

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Studiengang: Veranstaltungstechnik und -management

Zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Engineering“



Exposé zur Masterarbeit

Entwicklung und Evaluation einer lautheitsbasierten Mischautomation

vorgelegt von:

Christian Simbürger, Matrikel-Nr.: 911594

vorgelegt am:

24.04.2021

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau

Gutachter: Prof. Dr. Ing. André Jakob

Inhaltsverzeichnis

1. Idee und Ausgangslage	1
2. Stand der Technik.....	1
3. Zielsetzung und Methodik.....	2
4. Aufbau der Arbeit	3
5. Zeitplan	4
Literaturverzeichnis.....	III

1. Idee und Ausgangslage

Als Masterarbeit strebe ich an, eine lauthheitsbasierte Mischautomation mit vordefinierten Lautheitsbeziehungen zu entwickeln. Dies soll vor allem an dem Beispiel einer Fußball-Bundesliga-Mischung erörtert werden, da ich mich mit diesem Gebiet bereits in meiner Bachelorarbeit intensiv beschäftigt habe. Meine Bachelorarbeit hat gezeigt, dass sich eine Bundesligamischung auf einige wenige Subgruppen herunterbrechen lässt.¹ Des Weiteren haben Experteninterviews, die im Rahmen meiner Bachelorarbeit von mir geführt wurden, gezeigt, dass sich zwischen diesen Subgruppen sinnvolle Lautheitsbeziehungen herstellen lassen.² Ziel dieser Masterarbeit ist es eine automatisierte Mischung durch die Einhaltung dieser definierten Lautheitsbeziehungen zueinander zu erstellen. Als Partner konnte ich die Firma LAWO gewinnen. Diese Mischautomation soll durch die Entwicklung eines Max for Live Plug-Ins für die DAW Ableton Live umgesetzt werden. Der Produktionsstandard in der Fußball-Bundesliga ist aktuell das 5.1 Surround Format.³ Aufgrund der deutlich erschwerten Umsetzung und der begrenzenden Möglichkeiten eines Max for Live Plug-Ins wird in dieser Arbeit ein Stereo fähiges Plug-In entwickelt. Diese Entscheidung wurde sowohl mit der Firma LAWO als auch in Absprache mit dem Experten Felix Krückels getroffen. Aufgrund der akkuraten Downmixtools ist eine lauthheitsbasierte Mischautomation auch im Stereoformat aussagekräftig. Die zu verwendenden exakten Downmixparameter sind im Audioproduktionskonzept der Fußball-Bundesliga niedergeschrieben.⁴ Am Ende der Arbeit soll ein funktionsfähiger Prototyp eines Max for Live Plug-Ins stehen.

2. Stand der Technik

Die Integration von Lautheitsmessungen in digitalen Produktionsmischpulten ist bereits Standard. Lautheitsmessungen sind in jedem Kanalzug implementiert und neben dem gängigen peak programme level meter (PPM) wählbar.⁵ Die Lautheitsmessungen sind auf die Empfehlung R128 der EBU zurückzuführen.⁶ Die genormte Implementation dieser Lautheitsmessung ist in der Empfehlung der International Telecommunication Union ITU-R BS.1770-4 zu finden.⁷ Die EBU hat in ihrer Tech 3341 hierzu weitere Begriffe wie die momentary loudness, short-term loudness und die integrated loudness definiert.⁸ Dort werden

¹ Simbürger (2020), S. 71

² Krückels (2019), S. 22, Z. 5ff

³ Sportcast (2019), S. 14

⁴ Ebenda, S. 27

⁵ IRT (2013)

⁶ EBU (2020a)

⁷ ITU-R (2015)

⁸ EBU (2016)

auch UI-Elemente aufgeführt, welche ein Loudnessmeter mit „EBU-Mode“ aufweisen müssen. Ein weiterer Teil der Lautheitsmessung ist die Implementierung eines true peak meters, welches in der Lage ist intersample peaks zu detektieren. Auch hierfür macht die EBU Vorgaben. So wird in der R 128 s1 die programm loudness auf -23 LUFS festgelegt, die maximum short-term loudness auf -18 LUFS und der maximum true peak level auf -1dBTP.⁹ Für die Implementierung dieser Messungen ziehe ich für die grundlegende Audio-Filter-Theorie das Werk Digitale Audiosignalverarbeitung von Udo Zölzer heran.¹⁰ Ein weiteres Nachschlagewerk bildet hier das Buch „Discrete-time signal processing“ von Oppenheim und Schafer.¹¹ Hilfestellung für die eigentliche Entwicklung der Mischautomation soll unter anderem das Werk „Automixing Tutorial“ von Dan Dugan liefern.¹² In diesem geht es zwar um einen anderen Ansatz des Automixings, allerdings können viele Gedankengänge bei der Entwicklung übertragen oder aufgegriffen werden. Letztendlich soll ein Regelkreis entwickelt werden, welcher die gemessene Lautheit der Signale über einen Zeitabschnitt mittelt und anschließend einem vorgegebenen Zielwert annähert. So können vom Nutzer Lautheitsbeziehungen zwischen den einzelnen Signalen zueinander in LU festgelegt werden. Es gibt bereits Publikationen, welche nahelegen, dass einfache energiebasierte Lautheitsanpassungen in Multitrackrecordings eine gute Performance als Mischautomation liefern.¹³ Eine weitere interessante Quelle auf diesem Gebiet ist der Vergleich verschiedener Lautheitsmessungsalgorithmen für die Anwendung einer Lautheitsmischautomation von Ward und Reiss in ihrem Paper „loudness algorithms for automatic mixing“.¹⁴ Außerdem ist eine aktuelle Zusammenfassung der gängigen Mischautomation in der Publikation „ten years of automatic mixing“ zu finden.¹⁵

3. Zielsetzung und Methodik

Ziel der Arbeit ist es eine funktionsfähige lautheitsbasierte Mischautomation in Form eines Max for Live Plug-Ins für Ableton Live zu entwickeln. Die Einstellung der Lautheitsbeziehungen zwischen den Quellen dieses Plug-Ins sollen durch die Auswertung von Fußballspiel-Daten erfolgen. Es sollen mehrere Fußball-Bundesliga-Spiele mit Hilfe der Sportcast aufgezeichnet werden. Dabei sollen alle fünf relevanten Subgruppen pre-fader mitgeschnitten werden.

⁹ EBU (2020b)

¹⁰ Zölzer (2008)

¹¹ Oppenheim; Schafer (2014)

¹² Dugan (1992)

¹³ Wichern u.a. (2015)

¹⁴ Ward; Reiss (2016)

¹⁵ Stables u.a. (2017)

Ergänzend dazu wird in Zusammenarbeit mit der Firma LAWO ein Skript entwickelt mit welchem parallel die Faderbewegungen dieser Subgruppen aufgezeichnet werden können. Eine große Herausforderung wird die Herstellung des zeitlichen Zusammenhanges dieser Signale zueinander darstellen. Der aktuelle Lösungsansatz sieht vor sowohl die Audiomitschnitte als auch die Faderbewegungsdaten durch einen Timecode zu koppeln. Die technische Umsetzbarkeit muss aber noch geprüft werden. Aus diesen Datensätzen soll auf objektivierende Lautheitsbeziehungen zwischen den Einzelsignalen geschlossen werden. Diese Methode verspricht genauere Ergebnisse als eine Expertenbefragung zu liefern. Die von den Toningenieur*innen beim Mischen angestrebten tatsächlichen Lautheitsbeziehungen können so aus den Daten gemessen und verglichen werden. Des Weiteren kann aus den aufgezeichneten Daten die durchschnittliche Reaktionszeit und die Häufigkeit eines menschlichen Eingriffes, bei der Erstellung einer Mischung, konstatiert werden. Die Einzelspuren sowie die Gesamtmischung sollen mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Messverfahren analysiert werden. Hierbei werden sowohl momentary, short-term und integrated loudness herangezogen sowie eine true peak Messung. Auch interessant wird hierbei die Messung der verwendeten loudnessrange, in welcher sich die Spuren bewegen, sein. Ebenso soll eine Analyse des Frequenzganges stattfinden. Die Daten werden anschließend auf einem Zeitstrahl dem Verlauf des Spieles zugeordnet und mit den Daten der korrespondierenden Faderbewegungen verknüpft. Daraus sollen Schlussfolgerungen für die Lautheitsautomation gezogen werden. Das entwickelte Plug-In wird außerdem auf die Performance im Vergleich zu den aufgezeichneten händischen Mischungen der Toningenieur*innen evaluiert werden. Das erwartete Ergebnis der Arbeit ist, dass eine lautheitsbasierte Mischautomation durchaus Potenzial birgt und mit einigem weiterem Feinschliff durchaus in der Lage ist mit einer händischen Mischung im Sport-Broadcast mithalten. Allerdings wird diese die Toningenieur*innen nicht ersetzen, sondern ist als neues Hilfstool für diese anzusehen. Auf unvorhergesehene Ereignisse kann so ein Algorithmus nicht reagieren. Des Weiteren ist er nur so wirkungsvoll, da ein Großteil des auditiven mixingprosessings wie dynamische oder frequenzielle Bearbeitung bei Fußball-Mischungen schon vor den Subgruppen geschieht. Diese kreativen Entscheidungen kann eine lautheitsbasierte Mischautomation in diesem Komplexitätsstadium nicht ersetzen.

4. Aufbau der Arbeit

Zu Anfang der Arbeit wird es einige Grundlagenkapitel geben. Es wird beispielsweise der Begriff, die Entstehung und die Definition der Lautheit ansich anhand einschlägiger Werke wie

dem Handbuch der Tonstudioteknik¹⁶ und dem Handbuch der Audiotechnik erläutert.¹⁷ Auch werden die aktuellen Empfehlungen der EBU und ITU vorgestellt und zusammengefasst. Dies kommt einem Überblick des aktuellen Forschungsstandes gleich. Anschließend wird die mathematische Theorie hinter einer Lautheitsmessung gemäß der ITU-R BS.1770-4 dargelegt.¹⁸ Ein Grundlagenkapitel wird die in meiner Bachelorarbeit gewonnen Erkenntnisse über die Beschaffenheit von Fußball-Bundesliga-Mischungen zusammenfassen. Außerdem wird die Programmierumgebung Max MSP und dem Teilbereich Max for Live kurz vorgestellt. Es wird auch erläutert wieso die Wahl auf diese Umsetzungsform gefallen ist. Darauf folgend wird der Entwicklungsprozess des Plug-Ins festgehalten und gut nachvollziehbar beschrieben. Dafür werden auch einige mathematische Grundlagen wie die Audio-Filter-Programmierung erläutert. Anschließend wird es ein Methodenkapitel mit exakter Beschreibung der Datenerhebung und Verarbeitung geben. Die daraus gewonnen Erkenntnisse werden vorgestellt und diskutiert. Im Anschluss werden diese genutzt, um das entwickelte Plug-In zu optimieren und schließlich zu evaluieren. Dies soll durch eine Gegenüberstellung einer händischen mit einer automatisierten Mischung geschehen. Abschließend wird es dann noch ein Fazit und einen Ausblick geben.

5. Zeitplan

Der vorläufige Zeitplan für die Arbeit stellt sich aus den folgenden über die Zeit datierten Arbeitspaketen zusammen. Aufgrund der aktuellen Corona-Lage ist noch unklar, ob in dem dafür vorgesehenen Zeitraum belastbare Daten in den Stadien erhoben werden können. Repräsentative Daten können nur in vollen Stadien mit Publikum erhoben werden.

Arbeitspakete	April				Mai				Juni				Juli				August				September				Oktober			
	KW 14	KW 15	KW 16	KW 17	KW 18	KW 19	KW 20	KW 21	KW 22	KW 23	KW 24	KW 25	KW 26	KW 27	KW 28	KW 29	KW 30	KW 31	KW 32	KW 33	KW 34	KW 35	KW 36	KW 37	KW 38	KW 39	KW 40	KW 41
Literaturrecherche	■	■	■	■																								
Entwicklung der Mischautomation			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
Entwurf des Plugins							■	■	■	■	■	■																
Ausarbeitung der Theoriekapitel									■	■	■	■	■	■	■	■												
Verschriftlichung des Entwicklungsprozesses													■	■	■	■	■	■	■	■								
Erhebung der Daten																	■	■	■	■	■	■	■	■				
Auswertung der Daten																					■	■	■	■	■	■	■	■
Verschriftlichung der Datenanalyse																									■	■	■	■
Formulierung des Fazits und des Ausblickes																											■	■
Zeitpuffer																											■	■

¹⁶ Weinzierl (2008)

¹⁷ Dickreiter u.a. (2014)

¹⁸ ITU-R (2015)

Literaturverzeichnis

Dickreiter, Michael; Dittel, Volker; Hoeg, Wolfgang; Wöhr, Martin; Schule für Rundfunktechnik (Hrsg.) (2014): Handbuch der Tonstudioteknik. Band 2. Berlin: de Gruyter Saur

Dugan, Dan (1992): Automixing Tutorial. In: *SMPTE Journal*, 1992, URL: <http://www.dandugan.com/Assets/manuals/SMPTE%20Automixing%20Tutorial%2091.pdf> [Zugriff: 22.4.2021]

EBU (2016): Tech 3341 Loudness metering: „EBU Mode“ metering to supplement EBU R 128 Loudness normalization. In: *EBU Tech*, 2016, URL: <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3341.pdf> [Zugriff: 22.4.2021]

EBU (2020a): Recommendation 128 Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals. In: *EBU Recommendation*, 2020, URL: <https://tech.ebu.ch/docs/r/r128.pdf> [Zugriff: 22.4.2021]

EBU (2020b): Recommendation 128 s1 Loudness parameters for short-form content (adverts, promos etc.). In: *EBU Recommendation*, 2020, URL: <https://tech.ebu.ch/docs/r/r128s1.pdf> [Zugriff: 23.4.2021]

IRT (2013): Richtlinie Nr. 3/6 Aussteuerungsmesser für Produktion und Sendung. In: *Technische Richtlinie der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland*, 2013, URL: https://www.irt.de/fileadmin/media/Neue_Downloads/Publikationen/Technische_Richtlinien/3-6__Dez_2013_.pdf [Zugriff: 22.4.2021]

ITU-R (2015): Recommendation ITU-R BS.1770-4 Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level. In: *ITU-R BS Series*, 2015, URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-4-201510-!!PDF-E.pdf [Zugriff: 22.4.2021]

Krückels, Felix (2019): Experteninterview, internes Dokument.

Oppenheim, Alan V.; Schaffer, Roland W. (2014): Discrete-time signal processing. Harlow: Pearson

Simbürger, Christian (2020): Anwendungen für KI in Digitalmischpulten bei Fußball-Bundesliga-Übertragungen und die damit verbundene Automatisierung von Arbeitsprozessen. Bachelorarbeit Hochschule der Medien Stuttgart, URL: <https://curdt.home.hdm-stuttgart.de/PDF/Simb%C3%BCrger.pdf> [Zugriff: 22.4.2021]

Sportcast (2019): Audioproduktionskonzept für die Bundesliga und 2. Bundesliga ab der Saison 2019/2020. In: *internes Dokument*, 2019

Stables, Ryan; De Man, Brecht; Reiss, Joshua D. (2017): Ten years of automatic mixing.

In: *Proceedings of the 3rd Workshop on Intelligent Music Production*,, 2017,
URL: http://www.open-access.bcu.ac.uk/4968/1/WIMP2017_DeManEtAl.pdf [Zugriff:
23.4.2021]

Ward, Dominic; Reiss, Joshua D (2016): Loudness Algorithms For Automatic Mixing. In:
Proceedings of the 2nd AES Workshop on Intelligent Music Production, 2016,
URL: <http://c4dm.eecs.qmul.ac.uk/events/wimp2/Ward.pdf> [Zugriff: 22.4.2021]

Weinzierl, Stefan (Hrsg.) (2008): Handbuch der Audiotechnik. Berlin Heidelberg: Springer

Wichern, Gordon; Wishnick, Aaron; Lukin, Alexey; Robertson, Hannah (2015):
Comparison of Loudness Features for Automatic Level Adjustment in Mixing. In: *Audio
Engineering Society Convention 139*, 10.2015, URL: [http://www.aes.org/e-
lib/browse.cfm?elib=17928](http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=17928) [Zugriff: 23.4.2021]

Zölzer, Udo (2008): Digitale Audiosignalverarbeitung: mit 31 Tabellen. Wiesbaden: Vieweg +
Teubner