Startpositionen zur Verfügung:

1. Beide Geräte nebeneinander auf derselben Führungsschiene (bei Klavieren oder kleineren Flügeln bzw. generell im Diskant). Der Sensorarm von Gerät 1 ist abgesenkt (OFFSET H1 festlegen im Master-Gerät, siehe unten)
2. Gerät 1 auf der unteren und Gerät 2 auf der oberen Schiene (bei gekoppelten Schienen für sehr lange Saiten im Bass / Mittellage).
3. Wie Startposition 1 aber ohne Absenkung des Sensorarmes (nur für Längenmessungen, wo keine Messwerte vom Laser Distanz Sensor benötigt werden -> ohne Stegdruck-Berechnung)

Die hinterlegten Offsets entsprechen den Abständen der Laserspots in der jeweiligen Ausgangsposition und werden bei der späteren Berechnung der Saitenlängen automatisch berücksichtigt. Der benötigte Offset kann mit den Pfeiltasten hoch / runter ausgewählt werden.

Für die Stegdruck-Berechnung, werden auch die Höhen-Messwerte der Laser Distanz Sensoren benötigt. Wenn beide Geräte auf der gleichen Führungsschiene sitzen, muss der SENSOR 1 abgesenkt werden, damit der Messbereich erreicht wird.

⚠ Während des Messvorgangs kann jederzeit in dieses Kalibrieremenü zurückgekehrt und ein anderer Offset gewählt werden. Dies ist beispielsweise sinnvoll, wenn nach der Vermessung der langen Saiten im Mass / Mittellage die Geräte für den Diskant wieder nebeneinander auf derselben Schiene positioniert werden.



Client-Gerät

Am Client wird die Taste 0 gedrückt, sobald auf dem Master-Display die Meldung „wait client...“ erscheint (nach durchgeführtem Setup und Verlassen des Play-Modus mit OK). Anschließend folgt die Meldung, das Client-Gerät in die Startposition zu fahren, falls dies noch nicht geschehen ist.

Sind beide Geräte korrekt positioniert, wird auf beiden Geräten mit OK bestätigt, dass sie sich in der Startposition befinden. Der am Master gewählte Offset wird übernommen und beide Geräte wechseln in den Messmodus.

Hinweis zu Verbindungsproblemen

Falls keine Verbindung hergestellt werden kann oder sich zeigt, dass die Messwerte nicht flüssig in Echtzeit übertragen werden, kann am Master ein anderer WiFi-Kanal für den Soft-AP (Access Point) gewählt werden. Dazu müssen beide Geräte neu gestartet werden. Direkt auf dem Startbildschirm des Masters kann mit der Taste 1 ein alternativer Kanal ausgewählt werden, falls der bisherige durch andere Netzwerke stark frequentiert ist (siehe Kapitel „Einschalten des Gerätes“).

7.3 Offsets für Startpositionen festlegen

Das Settings-Menü wird vom Hauptmenü aus aufgerufen. Mit der entsprechenden Taste gelangt man in das Untermenü „OFFSETS“, in dem die Offsets für die verschiedenen Startpositionen angepasst werden können (Alle Angaben sind in mm).

WICHTIG: Die Offsets werden immer im Master-Gerät festgelegt und kommen zur Anwendung. Die Offsets im Client-Gerät finden keine Berücksichtigung!

Startposition 1 - beide Geräte auf derselben Führungsschiene (SENSOR 1 abgesenkt)

Im ersten Bildschirm werden die Längen- und Höhen-Offsets für Startposition 1 festgelegt.

Der Längen-Offset L1 ist der Abstand zwischen den beiden Laserspots. Dieser Wert wird einmalig mit einem Maßband bestimmt und im Gerät gespeichert. Ab Werk ist er bereits auf die vorhandene Geometrie eingemessen. Falls später ein anderer Sensor eingesetzt oder ein Bauteil ersetzt wird, kann es erforderlich sein, den Wert erneut anzupassen.

Der Höhen-Offset H1 ist hier -50 mm, da beide Laser-Distanzsensoren von demselben Bezugspunkt nach unten messen aber der SENSOR 1 um genau 50 mm abgesenkt wird, um den Messbereich für die Stegdruck-Berechnung zu erreichen. Daher muss vom Messwert von SENSOR 2 genau 50 mm abgezogen werden (-50 mm wird addiert), damit beide Sensoren bei gleicher Entfernung des Messpunktes den gleichen Abstand zurückgeben. Näheres dazu siehe unten „Absenkung des Sensorarmes (Startposition 1)“.

Startposition 2 - Geräte auf zwei gekoppelten Schienen

Mit der Taste OK gelangt man zum nächsten Bildschirm für Startposition 2.

Der Längen-Offset L2 ist in diesem Fall größer als L1, da die Sensoren auf unterschiedlichen Schienen sitzen und der Abstand entsprechend zunimmt.

Der Höhen-Offset H2 entspricht der Dicke der Führungsschiene (in der Regel 30 mm). Dieser Wert wird bei den Höhenmessungen von Sensor 2 abgezogen, da er durch die erhöhte Position auf der oberen Schiene 30 mm höher platziert ist als Sensor 1. Beide Sensoren müssen auf dieselbe Bezugsebene normiert werden.

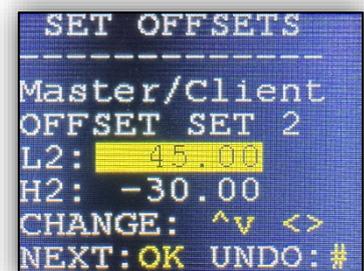
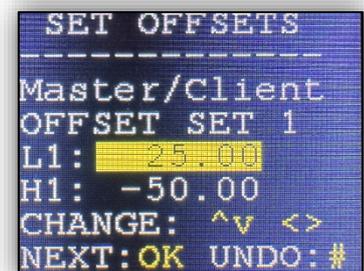
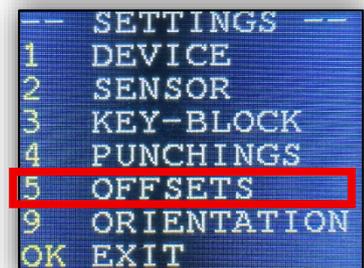
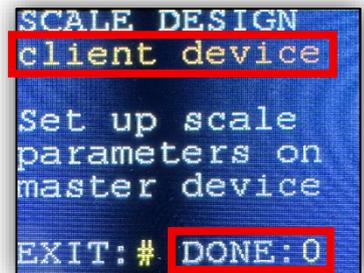
Startposition 3 - beide Geräte auf derselben Führungsschiene (ohne Absenkung)

Mit der Taste OK gelangt man auf die letzte Seite für Startposition 3.

Diese Startposition kann verwendet werden, wenn keine Stegdruck-Berechnungen erforderlich sein. Die Laserspots dienen ausschließlich der Positionierung für die Längenvermessung. Messwerte vom Laser Distanz Sensor werden nicht benötigt. Für H3 trägt man hier in der Regel 0 mm ein.

Mit der Taste # können Änderungen rückgängig gemacht werden.

Mit der Taste OK wird der Dialog beendet, die Werte werden dauerhaft gespeichert und das Gerät kehrt ins Menü zurück.



Absenkung des Sensorarmes (Startposition 1):

In der Startposition 1 wird der Sensorarm von SENSOR 1 um 50 mm abgesenkt, damit der Messbereich erreicht wird. Ohne diese Absenkung würde der Laser-Distanzsensor zu hoch sitzen und sich in vielen Fällen außerhalb des Messbereichs befinden.

Für die Messung des Stegdrucks sind jedoch die Höhenwerte beider Sensoren an den jeweiligen Messpunkten erforderlich. Um den Abstand präzise auf 50 mm einzustellen, kann die kurze Hilfslehre verwendet werden. Diese hat eine Länge von genau 50 mm. Sie wird - wie im rechten Bild gezeigt - zwischen die Bauteile eingeklemmt, anschließend wird die Verschiebung mit der Rändelschraube fixiert.

Hilfslehren zum Messen der Saiten im Kapodaster-Bereich:

Die Offsets CAPO-L und CAPO-H werden abhängig von den baulichen Gegebenheiten des Instruments festgelegt.

Wenn der Kapodaster sehr breit ist und die Lehre weit untergeschoben werden muss, sollte der größere Offset (hier 22 mm) eingestellt und verwendet werden.

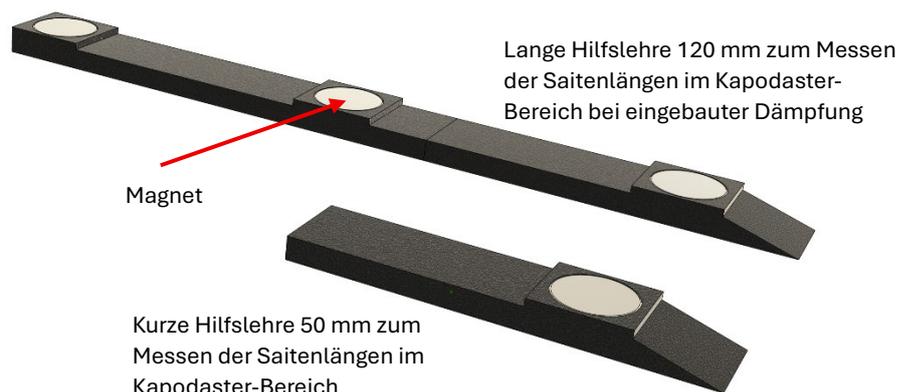
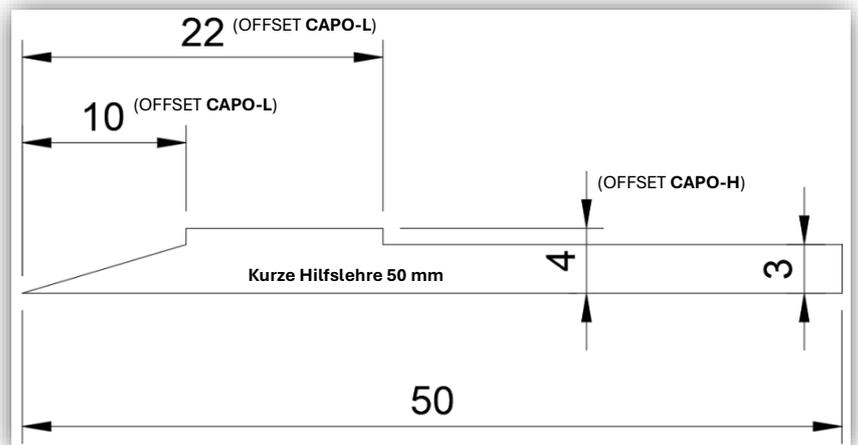
In allen anderen Fällen genügt der kleinere Offset (hier 10 mm).

Die Positionierung der kurzen Lehre mit 50 mm Länge ist im Bereich der Dämpfung nur schwer möglich falls die Dämpfer eingebaut sind. Hier wird daher die lange Hilfslehre mit 120 mm Länge eingesetzt. Diese wird einfach unter dem angehobenen Dämpfer hindurch bis an die Silie (vordere Begrenzung der Saite) geschoben. Der Laserspot wird anschließend auf einen der beiden Messpunkte der Hilfslehre ausgerichtet.

Der jeweils hinterlegte Offset korrigiert den Messwert, sodass die resultierende Länge korrekt angezeigt wird.

Hinweis zum Ausrichten des Laserspots auf der Hilfslehre:

Der Laserspot wird genau auf die jeweilige Kante (entweder bei 10 mm oder bei 22 mm) ausgerichtet. Man erkennt den genauen Übergang daran, dass der Höhen-Messwert abrupt um einen Millimeter umspringt, da es einen Versatz gibt. Zum Messen des Stegdruckes sollte der Laserspot bei beiden Messungen genau mittig auf den Magneten ausgerichtet sein. Als Offset CAPO-H wird in diesem Fall 4 mm hinterlegt. Beim Stegdruckmessen ist es **NICHT** erforderlich, den Laserspot genau auf die Kanten auszurichten, wie beim Messen der Saitenlängen.



7.4 Mess-Modus (Messwerte aufnehmen)

Nachdem auf beiden Geräten die Startposition mit OK bestätigt wurde, wechseln Master und Client in den Mess-Modus. Dies ist daran zu erkennen, dass die Messwerte im Display nun orange dargestellt werden (im Gegensatz zum grün im Play-Modus).

Beim Verschieben der Geräte auf der Führungsschiene wird der Abstand zwischen beiden Geräten live auf den Displays angezeigt. Zur Messung werden die beiden Laserspots exakt auf den Anfangs- und Endpunkt der zu vermessenden Saite ausgerichtet. Anschließend bestätigt der Techniker am Master-Gerät die Übernahme des aktuell eingestellten Wertes. Dieser Wert wird fest im Datensatz des aktuell ausgewählten Speicherslots gespeichert.



7.4.1 Master-Gerät

Der Aufbau des Displays ist dem Play-Modus sehr ähnlich (siehe Kapitel „Play-Dialog – vorhandene Messwerte abrufen (Master-Gerät“), jedoch werden die Messwerte im Mess-Modus orange dargestellt (im Play-Modus grün). Das Master-Gerät übernimmt dabei die komplette Steuerung des Messvorgangs.



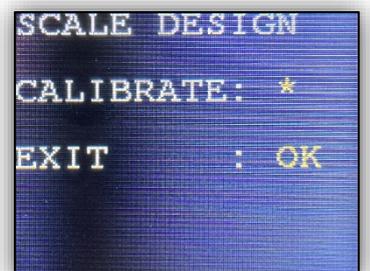
Anzeige im Display

- Erste Zeile (rechts): Nummer des aktuellen Speicherslots (magentafarben).
- Zweite Zeile: Tonbezeichnung, daneben die Angabe zur ausgewählten Saite und Gesamtzahl der Saiten (z. B. 1/3ch = erste Saite von drei), sowie die Bereichsangabe BASS oder TREBLE. Befindet man sich im Kapodaster-Bereich, erscheint zusätzlich TREBLE (CAPO).
- Dritte Zeile: Nummer der aktuell gewählten Saite sowie die berechnete Anhanglänge A. Dieser Wert wird nur angezeigt, wenn sowohl S als auch B gemessen wurden.
- Weitere Zeilen: Messwerte der aktuell gewählten Saite:
 - S = klingende Länge (Agraffe bis klangseitiger Stegstift)
 - B = Gesamtlänge (Agraffe bis Anhangstift)
 - D = Stegdruck (siehe Kapitel „Stegdruck messen“)



Befehle und Navigation

- Mit den Pfeiltasten rechts / links wird zur vorherigen bzw. nächster Saite oder Ton gewechselt.
- Mit den Pfeiltasten hoch / runter wird zwischen den Parametern S, B und D gewechselt.
- Mit den Zahlentasten 1–3 wird die Saite des aktuellen Tones gewählt.
- Mit der Taste 9 kann das Display um 180° gedreht werden.
- Mit der Stern-Taste * wird der aktuell ausgewählte Parameter gelöscht.
- Mit der #-Taste wird der EXCEL-LIVE-Modus aktiviert oder deaktiviert. Ist er aktiv, erscheint „XLS“ in weiß, andernfalls grau. In diesem Modus werden alle Werte live per WLAN an eine Excel-Tabelle übertragen und dort sofort tabellarisch und grafisch dargestellt (siehe Kapitel „LIVE-Übertragung der Messwerte zu Excel“).
- Mit OK gelangt man in einen Zwischendialog. Dort hat man die Wahl:
 - Zurück in den Play-Modus mit OK: Im Mess-Modus ist das Blättern nur Ton für Ton möglich. Im Play-Modus dagegen kann man mit den Pfeiltasten hoch / runter auch oktavweise springen. Wenn man also sehr schnell mehrere Töne überspringen möchte, empfiehlt es sich, kurz in den Play-Modus zu wechseln, dort den gewünschten Ton auszuwählen und anschließend wieder in den Mess-Modus zurückzukehren.
 - In den Kalibrier-Dialog (Startposition) mit der Sterntaste *: Dies ist erforderlich, wenn beispielsweise nach der Vermessung der langen Bass-Saiten und der Mittellage in den Diskantbereich gewechselt wird. Dort werden beide Geräte nebeneinander auf derselben Führungsschiene aufgesetzt, sodass eine neue Kalibrierung notwendig ist.



Hinweis zum Arbeiten im Bass- und Diskantbereich

Im Bass-Bereich gibt es eine Besonderheit bei der Erfassung der Parameter:

Nach dem Messen der klingenden Länge S der ersten Saite eines Tones wird mit der Taste Pfeil-nach-unten zum nächsten Parameter B gewechselt. Dieser wird gemessen und mit der Taste Pfeil-nach-rechts bestätigt. Für die zweite oder dritte Saite desselben Tones wird die klingende Länge S automatisch von der ersten Saite übernommen. Das Gerät springt direkt zum Parameter B, da die klingenden Längen innerhalb eines Chors in der Regel identisch sind. Bei Bedarf kann man jedoch jederzeit mit der Pfeil-nach-oben-Taste zurück zum Parameter S wechseln und diesen erneut messen. Auf diese Weise lässt sich die Messung im Bass beschleunigen. Der Laser-Spot wird zunächst auf den Stegstift positioniert (Parameter S, erste Saite), anschließend auf den Anhangstift (Parameter B), mit NEXT (Pfeil rechts) wird zur nächsten Saite des Tones gewechselt und

erneut am Anhangstift positioniert. Bei einem dreisaitigen Chor wird die dritte Saite ebenso behandelt; bei einem zweisaitigen Ton springt man mit NEXT gleich zum nächsten Ton und beginnt dort wieder mit der ersten Saite am Stegstift.

Im Diskant-Bereich (TREBLE) verläuft die Messung anders:

Nach der Erfassung von S und Bestätigung mit NEXT (Pfeil rechts) wird sofort zum nächsten Ton gewechselt. Es wird also nur die erste Saite des Tones für die klingende Länge S gemessen, da dies für die Mensuroptimierung und Analyse in der Regel ausreicht. Die Gesamtlänge B wird im Diskant normalerweise nicht benötigt, und die klingenden Längen S aller Saiten eines Tones sind üblicherweise gleich.

7.4.2 Client-Gerät

Das Client-Gerät dient ausschließlich zur Erfassung der zweiten Position und Höhe. Die Bedienung ist auf wenige Funktionen beschränkt, da die Steuerung vollständig vom Master übernommen wird.

Anzeige im Display

- POS: aktuelle Position des Gerätes auf der Führungsschiene (Startposition ist Nullpunkt).
- LEN: aktueller Abstand zwischen beiden Geräten (Laserspots). Dieser Wert wird gleichzeitig auch auf dem Master angezeigt.
- DIS: aktueller Messwert des eigenen Laser-Distanzsensors.



Bedienung

- Mit der Taste 9 kann das Display um 180° gedreht werden.
- Mit der Taste 0 gelangt man zurück ins Hauptmenü.

7.4.3 Stegdruck messen

Der Stegdruck (oder Stegüberhöhung) ist hier folgendermaßen definiert:

Es wird eine gedachte Linie von der Saitenoberkante am vorderen Messpunkt (Agraffe bzw. Silie) bis zur Saitenoberkante am klangseitigen Stegstift gezogen. Diese Linie wird nach hinten bis zum Anhangbereich verlängert. Der lotrechte Abstand zwischen dieser verlängerten Linie und der tatsächlichen Auflage der Saite am Anhang (meist ein Filzstreifen, ein Messingsteg oder eine Duplex-Skala) entspricht dem Stegdruck. Dieses Maß wird traditionell mit einem langen Faden gemessen, der von vorne vom Saitenbegrenzungspunkt kommend langsam straff gespannt nach unten bis auf die Stegoberfläche abgesenkt wird. Der verbleibende Abstand des Fadens zur Auflage am Anhang wird als Stegdruck bezeichnet.

Dieses Maß kann mit Piano Measure Pro direkt und präzise ermittelt werden.

Der Parameter D (Stegdruck) wird am Master-Gerät mit den Pfeiltasten ausgewählt. Sollte bereits ein Wert vorhanden sein, kann dieser mit der Stern-Taste * gelöscht werden, bevor eine neue Messung durchgeführt wird. Für die Bestimmung des Stegdrucks sind zwei Messungen erforderlich, die nacheinander aufgenommen werden.

Befindet man sich im Parameter D (invertierte Anzeige), hat die Taste OK eine besondere Funktion:

- Beim ersten Druck auf OK erscheint die Meldung „1st press OK“. Jetzt werden die Geräte auf die jeweiligen Messpunkte ausgerichtet und mit OK bestätigt.
- Danach erscheint die Meldung „2nd press OK“. Nun werden die Geräte auf die Messpunkte für die zweite Messung gesetzt und erneut mit OK bestätigt.

Anschließend wird der berechnete Stegdruck als Wert bei D angezeigt. Negative Werte bedeuten, dass der Stegdruck negativ ist.

⚠ Hinweis: Solange der Parameter D aktiv ist, ist das Feld „PLAY: OK“ ausgegraut. Das bedeutet, dass in diesem speziellen Fall die Taste OK nicht wie üblich über das Zwischenmenü in den Play-Dialog führt, sondern ausschließlich der Messwertaufnahme dient.



Fall 1: Saiten im Instrument installiert

- Erste Messung:
 - vorne: Höhe der Saite, entweder direkt auf der Saite oder auf der Agraffe (dann wird der hinterlegte Offset addiert, siehe Kapitel „Setup-Offsets (Master-Gerät“),
 - hinten: direkt auf der Saite im Bereich des klangseitigen Stegstiftes.
- Zweite Messung:
 - vorne: gleich wie bei der ersten Messung,
 - hinten: direkt auf der Saite im Anhangbereich, dort wo sie aufliegt.

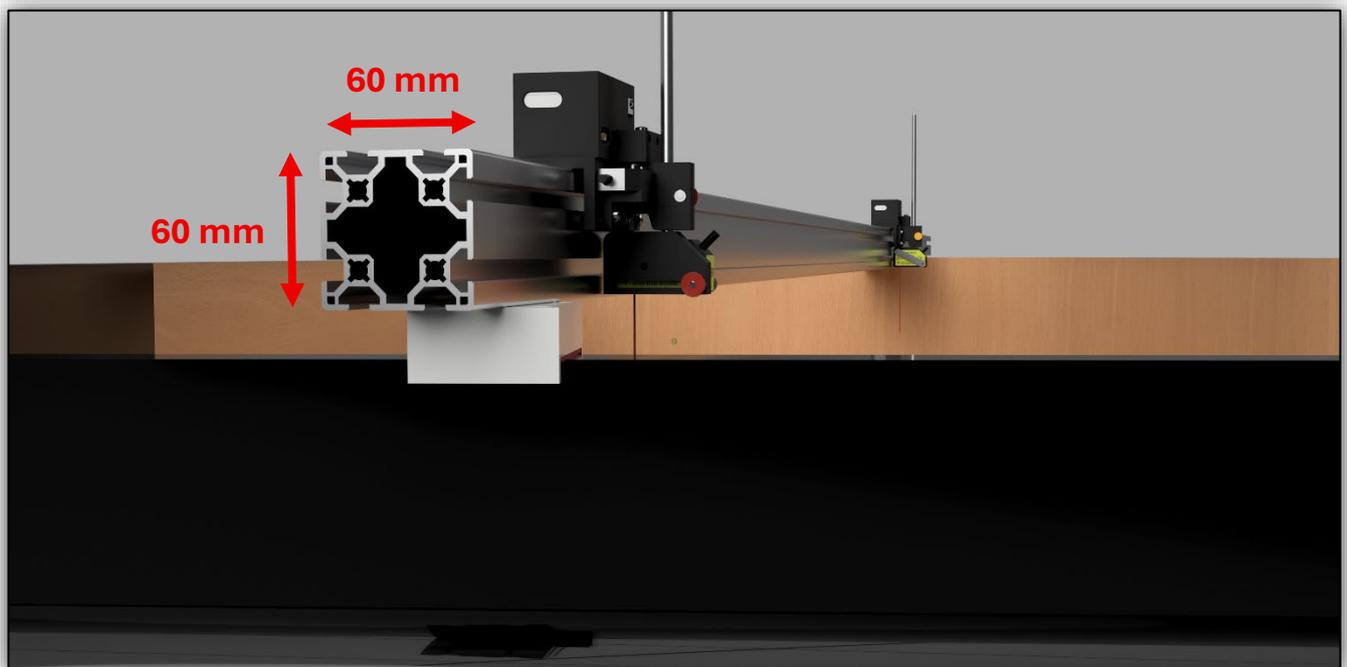
Fall 2: Keine Saiten im Instrument installiert

- Erste Messung:
 - vorne: Höhe zwingend auf der Agraffe (Offset wird addiert, siehe Kapitel „Setup-Offsets (Master-Gerät“),
 - hinten: auf der Stegoberfläche im Bereich des klangseitigen Stegstiftes.
- Zweite Messung:
 - vorne: gleich wie bei der ersten Messung,
 - hinten: an der Auflage im Anhangbereich, also dort, wo die Saite später aufliegt.

Im Kapodaster-Bereich wird die Höhe der Saite vorne direkt vor dem Kapodaster gemessen (idealerweise auf der Hilfslehre mittig auf dem Magneten, CAPO-H-Offset vorher hinterlegen). Die Berechnungsformel berücksichtigt den Abstand beider Geräte, sodass die Stegdruckberechnung auch hier korrekt ist.

⚠ Wichtiger Hinweis

Wird die Führungsschiene stark ausgezogen, um sehr lange Saiten zu vermessen, sollte sie in der Mitte abgestützt werden. Andernfalls kann sie sich durch ihr Eigengewicht leicht durchhängen, was die Messgenauigkeit beeinträchtigt. Dies spielt jedoch nur bei der Stegdruck-Messung eine Rolle. Die Längenmessungen sind auch bei einer leichten Durchbiegung weiterhin ausreichend genau. Alternativ kann bei großen Flügeln ein **massives Systemprofil mit drei Metern Länge (z. B. 60×60 mm oder 90×90 mm)** eingesetzt werden. Hier ist die Durchbiegung so gering, dass sie vernachlässigt werden kann. Die Piano-Measure-Pro - Messgeräte passen auf jedes gängige Systemprofil im Raster 30. In diesem Fall kann es erforderlich sein, beide Sensorarme der Geräte um denselben Wert - beispielsweise 30 mm - abzusenken, um den benötigten Messbereich der Laser-Distanzsensoren zu erreichen.



7.5 LIVE-Übertragung der Messwerte zu Excel

Die Messwerte können drahtlos per WLAN in Echtzeit zu einem PC oder Laptop übertragen und dort in einer aktiven Excel-Tabelle weiterverarbeitet und grafisch dargestellt werden. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise die klingenden Längen S eines Instruments komfortabel in Excel übernehmen und mit einem Messurprogramm weiter analysieren und optimieren.

Für die Basssaiten-Fertigung benötigt der Hersteller ein Maßblatt mit den Werten A (Anhanglänge) und B (Gesamtlänge). Diese Werte können mit Piano Measure Pro direkt gemessen und automatisch in das Maßblatt eingetragen werden, das anschließend nur noch per E-Mail versendet werden muss.

7.5.1 Aktivieren des Excel-Modus

Der Excel-Modus wird mit der Raute-Taste # aktiviert. Bei aktiviertem Modus erscheint XLS in weiß, andernfalls grau. Bei jedem Wechsel des Tones werden die Werte aller Parameter des aktuellen Tones automatisch an Excel übertragen.

Während der Übertragung erscheint die Meldung „SEND VALUE...“. Ist keine Verbindung möglich, erscheint die Meldung „PLEASE START EXCEL ON PC“. Bleibt die Verbindung dennoch aus, kann der Vorgang mit der Raute-Taste # abgebrochen werden. Der XLS-Modus wird dann automatisch deaktiviert.

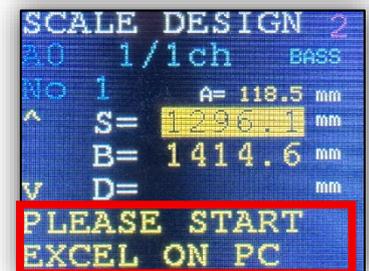
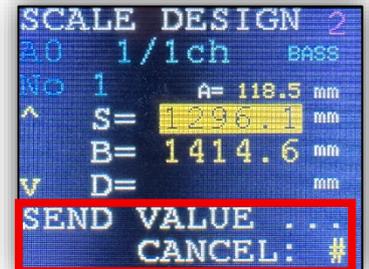
7.5.2 Einrichtung in Excel

Die Excel-Arbeitsmappe wird geöffnet und zum Empfang der Messwerte vom Master-Gerät vorbereitet.

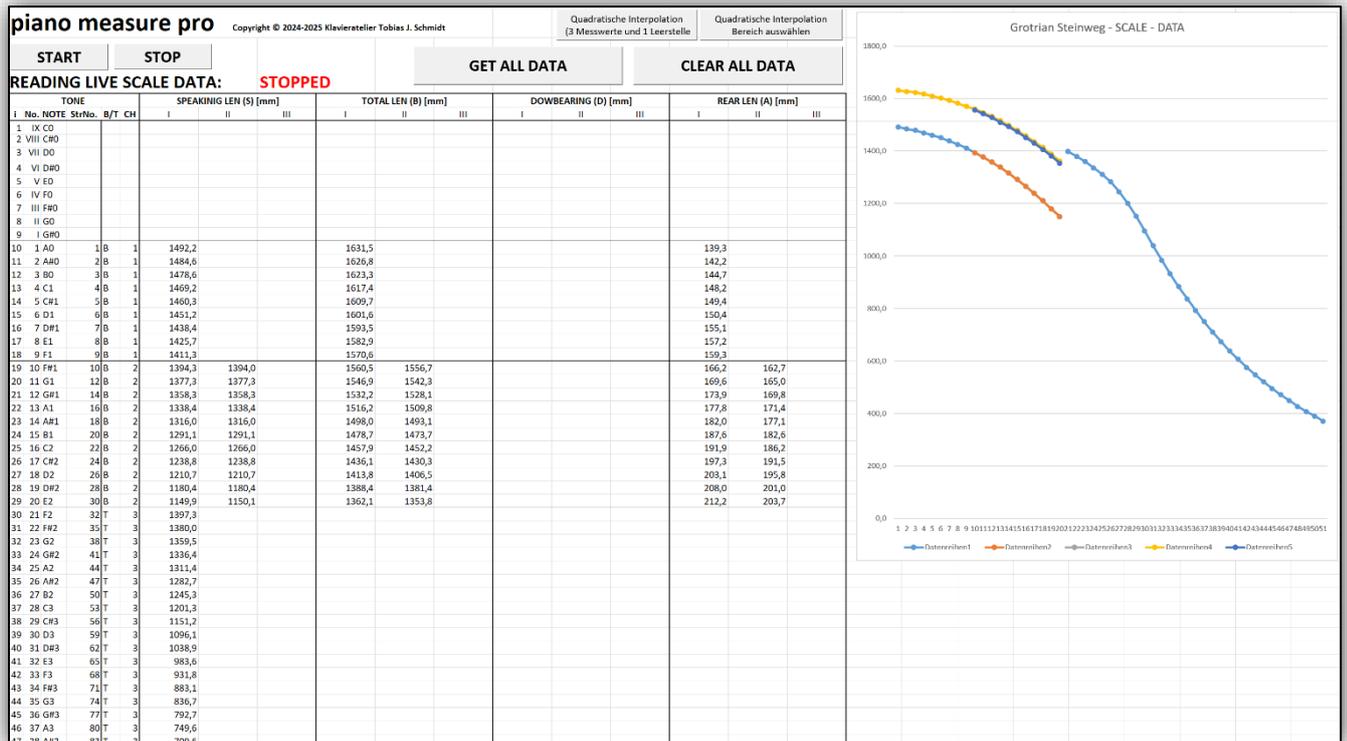
Im Tabellenblatt „DATA“ wird in der Auswahlbox der Modus „NORMAL WIFI MODE 2“ gewählt, da normalerweise das Gerät 2 als Master-Gerät konfiguriert ist.

Sollte kein externes WLAN-Netz zur Verfügung stehen, kann der PC oder Laptop auch direkt mit dem Master-Gerät verbunden werden. Dazu wird das vom Gerät 2 bereitgestellte Netzwerk SSID = „piano-measure-pro-2“ gewählt. In der Auswahlbox muss dann „DIRECT (SOFT AP)“ ausgewählt sein (vgl. Kapitel Datensatz in Excel analysieren, Abschnitt Key Level).

⚠ Wichtig: Damit die Messwerte empfangen werden können, **muss die Makro-Funktionalität in Excel aktiviert sein** (siehe Sicherheitseinstellungen in Excel (Trust-Center))



7.5.3 Tabellenblatt „SCALE_DATA“



Nach dem Wechsel auf das Tabellenblatt „SCALE_DATA“ gelangt man in den Bereich für die Funktion scale design.

Mit den Schaltflächen „START“ / „STOP“ wird der LIVE-Übertragungsmodus aktiviert oder deaktiviert.

Der aktuelle Status wird im Feld „READING LIVE SCALE DATA:“ angezeigt.

- „STOPPED“ (rot) = Modus nicht aktiv
- „STARTED“ (grün) = Modus aktiv, Messwerte werden fortlaufend übertragen

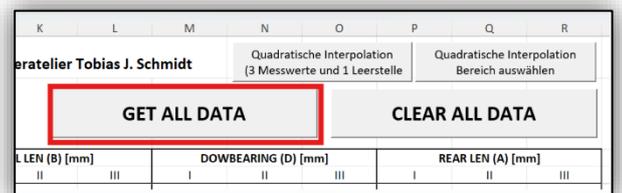
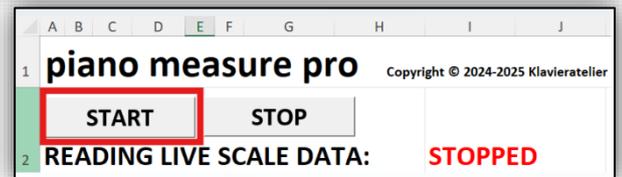
Sobald der LIVE-Modus aktiv ist, werden die Messwerte direkt nach der Erfassung einer Saite an Excel übertragen, dort in die Tabelle eingetragen und zusätzlich im Diagramm rechts grafisch dargestellt.

Nach Aufruf der Funktion scale design kann am Master-Gerät ein bereits vorhandener Datensatz geladen werden (siehe Kapitel „Datensatz laden (Master-Gerät)“). In diesem Fall erscheint kurz die Meldung, dass die Daten via WiFi verfügbar sind.

Mit den Schaltflächen in Tabellenblatt können weitere Funktionen genutzt werden:

- „GET ALL DATA“: Alle im Datensatz gespeicherten Messwerte werden auf einmal nach Excel übertragen.
- „CLEAR ALL DATA“: Alle Messwerte aus scale design werden aus der Excel-Tabelle gelöscht.

⚠ Wichtig: Das Löschen betrifft ausschließlich die Daten in der Excel-Tabelle. Die Messwerte im Gerät selbst bleiben im zugewiesenen Speicherslot erhalten. Bereits vorhandene Messwerte anderer Funktionen (z. B. key level im Tabellenblatt „DATA“) bleiben ebenfalls unberührt.



7.5.4 Erklärung der Tabelle

TONE				SPEAKING LEN (S) [mm]			TOTAL LEN (B) [mm]			DOWBEARING (D) [mm]			REAR LEN (A) [mm]		
I	No.	NOTE	StrNo.	B/T	CH	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1	IX	C0													
2	VIII	C#0													
3	VII	D0													
4	VI	D#0													
5	V	E0													
6	IV	F0													
7	III	F#0													
8	II	G0													
9	I	G#0													
10	1	A0	1	B	1	1492,2			1631,5				139,3		
11	2	A#0	2	B	1	1484,6			1626,8				142,2		

Die Tabelle dient zur übersichtlichen Darstellung aller Messwerte der Funktion scale design.

Kopfspalten („TONE“)

- Spalte (laufende Nummer): Fortlaufende Zählung der Einträge.
- Spalte „No.“: Laufende Nummer des Tones. Normalerweise beginnt die Zählung der Töne mit 1 bei A0. Befinden sich jedoch links von A0 noch zusätzliche Tasten (z. B. beim **Bösendorfer Imperial**), wird ab A0 nach links heruntergezählt. Diese Töne werden mit römischen Zahlen (I, II, III ...) nummeriert, bis zur äußersten linken Taste.
- Spalte „NOTE“: Tonbezeichnung (z. B. A0, C4).
- Spalte „StrNo.“: Saitennummer (die Saiten werden beginnen bei der ersten Saite des ersten Tones nach oben hin nummeriert).
- Spalte „B/T“: Kennzeichnung, ob es sich um einen Bass-Ton (B = Bass mit umsponnenen Saiten) oder um einen Ton der Mittellage bzw. des Diskants (T) handelt.
- Spalte „CH“: Anzahl der Saiten, die der jeweilige Ton hat (1-chörig, 2-chörig oder 3-chörig).

Messwert-Spalten

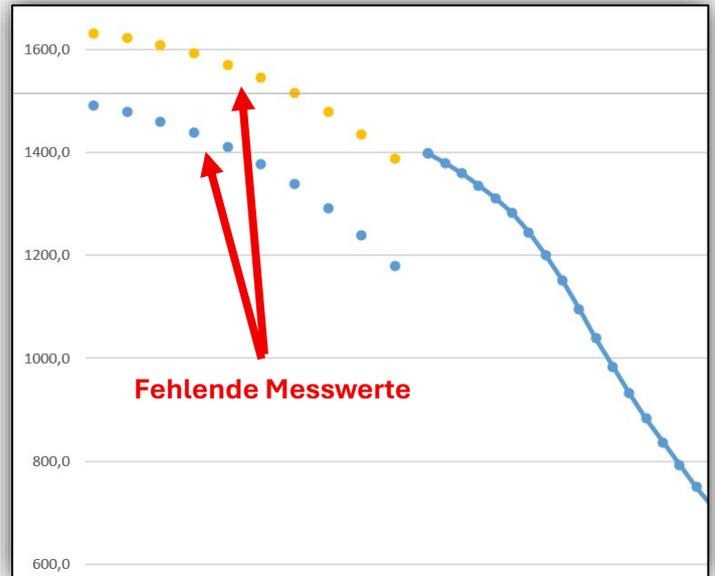
Anschließend folgen vier Hauptspalten mit den gemessenen Parametern:

- SPEAKING LEN (S) [mm]: klingende Länge.
- TOTAL LEN (B) [mm]: Gesamtlänge.
- DOWBEARING (D) [mm]: Stegdruck (Überhöhung).
- REAR LEN (A) [mm]: Anhanglänge.

Jede dieser Hauptspalten ist nochmals unterteilt in die Unterspalten I, II, III, die die erste, zweite und dritte Saite des jeweiligen Tones repräsentieren. In jeder Zeile stehen somit die Messwerte für alle Saiten des entsprechenden Tones nebeneinander.

7.5.5 Interpolation fehlender Messwerte

7	III	F#0				
8	II	G0				
9	I	G#0				
10	1	A0	1	B	1	1492,2
11	2	A#0	2	B	1	
12	3	B0	3	B	1	1478,6
13	4	C1	4	B	1	
14	5	C#1	5	B	1	1460,3
15	6	D1	6	B	1	
16	7	D#1	7	B	1	1438,4
17	8	E1	8	B	1	
18	9	F1	9	B	1	1411,3
19	10	F#1	10	B	2	
20	11	G1	12	B	2	1377,3
21	12	G#1	14	B	2	
22	13	A1	16	B	2	1338,4
23	14	A#1	18	B	2	
24	15	B1	20	B	2	1291,1
25	16	C2	22	B	2	
26	17	C#2	24	B	2	1238,8
27	18	D2	26	B	2	
28	19	D#2	28	B	2	1180,4
29	20	E2	30	B	2	
30	21	F2	32	T	3	1397,3
31	22	F#2	35	T	3	1380,0
32	23	G2	38	T	3	1359,5
33	24	G#2	41	T	3	1336,4
34	25	A2	44	T	3	1311,4
35	26	A#2	47	T	3	1282,7
36	27	B2	50	T	3	1245,3

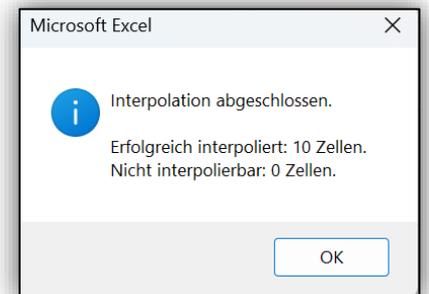


Um den Messvorgang zu beschleunigen, können bestimmte Saiten nach einem festen Muster ausgelassen werden. Dadurch reduziert sich die Zahl der Einzelmessungen und **es wird Zeit gespart.**

Quadratic Interpolation
(3 values 1 gap)

Select Quadratic Interpolation
Range

Oft sind die Reihen der Anhangstifte oder Stegstifte in einer nahezu geraden Kurve geometrisch angeordnet. In solchen Fällen genügt es, die Messwerte links und rechts neben einer ausgelassenen Saite zu erfassen und den fehlenden Wert durch Interpolation zu berechnen. Auf diese Weise lassen sich erstaunlich genaue Ergebnisse erzielen, die in der Praxis häufig vollkommen ausreichen. Der Techniker entscheidet selbst, welche Genauigkeit im jeweiligen Fall erforderlich ist.



Bei der Aufnahme wird also regelmäßig ein Anhangstift oder ein Stegstift ausgelassen. Dadurch entstehen Lücken in der Tabelle, die anschließend durch Interpolation gefüllt werden können.

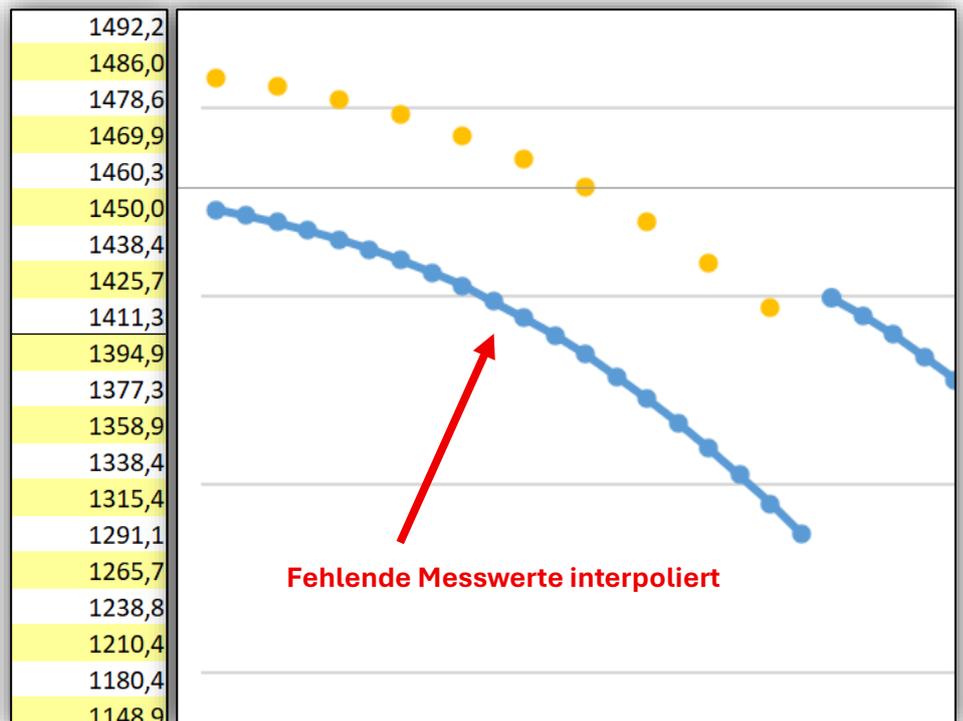
In der Tabelle sind die fehlenden Messwerte als graue Zellen gekennzeichnet.

Der Zell-Bereich wird markiert und nach Anklicken von „Select Quadratic Interpolation Range“ werden diese Lücken automatisch mit interpolierten Werten ergänzt.

Die interpolierten Werte werden in der Tabelle gelb markiert.

Im Diagramm ist deutlich zu erkennen, wie die fehlenden Punkte die vorhandene Linie ergänzen und die Kurve glätten.

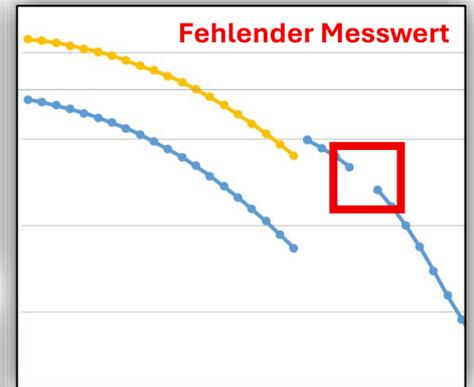
⚠ Wichtig: Die Interpolation ersetzt keine reale Messung an kritischen Stellen (z. B. im Bereich von Übergängen oder konstruktiven Besonderheiten), sondern ist ein Hilfsmittel, um in gleichmäßig aufgebauten Bereichen Messzeit einzusparen.



Quadratische Interpolation (3 Messwerte, eine Leerstelle)

Es kann vorkommen, dass einzelne Saiten nicht gemessen werden können, weil sie durch Bauteile der akustischen Anlage verdeckt sind und der Laserstrahl den Messpunkt nicht erreicht. Fehlen solche vereinzelt Messwerte, können sie mit einer zweiten Interpolationsmethode ergänzt werden.

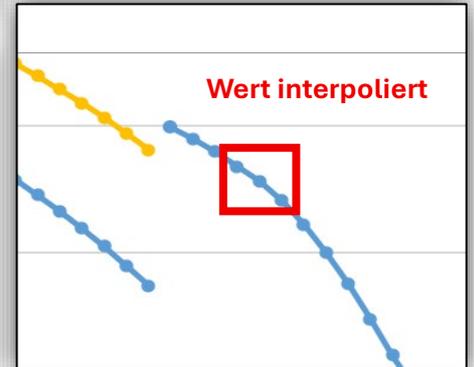
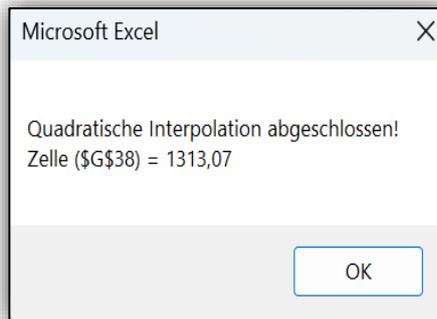
F#2	35	T	3	1380,0
G2	38	T	3	1359,5
G#2	41	T	3	1336,4
A2	44	T	3	
A#2	47	T	3	1282,7
B2	50	T	3	1245,3
C3	53	T	3	1201,3
C#3	56	T	3	1151,2
D3	59	T	3	1096,1



**Quadratische Interpolation
(3 Messwerte und 1 Leerstelle)**

Quadratische Interpolation
Bereich auswählen

Dazu markiert man drei vorhandene zusammenhängende Messwerte sowie die dazwischenliegende leere Zelle und klickt auf die entsprechende Schaltfläche. Der fehlende Wert wird automatisch interpoliert, in die Tabelle eingetragen und die Lücke in der Kurve geschlossen.



piano measure pro Copyright © 2024-2025 Klavieratelier Tobias J. Schmidt

START STOP GET ALL DATA CLEAR ALL DATA

READING LIVE SCALE DATA: STOPPED

1 No.	2 NOTE	3 StrNo.	4 B/T	5 CH	6 SPEAKING LEN (S) [mm]			7 TOTAL LEN (B) [mm]			8 DOWBEARING (D) [mm]			9 REAR LEN (A) [mm]		
					I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
10	1	A0	1	B	1	1492,2		1631,5							139,3	
11	2	A#0	2	B	1	1486,0		1628,1							142,1	
12	3	B0	3	B	1	1478,6		1623,3							144,7	
13	4	C1	4	B	1	1469,9		1618,8							146,9	
14	5	C#1	5	B	1	1460,3		1609,7							149,4	
15	6	D1	6	B	1	1450,0		1602,4							152,4	
16	7	D#1	7	B	1	1438,4		1593,5							155,1	
17	8	E1	8	B	1	1425,7		1582,2							156,4	
18	9	F1	9	B	1	1411,3		1570,6							159,3	
19	10	F#1	10	B	2	1394,9		1559,6							164,7	
20	11	G1	11	B	2	1377,3		1546,9							169,6	
21	12	G#1	12	B	2	1358,9		1532,4							173,5	
22	13	A1	13	B	2	1338,4		1516,2							177,8	
23	14	A#1	14	B	2	1315,4		1498,1							182,7	
24	15	B1	15	B	2	1291,1		1478,7							187,6	
25	16	C2	16	B	2	1265,7		1458,0							192,3	
26	17	C#2	17	B	2	1238,8		1436,1							197,3	
27	18	D2	18	B	2	1210,4		1412,9							202,5	
28	19	D#2	19	B	2	1180,4		1388,4							208,0	
29	20	E2	20	B	2	1148,9		1362,6							213,7	
30	21	F2	21	T	3	1397,3										
31	22	F#2	22	T	3	1380,0										
32	23	G2	23	T	3	1359,5										
33	24	G#2	24	T	3	1336,4										
34	25	A2	25	T	3	1313,1										
35	26	A#2	26	T	3	1282,7										
36	27	B2	27	T	3	1245,3										
37	28	C3	28	T	3	1201,3										
38	29	C#3	29	T	3	1151,2										
39	30	D3	30	T	3	1096,1										
40	31	D#3	31	T	3	1038,0										

Grottrian Steinweg - SCALE - DATA

7.5.6 Maß-Blatt für die Bass-Saiten Fertigung

Zusätzlich steht das Tabellenblatt „SCALE_BASS“ zur Verfügung. In dieser Tabelle werden automatisch die Messwerte der umspannenen Saiten (Bass-Bereich) eingetragen. Die Darstellung folgt einem speziellen Layout, das auf die Anforderungen der Basssaiten-Hersteller abgestimmt ist.

Für die Anfertigung der Saiten benötigt der Hersteller die Längenangaben:

- Anhanglänge A
- Gesamtlänge B

Diese Werte werden mit einer fortlaufenden Saitennummer versehen, beginnend bei der tiefsten und längsten Saite. Weitere Daten wie klingende Länge oder Stegdruck sind für den Hersteller nicht relevant und würden nur verwirren. Die Tabelle kann daher 1:1 an den Lieferanten übermittelt werden.

Im Tabellenblatt „SCALE_BASS“ ist der Aufbau anders als im Blatt „SCALE_DATA“:

Die Messwerte der einzelnen Saiten eines Tones werden untereinander statt nebeneinander angezeigt. Bei einchörigen oder zweichörigen Tönen entstehen dadurch leere Zeilen, da hier keine Messwerte für alle drei Saiten vorhanden sind.

Zur besseren Übersicht stehen daher noch folgende Funktionen zur Verfügung:

- Mit der Schaltfläche „Leere ausblenden“ werden alle leeren Zeilen ausgeblendet.
- Mit der Schaltfläche „Alles einblenden“ lassen sich sämtliche Zeilen wieder anzeigen.

	A	B	C	E	F	G	H	I	J
1	No.	Note	StrNo.	A [mm]	B [mm]	Hide empty	Show all		
29	1	A0	1	139,3	1631,5				
32	2	A#0	2	142,2	1626,8				
35	3	B0	3	144,7	1623,3				
38	4	C1	4	148,2	1617,4				
41	5	C#1	5	149,4	1609,7				
44	6	D1	6	150,4	1601,6				
47	7	D#1	7	155,1	1593,5				
50	8	E1	8	157,2	1582,9				
53	9	F1	9	159,3	1570,6				
56	10	F#1	10	166,2	1560,5				
57	10	F#1	11	162,7	1556,7				
59	11	G1	12	169,6	1546,9				
60	11	G1	13	165,0	1542,3				
62	12	G#1	14	173,9	1532,2				
63	12	G#1	15	169,8	1528,1				
65	13	A1	16	177,8	1516,2				
66	13	A1	17	171,4	1509,8				
68	14	A#1	18	182,0	1498,0				
69	14	A#1	19	177,1	1493,1				
71	15	B1	20	187,6	1478,7				
72	15	B1	21	182,6	1473,7				
74	16	C2	22	191,9	1457,9				
75	16	C2	23	186,2	1452,2				
77	17	C#2	24	197,3	1436,1				
78	17	C#2	25	191,5	1430,3				
80	18	D2	26	203,1	1413,8				
81	18	D2	27	195,8	1406,5				
83	19	D#2	28	208,0	1388,4				
84	19	D#2	29	201,0	1381,4				
86	20	E2	30	212,2	1362,1				
87	20	E2	31	203,7	1353,8				
293									