

Repetitionsverhalten beim Piano: Spielbarkeit nach Einbau unterstützender Federmechanik

Montserrat Pàmies-Vilà¹, Alexander Mayer¹, Werner Goebel¹, Gregor Widholm¹

¹Institut für musikalische Akustik - Wiener Klangstil (IWK), Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, Wien
Email: pamies-vila — mayer — goebl — widholm@mdw.ac.at

Kurzfassung

Sehr schnelle Triller und Tonwiederholungen, wie sie im Klavier-Repertoire üblicherweise gefordert werden, konnten bisher nur auf Flügeln mit Doppelrepetitionsmechanik realisiert werden, nicht aber auf Mechaniken von Klavieren (Pianos, upright pianos). Für eine schnelle Repetition ist es notwendig, dass ein weiterer Anschlag durchgeführt werden kann, noch bevor die Taste vollständig in ihre Ausgangsposition zurückgekehrt ist. Die in Wien beheimatete Firma Feurich hat mit ihrer patentierten “High Speed KAMM Action” eine Möglichkeit gefunden, solch schnelle Repetitionen auch am Klavier zu ermöglichen. Um die Auswirkung der neuen Federmechanik auf Spielbarkeit und Klang in der Praxis zu analysieren, wurden je zwei baugleiche Klaviere der Firmen Feurich und Bechstein eingesetzt, wovon jeweils eines – von außen nicht erkennbar – die neue Federmechanik enthielt. Die mit einem neu entwickelten, digital gesteuerten und sensorgestützten Anregungsmechanismus durchgeführten optischen und akustischen Spielanalysen zeigten, dass der wesentliche Unterschied in jener Tastentiefe liegt, bei der ein neuerlicher Anschlag ausgeführt werden kann. Darüber hinaus beurteilten neunzehn international renommierte Pianist/innen anhand von vorgegebenen und frei wählbaren Stücken die vier Instrumente. Eine systematische Auswertung ergab, dass die Instrumente mit der neuen Federmechanik als klanglich gleichwertig, aber in ihrer Repetitionsfähigkeit als eindeutig besser beurteilt wurden, besonders was die Tonwiederholungen im Pianissimo betrifft.

Einleitung

Der wesentliche Unterschied zwischen einem Flügel (*grand piano*) und einem Klavier (*upright piano*, *pianino*) liegt in der Stellung der Hammermechanik: beim Flügel waagrecht, beim Klavier senkrecht. Sehr schnelle Passagen und vor allem Tonwiederholungen, welche im Klavierrepertoire üblich sind, können auch heutzutage nur auf Flügeln richtig bewältigt werden. Flügel verfügen über eine Doppelrepetitionsmechanik (“double échappement”), der sehr rasche Tonwiederholungen ermöglicht (Giordano, 2010). Der Repetierschenkel (oder *balancier*) ermöglicht einen erneuten Anschlag, ohne dass die Taste vollständig in ihre Ausgangsposition zurückkehren muss (Abbildung 1 links). Der Repetierschenkel erreicht dies durch eine Feder, die den Hammer hinauf drückt, sodass die Stoßzunge unter das Hammergelenk zurückspringen kann. Klaviere mit senkrechter Mechanik haben keinen Repetierschenkel. Zahlreiche Versuche, dieses Defizit der Klaviermechanik durch gezielte Modifikationen zu beseitigen, scheiterten im

vergangenen Jahrhundert aus verschiedensten Gründen und konnten sich am internationalen Klaviermarkt nicht durchsetzen (z.B. Kimble, 1978).

Die Wiener Klaviermanufaktur Feurich hat in Zusammenarbeit mit dem Klaviermeister Udo Kamm einen Mechanismus für verbesserte Tonwiederholungen in der Klaviermechanik entwickelt und als “High Speed KAMM Action” patentiert (Bittner et al., 2013). Bei der KAMM-Action (kurz Form in diesem Manuskript) handelt es sich um eine Spiralfeder mit einem integrierten Filz-Röllchen (Kamm, 2021). Diese Röllchen-Feder unterstützt die Stoßzunge, schneller unter den Hammer zurück zu fallen (Abbildung 1 rechts). Da für den Erfinder bzw. den Hersteller eine objektive Beurteilung und wissenschaftliche Analyse sehr schwierig war, wurde im Rahmen eines durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) geförderten Innovationsschecks die wissenschaftliche Expertise des Instituts für musikalische Akustik (IWK) hinzugezogen. Die vorliegende Arbeit ist eine Zusammenfassung der so entstandenen Forschung.

Da sich bei der Mechanik des Klaviers viele mechanische Komponenten gegenseitig beeinflussen, ist es eine Herausforderung, die Parameter der einzelnen Teile und deren Einfluss auf den Gesamttablauf zu bestimmen. Daher war eine systematische Analyse und eine Zeitlupen-Visualisierung der Mechanik erforderlich. Außerdem musste die Rolle der Spieler/innen berücksichtigt werden, um die Verbesserung der Spielbarkeit nach Einführung der neuen Federn nachzuweisen. In Zusammenarbeit mit der Firma Feurich und unter Beteiligung eines zweiten Herstellers wurden zwei Experimente durchgeführt. Eines mithilfe eines künstlichen Anregemechanismus und eine unter Einbeziehung von erfahrenen Klavierspieler/innen.

Künstliche Anregung und Messaufbau

Für die künstliche Anregung von Klaviertasten wurde eine computergesteuerte Anschlagmaschine gebaut (Abbildung 2). Das zentrale Element der Anschlagmaschine ist ein Shaker, dessen Bewegungsablauf mithilfe eines mit optischen Sensoren gestützten Regelkreises in Echtzeit kontrolliert und gesteuert wird. Da die Geschwindigkeit, die Form der Beschleunigung, der Hub (Auslenkung der Taste) und die Position des Hubes innerhalb des Klavier-Tastenweges frei wählbar sind, können damit verschiedene Anschlag-Muster reproduziert werden. Die Software zur Steuerung und Erfassung, sowie zur Aufzeichnung der Sensordaten wurde in LabView (National Instruments) realisiert.

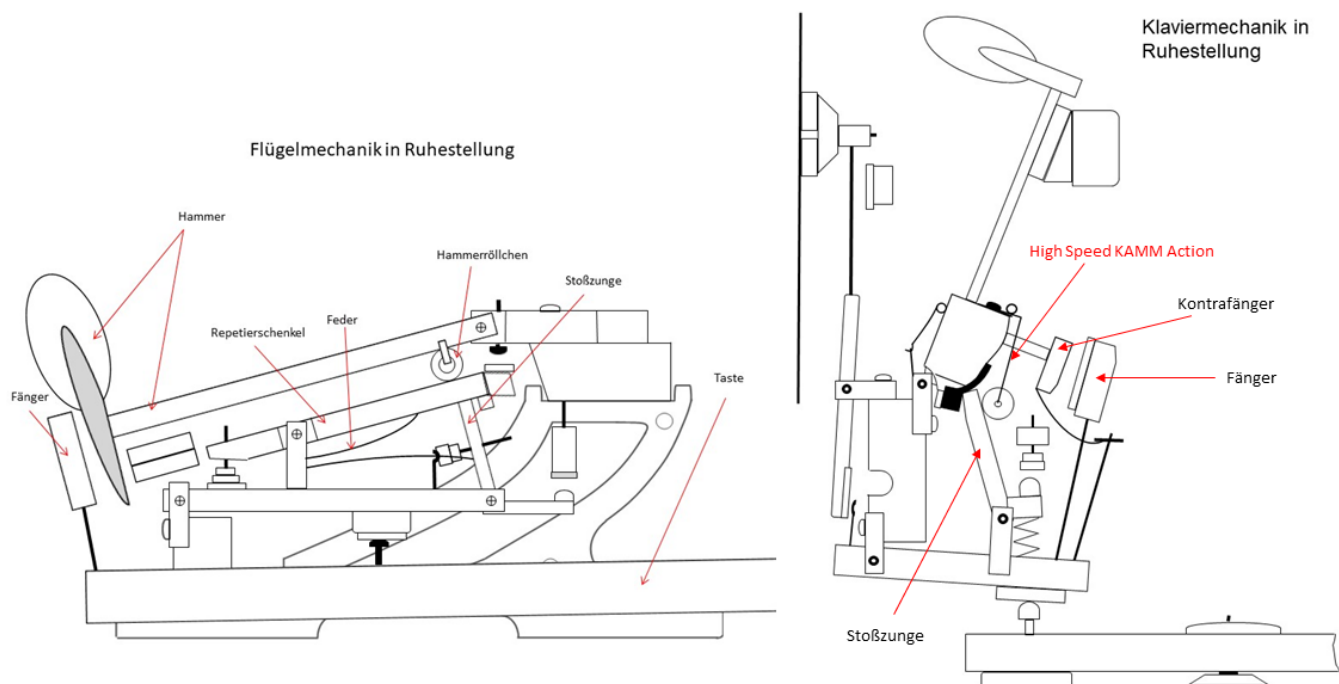


Abbildung 1: Vergleich der Mechanik eines Flügels (links) und eines Klaviers (rechts) in Ruhestellung mit eingebauter KAMM-Action-Feder. (Abbildung erstellt und zur Verfügung gestellt von Udo Kamm).

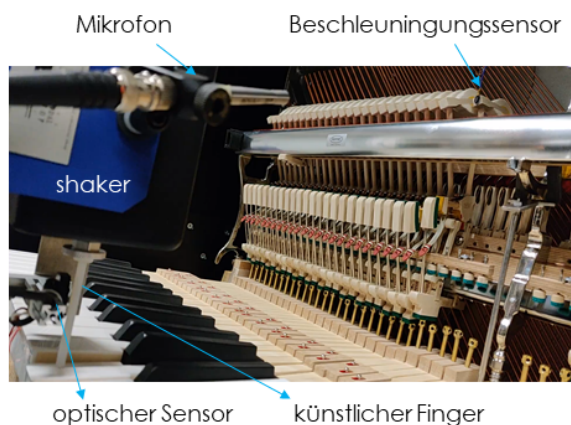


Abbildung 2: Anschlagmaschine und Messaufbau auf einem Feurich Klavier (Model 123 Vienna) mit eingebauten KAMM-Action-Federn.

Für die Erfassung der relevanten Daten wurden am Hammerkopf ein 0,2 Gramm leichter Beschleunigungsaufnehmer (PCB, 352C23) und am Tastenboden (Referenzpunkt) ein Piezo-Kontaktaufnehmer montiert. Ein optischer Sensor (Honeywell, HOA1405) lieferte die Daten zum Bewegungsablauf und der erzeugte Klang wurde gleichzeitig mit einem Mess-Mikrofon erfasst. Welche Repetitionsraten in der Praxis Relevanz besitzen wurden in einer Voruntersuchung mit einer High-Speed-Kamera (480 Bilder pro Sekunde) bestimmt. Die mit der High-Speed-Kamera aufgenommene Bilder ermöglichten detaillierten Einblicke in die bisher nicht sichtbare Interaktion der “High Speed KAMM Action” Federn mit der herkömmlichen Klaviermechanik. Diese zeigten das Verhalten der Mechanik in den Grenzbereichen der Repetitionsraten. Bei dieser

ersten Untersuchung wurde klar, dass nur die Auslenkungen der Taste, die den Tastenboden erreichen, zu einem Unterschied zwischen den Klavieren mit und ohne die eingeführten Federn führen. Darüber hinaus wurden alle getesteten Hübe vom Tastenboden aus gemessen, und die Bewegung des künstlichen Fingers wurde so definiert, dass er die Taste immer bis zum Tastenboden führt.

Um auch die Marken-unabhängige Funktion der KAMM-Action zu überprüfen, wurden die Messungen zusätzlich zu den zwei baugleichen Klavieren *Model 123 Vienna* der Firma Feurich (eines mit KAMM-Action ausgestattet und eines ohne), auch an zwei baugleichen Klavieren *Concert 8* der Deutschen Klaviermanufaktur C. Bechstein durchgeführt. Damit ergab sich folgende Design: 2 Marken (Feurich, Bechstein) \times 2 Konditionen (mit, ohne Feder) \times 4 Tasten (2 weiße, 2 schwarze) \times 7 Repetitionsraten \times 8 Hub-Tiefen \times 50 Repetitionen.

Einfluss des Hubs auf die Repetitionsfähigkeit

Die Messungen ergaben bei den Klavieren der Firma Feurich als auch bei den Klavieren der Fremdmärke selbst bei niedrigen Repetitionsraten (4–7 Anschläge pro Sekunde) einen vom Hub abhängigen, klaren Unterschied zwischen den mit KAMM-Action ausgestatteten und den herkömmlichen Mechaniken (Tabelle 1). Bei einem Hub von 10–8 mm, wird die Taste voll bis zum Boden niedergedrückt und komplett losgelassen (das heißt, immer bis zum Tastaturniveau zurückgebracht). In diesem Fall, genauso wie wenn man ganz oben am Tastaturniveau spielt (ohne den Boden zu erreichen), ist kein Unterschied zwischen den Klavieren. Bei einem Hub von 7–6 mm treten bei den Klavieren ohne KAMM-Action bereits des Öfteren Probleme auf und die Stoßzunge bleibt

stecken. Ab einem Hub von 5–2 mm ist das Repetieren nur mehr bei den mit KAMM-Action ausgestatteten Klavieren möglich. Das bedeutet, dass die Sensibilität der Mechanik und damit die Kontrolle durch die Pianist/innen durch den Einbau der KAMM-Action generell deutlich erweitert wird.

Tabelle 1: Hub pro Klavier, unter dem der Hammer die Saite nicht mehr korrekt anschlägt. *K* steht für die getestete *High-speed KAMM Action*.

Klavier	Taste			
	C \sharp_3	D $_3$	D \sharp_5	F $_5$
Feurich ohne <i>K</i>	9 mm	8 mm	8 mm	8 mm
Feurich mit <i>K</i>	2 mm	2 mm	3 mm	2 mm
Bechstein ohne <i>K</i>	7 mm	8 mm	7 mm	8 mm
Bechstein mit <i>K</i>	3 mm	4 mm	2 mm	3 mm

Das Testinstrument ohne KAMM-Action schaffte bis zu 11 Töne pro Sekunde – aber nur bei vollem Tasten-Hub von 9–10 mm. Üblicherweise verkürzen Pianist/innen den Hub um schneller bzw. leiser zu spielen. Das wäre nur mehr für Mechaniken mit eingebautem unterstützenden Federn möglich. Mit dieser schaffte das Klavier bis zu 15 Töne pro Sekunde, eine Repetitionsrate, die für menschliche Spieler/innen unmöglich zu erreichen ist.

Test mit professionellen Pianist/innen

Um den Einfluss der eingebauten Federn auf die tatsächliche Spielbarkeit des Klaviers zu untersuchen,

wurde eine zusätzliche Studie mit Spieler/innen durchgeführt. Im Mittelpunkt des Interesses stand hierbei die Frage, ob Pianist/innen das “Feeling” (der gefühlte Kontakt der Spieler zur Saite) der Klaviermechanik oder gar die Klangqualität des Klaviers unterschiedlich beurteilen würden. Daher wurden 20 professionelle Pianist/innen gebeten, auf den vier Test-Klavieren (zwei mit und zwei ohne den eingebauten Federn) zu spielen. 19 Testpersonen beurteilten die Klaviere anhand eines Fragebogens. Die Pianist/innen wussten nicht, in welchen der Klaviere die Mechanik mithilfe der Federn modifiziert war. Aufgrund der verschiedenen Ästhetik der Klaviere war es den Teilnehmer/innen möglich, den jeweiligen Hersteller zuzuordnen, auch wenn die Markenbezeichnungen abgeklebt waren. Die Unterschiede zwischen den beiden Herstellern sind allerdings nicht Gegenstand dieser Studie. Das Protokoll wurde vom Ethikkommission der Universität für Musik und darstellende Kunst Wien genehmigt. Mit neun Fragen wurden die Beurteilungen des Klanges, des Spielgefühls und der Repetitionsfähigkeit in den einzelnen Registern und für die verschiedenen Dynamikstufen abgefragt. Die Testpersonen konnten auf einer 6-stufigen Skala zwischen *excellent* und *very poor* wählen (Abbildungen 3 und 4).

Die Teilnehmer/innen hatten Klavierpraxis von 15 bis 60 Jahren. Es handelte sich um 16 aktive Konzertspieler/innen oder Universitätsprofessor/innen und 3 Teilnehmer/innen mit Klavierausbildung, die derzeit aber nicht professionell tätig waren. Zu Beginn der Sitzung wurden sie über den Ablauf des Experiments infor-

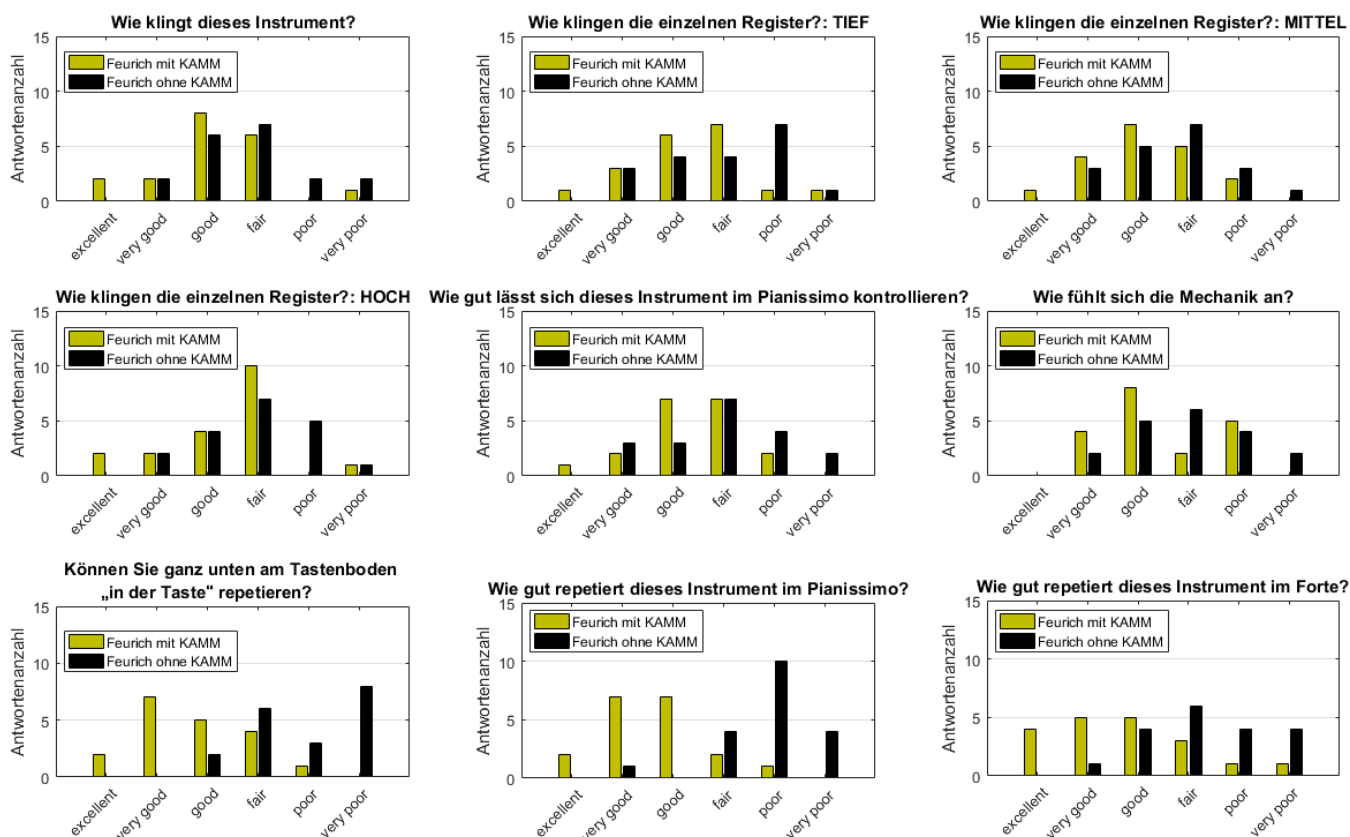


Abbildung 3: Anzahl der Antworten (von 19 Testpersonen) bei Vergleich zwei Feurich Klaviere mit und ohne KAMM-Action

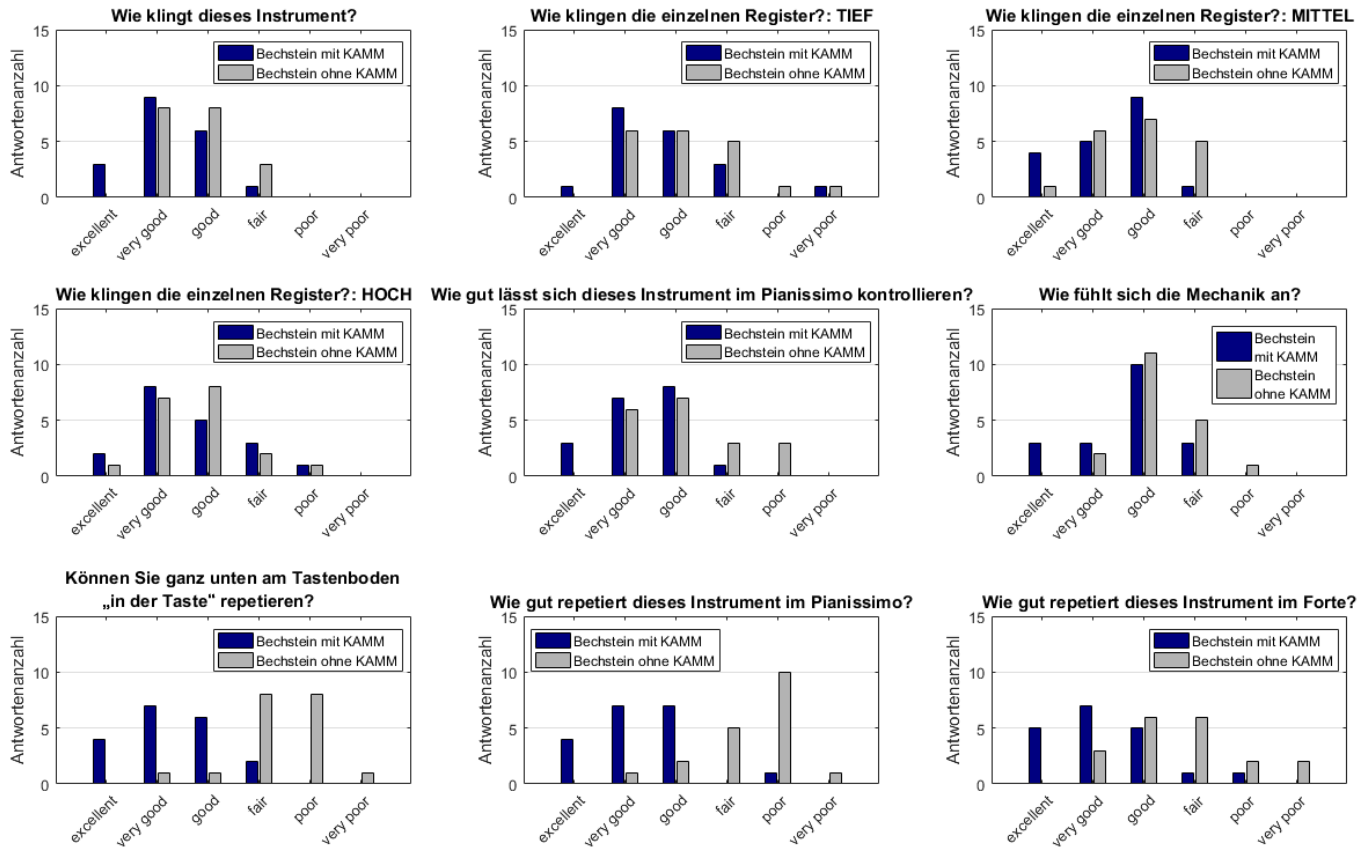


Abbildung 4: Anzahl der Antworten (von 19 Testpersonen) bei Vergleich zwei Bechstein Klaviere mit und ohne KAMM-Action

miert und gebeten, eine Einverständniserklärung zu unterschreiben. Die einzigen persönlichen Daten, die erhoben wurden, betrafen die Art des Spiels (18 klassisch, 1 Jazz), die Jahre der Erfahrung, die Stunden des Übens pro Woche und die Häufigkeit des Spiels auf Klavieren. Die meisten von ihnen spielten gewöhnlich auf Flügeln.

Bezüglich der Frage nach dem Klang wurden die Klaviere mit KAMM-Action mit einer gewissen Streuung etwas besser beurteilt (generell, wie auch im Detail im tiefen, mittleren und hohen Register), siehe Abbildungen 3 und 4. Das dürfte psychologischen bzw. sensorischen Effekten geschuldet sein, weil der so-genannte ‘Touch’ die Wahrnehmung des Klanges beeinflusst (Galembo, 2001). Trotzdem hat die Modifikation der Mechanik unseres Wissens nach keinen direkten (weder positiven noch negativen) Einfluss auf den Klang. Es ist auch erwähnenswert, dass das tiefe Register bei allen Klavieren als klanglich minderwertig eingestuft wurde, da die Basssaiten bei einem Klavier kürzer sind als bei einem Flügel (Campbell, 2013). Signifikant und eindeutig besser fiel für beide Klaviermarken bei den mit KAMM-Action bestückten Klavieren die Beurteilung des Spielgefühls und der Kontrolle durch den/die Pianist/innen aus: vor allem im Pianissimo aber auch im Forte-Spiel. Bei der Frage nach dem Verhalten der Instrumente bei schnellen Repetitionen befanden sich nahezu alle Antworten für die modifizierten Klaviere bei “*excellent, very good, good*”, während die baugleichen herkömmlichen Instrumente bei “*fair, poor, very poor*” landeten.

Dankwort

Diese Forschung wurde durch den FFG Innovationscheck, Projektnummer 872883, gefördert. Die Autoren danken den Pianist/innen, die freiwillig an der Studie teilgenommen haben.

Literatur

- E. Bittner, L. Bai, U. Kamm, and S. Kamm. Piano-Mechanik mit mehreren Tasten, 2013. Patentnummer DE,FR,UK: 2869295; AT: 514688.
- M. Campbell. Objective evaluation of musical instrument quality: A grand challenge in musical acoustics. In *Proc. Meetings on Acoustics ICA2013*, volume 19, page 032003, 2013.
- A. Galembo. Perception of musical instrument by performer and listener (with application to the piano). In *Proc. Int. Workshop on Human Supervision and Control in Engineering and Music*, pages 257–266, 2001.
- N. J. Giordano. *Physics of the Piano*. Oxford University Press, Oxford, 2010.
- U. Kamm. Feurich High Speed KAMM Action. Flügelmechanik vs. Klaviermechanik, 2021. <https://www.klavieratelier-kamm.de/>, Zugriff August 2021.
- T. E. Kimble. Means for improving the repetition characteristics of an upright piano action, Oct. 10 1978. US Patent 4,119,008.