



Fakultät Electronic Media
HdM Stuttgart

Ein Vergleich zwischen klassischen, KI- und algorithmusbasierten Plugins hinsichtlich Effizienz, Klang und Qualität im Mixing- und Masteringprozess eines selbstproduzierten Songs

Bachelorthesis im Studiengang Audiovisuelle Medien (B.Eng.) an der Hochschule der Medien in Stuttgart zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Engineering.

Vorgelegt von:
David Fiala

Matrikelnummer: 42176

Betreuer:
Prof. Oliver Curdt (Erstprüfer)
Prof. Andreas Koch (Zweitprüfer)

Am 06.03.2025

Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit versichere ich, David Fiala, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Ein Vergleich zwischen klassischen, KI- und algorithmusbasierten Plugins hinsichtlich Effizienz, Klang und Qualität im Mixing- und Masteringprozess eines selbstproduzierten Songs“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Ebenso sind alle Stellen, die mit Hilfe eines KI-basierten Schreibwerkzeugs erstellt oder überarbeitet wurden, kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.“

Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§ 24 Abs. 2 Bachelor-SPO, § 23 Abs. 2 Master-SPO (Vollzeit)) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Stuttgart, 28.01.2025



Kurzfassung

Die Musikproduktion entwickelt sich rasant und verändert sich ständig. Immer häufiger kommen KI-Tools und Algorithmen zum Einsatz, die herkömmliche Arbeitsweisen ergänzen oder sogar ersetzen. In dieser Bachelorarbeit untersuche ich, wie sich der Mixing- und Mastering-Prozess eines selbst produzierten Songs unterscheidet – einmal mit klassischen Methoden und einmal mit modernen KI-Plugins. Dabei geht es vor allem um die Effizienz, die Klangqualität und den Arbeitsprozess an sich. Außerdem werfe ich einen Blick darauf, welche Auswirkungen diese technologischen Entwicklungen auf die Zukunft von Mixing- und Mastering-Engineers haben könnten.

Abstract

Music production is evolving rapidly and constantly changing. More and more AI-powered tools and algorithms are being used to complement or even replace traditional working methods. In this bachelor's thesis, I examine how the mixing and mastering process of a self-produced song differs—once using classic methods and once with modern AI plugins. The focus is on efficiency, sound, and quality. Additionally, I explore how these developments impact the future role of mixing and mastering engineers.¹

Genderhinweis

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten sind dabei ausdrücklich stets eingeschlossen.

¹ übersetzt mit “ChatGPT,” aufgerufen January 20, 2025, <https://chat.openai.com>.

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung	1
Kurzfassung	2
Abstract	2
Genderhinweis	2
Abkürzungsverzeichnis	7
Vorwort	8
Danksagung	9
1. Einleitung	10
1.1 Forschungsfragen	13
1.2 Aufbau der Arbeit	13
2. Theoretischer Hintergrund	14
2.1 Grundlagen des Mixing und Mastering	14
2.2 Übersicht über Plugin-Typen	14
2.2.1 Klassische Plugins (analoge und analog-emulierende Tools)	14
2.2.2 Algorithmus und KI-basierte Plugins	15
2.3 Technischer Wandel in der Musikproduktion	15
3. Methodik	17
3.1 Songauswahl und Produktionsprozess	17
3.2 Kriterien für die Mix-Bewertung	18
3.2.1 Effizienz	18
3.2.2 Klang	18
3.2.3 Qualität	19
4. Methodik der Mixing- und Mastering-Sessions	20
4.1 Session-Setup	20
4.2 Händischer Ansatz: Auswahl der Tools	20
4.3 Beschreibung des Vergleichs mit KI-basierten Tools	21
5. Beschreibung des Mixing-Prozesses mit klassischen Plugins	22
5.1 Händisches Vocal Editing	22

5.2 Händische Vocal-Synchronisierung	23
5.3 Händische Vocal Bearbeitung und Effektierung	24
5.3.1 Main-Vocal Bearbeitung	24
5.3.2 BV-Center Bearbeitung	26
5.3.3 BV-Hall-Bearbeitung	27
5.3.4 BV-LR-Bearbeitung	27
5.3.5 BV-LL-RR-Bearbeitung	28
5.4 Händische Instrumenten-Effektierung	29
5.4.1 Händische Gitarrenbearbeitung	29
5.4.2 Händische Synthesizer-Bearbeitung	30
5.4.3 Händische Bells-Bearbeitung	30
5.4.4 Händische Violin-Bearbeitung	30
5.4.5 Händische Keys-Bearbeitung	31
5.5 Händische Drum-Effektierung	31
5.5.1 Händische Main-Drumloop-Bearbeitung	31
5.5.2 Händische Bass-Bearbeitung	31
5.6 Händische Bearbeitungsschritte der Gruppen	32
5.6.1 Händische BV-Bus-Bearbeitung	33
5.6.2 Händische Percs and Hat-Bus-Bearbeitung	33
5.6.3 Händische Kick- und Snare-Bus-Bearbeitung	33
5.6.4 Händische All Drums Bus Bearbeitung	34
5.6.5 Händische Drum- und Bass-Bus-Bearbeitung	34
5.6.6 Händische All Music Bus Bearbeitung	34
5.7 Bearbeitungsschritte des Masterbusses	35
6. Beschreibung des Mixing-Prozesses mit KI-basierten Plugins	37
6.1 Automatisiertes Vocal-Editing mit KI	37
6.2 Automatisierte Vocal-Synchronisierung	37
6.3 Algorithmus und KI basierte Vocal Bearbeitung und Effektierung	38

6.3.1 Main Vocal Bearbeitung: Detaillierte Beschreibung	38
6.3.2 Verwendung von Neutron für die Grundbearbeitung	38
6.3.3 De-Essing mit smart:deess von Sonible	40
6.3.4 Rauschentfernung und Klick-Reduktion mit RX 10 Repair Assistant	41
6.3.5 Verfeinerung mit SpecCraft	41
6.3.6 Reverb mit smart:reverb von Sonible	42
6.4 Bearbeitungsschritte der Backing Vocals (BV) mit KI-Plugins	42
6.4.1 BV-Center Bearbeitung mit KI	42
6.4.2 BV-Hall-Bearbeitung mit KI	43
6.4.3 Weitere Bearbeitungen der BV-Spuren mit KI	44
6.5 Instrumentenbearbeitung durch KI-Plugins	44
6.5.1 Bearbeitung der Gitarre	44
6.5.2 Bearbeitung des Synthesizers	45
6.5.3 Bearbeitung der Bells	46
6.5.4 Bearbeitung der Violine	46
6.5.6 Bearbeitung der Keys	47
6.6 Bearbeitung der Drums mit KI und algorithmusbasierten Plugins	47
6.6.1 Bearbeitung des Drum-Loops	47
6.6.2 Bearbeitung des Subbasses	48
6.6.3 Bearbeitung der Drill Percussions	48
6.6.4 Bearbeitung des Basses	48
6.7 Bus Effektierung mit KI Plugins	49
6.7.1 Bearbeitung des Drum-Busses	49
6.7.2 Bearbeitung des Drum- und Bass-Busses	50
6.7.3 Bearbeitung des All-Music-Busses	50
6.8 Master-Bearbeitung mit KI und algorithmusbasierten Plugins	50
7. Vergleiche	53
7.1 Vergleich der Effizienz	53

7.2 Vergleich der CPU Auslastung der Plugins bei Benutzung	53
7.3 Benutzerfreundlichkeit	54
7.4 Klang und Qualität	54
7.5 Subjektive Bewertung	56
8. Fazit	57
8.1 Interpretation der Ergebnisse im Kontext der Forschungsfragen	57
8.2 Chancen und Risiken durch KI-gestützte Tools	57
8.3 Einfluss auf die Rolle von Mixing- und Mastering-Engineers	58
8.4 Ausblick auf die Zukunft	58
Literaturverzeichnis	60
Internetquellenverzeichnis	61
Abbildungsverzeichnis	62
Tabellenverzeichnis	62
Anhang Hörbeispiele	62
Anhang des Fragebogen	63

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Ausgeschrieben
KI	Künstliche Intelligenz
DAW	Digital Audio Workstation
MIDI	Musical Instrument Digital Interface

Vorwort

Seit einigen Jahren arbeite ich freiberuflich als Produzent und bin in verschiedensten Medienproduktionen involviert. Hierbei biete ich Dienstleistungen, wie das Mixing und Mastering von Songs, sowie Gestaltung von Single- und Album-Covern an. In dieser Zeit konnte ich viele Erfahrungen sammeln und eine Veränderung in der Branche miterleben. Besonders auffällig ist, dass immer mehr Musiker KI-Generatoren und Plugins nutzen, weil sie oft nach günstigen Alternativen suchen.

Seit einem Jahr nehme ich vermehrt wahr, dass viele meiner früheren Kunden angefangen haben KI-Tools zu verwenden. Hierbei habe ich zum Beispiel mitbekommen, dass einige Musiker, die ihre Songs bei mir mastern ließen auf „Ozone“ von Izotope umgestiegen sind, um ihre Songs selbst zu mastern. Die Künstler versprechen sich hierbei, auf die Zukunft gesehen, niedrigere Kosten für eine größere Anzahl an Songs. Einige lassen ebenfalls ihre Cover von KI-Generatoren generieren. Im heutigen Zeitalter, der wohl meisten „Content“-Produktionen, bemerke ich jetzt schon einen deutlichen Wandel. Es scheint mir, der Fokus sei mehr von Qualität zu Quantität gewechselt – zumindest ist das mein Eindruck aus meinem direkten Umfeld.

Jetzt, da mein Bachelorstudium in „Audiovisuellen Medien“ fast abgeschlossen ist, beschäftige ich mich mehr denn je mit der Frage, wohin diese Entwicklung führen wird.

Wie wird sich die Zukunft für Kreative, Mixing- und Mastering-Engineers oder Produzenten gestalten? Werden KI-Werkzeuge und automatisierte Abläufe uns ergänzen oder ersetzen?

Aus diesem Grund plane ich, in meiner Bachelorarbeit diese Fragen zu behandeln. Das Ziel besteht darin, dies mit zwei verschiedenen Methoden zu testen und hierbei herkömmliche und KI-gestützte Tools auf Effizienz, Klang und Qualität zu prüfen. Dadurch möchte ich einen Ausblick auf potenzielle Folgen dieses Wandels wagen.

Danksagung

Mein Dank gilt allen, die mich bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Professor Oliver Curdt, der mir mit seinen hilfreichen Ratschlägen eine große Unterstützung war. Seine konstruktive Kritik hat mir immens geholfen, diese Arbeit in die richtige Richtung zu lenken.

Des Weiteren möchte ich auch Sophie Sahrman, alias „einfachfini“, danken, mit der ich das Lied für diese Arbeit zusammen produzieren durfte.

Ebenfalls möchte ich meiner Familie und meinen Freunden danken. Eure Hilfe und Unterstützung hat mich enorm gestärkt.

Dankeschön!

1. Einleitung

„Die Erschwinglichkeit von digitaler Audioausrüstung und die Angst, die künstlerische Kontrolle zu verlieren, motivierten Musiker, in Heimstudios aufzunehmen.“²

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Art und Weise Musik zu produzieren grundlegend verändert. Der technische Fortschritt hat nicht nur die Arbeitsweise der Engineers verändert, sondern die heutige populäre Klanggestaltung und Musikentstehung an sich. Früher wurde der Produktionsprozess hauptsächlich durch analoge Geräte und später digitale, klassische Plugins bewerkstelligt. Heutzutage gewinnen algorithmusbasierte und KI-gestützte Plugins sowie Dienstleistungen an Bedeutung. Ein Werkzeug, welches einen Algorithmus verwendet, kann als ein „Lösungsverfahren in Form einer Verfahrensanweisung, die in einer wohldefinierten Abfolge von Schritten zur Problemlösung führt“, bezeichnet werden.³ Zur Zeit liegt der Schwerpunkt des Marketings der Software Produzenten hauptsächlich auf Plugins, welche auf Algorithmen oder KI basieren.

„Die Entwicklung von Musiksoftware ist in der Folge eines der dynamischsten Felder in der Geschichte der Musikinstrumente und der Kreativwirtschaft geworden.“⁴

Sie bewerben diese mit einer Steigerung der Effizienz, einer Ersparnis von Zeit, neuen kreativen Möglichkeiten und bieten damit vielleicht sogar eine zusätzliche Stufe zur Demokratisierung der Musikproduktion. Der Computer rücke zunehmend in den Mittelpunkt sowohl der Arbeitswelt als auch der Freizeit, da digitale Technologien immer stärker sowohl den beruflichen als auch den unterhaltenden Bereich prägen und beeinflussen.⁵

Auf der Ebene der Zugänglichkeit und Nutzung von Musik hat die Digitalisierung zu einer erheblichen Erweiterung geführt.

„War die Musikproduktion früher einigen Spezialisten vorbehalten, die durch eine mehrjährige Berufsausbildung die notwendigen Kenntnisse hierfür erwerben mussten, so kann heute jeder, der die entsprechende Software benutzt, Musik aufnehmen, verarbeiten und auf geeigneten Endgerät speichern bzw. ausgeben.“⁶

² Pras, Amandine S. 616 (übersetzt mit „ChatGPT“ abgerufen 20.01.2025, <https://chat.openai.com>)

³ vgl. Prof. Dr. Richard Lackes, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/algorithmus-27106> (abgerufen 20.01.2025)

⁴ Möllenkamp, Andreas, S.2

⁵ Stange-Elbe, Joachim, S.3

⁶ Stange-Elbe, Joachim, S.4

Dank moderner Technologien ist es heute für jeden möglich mit einem Computer professionelle Musik zu produzieren. In gewissem Maße lasse sich eine Demokratisierung der Musikproduktion erkennen, da Musik und Computer zunehmend miteinander verbunden werden. Durch den allgemeinen Zugang zu modernen Produktionsumgebungen sei es heute möglich, nahezu jeden Computer als professionelles Musikstudio zu nutzen.⁷

Die Idee der Demokratisierung der Musikproduktion dient vermutlich weniger als Ergebnis technischer Entwicklungen, sondern eher als Ansatz zur Vermarktung von Musiksoftware.

„Die Demokratisierungsidee ist allerdings eher als ein Ausgangspunkt und weniger als Folge der Musiksoftware-Entwicklung zu verstehen. Sie ist im Zuge der Entwicklung von Musiksoftware-Unternehmen selbst Teil von Inwertsetzungs- und Vermarktungsstrategien geworden.“⁸.

Sicher ist jedoch, dass Musiker damals wesentlich mehr abhängig von Studios und festen Standorten waren, um ihre Musik zu produzieren und aufzunehmen. Auch hier gibt es einen enormen Wandel laut Joachim Stange-Elbe: Computer seien heutzutage nicht mehr an einen festen Ort gebunden, sondern könnten überallhin mitgenommen werden. Dadurch werde sowohl das Arbeiten als auch die Freizeitgestaltung an nahezu jedem beliebigen Ort möglich.⁹ Im Gegensatz zur heutigen offenen Zugänglichkeit bot das traditionelle Studio eine kontrollierte Umgebung und war maßgeblich für eine gute Qualität. „Im Vergleich dazu war das Studio eher ein kontrollierter Audio-Raum, obwohl auch andere Faktoren eine Rolle spielten.“¹⁰ Ein Laptop, ein Audio-Interface und ein Mikrofon sind heutzutage ausreichend, um qualitativ hochwertige Musik zu produzieren. „Mit dem Computer entstünden ästhetisch unbegrenzte Möglichkeiten und neue musikalische Welten.“¹¹ Während es früher dagegen enorm teuer war Studios zu gründen, kann nun die nächste Stufe durch die rasante Verbreitung von KI-Tools und freien DAWs erreicht werden.

„Sobald das analoge Tonstudio etabliert war, bestand der letzte Schritt zur Einführung der modernen digitalen Audio-Workstation im Computer. Obwohl es noch einige Zeit dauern würde, waren nun alle Bausteine vorhanden, damit der Computer zum Zentrum des Studios werden konnte. Dies würde in der Form der Digitalen Audio-Workstation (DAW) Gestalt annehmen.“¹²,

⁷ Stange-Elbe, Joachim, S.10

⁸ Möllenkamp, Andreas, S.12

⁹ Stange-Elbe, Joachim, S.4

¹⁰ Neuenfeld, Karl S.159 (übersetzt mit „ChatGPT“ abgerufen 20.01.25 <https://chat.openai.com>)

¹¹ Möllenkamp, Andreas, S.1

¹² Duignan, Matthew S.13 (übersetzt mit „ChatGPT“ abgerufen 20.01.2025, <https://chat.openai.com>)

Solcherart kann eine DAW sämtliche Studiogeräte ersetzen (Mehrspur-Bandmaschine, Mischpult, Effektgeräte, Synchronizer, Synthesizer und Sequenzer).¹³ Ein entscheidender Meilenstein war die Integration von Instrumenten und Software.

„Die letzte Komponente der Zusammenführung des Studios rund um den Computer und die DAW war die Einführung des Musical Instrument Digital Interface (MIDI) im Jahr 1984.“¹⁴

In den letzten Jahrzehnten vertrauten die meisten Musiker auf das geschulte Gehör und die Erfahrung der Engineers, um ihre Werke an die Qualitätsstandards anzupassen, während moderne Tools heutzutage zunehmend eigenständig Entscheidungen treffen. Die Entwicklungen haben auch eine Auswirkungen auf die wirtschaftliche Dynamik, da zahlreiche Musiker und Produzenten bereits KI-Werkzeuge einsetzen, um zum Beispiel Kosteneinsparungen zu ermöglichen oder Zeitersparnisse zu gewährleisten.

„Obwohl Musiksoftwareunternehmen gern von der Intuitivität ihrer Produkte sprechen, erfordert das Musizieren mit dem Computer eine ebenso lange Zeit der Aneignung und Übung, wie es bei anderen Instrumenten der Fall ist.“¹⁵

Die Frage ist, welche Auswirkungen diese Entwicklungen auf die Qualität der Musikproduktion und die berufliche Zukunft auf diesem Gebiet haben.

Diese Entwicklungen beabsichtige ich, mit dieser Arbeit zu untersuchen. Hierbei plane ich, den gesamten Mixing- und Mastering-Prozess sowohl mit herkömmlichen als auch mit modernen, KI-basierten Plugins an einem selbst produzierten Lied durchzuführen. Es handelt sich dabei nicht nur um einen Vergleich von Effizienz, Klang und Qualität, sondern auch um einen Ausblick für die Zukunft.

¹³ Stange-Elbe, Joachim, S.5

¹⁴ Duignan, Matthew S.14 (übersetzt mit „ChatGPT“ abgerufen 20.01.2025, <https://chat.openai.com>)

¹⁵ Möllenkamp, Andreas, S.6

1.1 Forschungsfragen

Damit das Ziel der Arbeit erreicht werden kann, sind die folgenden Fragen zu klären:

1. Wie unterscheiden sich klassische und KI-Plugins in der Effizienz, dem Klang und der Qualität?
2. Inwiefern verändern KI-Plugins und -Dienste die Aufgabenbereiche von Mixing- und Mastering-Ingenieuren?
3. Wie könnte der technische Wandel die Musikproduktion in Zukunft beeinflussen und weiterentwickeln?

1.2 Aufbau der Arbeit

Diese Bachelorarbeit vergleicht klassische und KI-gestützte Mischansätze eines Songs. Sie vergleicht hierbei Effizienz, Klangqualität und Benutzerfreundlichkeit.

Dabei wird in Kapitel 2 ein Verständnis für die verwendeten Werkzeuge gegeben und ein Einblick in die Entwicklung der Produktion der heutigen Musik vermittelt.

Danach folgt mit Kapitel 3 und 4 eine Vorstellung der Methodik. Hierbei werden die Auswahl des Songs, sowie die der Bewertungskriterien erläutert. Des Weiteren folgt eine genaue Beschreibung der geplanten Arbeitsweise in den Versuchen.

In den Kapiteln 5 und 6 werden die Bearbeitungsschritte sowohl mit manuellen Methoden als auch mit KI-gestützten Werkzeugen untersucht und dokumentiert. Dabei erfolgt eine genaue Beschreibung der Arbeitsschritte.

Kapitel 7 liefert die Ergebnisse, auf deren Basis ein Vergleich der Ansätze erfolgt. Kapitel 8 bietet die subjektive Bewertung der Erfahrungen während der Versuche, die diese Analyse ergänzt. Kapitel 9 enthält das Fazit im Hinblick auf die Forschungsfragen.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Grundlagen des Mixing und Mastering

Das Mixing und das Mastering sind elementare Bestandteile in der Musikproduktion. Sie sind notwendig, um die endgültige Qualität eines Songs sicherzustellen. Im Mixingprozess sollen die Elemente eines Songs, wie Gesang, Instrumente und Drums, zu einem klanglich stimmigen Gesamtbild kombiniert werden. Eine ausgewogene Harmonie zwischen Lautstärke, Dynamik und Frequenzen ist hierbei wichtig. Das Mischen bezeichnet nach Lorbecki den finalen Schritt im Aufnahmeprozess, bei dem mehrere aufgezeichnete Spuren zu einer Stereo- oder Mehrkanal-Masterdatei zusammengeführt werden. Dabei werden die Lautstärkeverhältnisse harmonisch ausbalanciert und die Spuren im Stereopanorama verteilt, um einen ausgewogenen Mix zu erzeugen.¹⁶

Außerdem sollen die verschiedenen Songelemente sich nicht behindern und Interferenzen zwischen ihnen vermieden werden. Zu den wichtigsten Schritten des Mixing gehört die Lautstärkenanpassung, sowie der Einsatz von Equalizern zur Verbesserung von Frequenzkurven, sowie die Verwendung von Effekten wie Reverb oder Delay, um Räumlichkeit und Tiefe zu erzeugen. Außerdem können Kompressoren genutzt werden, um die Dynamik anzupassen.

Das Mastering hingegen ist der letzte Produktionsschritt, bei dem der Song, für verschiedene Streaming Plattformen und Wiedergabeformate, optimiert wird. Hierbei wird der Fokus oft auf die Dynamik gelegt und die Gesamtlautstärke erhöht. Beim Mastering soll sichergestellt werden, dass der Song auf sämtlichen Systemen gut klingt, sowohl auf hochwertigen Lautsprechersystemen, als auch bei einfachen Kopfhörern.

2.2 Übersicht über Plugin-Typen

2.2.1 Klassische Plugins (analoge und analog-emulierende Tools)

Klassische Plugins basieren entweder auf den Grundlagen analoger Tools oder sie emulieren den Klang von analogen Geräten in digitaler Form. Diese Werkzeuge spielen eine wichtige Rolle, da sie häufig für ihren Klang und ihre Wärme wertgeschätzt werden.

Zu den traditionellen Plugins zählen unter anderem Kompressoren, mit welchen man die Dynamik eines Audiosignals steuern kann. Equalizer, mit denen man bestimmte Frequenzen anpassen kann, sowie Reverb-Plugins, die Räume simulieren können, sind gern verwendete Werkzeuge. Diese Plugins zeichnen sich durch Genauigkeit und

¹⁶ Lorbecki, Glenn, Kapitel 1., (übersetzt mit „ChatGPT“ abgerufen 23.01.2025, <https://chat.openai.com>)

kreative Optionen aus – das ist ein Pluspunkt. Ein Nachteil besteht jedoch darin, dass sie häufig mehr Expertise und manuelle Eingriffe benötigen, um bestmögliche Resultate zu liefern.

2.2.2 Algorithmus und KI-basierte Plugins

Algorithmusbasierte Plugins verwenden festgelegte mathematische Modelle und fest programmierte Regeln für die Klangbearbeitung. KI-basierte Plugins hingegen nutzen künstliche Intelligenz, um Bearbeitungsentscheidungen zu automatisieren und menschliche Arbeitsweisen nachzuahmen. Laut dem Deutschen Ethikrat werden Digitale Technologien von Menschen entwickelt und für ihre Zwecke genutzt, beeinflussen jedoch gleichzeitig deren Handlungsmöglichkeiten. Sie können neue Chancen eröffnen und im besten Fall mehr Freiheit ermöglichen. Gleichzeitig besteht jedoch die Gefahr, dass sie die Handlungsfähigkeit einschränken oder unerwünschte Anpassungen erfordern. Besonders im Umgang mit hochentwickelten, vernetzten Softwaresystemen nehmen Menschen sowohl eine aktive Rolle als Subjekt als auch eine passive Rolle als Objekt ein.¹⁷

Mithilfe selbstlernender Algorithmen können sie Muster in Audiodaten erkennen und sowohl Vorschläge machen als auch automatisierte Anpassungen vornehmen. Diese Werkzeuge analysieren die Audiodaten und passen daraufhin Parameter wie Equalizer, Kompression und Limiting entsprechend an.

Beispiele wären „Ozone“ von iZotope, welches den Mastering-Prozess automatisieren kann. „Soothe“ von Oeksound, kann resonante Frequenzen entfernen und „DynAssitent“ von NoiseWorks Vocaleditierung vereinfachen. Im Vergleich zu klassischen Plugins bieten KI-basierte Tools oft eine hohe Zeitersparnis und können auch für weniger erfahrene Nutzer leichter anwendbar sein. Kritische Stimmen behaupten jedoch, sie würden weniger Kontrolle für kreative Entscheidungen bieten und oftmals charakterlose Arbeit leisten.

„Warnungen vor unkritischem Vertrauen in maschinelle Systeme, insbesondere im Falle Künstlicher Intelligenz, sollten einen Platz haben und sind Ausdruck wahrgenommener Verantwortung.“¹⁸

2.3 Technischer Wandel in der Musikproduktion

Die Musikproduktion hat sich durch den technischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten grundlegend verändert. Früher waren Studioumgebungen mit teurem analogem Equipment erforderlich, was die Produktion oft auf professionelle Studios

¹⁷ Deutscher Ethikrat, S. 336

¹⁸ Deutscher Ethikrat, S.145

beschränkte. Mit Digital Audio Workstations (DAWs) und digitalen Effekten wurde die Musikproduktion wesentlich flexibler und für eine breitere Zielgruppe zugänglicher.

All dies hat dazu geführt, dass viele Prozesse, die früher manuell und zeitaufwendig waren, nun automatisiert und effizienter gestaltet werden können.

Diese Entwicklungen beeinflussen auch Engineers. Kein Wunder, dass durch fortschreitende Automatisierung Aufträge und berufliche Rollen, auch in der Musikproduktion, vermehrt gefährdet sein und ebenso einen Wandel erleben können. Dieser zeigt sowohl Chancen als auch Hindernisse für die Branche auf, was diesen Bereich spannend und relevant für die zukünftige Entwicklung macht.

„KI und dadurch ermöglichte automatisierte Entscheidungsverfahren führen zu neuen Möglichkeiten und Herausforderungen, die erheblich weitreichende ethische und demokratie-theoretische Fragen aufwerfen.“¹⁹

Die zunehmende Integration von KI in Entscheidungsprozesse eröffnet nicht nur Potenziale, sondern erfordert auch eine kritische Auseinandersetzung mit ethischen und demokratischen Grundsätzen.

¹⁹ Deutscher Ethikrat, S.327

3. Methodik

3.1 Songauswahl und Produktionsprozess

Der ausgewählte Song für diese Untersuchung entstand in Zusammenarbeit mit der Künstlerin „einfachfini“ und wurde vollständig in meinem Studio produziert. Das Ziel war es, eine möglichst authentische Ausgangssituation für ein Mixing- und Mastering-Szenario zu schaffen.

Die Produktion des Instrumentals nahm insgesamt 1 Stunde und 45 Minuten in Anspruch, wobei der Fokus auf einem modernen, dynamischen Sound lag. Der Beat sollte hierbei in den Parts HipHop und Drill-Drum-Elemente inkludieren, melodisch jedoch Popeinflüsse besitzen. Zudem kam mir die Idee, dass die 140 Bpm des Drill/HipHop Parts geschwindigkeitstechnisch mit einer Uk-Garage-Drumstruktur im Refrain verbinden lassen könnten. Somit ist in diesem eine wesentliche Steigerung wahrnehmbar. Diese wird sowohl durch die schnellere Rythmik, als auch durch eine Automation der Stereobreite erzeugt.

Anschließend wurde der Text und die Melodie gemeinsam mit der Künstlerin innerhalb von 1 Stunde erarbeitet.

Technisches Setup während der Aufnahme

Für die Aufnahme wurde auf folgendes technisches Equipment zurückgegriffen:

- Mikrofon: Manley Reference Cardioid Mic, platziert in einem Aston Halo Reflexionsfilter, um unerwünschte Reflexionen und Umgebungsgeräusche zu minimieren.
- Zusätzlich wurde das Setup von einer t.akustik Absorberwand umgeben, um Umgebungsgeräusche und Hall weiter zu reduzieren.
- Audio-Interface: Apollo Twin X, das eine hochwertige Signalwandlung und Vorverstärkung mit „Low-Latency“ bietet.
- Rechner: Ein MacBook Pro mit M1-Chip
- DAW: FL Studio, das für die gesamte Produktion, Aufnahme und spätere Bearbeitung genutzt wurde.

Die Recording-Session dauerte 1 Stunde und 30 Minuten, in denen alle Vocals sauber und in mehreren Takes aufgenommen wurden. Ziel war es, möglichst rohe Spuren zu erzeugen, die dann für das Mixing und Mastering genutzt werden können.

Unbearbeitete Ausgangslage

Nach der Aufnahme wurden grundlegende Panning-Einstellungen vorgenommen, um ein stimmiges Stereobild zu gewährleisten. Lediglich ein leichter Autotune Effekt wurde von der Künstlerin als Stilmittel auf ihren Vocals gewünscht. Zudem hatte eine der Backgroundvocals eine lange Hallfahne bekommen sollen, um die von der

Künstlerin gewünschte Atmosphäre zu untermalen. Alle anderen Spuren sind frei von Effekten. Sie wurden organisiert, ohne dass Equalizer, Kompression oder Effekte hinzugefügt wurden. Dies gewährleistet, dass die späteren Mixing- und Mastering-Schritte den größten Einfluss auf den finalen Klang haben.

Hierbei sollen diese zwei Herangehensweisen im Mixing- und Mastering-Prozess getestet werden:

1. Manuelle Bearbeitung mit klassischen Plugins
2. Bearbeitung mit KI-/Algorithmusgestützten Tools

3.2 Kriterien für die Mix-Bewertung

Für die Bewertung der verschiedenen Herangehensweisen werden folgende Kriterien festgelegt, die sich in drei Hauptkategorien unterteilen lassen: Effizienz, Klang und Qualität.

3.2.1 Effizienz

Effizienz soll den Produktionsprozess beleuchten. Folgende Unterkriterien werden berücksichtigt:

- **Zeitaufwand:** Wie lange dauert es, im Vergleich zur Händischen Arbeit mit den KI-Plugins die gewünschten Ergebnisse zu erzielen?
- **Benutzerfreundlichkeit:** Wie intuitiv ist die Bedienung?
- **CPU-Auslastung:** Wie stark wird die Systemleistung beansprucht? Effiziente Plugins sollten auch auf Rechnern mit begrenzter Leistung stabil laufen, ohne die DAW oder andere Prozesse zu verlangsamen.

3.2.2 Klang

Die Klangästhetik und die Performance des finalen Endprodukts wird verglichen. Hierbei wird auf folgende Punkte geachtet:

- **Klangästhetik:** Wie natürlich oder charakteristisch klingt das Master? Entspricht es den Qualitätsstandards? Kann die KI einen gesamten Mix mit Master bewerkstelligen?
- **Frequenzanalyse:** Mithilfe von Spektrogrammen oder Analyzern werden die zwei Versionen auf Genre und Branchenstandard untersucht.

3.2.3 Qualität

Die Qualität der Ergebnisse wird sowohl subjektiv als auch objektiv bewertet, um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten:

- **Subjektive Beurteilung:** Eine Hörprobe durch einen erfahrenen Produzenten, Mixing- und Mastering-Engineers ermöglicht eine Einschätzung, wie die verschiedenen Versionen klanglich wahrgenommen werden. Hier werden Aspekte wie emotionale Wirkung, Geschmack und Empfinden berücksichtigt.
- **Objektive Beurteilung:** Mithilfe technischer Analysen wird die Signalqualität bewertet, z. B. durch die Messung von Dynamikbereich, Lautheit (LUFS) und harmonischen Verzerrungen. Die Kombination aus praktischen Tests, technischer Analyse und subjektiver Beurteilung gewährleistet, dass die Ergebnisse möglichst vielseitig und umfassend interpretiert werden können.

4. Methodik der Mixing- und Mastering-Sessions

Für eine konsistente und vergleichbare Analyse werden beide Mixing- und Mastering-Sessions – sowohl die händische als auch die KI-gestützte – identisch angelegt. Alle Spuren sind gleich geroutet, und die Arbeitsumgebung wurde so vorbereitet, dass der Workflow der beiden Ansätze unter den gleichen Bedingungen stattfindet.

4.1 Session-Setup

Die Spuren des Songs werden in der DAW gleichmäßig organisiert und geroutet:

- **Instrumente:** Alle Instrumentenspuren werden in einen gemeinsamen Instrument-Bus geroutet, der ihre Lautstärke und Dynamik steuert.
- **Vocals:**
 - Main Vocals: Alle Hauptgesangsspuren laufen in einen Main Vocal-Bus.
 - Backing Vocals: Backing-Spuren erhalten einen eigenen Backing Vocal-Bus.
 - Beide Vocal-Busse werden anschließend in einen übergeordneten Acapella-Bus geroutet, der alle Gesangselemente bündelt.
- **Drums:**
 - Kick und Snare laufen in einen gemeinsamen Kick/Snare-Bus.
 - Percussions erhalten einen separaten Percussion-Bus.
 - Hi-Hats laufen in einen eigenen Hi-Hat-Bus.
 - Alle Drum-Busse werden schließlich im übergeordneten All-Drums-Bus zusammengefasst.

Die gewählte Routing-Struktur stellt sicher, dass die klanglichen Elemente gezielt und effizient bearbeitet werden können. Durch diese Organisation wird eine klare Kontrolle der Klangästhetik gewährleistet.

Die Zusammenfassung in übergeordnete Busse sorgt dafür, dass der Mix strukturiert bleibt, was sowohl für den händischen als auch für den KI-basierten Ansatz von Vorteil ist.

4.2 Händischer Ansatz: Auswahl der Tools

Für den händischen Mix wird in die folgende Plugins, auf der Masterchain, hineingearbeitet:

- OTT Multiband-Kompressor: Eingesetzt, um die Dynamik zu kontrollieren und Frequenzbereiche auszugleichen. Er hat eine beliebte und häufig gern verwendete Charakteristik.

- Bus Processor von Softube: Dieser sorgt für Sättigung und Dynamikbearbeitung, um dem Mix besser zusammen zu kleben.
- God Particle von Cradle: Eingesetzt, um sicherzustellen, dass die Lautheit von Anfang an dem Industriestandard entspricht. Dadurch wird vermieden, dass sich der Klang des Mixes durch spätere Lautstärkenanhebung verschlechtert.

4.3 Beschreibung des Vergleichs mit KI-basierten Tools

Im KI-basierten Ansatz wird die gleiche Routing-Struktur verwendet. Die Bearbeitung erfolgt jedoch weitgehend automatisiert durch intelligente Plugins. Diese analysieren die Spuren eigenständig und schlagen Anpassungen vor oder setzen diese direkt um. Der Vergleich der beiden Ansätze wird Aufschluss darüber geben, wie gut die KI-Tools in der Lage sind, die menschlichen Entscheidungen nachzuvollziehen oder gar zu übertreffen.

5. Beschreibung des Mixing-Prozesses mit klassischen Plugins

5.1 Händisches Vocal Editing

Der Prozess des Vocal-Editings ist ein essenzieller Schritt in der Nachbearbeitung und trägt wesentlich zur finalen Klangqualität bei. Hierbei wurde ein besonderer Fokus auf die Reduzierung von Atemgeräuschen und scharfen S-Lauten gelegt, da diese oft störend im Mix hervorstechen können. Ein weiterer wichtiger Aspekt war das Vocal-Gain-Editing, bei dem die Lautstärke der einzelner Passagen angepasst wird, um ein gleichmäßiges und harmonisches Lautstärkeniveau zu erzielen. Ergänzend dazu erfolgte eine händische Dynamikanpassung der Main Vocals, um deren Ausdruckskraft zu steigern und sicherzustellen, dass die Vocals sowohl präsent als auch angenehm im Mix wirken. Dies soll dem Kompressor zudem Arbeit abnehmen, damit dieser überwiegend als klangcharakteristisches Werkzeug fungieren kann. Da die Vocals im Mainstream Pop gerne präsent und laut im Mix gewünscht sind, ist dies eine perfekte Methode, um eine hohe Lautstärke ohne das Hervorheben von Störgeräuschen oder S-Lauten erreichen zu können.

Dieser gesamte Bearbeitungsprozess dauerte insgesamt 55 Minuten für die Main Vocals beim händischen Mix.



Abbildung 1: Main Vocal unbearbeitet

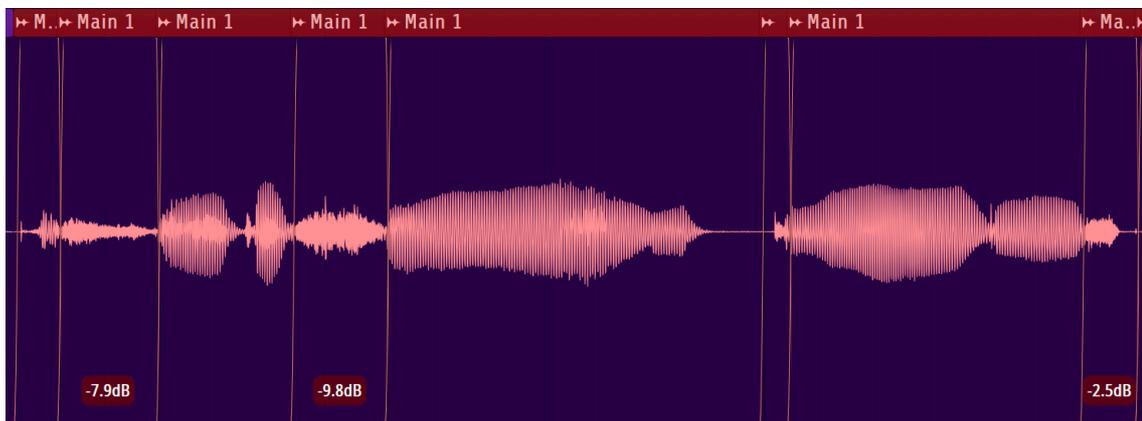


Abbildung 2: Main Vocal Gain bearbeitet

5.2 Händische Vocal-Synchronisierung

Ein wichtiger Schritt in der Musikproduktion ist die Synchronisation von Spuren, vor allem bei Gesang, da sie einen wesentlichen Beitrag zur Klangqualität und Professionalität eines Tracks leisten kann. Durch eine exakte Stimmausrichtung wird gewährleistet, dass mehrere Aufnahmen wie Doubles oder Background-Vocals genau mit der Lead-Spur übereinstimmen. Dadurch wird der Klang einheitlicher und harmonischer zudem können Phasenprobleme oder Timing-Unstimmigkeiten ausgeschlossen werden.

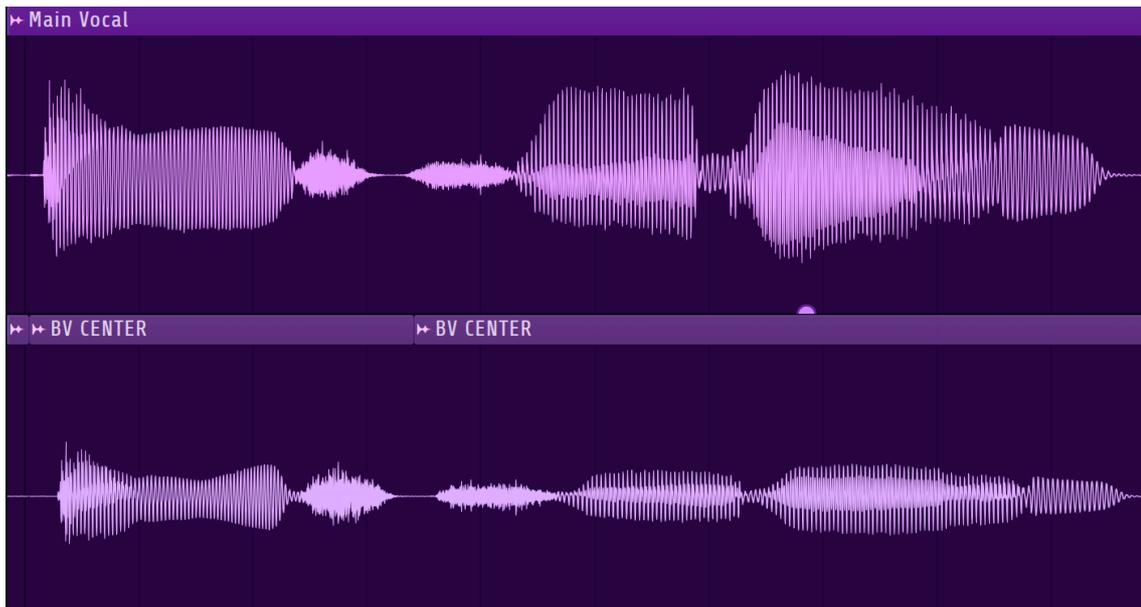


Abbildung 3: Main Vocal und BV Center nicht synchron

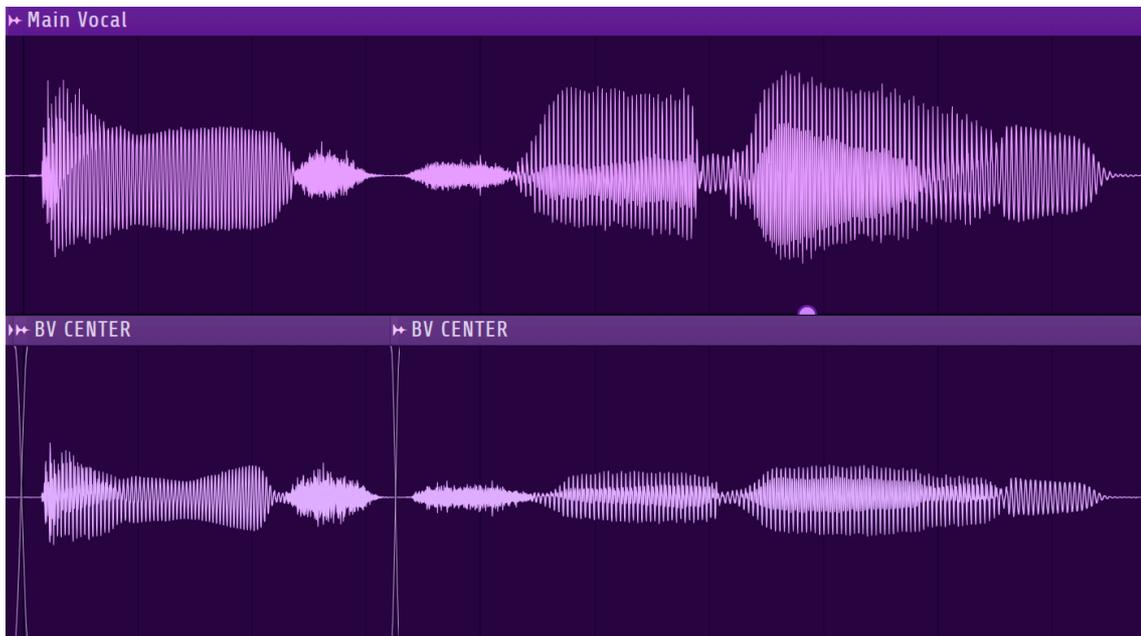


Abbildung 4: Main Vocal und BV Center Synchronisierung

Um die einzelnen Spuren genau an die Referenzspur anzupassen, verschiebt der Produzent beim manuellen Vocal-Alignment direkt in der Wellenformansicht in der DAW. Dies verlangt nach einem guten Gehör und einem ausgebildeten Auge, ist aber besonders hilfreich, wenn es darum geht, feine Details oder künstlerische Feinheiten einzubeziehen.

Der händische Mix benötigte hierbei folgenden Arbeitsaufwand: Für die BV Center Spur (Background Vocal Center) wurde zunächst ein Alignment durchgeführt, das 14 Minuten und 30 Sekunden in Anspruch nahm. Um eine saubere Synchronität sicherzustellen lag hierbei der Fokus darauf, die Spur zeitlich perfekt an die Lead-Vocal-Spur anzupassen. Anschließend wurde in 9 Minuten Clip-Gain-Editing durchgeführt, mit dem Ziel die Lautstärke einzelner Passagen zu regulieren und störende Geräusche zu minimieren.

Aufgrund ihrer Stereo-Breite und der zusätzlichen Komplexität brauchten die BV R und L Spuren (Background-Vocals Rechts und Links) insgesamt 35 Minuten für das Alignment, dazu 15 Minuten der Anpassung durch Clip-Gain. Um ein konsistentes und sauberes Klangbild zu schaffen, wurden dabei nicht nur die Synchronität berücksichtigt, sondern auch Knackser und störende Atemgeräusche wurden eliminiert.

Für die BV RR und LL Spuren (Background Vocals Doppelt Rechts und Links) wurde der Alignment-Prozess wesentlich schneller abgeschlossen. Diese Spuren benötigten zusammen nur 8 Minuten, da sie weniger umfangreich bearbeitet werden mussten. Clipgain hat hierbei ebenfalls nur 4 Minuten beansprucht.

Der gesamte Prozess der Gesangsanpassung gewährleistet, dass der Hintergrundgesang perfekt mit der Leadgesangsspur übereinstimmt, ohne dass klangliche Ablenkungen oder Timing-Probleme auftreten.

5.3 Händische Vocal Bearbeitung und Effektivierung

Damit die Plugin-Einstellungen übersichtlich und leicht verständlich bleiben, werden sie in Stichpunkten aufgeführt. So lassen sich die wichtigsten Parameter auf einen Blick erfassen, ohne sich durch lange Texte arbeiten zu müssen. Diese Darstellung macht es einfacher, Anpassungen nachzuvollziehen und verschiedene Einstellungen miteinander zu vergleichen.

5.3.1 Main-Vocal Bearbeitung

Die Bearbeitung der Main-Vocals erfolgte in mehreren präzise abgestimmten Schritten, um eine klare und ausgewogene Präsenz im Mix zu erzielen.

Equalizer Bearbeitung mit FabFilter Pro-Q3:

- Lowcut: Der Lowcut wurde bei 177,63 Hz mit einer Güte von 0,931 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave angewendet, um tieffrequente Störgeräusche zu entfernen.
- Dynamische Absenkung: Bei 481,44 Hz wurde eine dynamische Absenkung von -1,76 dB mit einer Güte von 7,539 vorgenommen, um störende Frequenzen im Mittenbereich zu reduzieren.
- Bell-Filter 1: Eine Absenkung von -2,06 dB bei 877,81 Hz mit einer Güte von 4,777 wurde eingesetzt, um ungewünschte Resonanzen zu minimieren.
- Bell-Filter 2: Eine weitere Absenkung von -2,93 dB bei 1681,7 Hz mit einer Güte von 9,144 folgte, um den Mittenbereich weiter zu glätten.
- Anhebung: Bei 7222,1 Hz wurde eine +1,38 dB Anhebung mit einer Güte von 1,681 vorgenommen, um die Präsenz der Vocals zu verstärken.
- Dynamische Bell-Filter: Eine Absenkung von -2,54 dB bei 8824,1 Hz mit einer Güte von 6,182 half dabei, harsche Höhen zu kontrollieren. Eine weitere Absenkung von -2,58 dB bei 12471 Hz mit einer Güte von 2,137 reduziert störende Höhen.

Effekte:

- SSL De-Esser: Dieses Plugin von Solid State Logic wurde im Frequenzbereich zwischen 3 kHz und 8 kHz mit einem Threshold von -12 dB im Stereobereich eingesetzt, um Zischlaute zu reduzieren.
- UAD LA-3A Kompressor: Ein optischer Kompressor, bekannt für seine transparente Dynamikbearbeitung, wurde mit einem Gain von 6 und einer Peak Reduction von 6 angewendet, um die Dynamik der Vocals zu kontrollieren.
- OTT Multiband-Kompressor: Mit einer Depth von 10% wurde der OTT Multiband-Kompressor eingesetzt, um die Dynamik im Frequenzspektrum weiter zu verfeinern.
- Stereo-Saturation mit Wavesfactorys Spectre: Das Plugin kombinierte Equalizing und Saturation zur gezielten Frequenzbearbeitung. Es wurden folgende Einstellungen verwendet:
 - +2,56 dB bei 2,04 kHz mit einer Güte von 0,71
 - +1,94 dB bei 2,83 kHz mit einer Güte von 0,71
 - +1,02 dB bei 4,47 kHz mit einer Güte von 0,71

5.3.2 BV-Center Bearbeitung

Die Bearbeitung des BV-Centers erfolgte ähnlich der Bearbeitung der Main Vocals, wobei zusätzliche Anpassungen vorgenommen wurden, um eine präzisere Platzierung im Mix zu erreichen.

Equalizer Bearbeitung:

- Lowcut: Bei 211,42 Hz mit einer Güte von 0,917 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave wurde der tiefe Frequenzbereich gekürzt.
- Dynamische Absenkung: Eine dynamische Absenkung von -1,76 dB bei 481,44 Hz mit einer Güte von 7,539 wurde zur Reduzierung störender Mittenfrequenzen eingesetzt.
- Bell-Filter 1: Bei 877,81 Hz erfolgte eine Absenkung von -2,06 dB mit einer Güte von 4,777.
- Bell-Filter 2: Eine weitere Absenkung von -2,93 dB bei 1681,7 Hz mit einer Güte von 9,144 wurde durchgeführt.
- Dynamischer Bell-Filter: Ein dynamischer Bell Filter bei 8240,9 Hz mit einer Absenkung von -1,99 dB und einer Güte von 6,182 wurde zur Kontrolle der Höhen angewendet.

Effekte:

- SSL De-Esser: Einstellungen identisch zu den Main-Vocals: Frequenzbereich von 3 kHz bis 8 kHz, Threshold von -12 dB.
- UAD 1176 Rev A Kompressor: Der FET-Kompressor wurde mit folgenden Einstellungen verwendet:
 - Input: -36,16 dB
 - Output: 14,16 dB
 - Attack: 1,4 ms
 - Release: 1,7 ms
 - Ratio: 1:4
- UAD LA-2A Silver Kompressor: Der optische Röhrenkompressor wurde mit folgenden Einstellungen eingesetzt:
 - Gain: 30
 - Peak Reduction: 21
- OTT Multiband-Kompressor: Die Depth wurde auf 10% gesetzt.
- SSL De-Esser: Dieser wurde erneut mit denselben Einstellungen wie zuvor verwendet, um Zischlaute weiter zu kontrollieren.

5.3.3 BV-Hall-Bearbeitung

Die Bearbeitung des BV-Hall-Busses beinhaltete ähnliche Schritte wie die der Main Vocals und des BV-Centers, mit zusätzlichen Anhebungen und Absenkungen für eine präzisere Klangformung.

Equalizer Bearbeitung:

- Lowcut: Bei 336,75 Hz mit einer Güte von 0,927 und 12 dB/Oktave wurde der tiefe Frequenzbereich gekürzt.
- Dynamische Absenkung: Eine dynamische Absenkung von -1,76 dB bei 481,44 Hz mit einer Güte von 7,539 wurde vorgenommen.
- Bell-Filter 1: Bei 877,81 Hz erfolgte eine Absenkung von -2,06 dB mit einer Güte von 4,777.
- Bell-Filter 2: Eine weitere Absenkung von -2,93 dB bei 1681,7 Hz mit einer Güte von 9,144.
- Anhebung: Eine +1,2 dB Anhebung bei 7003,6 Hz mit einer Güte von 3,023 zur Verbesserung der Präsenz.
- Dynamische Bell-Filter: Eine Absenkung von -1,99 dB bei 8240,9 Hz mit einer Güte von 6,182 und eine weitere Absenkung bei 11916 Hz mit -1,83 dB und einer Güte von 2,529 wurden angewendet.

Effekte:

- SSL De-Esser: Einstellungen identisch zu den oben genannten Bearbeitungen.
- Kompressoren (UAD):
 - 1176 Rev A: Wie zuvor beschrieben.
 - LA-2A Silver: Wie zuvor beschrieben.
- OTT Multiband-Kompressor: Depth auf 10% gesetzt.
- Panagement: Ein Plugin zur Verbreiterung des Stereobildes, mit einer Stereo Width von 200%.

5.3.4 BV-LR-Bearbeitung

Die Bearbeitung des BV-LR-Busses war analog zur Bearbeitung des BV-Centers, wobei ein zusätzlicher Equalizer zur Feinanpassung des Stereo-Signals verwendet wurde.

Equalizer Bearbeitung:

- Lowcut: Bei 264,39 Hz mit einer Güte von 1,053 und 12 dB/Oktave wurde der tiefe Frequenzbereich gekürzt.

- Anhebung: Bei 7659,6 Hz wurde eine +1,78 dB Anhebung mit einer Güte von 1,4 vorgenommen, um den Hochfrequenzbereich hervorzuheben.
- Dynamischer Bell-Filter: Eine Absenkung von -0,19 dB bei 10642 Hz mit einer Güte von 4,953 wurde eingesetzt, um resonante Frequenzen zu kontrollieren.
- Highshelf: Bei 14672 Hz wurde eine Absenkung von -2,84 dB mit einer Güte von 1 angewendet, um den oberen Höhenbereich zu dämpfen.

5.3.5 BV-LL-RR-Bearbeitung

Die Bearbeitung der BV-LLRR Spur erfolgte in mehreren Schritten, um die Balance und Klarheit zu optimieren.

Equalizer Bearbeitung:

- Lowcut: Bei 211,42 Hz mit einer Güte von 0,917 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave wurde der tiefe Frequenzbereich gekürzt.
- Dynamische Absenkung: Bei 481,44 Hz wurde eine dynamische Absenkung von -1,76 dB mit einer Güte von 7,539 durchgeführt.
- Bell Filter 1: Bei 877,81 Hz wurde eine Absenkung von -2,06 dB mit einer Güte von 4,777 vorgenommen.
- Bell Filter 2: Bei 1681,7 Hz erfolgte eine Absenkung von -2,93 dB mit einer Güte von 9,144.
- Dynamischer Bell-Filter: Ein dynamischer Bell-Filter bei 8240,9 Hz mit einer Absenkung von -1,99 dB und einer Güte von 6,182 wurde angewendet, um dynamische Spitzen zu kontrollieren.

Effekte:

- SSL De-Esser: Einstellungen identisch zu den oben genannten Bearbeitungen.
- 1176 Rev A Kompressor (UAD): Der Kompressor wurde mit einem Input von -37,64 dB, einem Output von 14,4 dB, einer Attack-Zeit von 1,4 ms, einer Release-Zeit von 1,7 ms und einer Ratio von 1:4 verwendet, um die Dynamik zu kontrollieren.
- LA-2A Silver Kompressor (UAD): Ein LA-2A Silver Kompressor wurde mit einem Gain von 30 und einer Peak Reduction von 21 eingesetzt, um die Dynamik weiter zu formen.
- OTT Multiband-Kompressor: Mit einer Depth von 10% wurde der OTT Multiband-Kompressor zur weiteren Kontrolle der Dynamik und zur Verfeinerung der Transienten verwendet.
- SSL De-Esser: Einstellungen identisch zu den oben genannten Bearbeitungen.

Abschließende Equalizer-Einstellungen

- Lowcut: Bei 143,32 Hz mit einer Güte von 1,022 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave wurde eine weitere Frequenzabsenkung durchgeführt.
- Dynamischer Bell Filter: Ein dynamischer Bell Filter bei 9404,4 Hz mit einer Absenkung von -1,79 dB und einer Güte von 4,586 wurde angewendet, um bestimmte Resonanzen zu dämpfen.
- Bell Filter: Ein weiteres Bell Filter bei 15455 Hz mit einer Absenkung von -1,87 dB und einer Güte von 1 rundete die Bearbeitung ab.

Die Komplette Effektierung aller Vocal der Spuren nahm 50 Min in Anspruch.

5.4 Händische Instrumenten-Effektierung

Im Folgenden werden die Bearbeitungsschritte für die einzelnen Instrumente dokumentiert, um die Frequenzbereiche zu optimieren und Störgeräusche zu minimieren. Ziel ist es, jedem Instrument eine klare Position im Mix zu geben sowie Überlagerungen mit anderen Elementen wie Bass oder Vocals zu reduzieren. Dabei wurde der FabFilter Pro-Q4 als Equalizer eingesetzt.

FabFilter Pro-Q4 – Plugin-Beschreibung

Der FabFilter Pro-Q4 ist ein hochentwickelter Equalizer, der sowohl für chirurgische Eingriffe als auch für klangformende Anpassungen eingesetzt wird. Er bietet drei Betriebsmodi: Zero Latency, Natural Phase und Linear Phase, die jeweils unterschiedliche Verarbeitungsansätze verwenden, um den Klang anzupassen. Der Natural Phase-Modus, der hier verwendet wurde, sorgt für eine transparente Klangbearbeitung ohne hörbare Phasenverschiebungen. Der Warm-Modus fügt harmonische Wärme hinzu, die den Klang natürlicher wirken lässt.

5.4.1 Händische Gitarrenbearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q4
- Ziel: Eliminierung tiefer Störgeräusche und Kontrolle über störende Frequenzen in den Mitten und Höhen.
- Einstellungen:
 - Lowcut: Frequenzen unterhalb von 63,335 Hz wurden mit einer Güte von 0,897 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave entfernt, um unerwünschte Tiefenanteile zu eliminieren.
 - Bell-Filter: Bei 478,62 Hz wurde ein Absenkung von -5,16 dB mit einer Güte von 0,532 vorgenommen, um Resonanzen in den unteren Mitten zu reduzieren.

- Highcut: Frequenzen oberhalb von 4821,7 Hz wurden mit einer Güte von 1,05 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave abgesenkt, um harsche Höhen zu glätten.

5.4.2 Händische Synthesizer-Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q4
- Ziel: Optimierung der Mitten und Reduktion tiefer Frequenzen, die mit dem Bass kollidieren könnten.
- Einstellungen:
 - Lowcut: Frequenzen unterhalb von 83,251 Hz wurden mit einer Güte von 0,999 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave entfernt.
 - Bell-Filter: Bei 414,79 Hz wurde eine Absenkung von -3,37 dB mit einer Güte von 1 vorgenommen, um störende Mitten zu reduzieren und den Synthesizer klarer klingen zu lassen.

5.4.3 Händische Bells-Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q4
- Ziel: Klärung der Höhen und Vermeidung störender Resonanzen in den Mitten.
- Einstellungen:
 - Lowcut: Frequenzen unterhalb von 44,401 Hz wurden mit einer Güte von 1,055 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave entfernt.
 - Bell-Filter: Bei 459,79 Hz wurde eine Absenkung von -2,85 dB mit einer Güte von 1 vorgenommen.
 - Highcut: Frequenzen oberhalb von 8149,7 Hz wurden mit einer Güte von 1,034 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave kontrolliert, um eine angenehme Präsenz zu gewährleisten.

5.4.4 Händische Violin-Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q4
- Ziel: Reduktion störender Resonanzen und Entfernung tieffrequenter Geräusche für einen klareren Klang.
- Einstellungen:
 - Lowcut: Frequenzen unterhalb von 120,72 Hz wurden mit einer Güte von 1,041 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave entfernt.
 - Bell-Filter: Bei 548,47 Hz wurde eine Absenkung von -3,89 dB mit einer Güte von 1 vorgenommen, um Resonanzen zu kontrollieren und die Klarheit zu erhöhen.

5.4.5 Händische Keys-Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q4
- Ziel: Entfernen tiefer Frequenzen und Minderung störender Mittenresonanzen.
- Einstellungen:
 - Lowcut: Frequenzen unterhalb von 50,748 Hz wurden mit einer Güte von 1,065 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave entfernt.
 - Bell-Filter: Bei 503,25 Hz wurde eine Absenkung von -3,04 dB mit einer Güte von 1 vorgenommen, um störende Mittenanteile zu minimieren.

Zusammenfassung der Instrumentenbearbeitung

Die gezielte Anpassung der Frequenzbereiche hat dazu beigetragen, die Instrumente klarer und differenzierter im Mix zu platzieren. Die Kombination aus Lowcut, Bell-Filter und Highcut wurde jeweils an die spezifischen Anforderungen der Instrumente angepasst, um Frequenzkollisionen mit den Vocals zu vermeiden und einen ausgewogenen Gesamtklang zu erzielen. Die Bearbeitung hat 15 Minuten beansprucht.

5.5 Händische Drum-Effektierung

Die Drum-Spuren wurden gezielt bearbeitet, um bestimmte Frequenzen zu kontrollieren und den Klang transparenter zu gestalten. Dabei wurden zwei zentrale Elemente – der Main Drumloop und der Bass – optimiert, um störende Frequenzen zu minimieren und den Mix zu klären.

5.5.1 Händische Main-Drumloop-Bearbeitung

Der FabFilter Pro-Q3 wurde zur Kontrolle der hohen Frequenzen verwendet, um harsche oder überbetonte Höhen im Drumloop zu glätten. Folgende Einstellungen wurde ausgewählt: Highshelf: Frequenzen oberhalb von 2442,5 Hz wurden um -7,55 dB abgesenkt, mit einer Güte von 0,3, um eine sanfte und angenehme Höhenwiedergabe zu erzielen.

5.5.2 Händische Bass-Bearbeitung

1. **Equalizer-Prozess:** FabFilter Pro-Q3 zur Reduktion störender hochfrequenter Anteile, die den Bass unnötig präsent machen, um Platz für andere Instrumente und Vocals zu schaffen.

- Folgende Einstellungen wurden verwendet: Highcut: Frequenzen oberhalb von 2318,7 Hz wurden mit einer Güte von 0,695 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave abgesenkt.
- 2. Kompressor-Prozess:** Der verwendete Empirical Labs Distressor ist ein vielseitiger Kompressor, der sowohl subtilen Dynamik-Kontrolle als auch charaktervolle Klangfärbung bietet. Er eignet sich ideal, um Bass-Signalen Druck und Punch zu verleihen. Er wurde verwendet für eine Verstärkung der Durchsetzungsfähigkeit des Basses und einer gleichzeitigen Kontrolle der Dynamik.
- Ratio: 4:1 – eine moderate Kompression zur Reduktion dynamischer Spitzen.
 - Input: 5, um das Eingangssignal leicht anzuheben und den Kompressor zu aktivieren.
 - Attack: 9, eine sehr schnelle Reaktion, um die Transienten sofort zu kontrollieren.
 - Release: 1, ein schneller Release, um den Bass lebendig zu halten.
 - Output: 7,5, um das Signal nach der Kompression auf das gewünschte Pegelniveau zu bringen.

Zusammenfassung der Drum-Effektierung

Die gezielte Frequenzbearbeitung mit dem FabFilter Pro-Q3 hat dazu beigetragen, sowohl den Main Drumloop als auch den Bass zu optimieren. Der Einsatz des Empirical Labs Distressor hat dem Bass mehr Druck und Präzision verliehen, während störende Höhen reduziert und der Frequenzraum klarer gestaltet wurden. Diese Schritte sorgen für eine saubere Integration der Drums in den Mix, ohne dass sie ihre Energie oder Durchsetzungsfähigkeit verlieren. Diese Bearbeitung hat 10 Minuten beansprucht.

5.6 Händische Bearbeitungsschritte der Gruppen

Die hier erläuterten Bearbeitungsschritte zielen darauf ab, die Klangqualität einzelner Gruppen und des gesamten Mixes zu verbessern. Jedes verwendete Plugin erfüllt eine spezifische Funktion, um Frequenzen zu kontrollieren, die Dynamik auszugleichen oder harmonische Details zu verstärken. Nachfolgend sind die Bearbeitungen im Detail beschrieben.

5.6.1 Händische BV-Bus-Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q3
 - Ziel: Reduktion von tiefen Frequenzen, die in den Backing-Vocals (BV) störend wirken können, um Platz für andere Elemente wie den Lead-Vocal und den Bass zu schaffen.
 - Einstellungen:
 - Lowcut: Frequenzen unterhalb von 217,96 Hz wurden mit einer Güte von 1,112 und einer Flankensteilheit von 12 dB/Oktave abgeschnitten.

5.6.2 Händische Percs and Hat-Bus-Bearbeitung

- Plugin: Ozone-Vintage-Tape
 - Beschreibung: Dieses Plugin simuliert die warme, gesättigte Klangcharakteristik vom analogen Tonband. Es wird verwendet, um Percussion-Elementen eine natürliche Färbung zu verleihen und harsche Transienten zu glätten.
 - Einstellungen:
 - Low Emphasis: 2,0 – leichte Betonung der tiefen Frequenzen.
 - High Emphasis: 4,0 – stärkere Betonung der hohen Frequenzen, um Hihats und Percussions mehr Präsenz zu geben.

5.6.3 Händische Kick- und Snare-Bus-Bearbeitung

1. Kompression:

- Plugin: Shadow-Hills-Mastering-Compressor
 - Beschreibung: Dieser vielseitige Kompressor kombiniert optische und diskrete Kompression, um Transparenz und Punch zu vereinen. Ideal für Kick- und Snare-Spuren.
 - Einstellungen:
 - Optical Threshold: 9
 - Optical Gain: 10
 - Discrete Ratio: 3:1
 - Discrete Attack: 5
 - Discrete Threshold: 7
 - Discrete Recover: 1
 - Discrete Gain: 12

2. Harmonische Anreicherung:

- Plugin: Blackbox-Analog-Design-HG-2

- Beschreibung: Ein Sättigungs-Plugin, das röhren-ähnliche Obertöne hinzufügt, um den Klang voller und lebendiger zu machen.
- Einstellungen:
 - Saturation: 31 %
 - Pentode: 66 %
 - Triode: 57 %
 - Air-Amount: 53 %
 - Output: 38 %

5.6.4 Händische All Drums Bus Bearbeitung

- Plugin: Orion von Cradle
 - Beschreibung: Orion kombiniert Kompression, Sättigung und harmonische Anreicherung, um einen warmen und druckvollen Klang zu erzeugen.
 - Einstellungen:
 - Color Mode: A
 - Compression Mode: B
 - Harmonische Verstärkung: 79,4 %
 - Kompression: 60,6 %
 - Lift: 80 %
 - Parallele Kompression:
 - Sub: 26,9 %
 - Low: -22,3 %
 - Grit: -28,6 %

5.6.5 Händische Drum- und Bass-Bus-Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q3
 - Ziel: Leichte Anpassung des Frequenzspektrums zur Betonung tiefer Frequenzen im Drum-and-Bass-Bereich.
 - Einstellungen:
 - Bell Filter: Frequenzen bei 70,169 Hz wurden um -1 dB abgesenkt, mit einer Güte von 1.

5.6.6 Händische All Music Bus Bearbeitung

- Plugin: FabFilter Pro-Q4
 - Ziel: Frequenzanpassungen, um den Mix klarer zu gestalten und musikalische Elemente hervorzuheben.
 - Einstellungen:

- Bell-Absenkung: 365,62 Hz um -2,02 dB mit einer Güte von 0,605.
- Bell-Anhebung: 2377 Hz um +1,32 dB mit einer Güte von 1.

Die Bearbeitung der verschiedenen Busse hat insgesamt 33 Minuten in Anspruch genommen.

5.7 Bearbeitungsschritte des Masterbusses

1. Frequenzkontrolle:

- Plugin: FabFilter Pro-Q3
 - Lowcut: Frequenzen unter 100,36 Hz mit einer Güte von 0,989 und 96 dB/Oktave wurden entfernt, um eine bessere Bass-Mono-Wiedergabe zu gewährleisten.

2. Multiband-Kompression:

- Plugin: OTT-Multiband-Kompressor
 - Einstellungen: 10 % Depth, um die Dynamik subtil zu verdichten.
- Bus-Processor-Multiband-Kompressor:
 - Preset: Classic Royal
 - Threshold: -18 dB
 - Make-Up Gain: 1,8 dB
 - Attack: 22 ms
 - Release: 0,10 s
 - Ratio: 4:1
 - Range: 3 dB
 - Saturation Amount: 4
 - Air: 4

3. Harmonische Balance:

- Plugin: God Particle Multiband Compressor
 - Einstellungen:
 - Input Gain: -5,3 dB
 - Output Gain: 0 dB
 - Low Compression: +1 dB
 - Mid Compression: -0,8 dB
 - High Compression: +1,7 dB

4. Finale EQ-Anpassungen:

- Plugin: FabFilter Pro-Q3
 - Anhebung:
 - 22,182 Hz: +0,65 dB, Güte 17,6
 - 2103,5 Hz: +1,99 dB, Güte 0,82
 - 25203 Hz: +2,58 dB, Güte 0,3
 - Absenkung:
 - 88,158 Hz: -1,85 dB, Güte 0,3
 - Dynamische Absenkung: 1169 Hz um -0,11 dB, Güte 4,5.

5. Maximierung:

- Plugin: Ozone Maximizer
 - Gain Anhebung: +1,9 dB
 - Upward Compression: 2,6 dB
 - Soft Clipping: 10 %

6. Limiting:

- Plugin: FabFilter Pro-L2
 - Output: -0,2 dBTP, um den Peak zu kontrollieren und den Mix für verschiedene Plattformen optimal vorzubereiten.

Fazit

Die Bus- und Masterbearbeitung optimiert den Klang auf allen Ebenen, von individuellen Gruppen bis hin zur Gesamtbalance. Die gezielte Frequenzbearbeitung, dynamische Kontrolle und harmonische Anreicherung gewährleisten einen ausgewogenen Mix. Diese Arbeitsschritte haben insgesamt 46 Minuten benötigt.

6. Beschreibung des Mixing-Prozesses mit KI-basierten Plugins

6.1 Automatisiertes Vocal-Editing mit KI

Der Arbeitsablauf bei der Bearbeitung der Vocals verlief gleich strukturiert, ebenfalls beginnend mit dem Clippgain. Für die Hauptgesangsspur wurde Dynassist verwendet, ein KI-gestütztes Plugin, das die Lautstärkenverhältnisse automatisch analysiert und anpasst. Dieser Schritt dauerte nur 4 Minuten und 40 Sekunden, hierbei ist die Songdauer inkludiert, die es benötigt, um die Vocalsspur in das Plugin aufzunehmen.

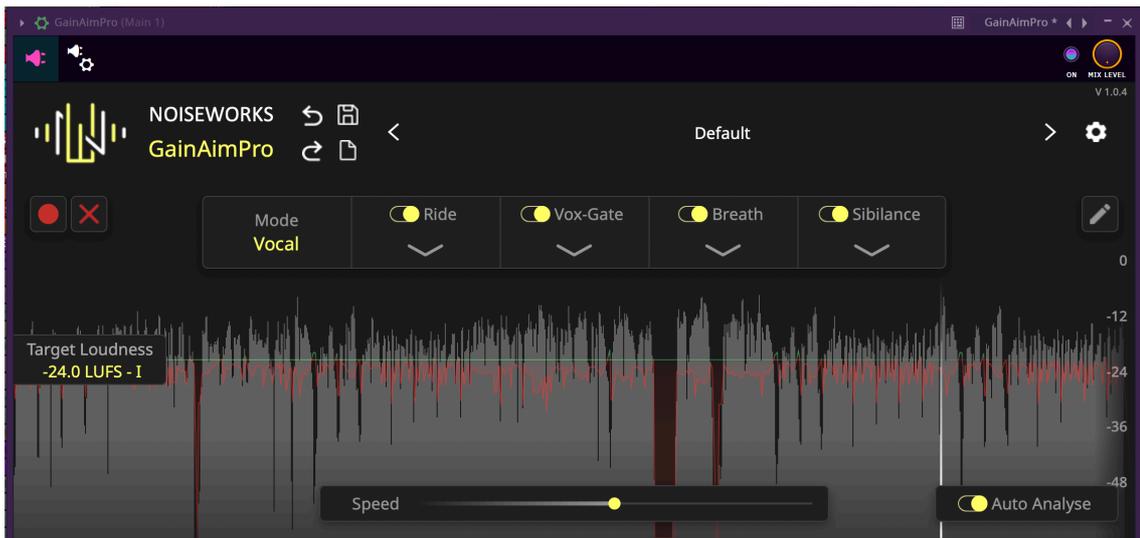


Abbildung 5: Clippgain Anpassung mit DynAssist von Noiseworks

Danach folgte die Clippgain-Bearbeitung der Background-Vocals. Dieser Prozess nahm insgesamt 4 Minuten und 3 Sekunden in Anspruch und sorgte für eine harmonische Lautstärkenbalance der unterstützenden Gesangsspur.

6.2 Automatisierte Vocal-Synchronisierung

Im nächsten Schritt wurden die Background-Vocals zeitlich an die Hauptgesangsspur angepasst. Mithilfe von VocAlign wurden die BV-Center direkt mit den Main-Vocals synchronisiert, während BV-LR und BV-LLRR paarweise aufeinander abgestimmt wurden.

Abbildung 6: Timing Korrektur mit VocAlign



VocAlign ist ein algorithmusbasiertes Tool. Es verwendet spezifische Algorithmen, um Timing und Phasenübereinstimmung zwischen einer Referenzspur (z. B. Hauptgesang) und einer Zielspur (z. B. Background Vocals) herzustellen.

Die Bearbeitung dauerte insgesamt 3 Minuten und 42 Sekunden. Daraufhin folgte die Konsolidierung der Spuren für 2 Minuten. Dadurch wurde ein präzises Timing erreicht, welches sicherstellt, dass die Spuren sauber übereinander liegen.

6.3 Algorithmus und KI basierte Vocal Bearbeitung und Effektierung

6.3.1 Main Vocal Bearbeitung: Detaillierte Beschreibung

6.3.2 Verwendung von Neutron für die Grundbearbeitung

Nach der Analyse des Signals durch **iZotope Neutron**, wurden folgende automatische Einstellungen für die Main Vocal vorgenommen:

Der Sculptor in iZotope Neutron ist ein Modul, das auf spektraler Klangbearbeitung basiert. Es arbeitet mit einem algorithmusbasierten Ansatz, der dynamisch auf Frequenzen eines Signals reagiert. Er dient dazu, den Frequenzbereich der Vocals dynamisch anzupassen, indem er automatisch Frequenzen anhebt oder absenkt, um einen ausgewogenen Klang zu erzielen.

Sculptor:

- Intensity: 50%
- Speed: 50
- Tone: 20

Equalizer:

- Bell-Anhebung bei 371 Hz:
 - Gain: +2,7 dB
 - Güte: 2,1
- Low-Shelf bei 261 Hz:
 - Gain: +1 dB
 - Güte: 0,1
- Dynamischer EQ bei 1110 Hz:
 - Gain: -10 dB
 - Güte: 2,6

- Dynamischer EQ bei 3351 Hz:
 - Gain: -10 dB
 - Güte: 2,6
- High-Shelf bei 12343 Hz:
 - Gain: +2 dB
 - Güte: 0,1



Abbildung 7: Automatisierte EQ Einstellung durch Neutron

Die dynamischen Equalizer unterdrücken resonante Frequenzen bei 1110 Hz und 3351 Hz, die oft als nasale oder harsche Klanganteile wahrgenommen werden. Laut iZotope dient der dynamische EQ dazu, problematische Frequenzen „genau dann zu behandeln, wenn sie problematisch werden“, wodurch unerwünschte Artefakte minimiert werden.

Kompressor:

- Ratio: 1.7:1
- Attack: 50,5 ms
- Release: 151,5 ms

Der erste Kompressor reduziert dynamische Spitzen subtil und glättet die Lautstärke, um eine gleichmäßige Präsenz im Mix zu gewährleisten. Die niedrige Ratio und die mittleren Attack- und Release-Werte ermöglichen eine natürliche Bearbeitung, die die Dynamik erhält.

Exciter:

- Mode: Classic
- Effekt: Tape
- Wert: 8,7 (ab 2,4 kHz)

Der Exciter bringt harmonische Obertöne in den höheren Frequenzbereichen hinzu, um die Vocals präsenter und luftiger klingen zu lassen. Der Tape-Modus wird oft für seine musikalische Sättigung gewählt.

6.3.3 De-Essing mit smart:deess von Sonible

Als nächstes wurde der smart:deess von Sonible eingesetzt, um S-Laute und Plosive zu kontrollieren. Die von der KI gewählten Einstellungen waren:

- S-Laute-Suppression: 50%
- Shaping: 100%
- Plosive-Suppression: 50%

Durch die komprimierte Signalbearbeitung lagen die meisten Reduktionen im Bereich von -4 bis -6 dB. Die höchstmögliche Reduktion wäre bei -12 dB gelegen. Der De-Esser wurde für eine gezielte Kontrolle von Zischlauten konzipiert, um die Verständlichkeit und den Klangcharakter der Stimme zu bewahren.

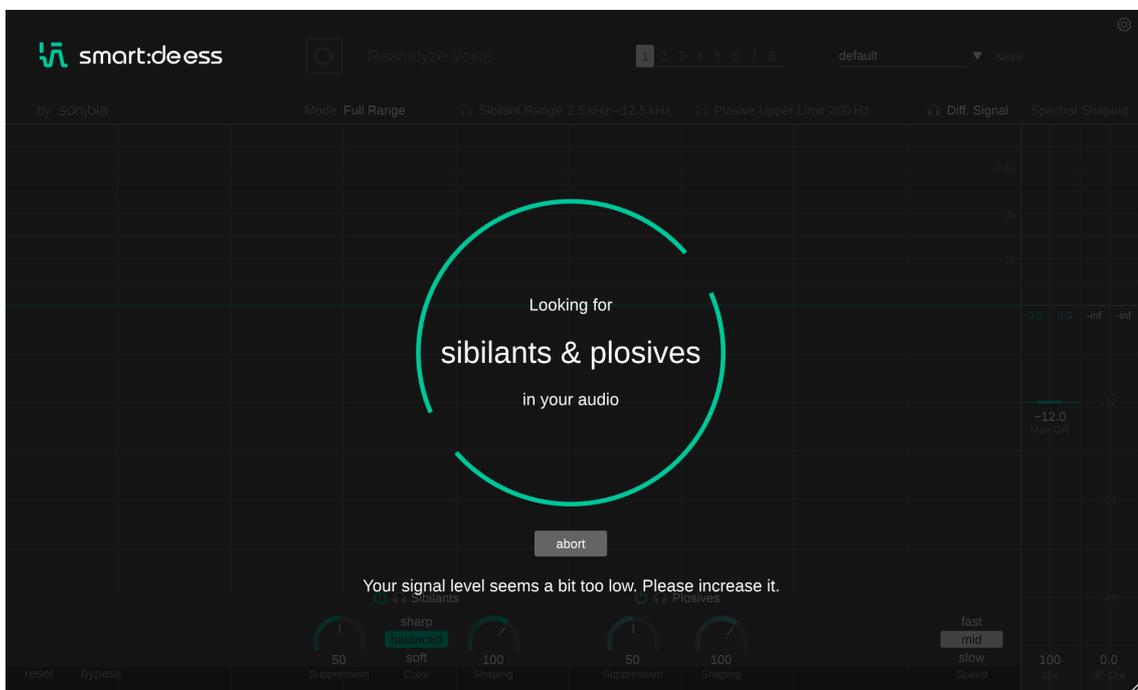


Abbildung 8: Automatisiertes De-Essing mit smart:de-ess von Sonible

6.3.4 Rauschentfernung und Klick-Reduktion mit RX 10 Repair Assistant

Im nächsten Schritt wurde iZotope RX 10 verwendet, um unerwünschte Nebengeräusche zu entfernen:

- De-Click: 100 %
- De-Noise: 60 %

Diese Module entfernen Klickgeräusche und reduzieren Hintergrundrauschen, ohne die natürlichen Klangmerkmale der Stimme zu beeinträchtigen.

6.3.5 Verfeinerung mit SpecCraft

Das Preset „Pop-Female-Vocal“ wurde in SpecCraft ausgewählt. Dieses Plugin optimiert die harmonische Balance auf Algorithmusbasis. SpecCraft von Three-Body Technology ist ein fortschrittliches Plugin, das als dynamischer Resonanzunterdrücker, Spektrumkompressor und intelligenter Equalizer fungiert. Es wurde entwickelt, um unerwünschte Resonanzen im Mix zu identifizieren und dynamisch zu unterdrücken, sei es bei scharfen Höhen oder dumpfen Tiefen. Dabei werden in Echtzeit passende Unterdrückungen auf jedes einzelne Audio-Frame angewendet.



Abbildung 9: Resonanzunterdrückung und Kompensation mit Speccraft

Ein weiteres Merkmal von SpecCraft ist seine Fähigkeit, die durch die Resonanzunterdrückung entstandenen Lücken zu füllen, indem es Echtzeit-Spektrumkompensation generiert.

6.3.6 Reverb mit smart:reverb von Sonible

Zum Abschluss wurde smart:reverb für den Raumklang hinzugefügt:

- Reverb-Zeit: 1,5 Sekunden
- Pre-Delay: 0 Sekunden

Das Plugin wurde so eingestellt, dass es eine subtile Hallfahne erzeugt, die die Stimme räumlich einbettet, ohne sie zu stark in den Hintergrund zu drängen.

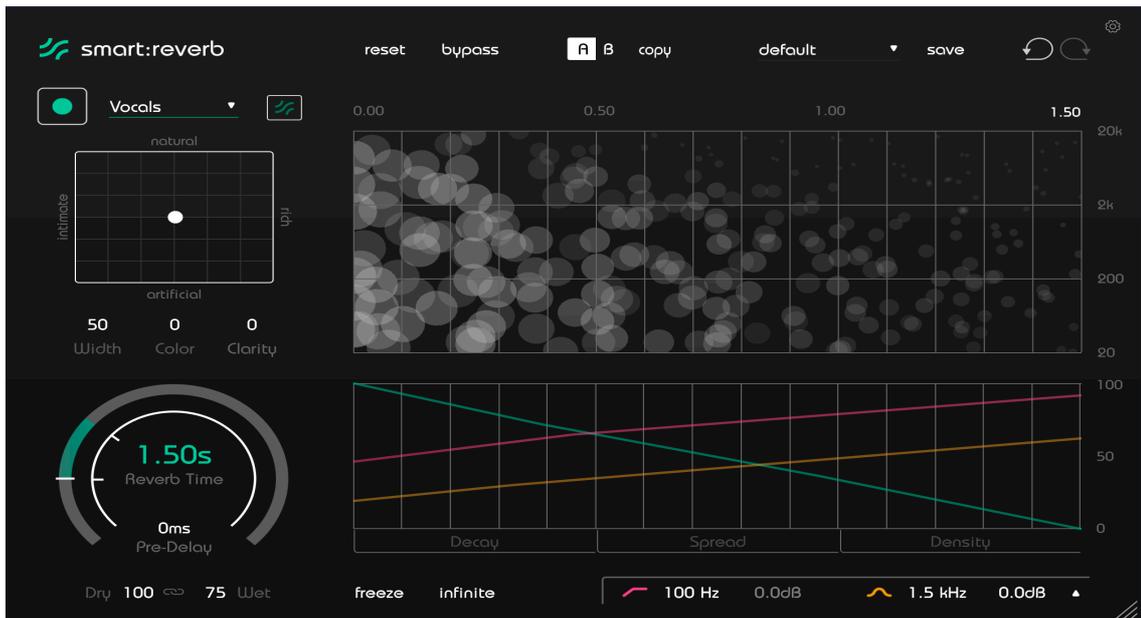


Abbildung 10: KI Hall mit smart:reverb von Sonible

6.4 Bearbeitungsschritte der Backing Vocals (BV) mit KI-Plugins

6.4.1 BV-Center Bearbeitung mit KI

- **Neutron:**
Der Sculptor wurde nach einer automatischen Analyse durch das Plugin mit den folgenden Einstellungen gewählt: 50 % Intensität, Tone: 20, Speed: 50.
- **Equalizer:**
Die EQ-Einstellungen wurden auf Basis der Analyse der Audiospur durch das Plugin automatisch wie folgt festgelegt:
 - Low Shelf: Bei 163 Hz mit +1 dB Gain und einer Güte von 0,1, um tiefere Frequenzen subtil zu verstärken.

- Bell-Filter: Bei 230 Hz mit +2,7 dB Gain und einer Güte von 2,1, um Klarheit in den unteren Mitten zu erzeugen.
 - Dynamischer Bell-Filter: Bei 1716 Hz mit -10 dB Gain und einer Güte von 2,6, um störende Mittenfrequenzen dynamisch zu reduzieren.
 - Dynamischer EQ: Bei 4096 Hz mit -10 dB Gain und einer Güte von 2,6, um unangenehme Präsenz in den oberen Mitten zu kontrollieren.
 - High Shelf: Bei 5793 Hz mit +2 dB Gain und einer Güte von 0,1, um den Höhenbereich subtil anzuheben.
- **Multiband-Kompressor:**
Neutron hat den Kompressor im Vintage-Modus mit einer Ratio von 1,4:1, einer Attack-Zeit von 59,7 ms und einer Release-Zeit von 179,1 ms eingestellt. Diese Einstellungen wurden vom Plugin basierend auf dem Audiomaterial vorgeschlagen.
 - **Exciter:**
Der Exciter wurde auf einen Wert von 8,7 mit 50 % Intensität im Mix eingestellt. Auch diese Werte wurden durch die Plugin-Analyse vorgeschlagen, um harmonische Sättigung und klangliche Wärme hinzuzufügen.
 - **Smart:de Esser von Sonible:**
Der De-Esser analysierte die Audiospur und schlug folgende Werte vor: Sibilance Suppression: 50, Shaping: 100, Plosive Suppression: 50, Shaping: 100. Die Schwellenwerte und Reduktionshöhen wurden ebenfalls automatisch durch das Plugin gewählt, um störende S-Laute und Plosive effektiv zu minimieren.

6.4.2 BV-Hall-Bearbeitung mit KI

- **Neutron:**
Der Sculptor wurde auch hier nach einer automatischen Analyse mit den gleichen Einstellungen wie zuvor genutzt (50 % Intensität, Tone: 20, Speed: 50).
- **Equalizer:**
Die vorgeschlagenen EQ-Werte wurden vom Plugin basierend auf dem analysierten Frequenzspektrum wie folgt festgelegt:
 - Low Shelf: Bei 234 Hz mit +1 dB Gain und einer Güte von 0,1.
 - Bell-Filter: Bei 331 Hz mit +2,7 dB Gain und einer Güte von 2,1.
 - Dynamischer Bell-Filter: Bei 1842 Hz mit -10 dB Gain und einer Güte von 2,6.
 - Dynamischer EQ: Bei 3139 Hz mit -10 dB Gain und einer Güte von 2,6.
 - High Shelf: Bei 4995 Hz mit +2 dB Gain und einer Güte von 0,1.

- **Multiband-Kompressor:**
Im Vintage-Modus wählte das Plugin automatisch eine Ratio von 1,5:1, eine Attack-Zeit von 55,6 ms und eine Release-Zeit von 166,9 ms.
- **Exciter:**
Auch hier wurde der Exciter auf 8,7 mit 50 % Mix eingestellt, basierend auf den Vorschlägen der Plugin-Analyse.

6.4.3 Weitere Bearbeitungen der BV-Spuren mit KI

Für BV LR, BV LLRR und Adlip Doubles wurden ähnliche Prozesse angewendet. Die Plugin-Analysen führten zu spezifischen Anpassungen der EQ- und Kompressor-Einstellungen, die optimal auf die jeweiligen Frequenzbereiche und Dynamiken der einzelnen Spuren abgestimmt wurden. Der Smart:de Esser wurde ebenfalls in allen Fällen zur Unterdrückung von Sibilanzen und Plosiven eingesetzt.

Zusätzlich wurde für die Adlip Doubles der Smart:Reverb von Sonible verwendet. Das Plugin analysierte die Spur und schlug eine Reverb-Zeit von 1,5 Sekunden, einen Low-Cut bei 100 Hz und eine Breite von 50 % vor, um die räumliche Einbettung und Separation zu verbessern.

Die Komplette Bearbeitungszeit der Effektivierung der Vocals belief sich auf 14 Minuten.

6.5 Instrumentenbearbeitung durch KI-Plugins

Im Rahmen des zweiten Mixes wurden die bearbeiteten Instrumentenspuren einer automatisierten Signalverarbeitung mit KI-basierten Plugins unterzogen. Diese Plugins analysierten die Audiodaten eigenständig und schlugen diese spezifischen Einstellungen vor, die auf den Eigenschaften der jeweiligen Spuren basieren. Nachfolgend werden die Bearbeitungen detailliert beschrieben.

6.5.1 Bearbeitung der Gitarre

Für die Bearbeitung der Gitarrenspur wurde das Plugin Neutron verwendet, das nach einer Analyse der Klangcharakteristik folgende Einstellungen vorschlug:

- **Sculptor:**
Der Sculptor wurde mit 50 % Intensität, Tone: 20, und Speed: 50 aktiviert, um eine generelle Klangverbesserung und Dynamiksteuerung zu erzielen.
- **Equalizer:**
Der EQ wurde mit den folgenden Einstellungen konfiguriert:

- Lowcut: Bei 98 Hz mit einer Flankensteilheit von 24 dB/Oktave, um unerwünschte tieffrequente Anteile zu entfernen.
 - Low Shelf: Eine Anhebung um +3 dB bei 220 Hz mit einer Güte von 0,1, um den unteren Frequenzbereich zu betonen.
 - Bell-Filter:
 - Bei 311 Hz: +2 dB Anhebung mit einer Güte von 2,0.
 - Bei 624 Hz: +2 dB Anhebung mit einer Güte von 1,8.
 - Dynamischer Bell-Filter: Eine -7,5 dB Absenkung bei 5552 Hz mit einer Güte von 1,8 und einem Threshold von -43,7, um harsche Frequenzen zu reduzieren.
 - High Shelf: Eine Anhebung um +2 dB bei 7851 Hz mit einer Güte von 1,0 für mehr Präsenz in den Höhen.
- **Kompressor:**
Im Vintage-Modus wählte das Plugin eine Ratio von 3,3:1, eine Attack-Zeit von 29,2 ms, und eine Release-Zeit von 116,7 ms aus, um die Dynamik zu kontrollieren und eine warme Kompression zu erzielen.
 - **Exciter:**
Der Exciter wurde im Classic Tape Mode auf 8,7 eingestellt, um harmonische Sättigung und Wärme hinzuzufügen.
 - **Smart:Reverb (Sonible):**
Für die räumliche Einbettung wurde der Smart:Reverb eingesetzt, der basierend auf seiner Analyse eine Reverb-Zeit von 1,5 Sekunden auswählte.

6.5.2 Bearbeitung des Synthesizers

Auch die Synth-Spur wurde durch Neutron analysiert und entsprechend angepasst:

- **Sculptor:** Die Einstellungen wurden mit 50 % Intensität, Tone: 20, und Speed: 50 vorgeschlagen.
- **Equalizer:**
 - Lowcut: Bei 92 Hz mit einer Flankensteilheit von 6 dB/Oktave.
 - Low Shelf: Eine Absenkung um -8 dB bei 131 Hz mit einer Güte von 1,8, um den tiefen Frequenzbereich zu bereinigen.
 - Bell-Filter:
 - Bei 328 Hz: -4 dB Absenkung mit einer Güte von 4,0.
 - Bei 1963 Hz: +2 dB Anhebung mit einer Güte von 1,2.
 - High Shelf: Eine +1 dB Anhebung bei 2777 Hz mit einer Güte von 1,0.
- **Kompressor:**
Im modernen Modus wählte Neutron eine Ratio von 4,4:1, eine Attack-Zeit von 56 ms, und eine Release-Zeit von 896,3 ms.

- **Exciter:** Der Exciter wurde im Classic Tape Mode auf 8,7 eingestellt.

6.5.3 Bearbeitung der Bells

Die Bells Spur wurde ebenfalls mit Neutron bearbeitet.

- **Sculptor:** Die Bells wurden mit denselben Einstellungen wie zuvor bearbeitet (50 % Intensität, Tone: 20, Speed: 50).
- **Equalizer:**
 - Lowcut: Bei 142 Hz mit einer Flankensteilheit von 6 dB/Oktave.
 - Bell-Filter:
 - Bei 658 Hz: -8 dB Absenkung mit einer Güte von 1,8.
 - Bei 992 Hz: -4 dB Absenkung mit einer Güte von 4,0.
 - Bei 1974 Hz: +2 dB Anhebung mit einer Güte von 1,2.
 - High Shelf: Eine +1 dB Anhebung bei 2792 Hz mit einer Güte von 1,0.
- **Kompressor:**
Die automatische Analyse führte zu einer Ratio von 4,7:1, einer Attack-Zeit von 52,9 ms, und einer Release-Zeit von 846,3 ms im modernen Modus.
- **Exciter:** Im Classic-Tape-Mode wurde eine Einstellung von 8,7 verwendet.

6.5.4 Bearbeitung der Violine

Die Bearbeitung der Violine erfolgte auch durch Neutron.

- **Sculptor:** 50 % Intensität, Tone: 20, Speed: 50.
- **Equalizer:**
 - Lowcut: Bei 226 Hz mit 6 dB/Oktave.
 - Dynamischer Bell-Filter:
 - -8 dB Absenkung bei 742 Hz mit einer Güte von 1,8 und einem Threshold von -27,9.
 - Bell-Filter:
 - Bei 1484 Hz: -4 dB Absenkung mit einer Güte von 4,0.
 - Bei 2235 Hz: +2 dB Anhebung mit einer Güte von 1,2.
 - High Shelf: +1 dB Anhebung bei 3161 Hz mit einer Güte von 1,0.
- **Kompressor:** Ratio 4,0:1, Attack 60 ms, Release 959,7 ms.
- **Exciter:** Im Classic Tape Mode auf 9,7 eingestellt.

6.5.6 Bearbeitung der Keys

Die Bearbeitung der Keys erfolgte mit Neutron.

- **Sculptor:** Die gleichen Einstellungen wie bei den anderen Instrumenten.
- **Equalizer:**
 - Lowcut: Bei 20 Hz mit 6 dB/Oktave.
 - Dynamischer Bell-Filter: -8 dB Absenkung bei 743 Hz mit einer Güte von 1,8.
 - Bell-Filter:
 - Bei 1648 Hz: -4 dB Absenkung mit einer Güte von 4,0.
 - Bei 3526 Hz: +2 dB Anhebung mit einer Güte von 1,2.
 - High Shelf: +1 dB Anhebung bei 4986 Hz mit einer Güte von 1,0.
- **Kompressor:** Ratio 4,8:1, Attack 52 ms, Release 831,9 ms.
- **Exciter:** 9,7 im Classic Tape Mode für zusätzliche Wärme.

Die Bearbeitung der Instrumentenspuren benötigte 7 Minuten.

6.6 Bearbeitung der Drums mit KI und algorithmusbasierten Plugins

6.6.1 Bearbeitung des Drum-Loops

Der Drum-Loop wurde ebenfalls mithilfe des Plugins Neutron bearbeitet. Zunächst hat es erneut den Sculptor verwendet, mit folgenden Einstellungen: Intensität: 50 %, Tone: 20, und Speed: 50.

Der darauf folgende Equalizer wurde mit diesen Parametern eingestellt:

- Lowcut bei 22 Hz, Flankensteilheit: 24 dB/Oktave.
- Lowshelf-Filter mit einer Anhebung von 2 dB bei 49 Hz und einer Güte von 2.
- Bell-Filter mit einer Absenkung von 3 dB bei 150 Hz und einer Güte von 4.
- Bell-Filter bei 723 Hz, Absenkung von 4 dB, Güte: 1,8.
- Bell-Filter bei 2622 Hz, Anhebung von 2,5 dB, Güte: 0,5.

Der Kompressor wurde auf einen modernen Klangcharakter eingestellt, mit einer Ratio von 5,8:1, einer Attack-Zeit von 2,1 ms, und einer Release-Zeit von 736,5 ms. Als letztes wurde der Exciter im Classic Tape Retro-Modus angewendet, mit einer Intensität von 8,9.

6.6.2 Bearbeitung des Subbasses

Auch hier wurde das Plugin Neutron eingesetzt. Der Sculptor war mit 50 % Intensität, Tone: 20, und Speed: 50 eingestellt.

Der Equalizer wurde mit diesen Werten konfiguriert:

- Lowshelf-Filter bei 54 Hz mit einer Absenkung von -2 dB.
- Bell-Filter bei 321 Hz, Absenkung von 6 dB, Güte: 5.
- Bell-Filter bei 701 Hz, Anhebung von 3 dB, Güte: 1,8.
- Bell-Filter bei 995 Hz, Anhebung von 3 dB, Güte: 0,7.
- Highshelf-Filter bei 1408 Hz, Anhebung von 1 dB, Güte: 0,8.

Der Kompressor wurde auf einen modernen Klangcharakter eingestellt, mit einer Ratio von 1,6:1, einer Attack-Zeit von 0,1 ms, und einer Release-Zeit von 2084 ms.

Der Exciter wurde im Classic Tape Retro-Modus auf 8,7 eingestellt.

6.6.3 Bearbeitung der Drill Percussions

Zunächst wurde der Sculptor von Neutron mit den Standardwerten von 50 % Intensität, Tone: 20, und Speed: 50 genutzt.

Der Equalizer hatte folgende Einstellungen:

- Lowcut bei 63 Hz, Flankensteilheit: 24 dB/Oktave.
- Lowshelf-Filter mit einer Anhebung von 2 dB bei 89 Hz, Güte: 2.
- Bell-Filter bei 126 Hz, Absenkung von 3 dB, Güte: 4.
- Bell-Filter bei 925 Hz, Absenkung von 4 dB, Güte: 1,8.
- Bell-Filter bei 4551 Hz, Anhebung von 2,5 dB, Güte: 0,5.

Der Kompressor war ebenfalls auf einen modernen Klangcharakter eingestellt, mit einer Ratio von 6,9:1, einer Attack-Zeit von 1,7 ms und einer Release-Zeit von 603 ms.

Der Exciter wurde im Classic Tape Retro-Modus angewendet mit einer Intensität von 8,9 und der Option Warm.

6.6.4 Bearbeitung des Basses

Der Sculptor wurde automatisch auf 50% Intensität, Tone: 20, und Speed: 50 eingestellt.

Das Plugin hat folgende Equalizer-Einstellungen gewählt:

- Lowshelf-Filter bei 59 Hz, Absenkung von -2 dB, Güte: 0,9.

- Bell-Filter bei 292 Hz, Absenkung von 6 dB, Güte: 5.
- Bell-Filter bei 784 Hz, Anhebung von 3 dB, Güte: 1,8.
- Bell-Filter bei 1109 Hz, Anhebung von 3 dB, Güte: 0,7.
- Highshelf-Filter bei 1569 Hz, Absenkung von -1 dB, Güte: 0,8.

Der Kompressor war auf einen modernen Klangcharakter eingestellt, mit einer Ratio von 1,4:1, einer Attack-Zeit von 0,1 ms und einer Release-Zeit von 2394 ms.

Der Exciter wurde im Classic Tape Retro-Modus mit einer Intensität von 6,7 verwendet.

Zusätzlich wurde das Plugin Fuser angewendet. Fuser ist ein Frequenzseparations- und Sidechain-Kompressor. In diesem Fall wurde die Kick-Drum mit dem Bass gesidechained. Es ermöglicht, dass ein Audiosignal (z. B. eine Kick) ein anderes (z. B. den Bass) automatisch dynamisch beeinflusst. Dies schafft Platz im Mix und verhindert, dass sich Frequenzen überschneiden.

Hierbei wird der Frequenzbereich bei 65 Hz durch das Eingangssignal der Kick abgesenkt, wodurch die beiden Elemente besser koexistieren. Hierbei hat Fuser nach der Analyse folgende Einstellungen ausgewählt:

- Bell-Filter bei 65 Hz, Güte: 0,3.
- Attack-Zeit: 1 ms, Release-Zeit: 25 ms.

Es folgte eine weitere Kompression mit smart:comp2 von Sonible, der durch Analyse folgende Werte festlegte:

- Ratio: 3,2:1, Attack: 20 ms, Threshold: -25,8 dB, Auto Release aktiviert.

Dieses Plugin analysiert das Signal mit künstlicher Intelligenz, um dynamische Bearbeitungen basierend auf Klangprofilen vorzuschlagen. Es ist besonders nützlich für genre-spezifische Kompression:

Die Bearbeitung der Drums benötigte 5 Minuten.

6.7 Bus Effektierung mit KI Plugins

6.7.1 Bearbeitung des Drum-Busses

Die Kompression des Drum-Busses wurde mithilfe von smart:comp2 vorgenommen. Nach Analyse durch das Plugin wurden folgende Werte automatisch festgelegt:

- Ratio: 3,2:1, Attack: 33 ms, Threshold: -22 dB, Auto Release aktiviert.

6.7.2 Bearbeitung des Drum- und Bass-Busses

Für diesen Bus wurde das Plugin Tight Arse von Streaky genutzt, das speziell für das Straffen von Low-End-Bereichen entwickelt wurde. Das Preset "Tight as Biscuits" wurde verwendet. Das Plugin kann sowohl auf Einzelspuren als auch auf Gruppen oder dem gesamten Mixbus verwendet werden. Es eignet sich besonders für Genres, bei denen ein klar definierter und druckvoller Sound essenziell ist, wie z.B. Hiphop, elektronische Musik oder Pop. Das Plugin verkörpert ein „Set-it-and-forget-it“-Prinzip, bei dem schnelle Ergebnisse erzielt werden können, die den Mix deutlich aufwerten.

6.7.3 Bearbeitung des All-Music-Busses

Dieser Bus wurde mithilfe von TrackSpacer von Wavesfactory auf die Hauptvocals gesidechained. TrackSpacer analysiert die Frequenzen der Hauptvocals in Echtzeit und reduziert diese gezielt im Musikbus, sodass die Vocals mehr Präsenz erhalten. Die Amount-Einstellung wurde auf 7 % festgelegt.

Alle Busgruppen Bearbeitungen benötigte 6 Minuten.

6.8 Master-Bearbeitung mit KI und algorithmusbasierten Plugins

1. Speccraft:

Das Plugin Speccraft wurde mit dem Preset "Hiphop Profiling" genutzt. Die individuellen Einstellungen waren:

- Slope: 4,5 dB, Ratio: 36,4 %, Adaptive: 5,3 %, Knew: +12 dB, Güte: 60 %, Attack: 51,8 ms, Release: 243,1 ms, Dynamics Compensation: 15 %, Formant Compensation: 25 %, Treble Compensation: 25 %.

2. Soothe2:

Dieses Plugin dient zur Reduktion störender Resonanzen und wurde im Soft-Modus mit folgenden Parametern angewendet. Dieser bevorzugt sanfte Korrekturen, um den natürlichen Charakter zu bewahren. Die Depth reguliert die Intensität der Resonanzreduktion. Sharpness definiert, wie gezielt Resonanzen adressiert werden. Selectivity kontrolliert die Trennung zwischen breiten und schmalen Frequenzbereichen. Durch das verwendete Mastering-Preset wurden folgende Werte verwendet:

- Depth: -4,9, Sharpness: 5, Selectivity: 5, Fast Attack aktiviert, Release: 3,0 ms.

3. smart:comp2:

Das Hiphop-Profil wurde genutzt, mit:

- Ratio: 2,2:1, Attack: 56 ms, Threshold: -16 dB, Auto Release aktiviert.

4. iZotope Ozone:

Dieses Plugin wurde zur finalen Bearbeitung des Masters eingesetzt und hat nach der Analyse des Mixdowns mehrere Untermodule hinzugefügt:

- **Equalizer:** Automatisierte und Eingangssignal spezifische Frequenzanpassung mit folgenden Parametern:
 - Low Shelf: Anhebung der tiefen Frequenzen bei 65 Hz um +2 dB, um mehr Tiefe und Wärme hinzuzufügen.
 - Bell-Kurve bei 280 Hz: Absenkung um -0,8 dB, um störende Frequenzen im unteren Mittenbereich zu entfernen.
 - Bell-Kurve bei 5868 Hz: Leichte Anhebung um +0,4 dB, um die Präsenz und Klarheit im oberen Mittenbereich zu verstärken.
 - High Shelf bei 19.444 Hz: Minimale Absenkung um -0,2 dB, um die Höhen etwas weicher und angenehmer zu machen.
- **Imager:** Ein Modul zur Stereobreitenanpassung. Verstärkung oder Absenkung der Seitenfrequenzen einzelner Bänder, um den Raumklang zu optimieren. Folgende Anpassungen hat der Imager nach Analyse hinzugefügt:
 - Im Bereich von 0 – 100 Hz wurde der Impact um -33 reduziert.
 - Von 100 Hz – 2 kHz erfolgte eine Reduzierung um -22.
 - Im Bereich von 2 kHz – 10 kHz wurde der Impact um -41 gesenkt.
 - Ab 10 kHz wurde der Wert auf -39 eingestellt.
 - Der Envelope wurde auf 100 ms festgelegt, um die Bearbeitung geschmeidig zu gestalten.
- **Clarity:** Stellt Details und Präsenz durch dynamische Anpassungen wieder her. Tilt beeinflusst das Gleichgewicht zwischen hohen und tiefen Frequenzen. Dieses Modul wurde mit folgenden Einstellungen genutzt, um den Mix transparenter zu gestalten:
 - Amount: 25, Attack: 100, Release: 100, Tilt: -1 dB pro Oktave
- **Stabilizer:** Reduziert unangenehme Frequenzschwankungen und sorgt für einen ausgewogenen Mix. Hierbei wurde er nach Analyse mit folgenden Parametern ausgestattet:
 - Amount: 25, Speed: 50, Smoothing: 50
- **Dynamischer Equalizer:** Kombination aus Equalizer und Kompressor für frequenzabhängige Dynamikregelung. Drei dynamische EQ-Filter wurden hinzugefügt, um Frequenzbereiche gezielt zu kontrollieren:

- Bell-Kurve bei 444 Hz: Absenkung um -4 dB bei einer Güte von 4,5 und einem Threshold von -27,6 dB.
 - Bell-Kurve bei 5554 Hz: Absenkung um -4 dB mit einer Güte von 4,5 und einem Threshold von -35,4 dB.
 - High Shelf bei 13.650 Hz: Absenkung um -2 dB mit einer Güte von 2 und einem Threshold von -37,6 dB.
- **Maximizer:** Upward Compression und Softclip erhalten die Dynamik, während die Lautstärke erhöht wird. Zum Abschluss wurde der Maximizer eingesetzt, um die Lautheit zu erhöhen, ohne Verzerrungen zu verursachen:
- Gain: +5,5 dB, Upward Compression: 2,3 dB, Soft Clip: 15 %, Output Level: -0,1 dBTP

Das Bauen, analysieren und automatisierte Einstellen der Effektkette benötigte 9 Minuten.

7. Vergleiche

7.1 Vergleich der Effizienz

Bearbeitungsdauer	Händischer Mix	KI / algorithmusbasierter Mix
Vocal Alignment	57 Minuten 30 Sekunden	3 Minuten 42 Sekunden
Main Vocal Clippgain	55 Minuten	4 Minuten 40 Sekunden
Background Vocal Clippgain	28 Minuten	4 Minuten 3 Sekunden
Vocal Effektierung	50 Minuten 20 Sekunden	14 Minuten
Instrument Effektierung	15 Minuten	7 Minuten
Drum Effektierung	10 Minuten	5 Minuten
Bus Gruppen Effektierung	33 Minuten	6 Minuten
Mastering	46 Minuten	9 Minuten
Gesamt	4 Stunden 54 Minuten 20 Sekunden	53 Minuten 25 Sekunden

Tabelle 1: Vergleich der Bearbeitungsdauer und Effizienz

Der Händische Mix benötigte 4 Stunden, 1 Minute und 35 Sekunden länger als der auf KI- und algorithmusbasierten Tools konzentrierte Mix.

7.2 Vergleich der CPU Auslastung der Plugins bei Benutzung

Die komplette CPU Belastung von Fl Studio schwankt beim händischen Mix zwischen 90 und 100 Prozent, wenn alle Plugins angeschaltet sind. Dieser kann nur ohne Artefakte und Unterbrechungen angehört werden, wenn man Effekte auf dem Master entfernt.

Die CPU Belastung beim KI-Mix hingegen schwankt zwischen 86 und 88 Prozent.

7.3 Benutzerfreundlichkeit

Die Benutzerfreundlichkeit beim Mischen von Audio variiert stark je nach Methode und Erfahrung des Nutzers. Ein manueller Mix, bei dem man alle Parameter von Equalizern, Kompressoren sowie Effekten selbst einstellt, bietet maximale Flexibilität. Dafür braucht es ein hohes Maß an Fachwissen und Erfahrung. Anfänger fühlen sich oft durch die Vielzahl an Optionen überfordert und benötigen ein fundiertes technisches Verständnis. Fortgeschrittene Anwender sowie Experten bevorzugen hingegen den manuellen Ansatz, weil er vollständige Kontrolle wie auch kreative Freiheit ermöglicht.

KI-Plugins hingegen haben das Ziel, die Benutzerfreundlichkeit zu maximieren, indem sie komplizierte Entscheidungen automatisieren und dem Anwender mit vorab festgelegten „intelligenten“ Vorschlägen zur Seite stehen. Vor allem für Einsteiger sind diese Plugins von großem Nutzen, da sie in der Lage sind, typische Probleme wie Frequenzkonflikte oder eine ungleiche Dynamik automatisch zu lösen. Dadurch wird die Einstiegshürde gesenkt und es werden schnelle Resultate ohne umfangreiche Fachkenntnisse möglich. Für erfahrene Anwender kann diese Automatisierung jedoch als einschränkend empfunden werden, da die Algorithmen oft standardisierte Ergebnisse liefern, die möglicherweise nicht den individuellen kreativen Anforderungen gerecht werden.

Plugins, die auf fest programmierten Algorithmen beruhen, sind so etwas wie die goldene Mitte. Sie bieten voreingestellte Optionen (Presets), mit denen Anfänger einfach starten können, ohne alles selbst einstellen zu müssen. Gleichzeitig haben erfahrenere Nutzer die Möglichkeit, diese Voreinstellungen anzupassen und so mehr Kontrolle auszuüben. Das macht sie zu einem flexiblen Werkzeug, das für alle Erfahrungsstufen geeignet ist.

Zusammengefasst: KI-Plugins sind perfekt für Anfänger, die schnelle und unkomplizierte Ergebnisse möchten. Algorithmische Plugins bieten eine gute Balance zwischen Einfachheit und Kontrolle und funktionieren für viele Nutzer gut. Der händische Mix bleibt die erste Wahl für Profis, erfordert aber deutlich mehr Wissen und Geduld – was ihn für Einsteiger oft schwierig macht.

7.4 Klang und Qualität

Bei der Beurteilung der Klangästhetik und der Darbietung eines finalen Mixes mit Mastering werden wesentliche Fragen in Betracht gezogen: Wie sehr ähnelt das Resultat einer natürlichen bzw. typischen Erscheinung und erfüllt es die gängigen Qualitätsstandards?

Während ein manuell erstelltes Master oft die individuelle Handschrift und Kreativität des Tontechnikers widerspiegelt, haben KI-Plugins das Ziel, rasch ein ausgewogenes und standardisiertes Ergebnis zu produzieren. Ob eine KI fähig ist, einen gesamten Mix mit Mastering zu realisieren, ist stark abhängig von der Komplexität des Audiomaterials und den Erwartungen an das klangliche Resultat. Obwohl KI-Plugins oft erstaunliche

Resultate hervorbringen, mangelt es ihnen manchmal an der Feinabstimmung und dem charakteristischen „Touch“, den ein händischer Mix ermöglicht.



Abbildung 11: Mono Kompatibilität mit true:balance von Sonible

Die Balance ist bei beiden Mischungen sehr ausgewogen und der Mono Check ebenfalls klanglich super. Die Loudness entspricht sich ebenfalls, genau wie die Dynamik. Nur in der LU Range gibt es eine Differenz von 0.1.



Abbildung 12: Lautheitsvergleich mit true:peak von Sonible

Die LU Range gibt an, wie groß der Unterschied zwischen den lautesten und leisesten Abschnitten eines Audiomaterials ist, bezogen auf die wahrgenommene Lautheit. Beide Versionen weisen also eine geringe Dynamik auf, was oft in stark komprimierten Mixen für Radio und Streaming üblich ist.

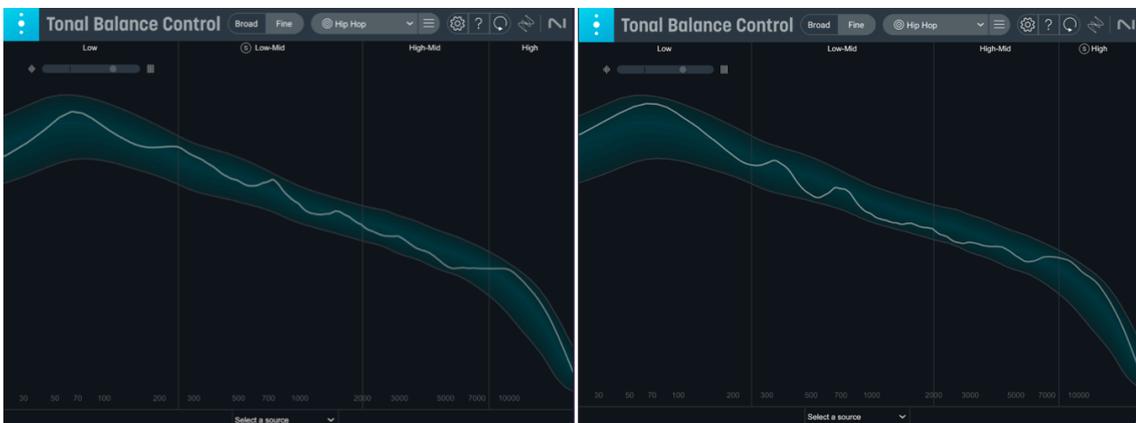


Abbildung 13: Frequenz Balance Vergleich mit Tonal Balance Control von Izotope

In diesem Vergleich ist mir bewusst geworden, wie gut die KI schon ist Einzelspuren zu verbessern, sowie auf Masterebene sinnvolle Eingriffe zu tätigen.

Meiner persönlichen subjektiven Meinung nach hat die KI eine gut ausgewogenen Mischung hervorgebracht, jedoch finde ich sie für das Genre etwas monoton und charakterlos. Jedoch kann ich mir vorstellen, dass ein solches Ergebnis vielen Musikschaaffende genügt vor allem im Ausblick auf die Kostenersparnis.

7.5 Subjektive Bewertung

Die Gegenüberstellung der händisch erstellten Mischung und der KI-gestützten Variante zeigt deutlich, dass die menschliche Herangehensweise in mehreren essenziellen Aspekten überlegen ist. Der befragte Produzent und Mixing-Engineer bewertete die händische Mischung insgesamt als charaktvoller und einzigartiger, insbesondere in Bezug auf die Klangästhetik (4/5 gegenüber 3/5 bei der KI). Während beide Versionen als gleichermaßen angenehm zu hören empfunden wurden, erzielte der händische Mix in den technischen Kategorien wie Frequenzbalance, Dynamik und Frequenzverteilung durchweg höhere Bewertungen. Besonders signifikant ist der Unterschied im kreativen und emotionalen Eindruck: Der Produzent empfand den händischen Mix als besser auf den Musikstil abgestimmt und subjektiv ansprechender. Dies unterstreicht die Rolle des menschlichen Faktors im Mixing-Prozess, insbesondere bei der Gestaltung eines individuellen, emotional stimmigen Klangbildes, das von einer KI in dieser Form nicht erreicht werden konnte.

8. Fazit

8.1 Interpretation der Ergebnisse im Kontext der Forschungsfragen

Die Untersuchungsergebnisse zeigen signifikante Unterschiede zwischen klassischen Mischungen und KI-gestützten Plugin-Mischungen hinsichtlich Effizienz, auf Klangästhetik und Qualität. Der manuelle Mix, der eine deutlich längere Bearbeitungsdauer erforderte, bot größtmögliche Flexibilität und eine individuelle klangliche Note. Dagegen gelang es den KI-gestützten Tools in kürzerer Zeit, eine ausgewogene Mischung zu erzielen, die jedoch als etwas charakterlos empfunden wurde. Dies hebt die Effektivität der KI-Plugins hervor, die trotz der reduzierten Bearbeitungszeit eine gute technische Qualität gewährleisten konnten.

Die Frequenzanalyse offenbarte, dass die KI-Plugins das Frequenzspektrum genau und zielgerichtet bearbeiteten. Die Differenz in der LU Range von lediglich 0,1 hebt die technische Kompetenz der KI hervor, dynamisch ausgewogene Ergebnisse zu erzeugen. Die kreative Tiefe, die durch die manuelle Arbeit eines Mixing-Engineers entsteht, blieb jedoch bei der KI-basierten Lösung eingeschränkt. Dies legt nahe, dass KI-Plugins zwar für Standardproduktionen geeignet sind, aber bei anspruchsvolleren oder genre-spezifischen Projekten noch Verbesserungsmöglichkeiten bestehen.

8.2 Chancen und Risiken durch KI-gestützte Tools

Die Möglichkeiten, die durch KI-Plugins und -Dienste entstehen, sind zahlreich. Anfängern bieten sie eine geringe Einstiegshürde und ermöglichen schnelle Ergebnisse, auch ohne umfassendes Wissen über Mixing oder Mastering. Die automatisierten Abläufe sparen Zeit und Geld, was für viele Muskschaffende, insbesondere unabhängige Künstler, von erheblichem Nutzen ist. Darüber hinaus sind sie in der Lage, komplexe Aufgaben wie Frequenzkorrekturen oder Lautheitsanpassungen effizient zu bewältigen.

Es bestehen allerdings auch Risiken. Die mit der Verwendung von KI-Tools verbundene Standardisierung könnte die klangliche Vielfalt beeinträchtigen. Die Algorithmen berücksichtigen kreative und genre-spezifische Anforderungen nicht immer ausreichend. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass Anwender sich übermäßig auf die Automatisierung verlassen und dadurch ihr eigenes Fachwissen weniger ausbauen.

„Während sich die Produkte und Geschäftsmodelle der Musik- wie auch der Musiksoftwareindustrie dynamisch weiterentwickeln, sind Kulturschaffende und Kulturpublikum selbst dafür verantwortlich, ihre

Zukunft zu gestalten und nicht nur vom Silicon Valley aus gestalten zu lassen.“²⁰

Auf lange Sicht könnte dies dazu führen, dass die technische Kompetenz von Musikproduzenten und Engineers abnimmt.

8.3 Einfluss auf die Rolle von Mixing- und Mastering-Engineers

Der Einsatz von KI-gestützten Tools führt zu einer erheblichen Veränderung der Rolle von Mixing- und Mastering-Engineers. Aufgaben, die regelmäßig anfallen (wie etwa Grundkorrekturen, Vocal Alignment oder Vocal Gain), können immer öfter automatisiert werden. Dadurch haben die Engineers die Möglichkeit, sich auf die kreativeren und komplizierteren Aspekte des Mixings zu konzentrieren.

Vermutlich werden anfangs kleinere Engineers betroffen sein, weniger Aufträge zu bekommen, da diese nicht von Aufträgen der Major-Labels profitieren.

In anspruchsvollen Projekten bleibt die Expertise erfahrener Engineers unverzichtbar. Sie fügen eine künstlerische und emotionale Dimension hinzu, die KI-Plugins bisher nicht bieten. Ihre Rolle wird sich jedoch weiterentwickeln, indem KI-Tools vermehrt als Assistenzwerkzeuge genutzt werden, die die kreative Arbeit ergänzen und unterstützen.

8.4 Ausblick auf die Zukunft

Der durch KI-Plugins und -Dienste ausgelöste Wandel wird die Musikproduktion weiterhin stark beeinflussen. In der Zukunft könnte KI noch präziser auf persönliche klangliche Bedürfnisse eingehen, zum Beispiel durch selbstlernende Algorithmen, die sich dem Stil und den Vorlieben des Nutzers anpassen. Dies könnte die kreative Kooperation zwischen Mensch und Maschine auf eine neue Ebene bringen.

„Die meisten Anwendungen entfalten ihre jeweilige Leistung auf klar umrissenen, engen Gebieten oder Domänen wie beispielsweise dem Spielen von Schach oder Go. Hier sind sie im direkten Vergleich Menschen inzwischen klar überlegen.“²¹

²⁰ Möllenkamp Andreas, S.13

²¹ Deutscher Ethikrat, S. 120

Zugleich werden die Fortschritte in den Bereichen Rechenleistung und Softwareentwicklung dazu beitragen, dass KI-gestützte Tools effizienter und qualitativ besser werden.

„Insbesondere aufgrund der enormen Fortschritte im Bereich des maschinellen Lernens, die sich vor allem auf die zunehmende Verfügbarkeit von großen Datenmengen und hoher Rechenleistung zurückführen lassen (deep learning), haben sich die Anwendungen von KI im Bereich der Musik in den vergangenen Jahren in ungeahnter Weise entwickelt.“²²

Es muss jedoch zwischen einer bloßen Nachbildung von Verständnis und einem echten, tiefgehenden Verständnis unterschieden werden. Besonders im Kontext künstlicher Intelligenz ist diese Unterscheidung zentral, da moderne Systeme, wie sie in dieser Arbeit untersucht werden, zwar beeindruckende Leistungen erbringen, jedoch nicht zwingend über ein tatsächliches Verständnis der Inhalte verfügen. Ein weiterer Aspekt betrifft die Frage, ob die Simulation von Intelligenz tatsächlich mit echter Intelligenz gleichzusetzen ist oder ob es einen grundlegenden Unterschied zwischen der Nachbildung von Verständnis und echtem (z. B. sprachlichem) Verständnis gibt, der für „echte“ Intelligenz entscheidend ist – eine Fähigkeit, die die in dieser Stellungnahme behandelten Systeme jedenfalls nicht besitzen.²³

Der Einsatz algorithmischer Systeme kann die Entscheidungsfindung zwar erleichtern, birgt jedoch auch die Gefahr, dass Menschen sich zu stark auf deren Empfehlungen verlassen und kritisches Denken vernachlässigen. Besonders in sensiblen Bereichen kann dies dazuführen, dass Entscheidungen unreflektiert übernommen werden, anstatt sie eigenständig zu hinterfragen. Laut dem Deutschen Ethikrat sollen solche Systeme idealerweise die Handlungsfähigkeit der Nutzer erweitern. In der Praxis ist dies jedoch nicht immer der Fall: Oft kann das unreflektierte Folgen algorithmischer Empfehlungen (Automation Bias) sogar dazu führen, dass die Handlungsfähigkeit der beteiligten Personen eingeschränkt wird.²⁴

Das Mastering, ausgeführt durch einen professionellen Mastering Engineer, könnte sich daher weiter als Wahl für Musiker und Labels, die den nötigen finanziellen Mittel besitzen, abgrenzen. Ob die berufliche Zukunft von Engineers in etablierten Mastering-Studios langfristig gesichert ist oder durch den Fortschritt künstlicher Intelligenz gefährdet wird, lässt sich gegenwärtig nicht mit Gewissheit vorhersagen und bleibt von der weiteren technologischen Entwicklung abhängig.

²² Zickgraf, Leila, Kapitel.1

²³ Deutscher Ethikrat, S. 121

²⁴ Deutscher Ethikrat, S. 347

Literaturverzeichnis

Deutscher Ethikrat; Prof. Dr. med. Alena Buyx, Prof. Dr. iur. Dr. h. c. Volker Lipp, Prof. Dr. phil. Dr. h. c. Julian Nida-Rümelin, Prof. Dr. rer. nat. Susanne Schreiber, Prof. Dr. iur. Steffen Augsburg Regionalbischöfin Dr. phil. Petra Bahr Prof. Dr. theol. Franz-Josef Bormann Prof. Dr. rer. nat. Hans-Ulrich Demuth Prof. Dr. iur. Helmut Frister Prof. Dr. theol. Elisabeth Gräß-Schmidt Prof. Dr. rer. nat. Dr. phil. Sigrid Graumann Prof. Dr. rer. nat. Armin Grunwald Prof. Dr. med. Wolfram Henn Prof. Dr. rer. nat. Ursula Klingmüller Stephan Kruijff Prof. Dr. theol. Andreas Lob-Hüdepohl Prof. Dr. iur. Stephan Rixen Prof. Dr. iur. Dr. phil. Frauke Rostalski Prof. Dr. theol. Kerstin Schlögl-Flierl Prof. Dr. phil. Mark Schweda Prof. Dr. phil. Judith Simon Prof. Dr. phil. Muna Tatari Externer Experte Prof. Dr. phil. habil. Dr. phil. h. c. lic. phil. Carl Friedrich Gethmann, (2023) „Mensch und Maschine - Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz“, Forschungsbericht, Verfügbar unter: <https://mediatum.ub.tum.de/1753389>, [Zugegriffen: 20.01.2025]

Duignan, Matthe, (2008) „Computer Mediated Music Production: a Study of Abstraction and Activity“, Victoria University of Wellington School, Verfügbar unter: <https://www.jstor.org/stable/40962938> [Zugegriffen: 23.01.2025]

Lorbecki, Glenn, (2012) „Mixing and Mastering with Pro Tools“, Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=9dKaP1QoKBAC&oi=fnd&pg=PT15&dq=mixing+und+mastering&ots=QaT8ZT56-j&sig=nPGZgFM-tPi9PayaGXyi2uDB5bo>, [Zugegriffen: 23.01.2025]

Möllenkamp, Andreas (2017) „Musiksoftware und die Demokratisierung der Musikkultur“, Online-Publikationen der Gesellschaft für Populärmusikforschung/ German Society for Popular Music Studies e. V., Verfügbar unter: <https://jilupub.ub.uni-giessen.de/server/api/core/bitstreams/6a5bd327-1c6e-4edf-9a7e-dc777fe08167/content>, [Zugegriffen: 20.01.2025]

Neuenfeldt, Karl (2007) „Learning to Listen When There is Too Much to Hear: Music Producing and Audio Engineering as ‘Engaged Hearing’“ Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/299184330_Learning_to_Listen_When_There_is_Too_Much_to_Hear_Music_Producing_and_Audio_Engineering_as_'Engaged_Hearing'

Pras, Amandine (2013) „The impact of technological advances on recording studio practices“, Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/257068410_The_impact_of_technological_advances_on_recording_studio_practices (abgerufen am 20.01.2025)

Stange-Elbe, Joachim (2015) "Computer und Musik. Grundlagen, Technologien und Produktionsumgebungen der digitalen Musik“ Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?>

[hl=de&lr=&id=WamnCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=ki+mastering+tontechnik&ots=O9P7schlQ0&sig=YF3-TOnKfJ9DRfEHP2XLsqA8TSo](https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110656978-013/pdf?licenseType=restricted) [Zugegriffen: 21.01.2025]

Zickgraf, Leila (2023) Handbuch „Künstliche Intelligenz und die Künste“, Verfügbar unter: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110656978-013/pdf?licenseType=restricted>, [Zugegriffen: 21.01.2025]

Internetquellenverzeichnis

Lackes, R., Siepermann, M. und Lübbecke, (2018) Algorithmus. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/algorithmus-27106> [Zugegriffen: 20.01.2025]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Main Vocal unbearbeitet	22
Abbildung 2: Main Vocal Gain bearbeitet	22
Abbildung 3: Main Vocal und BV Center nicht synchron	23
Abbildung 4: Main Vocal und BV Center Synchronisierung	23
Abbildung 5: Clipgain Anpassung mit DynAssist von Noiseworks	37
Abbildung 6: Timing Korrektur mit VocAlign	37
Abbildung 7: Automatisierte EQ Einstellung durch Neutron	39
Abbildung 8: Automatisiertes De-Essing mit smart:de-ess von Sonible	40
Abbildung 9: Resonanzunterdrückung und Kompensation mit Speccraft	41
Abbildung 10: KI Hall mit smart:reverb von Sonible	42
Abbildung 11: Mono Kompatibilität mit true:balance von Sonible	55
Abbildung 12: Lautheitsvergleich mit true:peak von Sonible	55
Abbildung 13: Frequenz Balance Vergleich mit Tonal Balance Control von Izotope	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Bearbeitungsdauer und Effizienz	53
--	----

Anhang Hörbeispiele

Die beiden Mix Versionen sind mit auf dem Datenträger inkludiert. Hierbei handelt es sich einmal um den Händischen Mix und zum anderen um den KI Mix.

Anhang des Fragebogen

Vielen Dank, dass Du an diesem Test teilnimmst! Bitte beantworte folgende Fragen zu den beiden vorgespielten Mischungen. Es gibt keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten – Ihre persönliche Meinung zählt.

Teil 1: Allgemeiner Eindruck

1. Wie bewerten Sie die Klangästhetik der beiden Mischungen?
 - Mischung 1: _____ 4 _____ (sehr unangenehm: 1 bis sehr angenehm: 5)
 - Mischung 2: _____ 3 _____ (sehr unangenehm: 1 bis sehr angenehm: 5)

2. Welche Mischung wirkt für Sie charaktvoller oder einzigartiger?
 - Mischung 1: _____ x _____
 - Mischung 2: _____

3. Wie angenehm war das Hören der beiden Mischungen insgesamt?
 - Mischung 1: _____ 5 _____ (sehr unangenehm: 1 bis sehr angenehm: 5)
 - Mischung 2: _____ 5 _____ (sehr unangenehm: 1 bis sehr angenehm: 5)

Teil 2: Technische Aspekte

4. Wie beurteilen Sie die Balance zwischen den Instrumenten bei beiden Mischungen?
 - Mischung 1: _____ 4 _____ (schlecht ausbalanciert: 1 bis sehr gut ausbalanciert: 5)
 - Mischung 2: _____ 3 _____ (schlecht ausbalanciert: 1 bis sehr gut ausbalanciert: 5)

5. War die Dynamik (Unterschied zwischen leisen und lauten Passagen) passend für den Stil des Stücks?
 - Mischung 1: _____ 5 _____ (sehr unpassend: 1 bis sehr passend: 5)
 - Mischung 2: _____ 5 _____ (sehr unpassend: 1 bis sehr passend: 5)

6. Wie empfanden Sie die Frequenzverteilung der Mischungen (z. B. Bässe, Mitten, Höhen)?

- Mischung 1: _____5_____ (sehr unausgewogen: 1 bis sehr ausgewogen: 5)
- Mischung 2: _____3_____ (sehr unausgewogen: 1 bis sehr ausgewogen: 5)

Teil 3: Emotionaler und kreativer Eindruck

7. Welcher Mix hat emotional besser zum Musikstil gepasst?

- Mischung 1: _____x_____
- Mischung 2: _____

8. Welcher Mix hat Ihnen subjektiv besser gefallen?

- Mischung 1: _____x_____
- Mischung 2: _____