

Konstruktion und Entwicklung einer Gitarreneffekteinheit mit integrierten Verzerrungs – und Modulationsschaltungen

Diplomarbeit

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades
Dipl.-Ing. für technisch-wissenschaftliche Berufe

am Masterstudiengang Digitale Medientechnologien an der
Fachhochschule St. Pölten, **Masterklasse [Audio Design]**

von:

[Patrick Wiertel, BSc]

[dm151539]

Betreuer/in und Erstbegutachter/in: [FH-Prof. Dipl. – Ing. Andreas
Büchele]

Zweitbegutachter/in: [Dipl.-Ing. Christoph Braun, BSc]

[Sankt Pöten, 11.05.2018] Konstruktion und Entwicklung einer
Gitarreneffekteinheit mit integrierten Verzerrungs – und Modulationsschaltungen

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

- ich dieses Thema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der vom Begutachter bzw. der Begutachterin beurteilten Arbeit überein.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

Kurzfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Konstruktion und Entwicklung einer voll funktionsfähigen Gitarreneffekt Einheit mit implementierten Overdrive-, Distortion-, Chorus- und Delayeffekt in einem selbst entwickelten und 3D gedruckten Gehäuse.

Ein wesentlicher Teil der Arbeit wird durch die Analyse des Aufbaus und der Funktionsweise der elektronischen Schaltungen, die diese Effekte bilden, abgedeckt. Außerdem erfolgt eine Aufklärung über elektronische Bauteile, die in solchen Schaltungen üblicherweise vorzufinden sind.

Nach Fertigstellung der Effekteinheit erfolgt die Auseinandersetzung mit sämtlichen Stärken und Schwächen aus klanglicher und praktischer Sicht gegenüber softwarebasierten Effektsimulationen.

Durch ausführliche ProbandInnentests erfolgt eine umfangreiche Auswertung mit deren Hilfe es möglich ist zu erforschen welche klanglichen und praktischen Unterschiede auftreten und ob es sich überhaupt lohnt Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren.

Nach der Auswertung konnte sich herauskristallisieren, dass softwarebasierte Effektsimulationen einen Mangel an Dynamik und Wärme gegenüber rekonstruierten Schaltungen mit sich bringen. Außerdem wurde das Klangbild oft als steril beziehungsweise künstlich bezeichnet. Auch bei den praktischen Aspekten wie Preis, Look & Feel, Experimentierfreudigkeit, Livetauglichkeit und Bedienung lässt eine „Do It Yourself“ Effekteinheit die Digitalisierung weit hinter sich.

Abstract

This thesis deals with the construction and development of a fully functional guitar effect unit with implemented overdrive, distortion, chorus and delay effect in a self developed and 3D printed housing.

A significant part of the work is covered by analyzing the structure and operation of the electronic circuits that make up these effects. In addition, an explanation is given about the electronic components that are commonly found in such circuits.

After the finalization of the effects unit, the analysis of strengths and weaknesses from a sound and practical point of view takes place compared to software – based effect simulations. With the help of an extensive evaluation of the test results it is possible to explore which sonic and practical differences could be identified and whether it is worth to invest time and money in the construction of an effect unit.

After the evaluation, it emerged that software – based effect simulations bring with them a lack of dynamics and warmth compared to reconstructed circuits. In addition, the sound was often referred to as sterile or artificial. Even regarding practical aspects such as price, look and feel, experimentation, live suitability and operation, a “Do It Yourself” effect unit leaves digitization far behind.

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung	II
Kurzfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Entwicklung eines Gehäuses	4
2.1 Analyse der Maße	4
2.2 Einplanung von Potentiometern, Buchsen und Footswitches	6
2.2.1 Potentiometer	7
2.2.2 Footswitches	7
2.2.3 LED's	8
2.2.4 In – und Outputbuchsen	8
2.2.5 Stromversorgung	9
2.3 Ansicht der Oberfläche	10
2.4 Höhe und Dicke	11
3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise	13
3.1 Passive Elemente	14
3.1.1 Kondensator	14
3.1.2 Widerstand	17
3.2 Aktive Elemente	21
3.2.1 Diode	21
3.2.2 Transistor	24
3.2.3 Integrierte Schaltungen, Operationsverstärker	27
3.2.4 Klinkenbuchse	32
3.2.5 Drahtverbindungen	32
3.2.6 Schalter	33
3.3 Schaltzeichen	35
4 Aufschwung der Effektpedale	37
5 Verzerrung	40
5.1 Natürliche Verzerrung	40
5.2 Entstehen von Verzerrung	41
5.3 Overdrive Pedale	44
5.4 Ibanez Tube Screamer 808	47
5.4.1 Spannungsfilterung	50

5.4.2	Eingangspuffer	51
5.4.3	Clipping Verstärker	53
5.4.4	Klang / Lautstärke Regelung	57
5.4.5	Ausgangspuffer	58
5.4.6	Stückliste	59
5.4.7	Testaufbau	61
5.5	Distortion Pedale	62
5.6	ProCo Rat	63
5.6.1	Verstärkerstufe	64
5.6.2	Dioden und Klangfilterung	66
5.6.3	Ausgangspuffer und Lautstärkeregelung	68
5.6.4	Stückliste	68
5.6.5	Testaufbau	70
6	Modulationseffekte	71
6.1	Chorus	71
6.2	Electro Harmonix Small Clone	73
6.2.1	Pre – Emphasis & De – Emphasis Filter	73
6.2.2	Anti Aliasing & Rekonstruktion Filter	75
6.2.3	Bucket Brigade Device Stage	78
6.2.4	Low Frequency Oscillator	81
6.2.5	Stückliste	82
6.2.6	Testaufbau	84
7	Delay	85
7.1	digitale Delay Pedale	88
7.2	Mad Professor Deep Blue Delay	90
7.2.1	PT2399 Echo Chip	91
7.2.2	Stückliste	94
7.2.3	Testschaltung	96
8	Virtuelle Instrumente als Möglichkeit zur Effektivierung	97
8.1	Positive Grid Bias FX	99
8.2	Problematik und Fragestellung	103
9	Probandentests	105
9.1	Ausmaß der Anwendung von softwarebasierten Effektsimulationen bei Gitarristen	108
9.1.1	Stärken & Schwächen	112
9.2	Hörtest	116
9.2.1	Ibanez Tube Screamer 808	119
9.2.2	ProCo Rat	123
9.2.3	Electro Harmonix Small Clone	125
9.2.4	Mad Professor Deep Blue Delay	128

9.3 Vergleich der praktischen Aspekte von softwarebasierten Effektsimulationen und einer selbst konstruierten Effekteinheit	131
9.4 Lohnt es sich Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren?	134
10 Fazit	135
Literaturverzeichnis	137
Abbildungsverzeichnis	140
Tabellenverzeichnis	143
Onlineverzeichnis	145
Anhang	147
A. Fragebogen	147

1 Einleitung

In der heutigen Zeit bieten sich grundsätzlich zwei Methoden um ein Gitarrensignal mit Effekten anzureichern. Diese Werkzeuge zur Bearbeitung eines Gitarrensignals reichen von der klassischen Verzerrung bis hin zur Modulationseffekten wie Chorus und Echoeffekten.

Einerseits besteht die Möglichkeit herkömmliche analoge Pedale aus den verschiedensten Kategorien zu erwerben um sie schließlich im Studio in einer Recording Situation nutzen zu können. Im Zeitalter der Digitalisierung konnte sich bei jungen Gitarristen schnell ein weiteres Werkzeug für die Effektivierung von Gitarrensignalen durchsetzen. Die Rede ist von gitarrenspezifischen softwarebasierten Effektsimulationen (gerne als Plugins bezeichnet). Mit dieser Methode wird es einem Gitarristen ermöglicht lokal auf dem Rechner auf eine ganze Datenbank an Pedalsimulationen zuzugreifen und in Verbindung mit einer Verstärkersimulation zu verwenden. Während herkömmliche analoge Pedale wie zum Beispiel das Tube Screamer 808 Verzerrerpedal aus dem Hause Ibanez einen Preis von 200€ erreicht, kann für dieselbe Summe die „Professional“ Version der Simulationssoftware Bias Fx erworben werden, welche eine ganze Datenbank an Pedalsimulationen aus diversesten Kategorien liefert.

Natürlich besitzt eine solche Software sowohl ihre Stärken als auch Schwächen. Umso interessanter ist es sich mit einer weiteren Methode auseinanderzusetzen, die bis heute von jungen Gitarristen eher außer Acht gelassen worden ist. Die Rede ist von der Rekonstruktion der herkömmlichen elektronischen Schaltungen aus den originalen Geräten und die Erschaffung eines „Do It Yourself“ Effektgerätes.

Heutzutage verlassen sich junge Gitarristen großteils auf originale Effektpedale oder auf die immer weiter aufschwingende softwarebasierte Effektivierung. Die Verwendung von „Do It Yourself“ Effektpedalen bleibt bis heute noch im Hintergrund und ist daher für die Forschung mehr als relevant. Die Erforschung dieser Möglichkeit der Effekterzeugung, die mit einer vergleichbaren finanziellen Aufbringung wie bei digitalen Simulationen zu setzen ist, könnte dafür sorgen, dass „Do It Yourself“ Effektpedale in Zukunft mehr in Betracht gezogen werden.

1 Einleitung

Das erste Ziel der Arbeit bildet die Konstruktion und Entwicklung einer Gitarren Effekteinheit mit implementierten Rekonstruktionen der Schaltungen folgender Verzerrungs – und Modulationspedale:

- *Ibanez Tube Screamer 808 Overdrive*
- *ProCo Rat Distortion*
- *Electro Harmonix Small Clone Chorus*
- *Mad Professor Deep Blue Delay*

Einen wesentlichen Teil der Arbeit bildet die Analyse der elektronischen Schaltungen in dessen Aufbau und Funktionsweise um eine akkurate Replikation und schließliche Implementierung in ein selbst entwickeltes 3D gedrucktes Gehäuse gewährleisten zu können.

Vor der Befassung mit den spezifischen Schaltungen erfolgt die Aufklärung über elektronische Bauteile, die bei der Konstruktion von Effektschaltungen üblich sind und welche Aufgaben ihnen zugeschrieben werden.

Nach der Fertigstellung der Effekteinheit widmet sich die Arbeit einigen Fragestellungen, die auf dem Vergleich zwischen einer selbst konstruierten Effekteinheit und softwarebasierten Effektsimulationen abzielen. Mithilfe von ausführlichen ProbandInnen tests gilt es zu erforschen welche Stärken und Schwächen sowohl aus klanglicher als auch praktischer Sicht selbst konstruierte Effekteinheiten beziehungsweise softwarebasierte Effektsimulationen mit sich bringen.

In welchem Ausmaß finden digitale Simulationen bei jungen Gitarristen bereits Anwendung?

Wie stehen Gitarristen zur Digitalisierung von Effekten für die Gitarre und warum tendieren immer mehr zum Kauf einer Software? Durch die Befragung der ProbandInnen ist es möglich zu erforschen welche Stärken und Schwächen eine solche Software mit sich bringt um diese schließlich aus klanglicher und praktischer Hinsicht mit einer selbst konstruierten Effekteinheit konfrontieren zu können.

Durch ausführliche Hör – beziehungsweise Blindtests soll mithilfe der ProbandInnen tests erforscht werden welche klanglichen Unterschiede zwischen den beiden Effektierungsmethoden festzustellen sind. Durch eine umfangreiche Auswertung der Ergebnisse ist es möglich in Erfahrung zu bringen welche Effektierungsmethode größeres Durchsetzungspotenzial hat und vor Allem welche positiven und negativen klanglichen Charakteristiken erkennbar sind.

1 Einleitung

Lohnt es sich Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren?

Nach der Konfrontation der ProbandInnen mit der selbst konstruierten Effekteinheit und durchgeführten Vergleichen sowohl aus klanglicher als auch praktischer Sicht kann in Erfahrung gebracht werden ob es sich aus Sicht der ProbandInnen überhaupt lohnt eine Effekteinheit zu konstruieren.

Die ausführliche Auswertung beziehungsweise daraus gesammelten Erkenntnisse und das Heranziehen der Hilfsfragen sollen dazu verhelfen die Hauptforschungsfrage zu beantworten.

Stellt eine selbst entwickelte und konstruierte Effekteinheit aus klanglicher und praktischer Hinsicht eine effektive aber dennoch preiswerte Alternative zur softwarebasierten Effektsimulationen dar?

Diese Arbeit soll für junge Gitarristen eine effektive aber dennoch preiswerte Methode ans Licht bringen um nicht in der Entscheidung zwischen teuren Originalequipment und digitalen Simulationen eingeschränkt zu sein. Durch ausführliche Erforschung der Vorteile aus klanglicher und praktischer Sicht sollen junge Gitarristen dazu ermutigt werden etwas Zeit zu investieren um sich selbst als Ziel den Bau einer Effekteinheit zu setzen.

All jene Gitarristen, die nicht genug finanzielle Mittel für originale, vom Hersteller produzierte Pedale aufbringen können oder sich von der Digitalisierung im Gitarreneffektbereich distanzieren möchten, können von dieser Arbeit profitieren.

Der Leser kann nach Beurteilung der Resultate selbst entscheiden ob es die Mühe und Zeit wert ist eine eigene Effekteinheit zu konstruieren und in weiterer Hinsicht sowohl beim Recording als auch in anderen Situationen wie zum Beispiel im Live Einsatz zu nutzen.

2 Entwicklung eines Gehäuses

Bevor sich Gedanken an die Schaltungen beziehungsweise deren Aufbau und Funktionsweise richten, sollte erstmals ein Gehäuse für die Effekteinheit entwickelt werden. Vor Allem dem Platzmanagement wird bei der Planung und Konzeption eine äußerst wichtige Rolle zugeschrieben. Abgesehen von den Platinen und Kabeln müssen selbstverständlich auch diverse Potentiometer, zwei Klinkenbuchsen und Footswitches ihren Platz in der Effekteinheit vorfinden.

2.1 Analyse der Maße

Der erste Schritt bei der Planung eines geeigneten Gehäuses wäre die Analyse der Abmessungen der Pedale, die für diese Arbeit rekonstruiert werden sollen. Sämtliche Maße wurden aus Vertriebsportalen wie *thomann.at* oder *musikproduktiv.at* entnommen.

Erste Ibanez Tube Screamer 808, die in Japan gefertigt wurden, waren 12,7 Zentimeter tief, 6,4 Zentimeter breit und 5,1 Zentimeter hoch.

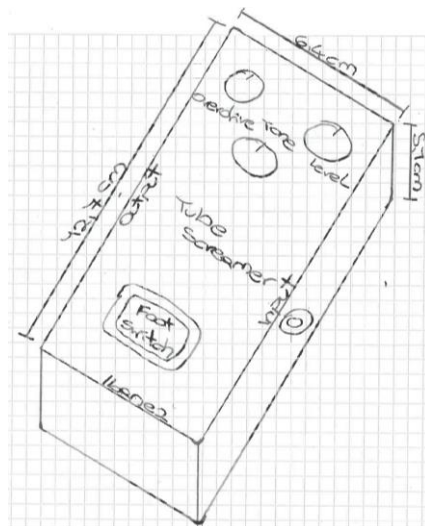


Abbildung 1: Tube Screamer 808 Skizze mit eingezeichneten Maßen

2 Entwicklung eines Gehäuses

Das ProCo Rat Distortion Pedal besitzt 10,3 Zentimeter Tiefe, 7,9 Zentimeter Breite und 7,3 Zentimeter Höhe. Anders als beim Ibanez Tube Screamer ist die Input- und Outbuchse an der Hintwand der Einheit lokalisiert.

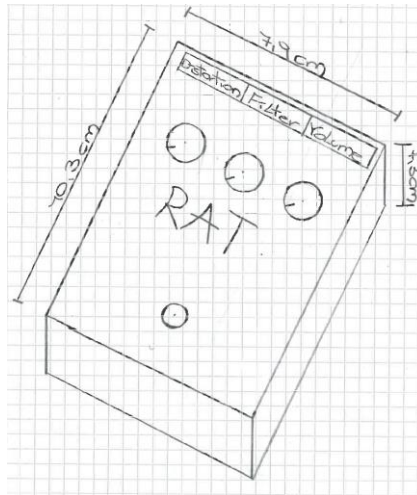


Abbildung 2: ProCo Rat
Distortion Skizze mit
eingezeichneten Maßen

Das Small Clone Chorus Pedal von Electro Harmonix ähnelt mit seiner Breite von 8,5 Zentimeter und Höhe von 8 Zentimeter sehr dem Rat Distortion von ProCo. Seine Tiefe von 14,5 Zentimeter zeichnet ihn von den behandelten Pedalen als Längsten aus.

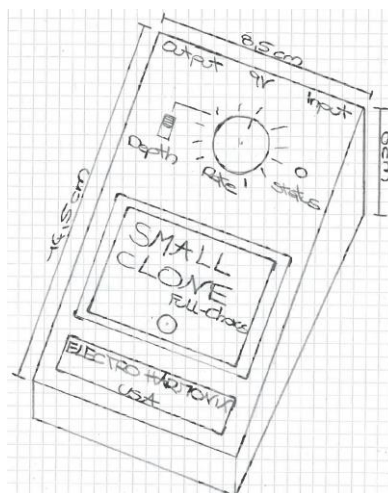


Abbildung 3: Electro
Harmonix Small Clone
Chorus Skizze mit
eingezeichneten Maßen

2 Entwicklung eines Gehäuses

Das Deep Blue Delay aus dem Hause Mad Professor ist wie der Tube Screamer eher klein gehalten. Diese Effekteinheit zeichnet sich durch eine Tiefe von 11 Zentimeter und Breite von 6,9 Zentimeter aus. Mit einer Höhe von 5 Zentimeter ist dieses Pedal das Niedrigste von Allen.

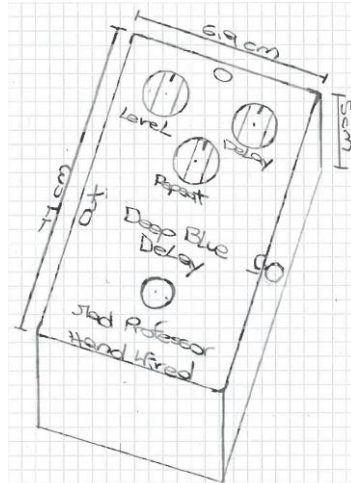


Abbildung 4: Mad Professor Deep Blue Delay Skizze mit eingezeichneten Maßen

Durch die Analyse der Abmessungen dieser Einheiten kann sich ein Überblick verschaffen werden wie groß das Gehäuse mindestens dimensioniert werden muss um sämtliche Schaltungen, Buchsen und Potentiometer im Inneren platzieren zu können ohne sich Gedanken über Platzmangel machen zu müssen.

2.2 Einplanung von Potentiometern, Buchsen und Footswitches

Als nächsten Schritt gilt es zu analysieren welche Öffnungen in das Gehäuse eingeplant werden müssen um in späterer Folge die Montage von allen benötigten beziehungsweise erwünschten Potentiometern, Buchsen und Footswitches ermöglichen zu können.

2.2.1 Potentiometer

Der Ibanez Tube Screamer 808 besitzt 3 Potentiometer, die in der Form eines Dreiecks angeordnet sind. Jedes Potentiometer steuert einen bestimmten Parameter, der Einfluss auf die elektronische Schaltung im Inneren der Einheit hat. Die Steuerelemente sollen auf dieselbe Weise angeordnet werden, da es ja doch die Absicht ist die einzelnen Abschnitte in der Effekteinheit wie das Original aussehen zu lassen.

Die Drehregler bei dem Rat Distortion sind, anders als bei dem Tube Screamer, in gerader Linie angeordnet. Auch hier sollen die Potentiometer entsprechend der Vorlage des originalen Pedals übernommen werden um die optische Ästhetik beizubehalten.

Wie aus der Skizze bereits entnommen werden kann, verfügt der Small Clone Chorus von Electro Harmonix über einen einzelnen Regler. Mithilfe des angebrachten Potentiometers kann der angesprochene Parameter zwar fein justiert werden, jedoch beschränkt sich das originale Pedal jeglich auf die Auswahl zweier Presets für den zweiten Parameter. In der Effekteinheit soll dem zweiten Parameter ebenfalls ein Potentiometer zugewiesen werden damit dieser ebenfalls genauer eingestellt werden kann.

Das Deep Blue Delay von Mad Professor ist sowohl mit derselben Anzahl als auch exakt selben Positionierung der Potentiometer ausgestattet wie der Ibanez Tube Screamer 808. Auch hier wird dazu tendiert die Anordnung aus der Vorlage des originalen Pedals zu übernehmen.

Für die Effekteinheit werden ausschließlich 16 Millimeter Potentiometer verwendet, da diese wesentlich platzsparender, als die zum Beispiel in Gitarren verbauten 24 Millimeter Potentiometer, sind. Die geplanten Drehregler sind mit einem Einbaudurchmesser von 7 Millimeter beschrieben.

2.2.2 Footswitches

Bei der Verteilung der Footswitches stehen absolut keine Fragen offen. Sie sollen in einer Linie und in regelmäßigen Abständen über das Gehäuse verlaufen. Die verwendeten Footswitches besitzen einen Einbaudurchmesser von 12 Millimeter.

2.2.3 LED's

Nicht zu vergessen ist die Einplanung von Öffnungen für „Light Emitting Diodes“, da sie dem Nutzer schließlich anzeigen ob die Schaltung gerade aktiv ist. Hier wird auf die Übernahme der Platzierungen aus den originalen Pedalen verzichtet. Aus rein ästhetischen Gründen fiel der Entschluss die LED's in gerader Linie und denselben Abständen sowohl zwischen ihnen als auch zu den Fußschaltern zu platzieren. Für diese Effekteinheit sind 5 Millimeter LED's eingeplant. Fassungen für solche lichtemittierenden Dioden besitzen einen Einbaudurchmesser von 8 Millimeter.

2.2.4 In – und Outputbuchsen

Selbstverständlich besitzt jeder, der von mir behandelten Pedale eine In – und Outputbuchse. Sollten alle Buchsen übernommen werden, so müsste man die Einheit schlussendlich mit jeweils 4 Input – und Outputbuchsen ausstatten. Eine solche Lösung wäre alles Andere als praktisch für einen Gitarristen, da in diesen Fall zwischen jeder Input– und Outputbuchse ein Patchkabel gesteckt werden muss. Als Resultat würde die Inbetriebnahme meiner Effekteinheit insgesamt fünf Kabel erfordern.

Diese äußerst ineffiziente Lösung hatte bei mir seit Anfang an keinen Sinn. Viel eleganter ist die Weitergabe des Signals von Schaltung zu Schaltung (Output -> Input) im Inneren der Einheit geschehen zu lassen.

Durch diesen Ansatz fallen jeweils 3 Input – und Outputbuchsen weg und dem Nutzer bleiben 3 Kabel erspart.

Dem Einen oder Anderen möge vielleicht aufgefallen sein, dass sich bei den Pedalen die Inputbuchse immer rechts und die Outputbuchse immer links befindet. Aus unerklärlichen Gründen war die Tendenz von Anfang an das Signal von links nach rechts durchlaufen zu lassen. Erst im Nachhinein wurde realisiert, dass das Signal doch von rechts nach links durchlaufen sollte, da ansonsten der Einsatz in Kombination mit anderen Pedalen deutlich erschwert wird.

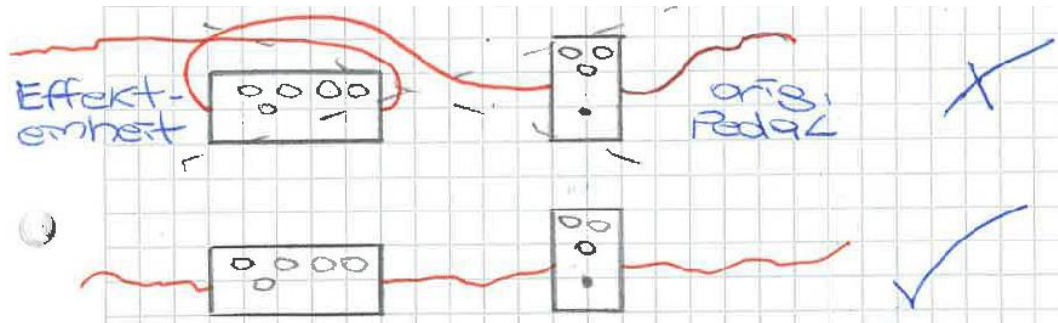


Abbildung 5: Kombination der Effekteinheit mit anderen Pedalen

Durch die Erkenntnisse ergibt sich folgende Lösung. In die Effekteinheit wird jeweils nur eine Input- und Outputbuchse integriert. Die Platzierung erfolgt, wie bei herkömmlichen Pedalen, auf der rechten beziehungsweise linken Seitenwand. Für das Pedal werden klassische 6,3 Millimeter Klinkenbuchsen in der offenen Ausführung angepeilt. Diese Steckverbinder besitzen einen Einbaudurchmesser von 9 Millimeter.

2.2.5 Stromversorgung

Die Effekteinheit soll die Möglichkeit bieten mit einer 9 Volt Blockbatterie oder einem 9V Gleichstrom Netzteil betrieben zu werden.

Theoretisch könnte jeder der vier integrierten Schaltungen nur mit einer Batterie betrieben werden. Allerdings würde in einem solchen Fall die Batterie als einzige Stromquelle zur Verfügung stehen und somit ziemlich schnell leergesaugt werden. Aus diesen Grund bietet das Pedal einen Batterieclip für jede einzelne Schaltung. Diese Lösung hat zwar eine Gewichtszunahme von 160 Gramm zur Folge aber die Effekteinheit kann nun für einen deutlich längeren Zeitabschnitt in Betrieb genommen werden.

Natürlich steht dem Nutzer auch die Möglichkeit der Inbetriebnahme mit einem 9 Volt Gleichstrom Netzteil zur Verfügung. Um wiederum die Anzahl an Kabeln rund um die Einheit gering zu halten, soll nur eine einzige Gleichstrombuchse an der Hinterwand befestigt werden. Jegliche Stromverkabelung für die Schaltungen erfolgt von dieser einen Buchse. Der Einbaudurchmesser der verwendeten 2,1 Millimeter Gleichspannung Buchse beträgt 13 Millimeter.

2.3 Ansicht der Oberfläche

Durch die Skizzen der Oberfläche konnte sich ein Anblick verschaffen werden wie sich die Einheit präsentieren würde.

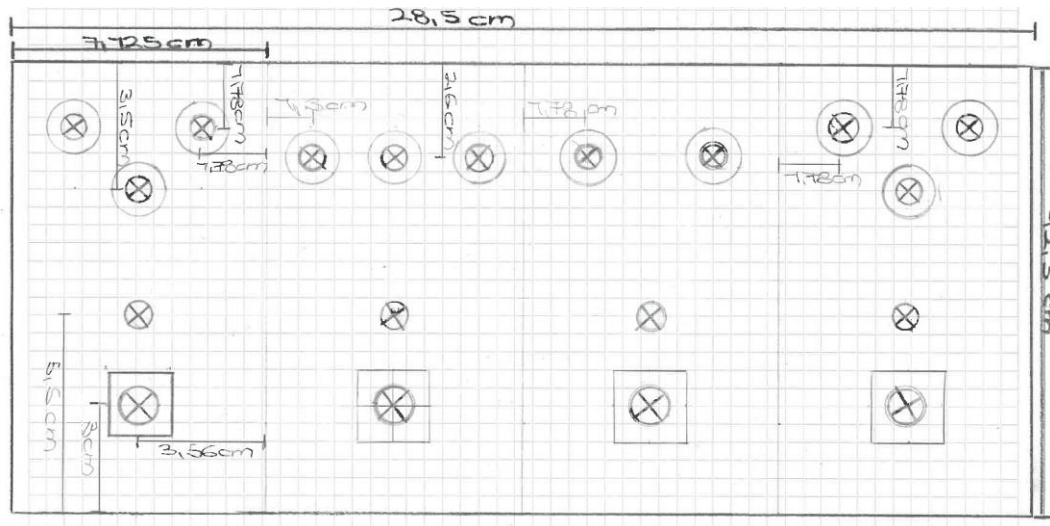


Abbildung 6: Maßstabsgetreue Ansicht der Oberfläche von oben mit eingezeichneten Öffnungen für Potentiometer, Footswitches und Led's + Umrisse der Potentiometer und Footswitches im Inneren des Gehäuses

Dank der Einzeichnung der Umrisse der Potentiometer kann festgestellt werden ob sie im Inneren nicht aneinandergeraten werden. Die Positionierung der Regler erwies sich als ideal, da sie weder zu weit noch zu nah aneinander angeordnet sind und nichts destotrotz die Anordnung aus den originalen Pedalen übernommen werden konnten.

Die Footswitches und LED's verlaufen immer in gerader Linie mitten durch die jeweiligen Potentiometer. Natürlich steht es offen diese Bauteile willkürlich an verschiedensten Positionen anzubringen, aber die eingezeichnete Platzierung hatte den Zweck ästhetisch und übersichtlich zu wirken.

Die Einzeichnung der Umrisse hatte auch vor Allem die Absicht zu enthüllen welche Fläche für eine Platine verfügbar ist.

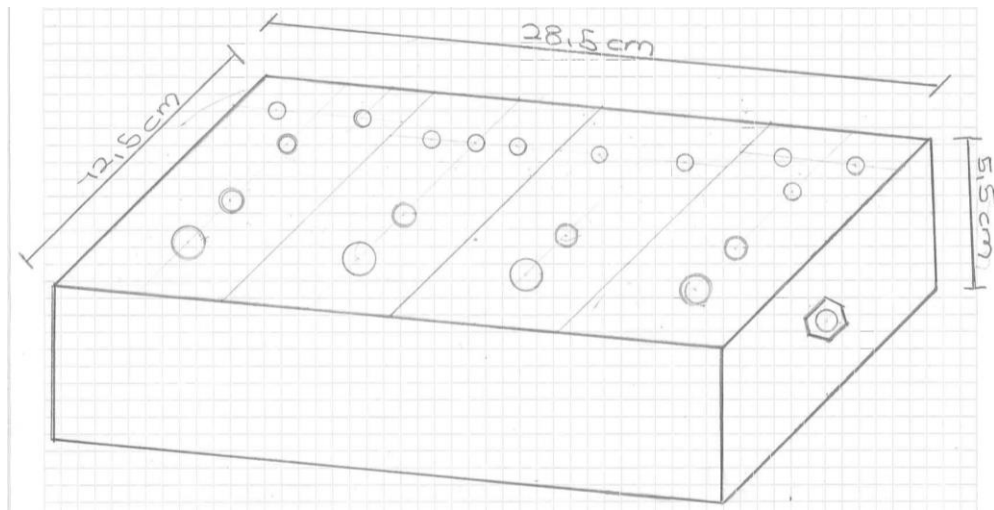


Abbildung 7: perspektivische Ansicht von der Seite mit eingezeichneten Öffnungen für Potentiometer, Footswitches, LED's und Eingangsbuchse

2.4 Höhe und Dicke

Sobald bezüglich der Oberfläche keine Fragen mehr offenstehen, ist es ebenfalls von großer Bedeutung einen Blick in das Innere des Gehäuses zu werfen um sich Gedanken zur notwendigen Dicke und Höhe zu machen.

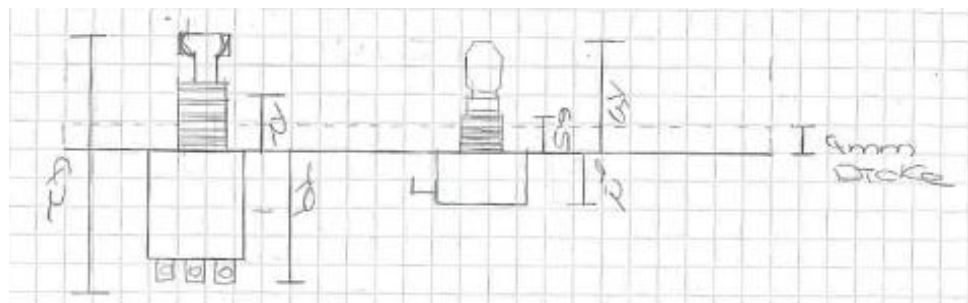


Abbildung 8: Ansicht der Oberkante des Gehäuses von der Seite mit eingezeichneten Footswitch und Potentiometer

Durch eine einfache Sisse konnte in Erfahrung gebracht werden wie die Elemente im Bezug zur Oberkante stehen. Als Referenz für die Maße wurde natürlich ein 16 Millimeter Potentiometer und Footswitch herangezogen, die ich bei der Konstruktion der Einheit verwenden werde. Der Drehregler umfasst von der Unterkante bis zum Beginn des Gewindes 9,2 Millimeter. Das Gewinde selber besitzt eine Länge von 6,5 Millimeter.

2 Entwicklung eines Gehäuses

Der Footswitch ragt deutlich weiter in das Gehäuse ein und zwar mit 19 Millimeter. Das Gewinde ist mit 12 Millimeter doppelt so lang wie das des Potentiometers. Die Wahl einer Dicke von 4 Millimeter Dicke ist für mich ein guter Kompromiss obwohl in diesen Fall nur 2,5 Millimeter des Potentiometergewindes an die Oberfläche gelangt. Allerdings ist es äußerst wichtig daran zu denken, dass Effektpedale meistens mit dem Fuß betätigt werden. Falls sich herausstellen sollte, dass die Mutter nicht auf das Gewinde geschraubt werden kann, so werden im Notfall als Alternative, Potentiometer mit einer längeren Achse beziehungsweise längeren Gewinde angekauft. Tatsache ist, dass ein robustes Gehäuse von großer Bedeutung ist.

Bei Betrachtung der Skizze möge auffallen, dass mit 6,35 Millimeter Höhe ein bisschen zu großzügig geschätzt wurde. Immerhin ragt der Footswitch mit 19 Millimeter am tiefsten in das Gehäuse rein. Nichts destotrotz soll das Gehäuse nicht auf das Minimum hinuntergesetzt werden. Mehr Platz im Inneren bietet zum Beispiel die Möglichkeit Verkabelungen übersichtlicher zu gestalten. Außerdem können dadurch dadurch Platinen tiefer in das Gehäuse eingesetzt werden.

Für das Gehäuse fiel schlussendlich die Entscheidung auf eine Höhe von 5,5 Millimeter. Das entspricht in etwa der Höhe eines Tube Screamer oder Deep Blue Delays.

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Bevor sich der Fokus auf die zu behandelten Effektschaltungen richtet, ist die Befassung mit elektronischen Bauteilen, die in diesem Bereich immer wieder gerne vorkommen, vorrangig heranzuziehen. Schließlich muss verstanden werden welche Funktionen einzelne Elemente in diesen Schaltungen übernehmen. Ein Grundwissen über übliche elektronische Bauteile in Effektpedalen ist essenziell. Damit wird es viel leichter sein, die in dieser Arbeit später behandelten Verzerrung – beziehungsweise Modulationsschaltungen näherzubringen.

Komponenten, die bei dem Bau von Effekteinheiten berücksichtigt werden müssen, kategorisiert man in aktive und passive Bauteile. Bei aktiven Bauteilen handelt es sich um diejenigen, die eine durchfließende Stromversorgung benötigen um sicherzustellen, dass diese aktiviert sind und korrekt ihre Aufgabe erfüllen. Hingegen benötigen passive Bauteile keinerlei Stromzufluss um betrieben zu werden.

Die Kategorisierung erfolgt folgendermaßen:

Aktive Elemente	Passive Elemente
Transistor	Widerstand
Diode	Kondensator
Operationsverstärker	Potentiometer
Integrierter Schaltkreis	

Tabelle 1: Kategorisierung von elektronischen Bauteilen

3.1 Passive Elemente

3.1.1 Kondensator

Ein Kondensator (lat. Condensare – ansammeln, verdichten) besteht aus zwei voneinander isolierten Metallelektroden und kann elektrische Ladung aufnehmen. Die angesammelte Elektrizitätsmenge Q ist proportional der Potentialdifferenz U zwischen den beiden Elektroden, der Proportionalitätsfaktor ist die Kapazität C des Kondensators. (Deimel & Hasenzagl, 2006, S. 173)

Wird an die Platten elektrische Spannung angelegt so fließt kurzfristig Strom obwohl die Platten nichtleitend miteinander verbunden sind. Dieser Strom resultiert aus einer Verschiebung der Elektronen, die sich auf den metallischen Platten befinden. Vom Minuspol der Spannungsquelle werden Elektronen auf die Platte geschoben, während der Pluspol die Elektronen wiederum „aufsaugt“. Genau durch diesen Vorgang wird ein Kondensator aufgeladen. Sobald man die Spannungszufuhr trennt, sind die Träger gefangen, weil sie nirgendwo abfließen können. (Friesecke, 2007, S. 224)

Der zwischen den beiden leitenden Körpern befindliche Isolierstoff wird Dielektrikum genannt. Es hat eine bestimmte Durchschlagsfestigkeit. Durch diese ist die höchste Spannung, die an den Kondensator angelegt werden darf, bestimmt. (Beuth, 2010, S. 49) Das Material bestimmt wie stark die Ladungen zwischen den Platten angezogen werden und somit auch den Kapazitätsbereich eines Kondensators. Einach ausgedrückt gibt die Kapazität eines Kondensators an wie viele Elektronen bei einer bestimmten Spannung in einen solchen Bauteil gespeichert werden können. Die Kapazität wird in Farad gemessen.

$$C = Q / U$$

C: Kapazität in Farad

Q: Ladung in Coulomb

U: Spannung in Volt

Einfach ausgedrückt blockieren Kondensatoren Gleichspannung. In einer Effektschaltung kann diese Wirkung zur Bezeichnung eines Filters übertragen werden. Die Verbindung eines Widerstandes beziehungsweise Potentiometers mit einem Kondensator resultiert in einer Kontrolle der Equalisierung. (Wampler, 2007, S. 15)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Bei Schaltungen in Gitarreneffektpedalen kann eine Vielzahl von Bauformen eines Kondensators vorgefunden werden. In den später behandelten Schaltungen werden insgesamt drei verschiedene Bauformen an Kondensatoren in die Schaltungen implementiert. Diese sollen jetzt kurz und bündig erklärt werden. Erwähnenswert ist, dass die Bautypen in Reihenfolge ihrer Kapazität erklärt werden.

Keramikkondensatoren besitzen als Dielektrikum ein gebranntes keramisches Material als Elektronen aufgedampftes Edelmetall. Durch die Wahl der Keramikmasse (Kondensa, Frequenta, Epsilan) können große Dielektrizitätskonstanten und damit kleinste Bauformen erreicht werden (Meister, 2012, S. 191). Diese Art von Kondensatoren haben einen Kapazitätsbereich zwischen 1pF und 100nF. Dadurch, dass sie ihre Ladung sehr schnell aufnehmen und abgeben können, werden sie deshalb in Hochfrequenzanwendungen eingesetzt. Ein Einsatzgebiet wäre zum Beispiel die Unterdrückung von Schwingneigungen eines Operationsverstärkers.

Eine weitere Art von Kondensator, der seinen Einsatz in Effektschaltungen findet, ist der **Folienkondensator**. Zu dieser Kategorie zählen sowohl Papierkondensatoren als auch Kunststoffkondensatoren.

Diese bestehen immer aus zwei Metallfolien, meist Aluminiumfolien, die durch eines dieser zwei Materialien getrennt sind. Die Metallfolien und das Dielektrikum werden schicht und einfach zu einem Wickel aufgerollt. Anschließend wird die Wicklung mit Anschlüssen versehen und mit Kunststoff umpresst. Ein solcher Wickel kann aber auch in einen Becher aus Kunststoff, Hartpapier, Keramik oder Metall eingesetzt werden. (Beuth, 2010, S. 52)

In Effektschaltungen findet der Folienkondensator viel öfter seine Anwendung als die Wickelvariante. Hier sind Metall- beziehungsweise Papier oder Kunststofffolien nicht gewickelt, sondern aufeinandergestapelt.

Die Kapazitäten von Folienkondensatoren reichen von 1 nF bis 10 uF. Aufgrund des Kapazitätsbereichs finden sie hauptsächlich in niedrigen Frequenzbereichen Anwendung. Im Audibereich sind sie zum Beispiel in Filtern, Frequenzweichen oder Equalizer zu finden. (Frieß, 2007, S. 225)

In der Effekteinheit werden aus der Kategorie der Folienkondensatoren hauptsächlich Metall – Kunststoff Kondensatoren verwendet. Papier hat als Dielektrikum viele ungünstige Eigenschaften und wird immer mehr von Kunststofffolien verdrängt. Dadurch, dass die Dicke der Metallbeläge keinerlei Einfluss auf die Kapazität eines Kondensators hat, ist man bemüht die Dicke der

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Beläge so gering wie möglich zu halten. Auf Kunststofffolien werden dünne Metallschichten im Ausmaß von 0,02 bis 0,05 Mikrometer aufgemapft und somit erhält man große Kapazitäten. Wie vorher erwähnt, werden heutzutage durch die neue Technik bereits die Folien aufeinandergeschichtet. (Beuth, 2010, S. 52)

Auch bei dieser Kategorie gibt's es wiederum Unterteilungen, die sich auf den verwendeten Kunststoff als Dielektrikum beziehen. In dieser Arbeit werden aus der Kategorie der Metall– Kunststoff Kondensatoren (MK) hauptsächlich „MKT“ Versionen zur Verwendung herangezogen, die als Dielektrikum Polyethylenterephthalat nutzen.

Aluminium – Elektrolyt Kondensatoren (Elkos) finden ihren Einsatz in jeder der von mir behandelten Schaltung. Dieses elektrische Bauteil besteht aus zwei Aluminiumfolien, die zwischen Papierlagen gewickelt sind. Diese sind in einem Aluminiumgehäuse untergebracht, welches elektrisch isoliert verschlossen ist (Kunststoffdeckel oder gummierte Hartpapierplatte). Eine der beiden Alufolien wird geätzt. Dadurch vergrößert sich die Oberfläche um das 100-fache. Im Anschluss erhält diese Folie auch noch eine Oxydschicht mit einer sehr hohen Durchschlagsfähigkeit. (Deimel & Hasenzagl, 2006, S. 175) Aluminium – Elektrolyt Kondensatoren besitzen eine hohe Kapazität im Bereich von 1 Mikrofarad bis 1 Farad.

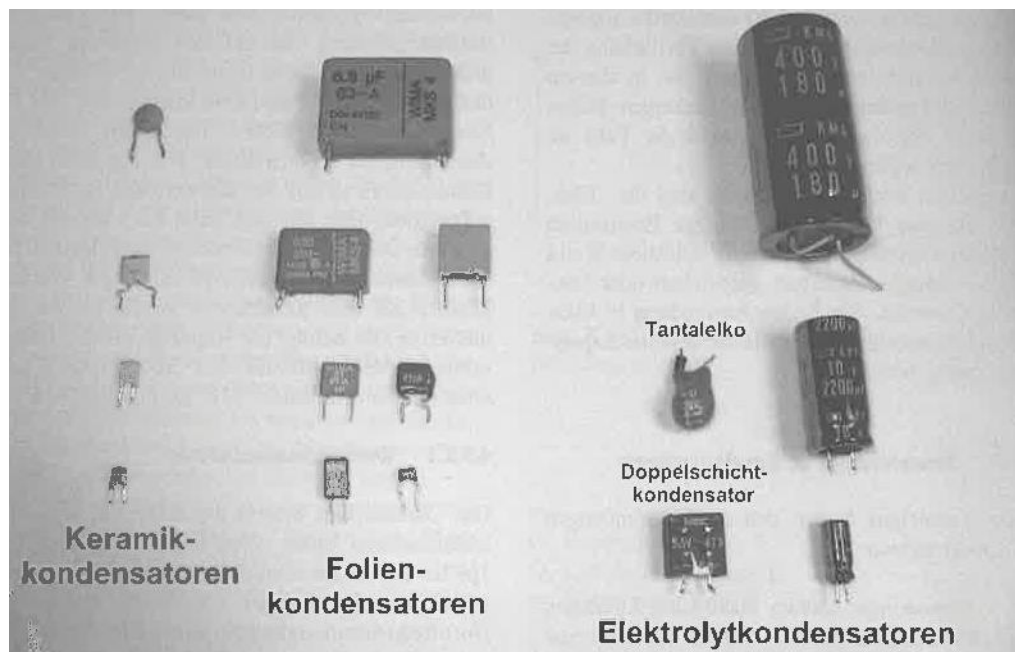


Abbildung 9: Übersicht der Kondensatorarten (Friesecke, 2007, S.226)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Sehr interessant ist, dass im Gegensatz zu den vorhin beschriebenen Kondensatoren diese gepolt betrieben werden müssen. Die Aluminiumfolie ist der Plus Pol und der Elektrolyt bzw. sein Anschluss der negative Pol. Sollte eine solcher Elektrolytkondensator oberhalb einer 2V Spannung falsch gepolt in Betrieb genommen werden so wird die Oxidschicht abgebaut, was zu einer Erwärmung und schließlich Gasbildung führt. Möglicherweise kann es in einer solchen Situation zur Explosion des Bauteiles führen. (Beuth, 2010, S. 55)

Beim Ankauf von Kondensatoren ist für den Zusammenbau einer Effekt Schaltung sehr wichtig zu beachten, dass diese Bauteile in radialer und axialer Form verfügbar sind. Es bedeutet schlicht und einfach, dass die Anschlüsse unten oder an den Seiten entspringen. Die meisten vorgefertigten Platinen für Effektschaltungen sind für radiale Kondensatoren ausgelegt, da eine solche Form deutlich platzsparender ist und dem Projekt eine professionelle Erscheinung verleiht. Im Notfall können natürlich auch Kondensatoren mit axialen Anschlüssen angebracht werden, aber Platinen sind dafür nicht konstruiert und es sieht schlampig aus. (Billy, o. J.)

3.1.2 Widerstand

Beim Zusammenbau einer Effekteinheit wird einem sicherlich schnell auffallen, dass der Widerstand das mit Abstand am meisten vorkommende Bauteil in einer Schaltung ist.

Neben der physikalischen Größe R (engl. Resistance) bezeichnet man mit „Widerstand“ auch Bauelemente, die beabsichtigt einen bestimmten Widerstandswert R besitzen (engl. Resistors). Diese Widerstände sind als Festwiderstände oder auch verstellbare Widerstände verfügbar. (Deimel & Hasenzagl, 2006, S. 63) Zusätzlich zu diesen zwei Arten an Widerständen möge es ja noch andere geben aber in Schaltungen von Effekteinheiten sind ausschließlich simple Festwiderstände und verstellbare Widerstände zu finden.

Durch den Einsatz von einfachsten Bauteilen in dieser Kategorie ist es keinesfalls notwendig in die Tiefe zu gehen, sondern sich auf das Wesentliche zu konzentrieren. Im Bereich der Festwiderstände werden ausschließlich Schichtwiderstände in die Schaltungen implementiert. Diese bestehen immer aus kleinen zylindrischen Keramikkörpern, auf deren Oberfläche eine Kohle – oder Metallschicht aufgedampft wurde. Die Widerstandswerte hängen von der Schichtdicke ab und können zum Beispiel durch das Einfräßen einer Wendel vergrößert werden. (Deimel & Hasenzagl, 2006, S. 64). Für die Rekonstruktion der Schaltungen werden nur Schichtwiderstände mit einer Edelmetallschicht

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

versehen, dass sie im Vergleich zu Kohleschichten (5%) eine Toleranz von nur 1% aufweisen. Immerhin werden solche Widerstände aufgrund ihrer Genauigkeit für fast alle Schaltungen eingesetzt. (Friesecke, 2007, S. 216)



Abbildung 10: Metallschicht Widerstand

Bei Widerständen ist große Acht zu geben im Bezug auf die Kennzeichnung dieser Bauteile. Es kann durchaus vorkommen, dass diese Bauteile bei einer Bestellung ohne schriftliche Kennzeichnung bei uns ankommen. Zur Kennzeichnung wird allerdings auch ein internationaler Farbcode angegeben, der aus vier oder fünf farbigen Ringen besteht, wobei die ersten zwei (oder drei) Ringe den Widerstandswert angeben. Der vorletzte Ring beschreibt den Multiplikator und der letzte gibt die Toleranz des Widerstands an. Falls für die Konstruktion von Effektschaltungen keine schriftlich bezeichneten Widerstände vorliegen, sollte die unten angeführte Tabelle immer bereitgehalten werden.

Kenn- farbe	1. Ring = 1. Wertziffer	2. Ring = 2. Wertziffer	3. Ring = Multiplikator	4. Ring = Toleranz
Farblos	—	—	—	±20%
Silber	—	—	$\cdot 10^{-2} \Omega$	±10%
Gold	—	—	$\cdot 10^{-1} \Omega$	±5%
Schwarz	0	0	$\cdot 10^0 \Omega$	
Braun	1	1	$\cdot 10^1 \Omega$	±1%
Rot	2	2	$\cdot 10^2 \Omega$	±2%
Orange	3	3	$\cdot 10^3 \Omega$	
Gelb	4	4	$\cdot 10^4 \Omega$	±0,5%
Grün	5	5	$\cdot 10^5 \Omega$	
Blau	6	6	$\cdot 10^6 \Omega$	
Violett	7	7	$\cdot 10^7 \Omega$	
Grau	8	8	$\cdot 10^8 \Omega$	
Weiß	9	9	$\cdot 10^9 \Omega$	

Abbildung 11: Internationaler Farbcode für Vierfachberingung (Beuth, 2010, S.27)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Schicht Widerstände werden mit einer $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ bis zu einigen Watt Belastbarkeit hergestellt. Hier wird aber nicht nur die Belastbarkeit beschrieben, sondern auch die physische Größe dieser Bauteile. In den geplanten Konstruktionen werden nur $\frac{1}{4}$ Watt Schichtwiderstände verwendet, da diese eine Länge von nur 6,3 Millimeter aufweisen. Hingegen besitzen $\frac{1}{2}$ Watt Widerstände eine stolze Länge von 9,2 Millimeter.

Nun stellt sich die Frage welche Aufgaben solche Widerstände übernehmen. Friesecke beschreibt in der *Audio–Enzyklopädie* zwei Hauptanwendungen für Widerstände:

- *Wird ein Widerstand vor einem Verbraucher in einem Stromkreis geschaltet, so dient er als Strombegrenzer. Die Ausgangsimpedanz eines Gerätes ist ein typisches Beispiel für so einen Widerstand*
- *Werden zwei Widerstände hintereinandergeschaltet und mit einer gemeinsamen Spannung versorgt, so ergibt sich ein Spannungsteiler. Ein Beispiel wäre das Potentiometer*

In unseren zu behandelnden Schaltungen sind Festwiderstände allerdings nicht die einzige Art von Widerständen, die zum Einsatz kommen.

Einstellbare Widerstände, deren Widerstandswert durch das Drehen einer Achse verändert werden kann, nennt man Potentiometer. Aus den vorherigen Kapitel ist auch bekannt, dass von diesen Bauteil 11 Stück verwendet werden. Diesen einstellbaren Widerständen wird eine sehr große Aufgabe zugeschrieben, da sie immerhin sämtliche Parameter der Schaltung steuern und die Interaktion zwischen Pedal und Gitarrist übernehmen.

Die Widerstandsbahnen bestehen aus ähnlichen Werkstoffen wie bei den vorhin nähergebrachten Festwiderständen. Hier muss allerdings eine große Abriebfestigkeit und ein geringes Drehrauschen sichergestellt werden. Als Drehrauschen bezeichnet man die Störspannung, die beim Drehen entsteht. (Beuth, 2010, S. 34)

Der Potentiometer besteht in einfachste Weise erlärte aus zwei in Serie geschalteten Widerständen, die einen variablen Mittelabgriff haben. Somit entwickelt sich ein Potentiometer zu einem einfachen Spannungsteiler und wird schlussendlich auch als einer verwendet.

Zusätzlich zu beachten ist, dass diese Bauteile sich auf unterschiedliche Weise in Abhängigkeit des Drehwinkels verändern können (Friesecke, 2007, S. 218):

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

- **Linear:** Bei einem linearen Widerstandsverlauf nimmt der Widerstandswert beim Drehen der Achse (pro Millimeter Bahnverlängerung) immer um den gleichen Betrag zu.
- **Positiv logarithmisch:** Dieser nimmt zuerst langsam zu und steigt gegen Ende immer stärker an. Potentiometer mit logarithmischem Widerstandsverlauf werden bei Effektpedalen sehr gerne als Steuerelement für den Lautstärkeparameter verwendet, da unser Ohr einen ähnlichen Verlauf hat. Somit empfinden wir die Arbeitsweise eines logarithmischen Potentiometers als gleichmäßige Lautstärkezunahme.
- **Negativ (Invers) Logarithmisch:** Hier handelt es sich um das Gegenteil von positiv logarithmischen Potentiometern. Zuerst ist ein schneller Aufstieg zu sehen und gegen Ende des Drehbereichs immer flacher.

In den zu behandelnden Schaltungen werden sowohl lineare als auch positiv logarithmisch und negativ logarithmische Potentiometer verwendet.

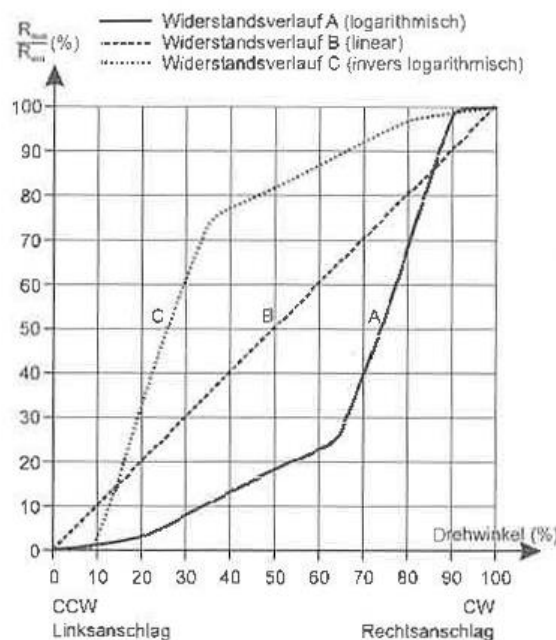


Abbildung 12: Widerstandsverläufe verschiedener Potentiometerarten
(Friesecke, 2007, S.218)

Warum die Nutzung verschiedener Widerstandsverläufe? Für *Gain* und *Tone* Potentiometer nimmt man lineare Widerstandsverläufe. Für die Kontrolle der Lautstärke sind logarithmische Widerstandsverläufe gängig. (Wampler, 2007, S. 14)

Sehr wichtig zu beachten ist auch die Wahl der Potentiometer, wenn es um die Anschlüsse geht. Heutzutage bieten Hersteller für Musikelektronik zusätzlich zu normalen Potentionmetern mit Laschen, die an Kabeln verlötet werden können, auch solche mit gewinkelten Anschlüssen, die für die direkte Verbindung mit einer Platine vorgesehen sind. Solche Potentiometer werden einfach in die Platine gesteckt und von unten angelötet. Hier muss allerdings im Falle der selbstständigen Konstruktion eines Gehäuses Acht gegeben werden, da bei dieser Lösung die Potentiometer in einer festgelegten Position auf die Platine gelötet werden müssen. Sodurch sind die Abstände immer gleich und dafür ausgelegt in ein Gehäuse zu passen, dass vom Anbieter mitgeliefert werden kann.

Mit Potentiometern, die herkömmliche Anschlüsse besitzen, müssen sich absolut keine Sorgen gemacht werden, da sie beliebig in der Einheit positioniert werden können.

3.2 Aktive Elemente

3.2.1 Diode

Ein *pn Übergang* wirkt je nach Polung der äußeren Spannung als Stromventil. Diese Eigenschaft wird bei Halbleiterdioden genutzt. Der für den pn Übergang verantwortliche Halbleiterkristall wird in einer Diode beidseitig kontaktiert und zum Schutz vor mechanischen oder elektrischen Einflüssen in unterschiedliche Gehäuseformen untergebracht. (Deimel, Hasenzagl, Krikava, Ruhswurm, & Seiser, 2003, S. 201)

Doch wie funktioniert eigentlich ein pn – Übergang in Durchlassrichtung? Wird der positiv Pol einer Spannungsquelle mit dem p – Halbleiter und negative Pol mit dem n – Halbleiter kontaktiert, so beginnen Elektronen aufgrund des elektrischen Feldes über das n – leitende Teilgebiet in die Raumladungszone zu wandern. Der positiv geladene Grenzbereich wird abgebaut, da er von Elektronen überschwemmt wird. Ebenso wandern Löche über den p – Halbleiter zum negativ geladenen Grenzgebiet und rekombinieren dort mit den Elektronen der negativen Ladungsschicht. Durch den Abbau der Raumladungszone wird der pn – Übergang niederohmig und es kommt somit zu einem Stromfluss zwischen den Polen der Spannungsquelle. (Deimel u. a., 2003, S. 200)

Der negative Anschluss einer Diode ist derjenige wo die Linie aufgezeichnet ist und wird Kathode genannt. Der positive Anschluss bezeichnet man als Anode.

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Bei Dioden sind folgende Parameter zu beachten:

Durchlassspannung: Beschrieben wird die Spannung, ab der eine Diode den Strom in Durchlassrichtung passieren lässt. Dieser Parameter ist abhängig vom Material, der Temperatur und dem Strom. Diese Durchlassspannung fällt an einer Diode in Flussrichtung ab und geht verloren. Dient eine Siliziumdiode dem Schutz einer Verpolung bei einem Gerät und ist in Reihe davor geschaltet, so ist je nach Strom mit einem Spannungsverlust von 0,7 – 1 V zu rechnen. (Friehecke, 2007, S. 255)

Sperrspannung: Dieser Parameter definiert die maximale Spannung, die eine Diode in Sperrrichtung auf sich nehmen kann. In Sperrrichtung fließt aufgrund der Eigenleitfähigkeit der Diode ein geringer Sperrstrom. Wird die Sperrspannung bis zu einem, vom Hersteller definierten, Grenzwert erhöht, folgt ein starker Anstieg des Sperrstroms, der ohne strombegrenzende Maßnahme zur Zerstörung der Diode führt. Dieser Effekt wird als *Durchbruch* bezeichnet. (Deimel u. a., 2003, S. 204)

Strom: Dieser ist eigentlich nur in Durchlassrichtung interessant. Immerhin fließt in Sperrrichtung ein nur sehr geringer Strom im Nano bis Mikroamperebereich. Es ist vor Allem Acht zu geben, dass der zulässige Strom in Durchlassrichtung nicht überschritten wird, da die Diode sonst zu heiß wird und durchbrennt. (Friehecke, 2007, S. 255)

Dioden, die heute erhältlich sind, bestehen hauptsächlich aus Silizium oder Germanium und auch diese finden sehr oft ihren Einsatz im Inneren von Effektpedalen. Betrachten wir nun die Parameter solcher Dioden:

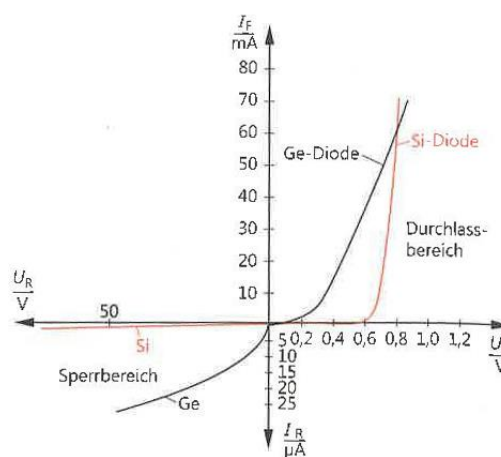


Abbildung 13: Kennlinien von Germanium- und Siliziumdioden (Beuth, 2010, S.116)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Zuerst soll der Durchlassbereich einer Siliziumdiode betrachtet werden. Bei einer kleinen Spannung von rund 0,1V fließt folglichmaßen ein nur sehr geringer Strom. Wie vorher erklärt ist der pn – Übergang noch verhältnismäßig hochohmig, da durch die Wanderung der Ladungsträger entstandene Sperrschicht noch nicht abgebaut ist. Erhöht man die Spannung, so steigt der Strom erstmal geringfügig an. Ab 0,6 V nimmt der Strom plötzlich sehr stark zu. Es handelt sich um den Punkt, an dem die Diode niederohmig geworden ist. Der Wert von 0,7 V wird bei einer Siliziumdiode als Durchlassspannung bezeichnet. Für die Germaniumdiode ergibt sich ein ähnlicher Kurvenverlauf. Die Durchlassspannung bei dieser Art von Dioden liegt allerdings bereits bei 0,3 V. (Beuth, 2010, S. 116)

Der Sperrstrom ist natürlich auch von dem Halbleitermaterial abhängig. Dieser liegt bei Siliziumdioden im Bereich von einigen Nanoampere und bei Germaniumdioden im Bereich von einigen Mikroampere.

Die Eigenschaften von solchen Dioden werden vom Hersteller in Datenblättern dokumentiert. Die Grenzwerte dürfen im Normalbetrieb nicht überschritten werden.

Dioden werden wichtige Funktionen in einer Schaltung zugeschrieben. Overdrive, Distortion und Fuzz Pedale nutzen sie um das Signal zu „begrenzen“ und somit den Verzerrungseffekt zu erzeugen. Der Hauptgrund für die Verwendung verschiedener Dioden für die Begrenzung ist die Tatsache, dass sie alle anders klingen und das Signal ein bisschen anders begrenzen. Sie finden aber auch an anderen Stellen Verwendung wie zum Beispiel der Schutz gegen die Verwendung des falschen Stroms oder die Polarität in einem Netzteil (Wampler, 2007, S. 16). Im Internet werden verschiedenste Dioden zum Verkauf angeboten: schnell schaltende Signal Dioden, kleine Signaldioden, Gleichrichterioden, Schottky Dioden oder Zener-Dioden. Die zu behandelnden Schaltungen begrenzen sich in ihrer Grundform lediglich auf die Siliziumdioden 1N4001 (arbeitet bei einer Signalbegrenzung auf dieselbe Weise wie die 1N4002, 1N4003, 1N4004 etc. arbeitet) und 1N914 / 1N4148 (selber Fall). (Billy, o. J.)

Das Angebot an die Dioden möge ja verherrend sein aber dadurch kann es auch sehr Spaß machen mit diesen Bauteilen zu experimentieren um seinen eigenen unikalen Klang zu bewerkstelligen.

Silizium oder Germaniumdioden sind nicht die einzigen Bauteile aus die Kategorie in einer Effekteinheit. Ein Bauteil, dass nicht zwingend zur Inbetriebnahme notwendig ist aber sich durchaus in solchen Geräten etabliert hat.

Leuchtdioden auch LED´s genannt (Light Emitting Diode) sind Dioden, die bei der Rekombination von Elektronen und Löchern Licht aussenden. Welche

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Wellenlänge das Licht besitzt, hängt vom Halbleitermaterial ab. Im Grunde kann behauptet werden, dass die Durchlassspannung umso höher wird, je kurzweiliger das Licht ist, das die Leuchtdiode aussendet. (Friesecke, 2007, S. 256) In den später in nächsten Kapiteln folgenden Rekonstruktion werden ausschließlich rote LED's verwendet. Diese Farbe ist mit einer Durchlassspannung von 1,5V definiert.

Im Gegensatz zu Glühbirnen brennen LED's niemals aus. Es sein denn das Stromlimit wird erreicht. Wie auch reguläre Dioden, besitzen diese einen negativen und positiven Anschluss. Normalerweise bekommt man eine LED, bei der einer der Anschlüsse kürzer gehalten ist. In diesem Fall ist der kürzere Anschluss die negative Seite. Sollte dies nicht der Fall sein, sucht eine Linie im Metall im Inneren der LED (diese könnte schwer zu sehen sein). Diese Linie befindet sich auf der positiven Seite des Anschlusses. Eine andere Methode ist die Suche einer flachen Stelle an der Kante der Diode. Diese Stelle befindet sich immer auf der negativen Seite. (Wampler, 2007, S. 16)

Light Emmiting Diodes kommen in 3 oder 5 Millimeter Ausführungen und werden in dieser Form auch meistens beim Bau von Pedals hinzugezogen. Hier kommt eigentlich nur der persönliche Geschmack zur Geltung. Auch 8 Millimeter Versionen können gekauft und in die selbst konstruierte Pedale eingebaut werden.

Dieses Bauteil wird hauptsächlich dazu verwendet dem Nutzer mitzuteilen wann das Pedal in Betrieb ist. Das Licht geht an sobald Spannung an der LED und in weiterer Folge auch an der Schaltung anliegt.

3.2.2 Transistor

Heutzutage sind Transistoren Grundkomponenten in jeglicher Elektronik. Hierbei handelt sich um einfache Schalter, die wir verwenden können um etwas ein – oder auszuschalten, können auch aber so arrangiert werden, dass sie in Verbindung mit anderen Komponenten ein Audio Signal verstärken. (Wampler, 2007, S. 17)

Transistoren lassen sich in zwei große Gruppen unterscheiden:

- **Bipolare Transistoren:** Diese besitzen drei Halbleiterschichten und somit 2 zwei *pn* Übergänge. Als Material wird wiederum meistens Silizium hinzugezogen. In dieser Kategorie befinden sich sowohl *npn* als auch *pnp* Transistoren. Diese sind durch die Abfolge der dotierten Schichten definiert
- **Feldeffekttransistoren:** Diese bestehen je nach Typ in ihrer einfachsten Form aus einem „Kanal“ (n – oder p-Kanal *FET*). Durch diese fließt ein Strom, der durch ein elektrisches Feld steuerbar ist. (Deimel u. a., 2003, S. 213)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Ein bipolarer Transistor hat drei Anschlüsse und zwar Kollektor (erste p – Zone), Basis (n – Zone) und Emitter (zweite p – Zone). Manchmal sind die Anschlüsse auf der flachen Seite des Emitters beschriftet. Dieses Bauteil hat immer eine flache und eine runde Seite. Sobald die runde Seite in unsere Richtung zeigt, befindet sich der Kollektor rechts, Basis in der Mitte und Emitter auf der linken Seite. Allerdings empfiehlt es sich immer einen Kontrollblick auf das Datenblatt des jeweiligen Transistors zu werfen, da die Anordnung der Anschlüsse von Hersteller zu Hersteller durchaus variieren kann. (Wampler, 2007, S. 17)

Wie der Name schon sagt bestehen npn – Transistoren aus zwei n – leitenden Schichten und einer p – leitenden Schicht, die sich zwischen ihnen befindet. Somit beinhaltet ein solches Bauteil zwei pn – Übergänge, die als zwei Diodenstrecken betrachtet werden können. Ein Transistor lässt sich allerdings nicht durch zwei Dioden nachbilden. (Beuth, 2010, S. 159)

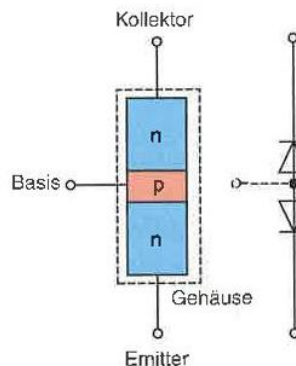


Abbildung 14. Aufbau eines npn – Transistors (Deimel, 2003, S.214)

Zwischen den pn – Übergängen bildet sich eine Sperrschicht, wenn keine Spannung anliegt. Der pn Übergang verschwindet sobald die Durchlassspannung einer Siliziumdiode erreicht ist (0,7V). Bei npn Transistoren muss an der Basis eine positive Spannung gegenüber dem Emitter anliegen. Zwischen Kollektor und Basis bildet sich eine Sperrschicht, da die am Kollektor anliegende Spannung noch höher ist. Sobald die Basis – Emitter Strecke in Flussrichtung geht, werden aufgrund der starken Dotierung aus dem Emitter viele Elektronen frei und fließen Richtung Basis. Als Folge wird die Basis überschwemmt und somit gelangen die Elektronen durch die zweite Sperrschicht zum Kollektor. (Friesecke, 2007, S. 259)

Ein pnp – Transistor ist in seiner Funktionsweise mit einem npn – Transistor gleichzusetzen. Anstelle negativ geladener Elektronen müssen positive Defektelektronen als Ladungsträger betrachtet werden und alle Spannungen am Transistor umgepolt. (Deimel u. a., 2003, S. 217)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Andere Arten von Transistoren sind **Feldeffekttransistoren** wie der *JFET* (Junction Field Effect Transistor) oder *MOSFET* (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). Feldeffekttransistoren besitzen einen sehr hohen Eingangswiderstand. Viele bekannte Verzerrungs – und Boostschaltungen sind mit diesen Transistoren umgesetzt. (Wampler, 2007, S. 17)

Hier erfolgt die Steuerung im Gegensatz zu bipolaren Transistoren über ein elektrisches Feld beziehungsweise der verknüpften Spannung. Die Funktionsweise eines Sperrschicht–Feldeffekttransistors (JFET) lässt sich anhand eines einfachen n – Kanal FET's erklären. Dieser besteht aus einer n – leitenden Kanalstrecke und zwei p – leitenden Zonen. Dies resultiert in zwei pn – Übergängen, die in Sperrrichtung gepolt sind. Die Raumladungszone ist über die Sperrspannung einstellbar. Umso breiter die Sperrschicht, desto enger wird der stromführende n – Kanal. Daher lässt sich der Stromfluss durch den Kanal über die Sperrspannung steuern. (Deimel u. a., 2003, S. 221)

Wird an die leitende n – Kristallstrecke eine Spannung von zum Beispiel 12 Volt gelegt, fließt ein Elektronenstrom von S nach D. Der Umfang dieses Elektronenstroms definiert sich durch die angelegte Spannung und den Bahnwiderstand des Kristalls. Die angelegte Spannung fällt entlang dieser Kristallstrecke ab. Die p – Zonen sind leitend miteinander verbunden und zu der Verbindung G geführt. Sollte G an das Nullpotential gelegt werden (S), sind beide pn – Übergänge in Sperrrichtung gepolt. (Beuth, 2010, S. 203)

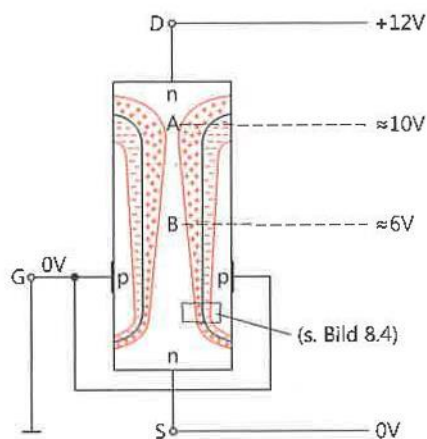


Abbildung 15: Sperrschichten eines Sperrschicht Transistors (JFET) (Beuth, 2010, S.204)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Am n – Kanal befinden sich die Anschlüsse „Source“ (Quelle) und „Drain“ (Ablauf). Zwischen ihnen findet der Stromfluss statt. Mithilfe einer Spannung am „Gate“ (Tor) kann die Sperrschicht verengt werden und somit den Stromfluss steuern. Durch diese Funktionsweise kann der Feldeffekttransistor als steuerbarer Widerstand angesehen werden. Die Steuerung erfolgt aber ohne Strom, weil nur das elektrische Feld benötigt wird um die Breite des Kanals einzustellen. (Friesecke, 2007, S. 261)

Bei MOSFET´s ist ein Metalloxid als Isolator in das Gate eingebaut. Im Gegensatz zu JFET´s entsteht hier keine Sperrschicht. Diese Transistoren sind selbstleitend und benötigen eine Spannung um den Stromfluss zu reduzieren. Da kein pn – Übergang zwischen Gate und Source vorhanden ist, kann die Spannung bipolar sein. Bei einer negativen Steuerspannung werden die Ladungsträger aus dem Substrat angezogen und aus dem Kanal verdrängt. Bei einer positiven Spannung werden die Ladungsträger aus dem Substrat ausgestoßen und der Kanal weitet sich aus. (Friesecke, 2007, S. 261)

Transistoren, die in Pedalkonstruktion Verwendung finden, werden hauptsächlich aus Silizium oder Germanium hergestellt. Außerdem kommen diese in verschiedenen Größen, Formen und Anschlusskonfigurationen. Deshalb ist es immer wieder wichtig die Anschlusskonfigurationen für die verwendeten Transistoren in Datenblättern ausfindig zu machen. Mit der Hilfe von Datenblättern kann schnell herausgefunden werden wo „Kollektor“, „Basis“ und „Emitter“ bei bipolaren Transistoren beziehungsweise „Drain“, „Gate“ und „Source“ bei Feldeffektresistoren platziert sind. Der korrekte Einsatz von Transistoren in Schaltungen ist essenziell, da ansonsten die Funktionalität der Schaltung beeinträchtigt wird. (Billy, o. J., S. 15)

3.2.3 Integrierte Schaltungen, Operationsverstärker

Integrierte Schaltungen und Operationsverstärker sind die komplexeren Elemente bei dem Bau von Effektpedalen. Wie der Name bereits verrät, befindet sich in einem IC (Integrated Circuit) eine winzige Schaltung, bestehend aus vielen Transistoren, Widerständen, Dioden etc. Sie werden für verschiedenste komplexe Funktionen wie Timer, Oszillatoren, Zähler oder Verstärker verwendet. (Billy, o. J., S. 17)

Von diesen Bauteilen gibt es sowohl analoge als auch digitale Ausführungen. Die meisten integrierten Schaltungen, die heute ihre Verwendung bei der Pedalkonstruktion finden, sind digital. Vor allem aus dem Grund, weil sie viel billiger sind. (Billy, o. J., S. 17)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Wichtig zu beachten ist, dass mit dem Begriff „integrierte Schaltung“ das gesamte Bauteil bezeichnet wird und eine solche Schaltung einen oder mehrere Operationsverstärker beinhalten kann.

Ein solche Operationsverstärker verfügt über fünf Anschlüsse (Frießecke, 2007, S. 263) :

- Zwei Betriebsanschlüsse: Hier wird normalerweise eine symetrische Betriebsspannung angelegt. Ein solche Verstärker kann sowohl positive, als auch negative Spannungen in Nähe der Betriebsspannung verarbeiten.
- Zwei Eingänge: Der „nicht invertierte Eingang“ ist mit einem Plus Zeichen und der „invertierte Eingang“ mit einem Minus Zeichen gekennzeichnet. Der Operationsverstärker verstärkt immer die Differenz zwischen diesen beiden Eingängen
- Ausgang: Am Ausgang kommt das verstärkte Signal raus. Dieses besitzt eine niedrige Ausgangsimpedanz. Hier steht relativ viel Strom zur Verfügung, ohne dass das Signal zusammenbricht

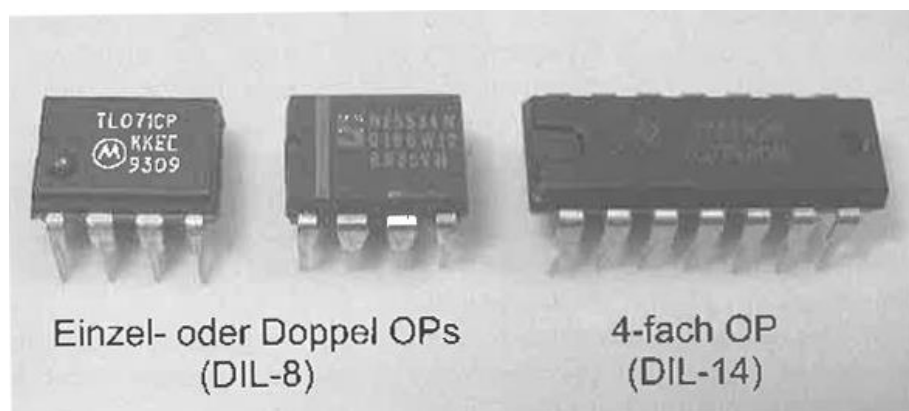


Abbildung 16: Bauformen von Operationsverstärkern (Frießecke, 2007, S.264)

Operationsverstärker werden auch *Differenzverstärker* genannt. (Beuth, 2010, S. 242). Wie schon erwähnt besitzt er einen invertierten und nicht invertierten Eingang. Das Ausgangssignal beziehungsweise die Ausgangsspannung wird steigen oder sinken. Das hängt ganz allein davon ab ob die größere Spannung auf dem invertierten oder auf dem nicht invertierten Eingang angelegt wird. Sollte eine größere Spannung auf dem nicht invertierten Eingang (+) liegen, so erhöht sich die Ausgangsspannung. Hingegen sinkt die Spannung, wenn dem invertierten Eingang (-) eine höhere Spannung angelegt wird. Der dritte Zustand tritt ein sobald an beiden Eingängen dieselbe Spannung anliegt. In diesen Fall verändert sich der Ausgang des Operationsverstärkers nicht und die Spannung bleibt gleich.

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Mehr als diese drei Zustände kann ein Operationsverstärker nicht annehmen. Um eine sinnvolle Schaltung daraus zu machen, kann der Ausgang so geschaltet werden, dass er die Eingangsspannungen beeinflusst. Dank dieser Lösung hat der Ausgang Einfluss auf die Differenz der Spannungen und daher auch auf das Betriebsverhalten. Man spricht von einem „Closed Loop Bereich“. Dies beschreibt, dass sich eine geschlossene Schleife zwischen Eingang und Ausgang befindet. Auf dem Closed Loop Konzept basieren alle Operationsverstärker Grundschaltungen. (Friesecke, 2007, S. 264)

Die Operationsverstärker können in Effektpedalen den verschiedensten Zwecken dienen. Sie zählen zu den meist verwendeten und billigsten elektronischen Bauteilen heutzutage. Sie erfüllen oft ihren Zweck als Buffer oder als Verstärker um die Ausgangsverstärkung um ein Vielfaches des originalen Wertes zu erhöhen. (Billy, o. J., S. 18)

Die Pinbelegung einer integrierten Schaltung ist immer mit einem Punkt in der linken oberen Ecke gekennzeichnet. Die Abzählung beginnt immer von oben nach unten auf der linken Seite (1, 2, 3, 4) und wird auf der rechten Seite von unten nach oben fortgesetzt (5, 6, 7, 8). Bei einem einfachen Operationsverstärker befindet sich der Input auf Pin 2 und 3. Der Output hingegen an Pin 6. In Schaltplänen ist allerdings nur das schematische Symbol eingezeichnet: Pin 2 - negativer (invertierter) Eingang, Pin 3 - positiver (nicht invertierter) Eingang, Pin 6 - Ausgang, Pin 4 – Masse und Pin 7 - + 9 Volt. (Billy, o. J., S. 18)

Abgesehen von einzelnen Operationsverstärkern finden auch 2 – fach Operationsverstärker oder 4 – fach Operationsverstärker ihren Einsatz in Effektpedalen. Die Belegung der Anschlüsse in den verschiedenen Ausführungen ändert sich folgendermaßen:

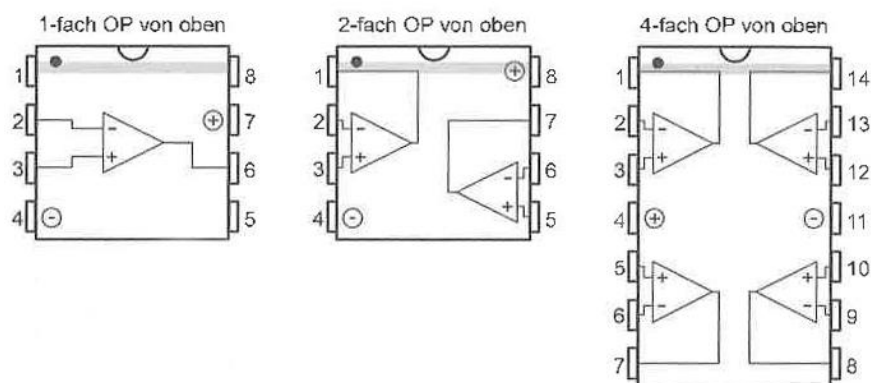


Abbildung 17: Anschlussbelegung von Standardoperationsverstärkern
(Friesecke, 2007, S.268)

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Integrierte Schaltungen und Operationsverstärker decken einen großen und manchmal komplizierten und schwer verständlichen Bereich der Elektronik in Effektpedalen ab. Hier ist es allerdings lediglich wichtig dem Leser einen groben Überblick über diese Bauteile zu verschaffen. Hier ein Auszug einiger oft verwendeter Operationsverstärker und integrierter Schaltungen:

Name	Bezeichnung	Preis
NE555 Timer (IC)	8 – Pin Timer	0,22 €
PT2399 Echo Chip (IC)	16 – Pin Digital Delay / Echo	1,50€
MN3007 (IC)	8 – Pin Delay / Echo	8,50€
CD4047 (IC)	14 – Pin Multivibrator	0,25€
CD4049 (IC)	16 – Pin CMOS Hex Inverting Buffer	0,35€
TL071 (OP)	1 – fach JFET Operationsverstärker	0,25€
TL072 (OP)	2 – fach JFET Operationsverstärker	0,25€
TL061 (OP)	1 – fach JFET Operationsverstärker	0,30€
TL022 (OP)	2 – fach JFET Operationsverstärker	0,95€
LM13700 (OP)	2 – fach Transkonduktanz Verstärker	1,75€
RC4558P (OP)	2 – fach Operationsverstärker	0,25€
OP07 (OP)	1 – fach Operationsverstärker	0,25€
LM358N (OP)	2 – fach Operationsverstärker	0,15

Tabelle 2: Übliche integrierte Schaltungen und Operationsverstärker in Effektschaltungen + Hervorhebung der verwendeten IC's

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Ebenso finden Spannungsregler ihren Einsatz in Effektschaltung. Diese sind in Schaltplänen auch meistens als integrierte Schaltung angeführt obwohl sie physikalisch viel mehr mit einem Transistor gleichzusetzen sind.

Festspannungsregler vom Typ 78xx und 79xx brauchen immer eine Eingangsspannung, die 3 Volt größer ist als die zu regelnde Ausgangsspannung. Außerdem sollte die Eingangsspannung natürlich einen bestimmten Wert nicht überschreiten, da dieser Regler ansonsten zerstört wird. Ein solche Spannungsregler gibt die überschüssige Spannung am Eingang in Form von Wärme ab. (Friessecke, 2007, S. 383)

In den vier zu behandelnden Schaltungen kommt insgesamt nur einmal ein Spannungsregler zum Einsatz und zwar der 7805. Hierbei handelt es sich um einen 5 Volt Spannungsregler. Er kann eine Eingangsspannung zwischen 8 Volt und 20 Volt zu einer Ausgangsspannung von 5 Volt konvertieren.

Manche Komponenten in Effektschaltungen wie zum Beispiel integrierte Schaltungen oder Operationsverstärker sind sehr anfällig gegenüber Hitzeschäden. Es empfiehlt sich diese Elemente nicht direkt an eine Platine zu löten, sondern einen Sockel zu verwenden und erstmals diesen an der Platine zu befestigen. Dadurch ist es auch möglich äußerst schnell einen Operationsverstärker auszutauschen im Falle von Experimentationen und Versuchen. Auf „Do It Yourself“ Foren tauchen immer wieder Modifikationsvorschläge für bestimmte Pedale auf, die auch oft den Wechsel dieser integrierten Schaltungen ansprechen. Daher ist die Verwendung von Sockel bei erstmaligen Zusammenbau sehr wichtig und zugleich vorteilhaft. Für integrierte Schaltungen empfiehlt sich der Einsatz von DIP (Dual Inline Package) Sockeln. Diese Sockel sind in 8 Pin und aufwärts Formen verfügbar. (Billy, o. J., S. 19)

Außerdem werden auch SIP (Single Inline Package) angeboten. Diese sind für Transistoren, Dioden und LED's gut geeignet. Grundsätzlich könnte man abgesehen von integrierten Schaltung zusätzlich noch für alle Transistoren, Dioden und LED's Sockel in der Platine verbauen. In den später behandelten Rekonstruktionen von Schaltungen werden Sockel für integrierte Schaltungen als auch Transistoren verwendet. Dioden mögen vielleicht auch für Hitzeschäden empfindlich sein aber hier ist es nicht so kritisch ohne solche Sockel zu arbeiten und geschieht in der Praxis auch selten.

3.2.4 Klinkenbuchse

Zu den typischen Steckern – und Buchsenarten im Audiobereich zählen Klinkenstecker – und Buchsen. Sie tauchen in zwei Standardgrößen von 6,3 Millimeter und 3,5 Millimeter auf. Anhand der Isolierungsringe auf dem Schaft eines Steckers kann man erkennen ob es sich um eine Mono – oder Stereoklinke handelt. Monostecker besitzen einen Ring (er trennt Pluspol und Masse). Hingegen haben Stereostecker zwei Ringe (diese trennen Pluspol, Minuspol und Masse). (Kaiser, 2015, S. 286)

Klinkenbuchsen sind in der offenen oder geschlossenen Ausführung erhältlich. Bei der offenen Ausführung ist schön zu sehen wo die Kabel entspringen, die an die Buchse gelötet sind. Von diesen zwei Bauformen wird natürlich die offene Version bei der Pedalkonstruktion verwendet. Klinkenbuchsen können natürlich ebenfalls mono oder stereo sein.

Monoklinkenbuchsen verwendet man hauptsächlich für die Ausgangsbuchse. Diese kann auch als Eingangsbuchse verwendet werden, wenn die Stromversorgung per Batterie nicht geplant ist. Die Stereoklinke hat 3 Lötösen: S – Sleeve (Masse), T – Tip (Signal) und ein zusätzliches names Ring, das für die Masseverbindung des 9 Volt Batterieclips verwendet wird. Dies wird als eine Art Switch verwendet um die Masseverbindung des Batterieclips zu verbinden und die Schaltung zu vervollständigen. Sobald der Klinkenstecker aus der Eingangsbuchse gezogen wird, unterbricht die Verbindung zur Masse des Batterieclips und somit wird kein Strom daraus gezogen.

3.2.5 Drahtverbindungen

Draht ist für die Verbindung einiger Elemente in der Effekteinheit verantwortlich. Diese kommen in Maßangaben, die sich auf den Durchmesser beziehen. Es gibt verschiedene Einheiten unter den Maßangaben für Drahtverbindungen, vor allem im Vergleich zu Europa und Amerika. Man unterscheidet zwischen den metrischen, AWG (American Wire Gauge) und SWG (Standard Wire Gauge) System. Der Durchmesser beschreibt sowohl die Menge an elektrischer Spannung, die ein Draht tragen kann als auch seinen Widerstand. In Effekteinheiten sprechen wir über eine sehr geringe Menge an elektrischer Spannung. Sehr wichtig zu merken ist die Tatsache, je höher die Zahl des Drahtverbinders, umso dünner das Kabel.

Bei Pedalkonstruktion findet der 24 AWG Draht häufig seiner Verwendung (0,5 mm Durchmesser). Hierbei wird wieder zwischen starren und flexiblen

Ausführungen unterschieden. Drahtverbindungen mit starren Kern sind eher solide und halten ihre Form.

Es ist eine gute Angewohnheit verschiedene Farben von Drahtverbindungen für verschiedene Funktionen zu verwenden. Dieser Ansatz wird es im Nachhinein leichter machen die Verbindungen zu verfolgen. Es ist gängig schwarz für Masse, rot für + 9 Volt, grün für Eingänge und gelb für Ausgänge zu nutzen. Ebenfalls ist eine Kombination von 3 Farben bei diversen Potentiometer oder Schaltern von großen Vorteil. Sollten 3 Farben zum Beispiel bei einem Potentiometer verwendet werden, weiß man sofort rot ist für Öse 1, blau ist für Öse 2 und grün für Öse 3 beziehungsweise für welche Farben auch immer die Entscheidung fällt. Diese Lösung kann vor Allem zum Gunsten genutzt werden, wenn mehrere Potentiometer installiert sind und die Lösung für ein Problem erarbeitet werden muss. (Billy, o. J., S. 21)

3.2.6 Schalter

Es gibt eine Vielzahl an Schaltern, die für Effektpedale verwendet werden können: *3DPT (triple pole, double throw)*, *DPDT (double pole, double throw)*, *SPDT (single pole, double throw)* und *SPS (single pole, single throw)*. Von all diesen wird grundsätzlich am meisten der 3DPT Switch in Effektpedale implementiert. Hauptsächlich aus dem Grund, dass dieser Switch die Möglichkeit bietet eine LED auf einfache Weise anzuschließen. Ein DPDT Switch wird auch verwendet aber hier ist eine zusätzliche Schaltung von Nöten um die LED ein – und auszuschalten. (Wampler, 2007, S. 19)

Ein 3DPT Switch ist wie eine 3 x 3 Tabelle aufgebaut. Er besitzt 3 Pole beziehungsweise Spalten und 3 Reihen, was insgesamt in 9 Lötösen resultiert. „Double Throw“ heißt hier, dass sie zwei verschiedene Schalterfunktionen für die verschiedenen Pole haben.

Die obere Reihe wird verwendet um die Effektschaltung zu aktivieren, indem die Ein – und Ausgänge der Platine mit den Ein – und Ausgangsbuchsen und der LED verbunden werden. Die mittlere Reihe kann als neutrale Reihe bezeichnet werden. Sie verbindet sich, je nach Zustand des Schalters, mit der oberen oder unteren Reihe. Sobald die mittlere Reihe mit der unteren Reihe verbunden ist überspringt die Eingangs– und Ausgangsbuchse die Schaltung. Jedoch bleibt das Signal durch die Pins 3 und 9 erhalten.

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

Beim dem 3DPT handelt es sich um eine so genannte „True Bypass“ Form des Schaltens. Bei einer solchen Lösung geht das Gitarrensinal in die Eingangsbuchse, durch den Switch und weiter zur Ausgangsbuchse. Die Platine wird komplett übersprungen und das Signal durchläuft keinerlei passive oder aktive Komponenten in der Effektschaltung. Diese Lösung soll jegliche Signalverluste minimieren.

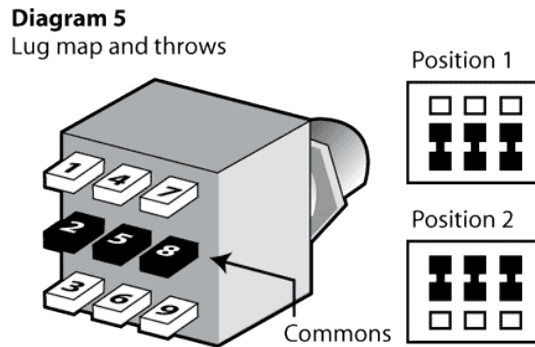


Abbildung 18: Anschlüsse und mögliche Positionen eines 3DPT Footswitch

1: Eingangssignal Platine	4: LED Kathode	7: Ausgangssignal Platine
2: Inputbuchse (Tip)	5: Masse	8: Outputbuchse (Tip)
3: Brücke zu 9 (True Bypass)	6: leer, oder Brücke zu 1	9: Brücke zu 3 (True Bypass)

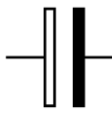
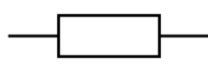
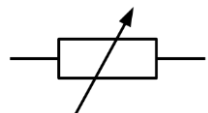
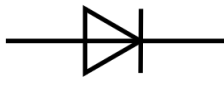
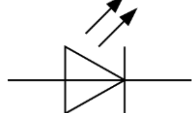
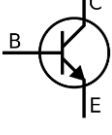
Tabelle 3: Pin Belegung eines 3DPT Footswitch

Wie im Bild zu sehen ist, kann ein 3DPT Footswitch zwei Zustände aufweisen:

- **Ein** – Die Pins 1, 4 und 7 verbinden sich mit 2, 5 und 8. Der Eingang der Platine verbindet sich mit der Eingangsbuchse. Zu der licht emittierenden Diode wird Masse zugeführt und sie geht an. Schließlich wird auch eine Verbindung zwischen dem Ausgang der Platine und der Ausgangsbuchse hergestellt.
- **Aus (Bypass Position)** – Die Eingangsbuchse verbindet sich mit Pin 3 welche wiederum mit Pin 9 verbunden ist (für True Bypass). Pin 9 greift wiederum auf die Ausgangsbuchse zu. Somit wird die Platine komplett umgangen und das Signal fließt weiter ohne von der Schaltung beeinflusst zu werden. Pin 5 greift auf den leeren Pin 6 zu und dadurch erlischt die LED.

3.3 Schaltzeichen

Bevor zur Analyse der Schaltungen und Beschreibung der Effkte an sich fortgefahren wird, sollte man sich erstmals mit den Schaltzeichen der Komponenten eines Gitarren Effektpedals vertraut machen. Diese Auflistung soll dem Leser darlegen wie sowohl aktive als auch passive Komponenten in einem Schaltplan angeführt sind.

	Keramik - /Folienkondensator
	Elektrolykondensator (Elko)
	Widerstand
	Potentiometer
	Germanium – oder Siliziumdiode
	Leuchtdiode
	NPN Transistor

3 Übliche elektrische Bauteile in Effekteinheiten und deren Funktionsweise

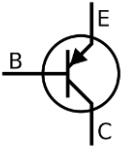
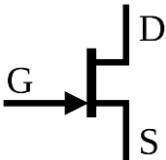
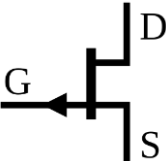
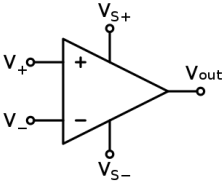
	PNP Transistor
	N – Kanal Sperrschicht - FET
	P – Kanal Sperrschicht FET
	Operationsverstärker

Tabelle 4: Schaltzeichen für verwendete elektrische Bauteile in Effektschaltungen

4 Aufschwung der Effektpedale

Be glad you're a guitarist today, back when it all got started, effects were big, heavy, cumbersome and very prone to breakdown. (Hunter, 2013, S. 10)

Vor dem Erscheinen von Effekten war alles nicht so einfach. Wollte man Reverb, spielte man in einem großen Raum oder stellte seinen Verstärker in einen großen Wassertank. Für das Erreichen eines Echos schleifte man zwei große Tonbandgeräte zusammen und den Choruseffekt erreichte man mit dem Einsatz zweier großer Lautsprecher in einem großen Holzkabinett. (Hunter, 2013, S. 10)

Anfangs waren Effekte meistens auf Röhren basiert. Sie benötigten sperrige Transformatoren und hohe Spannungen. Tremolo- und Vibratoeffekte tauchten in frühen Tagen in externen Geräten nicht auf und wenn schon dann waren sie sehr teuer. Röhrenbetriebener Federhall fand seine Anfänge in Verstärkern von *Gibson* oder *Premier* in den späten 1950er Jahren. Später konnte dieser Effekt auch in *Fender* Verstärkern verwendet werden – zuerst im Vibroverb von 1963. Diese und andere Hersteller bieten im Laufe der Zeit separate Hallboxen an. Notwendige Komponenten wie röhrenbasierte Schaltungen und große Transformatoren lieferten als Resultat die Tatsache, dass diese externe Geräte die Größe eines Verstärker Kabinetts besaßen und nur schlecht für den Transport geeignet waren.

Später entdeckte man die warme und umhüllende Klangpracht einer durch ein „Leslie Cab“ bespielten Gitarre. Designer versuchten die Wirkungsweise eines solchen Kabinetts in einer kleineren Ausführung zu reproduzieren um somit einen Gitarristen den leichten Einsatz zu ermöglichen. Versuche diesen hypnotischen und leicht phasenverschobenen Leslie Sound nachzustellen, reichte von komplexen Röhren Vibrato Schaltungen bis zu ersten Halbleiter Chorus und Phaser Pedalen wie dem *Univox Uni – Vibe*, der als Vorreiter aller Chorus und Phaser Pedale gilt, die in den 1970ern auf den Markt erschienen sind und den Höhepunkt ihrer Popularität erreicht haben.

Mit der Zeit haben Gitarristen mitgekriegt wie transistorisierte Emulationen, wie der Uni Vibe, in den Händen eines Jimi Hendrix klingen können.

In der Mitte der 1960er Jahre lenkte die Transistor Revolution wieder ihren Blick auf sich, als sie begann kompakte, tragbare und vielseitige Effekteinheiten zu entwerfen und bauen. Diese neue Technologie entfachte einen Gitarrenpedal

4 Aufschwung der Effektpedale

„Boom“ in den späten 1960ern beziehungsweise frühen 1970ern und entwickelte sich zu einem großen Markt.

In den frühen 1980er Jahren leidete die Gitarrenindustrie unter dem Aufschwung von Synths. Effekte waren für die Gitarre der einzige Weg mit diesem Hype mitzuhalten. Verrückte analoge und frühe digitale Einheiten erlaubten es dem Gitarristen zumindest der elektronischen Musik etwas beizusteuern. Währenddessen galt es zu warten bis unsere Ohren die mechanischen Sounds einer Drum Maschine und Sampler satt haben. Produzenten und Ingenieure in Studios von Los Angeles bis hin zu London versuchten die Gitarristen davon zu überzeugen die Instrumente trocken einzuspielen um später digitale Effekte hinzuzufügen. Allerdings begleiteten analoge Pedale nichts destotrotz eine überraschende Anzahl an Gitarristen, die sich als Innovatoren diese Ära bewiesen.

Langsam aber doch begannen Gitarreneffektpedale ihren Weg auf Bühnen und in die Studios zu finden. Spätestens als 1991 Nirvanas Hit „*Smells Like Teen Spirit*“, mit ihrer Fuzz Box Dynamik und Small Clone Chorus, in den Radios rauf und runter gespielt worden ist, gelangen laute Gitarrenklänge wieder an die Spitze der Hit Lists. Schneller als „digitale Verzerrung“ gesagt werden konnte, waren Effektpedale wieder in allem Munde. „Transistorisiert“ wird nicht mehr als schmutziges Wort angesehen, solange es in Verbindung mit zusammengesteckten kleinen Metallboxen, die zwischen Gitarre und Verstärker geschaltet sind, steht.

Das größte Resultat der Wiederentdeckung von Effektpedalen war der immer weiter aufschwingende Sammlermarkt. Der Ibanez TS-808 und sogar der TS9 Screamer erreichten auf einmal Preise von 100\$ und später sogar 200\$. Es mussten Unmengen an Geld ausgegeben werden um alte Effekteinheiten sein Eigenen zu können. Geräte mit veralteter Transistor Technologie, die bei einem Schubs oder fluoreszierenden Licht knistern oder auf einmal ein Radiosender zu hören war.

Einigen fiel auf, dass sie alte und beliebte Schaltungen ja mit besseren Komponenten rekonstruieren könnten oder sogar besser machen können. Somit war das „Boutique“ Pedal geboren. Viele neue Hersteller kamen auf den Markt und begannen Schaltungen beliebter Pedale zu modifizieren um später als eigenes Pedal verkaufen zu können. Aber auch große Namen wie Boss, Ibanez und DOD, welche immer populäre Pedale gebaut haben, profitierten von der stetig aufsteigenden Popularität und begannen neue Versionen ihrer Pedale zu veröffentlichen.

4 Aufschwung der Effektpedale

Effektpedale entwickelten sich von unhandlichen, kniffligen und temperamentvollen Geräten mit Rauschen und Pannenanfälligkeit zu kompakten, vielseitigen und zuverlässigen Werkzeugen. Mit drei oder vier Pedalen in der Kette ist die Möglichkeit an erreichbaren Sounds enorm. (Hunter, 2013, S. 18)

5 Verzerrung

Jeder von uns kennt sie: Verzerrer. Sie bilden das Kernstück des Gitarrensounds von Rock – und Heavy Metal Songs (Kaiser, 2015, S. 233)

Normalerweise wird es vermieden eine Verzerrung bei Aufnahmen hervorgerufen. Aber dieser Effekt kann durchaus auch gewollt sein: Vor allem bei der elektrischen Gitarre ist die Verzerrung kaum mehr wegzudenken und genau aus diesem Grund gibt es spezielle Effektgeräte, die genau diesen Effekt hervorrufen. (Sandmann, 2007, S. 123)

Aber was passiert eigentlich bei dem Effekt einer Verzerrung und wodurch wird sie hervorgerufen?

Verzerrungen entstehen bei dem Einwirken technischer Nichtlinearitäten und geben sich durch zusätzliche, kratzig klingene Schwingungen beziehungsweise Oberwellen erkannt. Diese waren im ursprünglichen Signal nicht vorhanden. Ein nicht lineares Verhalten tritt auf, wenn ein System unterschiedliche Eingangsgrößen nicht im gleichen Maßstab auf den Ausgang übertragen kann. Somit ist das Verhältnis zwischen Eingangs- und Ausgangssignal nicht konstant. Betrachtet man die Kennlinie in einer Grafik, so ist diese nicht gerade, sondern weist einen gebogenen, oft mit einem Knick versehenen Verlauf auf. (Pieper, 2004, S. 203)

5.1 Natürliche Verzerrung

Der Verzerrungseffekt geht bis in die frühe Phase des Rock ´n´Roll zurück. Gitarristen konnten sich nicht mehr gegen laute Schlagzeuger und Bläser durchsetzen und begannen daher den Klang der Gitarre elektrisch zu verstärken. (Sandmann, 2007, S. 123)

Durch die volle Beanspruchung der Röhrenverstärker wurde die einzelnen Stufen dieser Geräte übersteuert und das Signal nach und nach mit Obertönen koloriert. Es entstand der Urvater aller Verzerrungseffekte, der Overdrive (zu deutsch „übersteuern“). Dieser Effekt war anfangs sehr unerwünscht, da es für jeden eine neue Klangerfahrung war. (Pieper, 2004, S. 206)

Die damalige Verstärkertechnik war damals mit dieser Wirkung überfordert. Jedoch wurden Verstärker immer lauter aufgedreht um sich durchsetzen. Dabei wurden die unvermeidlichen Verzerrungen in Kauf genommen. Durch folgerichtige Anpassungen der Spielweise wurde ein neuer Sound geschaffen. Die hohe Verstärkung brachte allerdings Vorteile mit sich wie zum Beispiel der Einsatz von neuen Spielweisen (Tapping) und die mit der Verzerrung verbundene Kompression sorgte für eine Verlängerung des Sustains. (Sandmann, 2007, S. 123)

Die Verzerrung entwickelte sich schließlich zur Mode als in den 1960er Jahren der Blues seinen Durchbruch fand. Röhrenverstärker wurden bis zum Anschlag aufgedreht. Die Kontrolle des Sounds erfolgte über das Lautstärkepotentiometer an der Gitarre. Niedrige Pegel sorgten für cleane Hintergrundsounds, die sich ideal für das Begleitspiel etabliert haben. Bei Solos drehte man das Potentiometer schlicht und einfach bis zum Anschlag auf. Die daraus resultierenden Verzerrungen verfärbten den Klang im Höhenbereich. Der Sound der Gitarre wurde dadurch singend und aggressiv, durchsetzungsfähig und sustainreich, weil der über dem Limit betriebene Röhrenverstärker natürlich auch eine gewisse Kompression mit sich bringt. (Pieper, 2004, S. 206)

Damals wurden die damals ausnahmslos in Röhrentechnik gebauten Verstärker sowohl in den Vor- und Endstufen übersteuert um maximale Lautstärken zu erreichen. Auch die Lautsprechermembran brachte durch die Überlastungen zusätzliche Partialschwingungen mit sich. (Sandmann, 2007, S. 23)

5.2 Entstehen von Verzerrung

Bei einem Verstärker handelt es sich um eine elektronische Schaltung, deren Eingangssignal im besten Fall die selbe Form aufweist wie das Ausgangssignal. (Sandmann, 2007, S. 124)

Tatsache ist, dass diese das Signal der angeschlossenen Quelle auf einen Arbeitspegel bringen sollen. Dazu ist an einem Gain – Regler die Einstellung des Verstärkungsfaktors notwendig. Somit entsprechen die Signale der Eingänge und Ausgänge nicht derselben Form und der Verstärker arbeitet somit nicht linear. Das dies nicht der Fall ist, beweist außerdem die Tatsache, dass Verstärkerstufen sowohl Eigenrauschen mit sich bringen als auch einen gewissen Klirrfaktor beisteuern. Der Klirrfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen künstlich hinzugefügten Schwingungen und dem Gesamtsignal. Sollte ein Verstärker innerhalb des erlaubten, linearen Kennlinienbereichs ausgereicht werden, so

5 Verzerrung

liegt der Klirrfaktor unterhalb eines Zehntelprozentes und ist somit nicht relevant. (Pieper, 2004, S. 204)

Sollte die Amplitude des Ausgangssignals größer sein als die Betriebsspannung des Verstärkers, kann die Schaltung dem Signal einfach nicht folgen und die Kurve wird abgeschnitten. Durch diese Veränderung der Wellenform entsteht eben dieser verzerrte Klang. Bei der Kompression handelt es sich um die Begrenzung der Signaleile, die höchstmögliche Ausgangsspannung des Verstärkers überschreiten. (Sandmann, 2007, S. 124)

Das heißt sobald die lineare Kennlinie erreicht ist, steigt der Klirrfaktor sprunghaft an, und beim ausgegebenen Signal erscheinen zusätzliche Frequenzen, die das Klangbild verfälschen. Diese Frequenzen werden auch „*Harmonische*“ genannt, da es sich immer um ein Vielfaches des Grundtons handelt. In einem solchen Fall spricht man von nicht linearen Verzerrungen. (Pieper, 2004, S. 205)

Der Anteil an harmonischen Teiltönen führt dazu, dass der Klang einer Röhrenverzerrung umgangssprachlich als „warm“ und „rund“ und vergleichsweise als angenehm empfunden wird. (Kaiser, 2015, S. 234)

Natürlich treten auch lineare Verzerrungen auf. Diese entstehen durch technische Fehlanpassungen verursachte Veränderungen im Frequenz – und Phasengang des Signals. Ein Beispiel dafür wäre ein Equalizer, der sowohl durch die Absenkung von Frequenzen lineare Dämpfungsverzerrungen als auch lineare Phasenverzerrungen durch Beeinflussung der Phasenlage um die Filterfrequenz verursacht. (Pieper, 2004, S. 205)

Bei einer Verzerrerschaltung ist nicht nur wichtig, dass sie verzerrt, sondern ebenfalls wie die Verzerrung vorgenommen wird. (Sandmann, 2007, S. 124)

Sobald eine Transistor– und Röhrenstufe übersteuert werden, entstehen durch ihre abweichende Kennlinie verschieden klingende Oberwellenspektren. Bei einer Röhre ist der Kennlinienknick nicht so abrupt wie bei einem Transistor, sondern eher gebogen. Hier steigen die Pegel der entstehenden ungeradzahigen Frequenzvielfachen bei stärkerer Übersteuerung nicht so rasch an und gehen im Frequenzspektrum auch nicht weit hinauf. Diese abrupt knickende Transistorkennlinie erzeugt ohne Übergangsphase sofort eine Vielzahl an Oberwellen. Ohne Begrenzungstiefpass reichen diese weit über den Hörbereich des Menschen hinaus. (Pieper, 2004, S. 205)

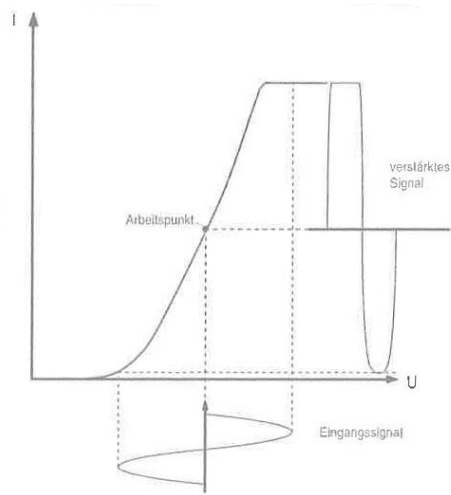


Abbildung 19: Kennlinie einer zu hoch angesteuerten Transistor – Verstärkerstufe (Pieper, 2004, S.204)

Erste Transistorverzerrer schnitten das Eingangssignal bei Überschreiten der Betriebsspannung komplett ab. Ein solche hartes Clipping klingt schrecklich. Deutlich musikalischer wird es hingegen, wenn die Begrenzung des Originalsignals weich einsetzt. In diesen Fall ist bei der Übergangsphase in der Wellenform keine Ecke, sondern eine weiche Rundung feststellbar. Ein solches Verhalten kann aber auch durch die Nachschaltung eines Tiefpasses erreicht werden. Die Verzerrung der Wellenform wird durch die harmonischen Obertöne niedriger Ordnung erzeugt. Die harmonischen Obertöne höherer Ordnung sind nämlich gar nicht erwünscht. Dies erkennt man ebenfalls daran, dass ein Tiefpassfilter in einer Verzerreinheit implementiert ist. Der warme Klang resultiert aus der Dämpfung der höheren Frequenzen. (Sandmann, 2007, S. 124)

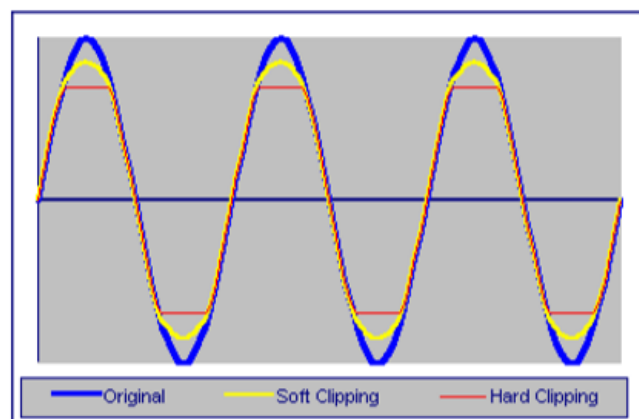


Abbildung 20: typisches Beispiel von weicher und harter Begrenzung (Schneiderman & Sarisky, 2009, S. 2)

In Schaltungen von Verzerrerpedalen werden eben genau solche Tiefpass Filter verwendet um den Übergang des Signals beim Eintreten in das Clipping rund zu gestalten. Schließlich soll das Pedal warm klingen. Bei der Analyse der Schaltungen wird noch darauf eingegangen wie es möglich ist mithilfe von elektrischen Bauteilen einen Tief – oder Hochpass zu konstruieren beziehungsweise welche Werte bei den Bauteilen eingesetzt werden müssen um bestimmte Frequenzen wegzuschneiden.

Wie bereits vorhin erwähnt, zeichnet sich ein verzerrtes Signal abgesehen von dem Clipping auch mit dem Vorhandensein geradzahliger Obertöne aus. Ein geclipptes Signal ähnelt sehr einem Rechteckssignal. Diese enthält neben der Grundfrequenz auch viele Obertöne. Somit kann die Verzerrung letztendlich als Erzeuger neuer Obertöne angesehen werden. Sollten beide Halbwellen auf gleiche Weise begrenzt werden, bleibt das Signal symmetrisch und enthält nur ungerade Obertöne. Erwünscht sind hingegen aber die geradzahligen Obertöne und diese entstehen nur, wenn die Verformung beider Halbwellen unterscheidlich ist. (Sandmann, 2007, S. 125)

5.3 Overdrive Pedale

Viele verschiedene Effektpedale werden in die Kategorie der Verzerrerpedale geschmissen. Dieser Bereich setzt sich zusammen aus *Overdrive*, *Distortion* und *Fuzz* Pedalen.

Die Unterscheidung dieser Pedale wird manchmal von Verwirrung umgeben. In der Theorie soll jedes Pedal das machen was auch auf dem Pedal steht, obwohl manchmal das eine Pedal dazu neigt den Job des Anderen zu übernehmen. Die Unterscheidung solcher Pedale stützt sich schlussendlich auf den vorhin nähergebrachten Übergang des Signals beim Eintreten in das Clipping. Overdrive werden mit einem „soft clipping“ (weicher Übergang in das Clipping) beschrieben und Distortion erzeugt ein „hard clipping“ (harter Übergang). (Hunter, 2013, S. 26)

Die Verzerrung in einem Effektpedal wird von Dioden erzeugt. Denn wie wir bereits wissen, werden Siliziumdioden erst ab einer Schwellspannung von 0,7 Volt in Durchlassrichtung leitend. Germaniumdioden hingegen benötigen nur etwa 0,3 Volt. Genau aus diesem Verhalten profitiert ein Overdrive Pedal. Hinter der Eingangsbuchse sitzt ein Vorverstärker mit hochohmigen Eingang, der gleichzeitig als Impedanzwandler für das Signal arbeitet. Danach folgen zwei antiparallel zwischen Masse und Signal geschalteten Dioden. Bei Spannungen im Bereich von 0,7 Volt werden die Dioden leitend und somit werden sowohl die positiven als auch

5 Verzerrung

die negativen Halbwellen zur Masse gezogen. Wie vorher beschrieben, tritt durch dieses Verhalten eine Rundung beim Übergang in das Clipping auf. Vor dem Ausgang sorgt schließlich ein weiterer Verstärker noch für die gewünschte Lautstärke. (Pieper, 2004, S. 209)

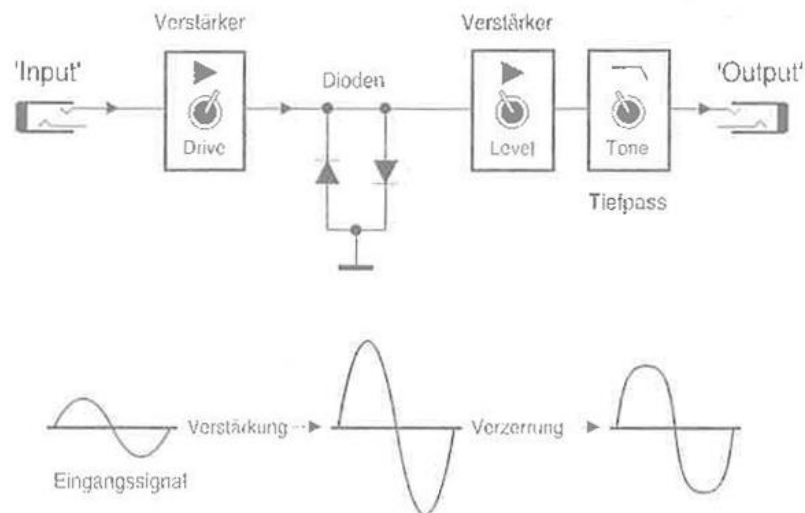


Abbildung 21: Prinzip eines Overdrive – Pedals mit „verrundetem“ Signal (Pieper, 2004, S.210)

Viele Personen, die sich mit der Thematik der Effektpedale für Gitarren auseinandersetzen, bezeichnen das „Tube Screamer 808“ Overdrive Pedal von Ibanez als Urvater aller Overdrive Pedale. So gut wie alle heute angebotenen „Boutique Pedale“ aus dieser Kategorie basieren auf der Schaltung erster Versionen des Tube Screamers aus den frühen 70er beziehungsweise späten 80er Jahren. Aber trotz der Verbesserungen und herausragender Qualität heutiger Produkte erreichen die alten Einheiten einen deutlich höheren Preis auf dem Markt. (Hunter, 2013, S. 26)

Das Herz eines Tube Screamers bildet ein Begrenzungverstärker, der in der ersten Sektion eines dualen Operationsverstärkers vorzufinden ist und ein Paar Dioden. Außerdem sind in solchen Schaltungen transistorisierte Pufferstufen sowohl am Eingang und Ausgang präsent. Zusätzlich gibt es eine Sektion für die Tonformung und die Ausgangspegel Kontrolle, die mit dem zweiten Teil des Operationsverstärkers zusammenarbeiten. Diese Sektionen sind von einem Netzwerk an Kondensatoren und Widerständen umgeben. (Hunter, 2013, S. 26)

Overdrive Pedale können durchaus mit einem überlasteten Röhrenverstärker (natürliche Verzerrung) verglichen werden, da der Übergang von clean zu verzerrt sehr dynamisch durch Parametereinstellung genutzt werden kann. Weiche und

runde Kennlinien beim Übergang zur Begrenzung begünstigen das nicht scharf ausgeprägte und harmonische Oberwellenspektrum, welches auch bei Röhrenverstärkern festzustellen ist. Die Abstimmung von verschiedenen Dioden und Operationsverstärker aufeinander ist im Endeffekt der Ursacher für die Klangunterschiede der Overdrive Pedale verschiedener Hersteller. (Pieper, 2004, S. 209)

Der MXR Distortion + wurde auch zur Zeiten des Tube Screamers auf den Markt gebracht. Trotz seinen Namen ist er eher ein Overdrive als Distortion. Der Sound dieser Einheit wird von vielen als bisschen mehr „färbig“ beschrieben. Dieses Pedal nutzte eine Typ 741 integrierte Schaltung und ein Paar Germanium Dioden, welche dem Klang eine gewisse Weichheit verleihen sollen. Trotz des hohen Preises liefern solche Vintage Pedale für manche Ohren eine „wollige“ Tonalität und Mangel an „Low End“. Neue Hersteller berücksichtigen das in ihren „Redesigns“ und modifizierten diese dementsprechend. (Hunter, 2013) :

- Das Route 66 Pedal von Visual Sounds, welches den selben JRC4558D Chip verwendet wie die ersten Tube Screamer hat einen „Bass Boost“ Schalter
- Das Ibanez TS9DX Turbo Tube Screamer Pedal aus der heutigen Ära beinhaltet eine Modussteuerung, die die Entscheidung zwischen klassischen Sounds und Klängen mit stärkerer Verzerrung und angehobener tiefer Präsenz wählen lässt
- Fulltones´ s Full Drive besitzt einen Booster Channel, wobei der Overdrive Kanal recht starkes Verzerrungspotential aufweist und asymmetrische Begrenzung einsetzt um einen texturierten Sound zu erreichen
- Der Boss SD-1 bedient sich ebenfalls der asymmetrischen Begrenzung. Hier sind zwei Silizium Dioden parallel und in derselben Durchlassrichtung implementiert, aber nur eine in die andere Richtung. Somit werden die beiden Halbwellen unterschiedlich begrenzt.

5.4 Ibanez Tube Screamer 808

Man realisiert doch recht schnell, dass heutzutage eine Vielzahl an Overdrive Pedalen am Markt angeboten werden und die Entscheidung kann etwas schwerfallen. Tatsache ist, dass jegliche neue beziehungsweise ältere Pedale auf dem einen Vorreiter basieren. Diesen Richtwert bildet kein anderes Pedal als der Ibanez Tube Screamer 808, der vor ungefähr 40 Jahren auf dem Markt erschienen ist und bis heute die Welt der Effektpedale deutlich prägt. Genau aus diesem Grund soll in dieser Arbeit dieses Pedal zur näheren Analyse herangezogen werden.

Die Wurzeln der Firma Ibanez reichen 100 Jahre zurück. Der Name kommt von der Haupttätigkeit in den 1930ern, die darin bestand klassische Gitarren des spanischen Bauers Salvador Ibanez nach Japan zu importieren. In den 1970ern vertiefte sich die Marke in die Replikation populärer amerikanischer Gitarren wie zum Beispiel Gibson. Auch andere japanische Hersteller pflegten dies zu tun und daher entschied sich Ibanez in die Konstruktion von Effektpedalen einzusteigen. Erste Inspirationen lieferte der amerikanische Hersteller MXR. (Hunter, 2013, S. 68)

Der legendäre Tube Screamer ist vermutlich das am häufigsten verwendete aber auch kopierte Overdrive Pedal aller Zeiten. Er wird vor allem für seinen reizvollen Sound im Mittenbereich und die röhrenähnliche Dynamik geliebt. Zwischen den späten 1970ern und Mitte der 1980er entstanden weitere Versionen des 808 Tube Screamers. Das TS9 und TS10 Pedal erschien auf dem Markt. Diese waren jedoch weitaus weniger begehrt als sein Vorbild. Jedoch konnte der TS9 seinen Durchbruch finden und fand schließlich seinen Weg in das Sortiment solcher Gitarristen wie Eric Johnson oder Stevie Ray Vaughan. Bekannte Nutzer definieren den 808 als „runderen“ Overdrive (oft auch „wärmer“), während der TS9 mit einer Brillanz in den oberen Mitten angepriesen wird. (Hunter, 2013, S. 71)



Ibanez TS808 Tube Screamer [CD track 1]

Made: this two-chip small-box version c1979/80, its successor c1980/81.

Controls: Overdrive, Tone, Level; stomp switch for on/off.

Sound: a creamy, warm, pliant and tube-like overdrive with a distinct mid-hump, relatively low gain, and some loss of low-end body.

Ibanez TS9 Tube Screamer [CD track 1]

Made: 1981/82-1985; this early JRC2043-chip version c1982.

Controls: Drive, Tone, Level; electronic stomp switch for on/off.

Sound: as per TS-808, with a little less smoothness and a touch more 'chirp' in the high-mids.

Abbildung 22: Ibanez TS 808 und TS 9 (Hunter, 2013, S.68)

Das Herzstück eines 808 bildet bereits seit 1980 ein einzelner integrierter 2 – fach Operationsverstärker des Typs 4558. Dieser IC ist eigentlich ein Standardchip, der von diversen Herstellern in verheerenden Stückzahlen produziert wird und in verschiedensten Bereichen Anwendung findet. Doch dieser Chip produziert einen äußerst spezifischen Klang im Tube Screamer 808. Jedoch kann durchaus ein Klangunterschied zwischen den alten und neueren 4558 Chips festgestellt werden. Bei Hörversuchen mit verschiedensten Typen des Tube Screamers gelang es etlichen Musikern die Klangunterschiede zwischen den verbauten 4558 Chips festzustellen. Vor allem gilt dies für den ursprünglichen JRC4558D der Japan Radio Corporation, der heutzutage sehr hohe Preise erreicht, da er als Non – plus – Ultra hinsichtlich Wohlklang gefeiert wird. (Thewes & Berg, 2016)

Grundsätzlich besitzen auch die TS9 und TS10 Chips des Typs 4558. Es wurden nur manchmal andere Chips in diese Einheiten implementiert als kurzzeitig keine lagernd bei Ibanez waren. Viel mehr liegt der Unterschied von frühen Tube Screamer Pedalen in minimalen Veränderungen in der Schaltung. Zum Beispiel wurde der 808 und der TS9 auf der selben Platine gebaut. Auch die Werte der Bauteile in sämtlichen Sektionen blieben gleich. Der Unterschied liegt lediglich in den Werten zweier Resistoren im Ausgangspuffer. Der TS808 besitzt einen 10k Ohm und 100 Ohm Widerstand. Der TS9 hingegen beinhaltet einen 100k und 470 Ohm Widerstand. Somit kann ein TS 808 sehr einfach durch den Austausch von zwei Widerständen in einen TS9 verwandelt werden. Mehr steckt da einfach nicht dahinter. Der TS10 besitzt auch nur 2 zusätzliche Widerstände und zwar im Eingangspuffer und im Verstärker. (Hunter, 2013, S. 71)

Somit können Personen, die einen Ibanez Tube Screamer 808 rekonstruieren, nur mit wenigen Handgriffen sein Pedal in einen TS9 oder TS10 verwandeln und

5 Verzerrung

evaluieren welche Version dieses Pedals der klanglichen Präferenz des Nutzers entspricht.

In folgenden Jahren erschienen immer wieder Versionen des Tube Screamers 808, welche nur durch kleine Änderungen in den Werten der Bauteile oder hin und wieder den Einsatz einer anderen integrierten Schaltung vorweisen konnten. Aber schließlich soll spezifisch der Tube Screamer 808 in seiner Funktionsweise analysiert werden und somit ist es nicht notwendig weitere Versionen dieses Urvaters vorzustellen.

Tatsache ist, dass der Tube Screamer im Laufe seiner Geschichte eine Menge Modifikationen erhalten hat und dennoch die Musiker zu jeder Zeit fasziniert und immer neue Liebhaber dazugewinnt. Diese werden sicherlich dafür sorgen, dass die Erfolgs – Story des Tube Screamers auch in Zukunft nicht endet. (Thewes & Berg, 2016)

Betrachtet man den Schaltplan eines Tube Screamer 808 so kann es durchaus sein, dass man als Anfänger vorerst die Schaltung nicht durchblickt und sich die Frage stellt was das alles zu bedeuten hat. Um die Funktionsweise eines Tube Screamers verständlich näherzubringen, ist es von großer Bedeutung die Schaltung in einige Sektionen zu zerlegen und nach der Reihe ihre Aufgaben zu beschreiben um somit die gesamte Schaltung schlussendlich verstehen zu können.

Grundsätzlich kann diese Schaltung in 5 Abschnitten gesehen werden:

- Spannungsfilterung
- Eingangspuffer
- Clipping Verstärker
- Klang/Lautstärke Kontrolle
- Ausgangspuffer

5.4.1 Spannungsfilterung

Nahezu bei allen Schaltplänen befindet sich eine kleine Sektion, die der **Filterung der Stromversorgung** gewidmet ist. Es ist absolut nichts Neues, dass Strom etwas Rauschen dem Signal beisteuern kann. Dies hängt allerdings auch vom verwendeten Netzteil für das Gitarrenpedal ab. (Wampler S. 14) Man beachte, dass die obere horizontale Linie „+9 Volt“ repräsentiert und die untere horizontale Linie 0 Volt beziehungsweise „Masse“.

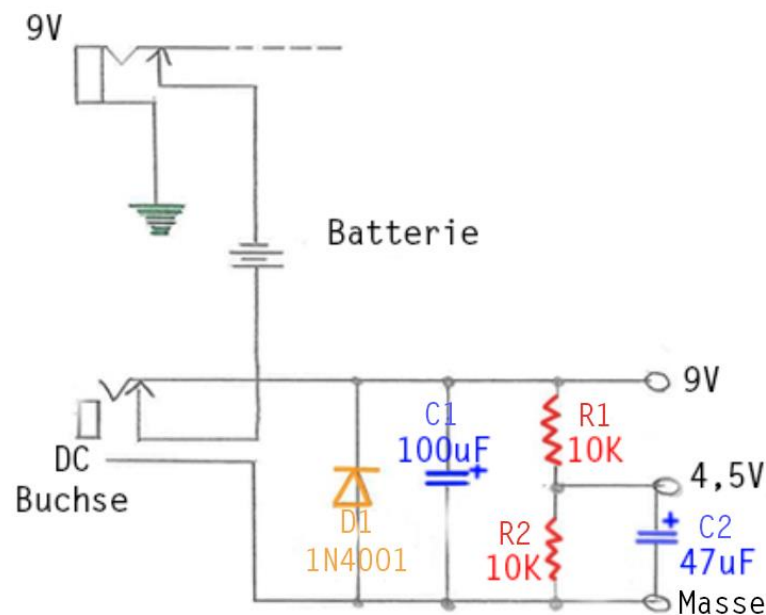


Abbildung 23: Schaltplan der Stromversorgungs-Filterung eines Tube Screamer 808

Grundsätzlich findet von dieser kleinen Sektion aus die gesamte elektrische Versorgung und die Erzeugung einer Vorspannung statt. Alle Komponenten in dieser Schaltung greifen auf diese 9 Volt Spannungsversorgung zu. Außerdem wird in dieser Sektion, mithilfe eines einfachen Widerstandsteilers (R1, R2), eine Spannung von 4,5 Volt erzeugt, die in einigen Stufen als Vorspannung genutzt wird beziehungsweise erforderlich ist. Die Hauptversorgung (+ 9 Volt) und der Widerstandsknoten (+ 4,5 Volt) sind gemeinsam mit zwei Elektrolytkondensatoren mit einem großen Wert C1 (100µF) und C2 (47µF) zur Masse entkoppelt um den gesamten Brumm von der Versorgungsspannung zu entfernen. (Rodriguez, 2012)

Die Diode schützt die Schaltung im Falle der Verbindung eines falschen Netzteils beziehungsweise generell einer falschen Versorgung. Grundsätzlich kann auch gesagt werden, dass die Diode das Pedal vor Verpolungsverbindungen schützt.

In diesen Abschnitt kann auch erklärt werden warum es notwendig ist eine Stereoklinkenbuchse, im Falle der Nutzung einer Batterie, zu verwenden. Die Eingangsbuchse für das Gitarrensinal wird abgesehen von der Übertragung des Gitarrensinals auch als Ein – Aus Schalter verwendet. Sobald die Klinke eingesteckt wird, verbindet sich das – Terminal der 9 Volt Blockbatterie mit der Masse und somit entsteht erst dann eine Verbindung, wenn die Klinke in die Effekteinheit gesteckt wird. Bei Entfernung wird die Masse Verbindung und somit auch der Stromkreis unterbrochen. Bei der Verwendung einer Mono Klinke würde auch bei entfernter Klinke die Verbindung zwischen Batterie und Schaltung bestehen bleiben.

Es sollte immer daran gedacht werden eine solche Filterungssektion in eine Schaltung zu integrieren, da ja schließlich sämtliche durch Strom verursachten Rauschanteile im Ausgangssignal unerwünscht sind.

Nicht alle Schaltungen weisen auf diese Sektion hin, da in der Elektronikwelt angenommen wird, dass dies bereits zur Kenntnis genommen worden ist. (Wampler, 2006, S. 14)

5.4.2 Eingangspuffer

Der Eingangspuffer hat die Aufgabe eine hohe Eingangsimpedanz zu erzeugen damit die Signalintegrität erhalten bleibt. Außerdem soll ein Signalverlust im hohen Frequenzbereich vermieden werden. Bei einem Tube Screamer 808 Schaltungen bedient man sich hier eines Emitterfolgers. (Rodriguez, 2012)

Als Emitterfolger bezeichnet man eine Kollektorschaltung. Das Besondere an dieser Schaltung ist die Tatsache, dass sie eine Spannungsverstärkung von kleiner als 1 aufweist, aber eine sehr große Stromverstärkung. Diese ist vom Stromverstärkungsfaktor (β) des Transistors abhängig. Der Name kommt davon, dass der Emitter der Spannung an der Basis folgt. Eine einfache Kollektorschaltung besteht aus einem Transistor (T1), dem Emitterwiderstand (R3), dem Basis Vorwiderstand (R1) und der Betriebsspannung. (Schnabel, 2017)

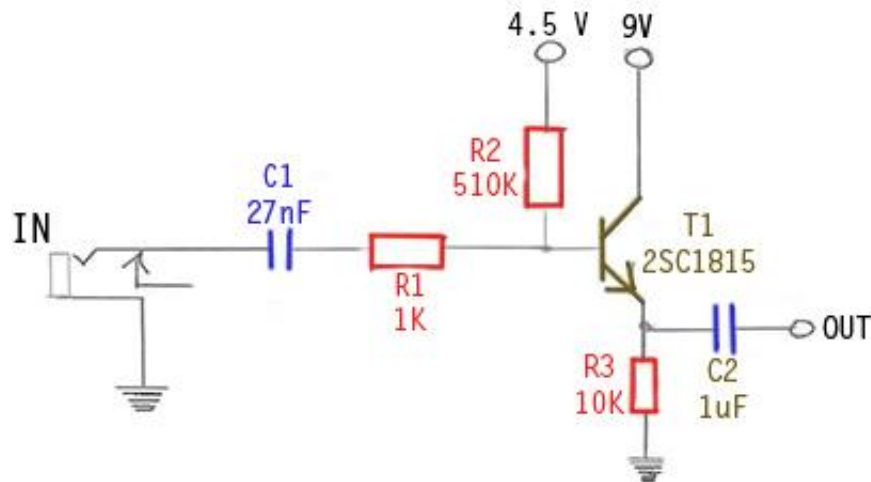


Abbildung 24: Schaltplan des Eingangspuffers eines Tube Screamer 808

Der Eingangstransistor im Tube Screamer 808 ist ein 2SC1815. Hierbei handelt es sich um einen rauscharmen und billigen Transistor mit hoher Verstärkung. Der Transistor wird verwendet um eine Verstärkung von 1 (also keine Spannungsverstärkung) und eine hohe Eingangsimpedanz bereitzustellen. (Keen, 1998)

Eine weitere Eigenschaft zeichnet einen Emitterfolger aus. Das ist der sehr große Eingangswiderstand und sehr kleine Ausgangswiderstand. Daher wird eine solche Schaltung gerne als Impedanzwandler bezeichnet und auch verwendet. (Schnabel, 2017)

Die Basis ist über einen 510k Widerstand mit der 4,5 Volt Vorspannungsquelle verbunden, wodurch im Wesentlichen die gesamte Eingangsimpedanz gebildet wird. Die Eingangsimpedanz der Emitterfolgerstufe ist der äquivalente Vorspannungswiderstand parallel zu der Eingangsimpedanz des Emitterfolgers. Das ist die Stromverstärkung der Stufe mal einem Emitterwiderstand. In diesem Fall hat der Emitterwiderstand einen Wert von 10k und die typische Verstärkung eines 2SC1815 beträgt 300 für eine Eingangsimpedanz von 3M an der Transistorbasis. Daher ist der 510k Vorspannungswiderstand für fast die gesamte Signalbelastung am Eingang verantwortlich. (Keen, 1998)

Die Eingangsimpedanz eines Tube Screamers 808 kann mithilfe des „Hybrid Pi“ Models berechnet werden. Diese beträgt 446K, also fast den Wert des Vorspannungswiderstands, welcher nahezu die gesamte Signalbelastung am Eingang ausmacht. Diese Impedanz ist ausreichend, um zu vermeiden, dass die

5 Verzerrung

Tonabnehmer zu viel geladen werden. Für den maximalen Leistungstransfer sollte die Signalquelle (Tonabnehmer) und die Impedanz des Eingangspuffers denselben Wert betragen. In typischen Audio Applikationen ist allerdings eine maximale Leistungsübertragung nicht notwendig. Verbindet man eine niedrige Quellenimpedanz (Tonabnehmer) mit einer hohen Eingangsimpedanz (Pedal) ist zwar die Leistungsübertragung begrenzt, aber die Spannungsübertragung ist höher und weniger anfällig für Signalstörungen. (Rodriguez, 2012)

Wie bereits erwähnt, findet in dieser Sektion keine Spannungsverstärkung statt, da es in dieser Phase nicht notwendig ist. Viel wichtiger ist es hier das Signal für die nächsten Phasen der Schaltung unverfälscht zu erhalten. (Rodriguez, 2012)

5.4.3 Clipping Verstärker

Die Clipping Verstärker Sektion bildet den wichtigsten Bereich in einer Tube Screamer 808 Schaltung. Hier kommt die eigentliche Verzerrung des Eingangssignals zustande. Außerdem werden hier durch die spezifische Auswahl einzelner Bauteile, Filter konstruiert um die von der Verzerrung beeinträchtigten Frequenzbereiche zu bestimmen.

Dieses Herz der Schaltung bildet ein nicht invertierter Operationsverstärker, zwei Dioden, die für die Verzerrung verantwortlich sind und zwei Filter, die den Ausmaß der Verzerrung aber auch die Frequenzen, an denen sie einsetzen, bestimmen. (Rodriguez, 2012)

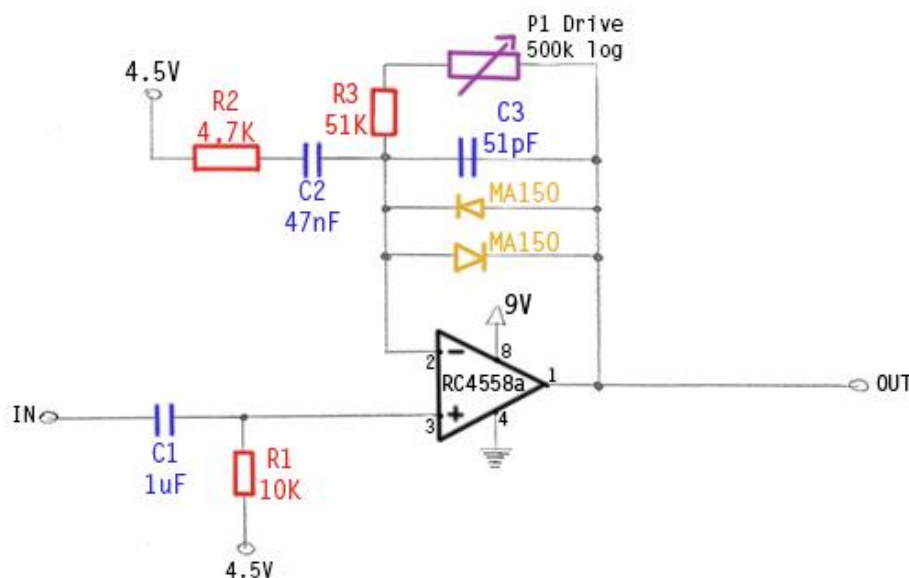


Abbildung 25: Schaltplan der Clipping Verstärker Sektion eines Tube Screamer 808

5 Verzerrung

Das Signal vom Eingangspuffer wird direkt in den positiven Eingang des Operationsverstärkers geführt. Somit ist der Ausgang in Phase mit dem Eingang. Der Eingang ist auf die 4,5 Volt Vorspannungsquelle mit einem einzelnen moderaten 10K Widerstand (R1), vorgespannt. Die Entfernung dieses Widerstandes hat allerdings keinerlei Auswirkung auf den Sound. (Keen, 1998) Zwischen Eingang des Operationsverstärkers und Ausgang des Emitterfolgers ist außerdem noch ein nicht polarisierter Elektrolyt Koppelkondensator (C1) mit einem Wert von 1 Mikrofarad. Dieser ist groß genug gewählt um keine Gitarrenfrequenzen zu stören. (Rodriguez, 2012)

Nun ist es interessant herauszufinden wie die Verstärkung eines Operationsverstärkers bestimmt wird und wie diese spezifisch in der Schaltung eines Tube Screamers variieren kann.

Die Verstärkung eines in dieser Weise aufgebauten Operationsverstärker kann mithilfe dieser Formel berechnet werden:

$$1 + Z1 / Z2$$

- Z1 ist die äquivalente Impedanz vom (-) Eingangspin des Operationsverstärkers zur Masse. Somit wird dieser Wert durch den seriell geschalteten Kondensator (C2) und Widerstand (R2) gebildet.

Diese Kombination ist frequenzselektiv, da die Impedanz des Kondensators umgekehrt proportional zur Frequenz ist. Bei Gleichspannung ist der Kondensator eine offene Schaltung und somit sinkt die Impedanz mit steigender Frequenz. Bei sehr hohen Frequenzen ist der Kondensator nichts Anderes als ein Kurzschluss. Somit entwickelt sich der Widerstand zum einzelnen bestimmenden Faktor in der Verstärkung, wobei die Kondensatorimpedanz im Vergleich zu dem Widerstand vernachlässigbar ist. Sollte der Impedanzwert des Kondensators und Widerstands auf den selben Wert fallen, so sinkt die Verstärkung in Richtung 1. Durch die Wahl bestimmter Werte kann entschieden werden wann die Impedanzwerte zusammenfallen und daraus resultierend, über welcher Frequenz die Verstärkung einsetzen soll. (Keen, 1998)

- Z2 ist die äquivalente Impedanz zwischen den Ausgangspin des Operationsverstärkers und dem (-) Eingang. Somit ist es die parallele Kombination der Clipping Dioden, eines 51pF Kondensators und der Serienkombination eines 51K Widerstands und der 500K Regelung des veränderbaren Widerstands. (Rodriguez, 2012)

5 Verzerrung

Ignoriert man die Dioden und den Transistor für einen Moment und nimmt an, dass die Signalfrequenz oberhalb der bestimmten Frequenz liegt und die Verstärkung eintritt, kann diese folgendermaßen berechnet werden:

$$\text{Verstärkung} = 1 + \frac{R3 + RDrive}{R2}$$

Der Wert $RDrive$ kann natürlich variiert werden, da es sich um einen veränderbaren Widerstand (Potentiometer) handelt.

$$\text{VerstärkungMax} = 1 + \frac{51K + 500K}{4,7} = 118 (41dB)$$

$$\text{VerstärkungMin} = 1 + \frac{51K}{4,7} = 12 (21dB)$$

Die Verstärkung wird in diesem Bereich nicht solche Werte erreichen. Die Ursache dafür ist, dass durch die Wirkung der Dioden die Verstärkung begrenzt wird. Der obere Verstärkungsfaktor liegt in dieser Phase bei etwa 12. Der zusätzliche Bereich (12 – 118) dient dazu die Anstiegsgeschwindigkeit beziehungsweise die Form des abgeschnittenen Signals zu modifizieren. (Rodriguez, 2012)

In der Feedbackschleife des nicht invertierten Operationsverstärkers sind zwei Silizium Dioden lokalisiert, die für die Begrenzung beziehungsweise Verzerrung des Signals verantwortlich sind. Sobald die Spannungsdifferenz (positiv oder negativ) zwischen dem Ausgang des Operationsverstärkers und dem Eingang (-) des Verstärkers größer als die Durchlassspannung der Diode ist, wird diese aktiviert. Sobald dies eintritt, ändert sich der äquivalente Widerstand der Diode von einem hohen Wert zu einem sehr niedrigen Wert (einige Ohm), wodurch die Verstärkung des Operationsverstärkers von einem hohen Wert (12 – 118) auf 1 verringert wird. (Rodriguez, 2012)

Bei einem Ibanez Tube Screamer 808 wird das Signal symmetrisch begrenzt. Das heißt, dass beide Halbwellen abgeschnitten werden. Die erste Diode begrenzt eine Halbwelle und die zweite Diode, die andere.

Wie bereits erwähnt, befinden sich in der „Clipping Sektion“ zwei Filter. Der in Serie geschaltene Kondensator (C2) und Widerstand (R2) agieren als Hochpassfilter. (Rodriguez, 2012)

5 Verzerrung

Ein Hochpassfilter hat die Aufgabe, hohe Frequenzen passieren zu lassen und tiefe Frequenzanteile abzuschwächen. Um dies zu erreichen, wird ein Spannungsteiler aufgebaut, der zu tiefen Frequenzen hin immer mehr Pegelverlust bekommt. Hierzu werden ein Widerstand und ein frequenzabhängiges Bauteil (Kondensator oder Spule) benötigt. In Gitarrenpedal bedient man sich so gut wie immer den Kondensatoren. In diesen Fall greift man die Ausgangsspannung über dem (ohmschen, frequenzunabhängigen) Widerstand ab. Der Blindwiderstand des Kondensators wird zu hohen Frequenzen hin immer kleiner und es gelangt immer mehr Strom und somit auch mehr Leistung an den Ausgang des Filters. (Friecke, 2007, S. 308)

Die Grenzfrequenz kann mithilfe folgender Formel berechnet werden:

$$\text{Grenzfrequenz} = \frac{1}{2\pi * R * C}$$

Nun kann die Grenzfrequenz des Hochpassfilters in einem Tube Screamer 808 berechnet werden:

$$\text{Grenzfrequenz} = \frac{1}{2\pi * 4,7K * 0,047\mu F} = 720 \text{ Hz}$$

Auf den Tube Screamer 808 übertragen bedeutet es, dass Oberwellen über 720 Hz die volle Verstärkung erhalten. Alles was darunter ist, erhält deutlich weniger Verstärkung. Die Verzerrung ist somit ebenfalls frequenzselektiv.

Der kleine 51pF Kondensator über den Dioden arbeitet als Tiefpassfilter, wodurch die Ecken der abgeschnittenen Wellenform weicher werden und generell starke Verzerrung weicher wird. (Rodriguez, 2012)

Ein Tiefpassfilter ist genau die gegenteilige Idee eines Hochpassfilters. Tiefe Frequenzen werden durchgelassen und hohe abgeschwächt. Um einen solchen umgekehrten Spannungsteiler zu realisieren, werden die Bauteile eines Hochpassfilters gegeneinander ausgetauscht. Auch hier kann mit Spule oder Kondensator gearbeitet werden. Der Abgriff der Ausgangsspannung erfolgt über den Kondensator. Er bekommt zu tiefen Frequenzen hin einen immer größeren Blindwiderstand und teilt die Ausgangsspannung immer weniger herunter. Der Widerstand hat jedoch den gleichen Wert bei allen Frequenzen und bestimmt daher den maximalen Strom am Ausgang. (Friecke, 2007, S. 311)

Durch den Tiefpassfilter werden die Ecken weicher gestaltet. Es verleiht der Verzerrung einen gewissen milden Aspekt. Die Wirkung dieses Filters ist am meisten hörbar, wenn die Verstärkungsregelung (P1) ganz aufgedreht ist, denn dann wird die Verzerrung am stärksten gedämpft. Die Impedanz des Kondensators

5 Verzerrung

nimmt mit zunehmenden Frequenzen ab. Er beginnt die Verstärkung der Stufe abzusenken sobald seine Impedanz den Wert des 51K Widerstandes plus der Einstellung des variablen Widerstanders (P1) erreicht. (Keen, 1998)

Die Grenzfrequenzen dieses Tiefpassfilters können folgendermaßen berechnet werden:

- Maximale Grenzfrequenz, wenn P1 Drive = 0 (Minimum)

$$\text{GrenzfrequenzMax} = \frac{1}{2\pi * (R3 + P1 \text{ Drive}) * C3} = \frac{1}{2\pi * 51K * 51pF} = 61.2 \text{ kHz}$$

- Minimale Grenzfrequenz, wenn P1 Drive = 500 (Maximum)

$$\text{GrenzfrequenzMin} = \frac{1}{2\pi * (R3 + P1 \text{ Drive}) * C3} = \frac{1}{2\pi * 551K * 51pF} = 5.6 \text{ kHz}$$

Der Drive Potentiometer verschiebt die Grenzfrequenz. Die Wirkung des 51pF wird am deutlichsten sichtbar beziehungsweise hörbar, wenn der Potentiometer auf das Maximum aufgedreht ist. Erst dann wird die Grenzfrequenz in die von uns hörbaren Frequenzen verlagert. (Rodriguez, 2012)

5.4.4 Klang / Lautstärke Regelung

Diese Sektion ist für die Klangeinstellung und Lautstärkeregelung der Effekteinheit verantwortlich. Sie setzt sich zusammen aus einem passiven Tiefpassfilter, aktiven Klangregelung und einer passiven Lautstärkeschaltung.

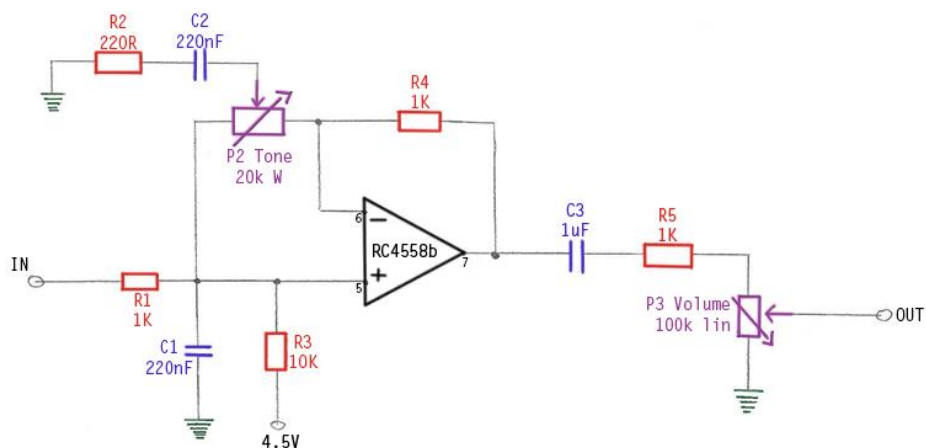


Abbildung 26: Schaltplan der Klang / Lautstärke Regelung eines Tube Screamer 808

5 Verzerrung

Der Kondensator C1 (220nF) und Widerstand R1 (1K) bilden zusammen einen Tiefpassfilter erster Ordnung. Dieser ist hier angesiedelt um die scharfen hochfrequenten „Harmonischen“ wegzuschneiden. Die Grenzfrequenz dieses Tiefpassfilters beträgt 723,4 Hz. Alle Signaleile über dieser Grenzfrequenz sollen abgeschwächt werden. (Rodriguez, 2012)

Das Signal wird an dieser Stelle zum Bereich der aktiven Klangregelung geführt. Sie besteht aus einem 20K Potentiometer, der zwischen den invertierten und nicht invertierten Eingang des zweiten Operationsverstärkers geschaltet ist. Der Schleifkontakt des Potentiometers ist über eine Kondensator–Widerstand Kombination mit der Masse verbunden. Die Kombination besteht aus dem Kondensator C2 (220nF) und Widerstand R2 (220K). (Keen, 1998)

Durch Justierung des Potentiometers kann die Klangregelung folgendermaßen angepasst werden:

- Gegen den Uhrzeigersinn (Bass): das R2C2 Netzwerk wird parallel mit dem Tiefpassfilter geschaltet. Dies resultiert in einem Tiefpassfilter zweiter Ordnung mit einer sehr niedrigen Grenzfrequenz. Somit werden die hohen Frequenzanteile entfernt.
- Mit dem Uhrzeigersinn (Treble): das R2C2 Netzwerk bleibt an der Stelle, wie es am Schaltplan eingezeichnet ist und fungiert somit als Hochpassfilter. Somit leitet die Kombination Frequenzen über 3,2 KHz zur Masse ab. In diesen Fall befindet sich in der Schaltung ein Bandpassfilter: R1C1 (Tiefpass) + R2C2 (Hochpass).

Die Lautstärkeregelung ist sehr einfach gehalten. Je nachdem wie dieser justiert ist, führt er einen Teil des Eingangssignals zur Masse ab.

5.4.5 Ausgangspuffer

Die Aufgabe des Ausgangspuffers ist es eine einheitliche Verstärkung und niedrige Ausgangsimpedanz zu erzeugen. Hiermit wird, bei der Absicht der Weiterleitung des Ausgangssignals an weitere Effekteinheiten, die Signalintegrität gewährt.

Hier bedient man sich, genauso wie beim Eingangspuffer, einem Emitterfolger. Auch hier wird über die 4.5 Volt Quelle über einen 510K Widerstand vorgespannt und ein 10K Emitterwiderstand eingesetzt.

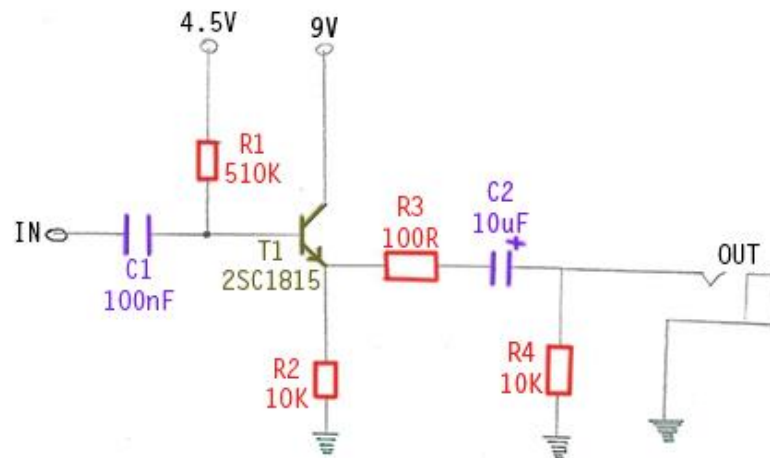


Abbildung 27: Schaltplan des Ausgangspuffers eines Tube Screamer 808

Hinter dem Transistor formen der Widerstand R3, R4 und Kondensator C2 einen Spannungsteiler. Es wird hier allerdings nur ein sehr kleiner Anteil der Spannung an die Masse abgeführt. Diese Änderung ist in der Lautstärke für unsere Ohren nicht wahrnehmbar.

Mithilfe der Hybrid pi Formel kann wiederum die Ausgangsimpedanz berechnet werden. Sie beträgt nach dem Durchlauf des Ausgangspuffers 1,2K. Ein niedriger Wert, der das Gitarrensinal unverfälscht lässt.

5.4.6 Stückliste

Bevor mit der Rekonstruktion eines Tube Screamer 808 begonnen wird, gilt es natürlich zu erfassen welche Bauteile dafür benötigt werden. Zur besseren Übersicht wird der gesamte Schaltplan mit eingezeichneten Werten in der folgenden Abbildung angeführt. Es empfiehlt sich den gesamten Schaltplan systematisch zu verfolgen und alle nötigen Komponenten auf einer Liste anzuführen bevor zur Anschaffung übergegangen wird. Zu erwähnen ist, dass die angeführten kompletten Schaltpläne in voller Größe auf der angehängten DVD betrachtet werden können.

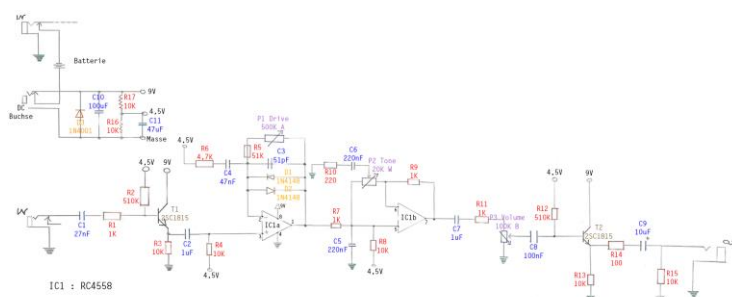


Abbildung 28: kompletter Schaltplan eines Ibanez Tube Screamer 808

5 Verzerrung

Bezeichnung	Anzahl	Preis
Widerstand 100R	1	0,06 €
Widerstand 10K	7	0,42 €
Widerstand 1K	4	0,24 €
Widerstand 510K	2	0,12 €
Widerstand 4,7K	1	0,06 €
Widerstand 51K	1	0,06 €
Widerstand 220R	1	0,06 €
1N4148 (Diode)	2	0,08 €
1N4001 (Diode)	1	0,04 €
Folienkondensator 27nF	1	0,12 €
MKT 1uF	2	0,50 €
MKT 0,1uF (100nF)	1	0,12 €
MKT 47nF	1	0,12 €
MKT 0,22 uF (220nF)	2	0,32 €
Keramik 51pF	1	0,06 €
Elko 47uF	1	0,08 €
Elko 10uF	1	0,08 €
Elko 100uF	1	0,08 €
2SC1815 (Transistor)	2	0,20 €
3 Pin Sockel (optional)	2	0,10 €
RC4558	1	0,25 €
IC – Fassung 8 Pin	1	0,06 €
Potentiometer (16mm) 20k W	1	1,20 €
Potentiometer (16mm) 500K log	1	1,10 €
Potentiometer (16mm) 100k lin	1	1,10 €
Klinkenbuchse offen (mono)	1	0,65 €
Klinkenbuchse offen (stereo)	1	0,75 €
Fußschalter 3DPT	1	3,90 €
DC Buchse	1	0,55 €
9V Batterie (optional)	1	1,60€
		14,08€

Tabelle 5: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer Ibanez Tube Screamer 808 Overdrive Schaltung und deren Kosten

5 Verzerrung

Bei der Auflistung der benötigten Komponenten und deren Preis realisiert man sofort wie groß der Preisunterschied zu einem „originalen“ Tube Screamer 808 Pedal ist. Das TS808 Reissue Pedal wird heutzutage so gut wie in allen Musikhäusern angeboten. Diese Effekteinheit weist die Charakteristiken eines Tube Screamer 808 Pedals aus den frühen 70ern beziehungsweise 80ern auf und beläuft sich auf einen stolzen Preis von 199€. Ganz geschweige von dem Preis einer originalen Vintage Einheit aus diesen Jahren. Alle benötigten Komponenten für die Rekonstruktion eines Tube Screamer Pedals kosten lediglich 14,08 €. Ausgeschlossen von der angeführten Liste sind zum Beispiel eine Platine, Schaltbrett oder Kabelverbindungen. Schließlich bleibt es jedem selbst überlassen ob die Einheit für Experimentierzwecke auf einem Schaltbrett oder in, einer für diese Schaltung vorgefertigten Platine, implementiert wird. Heutzutage werden auf diversen Websites vorgefertigte Platinen für verschiedenste Effektschaltungen angeboten. Somit ist man nicht mehr gezwungen die Schaltung auf einer Lochrasterplatine aufzubauen, aber wie gesagt es bleibt im Endeffekt jedem selbst überlassen. Auch Kabelverbinder kosten kein Vermögen.

5.4.7 Testaufbau

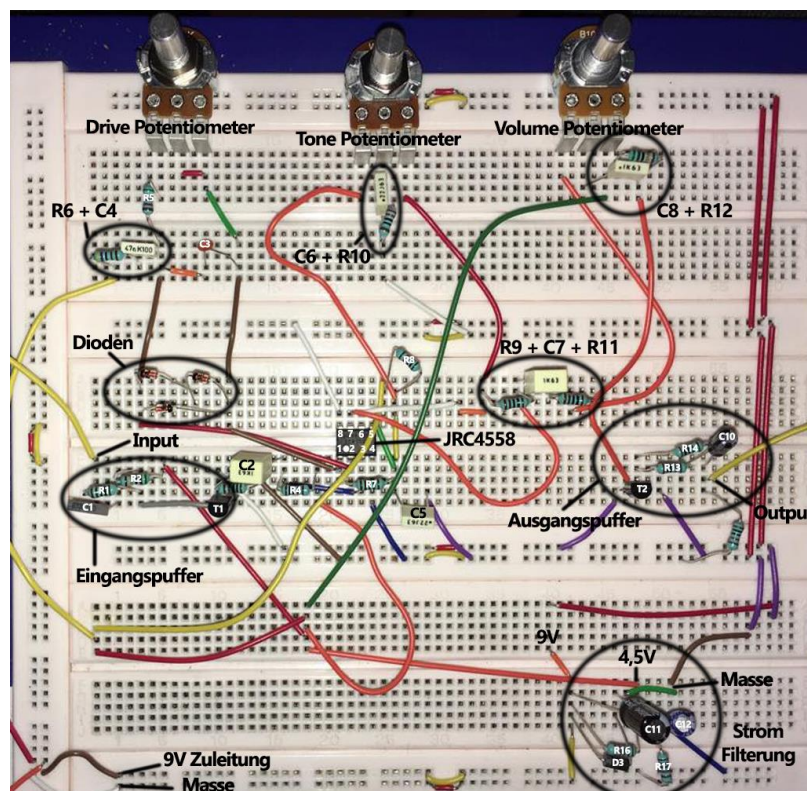


Abbildung 29: Testaufbau einer Ibanez Tube Screamer 808 Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett

5.5 Distortion Pedale

„Distortion“ Pedale werden mit rauen, aggressiven und bissigen Zerrsounds verbunden. Sie weisen meistens nasale, mittenbetonte und höhenreiche Charakteristiken auf. Im Vergleich zu Overdrive Pedalen erhält man eine gewisse Grundverzerrung, die man mit einer Regelung intensivieren lassen kann. Der vom Overdrive bekannte Übergang von clean zu verzerrt wird hier nicht ins Ziel genommen. (Pieper, 2004, S. 213)

Solche Pedale füllen den Sound mit Equalizierungen auf, die mit Hard Rock oder Metal verbunden werden. (Hunter, 2013, S. 28) Zusätzlich wird das Signal auch hier angehoben, da es sich auch um ein Effekt aus der Verzerrungskategorie handelt.

Solche Einheiten können grundsätzlich aus einem Netzwerk von Transistoren und Begrenzungsdioden geschaffen werden um das Eingangssignal zu heben und ihrer Wellenform zu ändern. Tatsache ist, dass bekannte Distortion Pedale auf die Schaltungen diverser Overdrive Pedale zurückgreifen. Man realisiert schnell, dass in solchen starken Verzerrerpedalen ebenso Operationsverstärker die schwere Arbeit verrichten und von Klangregelungsstufen beziehungsweise Puffern umgeben sind. (Hunter, 2013, S. 28)

Distortion Pedale zeichnen sich vor Allem durch ihre höhere Verstärkung beziehungsweise Übersteuerung aus. Als Resultat entsteht ein deutlich ausgeprägteres Oberwellenspektrum. Daher vermittelt starke Verzerrung eher den Eindruck eines Geräusches als den Klang einer Gitarre. Vor Allem wenn mehrere Saiten angeschlagen werden, entstehen nicht nur ganzzahlige Vielfache der Saitengrundschnwingungen, sondern auch Obertöne ihrer Summen – und Differenzfrequenzen. Distortion kommt aus diesen Grund oft bei Einzelnoten (Solos) zum Einsatz. (Pieper, 2004)

Wie bereits vorhin erwähnt, kann die Unterscheidung zwischen Overdrive und Distortion durch „soft clipping“ und „hard clipping“ beschrieben werden. Somit ist der Übergang in das Clipping etwas härter als bei Overdrive Pedalen wie beim Tube Screamer 808.

5.6 ProCo Rat

Die Ratte ist eines der populärsten „Distortion“ Pedale. Diese Einheit liefert eine starke Verzerrung, mit einem ausgeprägten Frequenzgang, die ihr den einzigartigen Sound verleiht. (Orman, 2017b)

Dieses Pedal war das erste weit verbreitete und klanglich erfolgreiche Distortion Pedal auf dem Markt. Es wird bis heute von vielen Gitarristen als unbestreitbarer Klassiker in der Welt dieser Pedale angesehen. ProCo konzentriert sich seit 1979 ausschließlich auf dieses Pedal und versucht dieses immer weiter zu verbessern. (genauso wie Ibanez mit dem Tube Screamer). Im Großen und Ganzen hat sich im Laufe der Jahre nicht viel im Innenleben einer Ratte verändert. (Hunter, 2013, S. 87)

1988 erschien das Rat 2 mit überarbeiteter Grafik und erhielt auch eine LED um die Aktivität der Schaltung anzuzeigen. Die Schaltung blieb bis dahin wie im Original. Die erste Abweichung kam mit der Einführung der „Turbo“ Version des Rat Pedals. (Orman, 2017b)

Dieses Modell zielt darauf ab mehr Verstärkung in der Schaltung zu erreichen. Außerdem wurden andere Dioden eingesetzt. Daraus resultiert eine noch stärkere Verzerrung als in der originalen Version. (Hunter, 2013, S. 87)

Wie beim Ibanez Tube Screamer, verfügt auch das ProCo Rat über eine Vielzahl an Versionen auf dem Markt. (Orman, 2017b) Die Auseinandersetzung mit der folgenden Schaltung bezieht sich auf das Original aus dem Jahr 1979.

Betrachtet man die Sektionen des Schaltplans eines ProCo Rat, so realisiert man recht schnell, dass diese eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Ibanez Tube Screamer 808 aufweisen. Daher werden in der folgenden Analyse nur grundlegende Abweichungen zur ersten Schaltung hervorgehoben.

Der Aufbau des ProCo Rat ist recht simpel gehalten. Ein einfacher Operationsverstärker, der ein Paar zur Masse geschaltene Siliziumdioden ansteuert, gefolgt von einem einfachen Widerstand – Kondensator Tiefpassfilter und Ausgangspuffer. Er besitzt aber doch einige ungewöhnliche Eigenschaften, die ihn unüblich machen.

Die vorhin beschriebene Stromfilterungs Sektion ist grundsätzlich genauso gestaltet wie bei einem Tube Screamer 808. Es ist lediglich ein zusätzlicher Kondensator (0,01uF) implementiert um noch mehr Filterung hinzuzufügen und die Stabilität des Operationsverstärkers sicherzustellen.

5.6.1 Verstärkerstufe

Der erste Unterschied wäre gleich das erste Bauteil in der Verstärkerstufe. Da das ProCo Rat Pedal bereits seit den Anfängen mit „True Bypass“ gearbeitet hat, erforderte es die Implementierung eines 3DPT Footswitch. Dieser verursacht allerdings beim Betätigen einen „Pop“ Sound und der R1 Widerstand (1M) dient dazu dieses Geräusch zu entfernen.

Es möge auffallen, dass im Gegensatz zum Tube Screamer dieses Pedal keinen Eingangspuffer besitzt.

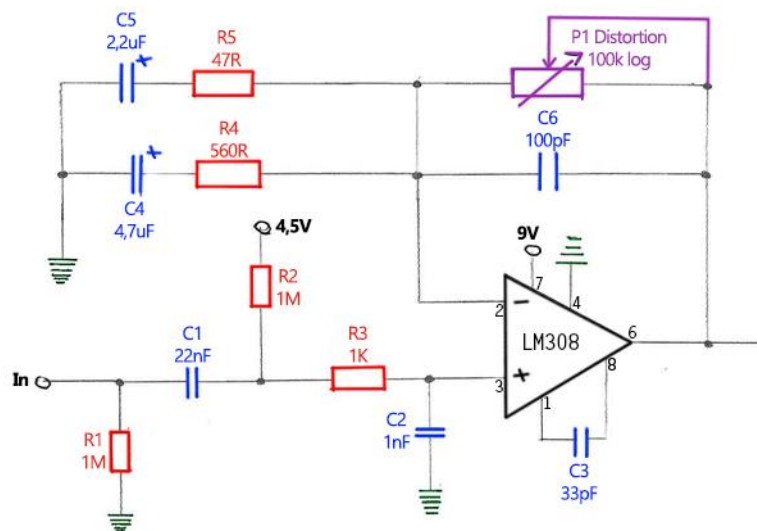


Abbildung 30: Schaltplan der Verstärkerstufe eines ProCo RAT Distortion Pedals

Der Vorspannungswiderstand ist hier mit R2 eingezeichnet. Dieser versorgt den nicht invertierten Eingang des Operationsverstärkers mit Gleichspannung um ihn auf den richtigen Arbeitspunkt zu bringen. In den ersten Rat Versionen hatte dieser Widerstand einen Wert von 1M. Die Eingangsimpedanz wird wiederum mit R1 und R2 parallel zur internen Impedanz des nicht invertierten Eingangs des Operationsverstärkers gebildet.

Dieser beträgt beim verwendeten LM308, 40M. Die Eingangsimpedanz beträgt hier somit 494k und somit sehr ähnlich dem Tube Screamer. (Orman, 2017b)

Eine Eingangsimpedanz von 494k ist hoch und kann als ausreichend gut für ein Distortion Pedal angesehen werden. Es empfiehlt sich eigentlich die Impedanz im Bereich von 1M zu halten um Signalverluste zu vermeiden. Eine solche Eingangsimpedanz kann ganz einfach, durch den Austausch beider Widerstände

5 Verzerrung

auf solche mit 2M, erreicht werden. Durch eine solche Modifikation bleiben alle klanglichen Charakteristiken einer elektrischen Gitarre erhalten. (Rodriguez, 2012)

Betrachtet man Schaltpläne von weiteren Versionen des Rat Pedals wie Rat2 oder Turbo Rat, so stellt man fest, dass diese Modifikationen implementiert worden sind.

Noch vor dem Eingang des Operationsverstärkers bilden R3 und C2 einen Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 159 kHz. Dies ist äußerst notwendig, da es sich um ein Pedal mit einer sehr starken Verstärkung handelt. Mithilfe dieses Filters kann verhindert werden, dass Radiofrequenzen verstärkt werden. (Orman, 2017b)

Ein großer Unterschied zum Tube Screamer ist wohl die maximale Verstärkung des Operationsverstärkers. Diese kann wieder durch Widerstandswerte zwischen Pin 2 (invertierter Eingang) und Masse bestimmt werden. Nicht zu vergessen ist wieder der Einberechnung des variablen Widerstandes in der Feedback Schleife (P1 Distortion).

Im Gegenteil zum Tube Screamer muss hier erstmals der Wert der parallel geschalteten Widerstände (R4, R5) berechnet werden.

$$R_{ges} = \frac{(R4 * R5)}{R4 + R5} = \frac{47 * 560}{47 + 560} = 43,36 \text{ Ohm}$$

$$Verstärkung(max) = 1 + \frac{(Pmax)}{R_{ges}} = 1 + \frac{100k}{43,46} = 2302 \text{ (67,3 dB)}$$

$$Verstärkung(mix) = 1 + \frac{(Pmin)}{R_{ges}} = 1 + \frac{0}{43,46} = 1 \text{ (0dB)}$$

Die Spannungsverstärkung ist äußerst hoch, selbst für ein Distortion Pedal. Die deutliche Abhebung zum Tube Screamer macht sich bemerkbar (maximale Verstärkung = 41 dB). Jedoch wird auch hier die Verstärkung solche Werte nicht erreichen. Die Verstärkung wird, wie beim Tube Screamer sowohl durch die Eigenschaften des Operationsverstärkers selber als auch durch das Clipping Verhalten der Dioden, limitiert.

Sowohl beim Tube Screamer als auch beim Rat befindet sich ein Tiefpassfilter (C6) in der Feedbackschleife parallel zum Potentiometer geschaltet. Er erfüllt genau dieselbe Aufgabe wie beim Tube Screamer, allerdings ist die

5 Verzerrung

Grenzfrequenz eine andere. Die minimale Grenzfrequenz beim Tiefpassfilter beträgt 16 kHz.

Ebenfalls der aktive Hochpassfilter in der Feedbackschleife erfüllt genau denselben Zweck wie beim vorhin behandelten Tube Screamer. Hier sind es allerdings zwei Widerstand – Kondensator Netzwerke. Somit handelt es sich hier um zwei aktive Hochpassfilter mit verschiedenen Grenzfrequenzen.

$$\text{Grenzfrequenz } (R5 + C5) = \frac{1}{2\pi \cdot R5 \cdot C5} = \frac{1}{2\pi \cdot 47 \cdot 2,2\mu F} = 1539 \text{ Hz}$$

$$\text{Grenzfrequenz } (R4 + C4) = \frac{1}{2\pi \cdot R4 \cdot C4} = \frac{1}{2\pi \cdot 560 \cdot 4,7\mu F} = 60 \text{ Hz}$$

Somit erfahren Frequenzen unter 1,5 kHz eine Abschwächung von 20dB pro Dekade und Frequenzen unter 60Hz werden mit einer Absenkung von 40dB pro Dekade so gut wie stumm geschaltet. (Rodriguez, 2013b)

Durch die Anwendung der diversen Filter werden in dieser Stufe hauptsächlich Signale mit höherer Frequenz verstärkt. Man spricht hier von einem so genannten „Treble Boost“.

5.6.2 Dioden und Klangfilterung

Das verstärkte Signal wird nun zur nächsten Sektion weitergeleitet. Hier sind die Dioden und ein passiver Klangfilter implementiert. Ein großer Unterschied, der bei der Betrachtung des Schaltplans eines Tube Screamers und Rat´s auffallen kann, ist die Lokalisierung der Dioden.

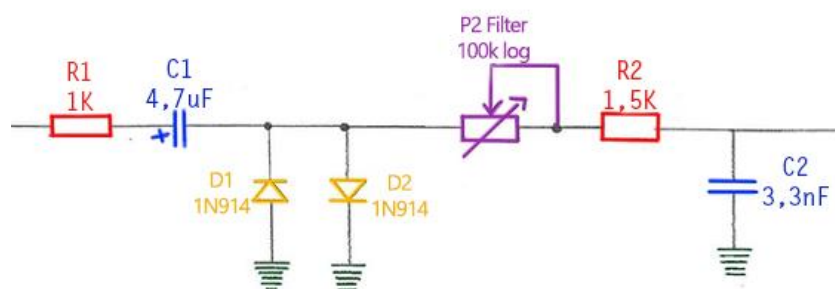


Abbildung 31: Schaltplan der Dioden – und Klangfilterung Sektion eines ProCo Rat Distortion Pedals

5 Verzerrung

Ganz im Gegensatz sind die Dioden nämlich nicht in der Feedback Schleife des Operationsverstärkers situiert, sondern erst hinter dem Ausgang des Operationsverstärkers im Hauptsignalweg zur Masse geschaltet. Nun stellt sich die Frage warum die Dioden an verschiedenen Stellen lokalisiert sind und ob dies einen Unterschied im Klang verursacht?

Bei längerer Recherche fällt auf, dass dieser Aspekt einer Effektschaltung sehr umstritten ist. Jack Orman behauptet in seinem Buch „Guitar Effects Explained“:

The clipping diodes do not have to be from the signal path to ground. In certain circuits, the diodes can be placed in the negative feedback loop. With an inverting amplifier configuration, the effect is almost exactly the same as with diodes to ground and the harmonics that are added will be similar. (Orman, 2017a)

In Internetforen tauchen immer wieder Beiträge auf, die das Gegenteil behaupten: Die Platzierung der Dioden in der Feedback Schleife eines Operationsverstärkers produziert „soft clipping“, weil egal wie stark der Operationsverstärker angesteuert wird, besitzt er immer eine Verstärkung von mindestens 1 (unity gain). Werden die Dioden im Hauptsignalweg zur Masse platziert, ist die Begrenzung viel härter.

Im Endeffekt bleibt es jeden selbst überlassen, wo die Dioden platziert werden. Der einfachste Versuch wäre eine DIY Schaltung einer Ratte herzunehmen und die Dioden in der Feedbackschleife des Operationsverstärkers zu platzieren um herauszufinden ob klangliche Unterschiede festzustellen sind.

Nach den Dioden befindet sich noch ein einfacher passiver Tiefpassfilter. Je nach Justierung des Potentiometers bewegt sich die Grenzfrequenz zwischen 475 Hz und 32 kHz.

Die Reichweite dieses Filters ist sehr groß. Er kann so gut wie das gesamte Spektrum abdecken. Die Kombination dieser Klangregelung mit all den anderen Filtern in der Schaltung erzeugt eine gewisse Anhebung der Frequenzen im Bereich von 1 kHz (wie beim Ibanez Tube Screamer). (Rodriguez, 2013b)

5.6.3 Ausgangspuffer und Lautstärkeregelung

Genau wie beim Tube Screamer, wird auch beim RAT ein Ausgangspuffer eingesetzt um niedrige Ausgangsimpedanz zu erzeugen. Hiermit soll wieder die Signalintegrität in weiteren Effekteinheiten gewährt werden. Der Unterschied liegt darin, dass die passive Lautstärkeregelung erst nach dem Puffer geschaltet ist.

Der Puffer dient hier auch dem Zweck die passive Klang- und Lautstärkeregelung voneinander zu isolieren um eine Unabhängigkeit sicherzustellen. Andererseits würde die Justierung des Lautstärkepotentiometers auch die Grenzfrequenzen der passiven Klangfilterung ändern. (Rodriguez, 2013b)

5.6.4 Stückliste

Auch bei dem ProCo Rat Pedal lohnt es sich eine Stückliste, bei der Betrachtung des gesamten Schaltplans, zu erstellen, um sich einen Überblick über den wiederum gewaltigen Preisunterschied zu machen.

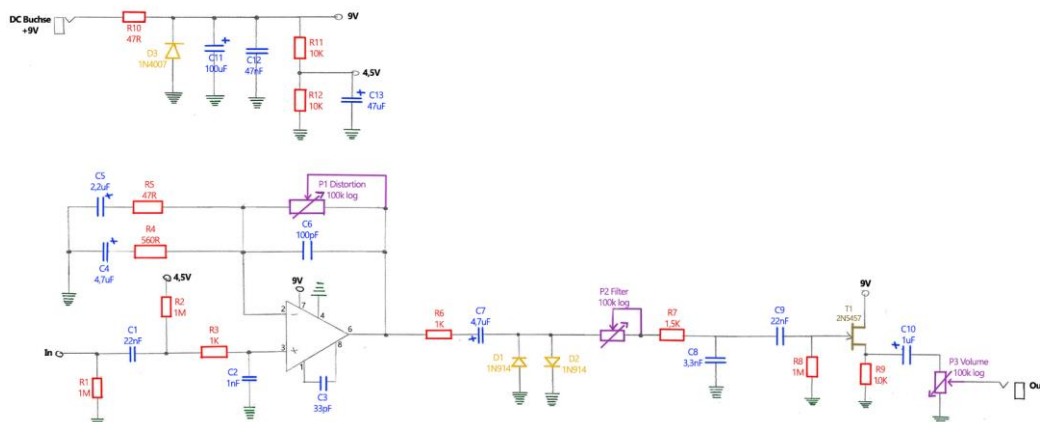


Abbildung 32: kompletter Schaltplan eines ProCo RAT Distortion Pedals

5 Verzerrung

Widerstand 47R	2	0,12 €
Widerstand 560R	1	0,06 €
Widerstand 1K	2	0,12 €
Widerstand 1,5K	1	0,06 €
Widerstand 10K	4	0,24 €
Widerstand 1M	3	0,18 €
Keramik 33pF	1	0,06 €
Keramik 100pF	1	0,06 €
MKT 1nF	1	0,12 €
MKT 3,3nF	1	0,12 €
MKT 22nF	2	0,24 €
MKT 47nF	1	0,12 €
Elko 1uF	1	0,08 €
Elko 2,2uF	1	0,08 €
Elko 4,7uF	2	0,16 €
Elko 47uF	1	0,08 €
Elko 100uF	1	0,10 €
LM308 oder OP07	1	3,00 € / 0,25 €
8 Pin Sockel (optional)	1	0,06 €
1N914 (Diode)	2	0,08 €
1N4007 (Diode)	1	0,04 €
2N5457 (Transistor)	1	0,90 €
3 Pin Sockel (optional)	1	0,05 €
Potentiometer (16mm) 100K log	3	3,30 €
Fußschalter 3DPT	1	3,90 €
9V Batterie (optional)	1	1,60 €
		12,18 € / 14,93 €

Tabelle 6: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer ProCo RAT Distortion Schaltung und deren Kosten

5.6.5 Testaufbau

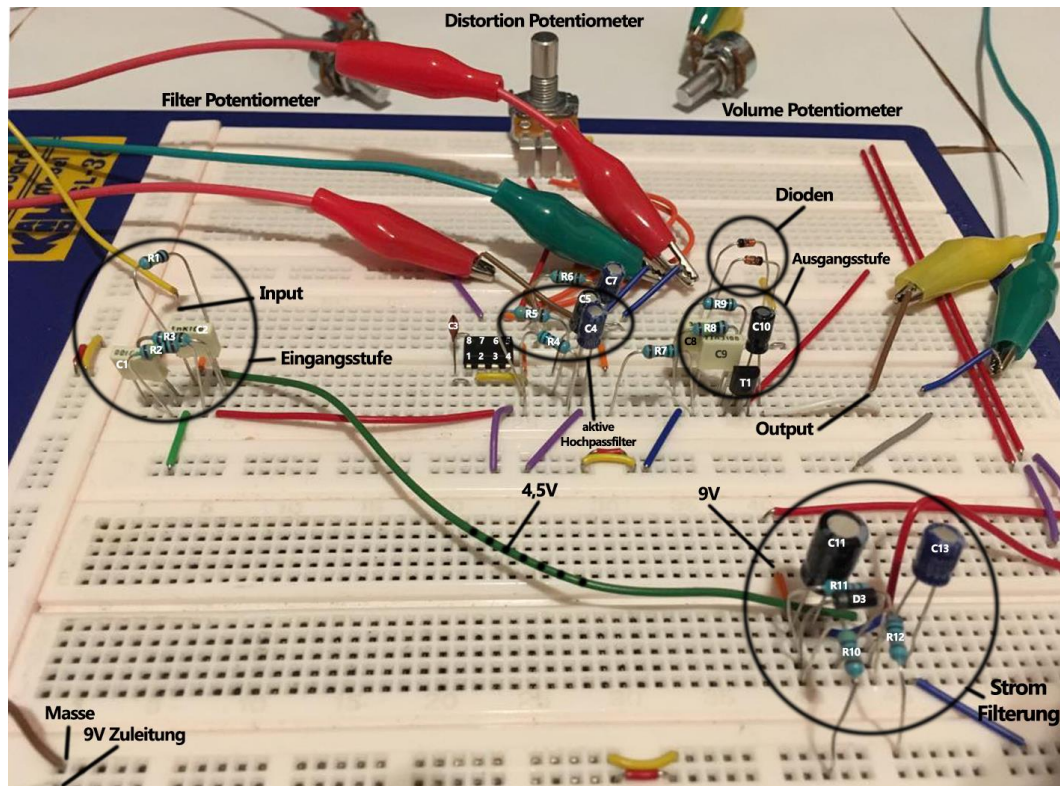


Abbildung 33: Testaufbau einer ProCo RAT Distortion Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett

6 Modulationseffekte

Modulationseffekte greifen auf das Prinzip der Phasenverschiebung zurück. Der Klang eines Originalsignals wird verändert um ihn so voller beziehungsweise schwebend klingen zu lassen. Die wohl gängigsten Effekte für eine elektrische Gitarre aus dieser Kategorie sind Chorus, Flanger und Phaser. (Kaiser, 2015, S. 217)

Diese Effekte basieren grundsätzlich immer mit demselben Prinzip. Das Gitarrensignal wird am Anfang einer Schaltung aufgeteilt beziehungsweise dupliziert. Dabei wird das eine Signal unverändert an den Ausgang geführt. Das andere Signal durchläuft allerdings eine Modulation. Beide Signale treffen sich am Ende der Schaltung und werden zusammengemischt.

Bei einem Phaser wird das Signal aufgeteilt, damit ein Pfad um 0 bis 360 Grad über den gesamten Bereich des Frequenzspektrums verschoben werden kann. Durch anschließende Mischung mit dem „trockenen“ Pfad wird die „In-Phase“ und „Out-Of-Phase“ Beziehung hörbar. Sollten beide Signale zu einer gewissen Zeit total außer Phase geraten, löschen sie sich gegenseitig aus. Dies verursacht eine so genannte Einkerbung. (Hunter, 2013, S. 30)

Ein Bestandteil aller Modulationseffekte ist außerdem der LFO (Low Frequency Oszillator), durch den wesentliche Parameter gesteuert werden können. (Sandmann, 2007, S. 95)

Ohne LFO würden zum Beispiel bei einem Phaser wiederholt, die gleichen tiefen, mittleren und hohen Frequenzen betont und immer dieselben Noten an den Kerben gelöscht werden. Mit der Implementierung eines LFO's wird der Punkt, an dem die Einkerbungen und Spitzen auftreten, kontinuierlich verschoben. (Hunter, 2013, S. 30) Die Einordnung der Modulationseffekte erfolgt mithilfe der angewandten Modulationen durch einen LFO. (Kaiser, 2015, S. 220)

LFO moduliert...	Und findet sich im...
Phase des Phasenschiebers	Phaser
Zeitlichen Versatz	Flanger
Tonhöhe mit zeitlichen Versatz	Chorus

Tabelle 7: Kategorisierung von Modulationseffekten

6.1 Chorus

Der Chorus ist mit Abstand der beliebteste Modulationseffekt. Sowohl für akustische und elektrische Gitarre wird live und im Studio auf die verbreitende Wirkung einer Chorusmodulation zurückgegriffen. (Pieper, 2004, S. 153)

Der Chorus und Flanger sind sich im Grunde sehr ähnlich. Der größte Unterschied besteht darin, dass beim Chorus mit Delayzeiten von 15ms bis 50ms gearbeitet wird. Bei Flangerpedalen werden Delayzeiten von 1ms – 15ms eingesetzt. (Orman, 2017a)

Somit löst sich das noch länger verzögerte Signal vom Original und wird als zusätzliche Stimme hörbar. Außerdem wird bei Chorus Pedalen oft ein Vibrato eingesetzt um die Tonhöhe des verzögerten Signals verändern zu können. Auf diese Weise erreicht man den Eindruck als ob zwei Instrumente die gleiche Stimme mit üblichen tonalen Ungenauigkeiten spielen würden. (Pieper, 2004, S. 154)

Ein „Low Frequency Oscillator“ erzeugt eine Wellenform mit einer Frequenz von unter 10Hz. Er dient bei Modulationseffekten zur Steuerung verschiedener Klangformender Aspekte. Im Falle eines Chorus wird damit die Tonhöhe der verzögerten Kopie des Eingangssignals moduliert. (Kaiser, 2015, S. 221)

Das Prinzip eines einfachen analogen Chorus kam in den späten 1970er Jahren und erreichte große Popularität in den Achtzigern. Pedale wie der Small Clone von Electro Harmonix lieferten den Effekt fertig zusammengemischt. Einstellbar sind lediglich LFO – Geschwindigkeit („Rate“) und Modulationstiefe („Depth“). (Pieper, 2004, S. 154)

Das Chorus Pedal, wie wir es kennen, kam erst auf dem Markt als leistbare „Short – Delay – Chips“ in den späten 1970er Jahren erhältlich waren. Eines der ersten Chorus Pedale war der *Boss CE-1 Chorus*. Dieser ist zum Beispiel beim Hit „*Message In A Bottle*“ von *The Police* zu hören, aber auch viele andere Gitarristen benutzten es. Der *Electro Harmonix Small Clone* hatte einen weicheren und subtileren Klang als andere Einheiten aus dieser Kategorie, die den Markt überhäuft haben. Seine Popularität erlangte es hauptsächlich durch die Verwendung von Kurt Cobain und dessen Einsatz bei Hits wie „*Smells Like Teen Spirit*“ oder „*Come As You Are*“ auf dem Album *Nevermind*. Hier kann in Erfahrung gebracht werden wie dieses Pedal reiche und bewegende Texturen zu cleanen aber auch verzerrten Gitarrensensignalen beisteuern kann. (Hunter, 2013, S. 34)

6.2 Electro Harmonix Small Clone

Das Herz des Electro Harmonix Small Clone bildet ein MN3007 (1024 Stufen BBD Chip) und der CD4047 Timer (Clock Driver). Die Eingangs – und Ausgangsstufen werden mithilfe eines RC4458 Dual Operationsverstärker, den wir schon vom Tube Screamer kennen, umgesetzt. Der LFO ist hier mit einem LM358 Operationsverstärker implementiert. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Schaltung sind auch die aktiven Filter, welche mit „Sallen – Key“ Transistorstufen gebildet werden.

- Der *Rate* Potentiometer justiert die Frequenz des LFO
- Der *Depth* Potentiometer besteht die Amplitude des LFO Signals und somit das Ausmaß der Modulation

Das Ausmaß an nötigen Bauteilen für die Konstruktion von Modulationseffekten hebt sich deutlich von Verzerrerpedalen ab und somit haben die nächsten Kapitel nicht darauf abgesehen die Funktion eines jeden Bauteiles zu erklären, sondern die grundlegenden Funktionen der verschiedenen Sektionen näherzubringen.

Die Eingangsstufe beziehungsweise Impedanzwandlung des Small Clone Chorus Pedales erfolgt auf dieselbe Weise wie bei einem ProCo Rat Pedal.

6.2.1 Pre – Emphasis & De – Emphasis Filter

Mit dieser Technik erfolgt eine Anhebung der hohen Frequenzen am Eingangssignal und entsprechende Filterung derselben Frequenzen in der Ausgangsstufe. Dies funktioniert, weil diese bearbeiteten Frequenzen nur sehr gering im Gitarrensinal vorhanden sind und deren Verstärkung keine Verzerrung verursacht. Außerdem bewirkt die Dämpfung am Ausgang ebenfalls eine Reduzierung des Rauschens, welches vom Delay Chip verursacht wird. (Orman, 2017a)

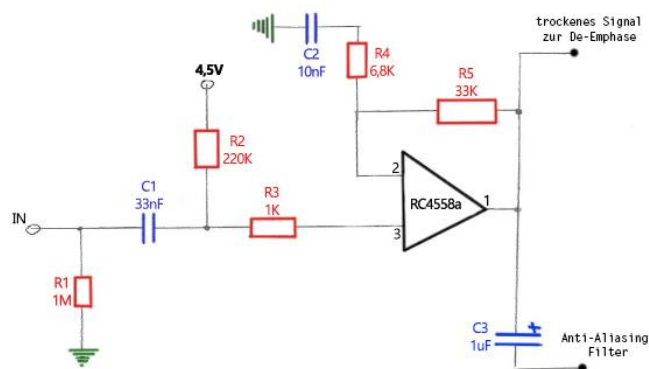


Abbildung 34: Schaltplan des Pre-Emphasis Filters eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals

6 Modulationseffekte

Die Umsetzung erfolgt mit einem Kuhschwanzfilter jeweils am Eingang und Ausgang. Die Kuhschwanzfilter Funktion zeichnet sich mit zwei Verstärkungen, abhängig von der Frequenz, aus. Diese Verstärkungen setzen jeweils bei Frequenzen ein, die weit unter beziehungsweise über der Grenzfrequenz liegen. Diese Filter können mit Operationsverstärker umgesetzt werden. Das Small Clone Chorus verwendet dafür den RC4558 mit einer nicht invertierenden Struktur.

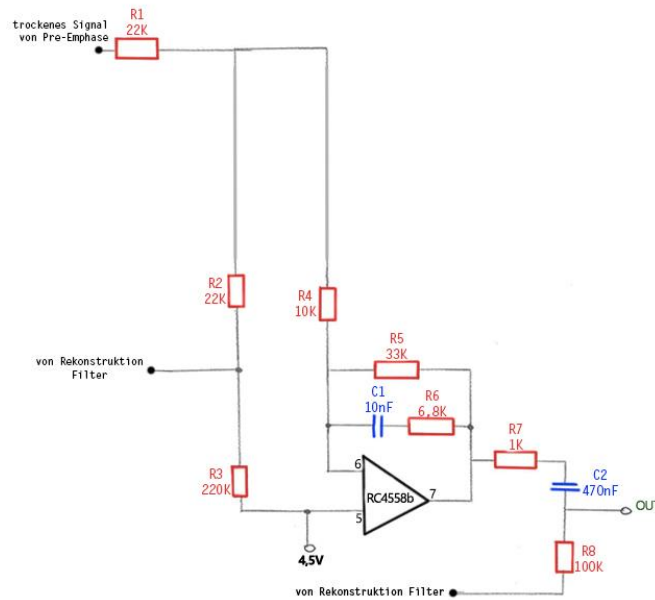


Abbildung 35: Schaltplan des De-Emphasis Filters eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals

Folgende Formeln können auf die Kuhschwanzfilter in dieser Schaltung angewendet werden.

$$\text{Gain min} = 1 \text{ (0dB)}$$

$$\text{Gain max} = 1 + \frac{R2}{R1} = 1 + \frac{33K}{6,8K} = 5,85 \text{ (15,34dB)}$$

$$\text{untere Grenzfrequenz} = \frac{1}{2 * \pi * C1 * R2} = \frac{1}{2 * \pi * 0,01\mu F * 33K} = 482 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} \text{obere Grenzfrequenz} &= \frac{1}{2 * \pi * C1 * \left(\frac{R1 * R2}{R1 + R2} \right)} = \frac{1}{2 * \pi * 0,01 * \left(\frac{6,8K * 33K}{6,8K + 33K} \right)} \\ &= 2,82 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Nun wird es ersichtlich welche Frequenzen in welchem Ausmaß verstärkt werden. Die Anhebung beginnt bereits bei 482 Hz, ist hier allerdings noch sehr gering. Die Verstärkung steigt proportional zur Frequenz. Ab 2,82 kHz tritt die maximale Verstärkung in Kraft (+15,34dB). Genau durch eine solche proportionale Verstärkung zur Frequenz ergibt sich ein Kuhschwanzfilter.

Der Pre – Emphasis Filter bedient sich dem zweiten Operationsverstärker im RC4558. Hier werden genau dieselben Bauteilewerte verwendet und somit dieselben Grenzfrequenzen angesprochen. Allerdings bewirkt deren andere Anordnung einen Tiefpassfilter. Hier entwickelt sich die Verstärkung, beziehungsweise Abschwächung in diesem Fall, von 0 dB bei 482Hz bis -15,34dB bei 2,82 kHz.

Außerdem ist hier interessant, dass bevor sich das trockene und modulierte Signal vor dem De – Emphasis Filter kreuzen jeweils noch einen Widerstand im Bereich von 20K durchlaufen. Schließlich durchqueren beide Signale noch einen 10K Widerstand. Auch der Widerstand in der Feedbackschleife besitzt 33K. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das Mischverhältnis zwischen trockenem und bearbeiteten Signal bei ungefähr 50% liegt.

6.2.2 Anti Aliasing & Rekonstruktion Filter

Beim Electro Harmonix aber auch anderen Choruspedalen werden sogenannte „Anti Aliasing“ und „Rekonstruktion“ Filter angewandt.

Anti Aliasing Filter werden benutzt um die Bandbreite des Signals zu beschränken und die Oberwellen zu entfernen, welche durch den Abtastprozess der *Bucket Brigade Device* erzeugt werden. Es soll sogenanntes Aliasing verhindern. Von Aliasing wird gesprochen, wenn Wellen mit höherer Frequenz als solche mit niedriger Frequenz aufgezeichnet werden. An dem Ausgang eines abgetasteten Systems empfiehlt es sich einen sogenannten Rekonstruktionsfilter zu implementieren. Dieser soll Spektralbilder des gewünschten Signals eliminieren, welche bei ganzzahligen Vielfachen der Abtastrate erzeugt werden. (Rodriguez, 2013a)

Für beide Filter werden sogenannte „Sallen&Key“ Filterstrukturen angewandt. Diese kreieren einen Frequenzgang, der sehr stark die hohen Frequenzen entfernt. (Rodriguez, 2013a)

Hier handelt es sich um einen aktiven Filter zweiter Ordnung. Die Besonderheit an diesen Filtern ist die nahezu freie Auswahl an Grenzfrequenzen und Q – Faktoren (Güte). Dadurch können die unterschiedlichsten Filter aufgebaut werden.

(Friesecke, 2007, S. 319) Sie haben eine hohe Eingangs- und niedrige Ausgangsimpedanz. Außerdem beinhalten sie Pufferverstärker in Form eines Transistors oder Operationsverstärkers. Bei Choruspedalen kommen meistens Transistoren zum Einsatz. (Rodriguez, 2013a)

Bei Choruspedalen, in denen eine Bucket Brigade Device implementiert ist, kommt meistens der Sallen Key dritter Ordnung zum Einsatz. Dieser besteht aus einem passiven RC – Netzwerk und üblichen Sallen Key zweiter Ordnung.

Der Anti Aliasing Filter in einem Electro Harmonix Small Clone schaut folgendermaßen aus.

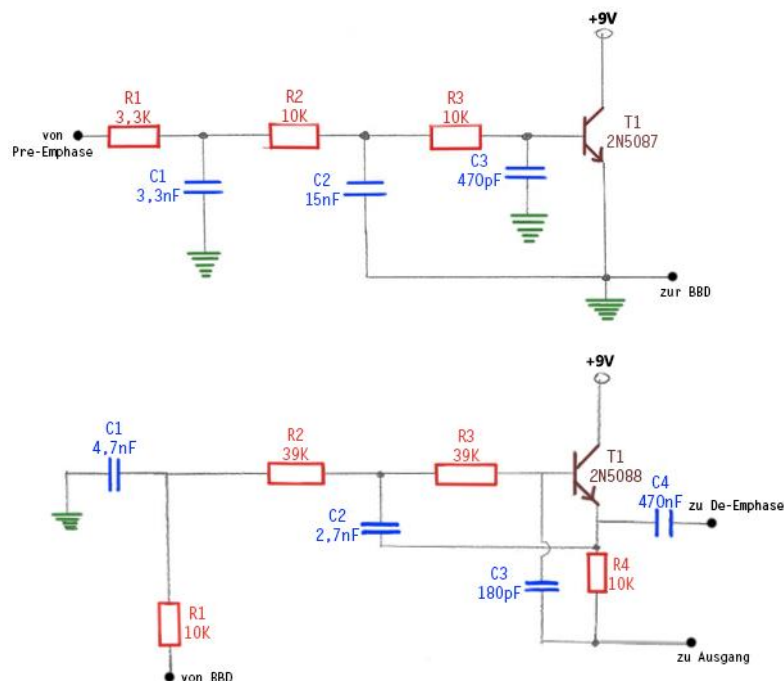


Abbildung 36: Schaltplan des Anti-Aliasing & Rekonstruktion Filters eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals

Nun wäre es natürlich vorteilhaft zu betrachten wie diese Filter auf einem Diagramm ausschauen würden. Im Internet werden viele „3rd Order Sallen Key Design Tools“ angeboten.

Ein Beispiel dafür wäre: <http://sim.okawa-denshi.jp/en/Sallenkey3Lowkeisan.htm>

Hier ist es möglich durch das Eingeben der Werte der verwendeten Bauteile sich grafisch anzeigen zu lassen, welche Charakteristiken dieser bestimmte Filter aufweisen. Außerdem bekommt man die Information welche Grenzfrequenzen mit diesem Filter definiert sind. Die folgenden Graphen wurden eben mit diesem Design Tool kreiert.

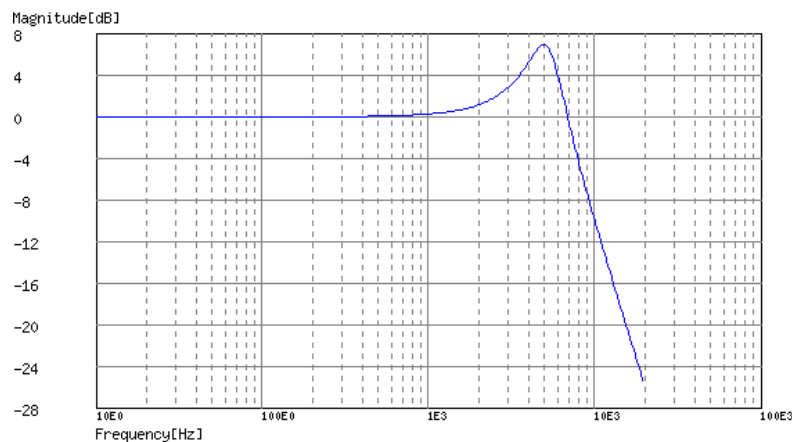


Abbildung 37: Frequenzgang des Anti-Aliasing Filters im Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedal. Generiert mit dem „3rd Order Sallen Key Design Tool“ von Okawa Electric Design

Es ist sofort zu erkennen, dass die Hauptaufgabe des Anti Aliasing Filters definitiv erfüllt wird. Denn es ist seine Aufgabe die hohen Frequenzen zu entfernen. Dem Graph ist zu entnehmen, dass die Abschwächung ab ungefähr sieben bis acht Kilohertz in Kraft tritt. Die Güte ist hier sehr klein. Das bedeutet, dass der Cut sehr rasant eintritt (niedrige Güte). Bei 10 Kilohertz beträgt die Abschwächung bereits – 10 dB.

Interessant beim Small Clone ist die Tatsache, dass Frequenzen von 1kHz bis 8kHz eine gewisse Verstärkung erfahren.

Bei einem Boss CE -2 Choruspedal ist dies zum Beispiel nicht der Fall. Dort erfahren die mittleren Frequenzen keine Verstärkung. Die Abschwächung tritt allerdings bei ungefähr genau denselben Frequenzen ein.

Die Rekonstruktion ist nach der Modulation (BBD) geschaltet und bildet wiederum einen Tiefpassfilter. Er wird eingesetzt um ein glattes analoges Signal aus dem abgetasteten Ausgang zu konstruieren. Das Ausgangssignal muss hier wieder in der Bandbreite limitiert werden um das enthaltene Taktrauschen zu beseitigen und Aliasing zu verhindern (Fourier Koeffizienten sollen nicht als Niederfrequenzwellen rekonstruiert werden). (Rodriguez, 2013a)

Dieser Filter ist genauso bestückt wie der Anti Aliasing Filter. Es sind lediglich andere Werte gewählt damit nicht der idente Filter angewendet wird. Bei dem Boss CE – 2 Pedal ist der Anti – Aliasing und Rekonstruktionsfilter mit genau denselben Widerständen und Kondensatoren bestückt (idente Werte). Im Normalfall gilt, dass die ideale Filterspezifikationen eintreten wenn Anti Aliasing und Rekonstruktion genau gleich aufgebaut sind. (Rodriguez, 2013a)

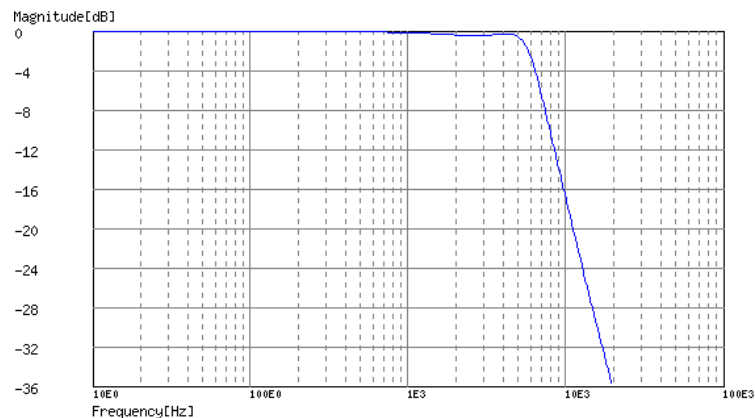


Abbildung 38: Frequenzgang des Rekonstruktion Filters im Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedal. Generiert mit dem „3rd Order Sallen Key Design Tool“ von Okawa Electric Design

Es ist eindeutig erkennbar, dass dieser Filter demjenigen aus der Anti – Aliasing Sektion sehr ähnelt. Die Abschwächung tritt bei denselben Frequenzen in Kraft wobei sie ein bisschen stärker ist. Frequenzen von 10kHz werden hier zum Beispiel bereits um 16dB abgeschwächt. Außerdem ist eine ganz leichte Abschwächung der vorher angehobenen Frequenzen (1 kHz – 8 kHz) festzustellen.

6.2.3 Bucket Brigade Device Stage

Die Bucket Brigade Device Stufe bildet das Herz einer Chorusschaltung. Sie wird aus einem BBD Chip, der zusammen mit einem Taktsignalgenerator arbeitet, gebildet. Außerdem benötigt diese Stufe einen Niederfrequenzoszillator, der den Taktsignalgenerator ansteuert um somit variable Verzögerungszeiten bilden zu können. Eine Verzögerung des Signals macht nämlich nicht nur einen Chorus sondern auch einen Flanger aus. (Rodriguez, 2013a)

BBD's erhielten ihren Namen von der Ähnlichkeit zur Funktionalität einer Feuerlöschbrigade, die sich in der Kette Kübel mit Wasser reichen. Im Deutschen wird eine solche Sektion oft als Eimerkette bezeichnet. Der erste BBD Chip kam in den mittleren 70ern auf. Roland und Boss waren die ersten Kunden, die diesen Chip in ihre Geräte implementierten (Roland JC120 Verstärker, Boss CE – 1 Chorus).

Im Inneren einer Bucket Brigade Device sind winzige Kondensatoren vorzufinden, die in Serie zwischen MOSFET Transistoren geschaltet sind. Die Steuerung einer solchen integrierten Schaltung erfolgt durch einen Taktsignalgenerator. Bei einem Impuls des Generators wird die Ladung, die vom analogen Eingangssignal

empfangen wird, vom einen Kondensator zum nächsten weitergegeben. Beim nächsten Impuls wird die erste Ladung wiederum zum nächsten Kondensator befördert und die erste Ladung nimmt ihren Platz ein. (Orman, 2017a)

Übliche BBD Chips kommen von Matsushita / Panasonic mit der Bezeichnung MN3xxx. Die Varianten unterscheiden sich in der Auslegung für hohe beziehungsweise niedrige Versorgungsspannungen und natürlich Anzahl an Stufen. Der MN3007 basiert auf der Bucket Brigade Delay Schaltung mit isolierter Triode und differenzierten Ausgang. Er fand seine Anwendung in sehr vielen bekannten Modulationspedalen wie zum Beispiel dem Boss CE – 2 oder eben den behandelten Small Clone von Electro Harmonix. (Rodriguez, 2013a)

Der Chip besteht aus 1024 PMOS Siliziumstufen und liefert dem Signal eine Verzögerung von 5,12 bis 51,2 Millisekunden. Die Tatsache, dass für einen Chorus effekt 5 bis 40 Millisekunden Verzögerung benötigt werden, macht den MN3007 für diese Aufgabe perfekt. Unterstützte Taktfrequenzen reichen hier von 10 bis 100 kHz. Der MN3007 ist zwar für 10V – 15V Versorgungsspannung ausgelegt, scheint aber mit der niedrigeren Versorgungsspannung eines Gitarrenpedals recht gut zu funktionieren. (Rodriguez, 2013a)

Die Rate mit der die Weitergabe des analogen Signals im BBD erfolgt, wird durch den Taktsignalgenerator bestimmt. Auf diese Weise ist das Ausgangssignal durch die externe Taktabtastung zeitdiskret und aufgrund des Kondensatorspeichers auch analog in der Amplitude.

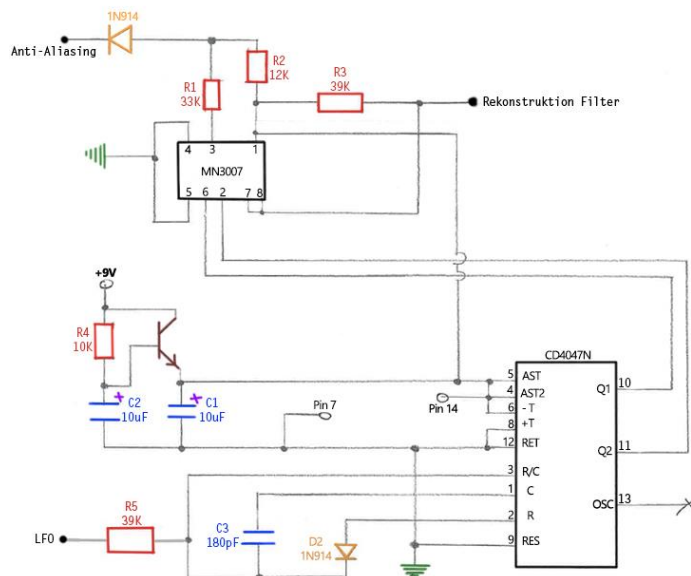


Abbildung 39: Schaltplan der Bucket Brigade Device Stage des Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals

Eine Bucket Brigade wird im Normalfall durch einen Taktsignalgenerator gesteuert. Es nimmt das gesampelte Signal und schickt es durch Kapazitätzellen bis es den Ausgang erreicht. Wie schnell das Signal den BBD durchquert, hängt von der Anzahl der Zellen und Geschwindigkeit des Taktgenerators ab. Sobald das Signal am Ausgang rekonstruiert wird, ist es zeitverzögert. Mit 1000 Zellen und 10000 Hertz Taktfrequenz benötigt das Signal 100 Milisekunden um den Delay Chip zu durchqueren. (Orman, 2017a)

Grundsätzlich versorgt ein Taktsignalgenerator den BBD mit:

- Zwei – Phasen – Takt mit niedriger Impedanz und angemessener Kapazität. Die Taktfrequenz definiert sich durch ein simples RC – Netzwerk
- Angemessene Vorspannung um die Übertragungseffizienz zu steigern. Im Normalfall beträgt diese 14/15 der Eingangsspannung

Die Verwendung eines solchen bestimmten Taktgenerators ist nicht zwingend notwendig. Viele Hersteller bedienen sich simplen Spannungsteilern und Oszillator IC's. Der Grund dafür sind Kostenreduzierung, Flexibilitätssteigerung und das Erreichen höherer Taktraten. Das *Carbon Copy Delay* von *MXR* oder eben der *Small Clone Chorus* verwenden einen CD4047 Multivibrator. (Rodriguez, 2013a)

Ein Multivibrator erzeugt ein elektrisches Signal, das seinen Zustand auf regulärer Basis (astable) oder auf Abruf (monostable) ändert. Ein solcher Chip besitzt insgesamt 3 Ausgänge. „Q“ ist der normale Ausgang und „Q2“ der inverse. OSC liefert ein Signal, dass sehr nahe an der doppelten Frequenz von Q ist. Dieser wird beim *Small Clone Chorus* allerdings nicht verwendet. Der Arbeitszyklus der Ausgänge beträgt immer 50%/50%. Die Zeitperiode zwischen der Aktivierung der beiden Ausgänge kann mithilfe des RC Netzwerkes bei den Pins 1,2,3 berechnet werden. Diese zwei Bauteile bestimmen somit die Oszillationsfrequenz des CD4047. (John, 2011)

6.2.4 Low Frequency Oscillator

Bei Choruspedalen ist es natürlich möglich es hier zu belassen und ein Effekt mit einem statischen gefilterten Sound zu besitzen. Allerdings wünscht man sich bei solchen Pedalen eine gewisse Interaktion zu ermöglichen um verschiedene Sounds zu erreichen. Daher wird bei Choruspedalen ein Niederfrequenzoszillator implementiert um Parameter steuern zu können.

Der Niederfrequenz – Oszillator erzeugt eine Wellenform mit einer Frequenz von unter 10 Hz. Er besitzt bei Modulationseffekten die Aufgabe klangformende Aspekte zu steuern. (Kaiser, 2015)

Der Oszillator bestimmt allerdings nicht die Verzögerungszeit selber sondern die Taktfrequenz des Signalgenerators. Mit variierender Frequenz ändert sich wiederum die Delay Zeit. (Orman, 2017a)

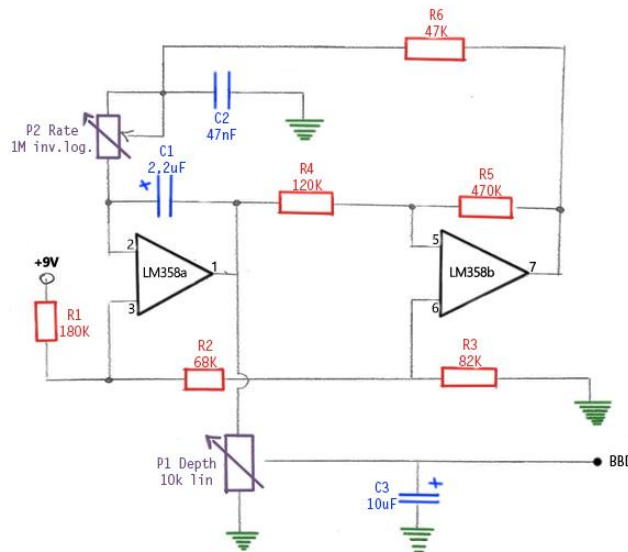


Abbildung 40: Schaltplan des Niederfrequenzoszillators (LFO) im Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedal

Genau eine solche langsame Modulation der Verzögerungszeit mit einem Niederfrequenzoszillator macht einen Choruseffekt aus. Die Schwingung des LFO's verursacht eine abwechselnde Anhebung und Senkung der Verzögerungszeit und somit auch der Tonhöhe des verzögerten Signals. (Rodriguez, 2013a)

Das Signal wird nach einer bestimmten Wellenform mit dem Oszillator moduliert. Niedrige Frequenzen der Oszillarmodulation sorgen dafür, dass die

Klangveränderungen auch für uns hörbar werden. Bei hohen Frequenzen wäre dies nämlich nicht gewährleistet. (Kaiser, 2015)

Frequenzmodulation bedeutet in diesem Fall, dass die hohe Frequenz des Takts in Abhängigkeit der LFO – Schwingung (0,05 Hz – 20 Hz) um einen Mittelwert schwankt. In der Eimerkette wirkt sich dies durch eine ständige Veränderung der Verzögerungszeit und Tonhöhe aus. Sollte der LFO zum Beispiel eine Sinusschwingung erzeugen, werden die Auslöschfrequenzen dieser Kurve entsprechend im Frequenzgang hin – und hergeschoben. Nach dem Zusammenmischen mit dem originalen Signal ergibt sich das Klangbild eines Chorus Effektes. (Pieper, 2004, S. 120)

Ein Niederfrequenz – Oszillator besitzt im Normalfall eine niedrige Geschwindigkeit um die Arten von Modulationen und Verzerrungen, die auftreten können wenn die Frequenz den Hörbereich betritt, zu verhindern. Außerdem ist oft eine Geschwindigkeits („Rate“) Kontrolle implementiert. Diese stellt fest wie schnell der Taktgeber abgetastet wird. In den meisten Fällen wird bei Niederfrequenz – Oszillatoren eine Sinus- oder Dreiecksschwingung generiert. Manchmal kommen auch andere Wellenformen zum Einsatz um diverse Abtastungen zu ermöglichen. Auch Rechtecksschwingungen sind oft anzutreffen. (Orman, 2017a)

6.2.5 Stückliste

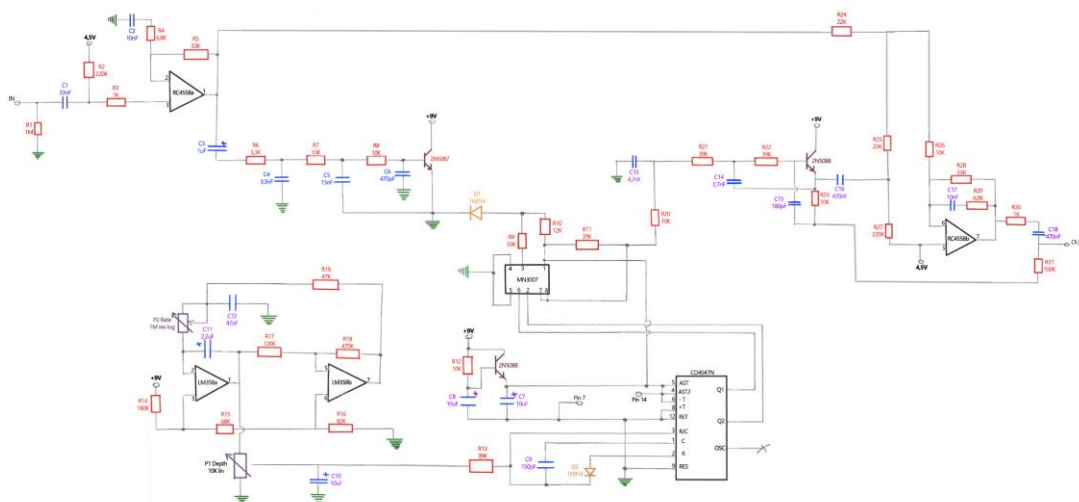


Abbildung 41: kompletter Schaltplan eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals

6 Modulationseffekte

Bezeichnung	Anzahl	Preis
Widerstand 47R	1	0,06 €
Widerstand 1K	2	0,12 €
Widerstand 3,3K	1	0,06 €
Widerstand 6,8K	2	0,12 €
Widerstand 10K	6	0,36 €
Widerstand 12K	1	0,06 €
Widerstand 22K	2	0,12 €
Widerstand 33K	3	0,18 €
Widerstand 39K	4	0,24 €
Widerstand 47K	1	0,06 €
Widerstand 56K	2	0,12 €
Widerstand 68K	1	0,06 €
Widerstand 82K	1	0,06 €
Widerstand 100K	1	0,06 €
Widerstand 120K	1	0,06 €
Widerstand 180K	1	0,06 €
Widerstand 220K	2	0,12 €
Widerstand 470K	1	0,06 €
Widerstand 1M	1	0,06 €
Keramik 150pF	1	0,06 €
Keramik 180pF	1	0,06 €
Keramik 470pF	1	0,10 €
Schicht 2,7nF	1	0,12 €
Schicht 3,3nF	1	0,12 €
Schicht 4,7nF	1	0,12 €
Schicht 10nF	2	0,24 €
Schicht 15nF	1	0,12 €
Schicht 33nF	1	0,12 €
Schicht 47nF	1	0,12 €
Schicht 470nF	2	0,40 €
Elko 1uF	1	0,08 €
Elko 2,2 uF	1	0,08 €
Elko 10uF	5	0,40 €
Elko 220uF	1	0,08 €
RC4558 Dual OPV	1	0,25 €
MN3007 BBD Chip	1	8,50 €
CD4047 Multivibrator	1	0,25 €
LM358N Dual OPV	1	0,15 €
8 Pin Sockel (optional)	3	0,15 €
16 Pin Sockel (optional)	1	0,08 €
2N5087 Transistor	1	0,12 €
2N5088 Transistor	2	0,24 €
3 Pin Sockel (optional)	3	0,30 €

6 Modulationseffekte

1N914 Diode	2	0,08 €
16mm Potentiometer 10k lin	1	1,10 €
16mm Potentiometer 1M rev log	1	1,10 €
Fußschalter 3DPT	1	3,90 €
9V Batterie (optional)	1	1,60 €
		22,08 €

Tabelle 8: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer Electro Harmonix Small Clone Chorus Schaltung und deren Kosten

6.2.6 Testaufbau

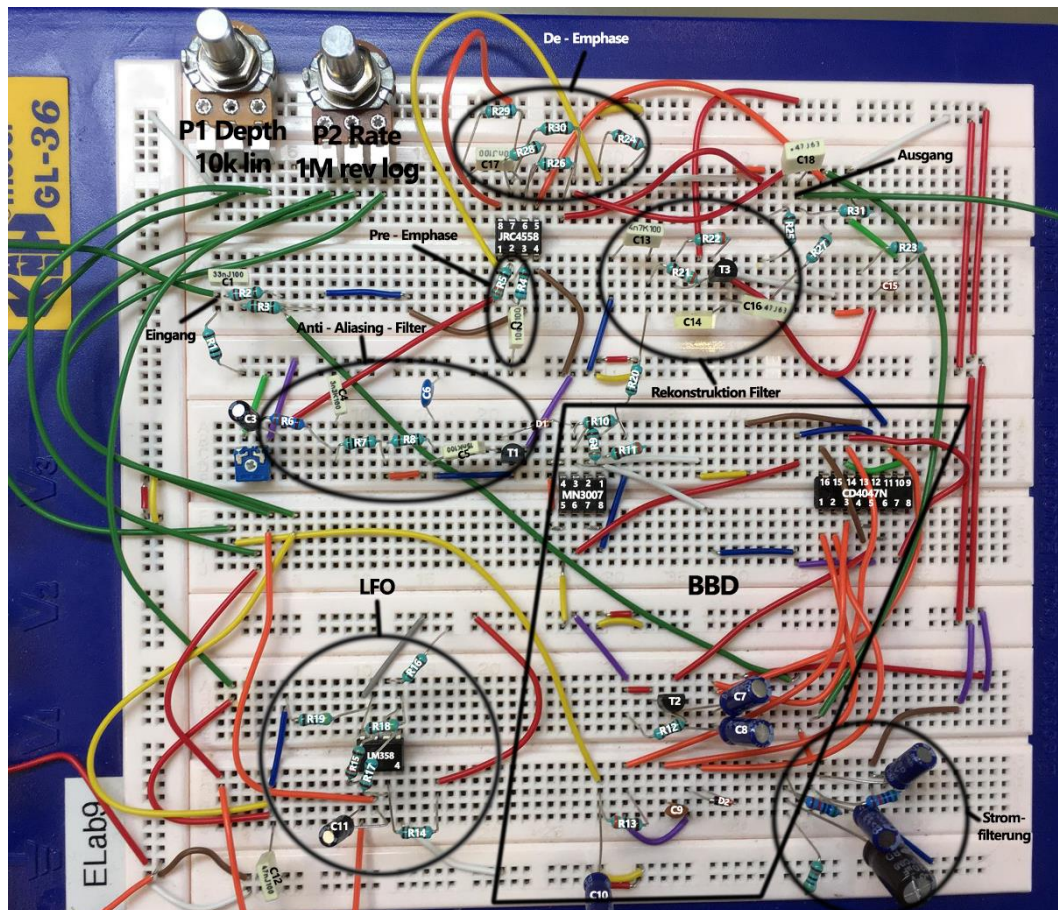


Abbildung 42: Testaufbau einer Electro Harmonix Small Clone Chorus Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett

7 Delay

Aus dem Englischen übersetzt, bedeutet „to delay“ soviel wie „verzögern“. Dieser Ausdruck wird verwendet um sowohl den Echo–Effekt an sich, als auch die dafür zuständigen Geräte zu bezeichnen. Bei einem Echo handelt es sich um die Wiederholung eines Schallereignisses nach einer gewissen Verzögerungszeit. Hierbei handelt es sich allerdings um einen Effekt, der lange vor der Einführung technischer Geräte bereits in der Natur wahrgenommen werden konnte. (Pieper, 2004, S. 71)

Ein Paradebeispiel wäre die Tatsache, dass sich gesprochene Worte in den Bergen zu wiederholen scheinen. Die Ursache dafür ist die Reflexion von Schallwellen (in einem solchen Fall bei Felswänden). Dadurch erreicht der Schall nach einiger Zeit erneut unser Ohr. Zwischen Hochhäusern werden die Reflexionen nach einer deutlich kürzeren Verzögerungszeit wahrgenommen. Durch die konstante Schallgeschwindigkeit ist die Verzögerungszeit proportional zur Entfernung. Zu beachten ist, dass der Klang auch verändert wird. Hohe Frequenzen werden in der Luft stärker begrenzt als tiefe und das Echo wird mit jeder Reflexion dumpfer. (Sandmann, 2007, S. 81)

Das menschliche Ohr unterscheidet zwei unterschiedliche Schallereignisse erst ab einem zeitlichen Abstand von etwa 30 Millisekunden. (Sandmann, 2007, S. 81)

Genau diese Tatsache macht einen Echoeffekt aus, den wie bereits erwähnt, wird bei kürzeren Abständen nur ein einziges Ereignis wahrgenommen, dessen Klang jedoch verändert wird. Aus dieser Eigenschaft wird bei dem bereits besprochenen Choruseffekt beziehungsweise allen Modulationseffekten ein Vorteil gezogen.

Das erste technische Gerät mit dem eine Verzögerung erreicht werden konnte, war die Tonbandmaschine. Eine Tonbandschleife wird mit konstanter Geschwindigkeit an einem Löschknopf, einem Aufnahmeknopf und zwei bis drei Wiedergabeknopfen vorbeigezogen. Der Aufnahmeknopf zeichnet das zu verzögernde Signal auf. Als Resultat ergeben sich Verzögerungszeiten, die von der Bandgeschwindigkeit und den zu den Wiedergabeknopfen zurückgelegten Strecken abhängig sind. (Pieper, 2004, S. 72)

Bei einem Delay geht es allerdings nicht nur darum das Signal nach einer Verzögerung wiederzugeben. Das Delay macht aus, dass es jeweils das letzte Delaysignal wiederum dem Signal zuführen kann um mehrere Wiederholungen erreichen zu können (wie in der Natur). Da es sich bei dieser Technik um eine

Rückspeisung handelt, spricht man vom *Feedback* des Delays. (Kaiser, 2015, S. 211)

Nachdem die Wiedergabeknöpfe das Band abgespielt haben und als Delay dem Hauptsignalweg zugemischt wurden, gelang das Band in einen Vorratsbehälter um gelöscht und neu bespielt zu werden. Dank eines Feedback Reglers war es möglich weitere Wiederholungen zu erhalten. (Pieper, 2004, S. 72)

Ein kurzes Delay mit 50 – 100 Millisekunden resultiert in einem so genannten *Slap Back Echo*, welches in sehr vielen frühen Produktionen aus dem Bereich des Rockabilly zu hören war. Längere Delays werden bereits als separate Reproduktionen des originalen Signals wahrgenommen.

Die Einführung von elektronischen Analog Delays in den späten 1970ern gehört wohl zu dem größten Markt, die ein Delay liebender Gitarrist jemals erlebt hat. In den frühen 1980er Jahren gab es kaum einen Gitarristen, der ohne Delay Pedal auf der Bühne aufgetreten ist. Bereits zu dieser Zeit bieten alle größeren Hersteller jeweils ein oder zwei Delay Pedale an. (Hunter, 2013, S. 37)

Ich muss auch offen gestehen, dass mich dieser Effekt selber zum Gitarre spielen, inspiriert hat. Als ich die Gitarre von „The Edge“ aus der Band U2 in Liedern wie *Where The Streets Have No Name* oder *Pride (In The Name Of Love)* zum ersten Mal hörte, beschloss ich dieses Instrument zu erlernen. Generell würde ich jedem raten, der sich über Einsatzmöglichkeiten von Delay bei einer elektrischen Gitarre einen Überblick verschaffen möchte, die Gitarrenarbeit bei U2 unter die Lupe zu nehmen. *The Edge* hatte schon seit den Anfängen von U2 das Delay verwendet und dieser Effekt ist auch sehr charakteristisch für ihn. Vor Allem wenn es um die Feinanpassung von Parameter und gezielte Wahl von Verzögerungszeiten geht.

Analoge Delaypedale erschienen zur selben Zeit wie die vorhin behandelten Modulationspedale, da sie dieselbe Technik verwenden um das Signal in der Zeit zu verzögern. Natürlich sind hier wieder die *Bucket Brigade Chips* gemeint. (Hunter, 2013, S. 38)

Das Reticon SAD – 1024 war der erste BBD Chip mit dem Delaypedale realisiert worden sind. Später wurde dieser Chip durch den SAD – 4096 ersetzt, da dieser viermal soviel Stufen besaß und somit längere Delayzeiten ermöglicht hat. Das *Memory Man* von Electro Harmonix war das erste Delaypedal, welches solche Chips in seiner Schaltung integriert hatte. Die Länge des Delays hängt hier wiederum von der Anzahl der Stufen im BBD Chip und Geschwindigkeit des Taktoszillators ab. Je langsamer der Oszillator ist, desto länger wird das Delay

sein. Bei Bedarf eines kurzen Delays wird der Oszillator schnell betrieben. (Orman, 2017a)

Grundsätzlich sind sich analoge Modulations – und Delaypedale in ihrer Funktionsweise sehr ähnlich. Der große Unterschied besteht darin, dass zusätzlich zum BBD keine Modulation mithilfe eines externen Oszillators erfolgt. Wie bereits erklärt, wird bei einem Small Clone Chorus Pedal zwar ebenfalls verzögert. Die Verzögerung und Tonhöhe wird allerdings kontinuierlich moduliert.

Das Problem, welches bei solchen analogen Delaypedalen behoben werden muss, ist die Bandbreite. Diese muss im oberen Bereich zur Hälfte des Ansteuerungsozillators limitiert werden um das Shannon – Nyquist Sampling Theorem zu erfüllen. Im Falle eines SAD-4096 mit seinen 2048 Stufenpaaren und Schaltern ergibt sich die Verzögerungszeit aus der Division der Stufen durch die Oszillatorfrequenz: $2048 \text{ Stufen} / 10000 \text{ Hertz} = 204,8 \text{ Millisekunden}$. Vor der BBD wird ein Tiefpassfilter eingesetzt um Frequenzen über 5kHz steil abzuschneiden. Ein ähnlicher Filter befindet sich ebenfalls nach der BBD um Rauschen und Taktgeräusche zu eliminieren. (siehe Kapitel 6.2.1)

Mit einer Taktfrequenz von über 10kHz konnte für die Gitarre eine ausreichende Bandbreite von 50kHz erreicht werden. Allerdings kann mit einer solchen Taktfrequenz nur Verzögerungszeiten bis 51 Millisekunden erreicht werden. Daher wurde nach einem Kompromiss zwischen Bandbreite und genügend Verzögerungszeit gesucht. Bei vielen Analog Delays wurde die Taktfrequenz bei 2-3 kHz festgelegt. Eine andere Lösung war der Einsatz von teuren BBD's mit mehr Stufen oder die Schaltung mehrerer kurzer Eimerketten hintereinander. Der Nachteil besteht darin, dass nach jeder Verzögerungseinheit das Signal neu gesampelt und rekonstruiert werden muss und somit die Signalqualität erheblich darunter leidet. Die Ladungsverluste beim Durchqueren der Kondensatoren summieren sich und es entsteht Rauschen. (Pieper, 2004, S. 77)

Analoge Delays besitzen genau aus dem Grund einen beschränkten Frequenzumfang und folglich klingen die Verzögerungen matt, diffus und höhenarm. (Pieper, 2004, S. 78)

Im nächsten Kapitel soll eine andere Art von Pedalen beschrieben werden, die ein Delay erzeugen. Es handelt sich um digitale Echopedale. Da das zu analysierende Deep Blue Delay Pedal von Mad Professor auf digitaler Basis arbeitet, soll im folgenden Kapitel die Arbeitsweise eines digitalen Delay Pedals nähergebracht werden.

7.1 digitale Delay Pedale

Digitale Delaypedals erreichten das Pedalboard in den frühen 1980er Jahren. Hier wurden Gitarristen lange Delayzeiten und saubere Signalwiederholungen geboten. Erste 8 – Bit Einheiten waren jedoch anfällig für digitale Verzerrungen und produzierten nicht immer saubere Wiederholungen des Signals. Generell gilt je höher die Abtastrate, desto besser die Soundqualität. (Hunter, 2013, S. 38)

Erst mit der Einführung von leistungsfähigen Signalprozessoren und Speicherbausteinen beziehungsweise Steigerung der Samplingfrequenz auf bis zu 24 Bit konnten sich digitale Echoeinheiten auf dem Markt durchsetzen und vorerst analoge Pedale und Bandechogeräte im Hintergrund lassen. (Pieper, 2004, S. 79)

Nach einiger Zeit realisierten manche Gitarristen, dass Delayzeiten von 2 Sekunden oder sogar 500 Millisekunden nicht wirklich effizient einsetzbar sind und begannen alte analoge Einheiten zu vermissen. Heutzutage verwenden hervorragende Gitarristen sowohl analoge als auch digitale Echopedale. Die Musik, die damit produziert wird, wird anstelle der angewandten Technik in den Vordergrund gestellt. (Hunter, 2013, S. 38)

Das Grunprinzip eines digitalen Delays besteht darin, dass das zu verzögernde Audiosignal sampleweise zwischengespeichert wird. Es erfolgt eine Abtastung des Signals mit einer bestimmten Frequenz. Die Abtastwerte werden schließlich digitalisiert damit sie in Zahlenform vorliegen. Die erschaffene Abtastwerte gelangen in einen Zwischenspeicher. (Friesecke, 2007, S. 680)

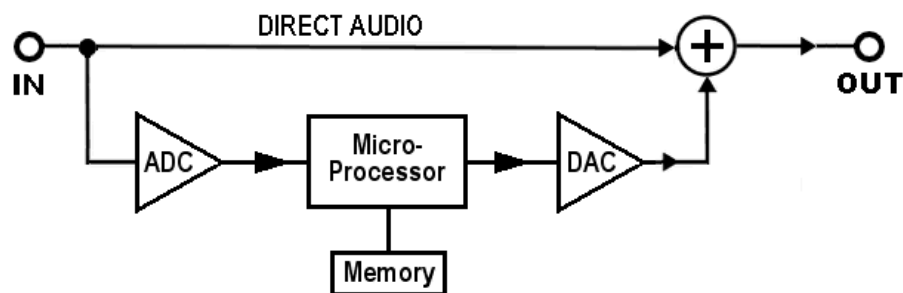


Abbildung 43: Funktionsweise eines digitalen Delay Pedals (Orman, 2017)

Die erste Aufgabe eines digitalen Echo - Chips besteht darin analoge Spannungswerte in ein aus „0“ und „1“ bestehendes binäres Bitmuster umzuwandeln. Ein Analog/Digital – Wandler nimmt die analoge Spannungswerte auf und tastet den Spannungsverlauf ab. Anschließend wird pro Sekunde eine bestimmte Anzahl an Spannungswerten ermittelt, die eine binäre Codierung

erfahren um schließlich als Datenbytes weitergegeben werden. (Pieper, 2004, S. 79)

Die Datenbytes werden zu einem Speicherbaustein, auch RAM genannt, weitergeleitet. Dieser besteht aus Speicheradressen, in die Daten eingelesen werden. Diese Adressen sind nummeriert angeordnet und können mithilfe eines Adresszeigers angesprochen werden. Die Ablegung beginnt bei der kleinsten Adresse und arbeitet sich zur letzten hoch. Zur selben Zeit verschwindet stets ein Byte im Speicher. Sobald der Speicher voll ist, wird der Zeiger wieder auf die kleinste Position zurückgesetzt und der Vorgang beginnt von vorne. Die alten Daten werden überschrieben. (Pieper, 2004, S. 80)

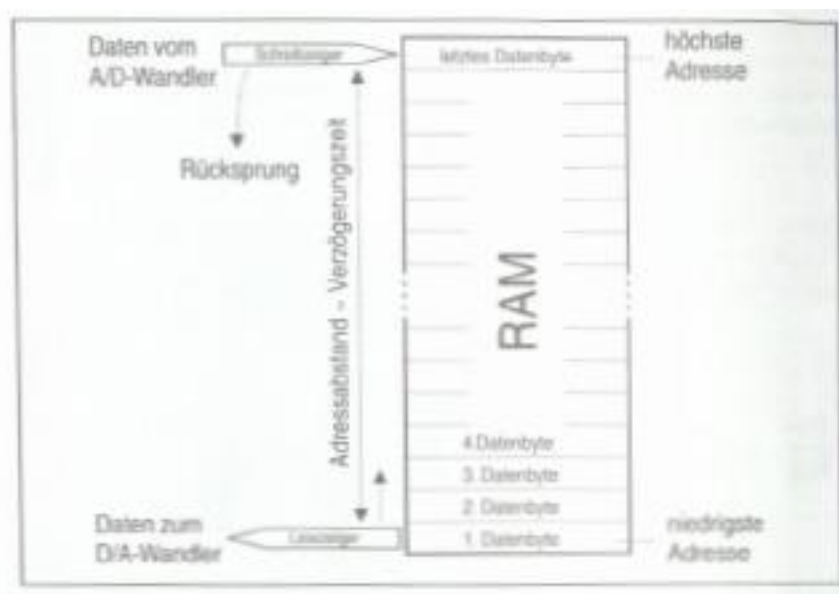


Abbildung 44: RAM Adressierung bei der Delay Erzeugung (Pieper, 2004, S. 80)

Das Delay entsteht aber erst mithilfe einer zweiten Programmschleife (Lesezeiger). Dieser liest die vorher geschriebenen Daten aus. Mittels Digital – Analog Wandlung erfolgt eine Rückwandlung in analoge Spannung.

Die Samples können je nach gewünschter Delayzeit weiter hinten im Speicher ausgelesen werden. Dadurch kann auch mit einer festen Abtastfrequenz gearbeitet werden. (Friesecke, 2007, S. 681)

Auch eine Datenrückführung ist von Nöten um mehrere abklingende Wiederholungen zu erzeugen. Die ausgelesenen Daten werden abgesehen zur Abführung zum Ausgang noch zusätzlich mit dem am Eingang ankommenden Bytes verrechnet. Das rückgeführte Signal wird mithilfe des Feedback-Parameters im Pegel abgesenkt, mit dem neuen Signal vermischt und erneut verzögert. Es

geschieht solange bis die Pegelreduktion so groß geworden ist, dass das Signal im Grundrauschen verschwindet oder von neuen Einspielungen verdeckt wird. (Pieper, 2004, S. 80)

7.2 Mad Professor Deep Blue Delay

Die Marke Mad Professor hatte sich einen Namen mit seinen handgemachten Röhrenverstärkern gemacht. Gegründet wurde das Unternehmen durch Harri Koski, einer der ersten in Europa vertretenen Online Gitarrenverkäufer. Im Laufe der Zeit wurde eine ganze Palette an Effektpedalen angeboten, die die bekanntesten Effektkategorien deckten. Bekannte Effektpedale wären: Deep Blue Delay, Mellow Yellow Tremolo, Mighty Red Distortion, Electric Blue Chorus und Ruby Red Booster. (Hunter, 2013, S. 139)

Ganz im Gegensatz zu den bis jetzt behandelten Pedalen handelt es sich hier keineswegs um Vintage Pedale aus den 70er oder 80er Jahren, sondern Einheiten aus der „Contemporary Maker“ Kategorie.

Hier handelt es sich ganz einfach um relativ neue Hersteller, die Gitarreneffektpedale auf den Markt bringen. Sehr oft beruhen diese Pedale auf Schaltungen von Vintage Pedalen. Durch die geschickte Implementierung von Modifikationen werden leisere, vielseitigere und zuverlässigere Versionen eines Vintage Pedales erschaffen. Auch durch weitere Vermarktungstricks wie die Neuausgabe einer längst vergessenen Einheit oder Erkundung neuer Möglichkeiten für die Kreation eines komplett neuen Effektes, machen Pedale von kontemporären Herstellern einen wesentlichen Teil am Markt aus. (Hunter, 2013, S. 102)

Bei Mad Professor handelt es sich um eine „High End“ Marke. Die Pedale erreichen trotz der Tatsache, dass es keine Vintage Pedale sind, einen sehr hohen Preis. Das Deep Blue Delay fordert immerhin einen stolzen Neupreis von 300€. Genau aus diesem Grund ist es auch interessant ein solches Pedal für eine Rekonstruktion heranzuziehen, da hier die Kosteneinsparungen enorm ausfallen.

Aber warum entscheidet sich eigentlich Mad Professor ein Delay auf digitaler Basis herzustellen? Dazu wird auf der Homepage eine klare Stellungnahme abgegeben.

Das Verzögerungsmedium ist gar nicht so kritisch. Wir könnten genauso eine Öltrommel, ein Band oder ein analoges BBD verwendet werden. Der tatsächliche Sound basiert immerhin auf der Limitierung des Verzögerungsmedium und umgebenden Peripherie, die alles zum Laufen bringt. Unser Ziel war es die Einheit trotz angemessenen Delayzeiten und praktischen Wartungsfreiheit, kompakt und stabil zu halten. Bei digitaler Arbeitsweise kann die periphere Schaltung mit der gewünschten Bandbreite und Verzerrungsstufen eingestellt werden ohne die Grenzen des Verzögerungsmediums zu berücksichtigen. Eine solche Schaltung in analoger Form wäre in der Herstellung um einiges teurer. Für die gleiche Leistung wären 3 bis 4 BBD Chips von Nöten. Die Größe des Pedals würde sich außerdem um ein Drei – bis Vierfaches vergrößern. (Mad Professor Amplification, o. J.)

7.2.1 PT2399 Echo Chip

Bei der erstmaligen Betrachtung des Schaltplans eines Deep Blue Delays fällt mit Sicherheit zuallererst auf, dass abgesehen von dem Echo Chip und seiner Peripherie nicht wirklich viel vorzufinden ist.

Für Delaypedale werden eine Vielzahl an Echo Chips angeboten. Der mit Abstand bekannteste wäre der PT2399 von *Princeton Technology*. Es handelt sich hier um einen Signalprozessor, der anfangs für Karaokeplayer und PA Systeme entwickelt worden ist. Er beinhaltet alle Elemente, die ein Echo Chip erfordert: Analog – Digital Wandler, Digital – Analog Wandler, Speichereinheit und Operationsverstärker für die Filterung. (Orman, 2017a)

Der PT2399 bedient sich der CMOS Technologie. Er akzeptiert analoge Signale und wandelt dieses mit einer hohen Abtastrate in Bits um. Diese werden im integrierten 44kBit Speichermedium abgelegt. Nach der Verarbeitung erfolgt wieder eine Digital–Analog Wandlung mit anschließenden Tiefpassfilter. (Princeton Technology, 2010)

Das Datenblatt des PT2399 bietet eine Standardschaltung, die darbringt wie die Peripherie dieses Chips im Normalfall aufgebaut werden sollte damit dieser korrekt funktioniert. Bei der Betrachtung des Schaltplans des Deep Blue Delays wird auffallen, dass die von Princeton Technology angebotene Variante zum Großteil übernommen worden ist.

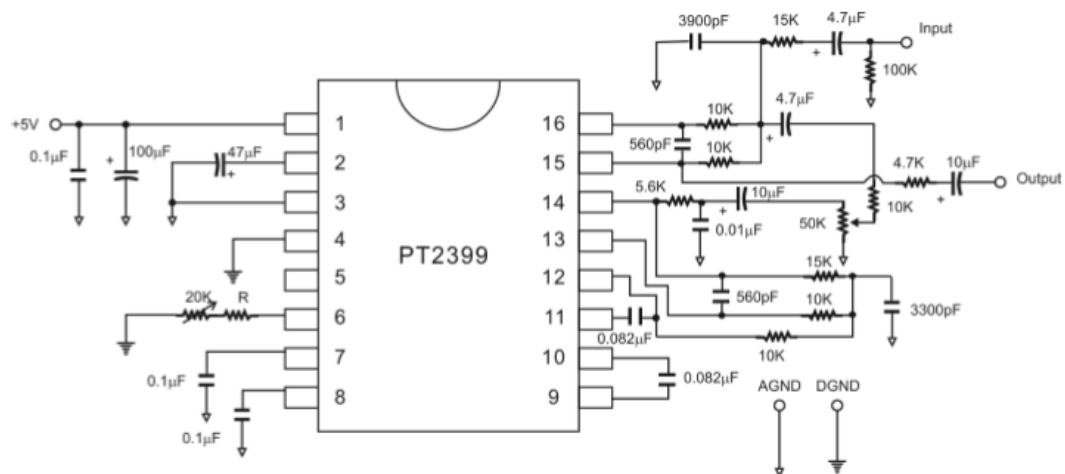


Abbildung 45: Standardschaltung der Peripherie eines PT2399 Echo Chips, entnommen aus dem PT2399 Datenblatt (Princeton Technology, 2010)

Die allergrößte Wichtigkeit wird dem Pin 6 zugeschrieben, da dieser bestimmt wie groß die Verzögerungszeit des Signals sein soll. Der Pin 6 fungiert als Spannungsquelle und wird auf der Hälfte der Versorgungsspannung betrieben. Diese wird von einem 5V Spannungsregler geboten. Somit beträgt die Spannung am sechsten Pin 2,5V. Die Verzögerungszeit richtet sich je nachdem wie viel Strom aus dem Pin 6 gesaugt wird. Sehr wichtig zu beachten ist, dass dieser Wert nicht 2,5mA überschreitet, wenn der Chip in Betrieb genommen wird, da ansonsten die Gefahr besteht, dass dieser ausbrennt. Aus diesem Grund ist zusätzlich zu einem Potentiometer, der den Nutzer die Verzögerungszeit je nach Bedarf varrieren lässt, noch ein konstanter Widerstand implementiert. Gleichzeitig limitiert sich die minimale Verzögerungszeit auf einen bestimmten Wert. (Princeton Technology, 2010)

Doch wie verhält sich der Widerstandswert zu der Verzögerungszeit? Das Datenblatt stellt zwar einige Beispielwerte zur Verfügung aber gibt keinen Hinweis darauf wie die Verzögerungszeit bei einem gegebenen Widerstandswert berechnet werden kann.

Tom Willshire hat sich in seinem Artikel *Useful design equations for the PT2399* diesem Thema gewidmet und dem Leser Gleichungen geboten, mit denen diese Frage beantwortet werden kann.

Betrachten wir erstmals die im Datenblatt angeführten Verhältnisse von Widerstandswert und Verzögerungszeit.

7 Delay

R	27.6K	21.3K	17.2K	14.3K	12.1K	10.5K	9.2K	8.2K
fck	2.0M	2.5M	3.0M	3.5M	4.0M	4.5M	5.0M	5.5M
td	342ms	273ms	228ms	196ms	171ms	151ms	136.6ms	124.1ms
THD	1.0%	0.8%	0.63%	0.53%	0.46%	0.41%	0.36%	0.33%

R	7.2K	6.4K	5.8K	5.4K	4.9K	4.5K	4K	3.4K
fck	6.0M	6.5M	7.0M	7.5M	8.0M	8.5M	9.0M	10M
td	113.7ms	104.3ms	97.1ms	92.2ms	86.3ms	81ms	75.9ms	68.1ms
THD	0.29%	0.27%	0.25%	0.25%	0.23%	0.22%	0.21%	0.19%

R	2.8K	2.4K	2K	1.67K	1.47K	1.28K	1.08K	894
fck	11M	12M	13M	14M	15M	16M	17M	18M
td	61.6ms	56.6ms	52.3ms	48.1ms	45.8ms	43ms	40.6ms	38.5ms
THD	0.18%	0.16%	0.15%	0.15%	0.15%	0.15%	0.14%	0.14%

Abbildung 46: Verhältnis zwischen Widerstandswert und Verzögerungszeit bei einem PT2399 Chip, entnommen aus dem PT2399 Datenblatt (Princeton Technology, 2010, S. 23)

Die empfohlene maximale Verzögerungszeit wird von Pinceton Technology mit 342ms definiert. Ab diesem Punkt beträgt die geamte harmonische Verzerrung 1% und erhöht sich mit steigender Verzögerungszeit. Generell gilt, je länger die Verzögerungszeit, desto schlechter die Übertragungsqualität beziehungsweise höher der Anteil an harmonischer Verzerrung.

Tom Wilshire beschreibt, dass ausgehend von den angeführten Werten im Datenblatt das Verhältnis zwischen angewandtem Widerstand und Verzögerungszeit linear ist und daraus resultierend eine Gleichung zur Berechnung aufgestellt werden kann.

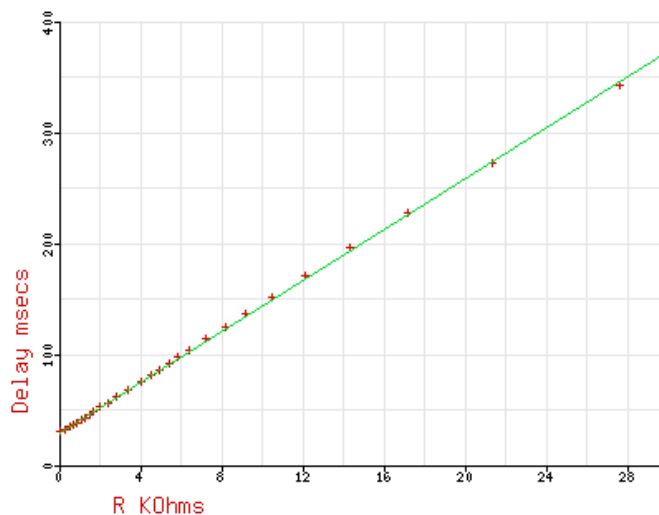


Abbildung 47 Verhältnis zwischen Widerstandswert und Verzögerungszeit bei einem PT2399 Chip, dargestellt auf einem Graph (Wiltshire, 2015)

7 Delay

Bei einem Deep Blue Delay ist am Pin 6 ein 2,7k fester Widerstand und 50k variabler Widerstand angebracht. Somit kann die minimale – beziehungsweise maximale Verzögerungszeit mit den von *Wiltshire* aufgestellten Gleichungen gelöst werden.

$$\text{Delay in ms} = (11,46 * \text{Widerstand in } k\Omega) + 29,70$$

$$\text{Delay.min} = (11,46 * 2,7k\Omega) + 29,70 = \mathbf{60,6 \text{ ms}}$$

$$\text{Delay.max} = (11,46 * 52,7k\Omega) + 29,70 = \mathbf{633,6 \text{ ms}}$$

Die maximale Verzögerungszeit eines Deep Blue Delays beträgt laut Schaltplan maximal 633,6 Millisekunden wobei zu beachten ist, dass bei solchen langen Verzögerungszeiten die Qualität der Signalwiederholungen deutlich leidet.

7.2.2 Stückliste

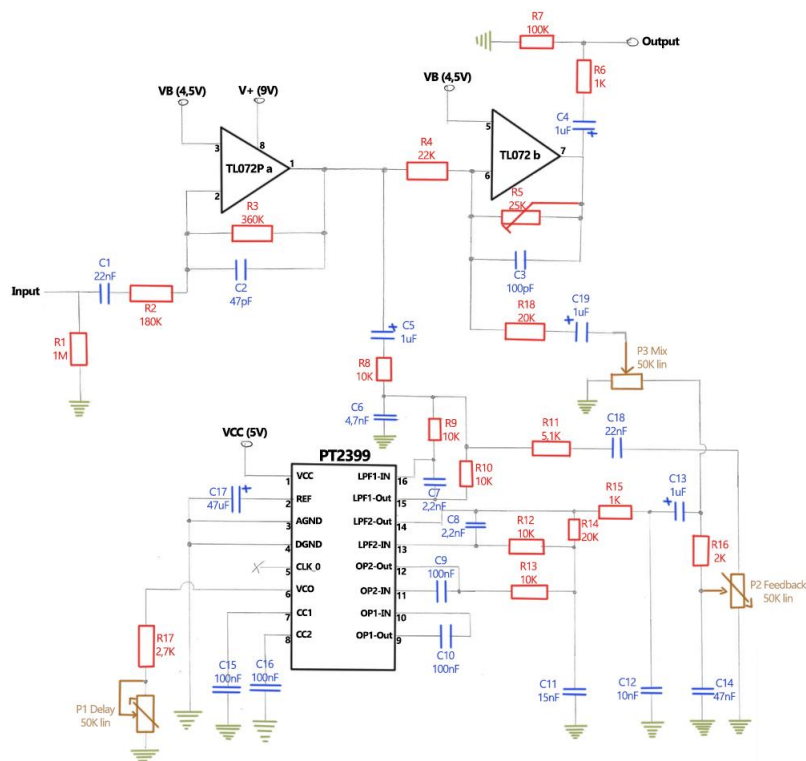


Abbildung 48: kompletter Schaltplan eines Mad Professor Deep Blue Delay Pedals

Bezeichnung	Anzahl	Preis
Widerstand 33R	1	0,06 €
Widerstand 1K	2	0,12 €
Widerstand 2K	1	0,06 €
Widerstand 2,7K	1	0,06 €
Widerstand 5,1K	1	0,06 €
Widerstand 10K	7	0,42 €
Widerstand 20K	2	0,12 €
Widerstand 22K	1	0,06 €
Widerstand 100K	1	0,06 €
Widerstand 180K	1	0,06 €
Widerstand 360K	1	0,06 €
Widerstand 1M	1	0,06 €
1N4001	1	0,04 €
Mini Trimmer 25K	1	0,18 €
Keramik 47pF	1	0,06 €
Keramik 100pF	1	0,06 €
MKT 2,2nF	2	0,24 €
MKT 4,7nF	1	0,12 €
MKT 10nF	1	0,12 €
MKT 15nF	1	0,12 €
MKT 22nF	2	0,24 €
MKT 47nF	1	0,12 €
MKT 100nF (0,1uF)	4	0,48 €
Elko 1uF	4	0,32 €
Elko 47uF	3	0,24 €
Elko 100uF	1	0,08 €
PT2399 Echo Chip	1	1,50 €
16 Pin Sockel (optional)	1	0,08 €
TL072	1	0,40 €
8 Pin Sockel (optional)	1	0,06 €
78L05 Spannungsregler	1	0,15 €
3 Pin Sockel (optional)	1	0,10 €
16mm Potentiometer 50k lin	3	3,30 €
Fußschalter 3DPT	1	3,90 €
		13,01 €

Tabelle 9: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer Mad Professor Deep Blue Delay Schaltung und deren Kosten

7.2.3 Testschaltung

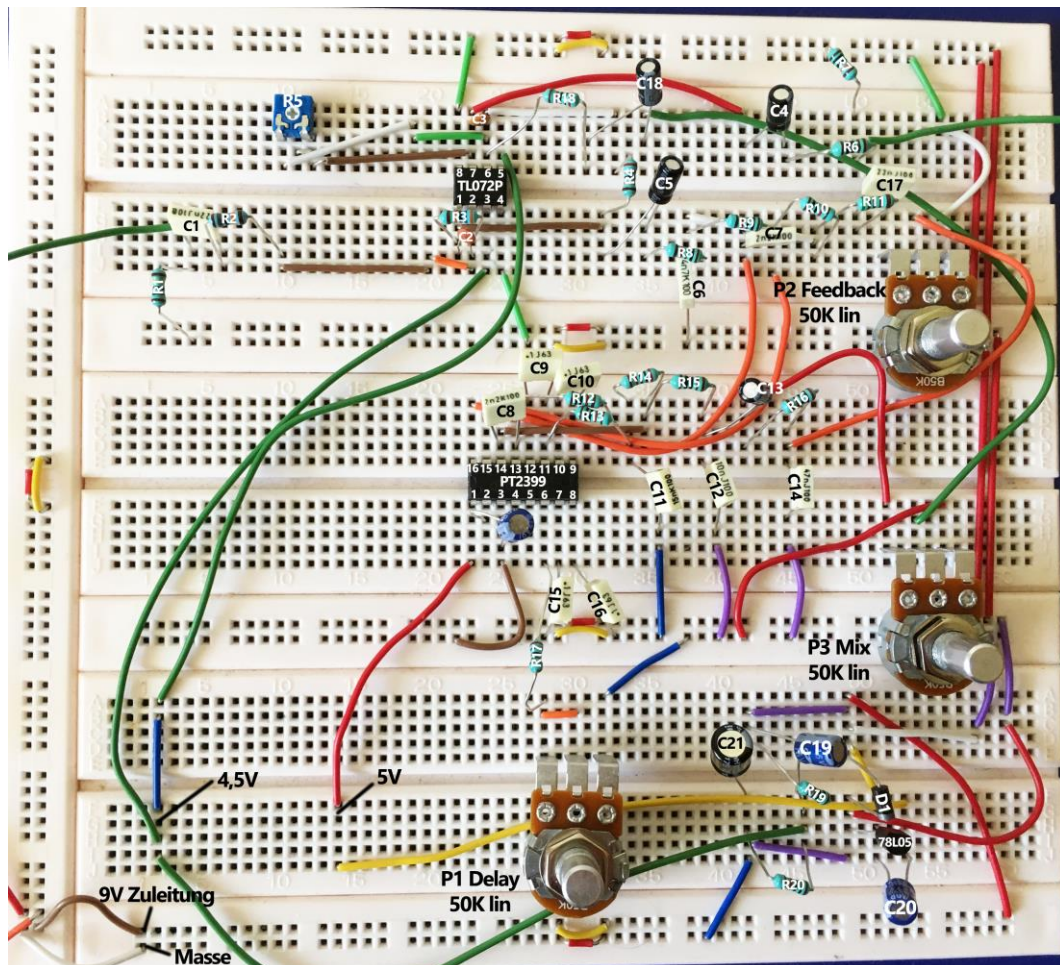


Abbildung 49: Testaufbau einer Mad Professor Deep Blue Delay Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett

8 Virtuelle Instrumente als Möglichkeit zur Effektivierung

Nachdem die Effekteinheit fertiggestellt wurde, gilt es nun diese in ihren klanglichen und praktischen Eigenschaften mit den heute durchaus präsenten gitarrenspezifischen Plugins zu vergleichen.

Da der Fokus dieser Arbeit doch auf der Entwicklung und Konstruktion einer Effekteinheit liegt, ist es absolut nicht im Sinne dieser Arbeit die Funktionsweise beziehungsweise Technik des Modelings detailliert zu beschreiben. In den folgenden Kapiteln soll lediglich ein Überblick über virtuelle Instrumente zur Gitarrenbearbeitung erläutert werden und vor Allem dargelegt werden welche Möglichkeiten, die in den ProbandInnen tests herangezogene Software mit sich bringt.

Heutzutage ist das Angebot an digitalen Programmen zur Bearbeitung von Gitarrensignalen nahezu überwältigend und immer mehr Hersteller versuchen digitale Pakete mit einer ungeheuren Anzahl an Verstärker – und Effektsimulationen auf den Markt zu bringen um Gitarristen keine Wünsche mehr offen zu lassen.

Grundsätzlich kann ein Sounddesign eines Gitarrensignals sowohl mit nicht gitarrenspezifischen als auch natürlich gitarrenspezifischen „Plugins“ erfolgen. Die Nutzung von nicht gitarrenspezifischen Lösungen kann durchaus gute Resultate hervorrufen. Hier stehen nämlich viele der Effekte zur Verfügung, die bei der Bearbeitung von Gitarrensignalen eine Rolle spielen. Allerdings sollte eine Verzerrung mit dieser Methode vermieden werden, da hier nicht in Verbindung mit einem Verstärker gearbeitet wird. Grundsätzlich besteht in der Verzerrung selber kein Unterschied, sondern in der Beeinflussung des Frequenzspektrums. Diese findet hier nämlich nicht statt, da keine Verstärkersimulation verwendet wird. (Schuster, 2010, S. 45)

Die andere Kategorie bilden Programme, die sich ausschließlich auf die Bearbeitung von Gitarrensignalen konzentrieren. Zugänglich sind sowohl Plugins, die bereits in Sequenzern, wie Logic von Emagic oder Pro Tools von Digidesign integriert sind aber auch solche, die von anderen Herstellern angeboten werden um schließlich als Standalone Programm oder als VST – Plugin in einer DAW verwendet werden können.

Anfangs herrschte eine Überschwemmung des Marktes mit gitarrenspezifischen Programmen und somit begannen Hersteller von bekannten Sequenzern selber Lösungen für Gitarristen zu entwickeln. Beispiele dafür wäre der „Amp Designer“ von Logic oder „Eleven“ von Pro Tools. (Schuster, 2010, S. 46)

Solche Gitarrensimulationen funktionieren immer nach demselben Prinzip. Sie basieren auf Impulsantworten und Klangeigenschaften bestimmter Geräte. Heutzutage beinhalten solche gitarrenspezifischen Programme alle möglichen Geräte, die normalerweise zur Aufnahme einer Gitarre notwendig sind. Dazu zählen Impulsantworten von Verstärkern, Effektpedalen, Mikrofonen und Lautsprechern. (Schuster, 2010, S. 46)

Zur Veranschaulichung werden jetzt einige gitarrenspezifische Simulationsprogramme aufgelistet, die nach Recherchen im Internet in den meisten „Top 10“ Rankings gefunden werden konnten:

- *IK Multimedia* Amplitude
- *Waves* GTR
- *Overloud* TH
- *Digidesign* Eleven (Pro Tools)
- *Native Instruments* Guitar Rig
- *Positive Grid* Bias Series
- *Studio Devil* Amp Modeler
- *Logic* Amp Designer

Für den Vergleich mit meiner Effekteinheit wird eben eine solche „Gesamtpaket“ Gitarrensimulation herangezogen, da sie sehr schön darstellt auf welchen Stand sich die digitale Seite der Gitarrenbearbeitung heute befindet und welche Möglichkeiten geboten werden.

8.1 Postive Grid Bias FX

In diesem Kapitel soll auf die Möglichkeiten der Modelingsoftware Bias Fx von Positive Grid eingegangen werden, die bei den ProbandInnen tests zum Vergleich mit der konstruierten Effekteinheit herangezogen werden soll.

Von allen am Markt vorhandenen Simulationssoftwares hat sich Positive Grid Bias Fx für mich persönlich herauskristallisiert. Dieser Hersteller bietet nämlich eine kostenlose Demoversion an um dem Nutzer einen Einblick in dieses Programm zu gewähren. Nachdem Bias FX ausgiebig getestet wurde, konnte mich diese Software durchaus überzeugen und ich beschloss diese in der *Professional* Version zu kaufen. Dies lag nicht nur an der klanglichen Performance, sondern auch leichten Bedienbarkeit beziehungsweise klaren Gestaltung der Oberfläche.

Für diese Diplomarbeit war von Anfang an der Vergleich mit einer einzigen Software vorgesehen, da das Hinzuziehen von mehreren Programmen nicht nur den Rahmen der Arbeit sondern auch die Dauer der Probandentests sprengen würde. Da mich Bias Fx gegenüber allen genutzten Plugins überzeugen konnte, fiel die Entscheidung für mich leicht. Schließlich ist es im Sinne der Arbeit die Effekteinheit mit einem „High End“ Plugin aus heutiger Sicht der digitalen Gitarrenbearbeitung zu vergleichen. Der Vergleich mit einer älteren beziehungsweise preiswerteren Software hätte meiner Meinung nach keinen wissenschaftlichen Mehrwert.

Der Hersteller *Positive Grid* spricht auf seiner Homepage in sehr großen Tönen von seinem Produkt:

„Over the last years a range of high – powered digital programs and mobile apps have changed the way millions of guitarists play and record. While most of these apps are variations on the same theme, we felt the world of guitar needed something new.

The result is Bias Fx, designed from the ground up with a no – compromise mindset on sound quality and ultimate flexibility. It comes with all of the latest and greatest algorithms from our extensive audio signal processing research, providing significantly detailed and authentic simulations of analog pedals, studio rack gear and tube amplifiers“

(„BIAS FX - Authentic Analog Sounding Guitar Effects - Positive Grid“, o. J.)

8 Virtuelle Instrumente als Möglichkeit zur Effektivierung

In der folgenden Tabelle sollen jeweils für in der Standard und Professional Version von Bias Fx beinhalteten Effektpedale aus der Verzerrer – und Modulationskategorie angeführt werden um einen Überblick über das Angebot zu verschaffen. Außerdem wird in Klammer das originale Pedal angeführt, welches mit der Simulation nachgebildet werden soll. Die Software bietet außerdem noch Gate -, Kompressor-, Boost – und Equalizerpedale. Der Fokus dieser Arbeit liegt definitiv nicht bei solchen Pedalen und es erfolgt somit keine Anführung in der Tabelle.

In den meisten Plugins kann die beabsichtigte Simulation dem originalen Pedal zugeordnet werden, da diese dem Original optisch nachempfunden sind, oder sogar, falls die Lizenz für das Gerät vorhanden ist, gleich benannt. (Schuster, 2010, S. 49)

Bias FX hat bis heute keinerlei Lizenzen erworben. Somit erfolgt die Zuordnung rein optisch.

Drive / Distortion		
Simulation	Standard	Professional
<i>Vintage Fuzz</i> (Dallas Arbiter Fuzz Face)	✓	✓
<i>DSONE</i> (Boss DS-1)	✓	✓
808OD (Ibanez Tube Screamer 808)	✓	✓
<i>Guitar Muff</i> (Electro Harmonix Big Muff)	✓	✓
<i>Clone Drive</i> (KTR Klon)		✓
<i>SAB Driver</i> (Fulltone OCD)		✓
<i>Tube Driver</i> (Bk Butler Tube Driver)		✓
<i>Thrash Master</i> (Marshall Shred Master)		✓
<i>Preamp</i> (SansAmp)		✓

8 Virtuelle Instrumente als Möglichkeit zur Effektivierung

<i>Fuzz Arsenal</i> (Zvex Fuzz Factory)		✓
Modulation		
<i>Tremolo</i> (MXR Tremolo)	✓	✓
<i>Chorus</i> (MXR Stereo Chorus)	✓	✓
<i>Octaver</i> (Electro Harmonix Micro POG)	✓	✓
<i>Orange Phaser</i> (MXR Phase 90)	✓	✓
<i>Phaser Pro</i> (Boss PH-3)	✓	✓
<i>Flanger</i> (EHX Electric Mistress)	✓	✓
<i>Flanger Pro</i> (A/DA Flanger)	✓	✓
<i>Stereo Chorus</i>	✓	✓
<i>Mutron</i> (Musitronics Mu-Tron III)		✓
Cloner (EHX Small Clone)		✓
<i>Classic Vibe</i> (Voodoo Lab Micro Vibe)		✓
<i>Tremulator</i> (Demeter Amplification Tremulator)		✓
<i>Poly Octaver</i> (EHX POG 2)		✓
<i>Dual Phaser</i> (Musitronics Mu-Tron Phaser 2)		✓

8 Virtuelle Instrumente als Möglichkeit zur Effektierung

<i>Ring Mod</i> (Moog Ring Modulator)		✓
<i>Uni-Vibe</i> (Vintage Uni-Vibe)		✓
<i>Chorus One</i> (Boss Chorus Ensemble)		✓
<i>Pitch Shifter</i> (Digitech Whammy)		✓
<i>Stripe Flanger</i>		✓
<i>Analog Phaser</i> (Moog 12-Stage Phaser)		✓
Echo		
<i>Delay</i> (digitales Delay a la Boss DD-3 oder Mad Professor Deep Blue Delay)	✓	✓
<i>Tape Delay Unit</i> (Roland Space Echo RE-201)	✓	✓
<i>Analog Delay</i> (Boss DM-3)		✓
<i>Deluxe Delay</i> (EHX Memory Man)		✓
<i>Reverse Delay</i>		✓
<i>Ping Pong</i>		✓
<i>Echotape</i> (Maestro Echoplex)		✓

Tabelle 10: Liste an erhältlichen Effektsimulationen sowohl in der Bias FX Standard als auch Professional Version. Außerdem in Klammer das Gerät, das simuliert werden soll.

Bei Betrachtung der angeführten Tabelle wird schnell klar wie enorm das Angebot an Effektpedalen in Bias Fx ist. Alleine in der Standard Version (99\$) bekommt man 4 Verzerrer -, 8 Modulations – und 2 Delaypedale. Bei der Professional Version (199\$) erhöht sich das Sortiment auf 10 Verzerrer-, 20 Modulations – und 7 Delaypedale. Es ist zu beachten, dass im Preis ebenfalls Pedale aus weiteren Kategorien sowie eine Vielzahl an Verstärker – und Lautsprechersimulationen inbegriffen sind.

8.2 Problematik und Fragestellung

Schnell kann sich die Meinung bilden, dass in naher Zukunft eben durch diese Vielfalt und auch niedrigen Preis analoge Effektpedale ins Vergessen geraten werden. Die Anschaffung all dieser Pedale in ihren originalen analogen Ausführungen hat einen enormen finanziellen Aufwand zur Folge. Im Rahmen dieser Diplomarbeit erfolgte keine Recherche der Preise und somit werden diese hier nicht angeführt. Meine persönliche Einschätzung wäre, dass alleine die 37 Verzerrer-, Modulaktions- und Delay Pedale in der Professional Version einen fünfstelligen Betrag ausmachen könnten. Allein solche Vintage Geräte wie das Maestro Echoplex oder Roland Space Echo erreichen vierstellige Preise auf dem Gebrauchtmarkt.

Doch ist diese enorme Vielfalt verbunden mit einem verhältnismäßig niedrigen Preis der Hauptgrund warum junge Gitarristen heute zu digitalen Effektsimulationen greifen?

Bevor die Konfrontation meiner Effekteinheit mit digitalen Simulationen in Bias FX stattfindet, gilt es in erster Linie zu erforschen in welchem Ausmaß digitale Simulationen bei jungen Gitarristen im Recording Bereich bereits Anwendung finden. Warum tendieren jüngere Gitarristen zum Kauf einer Software? Durch diese Fragestellung ist es möglich zu erforschen was für Stärken & Schwächen digitale Effektsimulationen mit sich bringen. Vielleicht ist eine Alternative gar nicht erwünscht? Erst nach Klarstellung dieser Problematik ist es sinnvoll die selbst konstruierte Effekteinheit aus klanglicher und praktischer Hinsicht mit digitalen Simulationen vergleichen zu lassen.

Kann die Hypothese gerechtfertigt werden, dass junge Gitarristen zum Kauf einer Software tendieren ohne der Tatsache nachzugehen, dass die Simulationen der Pedale zum Beispiel einen Verlust an Dynamik und Wärme zur Folge haben und somit nicht ganz dem Sound der originalen Schaltungen Folge leisten können?

Bringt die Effektivierung eines Gitarrensignals mit einem Plugin einen sterilen Klang mit sich?

Nach Beantwortung all dieser Fragen ist es durchaus möglich zu beantworten ob es sich für einen jungen Gitarristen überhaupt lohnt Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren beziehungsweise diese aus praktischer und klanglicher Hinsicht eine effektive aber dennoch preiswerte Alternative zu digitalen Simulationen darstellt.

Um sich mit dieser Problematik beziehungsweise Fragestellung auseinanderzusetzen, wurden im Rahmen der Arbeit ProbandInnentests durchgeführt. Die Durchführung der Tests und daraus resultierenden Erkenntnisse sollen in den folgenden Kapiteln beschrieben werden.

9 Probandentests

Um die im vorherigen Kapitel beschriebene Problematik und Fragestellung zu erforschen wurden im Rahmen der Arbeit ProbandInnentests durchgeführt.

Bei den ProbandInnentests haben insgesamt 15 Personen teilgenommen. Der ProbandInnenkreis besteht nahezu hauptsächlich aus Gitarristen aus Sankt Pölten und dessen Umgebung. Um auf die ProbandInnentests aufmerksam zu machen, wurde eine Ausschreibung verfasst und schließlich auf diversen Social Media Plattformen wie Facebook, Instagram oder Jodel veröffentlicht. Außerdem erfolgte die Aussendung der Ausschreibung durch den Mailverteiler der Fachhochschule Sankt Pölten. Somit konnten alle Studierenden des Departments „Medien und digitale Technologien“ auf meine Tests aufmerksam gemacht werden.

Für die Probandentests waren ursprünglich 20 Personen geplant. Aber trotz meines Engagements bei der Verbreitung der Ausschreibung meldeten sich schlussendlich leider 5 Personen zu wenig. Nichtsdestotrotz konnten signifikante Erkenntnisse aus den Tests geschlossen werden.

Umso erfreulicher war, dass die ProbandInnen immer Engagement beziehungsweise Interesse zeigten und absolut nichts dagegen hatten den Test bis zu 60 Minuten dauern zu lassen um sich genauer mit dem Vergleich der klanglichen Aspekte auseinandersetzen zu können. Ursprünglich waren nämlich 30 Minuten pro Test eingeplant.

Die ProbandInnentests wurden von einem Fragebogen begleitet und dieser kann grundsätzlich in drei Abschnitte unterteilt werden. Der Fragebogen befindet sich im Anhang der Arbeit.

Die erste Phase des Tests besteht darin allgemeine Informationen wie Geschlecht oder Alter des Probanden zu erfassen. Außerdem werden die ProbandInnen dazu aufgefordert anzukreuzen ob etwaige Erfahrung mit softwarebasierten Effektsimulationen besteht und wenn ja, mit welchen Plugins gearbeitet wird. Schlussendlich soll in einer Tabelle ergänzt werden welche Stärken und Schwächen mit softwarebasierten Effektsimulationen verbunden werden. Hier fiel absichtlich die Entscheidung kein „Multiple Choice“ zu machen da durch das freie Eintragen die ProbandInnen selber zum Nachdenken angeregt werden und wirklich die für sie signifikantesten Stärken und Schwächen in die Tabelle eintragen.

Die zweite Phase verfolgt immer dasselbe Schema und wiederholt sich insgesamt viermal. Es handelt sich hier nämlich um Hörtests / Blindtests mit den vier Effekten. Bei jedem Pedal sieht die Vorgehensweise folgendermaßen aus, dass die ProbandInnen abwechselnd über meine Effekteinheit und Simulation spielen. Im Laufe des Bespielens der elektrischen Gitarre kann auf Wunsch zwischen „Sound 1“ und „Sound 2“ hergeschaltet werden. Die ProbandInnen wissen natürlich nicht welche Effektierungsmethode gerade verwendet wird. Pro Pedal kann mit maximal 3 Einstellungen gespielt werden. Bei jeweils den ersten 2 Hörtests sind die Einstellungen der Parameter vorgegeben. Zum Beispiel sind folgende Parameter bei dem ersten Hörtest des Tube Screamer 808 eingestellt: Drive (5/10), Volume (5/10) und Tone (5/10). Beim dritten Hörtest kann von den ProbandInnen eine gewünschte Einstellung im Fragebogen eingezeichnet werden. Schließlich stelle ich sowohl meine Effekteinheit als auch die digitale Simulation auf die gewünschte Einstellung. Der dritte Hörtest ist allerdings immer optional.

In der zweiten Phase des Tests ist es stets die Aufgabe der ProbandInnen anzukreuzen welcher Sound für sie persönlich besser klingt. Nach den Hörtests folgt jeweils eine Tabelle auf Basis von Multiple Choice. Hier ist es die Aufgabe diverse klangliche Eigenschaften, falls sie zutreffen, jeweils Sound 1 oder Sound 2 zuzuordnen. Diese klanglichen Eigenschaften wären Adjektive wie wärmer, höhenreicher oder steriler.

Pro Pedal gibt es außerdem noch die Option eine dritte Aufgabe zu bewältigen. Hier ist den ProbandInnen möglich mit den Parametern zu experimentieren und durch die Justierung dieser zu probieren die Effektierungsmethoden möglichst ident klingen zu lassen. Dieser Abschnitt war allerdings optional um die Testzeit möglichst kurz zu halten. Dadurch haben nur Wenige probiert die Aufgabe zu bewältigen. Es waren auf jeden Fall zu wenig um eine sinnvolle Auswertung daraus zu kreieren.

Zu erwähnen ist außerdem, dass die ProbandInnen eintragen mussten welche Verstärkersimulationen bei den Tests verwendet worden sind. Insgesamt waren 3 Simulationen zur Auswahl und den ProbandInnen stand es frei zwischen Verstärkersimulationen von Test zu Test zu wechseln. Welche Verstärkersimulationen zur Verfügung standen und warum überhaupt diese Option zur Verfügung gestellt worden ist, wird später erklärt.

Nach den gesamten Hörtests folge schlussendlich noch ein Abschnitt, den die ProbandInnen selbstständig zu vervollständigen hatten. Hier wurden einige praktische Aspekte angeführt und die ProbandInnen hatten die Aufgabe diese Begriffe entweder „Do It Yourself Effektpedal“ oder „PlugIn“ zuzuordnen.

Als Letztes folgte noch eine Aufklärung über die Preise der Effektivierungsmethoden und eine direkte Frage, welche mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden konnte. Mehr dazu im Laufe der nächsten Kapitel.

Durch die Ausschreibung erhoffte ich mir doch Gitarristen des jüngeren Alters zu erreichen. Denn wie im Exposé bereits erwähnt sind digitale Effektsimulationen doch eher jung und daher sind junge Gitarristen deutlich aussagekräftiger, da diese eher dazu neigen mit dieser Methode zu arbeiten und vor Allem hier das Bedürfnis besteht mit meiner Effekteinheit konfrontiert zu werden.

Alter der Probanden

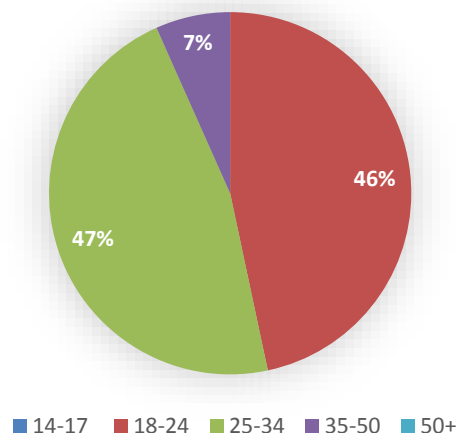


Tabelle 11: Alter der Probanden, dargestellt mit einem Kreisdiagramm

Wie erwartet, haben sich nahezu ausschließlich Gitarristen im Alter zwischen 18 und 34 Jahren gemeldet. Sie bilden nämlich einen Anteil von 93%. Lediglich ein Proband konnte ein Alter zwischen 35 und 50 Jahren aufweisen.

Für die ProbandInnentests haben sich fast ausschließlich männliche Personen gemeldet. Der Anteil an männlichen Probanden machte 87 Prozent aus.

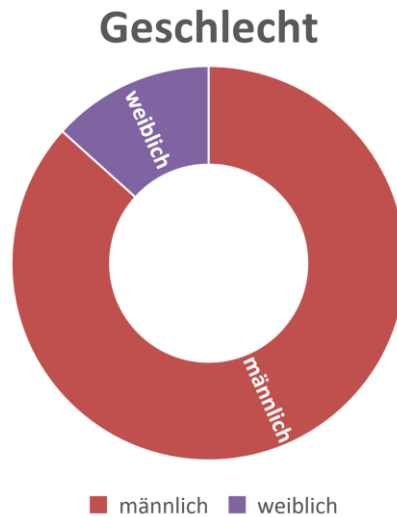


Tabelle 12: Anteilnahme der ProbandInnen nach Geschlecht, dargestellt mit einem Sunburst Diagramm

9.1 Ausmaß der Anwendung von softwarebasierten Effektsimulationen bei Gitarristen

Bevor der Vergleich der beiden Effektierungsmethoden aus klanglicher Hinsicht stattfindet, gilt es erstmals zu erforschen in welchem Ausmaß Effektsimulationen bei Gitarristen überhaupt stattfinden. Hier wurden die ProbandInnen befragt mit welcher Methode die Effektierung von Gitarrensingen im Home Recording Bereich erfolgt beziehungsweise ob überhaupt Erfahrung mit softwarebasierten Effektsimulationen oder herkömmlichen analogen Pedalen vorhanden ist. Außerdem konnte in diesen Abschnitt auch die Option „nur Effektpedale“ angekreuzt werden. Schließlich besteht ja die Möglichkeit, dass jemand nur herkömmliche Effektpedale nutzt und softwarebasierte Effektsimulation nie in Erwägung gezogen hatte.

Heutzutage stößt man bereits nach kürzerer Recherche bereits auf Aussagen, die darauf abzielen zu bestätigen, dass die Digitalisierung herkömmliche analoge Pedale in naher Zukunft ablösen wird oder dies sogar schon passierte. Aber nutzt in der heutigen Zeit wirklich der Großteil an jungen Gitarristen die Möglichkeit ein Gitarrensingen auf digitalen Weg zu effektieren? Die erste Phase hatte unter anderem die Aufgabe eben diese Fragestellung zu erforschen.

Erfahrung mit softwarebasierter Effektsimulation beziehungsweise deren Nutzung

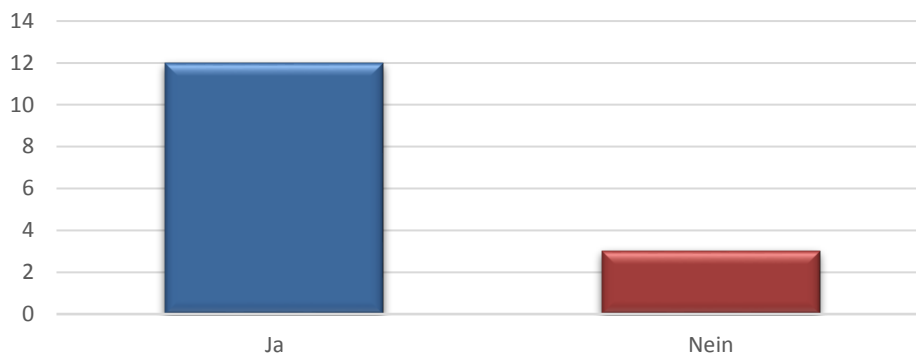


Tabelle 13: Anteil an ProbandInnen, die Erfahrung mit softwarebasierten Effektsimulationen haben und diese auch nutzen, dargestellt mit einem Säulendiagramm

Die Ergebnisse dieser Fragestellung fielen sehr eindeutig aus. Von den 15 ProbandInnen geben 12 zu, dass bereits Erfahrung mit softwarebasierten Effektsimulationen gemacht wurde beziehungsweise diese Methode auch kontinuierlich genutzt wird. Zu erwähnen ist, dass es sich bei insgesamt 15 Probanden doch eher um eine Stichprobe handelt. Aber 80% machen doch einen wesentlichen Großteil aus und können durchaus als aussagend betrachtet werden.

Hier bestätigt sich eindeutig, dass die Digitalisierung bei jüngeren Gitarristen Boden gefasst hat beziehungsweise sich durchsetzen konnte. Umso vorteilhafter erwies sich diese Auswertung für mich, da in diesem Fall die Konfrontation mit meiner Effekteinheit sehr sinnvoll ist. Immerhin nutzt der Großteil des ProbandInnenkreises die digitale Methode und somit konnten sie sich auf die klanglichen Charakteristiken eines Plugins gewöhnen. Umso interessanter ist es hier den Nutzer mit einer selbst konstruierten Effekteinheit zu konfrontieren.

Doch welche Plugins werden verwendet? Wie bereits in Kapitel 8 beschrieben, werden heute eine Vielzahl an softwarebasierten Effektsimulationen am Markt angeboten. Hauptziel dieser Fragestellung war es in Erfahrung zu bringen welche Plugins sich größter Popularität erfreuen. Außerdem soll im Vorhinein geklärt werden wie viele Bias FX Nutzer sich tatsächlich unter den ProbandInnen befinden.

9 Probandentests

Hier handelt es sich wieder um Multiple Choice. Zur Auswahl stehen solche Plugins, die nach längeren Internetrecherchen oft in „Top 10“ Rankings vorzufinden waren. (siehe Kapitel 8)

Es gab auch die Option weitere Plugins einzuschreiben falls sich das vom Probanden genutzte Plugin nicht unter den Auswahlmöglichkeiten befindet.

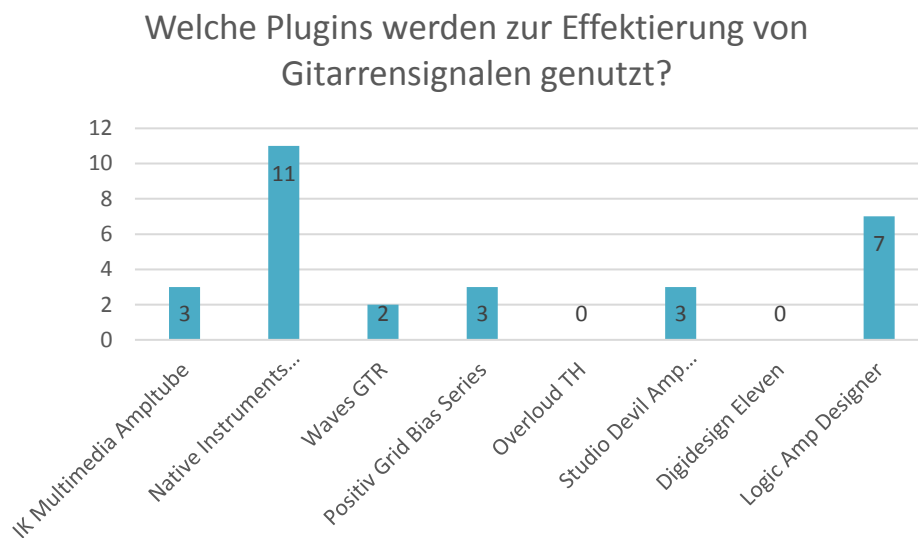


Tabelle 14: Plugins, die von den ProbandInnen zur Effektierung von Gitarrensignalen genutzt werden, dargestellt mit einem Säulendiagramm

Bei der Auswertung der verwendeten Plugins konnten sich speziell zwei Softwares herauskristallisieren. 11 von 15 ProbandInnen haben angegeben, dass sie kontinuierlich *Guitar Rig* von *Native Instruments* nutzen. Diese Software bietet, ebenfalls wie Bias Fx, ein „All in One“ Package. Auf der Native Instruments Home kann herausgelesen werden, dass *Guitar Rig* 199€ kostet. Somit handelt es sich um exakt denselben finanziellen Aufwand wie bei der Software von Positive Grid.

Es möge vielleicht nicht ganz im Sinne der Arbeit sein, aber dadurch, dass beide Softwares denselben Preis haben, lohnt es sich ganz kurz zu vergleichen was man für diesen Preis jeweils bekommt.

Positive Grid Bias FX:

- 32 Verstärkersimulationen
- 64 Effektpedale
- 29 Lautsprechersimulationen

Native Instruments Guitar Rig:

- 17 Verstärkersimulationen
- 54 Effektpedale
- 27 Lautsprechersimulationen

Obwohl der Preis beider Softwares ident ist, sind doch Unterschiede im Angebot festzustellen. Vor Allem wenn es um Verstärkersimulationen geht, kann Bias FX einiges mehr vorweisen.

Dass der Großteil der ProbandInnen mit Guitar Rig von Native Instruments arbeitet, könnte daran liegen, dass eben diese Software viel länger als Bias FX auf dem Markt vorhanden ist und ganz simpel gesagt viel mehr Gitarristen von der Existenz dieser Simulationssoftware wissen.

Die Tatsache, dass nur 3 ProbandInnen behaupteten mit BIAS FX zu arbeiten, ist absolut zu meinen Gunsten, da sie noch nie zuvor die klanglichen Charakteristiken der Effektpedalsimulationen hören konnten und somit der Vergleich mit meiner Effekteinheit am effektivsten ausfallen wird.

Am Säulendiagramm ist außerdem zu erkennen, dass der Logic Amp Designer ebenfalls oft Verwendung findet. Dies hängt mit Sicherheit damit zusammen, dass es sich um in einem Sequenzer enthaltenes Programm handelt. Somit greifen Nutzer von Logic natürlich gleich auf diese Simulationssoftware zu, da sie bereits mit der DAW mitgeliefert wird und keine zusätzlichen finanziellen Aufwände notwendig sind.

IK Multimedia Amplitube und Waves GTR sind verhältnismäßig schwach ausgefallen obwohl sie auch zu den Populärsten zählen. Sowohl Overloud TH und die integrierte gitarrenspezifische Software von Pro Tools (Digidesign Eleven) wurden kein einziges Mal angekreuzt.

9.1.1 Stärken & Schwächen

Doch warum greifen junge Gitarristen immer öfter zu digitalen Effektsimulationen? Im letzten Abschnitt konnten die ProbandInnen Stärken und Schwächen, die sie mit softwarebasierten Effektsimulationen verbinden, frei eintragen. Nach der Notierung aller eingetragenen Aspekte konnten sich durch die Auswertung jeweils 10 Stärken und Schwächen herauskristallisieren.

Stärken	Schwächen
niedriger Preis	Latenz
Vielfältigkeit	Livetauglichkeit
Flexibilität	künstlicher, steriler Klang
Total Recall (Presetspeicherung)	Look & Feel
saubere clean Sounds	Mangel an Dynamik
zusätzlich Verstärker – und Lautsprechersimulation	Experimentierfreudigkeit (Schaltung)
leichte und flexible Bedienung	Verzerrung oft klirrend
mehr Spielraum (Einstellungsmöglichkeiten)	Keine Reaktion auf Gitarre (Lautstärke Potentiometer)
kompakt	Artefakte
rasches Setup	Mangel an Wärme

Tabelle 15: Stärken und Schwächen von softwarebasierten Effektsimulationen, die sich bei der Befragung aller ProbandInnen herauskristallisieren konnten

Der am meisten notierte Aspekt bei den Stärken war natürlich der niedrige Preis. Es ist Tatsache, dass bei softwarebasierten Effektsimulationen das Verhältnis zwischen Angebot und Preis unübertrefflich ist. Immerhin erhält man bei Bias FX oder Guitar Rig Simulationen von Geräten, die in ihrer originalen analogen Form einen deutlich höheren Preis ausmachen würden. Ein solch großer Spielraum verbunden mit einem verhältnismäßigen niedrigen Preis zählt bei jungen Gitarristen zu den Hauptgründen für die Anschaffung einer Software und den daraus resultierenden Verzicht auf originale Geräte.

Zusätzlich bieten solche Programme abgesehen von einer großen Vielfältigkeit noch eine starke Flexibilität. Bei Bias Fx basiert die Funktionalität auf der

Erstellung einer Signalkette, in die alle Effektpedale beliebig eingeschleift werden können. Im nächsten Kapitel folgt noch eine Veranschaulichung der Software, mit deren Hilfe, die Funktionsweise erklärt werden kann.

Ein weiterer Aspekt, der in den Stärken oft notiert wurde, ist die Fähigkeit eines „Total Recalls“. Damit beschreibt man die Möglichkeit eine Signalkette zu erstellen und diese schließlich als Preset speichern zu können. Auf diese Weise kann jederzeit schnell auf ein gewünschtes Setup zugegriffen werden.

ProbandInnen erwähnten auch oft, dass Plugins sehr saubere clean Sounds liefern. Dies hat allerdings nichts mit den Simulationen der Effektpedale zu tun, sondern hängt mit der verwendeten Verstärkersimulation zusammen. Es ist allerdings auch als Stärke anzusehen, da es mit Röhrenverstärkern oft recht schwierig sein kann brillante und saubere „clean Sounds“ zu erreichen. Aus eigenen Erfahrung kann ich behaupten, dass es zum Beispiel mit einem Marshall JVM 410H Röhrenverstärker eigentlich unmöglich ist einen komplett brillanten und sauberen Klang zu erzeugen.

Wie bereits beschrieben enthalten gitarrenspezifische Plugins abgesehen von Effektpedalsimulationen außerdem noch Verstärker – und Lautsprechersimulationen. Auch diese Tatsache treibt junge Gitarristen in die Nutzung des digitalen Weges. Man bekommt alles was normalerweise notwendig ist um eine elektrische Gitarre aufzunehmen. Während analoge Effektpedale bereits hohe Preise erreichen können, treiben es sowohl Verstärker als auch Lautsprecher noch weiter nach oben. Ein einzelner Röhrenverstärker erreicht leicht einen Preis im vierstelligen Bereich.

Dadurch, dass es sich um eine Software handelt, wird auch die Kompaktheit hoch angepriesen. Im Falle von Bias Fx reden wir hier von 32 Verstärker, 27 Boxensimulationen und 64 Effektpedalen. Im realen Leben benötigt man nahezu einen Sattelschlepper um ein solches Equipment zum Beispiel von Studio zu Studio zu transportieren. Bei gitarrenspezifischen Plugins sind wir in der digitalen Welt und hier befindet sich alles, vereinfacht gesagt, in einem einzelnen Rechner. Diese Kompaktheit resultiert wiederum in einer enormen Mobilität.

Obwohl die digitale Welt äußerst signifikante Stärken bietet, konnten sich durch die Befragung der ProbandInnen einige Schwächen herauskristallisieren.

Ein großer Nachteil bei der Verwendung von gitarrenspezifischen Plugins ist die miteingehende Latenz. Obwohl die ProbandInnen das Vorhandensein der Latenz keineswegs für das Bespielen der Gitarre als störend bezeichnet haben, berichteten sie davon, dass sie doch als gegenwärtig zu verspüren ist. Das

Verspüren einer gewissen Latenz kann ich aus eigener Erfahrung bestätigen. Natürlich merkt man einen Unterschied zum Bespielen einer elektrischen Gitarre über einen klassischen Röhrenverstärker, wo absolut keine Latenz zu spüren ist. Durch den heutigen Stand der Technik kann die Latenz bei gitarrenspezifischen Simulationen so geringgehalten werden, dass sie kaum mehr für den Nutzer zu verspüren ist. Oft wird diese Schwäche auf das verwendete Audio Interface zurückgeführt. Tatsache ist, dass zwischen einem M-Audio Fast Track Pro (100€) und bei den ProbandInnen tests verwendete RME Octamic (1400€) keine spürbaren Unterschiede in der Latenzzeit festgestellt werden konnten.

Ein weiterer praktischer Aspekt, der sehr oft von den ProbandInnen notiert wurde, ist die Livetauglichkeit. Natürlich ist es möglich solche Softwares auf einer Bühne zu verwenden aber die Inbetriebnahme ist eben mit der dazugehörigen Peripherie verbunden und daher als äußerst ungünstig anzusehen. Immerhin wird Rechner, Audio – Interface, Monitor und eine Vielzahl an Kabeln benötigt um das bearbeitete Gitarrensignal schließlich zur Tonausgabe schicken zu können. Nicht nur der Aufwand, sondern die Ästhetik machen die Livetauglichkeit zu einer Schwäche. Aus persönlichen Befragungen konnte festgestellt werden, dass die Effektierung der Gitarre mit softwarebasierten Effektsimulationen in einer Live Situation einfach nicht gerne gesehen wird. Heutzutage sieht man noch sehr selten Gitarristen auf der Bühne, die sich einer gitarrenspezifischen Software bedienen und Pausen einlegen um mit der Maus zu einem anderen Sound zu wechseln. Es schadet einfach der Ästhetik auf der Bühne.

Nicht nur die auf der Bühne, sondern auch im Allgemeinen konnte sich die Ästhetik als Schwäche herauskristalisieren. ProbandInnen waren sich einig, dass das „Look & Feel“ bei herkömmlichen analogen Geräten einfach nicht mithalten kann. Die Möglichkeit das Gerät selbst anzugreifen und einzustellen, ruft einfach ein größeres Gefühl der Interaktion zwischen Gerät und Nutzer hervor und die Bedienung auf der Maus liefert nicht dasselbe Gefühl.

Noch bevor mit den Hörtests begonnen wurde, wurden bereits mehrere klangliche Aspekte den Schwächen zugewiesen. Im Fragebogen konnte kontinuierlich „Mangel an Wärme“, „Mangel an Dynamik“ und „künstlicher, steriler Klang“ vorgefunden werden. Ob die ProbandInnen in den Hörtests wirklich diese negativen klanglichen Aspekte feststellen konnten, wird im nächsten Kapitel näher beschrieben.

Zusätzlich tauchten noch Schwächen auf, die ich nicht vorzufinden glaubte. Bei Softwares gibt es keine Möglichkeit auf Experimentationen mit dem Effektpedal selber. Bei analogen Pedalen ist das auf jeden Fall möglich. Die ProbandInnen notierten ausdrücklich, dass nicht die Experimentation mit den Parametern,

sondern direkt mit der elektronischen Schaltung gemeint ist. Vor Allem ein „Do It Yourself“ Effektpedal verleitet zum Experimentieren. Hier besteht die Möglichkeit zum Beispiel eine herkömmliche Siliziumdiode gegen eine lichtemittierende Diode auszutauschen um somit eine Änderung im Ausmaß der Signalbegrenzung zu erreichen oder durch Austausch von Kondensatoren die Grenzfrequenzen von Filtern zu varrieren. Diese Arbeit soll sich nicht der Modifikation von analogen Pedalen befassen. Fall Interesse besteht kann ich wärmstens *How To Modify Guitar Pedals* von Brian Wampler empfehlen.

Einer der ProbandInnen konnte auch feststellen, dass die Interaktion zwischen Gitarre und Software nicht so gut wie bei analogen Pedalen funktioniert. Bei analogen Verrzerrerpedalen besteht zum Beispiel die Möglichkeit durch Justierung des Lautstärkepotentiometers das Eingangssignal dermaßen gering zu halten, dass keine Verzerrung durch das Pedal stattfindet und das Gitarrensinal lediglich im Pegel angehoben wird (Grundfunktionsweise von Booster Pedalen). Bei Bias Fx verschwindet sozusagen die Pedalsimulation sobald der Lautstärkepotentionemeter ein bisschen zurückgedreht wird.

Durch die erste Phase konnte sehr schön in Erfahrung gebracht werden warum Gitarristen zur digitalen Seite übergehen aber auch welche Schwächen damit verbunden sind. Im nächsten Kapitel liegt der Fokus darauf die klanglichen Unterschiede zwischen Bias Fx und der konstruierten Effekteinheit zu untersuchen.

9.2 Hörtest

Nun da das Ausmaß der Verwendung von digitalen Effektsimulation und deren Stärken & Schwächen erforscht wurden, gilt es zum Hauptteil der ProbandInnen tests übergehen welches sich mit den klanglichen Unterschieden zwischen einer gitarrenspezifischen Effektsimulation und selbst konstruierten Effekteinheit auseinandersetzen soll. Wie der Ablauf der Hörtests für die jeweiligen Effektpedale gestaltet ist, kann aus dem Kapitel „Probandentests“ entnommen werden.



Abbildung 50: (oben) Abbildung der originalen Pedale. (unten) Simulationen in Bias Fx

Durch Vergleich der Optik kann festgestellt welche Simulation beabsichtigt ist.

Außerdem ist zu erwähnen, dass bei allen Hörtests die Möglichkeit bestand zwischen drei verschiedenen Verstärkersimulationen zu wählen. Die ProbandInnen sollten nicht zu einem Verstärker gezwungen werden, sondern denjenigen wählen, der ihren eigenen Präferenzen am meisten entsprach. Die Grunddifferenz liegt darin, dass zwei davon einen cleanen Sound bieten und der dritte leicht verzerrt ist. Eine leichte bis mäßige Anzerrung eines Verstärkers bezeichnet man als „Crunch“. Speziell bei Verzerrerpedalen macht es einen Unterschied ob diese über einen cleanen oder leicht verzerrten Verstärker gespielt werden. Hier galt es sich lediglich abzusichern, im Falle der Erscheinung eines ProbandInnen, der eher aus dem Metalbereich kommt. Er erhält somit die

9 Probandentests

Möglichkeit zum Beispiel das ProCo Rat über einen leicht verzerrten Verstärker zu spielen um somit noch stärker verzerrte Klänge zu erreichen.

Zur Auswahl standen die unten angeführten Verstärker. Welche Verstärkersimulation beabsichtigt ist, kann wieder durch die Betrachtung der Optik festgestellt werden. In diesem Fall wird sogar auf der Positive Grid Homepage dazu Stellung genommen.

- 67 Blackface (Fender Blackface 1967 Deluxe Reverb) - Clean
- 66 AC Boost (Vox AC 30) - Clean
- 69 Plexiglas (Marshall JCM 800) – Crunch



Abbildung 51: bei den ProbandInnentests zur Auswahl stehende Verstärkersimulationen

Die Hörtests wurden mithilfe von Pro Tools von Avid durchgeführt. Insgesamt wurden 6 Spuren erstellt. Die Unterteilung der Spuren erfolgt in zweier Gruppen. Der Unterschied der Gruppen besteht darin, dass ein anderer Verstärker angelegt worden ist. Das heißt sobald beim Probanden die Entscheidung auf einen Verstärker fällt, bleiben zwei Spuren über mit denen gearbeitet wird.

Das Gitarrensinal wird gesplittet und an zwei Eingänge gleichzeitig ins Audio Interface geführt. Wobei vor Input 2 zwischen Gitarre und Interface noch natürlich die selbst konstruierte Effekteinheit gesteckt wird. Entsprechend sind den zwei Spuren in Pro Tools „Input 1“ oder „Input 2“ zugeordnet. Durch diese Lösung kann

9 Probandentests

gleichzeitig mit beiden Effektierungsmethoden getrennt gearbeitet werden. Der Sinn dahinter ist, dass schnell zwischen Spur 1 und Spur 2 hin – und hergeschaltet werden kann. Die Umschaltung zwischen den Spuren erfolgt mithilfe eines Avid S3 Controllers und somit kann der Wechsel zwischen den Effektierungsmethoden blitzschnell und ohne Pause erfolgen. Dadurch gestaltet sich der Hörtest sehr effektiv.

Zusammengefasst wird bei Input 1 die Effektierung mit Bias Fx und bei Input 2 mit der „Do It Yourself“ Effekteinheit erzeugt. Bei beiden Spuren ist derselbe Verstärker mit exakt denselben Parametereinstellungen vorhanden und somit sind sämtliche Differenzen auf die klanglichen Unterschiede zwischen den Pedalsimulationen in Bias Fx und der Effekteinheit zurückzuführen.

Falls der Leser dieser Arbeit keinerlei Erfahrung mit Bias Fx sammeln konnte, wird jetzt ein kurzer Einblick in die Funktionsweise dieses gitarrenspezifischen Plugins gewährt.



Abbildung 52: Benutzeroberfläche von Bias FX

Wie bereits vorhin erwähnt, basiert die Funktionsweise auf einer Art Signalkette. Mit der Schaltfläche „Add Fx“ können alle verfügbaren Verstärker – und Pedalsimulationen angezeigt werden und schließlich gilt es nur das ausgewählte Pedal auf eine beliebige Position in der Signalkette zu ziehen. Pedale können sowohl vor als auch nach dem Verstärker platziert werden (wie im realen Szenario auch möglich ist). Durch das Anklicken eines Pedals wird dieses vergrößert

dargestellt und ermöglicht die Änderung von Parametern (siehe Abbildung 46). Interessant zu erwähnen ist jedenfalls, dass dieses Programm über ein Noise Gate verfügt, mit dem das Grundrauschen eines Gerätes leicht entfernt werden kann. Natürlich wird diese Noise Gate deaktiviert, da in der selbst konstruierten Effekteinheit ebenfalls kein solches Feature implementiert ist.

Für die Hörtests wurde außerdem stets ein Hallpedal nach dem Verstärker platziert um einen natürlichen Eindruck von Räumlichkeit darzubieten. (siehe Abbildung 46)

Die Hörtests bilden den wichtigsten Teil der ProbandInnen tests. Natürlich ist es interessant praktische Aspekte beider Effektierungsmethoden zu vergleichen aber der Fokus bei der Effektierung von Gitarrensensignalen wird natürlichen den klanglichen Aspekten zugeschrieben.

9.2.1 Ibanez Tube Screamer 808

Die Reihenfolge der klanglichen Vergleiche gleicht dieser der Beschreibung der elektronischen Schaltungen der originalen Geräte. Somit richten wir zuerst unsere Aufmerksamkeit an die Ibanez Tube Screamer 808 Simulation beziehungsweise rekonstruierte Schaltung.

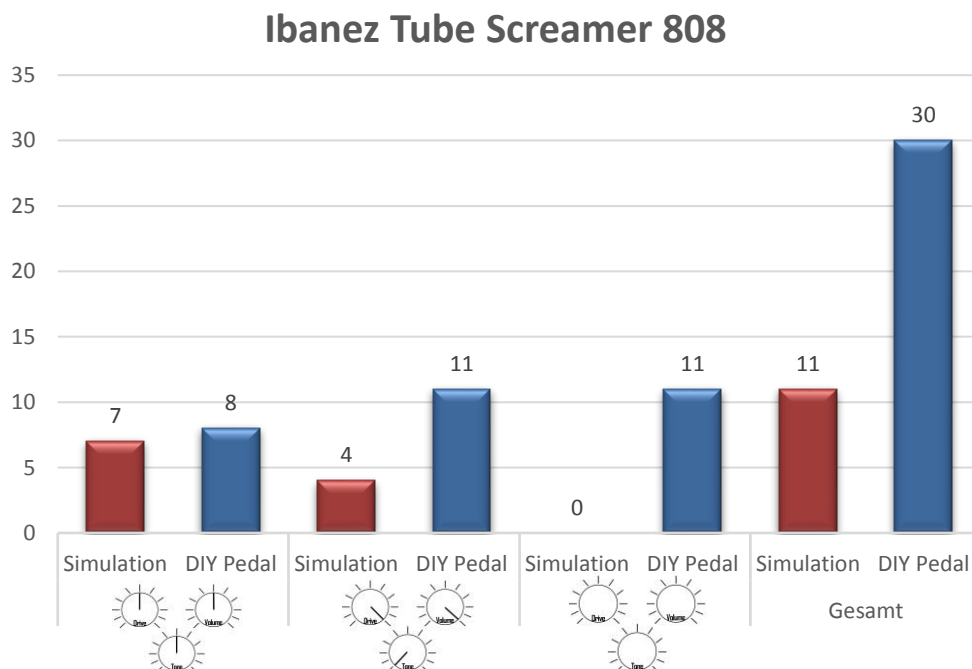


Tabelle 16: Auswertung der Hörtests der Ibanez Tube Screamer 808 Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effektpedal

9 Probandentests

In der Tabelle ist einzusehen welche Effektivierungsmethode bei der jeweiligen Einstellung der Parameter als persönlich besser klingend von den ProbandInnen gewählt wurde. Bei der Ausrichtung aller Parameter in die mittlere Position fiel der Test sehr ausgeglichen aus. 7 Personen empfanden die Simulation als besser klingend. Meine Effekteinheit konnte allerdings die Mehrheit der ProbandInnen überzeugen.

Beim zweiten Hörtest wurden der Zerr – und Lautstärkepotentiometer auf das Maximum geregelt und der Klangpotentiometer auf das Minimum. Dies resultierte in einer Eliminierung der hohen Frequenzen (siehe Kapitel 5.4.4). Bei dieser Einstellung sieht die Auswertung schon anders aus. Hier konnte das Pedal eine deutliche Mehrheit gewinnen.

In den Hörvergleichen der nächsten Pedale wurde die Möglichkeit auf einen dritten Hörtest selten genutzt. Wie bereits erläutert ist es hier möglich eine eigene Einstellung der Parameter zu wählen. Beim Tube Screamer 808 hatten sich 11 ProbandInnen dazu entschieden diesen Effekt mit einer eigenen Einstellung weiter zu testen. Das Erstaunliche ist hier, dass absolut alle das Pedal als besser klingend bezeichnet haben. In den 41 Hörvergleichen, die mit dem Tube Screamer 808 stattfanden, wurde meine Effekteinheit 30-mal als besser klingend deklariert.

Doch was rechtfertigt diese Entscheidung? Warum hat den ProbandInnen mein Pedal besser gefallen? Wie bereits erklärt, mussten die ProbandInnen parallel zu den Hörvergleichen klangliche Eigenschaften per Multiple Choice auswählen, die ihrer Meinung nach den Klang beschreiben.

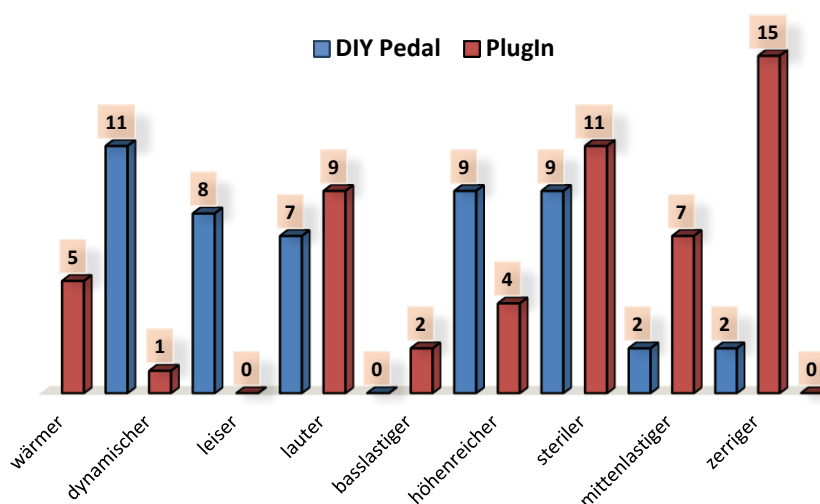


Tabelle 17: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der ProbandInnen (Ibanez Tube Screamer 808)

Bei dem Hörtest des Tube Screamer 808 bestätigen sich, die vorhin beschriebenen Schwächen einer Simulationssoftware. Die Overdrive Schaltung in meiner Effekteinheit wurde mehrmals als wärmer und dynamischer beschrieben. Die Behauptung, dass es bei einer Simulation an Wärme und Dynamik mangelt, bestätigt sich hier eindeutig.

Außerdem kam hervor, dass der konstruierte Tube Screamer 808 deutlich höhere Anteile im tiefen als auch hohen Frequenzbereich hat. Daraus kann durchaus geschlossen werden, dass die Simulation einfach nicht dieselben Frequenzen hervorhebt wie das originale Pedal. Allerdings behaupteten viele ProbandInnen, dass das digitale Pedal präsenter im mittleren Frequenzbereich ist.

Der Mangel an Dynamik und Wärme resultierte so gut wie immer in der Bezeichnung der Simulation als steril und künstlich. Dies möge der Hauptgrund sein warum meine rekonstruierte Schaltung wesentlich öfter als besser klingend empfunden worden ist.

Bei einer klanglichen Eigenschaft waren ausnahmslos alle ProbandInnen derselben Meinung. Die digitale Simulation des Tube Screamer 808 hat eine deutlich stärkere Verzerrung. Ein stärkerer Verzerrungsgrad sollte allerdings nicht als schlechte Eigenschaft gesehen werden. Hier soll lediglich hervorgehoben, dass das Pedal in Bias Fx einfach anders arbeitet als die Schaltung. Mit der rekonstruierten Schaltung ist eine deutlich präzisere Einstellung der leichten Verzerrung möglich. In der Simulation tritt die Verzerrung viel rasanter ein und ist bereits ab einer niedrigeren Einstellung verhältnismäßig stark.

Auch bei der Lautstärke konnten wesentliche Differenzen festgestellt werden. Die digitale Simulation wurde von vielen ProbandInnen als lauter bezeichnet. Wobei Lautstärke in diesem Fall doch als „neutraler“ Aspekt angesehen werden muss. Sowohl bei der Schaltung als auch dem Pedal kann die Lautstärke so eingestellt werden, dass diese nach dem Aktivieren des Effektes der Verstärkersimulation gleicht.

Aus dieser Auswertung kann geschlossen werden, dass die rekonstruierte Schaltung durch ihren realistischen Klang beziehungsweise vorhandene Wärme und Dynamik als deutlich bessere Option gesehen werden kann.

Die Aufforderung der ProbandInnen zur Notation der verwendeten Verstärkersimulation hatte natürlich ihren Sinn dahinter. Somit kann ebenfalls hier eine Auswertung erfolgen um zu erforschen ob eventuell ein Zusammenhang mit den getorffenen Entscheidungen zu erkennen ist.

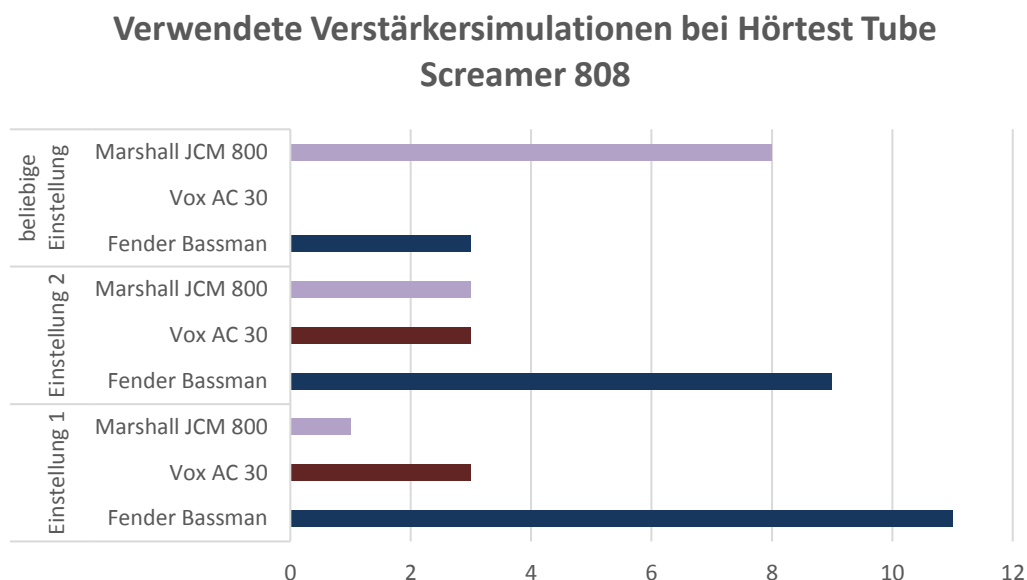


Tabelle 18: Verwendete Verstärkersimulationen bei Hörtest Ibanez Tube Screamer 808

Während beim ersten und zweiten Hörtest bei den meisten ProbandInnen die Entscheidung gefallen ist über die Simulation eines cleanen Fender Verstärkers zu spielen, entschied sich doch ein Großteil bei dem Versuch mit eigenen ausgewählten Parametereinstellungen über den angezerrten Marshall JCM 800 zu testen. Wie bereits erwähnt, ist es erstaunlich, dass sich beim optionalen Hörtest alle ProbandInnen für die Effekteinheit entschieden haben. Somit ist definitiv ein Zusammenhang mit dem Marshall Verstärker festzustellen. Nach einer Internetrecherche kann schnell in Erfahrung gebracht werden, dass Verzerrerpedale erst ihr gesamtes Potenzial in Verbindung mit einem angezerrten Verstärker zeigen. Hier vermischt sich nämlich die Verzerrung des Pedales mit der Vorstufenverzerrung eines Verstärkers. Auf diese Weise können sehr klare „High Gain“ Sounds erreicht werden, also stärker verzerrte Gitarrensignale.

Alle ProbandInnen waren sich einig, dass die Effekteinheit deutlich besser mit dieser Verstärkersimulation arbeiten kann. Die Mischung aus beiden Verzerrungen war einfach viel klarer und gerichteter.

9.2.2 ProCo Rat

Nachdem sich beim Overdrive die Effekteinheit bei den ProbandInnen durchaus beweisen konnte, ist es nun an der Reihe das Distortion Pedal zu vergleichen.

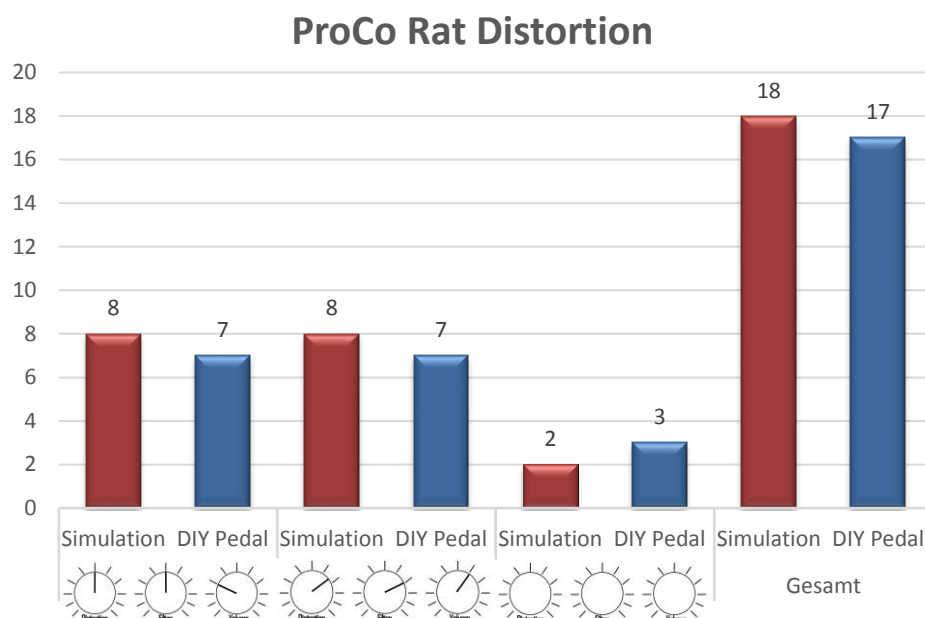


Tabelle 19: Auswertung der Hörtests der ProCo Rat Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effektpedal

Ganz im Gegenteil zum Vergleich des Overdrive Effektes sind die Meinungen hier sehr gespalten. Die Effekteinheit konnte ungefähr die Hälfte der ProbandInnen für sich begeistern.

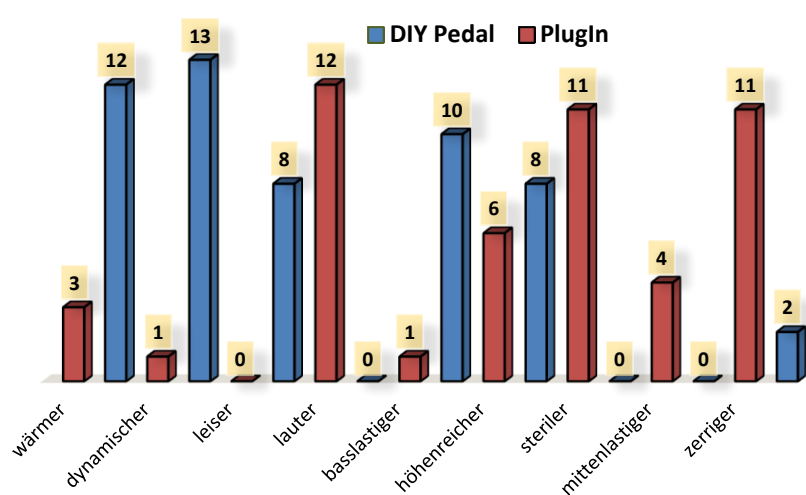


Tabelle 20: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der ProbandInnen (ProCo Rat)

9 Probandentests

Erstaunlich ist hier, dass obwohl ähnliche Klangunterschiede wie beim ersten Hörtest festgestellt werden konnten, die Simulation nichtsdestotrotz recht oft bevorzugt worden ist.

Wiederum bezeichneten ProbandInnen die Effekteinheit als wärmer und dynamischer und das Plugin als steriler beziehungsweise künstlicher. Obwohl diese wichtigen klanglichen Aspekte dem Plugin fehlten, konnte die Simulation oft den Geschmack der ProbandInnen treffen. Der erste Eindruck fiel immer sehr überraschend aus, da die ProbandInnen sich gefragt haben ob tatsächlich die beabsichtigte Simulation gerade aktiviert ist. Denn die Simulation gab ungefähr die doppelte Lautstärke der rekonstruierten Schaltung von sich. Erst nach Anpassung der Lautstärken beider Effektierungsmethoden konnte ein sinnvoller Vergleich stattfinden.

Auch hier lag der Verzerrungsgrad bei der Simulation deutlich höher.

Der Grund für die häufige Präferenz der Simulation kann in der Auswertung der verwendeten Verstärkersimulationen gesucht werden.

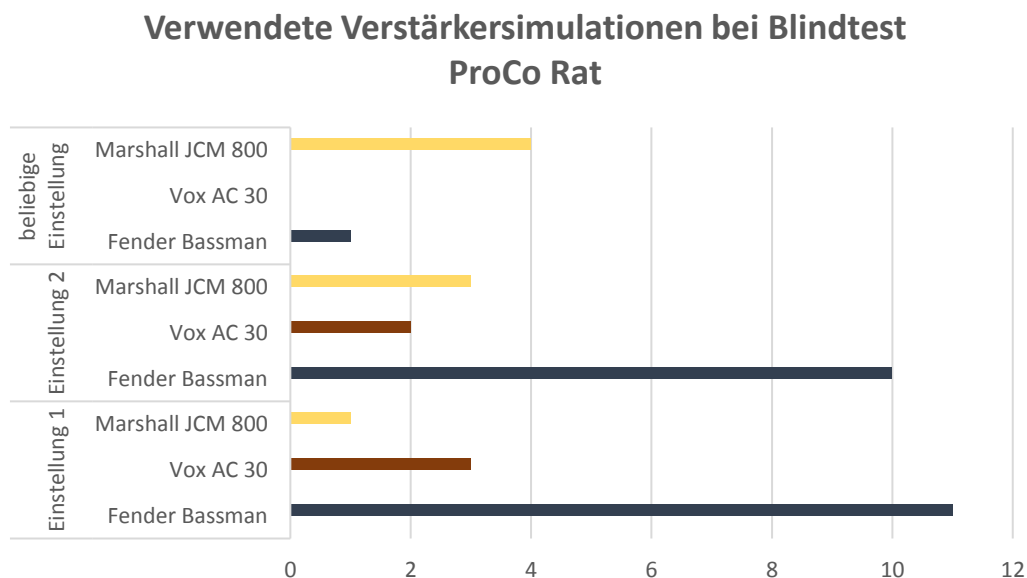


Tabelle 21: Verwendete Verstärkersimulationen bei Hörtest ProCo Rat

Schnell wird ersichtlich, dass bei den Hörtests des ProCo Rat nahezu ausschließlich cleane Verstärkersimulationen verwendet worden sind. Nach der Betrachtung von Produktdemonstrationen dieses Pedales im Internet konnte ich oft Behauptungen konfrontieren, dass dieses Pedal in Verbindung mit cleanen Verstärkern weniger durchsetzungsfähig ist. Die Verzerrung wirkt in einem solchen Szenario eher kreischend und unangenehm. Viel mehr wurde dieses Pedal

entwickelt um die Vorstufenverzerrung eines Verstärkers noch weiter nach oben zu treiben. Ich selbst testete das rekonstruierte ProCo Rat über einen Röhrenverstärker und daher kann ich diese Behauptungen bestätigen. Die Unentschlossenheit der Auswertung der klanglichen Unterschiede können durchaus damit erklärt werden. Ich halte es für durchaus möglich, dass diese Simulation in Bias Fx darauf programmiert worden ist mit jeder in dieser Software enthaltenen Verstärkersimulation effektiv zu funktionieren. Selbst mit einem cleanen Fender Bassman oder Vox AC 30.

9.2.3 Electro Harmonix Small Clone

Beim Vergleichen der Modulationseffekte erwartete ich ehrlich gesagt sehr ausgeglichene Ergebnisse, da ich aus Erfahrung behaupten kann, dass gitarrenspezifische Plugins sehr originalgetreu analoge Effektpedale nachbilden können. Hier wurde von Anfang an empfohlen unbedingt eine cleane Verstärkersimulation zu wählen um die klanglichen Charakteristiken, falls welche bestehen, bestimmen zu können. Vor Allem einen Choruseffekt kennt man so gut wie ausschließlich in Verbindung mit einem sauberen Gitarrenverstärker. Gute Hörbeispiele für einen Choruseffekt wären zum Beispiel diverse *Metallica* Intro Melodien aus den Achtzigern beziehungsweise Neunzigern, *Message In A Bottle* von *The Police* oder *Come As You Are* von *Nirvana*. Nur selten wird ein Choruspedal in Zusammenarbeit mit einem verzerrten Verstärker oder gar Verzerrerpedal verwendet.

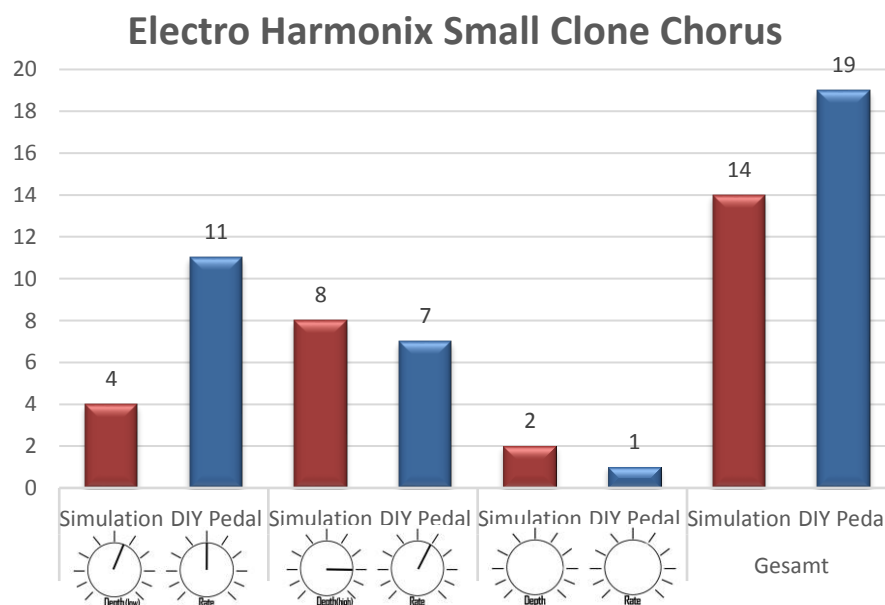


Tabelle 22: Auswertung der Hörtests der Small Clone Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effektpedal

9 Probandentests

Die rekonstruierte Schaltung konnte bei der ersten Einstellung eine deutliche Mehrheit der ProbandInnen für sich gewinnen. Nach Regelung beider Parameter auf eine höhere Einstellung spalteten sich die Präferenzen. Wiederum entschieden sich leider nur sehr wenige für einen dritten Hörtest mit eigens gewählter Parameter. Bei 19 der 33 Hörtests wurde meine Effekteinheit als besser klingend bezeichnet.

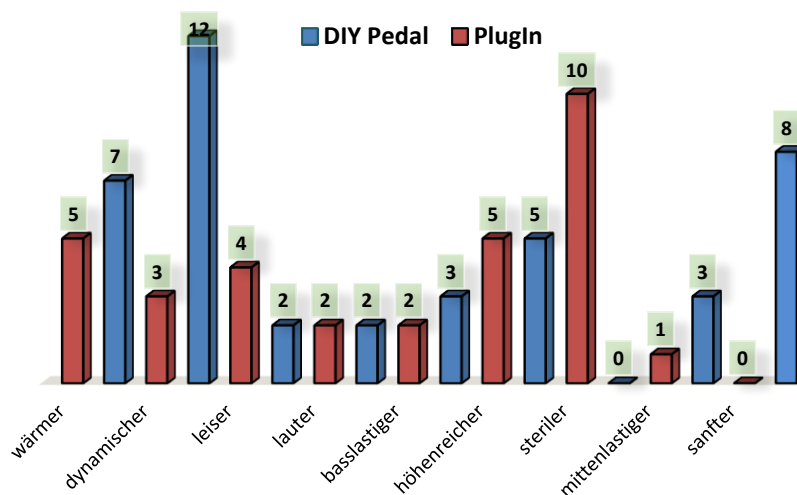


Tabelle 23: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der ProbandInnen (Small Clone)

Wiederum konnte das Do It Yourself Effektpedal mit seiner Dynamik punkten. Die Wärme fiel hier allerdings nicht so eindeutig wie bei den Verzerrerpedalen aus.

Ganz im Gegensatz zu den Verzerrerpedalen wurde hier nicht eine der Effektierungsmethoden als lauter oder leiser empfunden. Schließlich sind Choruspedale so konstruiert, dass sie sich an die Lautstärke des Verstärkers anpassen und keinerlei Anhebung des Pegels verursachen.

Wie bei allen anderen Pedalen konnte auch hier ein steriler Klang der Simulation zugeordnet werden. Viele ProbandInnen haben sich über die Tatsache beschwert, dass die Verschiebung der Tonhöhe, die durch den Niederfrequenzoszillator verursacht wird, viel präsenter im Signal vorhanden ist. Bei der Simulation bekommt man eher den Eindruck als wäre diese signifikante Modulation ausgeblendet. Dies könnte die Ursache sein warum das Plugin auch hier als steril beziehungsweise künstlich bezeichnet wird. Diese hörbare Tonhöhenverschiebung des Niederfrequenzoszillators lässt den Choruseffekt viel realitätscher klingen.

9 Probandentests

Außerdem konnten einige ProbandInnen einen hohen Frequenzanteil im Mittenbereich feststellen.

In Tabelle 21 möge vielleicht auffallen, dass die klangliche Eigenschaft „zerriger“ durch „sanfter“ ersetzt worden ist. Der Hauptgrund für diese Änderung war hauptsächlich die Tatsache, dass Choruspedale nie das Signal dazu bringen zu verzerren. Außerdem konnte ich beim Testen persönlich feststellen, dass die rekonstruierte Schaltung in der Effekteinheit wesentlich „sanfter“ klingt als die Pedalsimulation in Bias Fx.

Meine Einschätzung hat mich nicht getäuscht und 8 ProbandInnen bezeichneten das Do It Yourself Effektpedal als sanfter. Obwohl nicht alle ProbandInnen diese klangliche Eigenschaft zuordnen könnten, hat immerhin kein einziger Proband dieses Adjektiv der digitalen Simulation zugeordnet. Dadurch kann auch dieser Aspekt der Auswertung als aussagend herangezogen werden.

Verwendete Verstärkersimulationen bei Blindtest Small Clone Chorus

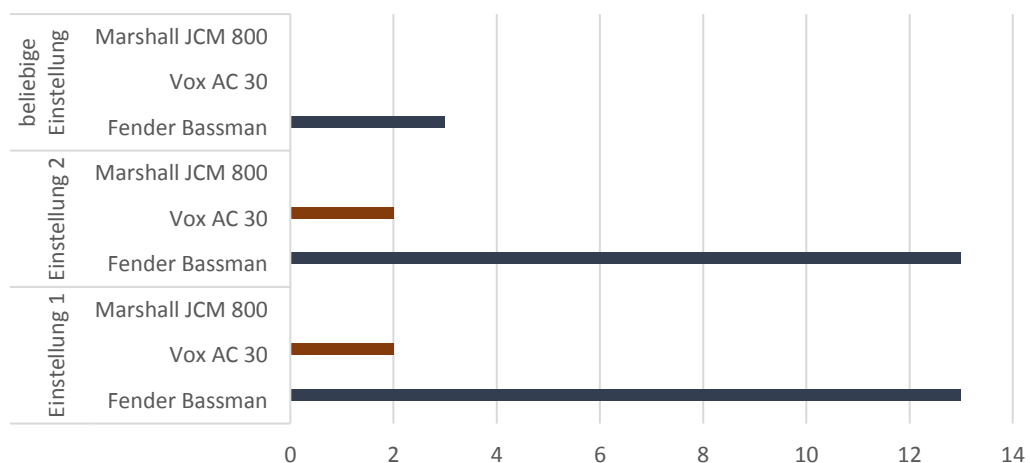


Tabelle 24: verwendete Verstärkersimulationen bei Hörtest Small Clone Chorus

Alle Hörtests des Small Clone Chorus erfolgten über eine cleane Verstärkersimulation. Es kam fast ausschließlich nur die Simulation des Fender Bassman zum Einsatz. Meine Empfehlung wurde somit von allen ProbandInnen berücksichtigt und daher konnten diverse klangliche Unterschiede viel besser wahrgenommen werden.

9.2.4 Mad Professor Deep Blue Delay

Ich muss gestehen, dass ich mir beim Vergleich der rekonstruierten Delayschaltung beziehungsweise Simulation in Bias Fx keinerlei klangliche Unterschiede erwartete. Der erste Gedanke basierte auf der Tatsache, dass es immerhin nur um eine Wiederholung des originalen Signales handelt und daher beide Effektierungsmethoden ident klingen sollten.

Zu erwähnen ist außerdem, dass es bei diesem Effekt deutlich schwerer war beide Effektierungsmethoden für die Hörtests genau auf dieselben Parametereinstellungen zu bringen. Vor Allem wenn es um die Feinjustierung der Verzögerungszeit geht. Bei Bias Fx erscheint während der Justierung des Delay Potentiometers ein zusätzliches Fenster, welches anzeigt wie viele Millisekunden Verzögerungszeit das Pedal gerade bietet. Bei der Effekteinheit ist dies natürlich nicht der Fall. Um für die Hörtests exakt dieselben Verzögerungszeiten zu erreichen, wurden beide Effektierungsmethoden gleichzeitig aufgedreht. Auf diese Weise konnte durch das schnelle Durchstreichen der abgedämpften Saiten hörbar gemacht werden ob die Verzögerungszeit beziehungsweise die Anzahl der Wiederholungen genau übereinstimmen. Erst danach konnte mit dem Hörtest des Delay Effektes begonnen werden.

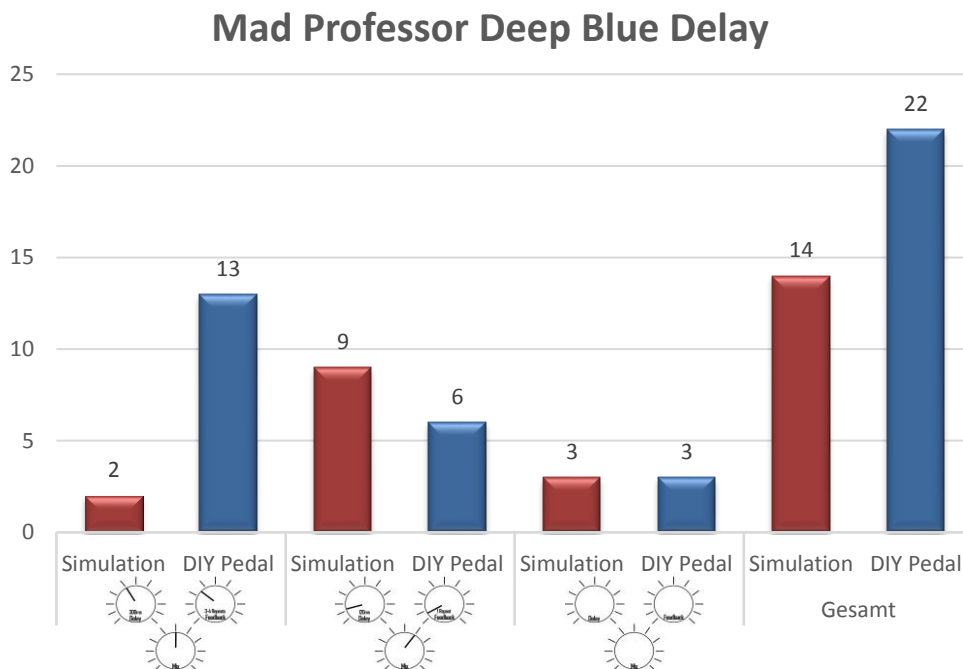


Tabelle 25: Auswertung der Hörtests der Deep Blue Delay Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effektpedal

9 Probandentests

Die erste Einstellung bildete ein Delay von 300 Millisekunden und 3-4 Wiederholungen. Dieses Setup wurde absichtlich gewählt, da es eine klassische „U2 Einstellung“ bietet. Wie ein solch justierter Delayeffekt arbeiten kann, ist bei *Where The Streets Have No Name* von U2 herovorragend zu hören. Auf diese Weise ist es möglich durch das regelmäßige Anzupfen einzelner Saiten im richtigen Tempo den Eindruck zu erschaffen als würden mehrere Gitarristen leicht versetzt spielen. Es erfolgt die Kreation eines sehr breiten Klangspektrums. Falls einzelne ProbandInnen nicht im Klaren über die Einsatzmöglichkeit eines solchen Delays waren, wurde ihnen eben dieser Trick demonstriert.

In der ersten Einstellung konnte die Effekteinheit 13 von 15 PorbandInnen überzeugen.

Die zweite Einstellung erzeugte ein sogenanntes „Slapback Delay“. Hier handelt es sich um eine schnelle Wiederholung mit einer Verzögerungszeit von ungefähr 120 Millisekunden. Der Trick bei dieser Einstellung basiert darauf, dass es nur eine Wiederholung gibt, die sehr schnell zurückkommt (daher der Name *Slapback*).

Erstaunlicherweise fiel hier die Simulation dem Großteil der ProbandInnen zum Geschmack.

Nur 6 PorbandInnen entschieden sich eine dritte Einstellung zu probieren. Auch hier waren die Präferenzen sehr gespalten. In den 36 Hörtests des Delay Effektes wurde meine Effekteinheit 22-mal als besser klingend bezeichnet.

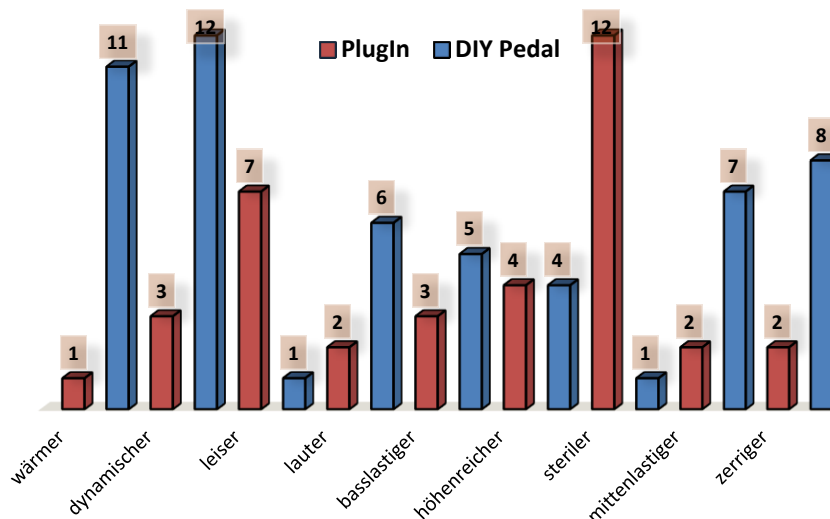


Tabelle 26: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der Probanden (Deep Blue Delay)

Wie bei den vorherigen Hörtests festgestellt werden konnte, mangelt es laut den ProbandInnen ebenfalls hier an Wärme und Dynamik. Hier beziehen sich die Mängel allerdings auf die Wiederholungen. Bereits bei Aktivierung der Pedalsimulation werden bestimmte Frequenzen abgeschnitten. Vor Allem der Anteil an Frequenzen im mittleren Bereich wird deutlich abgeschwächt (siehe Auswertung). Somit ändert sich sowohl das Klangbild des Grundtons als auch der Wiederholungen. Bei der Aktivierung des Delayeffektes in der Effekteinheit bleibt das Klangbild sehr gut erhalten.

Ein großer Nachteil und Hauptverursacher, der nicht eindeutigen Präferenz durch die ProbandInnen ist die Tatsache, dass eine gewisse Verzerrung bei den Wiederholungen zu verspüren ist. Obwohl im Normalfall bei der Verwendung in der Kombination mit einem cleanen Verstärker keine Probleme auftreten, ist die Verwendung mit einem bereits leicht angezerrten Verstärker nicht möglich. Dies liegt daran, dass in der Effekteinheit alle Schaltungen nacheinander zu einer Ausgangsbuchse geführt sind. Daher ist es verpflichtend sowohl den Delayeffekt als auch die anderen drei Effekte vor dem Verstärker zu schalten. Auf diese Weise gelangt der Delayeffekt in die Vorstufe des Verstärkers, wo auch die Verzerrung erzeugt wird und wird dort auch bearbeitet. Normalerweise verfügen Verstärker über einen „Effects Loop“. Durch das Anschließen des Delay Pedales an dieser Stelle erfolgt die Einschleifung des Pedales zwischen Vorstufe und Endstufe. Schlussendlich wird erst das fertig bearbeitete Signal von der Vorstufe verzögert.

Für die Ermöglichung des Livebetriebes soll noch eine zusätzliche Input- und Outputbuchse in die Effekteinheit implementiert werden. Zwischen diesen Buchsen erfolgt die Verkabelung der Delay Schaltung. Dadurch besteht die Möglichkeit diesen einen Effekt an den Effects Loop eines Verstärkers zu führen.

Bei Betrachtung der Auswertung der klanglichen Unterschiede erkennt man, dass diese Verzerrung einen hohen Teil der ProbandInnen aufgefallen ist.

Auch beim Vergleichen der Delay Effekte wurden nahezu ausschließlich cleane Verstärkersimulationen von den ProbandInnen herangezogen.

9.3 Vergleich der praktischen Aspekte von softwarebasierten Effektsimulationen und einer selbst konstruierten Effekteinheit

Nach Abschluss der Hörtests wurden alle ProbandInnen mit einigen praktischen Aspekten konfrontiert, die sie spezifisch entweder „Do It Yourself Effektpedal“ oder „Plugin“ zuordnen mussten. Damit kann ausgewertet werden wie nach Abschluss der Hörtests eine selbst konstruierte Effekteinheit im Vergleich zu softwarebasierten Effektsimulationen in praktischer Hinsicht eingeschätzt wird.

Zusammenfassung der Zuordnung bestimmter Aspekte zu einer Effektierungsmethode

<u>hoher Preis</u>	<u>Look/Feel</u>	<u>Studioästhetik</u>	<u>Livetauglichkeit</u>	<u>fixierte Arbeitsumgebung</u>
		DIY Pedal, 9		PlugIn, 11
PlugIn, 13	DIY Pedal, 14		DIY Pedal, 13	
DIY Pedal, 2		PlugIn, 6	PlugIn, 2	DIY Pedal, 4
<u>niedriger Preis</u>	<u>Experimentierfreudigkeit</u>	<u>Wartungsbedarf</u>	<u>Bedienung</u>	<u>Mobilität</u>
	DIY Pedal, 11			DIY Pedal, 8
DIY Pedal, 13		DIY Pedal, 14	DIY Pedal, 14	
PlugIn, 2	PlugIn, 4			PlugIn, 7

Tabelle 27: Zusammenfassung der Zuordnung bestimmter praktischer zu einer Effektierungsmethode

Erstaunlicherweise stellte sich heraus, dass die Mehrheit der ProbandInnen eine selbst konstruierte Effekteinheit mit einem niedrigen Preis und hingegen Plugins mit einem hohen Preis verbinden. Über den finanziellen Aspekt kann lange gestritten werden. Natürlich sollte eine Do It Yourself mit einem niedrigen Preis verbunden werden. Für den Preis von Bias Fx ist es möglich die nötigen Bauteile für die Konstruktion von bis zu acht Effektschaltungen zu beschaffen. Es ist doch eine sehr effiziente und edukative Arbeitsweise acht Pedale zu identifizieren welche man schon immer sein Eigen nennen wollte und diese probieren zu rekonstruieren. Schließlich lernt man auch was dabei. Ob eine Investition von 200€

für den Kauf einer Software oder Rekonstruktion erträumter Pedale erfolgen soll, ist jedermanns Sache.

Nicht zu bestreiten ist, dass das Look & Feel einer selbst gebauten Effekteinheit einfach unübertrefflich und dies konnten nahezu alle ProbandInnen bestätigen. Es ist doch etwas Wunderbares mit einem Gerät zu arbeiten, dass selbst entwickelt und konstruiert wurde.

Zusätzlich zum Look & Feel kann auch bezüglich Studiästhetik ein Do It Yourself Effektpedal überzeugen. Nicht nur für das persönliche Empfinden, sondern auch von Mitmenschen wird etwas selbst Konstruiertes sehr positiv angenommen.

Auch der für mich wichtigste praktische Aspekt konnte von nahezu allen ProbandInnen einer selbst konstruierten Effekteinheit zugeordnet werden. Die Rede ist von der Livetauglichkeit der Effektierungsmethode. Wie bereits beschrieben wird es bis heute nicht gerne gesehen, dass ein Gitarrist mit einem Laptop, Bildschirm und Audio - Interface auf der Bühne steht und mit der Maus seine Effekte bedient. Meiner Meinung nach wird sich das Verwenden von softwarebasierten Simulationen im Live Betrieb niemals durchsetzen. Ein selbst konstruierte Effekteinheit kann ebenso wie originale Pedale auf den herkömmlichen Boden gelegt und schnell mit dem Verstärker verbunden werden. Auch hier spielt die Ästhetik eine wichtige Rolle. Es möge sogar sein, dass der Eine oder Andere aus dem Publikum sogar bemerkt, dass mit einer Do It Yourself Effekteinheit gearbeitet wird. Komplimente sind hier vor programmiert.

Der Begriff „fixierte Arbeitsumgebung“, welcher durchaus als negativ anzusehen ist, wurde großteils dem Plugin zugeordnet. Damit soll nähergebracht werden, dass es nicht wirklich möglich Bias Fx in Verbindung mit einem Röhrenverstärker zu verwenden. Softwarebasierte Effektsimulationen sind numal für den Einsatz in einer digitalen Umgebung ausgelegt. Rechner und Hardware ist für die Inbetriebnahme unabdinglich. Hingegen kann eine selbst konstruierte Effekteinheit abgesehen vom herkömmlichen Einsatz mit Gitarrenequipment auch durchaus in einer digitalen Arbeitsumgebung ihren Einsatz finden. Dies konnte mithilfe ausführlicher Hörtests bewiesen werden.

Ein Do It Yourself Effekteinheit ist auch deutlich experimentierfreudiger. Wie bereits kurz beschrieben ist es möglich durch Eingriffe in die elektronischen Bauteile durch kleine Änderungen die Effekte anders beziehungsweise einzigartig klingen zu lassen. Die Modifikation von Effektpedalen ist ein ebenso breites Thema wie die Konstruktion selber.

Ja natürlich kann bei selbst konstruierten Geräten ein Wartungsbedarf eintreten. Aber das ist doch keineswegs als rein negativer Aspekt anzusehen. Sollte eine Schaltung auf einmal nicht funktionieren so besteht Handlungsbedarf. Die Lösung eines Problems in einer elektronischen Schaltung ist äußerst edukativ, denn man befasst sich noch genauer mit dem Innenleben.

Nahezu alle ProbandInnen präferieren eine Do It Yourself Effekteinheit aus Sicht der Bedienung. Selbstverständlich ist es angenehmer und realistischer ein Gerät mit seiner eigenen Hand anstatt mit einer Maus zu bedienen.

Bezüglich Mobilität punkten beide Effektivierungsmethoden. Eine softwarebasierte Effektsimulation bietet die Möglichkeit Presets zu speichern und auf einem anderen Rechner wieder abzurufen (falls das Plugin installiert ist). Eine konstruierte Effekteinheit ist materiell und dadurch natürlich auch mobil. Die Präferenz der einen oder anderen Effektivierungsmethode ist hier nicht wirklich sinnvoll.

9.4 Lohnt es sich Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren?

Nun gilt es zusammenfassend die wesentliche Frage zu stellen. Lohnt es sich tatsächlich Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren? Die Antwort auf diese Frage scheint nach all den angestellten Vergleichen mit den ProbandInnen doch recht eindeutig zu beantworten sein. Sowohl aus klanglicher als auch praktischer Sicht konnte sich die selbst konstruierte Effekteinheit als durchsetzungsfähig beziehungsweise sogar präferierte Effektierungsmethode erweisen.

Als zusammenfassendes Statement wurden die ProbandInnen mit einigen Fakten konfrontiert und aufgefordert eben diese Frage zu beantworten. Nach all den Hörtests und Vergleichen soll nun klar in Erfahrung gebracht werden ob es sich für sie nach den gesammelten Erfahrungen tatsächlich lohnt eine Effekteinheit zu konstruieren. Die ProbandInnen wurden mit folgenden Statement und abschließender Frage konfrontiert:

Sie konnten sich einen Überblick über die klanglichen und praktischen Aspekte beider Effektierungsmethoden verschaffen. Außerdem informiere ich sie, dass die originalen Pedale einen Neupreis von 600€ erreichen und das Bias Fx mit 180€ erworben werden kann.

Die Konstruktion der Effekteinheit erforderte sowohl einen zeitlichen Aufwand als auch einen finanziellen Aufwand von ungefähr 100€.

Lohnt es sich ihrer Meinung nach Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren?

Die Ergebnisse dieser Auswertung liefen sehr eindeutig zu meinen Gunsten aus. Ausnahmslos alle ProbandInnen beantworteten diese Frage mit „Ja“. Somit bestand nach Ansicht aller Probandinnen absolut keine Benachteiligung meiner Effekteinheit gegenüber einer gitarrenspezifischen Simulationssoftware.

10 Fazit

Durch ausführliche Auseinandersetzung mit den Schaltungen der originalen Pedale konnten voll funktionsfähige Rekonstruktionen erschaffen werden, die schließlich ihren Platz in einem selbst entwickelten 3D gedruckten Gehäuse finden konnten.

Nach den ausführlicheren Auswertungen der ProbandInnen tests konnten eindeutige Schlüsse gezogen werden. Mithilfe der Ergebnisse konnte auf die Schwächen und Stärken beider Effektierungsmethoden hingewiesen werden.

In welchem Ausmaß finden digitale Simulationen bei jungen Gitarristen bereits Anwendung?

Es hat sich herausgestellt, dass nahezu alle ProbandInnen mit softwarebasierten Effektsimulationen arbeiten. Stärken wie die enorme Vielfältigkeit beziehungsweise Flexibilität können junge Gitarristen zum Kauf einer Software überzeugen. Die Möglichkeit sowohl Effekt pedal – als auch Verstärker – und Lautsprechersimulationen in einer kompakten digitalen Form sein Eigen nennen zu können, scheint für einen jungen Gitarristen eine sehr wichtige Rolle zu spielen.

Nichtsdestotrotz lassen softwarebasierte Effektsimulationen einiges zu wünschen übrig. Die kaum vorhandene aber doch spürbare Latenz oder der Mangel an Dynamik und Wärme beziehungsweise steriler und künstlicher Klang bilden die schwächste Stelle einer Software. Auch hinsichtlich praktischer Aspekte wie dem Look & Feel oder der Livetauglichkeit kann die digitale Arbeitsweise nicht überzeugen.

Lohnt es sich Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren?

Nach der Konfrontation aller ProbandInnen mit der Effekteinheit konnte erforscht werden, dass eine selbst konstruierte Effekteinheit in den meisten Fällen Präferenz erlangen konnte. Die Erhaltung der Dynamik und Wärme des ursprünglichen Gitarrensigs machen die Effekteinheit zu einer deutlich effektiveren Lösung.

Natürlich wurde die Effekteinheit nicht bei ausschließlich allen angestellten Hörtests als besser klingend empfunden. Aber es ist Tatsache, dass es in den meisten Fällen präferiert wurde und das ist schon ausreichend, wenn bedacht wird, dass solche Schaltungen nicht auf die Arbeit in einer digitalen Arbeitsumgebung ausgelegt sind.

Fakt ist, dass sämtliche ProbandInnen nach dem Sammeln von Eindrücken direkt gefragt worden sind ob es sich für sie tatsächlich lohnt Zeit und Geld in die Konstruktion einer Effekteinheit zu investieren und ausnahmslos alle stimmten zu.

Somit wurde die Verwendung von softwarebasierten Effektsimulationen für die ProbandInnen definitiv in Frage gestellt und zum Nachdenken gegeben ob vielleicht die Konstruktion einer Effekteinheit mit den erträumten Effektrekonstruktionen erfolgen sollte. Genau dieses Resultat wurde mit der Arbeit beabsichtigt.

Stellt eine selbst entwickelte und konstruierte Effekteinheit aus klanglicher und praktischer Hinsicht eine effektive aber dennoch preiswerte Alternative zur softwarebasierten Effektsimulationen dar?

Eine „Do It Yourself“ Effekteinheit stellt definitiv eine effektive und preiswerte Alternative zur softwarebasierten Effektsimulationen dar. Nach dem Betrachten der Resultate möge sich sogar die Meinung bilden, dass es die „effektivere“ Effektierungsmethode darstellt.

Literaturverzeichnis

Beuth, K. (2010). *Bauelemente* (19., überarb. und erw. Aufl.). Würzburg: Vogel.

Beuth, K., & Schmusch, W. (2007). *Grundsaltungen* (16., überarb. Aufl.). Würzburg:

Vogel Buchverl. Abgerufen von http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3019203&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm

Deimel, F., & Hasenzagl, A. (2006). *Grundlagen der Elektrotechnik 1* (12. Aufl.). Wien: Oldenbourg Verlag Wien.

Deimel, F., Hasenzagl, A., Krikava, F., Ruhswurm, H., & Seiser, J. (2003). *Grundlagen der Elektrotechnik 2* (9. Aufl.). Wien: Oldenbourg Verlag Wien.

Friesecke, A. (2007). *Die Audio-Enzyklopädie: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker* (1. Aufl.). München: Saur, K G.

Hunter, D. (2013). *Guitar Effects Pedals: The Practical Handbook* (Updated, Expanded ed). Milwaukee, WI: Handbook Series.

Huovilainen, A. (2005). Enhanced Digital Models For Analog Modulation Effects (S. 6).
Gehalten auf der Digital Audio Effects (DAFX).

Inui, M., Takemoto, K., & Hamasaki, T. (2018). Harmonics and Intermodulation Distortion Analysis of the Even-Order Nonlinearity Controlled Effector Pedal. In *Audio Engineering Society Convention 144*. Abgerufen von <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=19500>

Kaiser, C. (2015). *Homerecording* (3., 2015). Frechen: mitp.

- Meister, H. (2012). *Elektrotechnische Grundlagen: Mit Versuchsanleitungen, Rechenbeispielen und Lernziel-Tests* (15. Aufl.). Würzburg: Vogel Business Media.
- Orman, J. (2017a). *Distortion Pedals Explained*.
- Orman, J. (2017b). *Guitar Effects Explained*.
- Orman, J. (2017c). *Guitar FX Mods: Pro Co Rat*.
- Pieper, F. (2004). *Das Effekte Praxisbuch: Optimaler Einsatz von Effekten, Effektgeräten und Plug-Ins* (2., überarb. A.). München: GC Carstensen Verlag.
- Raffel, C., & Smith, J. (2010). Practical Modeling of Bucket-Brigade Device Circuits (S. 7). Gehalten auf der Digital Audio Effects (DAFX).
- Sandmann, T. (2007). *Effekte und Dynamics. Mit CD: Professionelles Know-how für Mix und Mastering* (6. Aufl.). Bergkirchen: PPV MEDIEN.
- Schnabel, P. (2007). *Elektronik-Fibel* (4. voll. überarbeitete Auflage). Ludwigsburg: Books on Demand.
- Schneiderman, M., & Sarisky, M. (2009). Analysis of a Modified Boss DS-1 Distortion Pedal. In *Audio Engineering Society Convention 126*. Abgerufen von <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14987>
- Schuster, S. (2010). *Modeling für E-Gitarren*. Wien. Abgerufen von http://othes.univie.ac.at/8530/1/2010-01-25_0501981.pdf
- Takemoto, K., Oshimo, S., & Hamasaki, T. (2017). An Even-Order Harmonics Control Technique for Analog Pedal Effector. In *Audio Engineering Society Convention 143*. Abgerufen von <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=19247>
- Treuter, J. (2012). *Gitarren-Effekt-Pedale: Wahrheit, Mythen und Möglichkeiten*. Stuttgart. Abgerufen von <https://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Treuter.pdf>

Wampler, B. (2007). *How to Modify Guitar Pedals: A complete how-to package for the electronics newbie on how to modify guitar and bass effects pedals*. Martinsville, IN: Createspace Independent Publishing Platform.

Yeh, D. T., Abel, J. S., & Smith, J. O. (2007). Simplified, Physically - Informed Models of Distortion and Overdrive Guitar Effect Pedals (S. 8). Gehalten auf der Digital Audio Effects (DAFx).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Tube Screamer 808 Skizze mit eingezeichneten Maßen	4
Abbildung 2: ProCo Rat Distortion Skizze mit eingezeichneten Maßen.....	5
Abbildung 3: Electro Harmonix Small Clone Chorus Skizze mit eingezeichneten Maßen	5
Abbildung 4: Mad Professor Deep Blue Delay Skizze mit eingezeichneten Maßen	6
Abbildung 5: Kombination der Effekteinheit mit anderen Pedalen	9
Abbildung 6: Maßstabsgetreue Ansicht der Oberfläche von oben mit eingezeichneten Öffnungen für Potentiometer, Footswitches und Led's + Umrisse der Potentiometer und Footswitches im Inneren des Gehäuses ...	10
Abbildung 7: perspektivische Ansicht von der Seite mit eingezeichneten Öffnungen für Potentiometer, Footswitches, LED's und Eingangsbuchse	11
Abbildung 8: Ansicht der Oberkante des Gehäuses von der Seite mit eingezeichneten Footswitch und Potentiometer	11
Abbildung 9: Übersicht der Kondensatorarten (Friecke, 2007, S.226)	16
Abbildung 10: Metallschicht Widerstand	18
Abbildung 11: Internationaler Farbcode für Vierfachberingung (Beuth, 2010, S.27)	18
Abbildung 12: Widerstandsverläufe verschiedener Potentiometerarten (Friecke, 2007, S.218)	20
Abbildung 13: Kennlinien von Germanium- und Siliziumdioden (Beuth, 2010, S.116)	22
Abbildung 14. Aufbau eines npn – Transistors (Deimel, 2003, S.214).....	25
Abbildung 15: Sperrschichten eines Sperrschicht Transistors (JFET) (Beuth, 2010, S.204)	26
Abbildung 16: Bauformen von Operationsverstärkern (Friecke, 2007, S.264)	28
Abbildung 17: Anschlussbelegung von Standardoperationsverstärkern (Friecke, 2007, S.268)	29
Abbildung 18: Anschlüsse und mögliche Positionen eines 3DPT Footswitch	34

Abbildung 19: Kennlinie einer zu hoch angesteuerten Transistor – Verstärkerstufe (Pieper, 2004, S.204).....	43
Abbildung 20: typisches Beispiel von weicher und harter Begrenzung (Schneiderman & Sarisky, 2009, S. 2)	43
Abbildung 21: Prinzip eines Overdrive – Pedals mit „verrundetem“ Signal (Pieper, 2004, S.210)	45
Abbildung 22: Ibanez TS 808 und TS 9 (Hunter, 2013, S.68)	48
Abbildung 23: Schaltplan der Stromversorgungs Filterung eines Tube Screamer 808	50
Abbildung 24: Schaltplan des Eingangspuffers eines Tube Screamer 808.....	52
Abbildung 25: Schaltplan der Clipping Verstärker Sektion eines Tube Screamer 808	53
Abbildung 26: Schaltplan der Klang / Lautstärke Regelung eines Tube Screamer 808	57
Abbildung 27: Schaltplan des Ausgangspuffers eines Tube Screamer 808.....	59
Abbildung 28: kompletter Schaltplan eines Ibanez Tube Screamer 808.....	59
Abbildung 29: Testaufbau einer Ibanez Tube Screamer 808 Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett	61
Abbildung 30: Schaltplan der Verstärkerstufe eines ProCo RAT Distortion Pedals	64
Abbildung 31: Schaltplan der Dioden – und Klangfilterung Sektion eines ProCo Rat Distortion Pedals	66
Abbildung 32: kompletter Schaltplan eines ProCo RAT Distortion Pedals.....	68
Abbildung 33: Testaufbau einer ProCo RAT Distortion Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett	70
Abbildung 34: Schaltplan des Pre-Emphasis Filters eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals.....	73
Abbildung 35: Schaltplan des De-Emphasis Filters eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals.....	74
Abbildung 36: Schaltplan des Anti-Aliasing & Rekonstruktion Filters eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals	76

Abbildung 37: Frequenzgang des Anti-Aliasing Filters im Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedal. Generiert mit dem „3rd Order Sallen Key Design Tool“ von Okawa Electric Design	77
Abbildung 38: Frequenzgang des Rekonstruktion Filters im Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedal. Generiert mit dem „3rd Order Sallen Key Design Tool“ von Okawa Electric Design	78
Abbildung 39: Schaltplan der Bucket Brigade Device Stage des Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals	79
Abbildung 40: Schaltplan des Niederfrequenzoszillators (LFO) im Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedal.....	81
Abbildung 41: kompletter Schaltplan eines Electro Harmonix Small Clone Chorus Pedals	82
Abbildung 42: Testaufbau einer Electro Harmonix Small Clone Chorus Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett.....	84
Abbildung 43: Funktionsweise eines digitalen Delay Pedals (Orman, 2017)	88
Abbildung 44: RAM Adressierung bei der Delay Erzeugung (Pieper, 2004, S. 80)	89
Abbildung 45: Standardschaltung der Peripherie eines PT2399 Echo Chips, entnommen aus dem PT2399 Datenblatt (Princeton Technology, 2010)	92
Abbildung 46: Verhältnis zwischen Widerstandswert und Verzögerungszeit bei einem PT2399 Chip, entnommen aus dem PT2399 Datenblatt (Princeton Technology, 2010, S. 23).....	93
Abbildung 47 Verhältnis zwischen Widerstandswert und Verzögerungszeit bei einem PT2399 Chip, dargestellt auf einem Graph (Wiltshire, 2015).....	93
Abbildung 48: kompletter Schaltplan eines Mad Professor Deep Blue Delay Pedals	94
Abbildung 49: Testaufbau einer Mad Professor Deep Blue Delay Schaltung auf einem Project Boards GL-36 Schaltbrett.....	96
Abbildung 50: (oben) Abbildung der originalen Pedale. (unten) Simulationen in Bias Fx	116
Abbildung 51: bei den ProbandInnentests zur Auswahl stehende Verstärkersimulationen	117
Abbildung 52: Benutzeroberfläche von Bias FX	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung von elektronischen Bauteilen	13
Tabelle 2: Übliche integrierte Schaltungen und Operationsverstärker in Effektschaltungen + Hervorhebung der verwendeten IC's	30
Tabelle 3: Pin Belegung eines 3DPT Footswitch	34
Tabelle 4: Schaltzeichen für verwendete elektrische Bauteile in Effektschaltungen	36
Tabelle 5: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer Ibanez Tube Screamer 808 Overdrive Schaltung und deren Kosten.....	60
Tabelle 6: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer ProCo RAT Distortion Schaltung und deren Kosten.....	69
Tabelle 7: Kategorisierung von Modulationseffekten.....	71
Tabelle 8: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer Electro Harmonix Small Clone Chorus Schaltung und deren Kosten	84
Tabelle 9: Auflistung der benötigten Komponenten für die Rekonstruktion einer Mad Professor Deep Blue Delay Schaltung und deren Kosten	95
Tabelle 10: Liste an erhältlichen Effektsimulationen sowohl in der Bias FX Standard als auch Professional Version. Außerdem in Klammer das Gerät, das simuliert werden soll.....	102
Tabelle 11: Alter der Probanden, dargestellt mit einem Kreisdiagramm	107
Tabelle 12: Anteilnahme der ProbandInnen nach Geschlecht, dargestellt mit einem Sunburst Diagramm.....	108
Tabelle 13: Anteil an ProbandInnen, die Erfahrung mit softwarebasierten Effektsimulationen haben und diese auch nutzen, dargestellt mit einem Säulendiagramm	109
Tabelle 14: Plugins, die von den ProbandInnen zur Effektierung von Gitarrensingen genutzt werden, dargestellt mit einem Säulendiagramm	110
Tabelle 15: Stärken und Schwächen von softwarebasierten Effektsimulationen, die sich bei der Befragung aller ProbandInnen herauskristallisieren konnten ..	112
Tabelle 16: Auswertung der Hörtests der Ibanez Tube Screamer 808 Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effektpedal.....	119

Tabelle 17: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der ProbandInnen (Ibanez Tube Screamer 808)	120
Tabelle 18: Verwendete Verstärkersimulationen bei Hörtest Ibanez Tube Screamer 808	122
Tabelle 19: Auswertung der Hörtests der ProCo Rat Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effekt pedal	123
Tabelle 20: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der ProbandInnen (ProCo Rat)	123
Tabelle 21: Verwendete Verstärkersimulationen bei Hörtest ProCo Rat	124
Tabelle 22: Auswertung der Hörtests der Small Clone Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effekt pedal	125
Tabelle 23: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der ProbandInnen (Small Clone)	126
Tabelle 24: verwendete Verstärkersimulationen bei Hörtest Small Clone Chorus	127
Tabelle 25: Auswertung der Hörtests der Deep Blue Delay Simulation beziehungsweise rekonstruierten Schaltung im Do It Yourself Effekt pedal	128
Tabelle 26: Auswertung der klanglichen Unterschiede aus Sicht der Probanden (Deep Blue Delay)	129
Tabelle 27: Zusammenfassung der Zuordnung bestimmter praktischer zu einer Effektierungsmethode	131

Onlineverzeichnis

- Billy. (o. J.). A Beginners Guide To Effects Pedals Components. Abgerufen von <http://www.guitarpcb.com/PDF%20Files/A%20Beginners%20Guide%20to%20Effects%20Pedal%20Components.pdf>
- John, B. (2011, Februar 11). Review - CD4047 Astable/Monostable Multivibrator. Abgerufen 21. Februar 2018, von <http://tronixstuff.com/2011/02/11/review-cd4047-astablemonostable-multivibrator/>
- Keen, R. G. (1998). The Technology of the Tube Screamer. Abgerufen 30. Januar 2018, von http://www.geofex.com/article_folders/tstech/tsxtech.htm
- Mad Professor Amplification. (o. J.). Mad Professor - Deep Blue Delay - Owners Manual.
- Positive Grid. (o. J.-a). BIAS FX - Authentic Analog Sounding Guitar Effects - Positive Grid. Abgerufen 25. April 2018, von <https://www.positivegrid.com/bias-fx/>
- Positive Grid. (o. J.-b). BIAS FX Product Chart.
- Princeton Technology. (2010). PT2399 - Datenblatt. Abgerufen von <http://www.diyaudiocircuits.com/wp-content/uploads/2012/09/2399.pdf>
- Rodriguez, J. (2012). Tube Screamer Circuit Analysis. Abgerufen 30. Januar 2018, von <https://www.electrosmash.com/tube-screamer-analysis>
- Rodriguez, J. (2013a). ElectroSmash - Boss CE-2 Analysis. Abgerufen 19. Februar 2018, von <https://www.electrosmash.com/boss-ce-2-analysis>
- Rodriguez, J. (2013b). ElectroSmash - ProCo Rat Analysis. Abgerufen 3. Februar 2018, von <https://www.electrosmash.com/proco-rat>

Thewes, G. von M., & Berg, T. (2016, September 19). Die Ibanez Tube Screamer Story.

Abgerufen 30. Januar 2018, von <https://www.gitarrebass.de/equipment/die-tube-screamer-story/>

Tom, W. (2015). Useful design equations for the PT2399 | Electric Druid. Abgerufen 9.

März 2018, von <https://electricdruid.net/useful-design-equations-for-the-pt2399/>

Wampler, B. (2006). Advanced DIY Effect Pedals, How to Design, Customize, and Build

Effect Pedals, Intermediate - Advanced Level. Abgerufen von [file:///C:/Users/Wirtl/Downloads/advanced-DIY-806%20\(2006\).pdf](file:///C:/Users/Wirtl/Downloads/advanced-DIY-806%20(2006).pdf)

Anhang

A. Fragebogen

FRAGEBOGEN

Probandentests im Rahmen der Diplomarbeit „Konstruktion und Entwicklung einer Gitarreneffekt Einheit mit integrierten Verzerrer – und Modulationsschaltungen“

ALTER:

14-17

18-24

25-34

35-50

Über 50

☐☐☐☐☐

GESCHLECHT:

Männlich

☐

Weiblich

☐

HATTEN SIE BEREITS ERFAHRUNG MIT SOFTWAREBASIERTEN EFFEKTSIMULATIONEN ODER EFFEKTPEDALEN?

Ja

☐

Nein

☐

nur Effektpedale

☐

WENN JA, MIT WELCHEN PLUGINS HABEN SIE BEREITS GEARBEITET?

IK Multimedia
Amplitube

☐

Overloud TH

☐

Native Instruments
Guitar RIG

☐

Studio Devil Amp
Modeler

☐

Waves GTR

☐

Digidesign Eleven

☐

Positive Grid Bias Series

☐

Logic Amp Designer

☐

Weitere :

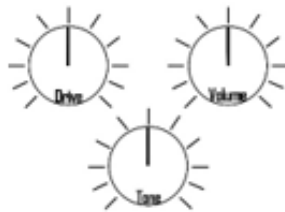
WELCHE STÄRKEN/SCHWÄCHEN VERBINDEN SIE MIT SOFTWAREBASIERTEN EFFEKTSIMULATIONEN?



Stärken	Schwächen

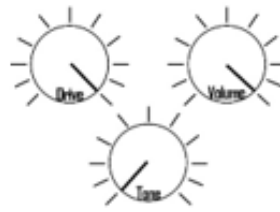
IBANEZ TUBE SCREAMER 808 (OVERDRIVE)

BLINDTEST #1 – BITTE KREUZEN SIE DEN SOUND AN, DER FÜR SIE PERSÖNLICH BESSER KLINGT. ERGÄNZEN SIE AUßERDEM DIE VERWENDETE VERSTÄRKER SIMULATION.



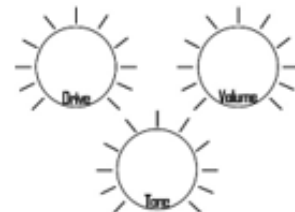
Sound 1: ☐

Sound 2: ☐



Sound 1: ☐

Sound 2: ☐



Sound 1: ☐

Sound 2: ☐

WELCHE KLANGLICHEN UNTERSCHIEDE KONNTEN FESTGESTELLT WERDEN?

Sound 1	Sound 2
☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser	☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser
☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher	☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher
☐ steriler ☐ mittenlastiger ☐ zerriger	☐ künstlicher ☐ mittenlastiger ☐ zerriger

JUSTIEREN SIE DIE POTENTIOMETER SOWOHL DES EFFEKTPLUGINS ALS AUCH DER EFFEKTEINHEIT BIS IHRER MEINUNG NACH MÖGLICHST IDENTISCHE CHARAKTERISTIKEN AUFGEWIESEN WERDEN.

Effekt Plugin	„Do It Yourself“ Effekteinheit

Welche Erkenntnisse schließen Sie daraus?

PROCO RAT (DISTORTION)

BLINDTEST #2 – BITTE KREUZEN SIE DEN SOUND AN, DER FÜR SIE PERSÖNLICH BESSER KLINGT.
ERGÄNZEN SIE AUßERDEM DIE VERWENDETE VERSTÄRKER SIMULATION.

Sound 1: ☐Sound 1: ☐Sound 1: ☐Sound 2: ☐Sound 2: ☐Sound 2: ☐

WELCHE KLANGLICHEN UNTERSCHIEDE KONNTEN FESTGESTELLT WERDEN?

Sound 1	Sound 2
☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser ☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher ☐ steriler ☐ mittenlastiger ☐ zerriger	☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser ☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher ☐ künstlicher ☐ mittenlastiger ☐ zerriger

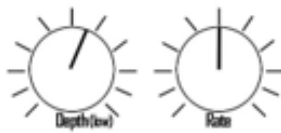
JUSTIEREN SIE DIE POTENTIOMETER SOWOHL DES EFFEKTPLUGINS ALS AUCH DER EFFEKTEINHEIT
BIS IHRER MEINUNG NACH MÖGLICHSIT IDENTISCHES CHARAKTERISTIKEN AUFGEWIESEN WERDEN.

Effekt Plugin	„Do It Yourself“ Effekteinheit

Welche Erkenntnisse schließen Sie daraus?

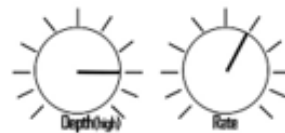
ELECTRO HARMONIX SMALL CLONE (CHORUS)

BLINDTEST #3 – BITTE KREUZEN SIE DEN SOUND AN, DER FÜR SIE PERSÖNLICH BESSER KLINGT. ERGÄNZEN SIE AUßERDEM DIE VERWENDETE VERSTÄRKER SIMULATION.



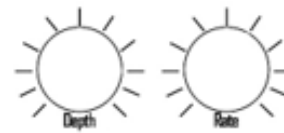
Sound 1: ☐

Sound 2: ☐



Sound 1: ☐

Sound 2: ☐



Sound 1: ☐

Sound 2: ☐

WELCHE KLANGLICHEN UNTERSCHIEDE KONNTEN FESTGESTELLT WERDEN?

Sound 1	Sound 2
☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser ☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher ☐ steriler ☐ mittenlastiger ☐ sanfter	☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser ☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher ☐ künstlicher ☐ mittenlastiger ☐ sanfter

JUSTIEREN SIE DIE POTENTIOMETER SOWOHL DES EFFEKTPLUGINS ALS AUCH DER EFFEKTEINHEIT BIS IHRER MEINUNG NACH MÖGLICHST IDENTISCHE CHARAKTERISTIKEN AUFGEWIESEN WERDEN.

Effekt Plugin	„Do It Yourself“ Effekteinheit

Welche Erkenntnisse schließen Sie daraus?

MAD PROFESSOR DEEP BLUE DELAY

BLINDTEST #4 – BITTE KREUZEN SIE DEN SOUND AN, DER SIE PERSÖNLICH MEHR ANSPRICHT.
ERGÄNZEN SIE AUßERDEM DIE VERWENDETE VERSTÄRKER SIMULATION.



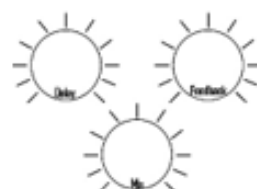
Sound 1: ☐

Sound 2: ☐



Sound 1: ☐

Sound 2: ☐



Sound 1: ☐

Sound 2: ☐

WELCHE KLANGLICHEN UNTERSCHIEDE KONNTEN FESTGESTELLT WERDEN?

Sound 1	Sound 2
☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser ☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher ☐ steriler ☐ mittenlastiger ☐ zerriger	☐ wärmer ☐ dynamischer ☐ leiser ☐ lauter ☐ basslastiger ☐ höhenreicher ☐ künstlicher ☐ mittenlastiger ☐ zerriger

JUSTIEREN SIE DIE POTENTIOMETER SOWOHL DES EFFEKTPLUGINS ALS AUCH DER EFFEKTEINHEIT
BIS IHRER MEINUNG NACH MÖGLICHSIT IDENTIE CHARAKTERISTIKEN AUFGEWIESEN WERDEN.

Effekt Plugin	„Do It Yourself“ Effekteinheit

Welche Erkenntnisse schließen Sie daraus?

ORDNEN SIE BITTE FOLGENDE BEGRIFFE JENER EFFEKTIERUNGSMETHODE ZU, DIE ES AUS IHRER SICHT BETRIFFT

Do It Yourself Effekt pedal

Plug - Ins

☐	←	hoher Preis	→	☐
☐	←	niedriger Preis	→	☐
☐	←	Look & Feel	→	☐
☐	←	Experimentierfreudigkeit	→	☐
☐	←	Studioästhetik	→	☐
☐	←	Möglicher Wartungsbedarf	→	☐
☐	←	Livetauglichkeit	→	☐
☐	←	Auslegung auf bestimmte Arbeitsumgebung (digitale/analoge)	→	☐
☐	←	Bedienung	→	☐
☐	←	Mobilität	→	☐

SIE KONNTEN SICH EINEN ÜBERBLICK ÜBER DIE KLANGLICHEN UND PRAKTISCHEN ASPEKTE BEIDER EFFEKTIERUNGSMETHODEN VERSCHAFFEN. AUßERDEM INFORMIERE ICH SIE, DASS DIE ORIGINALEN PEDALE EINEN NEUPREIS VON 600€ ERREICHEN UND DAS *Bias Fx* PLUGIN MIT 180€ ERWORBEN WERDEN KANN.

DIE KONSTRUKTION DER EFFEKTEINHEIT ERFORDERTE SOWOHL EINEN ZEITLICHEN AUFWAND ALS AUCH EINEN FINANZIELLEN AUFWAND VON UMGEFÄHR 100€.

LOHNT ES SICH IHRER MEINUNG NACH ZEIT UND GELD IN DIE KONSTRUKTION EINER EFFEKTEINHEIT ZU INVESTIEREN?

JA ☐

NEIN ☐

|