

# **Bachelorarbeit**

Im Studiengang Audiovisuelle Medien

## **Multiformat Produktion in Dolby Atmos Music**

### **Analyse der Trim- und Downmix Controls**

vorgelegt von

**Alan Wünsche**

Matrikelnummer: 38417

an der Hochschule der Medien Stuttgart

am 11. September 2024

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Engineering

Erstprüfer: Prof. Dr. Frank Melchior

Zweitprüfer: Prof. Oliver Curdt

## Ehrenwörtliche Erklärung:

Hiermit versichere ich, Alan Wünsche, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Multiformat Produktion in Dolby Atmos Music – Analyse der Trim- und Downmix Controls“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden. Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor - SPO (6 Semester), § 2 4 Abs. 2 Bachelor - SPO (7 Semester) , § 23 Abs. 2 Master - SPO (3 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master - SPO (4 Semester und berufsbegleitend) der HdM) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen."

Ort, Datum

Matrikel Nr. 38417, Alan Wünsche

Stuttgart, den 11.09.2024



---

## **Kurzfassung**

Immer mehr Menschen haben heute Zugang zu Musikmischungen in Dolby Atmos. Häufig erfolgt die Wiedergabe über Soundbars, Heimkinosysteme, Autos oder Produkte wie den Apple Homepod. Diese hohe Bandbreite an Produkten setzt voraus, dass eine Dolby Atmos Mischung in verschiedenen Lautsprecherkonfigurationen wiedergegeben werden kann.

Diese Arbeit beschäftigt sich damit, welche Prozesse eine Dolby Atmos Mischung durchläuft, bevor sie auf einer kleineren Lautsprecherkonfiguration wiedergegeben wird, welche Auswirkungen diese haben können und welche Einstellmöglichkeiten dem Toningenieur zur Verfügung stehen. Außerdem werden Anregungen gegeben, wie diese im kreativen Prozess genutzt werden könnten.

## **Abstract**

An increasing number of individuals are now able to access music mixes in Dolby Atmos. Frequently, the playback occurs via soundbars, home cinema systems, automobiles, or products such as the Apple HomePod. The extensive range of products available necessitates the ability to play a Dolby Atmos mix on a variety of speaker configurations. This study examines the processes involved in playing a Dolby Atmos mix on a smaller speaker configuration, the potential implications of these processes, and the adjustments available to the audio engineer. Additionally, it provides insights into the potential applications of these processes in the creative process.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Ehrenwörtliche Erklärung:</b> .....	<b>I</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>II</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>II</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Signalfluss von Audio und Metadaten</b> .....	<b>3</b>
2.1 Eingangskanäle .....	3
2.2 Objekte.....	3
2.3 Das Bed.....	4
2.4 Unterschied von Bed und Objekt .....	5
2.5 Metadaten .....	5
2.6 Abfolge von Trim- und Downmix Controls.....	6
2.7 Koordinaten.....	7
<b>3 2.0 Direct</b> .....	<b>8</b>
<b>4 Downmix Controls</b> .....	<b>10</b>
4.1 Downmix Controls für 5.1 und 5.1.x.....	10
4.2 Lo/Ro - default.....	10
4.2.1 Funktionsweise.....	10
4.2.2 Auswirkungen .....	11
4.3 Dolby Pro Logic IIx:.....	15
4.3.1 Funktionsweise.....	15
4.3.2 Auswirkungen .....	16
4.4 Direct render.....	19
4.4.1 Funktionsweise.....	19
4.4.2 Auswirkungen .....	20
4.4.3 Direct Render with room balance.....	21
4.5 Zwischenfazit.....	24
4.6 Downmix Controls für 2.0.....	26
4.7 Lo/Ro - default:.....	26

4.7.1	Funktionsweise: .....	26
4.7.2	Auswirkungen: .....	26
4.8	<i>Lt/Rt (Pro Logic II)</i> .....	29
4.8.1	Hintergrund.....	29
4.8.2	Funktionsweise: .....	30
4.8.3	Auswirkungen .....	30
4.9	<i>Lt/Rt (Pro Logic II) w/phase 90</i> .....	32
4.9.1	Funktionsweise.....	32
4.10	<i>Zwischenfazit</i> .....	33
<b>5</b>	<b>Trim Controls</b> .....	<b>34</b>
5.1	<i>Trims</i> .....	34
5.1.1	Beispiele einfacher Trajektorien.....	34
5.1.2	Erkenntnisse .....	37
5.2	<i>Front/back balance</i> .....	39
5.2.1	Auswirkung der Front/back balance bei 2.0 Direct .....	39
5.2.2	Auswirkung der Front/back balance bei 5.1 mittels <i>Lo/Ro</i> und <i>DPL IIx</i> .....	41
5.2.3	Auswirkung der Front/back balance bei 5.1 mittels <i>Direct Render</i> und <i>Direct Render with Room balance</i> .....	45
5.2.4	Auswirkung der Front/back balance auf Height Channel.....	46
5.2.5	Kapitelzusammenfassung .....	48
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>51</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Signalfluss bei Konfiguration als Objekt.....	3
Abbildung 2 Wählbare Konfigurationen für Beds.....	4
Abbildung 3: Signalfluss bei Konfiguration als Bed.....	4
Abbildung 4: Abfolge von Trim- und Downmix Controls.....	7
Abbildung 5: Koordinaten im Dolby Atmos Music Panner.....	8
Abbildung 6: Bewegung in einer 7.1 Lautsprecherkonfiguration.....	12
Abbildung 7: Bewegung nach Lo/Ro 5.1 Downmix.....	12
Abbildung 8: Statische Objekte im 7.1 Layout.....	13
Abbildung 9: Statische Objekte nach Lo/Ro 5.1 Downmix.....	13
Abbildung 10 Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach Lo/Ro 5.1 Downmix.....	13
Abbildung 11 Bewegung nach DPL IIx 5.1 Downmix.....	16
Abbildung 12: Statische Objekte nach DPL IIx 5.1 Downmix.....	17
Abbildung 13: Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS und RS nach DPL IIx 5.1 Downmix.....	18
Abbildung 14 Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach einem Erstellen eines 5.1 Direct Renders.....	19
Abbildung 15: Bewegung nach Erstellen eines 5.1 Direct Renders.....	20
Abbildung 16: Statische Objekte nach Erstellen eines 5.1 Direct Renders.....	21
Abbildung 17: Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach Erstellen eines 5.1 Direct Render with room balance.....	22
Abbildung 18: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch Lo/Ro und Lo/Ro als gewählte 5.1 Downmix-Control.....	28
Abbildung 19: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch Lo/Ro und Direct Render als gewählte 5.1 Downmix-Control.....	28
Abbildung 20: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch Lo/Ro und Direct Render with room balance als gewählte 5.1 Downmix-Control.....	28
Abbildung 21: Encodierung mittels MP Matrix, entnommen aus Dolby Surround Pro Logic Decoder Principles Of Operation (Dressler, 2000).....	29
Abbildung 22: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch DPL II und Lo/Ro als gewählte 5.1 Downmix-Control.....	31
Abbildung 23: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch DPL II und Direct Render als gewählte 5.1 Downmix-Control.....	31
Abbildung 24: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch DPL II und Direct Render with room balance als gewählte 5.1 Downmix-Control.....	31
Abbildung 25: Kanal R nach Downmix zu 2.0 durch DPL II.....	32
Abbildung 26: Kanal L nach Downmix zu 2.0 durch DPL II.....	32
Abbildung 27: Negatives DC-Offset des Linken Kanals.....	33
Abbildung 28: Positives DC-Offset des rechten Kanals.....	33
Abbildung 29 Surround- und Height Trims im Dolby Atmos Renderer.....	34
Abbildung 30: Bsp. 1: Panning.....	35

Abbildung 31: Bsp. 1: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render .....	35
Abbildung 32: Bsp. 2: Panning .....	35
Abbildung 33: Bsp. 2: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render .....	35
Abbildung 34: Bsp. 3: Panning.      Abbildung 35 Bsp. 3: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render .....	36
Abbildung 36: Bsp. 4: Panning .....	36
Abbildung 37: Bsp. 4: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render .....	36
Abbildung 38 Bsp. 1 Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach 5.1 Lo/Ro Downmix.....	38
Abbildung 39 Front/back balance Regler im Dolby Atmos Renderer.....	39
Abbildung 40 F/B Balance Listener Plane: 100% Front .....	40
Abbildung 41 F/B Balance Listener Plane: 50% Front .....	40
Abbildung 44 F/B balance: 100% Back      Abbildung 45 F/B balance 100% Front .....	41
Abbildung 46 7.1; F/B balance: 50% Front      Abbildung 47 7.1; F/B balance: 0%.....	42
Abbildung 48: Bewegung mit F/B balance: 0%.....	43
Abbildung 49 Bewegung mit F/B balance: 100% Front.....	43
Abbildung 50 Statische Objekte mit F/B balance 0%.....	43
Abbildung 51 Statische Objekte mit F/B balance 100% Front.....	43
Abbildung 52 Bewegung; F/B balance: 100%; Lo/Ro .....	44
Abbildung 53 Bewegung; F/B balance: 100%; DPL Iix.....	44
Abbildung 54 Statisch; F/B balance 100%; Lo/Ro.....	44
Abbildung 55 Statisch; F/B balance 100%; DPL Iix .....	44
Abbildung 56 5.1 Direct Render; F/B balance: 100% Front .....	45
Abbildung 57 Direct Render with room balance F/B balance: 100% Front.....	45
Abbildung 58 x.x.4; F/B balance 0% .....	47
Abbildung 59 x.x.4; F/B balance 100% Front.....	47
Abbildung 60 x.x.4; F/B balance 100% Back.....	47

# 1 Einleitung

Zum Zeitpunkt der vorliegenden Untersuchung, stellt Dolby Atmos Music das populärste Format für die Musikwiedergabe in 3D dar. Seit seiner Markteinführung im Jahr 2019 erfreut es sich sowohl bei Musikern als auch bei Toningenieuren zunehmender Beliebtheit.

Die Wiedergabe ist für Nutzer von zahlreichen Streaming-Plattformen möglich, darunter Apple Music, Tidal und Amazon Music Unlimited.

Zum Erfolg von Dolby Atmos Music trägt bei, dass es ein objekt-basiertes Format ist, welches über verschiedene Wiedergabesysteme abgespielt werden kann. So können Hörer, die über eine Dolby Atmos fähige Soundbar verfügen, dieselbe Musikmischung wiedergeben, wie beispielsweise Hörer mit einer 7.1.4 Heimkinoanlage. Auch findet das Format aktuell Einzug in die Automobilindustrie.

Es wird ersichtlich, dass die wiedergegebene Mischung zwar dieselbe sein, das Hörerlebnis jedoch, in Abhängigkeit vom verwendeten Wiedergabesystem, signifikante Unterschiede aufweisen kann. Außerdem ist anzumerken, dass die Mehrheit der Hörer über ein Wiedergabesystem verfügt, welches auf einer Lautsprecherkonfiguration basiert, die kleiner ist als die in den zur Erstellung von Dolby Atmos Mischungen Tonstudios üblichen.

Aus diesem Grund bietet Dolby dem Nutzer die Möglichkeit anhand von Trim- und Downmix-Controls zu kontrollieren, wie die Mischung auf verschiedenen Lautsprecherkonfigurationen klingen soll. Um sie effektiv nutzen zu können, ist es wichtig zu verstehen, welche konkreten Auswirkungen die Einstellmöglichkeiten haben.

In Version 5.3 des Dolby Atmos Renderers wurden zudem der 2.0 Direct Render und mit ihm die 2.0 Direct Trim-Controls eingeführt. Der 2.0 Direct Render soll dazu dienen, die bislang meist getrennten Prozesse des Erstellens von Stereo- und Atmosmischung zu vereinen. Dies hat deswegen Relevanz, da es den Tonstudios Zeit und somit den Kunden Geld sparen kann.



Ziel dieser Arbeit ist es, die Funktionsweise der Trim- und Downmix-Controls im Detail zu analysieren. Anhand konkreter Beispiele werden die Auswirkungen der einzelnen Einstellungen beschrieben. Durch diese Untersuchung soll ein tieferes Verständnis für diese Prozesse entstehen.

## 2 Signalfluss von Audio und Metadaten

### 2.1 Eingangskanäle

Der Renderer verfügt über 129 Eingangskanäle. Jeder dieser Kanäle kann Audio enthalten. Zusätzlich werden auf jeden Kanal Metadaten gemappt. Diese beinhalten Koordinaten X, Y und Z, den Size Parameter und den Binaural Render Mode. Der Binaural Render Mode ist der einzige Parameter, der invariabel ist. Ein Eingangskanal ist für den Linear Time Code (LTC) reserviert, der die Synchronität von Renderer und der Digital Audio Workstation (DAW) gewährleistet (*Renderer audio signal and metadata flow, 2024*).

### 2.2 Objekte

Dem Anwender stehen maximal 118 der Eingangskanäle für Objekte zur Verfügung (*Renderer audio signal and metadata flow, 2024*). Möchte man ein Audiosignal als Objekt behandeln, muss man dieses aus der DAW direkt auf einen Eingangskanal des Renderers routen, der als Objekt konfiguriert ist.

Die Koordinaten aus dem Panner sowie die Information, für welchen Kanal diese angewendet werden sollen, werden in die Metadaten geschrieben.

Im Rendering Prozess, je nach Zielformat, Trim- und Downmix Controls, wird bestimmt, welche Kanäle mit welchem Pegel das Audiosignal wiedergeben. Die Berechnung des Pannings erfolgt folglich im Dolby Atmos Renderer, nicht in der DAW.

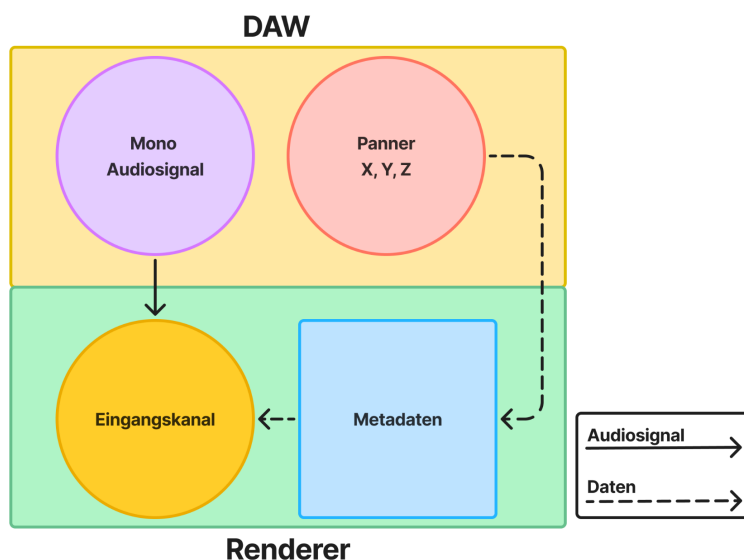


Abbildung 1: Signalfluss bei Konfiguration als Objekt

## 2.3 Das Bed

Im Renderer sind die ersten zehn Kanäle für das Bed reserviert. Standardmäßig sind diese im 7.1.2 Layout konfiguriert, alternativ kann man kleinere Layouts verwenden.

Optional kann man mehr Kanäle, als die vorgeschriebenen zehn, für Beds konfigurieren.

Die für die Objekte verfügbaren Kanäle reduzieren sich um die Anzahl, die für die zusätzlichen Beds benötigt werden.

Diese Beds können vom Anwender als Kanal basierte Formate verstanden werden. Man routet beliebig viele Audiosignale auf einen Bus mit demselben Format, wie das, das man im Renderer konfiguriert hat. Dieser Bus ist wiederum auf die Eingangskanäle geroutet, die man im Renderer für das Bed festgelegt hat.

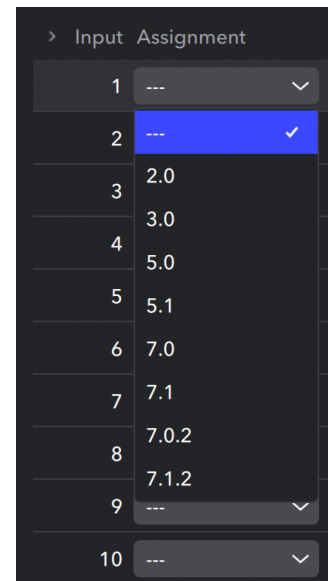


Abbildung 2 Wählbare Konfigurationen für Beds

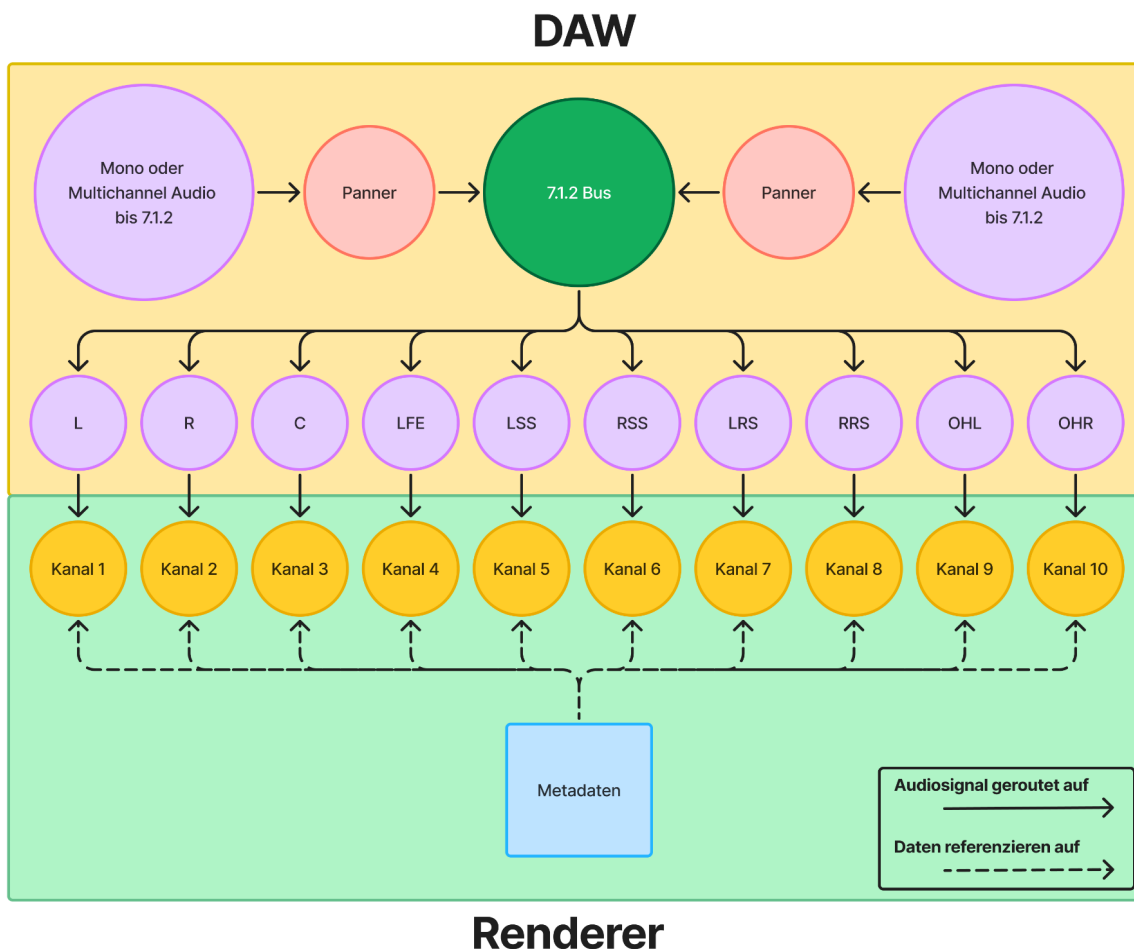


Abbildung 3: Signalfluss bei Konfiguration als Bed

## 2.4 Unterschied von Bed und Objekt

Die grundlegenden Unterschiede zwischen Bed und Objekt liegen darin, dass bei Benutzung des Beds das Panning kanal-basiert in der DAW stattfindet und die Konfiguration für einen Bus, der auf die Eingangskanäle des Beds geroutet wird, eine Maximalgröße von 7.1.2 hat.

Dies hat zur Folge, dass kein Signal in der oberen Ebene weiter vorne oder weiter hinten wiedergegeben werden kann.

## 2.5 Metadaten

Neben den Daten, welche auf Eingangskanäle referenzieren, sind in den Metadaten zudem die Einstellungen zu Trim Controls und Downmix Controls hinterlegt (*Writing downmix metadata in a master*, 2024). Diese werden in das Masterfile geschrieben und werden beim Streaming durch ein Dolby Atmos fähiges Gerät abgerufen.

Für jede Konfiguration, welche kleiner ist als 7.1.2, gibt es **Trim Controls**, welche Signale in Abhängigkeit ihrer Position im Pegel absenken können.

Der Nutzer hat die Möglichkeit, für fünf unterschiedliche Kategorien von Wiedergabeformaten separate Einstellungen über die Trim Controls vorzunehmen. Sie teilen sich in die Sektionen **Trims** und **Front/back balance** auf. Tabelle 1 zeigt außerdem auf, welche Trim Control welches Wiedergabeformat beeinflusst (*Trim and downmix considerations*, 2024)

Trim Control	Beeinflusst auch
2.0 Direct	2.1 und 3.x
5.1 and 2.0 downmix	4.x
5.1.2	4.x.2
5.1.4	4.x.4
7.1	9.x

Tabelle 1: Konfigurationen für Trims

Für die Zielformate 5.1 und 5.1.x sowie 2.0 gibt es zusätzlich Downmix Controls. Diese bestimmen, ob Kanäle aus einer größeren Lautsprecherkonfiguration zur Erstellung der 5.1 und 5.1.x, respektive 2.0 Mischung herangezogen werden und wenn ja, wie die Berechnung der resultierenden Kanäle erfolgt (*Downmix settings*, 2024).

Tabelle 2 zeigt die verschiedenen Einstellmöglichkeiten für Downmix Controls. Die Einstellungen für 5.1 und 5.1.x gelten ebenso für 4.x, 5.x, 4.x.x und 5.x.x (*Downmix settings*, 2024).

5.1 and 5.1.x	2.0
Lo/Ro - default	Lo/Ro - default
Dolby Pro Logic IIx	Lt/Rt (Pro Logic II)
Direct Render with room balance	Lt/Rt (Pro Logic II) w/Phase 90
Direct Render	Direct Render

Tabelle 2 Einstellungen für Downmix-Controls

## 2.6 Abfolge von Trim- und Downmix Controls

Trim- und Downmix Controls beeinflussen das Ergebnis der resultierenden Mischung im jeweiligen Zielformat. Um diese Ergebnisse zu verstehen, ist es wichtig zu wissen, wie diese Prozesse interagieren und an welcher Stelle, welche der gewählten Einstellungen eine Auswirkung haben.

Zum einfacheren Verständnis wird folgend anhand von vier Beispielen in Abbildung 4 gezeigt, in welchen Schritten Trim- und Downmix Controls Anwendung finden (*Trim and downmix considerations*, 2024).

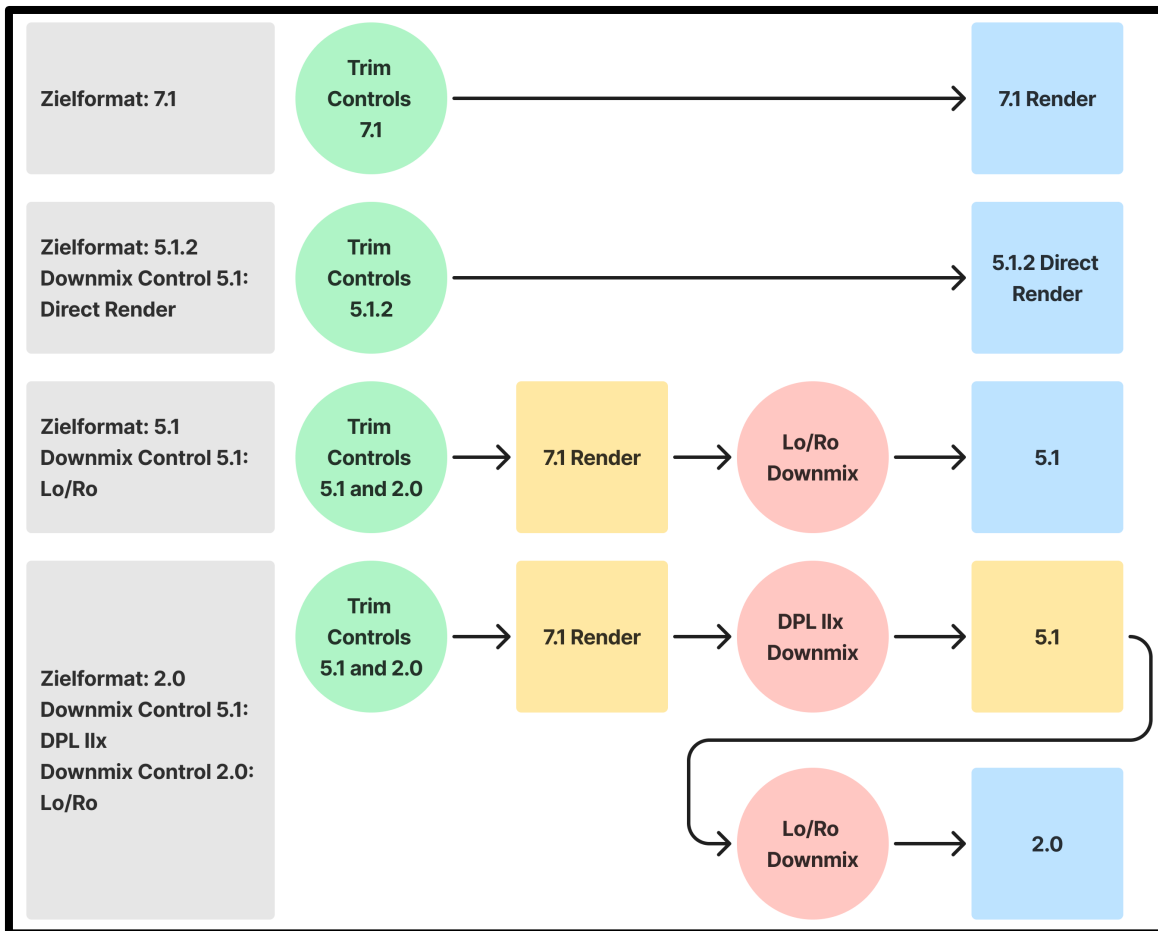


Abbildung 4: Abfolge von Trim- und Downmix Controls

## 2.7 Koordinaten

Im Laufe der Arbeit werden Positionen von Signalen nach Koordinaten benannt. Die Benennung ist gleich mit der, des Dolby Atmos Music Panners. Folgend stellt Abbildung 5 die Koordinaten, wie sie in dieser Arbeit verwendet werden, dar.

*Hinweis:* In einer 7.1 Lautsprecherkonfiguration entsprechen die Frontlautsprecher der Y-Koordinate  $Y = 100$ , die Side Surrounds der Y-Koordinate  $Y = 0$  und die Rear Surrounds der Y-Koordinate  $Y = -100$

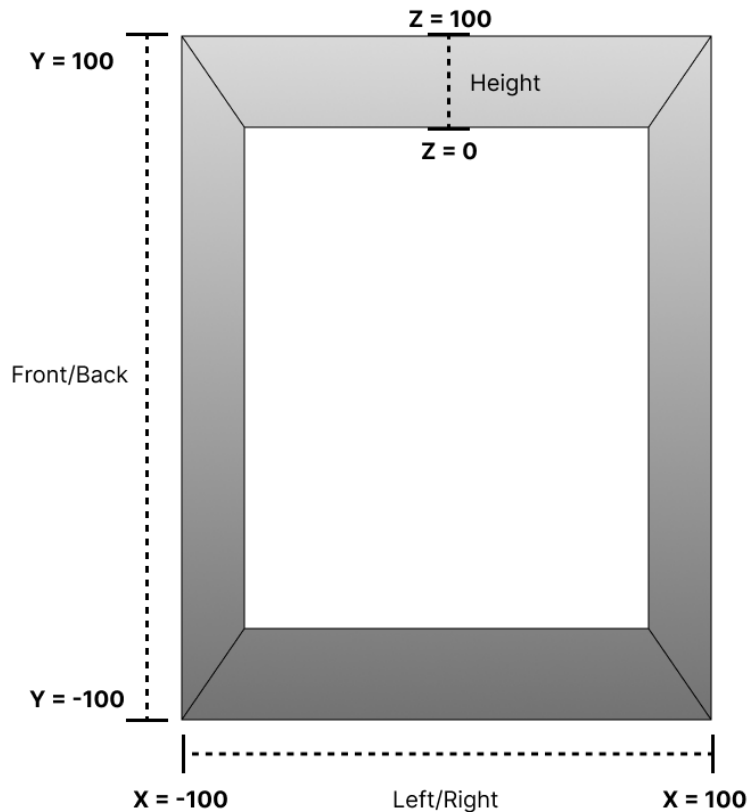


Abbildung 5: Koordinaten im Dolby Atmos Music Panner

### 3 2.0 Direct

Bevor die Trim- und Downmix Controls näher erklärt werden, wird zum besseren Verständnis dafür, weshalb der 2.0 Direct Render im folgenden Kapitel 4 nicht behandelt wird, kurz auf die Besonderheit des 2.0 Direct Renders eingegangen.

Ein Downmix ist das Ergebnis, das entsteht, wenn man aus mehrkanaligen Signalen ein kleineres Format zusammen mischt (Friesecke, 2014).

Wird ein 2.0 Downmix erstellt, erstellt der Renderer also zuerst einen 5.1 Mix, welcher dann auf zwei Kanäle zusammengemischt wird. Der User hat die Möglichkeit, zwischen drei Arten des Downmixes zu wählen (in Tabelle 2 hellblau gekennzeichnet).

Der Direct Render für 2.0 ist kein Downmix im klassischen Sinne. Er berechnet, wie der Name sagt, direkt einen Render. Hierfür liest er die Einstellungen für die Trim Controls aus, berechnet die Reduktion für die Objekte und erstellt eine 2.0 Mischung.

Dies gilt auch bei Erstellung eines Direct Render oder Direct Render with room balance für 5.1 (*Downmix settings*, 2024).

Der wesentliche Unterschied zu diesen Rendern besteht darin, dass der 2.0 Direct Render lediglich ein Monitoring- und Re-Render-Format ist, welches nicht in den Codec integriert ist und somit auch nicht beim Endnutzer gestreamt werden kann (*Downmix settings*, 2024). Der 2.0 Direct Render kann folglich lediglich während des Mixing-Prozesses abgehört und als Re-Render exportiert werden.

Die Einführung des 2.0 Direct Render in Version 5.3 des Dolby Atmos Renderers zielte, wie bereits in der Einleitung erwähnt, darauf ab, das Erstellen einer 2.0 Mischung und das Erstellen einer Dolby Atmos Mischung in einem Prozess, statt in zwei separaten zu ermöglichen bzw. attraktiver zu machen (D. Ziegler, persönliche Kommunikation, 28. August 2024). Dies soll dadurch gelingen, dass beim 2.0 Direct Render Nebeneffekte, die aus dem Downmix zu 2.0 aus einer 5.1 Mischung resultieren, ausbleiben.

Diese Nebeneffekte werden im nächsten Kapitel erläutert.



## 4 Downmix Controls

Die Downmix-Controls bieten dem Nutzer die Möglichkeit, zu bestimmen, ob und mit welchem Algorithmus ein Downmix durchgeführt werden soll. Die verschiedenen Optionen wurden bereits in Tabelle 2 genannt und werden im Folgenden analysiert, sowie ihre Auswirkungen anhand von Beispielen beschrieben. Sie werden, wie die Trim-Controls auch, in das Master File geschrieben und beim Abspielen über ein Dolby Atmos fähiges Gerät abgerufen (*Writing downmix metadata in a master*, 2024).

### 4.1 Downmix Controls für 5.1 und 5.1.x

#### Anmerkung 1:

Die Auswahl des Algorithmus hat keinen Einfluss auf den Inhalt, der über die Lautsprecher auf der oberen Ebene wiedergegeben wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in Abhängigkeit des Zielformats ein adäquater Render erstellt wird. Ist das Zielformat beispielsweise 5.1.4, so wird ein 7.1.4-Render erstellt und die Information für die Lautsprecher auf der oberen Ebene beim Downmix ohne Veränderung übernommen. Analog gilt dies für die Zielformate 5.1.2 und 5.1. Die Downmix-Control wirkt sich lediglich auf die untere Ebene aus. Dennoch gilt es zu beachten, dass sich die Beziehung zwischen oberer und unterer Ebene verändert, da das resultierende Klangfeld in der unteren Ebene je nach Downmix-Control unterschiedlich ist.

#### Anmerkung 2:

Zur besseren Lesbarkeit verwende ich "5.1" anstatt "5.1 und 5.1.x". Wie in Kapitel 2.5 bereits erwähnt, wirkt sich die Downmix Control ebenfalls auf die Wiedergabeformate 4.x und 4.x.x aus.

### 4.2 Lo/Ro - default

#### 4.2.1 Funktionsweise

Als erstes wird ein 7.1 Render erstellt. Die nachfolgende Gleichung zeigt, wie der Algorithmus *Lo/Ro – default* (nachfolgend abgekürzt durch *Lo/Ro*) das Signal für die

Surround Lautsprecher in einem 5.1 Setup aus Side- und Rear Surround Lautsprechern eines 7.1 Renders berechnet (*Downmix settings*, 2024).

*s*: Surround

*ss*: Side Surround

*r*: Rear Surround

$$L_S(t) = L_{SS}(t) + L_{rS}(t)$$

$$R_S(t) = R_{SS}(t) + R_{rS}(t)$$

"Lo/Ro" steht für "Left Only/Right Only". Die Side- und Rear Surrounds der korrespondierenden Seiten werden miteinander addiert, um die Surround-Lautsprecher für das 5.1-Wiedergabesystem zu bilden. Es sei darauf hingewiesen, dass dies die voreingestellte Konfiguration ist, die vom Dolby Atmos Renderer standardmäßig verwendet wird.

#### 4.2.2 Auswirkungen

Das einfache Addieren führt dazu, dass Signale, deren Lokalisation im 7.1. Setup durch eine Phantomschallquelle zwischen Side- und Rear Surround realisiert wurde, ihre ursprünglich abgebildete Position verlieren, da sie nach den Downmix zu 5.1 durch *Lo/Ro* nur noch vom Surround-Lautsprecher im 5.1 Setup wiedergegeben werden (Rothermich, 2021).

Konkret bedeutet das, dass Bewegungen, die im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$ , in einer Lautsprecherkonfiguration, welche gleich oder größer ist als 7.1, abgebildet wurden, nach einem *Lo/Ro* Downmix nicht mehr abgebildet werden können. Ein Signal, welches sich in diesem Bereich entlang der Y-Achse bewegt, wird nur von den Surround Lautsprechern wiedergegeben und bleibt somit statisch.

Zum einfacheren Verständnis folgen Abbildungen 7 und 8, die diesen Effekt visuell darstellen sollen. Das verwendete Panning hat den Ausgangspunkt vorne links unten ( $X = -100$ ;  $Y = 100$ ;  $Z = 0$ ) und den Endpunkt hinten links unten ( $X = -100$ ;  $Y = -100$ ;  $Z = 0$ ) und verläuft linear. Das Panning erstreckt sich über die Zeit  $t$ . Der grüne Pfeil

zeigt die wahrgenommene Bewegung von  $t = 0$  bis  $t = \frac{t}{2}$ , der orangene Pfeil die wahrgenommene Bewegung von  $t = \frac{t}{2}$  bis  $t = t$

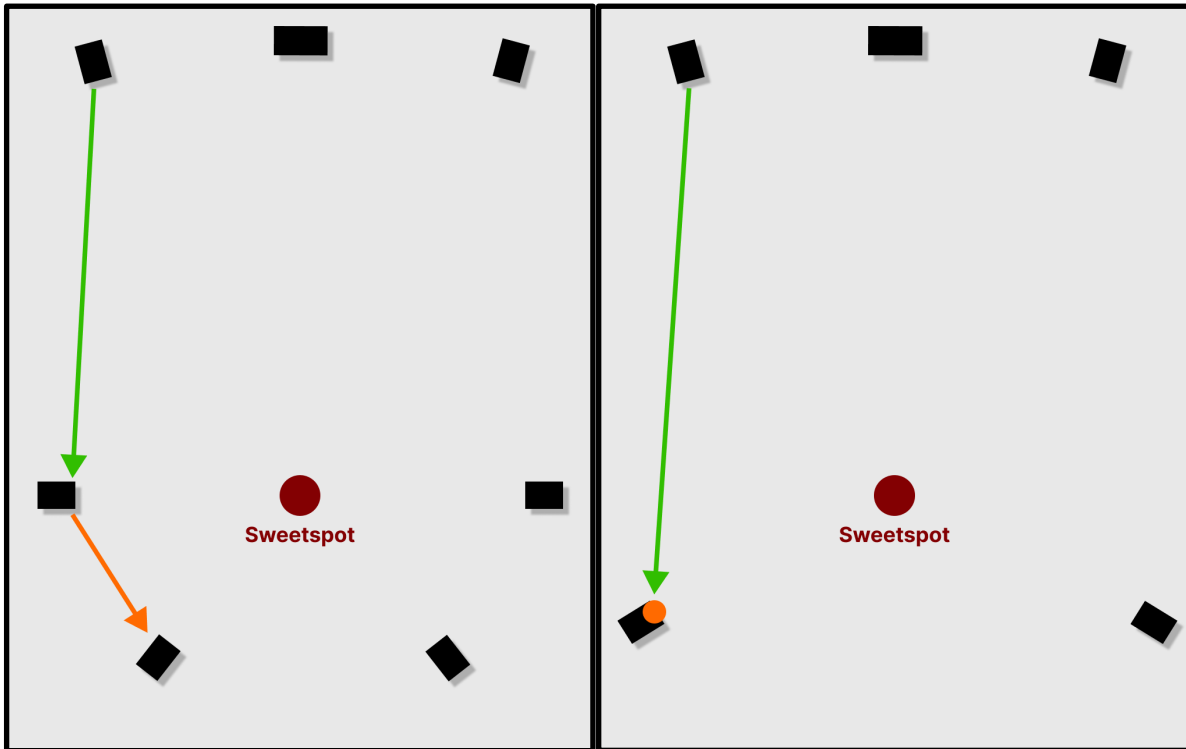


Abbildung 6: Bewegung in einer 7.1 Lautsprecherkonfiguration

Abbildung 7: Bewegung nach Lo/Ro 5.1 Downmix

Um erkenntlich zu machen, welche Auswirkungen dies auf statische Objekte in einem Mix hat, hier eine Darstellung. Diese soll die wahrgenommene Position vor und nach dem Downmix zu 5.1 durch *Lo/Ro* an der zentralen Hörposition zeigen. Die grünen Punkte, stellen Objekte dar, die im Bereich  $Y = 100$  bis  $Y = 0$  platziert wurden. Die orangenen Punkte wiederum Objekte, im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$ .

*Hinweis:* Diese Art der Abbildungen erheben keinen Anspruch auf geometrische Genauigkeit. Sie sollen lediglich dabei helfen zu verdeutlichen, wie sich die Lokalisation von Objekten verschiebt, wenn man einen Downmix mittels *Lo/Ro* erstellt. Dies gilt auch für weitere Abbildungen dieser Art im Verlauf der Arbeit.

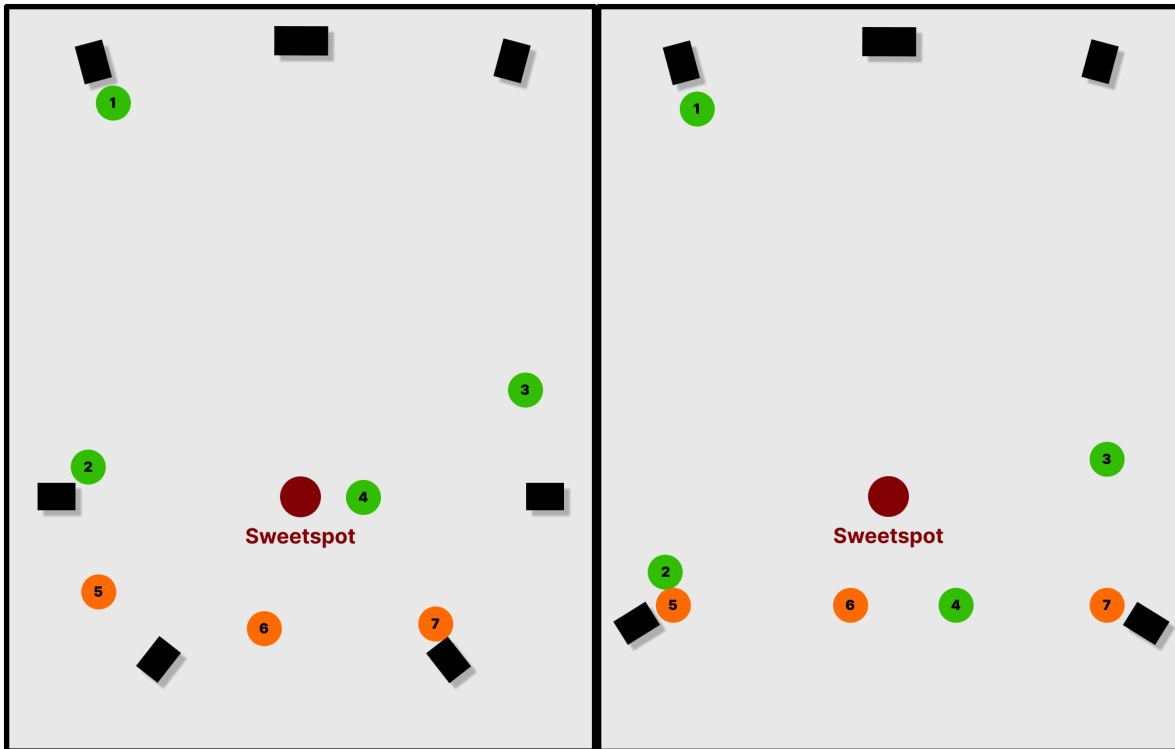


Abbildung 8: Statische Objekte im 7.1 Layout

Abbildung 9: Statische Objekte nach Lo/Ro 5.1 Downmix

Man kann erkennen, dass durch den *Lo/Ro* Downmix zu 5.1, die Signale, die in der vorderen Hälfte liegen, etwas weiter hinten wahrgenommen werden. Signale, die zwischen  $Y = -50$  und  $Y = -100$  liegen, rücken etwas mehr nach vorne. Vereinfacht ausgedrückt kann man sagen, dass Signale in der hinteren Hälfte des Raumes „zusammengeschoben“ werden, während sie in der vorderen Hälfte „auseinandergezogen“ werden.

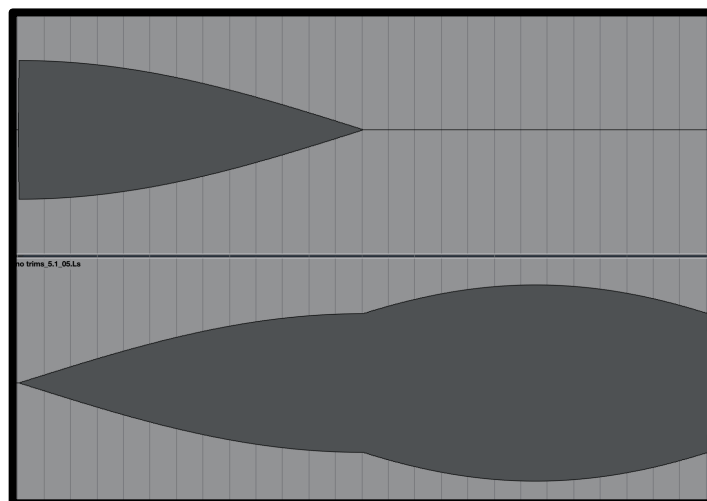


Abbildung 10 Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach Lo/Ro 5.1 Downmix

Betrachtet man den Verlauf der Amplitude, so kann man eine weitere Nebenwirkung feststellen. Abbildung 11 zeigt die Kanäle L und LS in einem 5.1 Setup nach dem Downmix durch *Lo/Ro*. Die Trims sind auf 0 dB gesetzt. Das Panning ist dasselbe, welches auf Seite 11 beschrieben wurde. Das verwendete Signal ist eine, durch den Steinberg TestGenerator generierte, Sägezahnwelle mit einer Frequenz von 100 Hz.

Man kann erkennen, dass der Surround-Lautsprecher eine Anhebung aufweist, die bei  $Y = -50$  ein Maximum von 3dB erreicht.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass im 7.1 Setup die Bewegung von  $Y = 0$  bis  $Y = -100$  ein Panning mit konstanter Leistung durchgeführt wird. Das Pannen mit konstanter Leistung sorgt dafür, dass bei  $Y = -50$ , also in der Mitte von Side und Rear Surround, beide Kanäle das Signal mit einer Abschwächung von 3dB wiedergeben (Friesecke, 2014). Dies entspricht einer Multiplikation mit  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ . Werden die Signale der Lautsprecher beim Downmix durch *Lo/Ro* addiert, so gleicht dies einer Multiplikation des Originalsignals mit  $2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$ . Dies entspricht einer Verstärkung des Originalsignals um 3 dB.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein Downmix zu 5.1 mittels *Lo/Ro* folgende Auswirkungen hat:

1. Panning auf der Y-Achse zwischen  $Y = 100$  und  $Y = 0$  wird durch eine Phantomschallquelle von Front- und Surroundlautsprechern abgebildet.
2. Objekte im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$  werden nur durch die Surrounds wiedergegeben.
3. Zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  kommt es zu einer Verstärkung, die ihr Maximum bei  $Y = 50$  mit 3 dB aufweist.
4. Die Verteilung des Klangfelds verändert sich. Die Signale werden in der vorderen Hälfte des Raumes entlang der Y-Achse "auseinandergezogen", während sie in der hinteren Hälfte "zusammengeschoben" werden.

## 4.3 Dolby Pro Logic IIx:

### 4.3.1 Funktionsweise

Auch hier wird zuerst ein 7.1 Render erstellt. Die abgebildete Gleichung zeigt, wie der Algorithmus "Dolby Pro Logic IIx" das Signal für den Surround Lautsprecher in einem 5.1 Setup aus Side- und Rear Surround Lautsprechern eines 7.1 Renders berechnet.

*s*: Surround

*ss*: Side Surround

*r*: Rear Surround

$$L_s(t) = L_{ss}(t) + (-1.2 \text{ dB} \times L_{rs}(t)) + (-6.2 \text{ dB} \times R_{rs}(t))$$

$$R_s(t) = R_{ss}(t) + (-1.2 \text{ dB} \times R_{rs}(t)) + (-6.2 \text{ dB} \times L_{rs}(t))$$

Die Gleichung zeigt, dass der linke Surround im resultierenden 5.1 Downmix auch Informationen des rechten Rear Surrounds enthält und umgekehrt.

Während der Rear-Surround der korrespondierenden Seite um 1.2 dB abgesenkt wird, wird die gegenüberliegende Seite um 6.2 dB abgesenkt. Dies resultiert darin, dass der Schalldruckpegel im Raum nach dem Downmix nahezu gleich bleibt. Dies lässt sich durch die Formel für die Addition von mehreren Pegelgrößen belegen (Bangert, 2000). Die Werte in der abgebildeten Formel sind bereits an den Algorithmus angepasst.

$$L_{ges} = 10 \times \log_{10}(10^{0.1 \times L_1} + 10^{0.1 \times L_2})$$

Anpassen der Formel an den Anwendungsfall:

$$L_{ges} = 10 \times \log_{10}(10^{0.1 \times (L_1 - 1.2)} + 10^{0.1 \times (L_1 - 6.2)})$$

Setzt man für  $L_1$  beispielsweise 90 dB ein erhält man für  $L_{ges}$  90.04 dB. Die Abweichung ist mit 0.04 dB vernachlässigbar.

### 4.3.2 Auswirkungen

Gleich wie bei  $L_o/R_o$ , spielen nach dem Downmix zu 5.1 durch *Dolby Pro Logic IIx* (nachfolgend *DPL IIx* genannt) zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  nur die Surround Lautsprecher. Da die ursprüngliche Information der Rear Surrounds aus dem 7.1 Mix auch auf die resultierenden gegenüberliegenden Surrounds im 5.1 Mix übertragen wird, bewegt sich ein Signal zwischen  $Y = 0$  und  $Y = 100$  nach einem Downmix durch *DPL IIx* entlang der X-Achse (siehe Abbildung 13).

Das führt auch dazu, dass die Stereobreite der ursprünglichen Rear Surrounds enger wird. Dies kann dabei helfen, dass die Signale, die weiter hinten platziert werden, auch im 5.1 Setup weiter hinten erscheinen, da sie weiter nach innen rücken. Abbildung 13 stellt diesen Effekt anhand der bereits im vorigen Kapitel beschriebenen Bewegung dar.

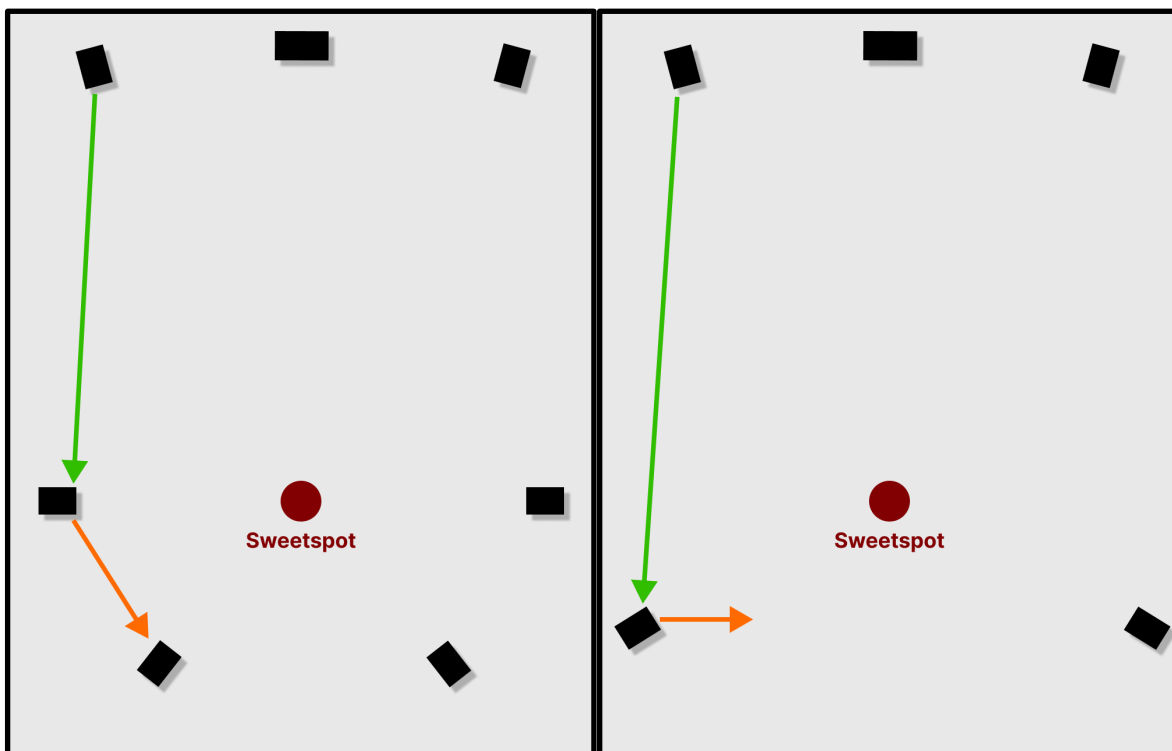


Abbildung 7: Bewegung in einer 7.1 Lautsprecherkonfiguration

Abbildung 11 Bewegung nach DPL IIx 5.1 Downmix

Für statische Signale ergeben sich ähnliche Veränderungen wie beim Downmix durch *Lo/Ro*.

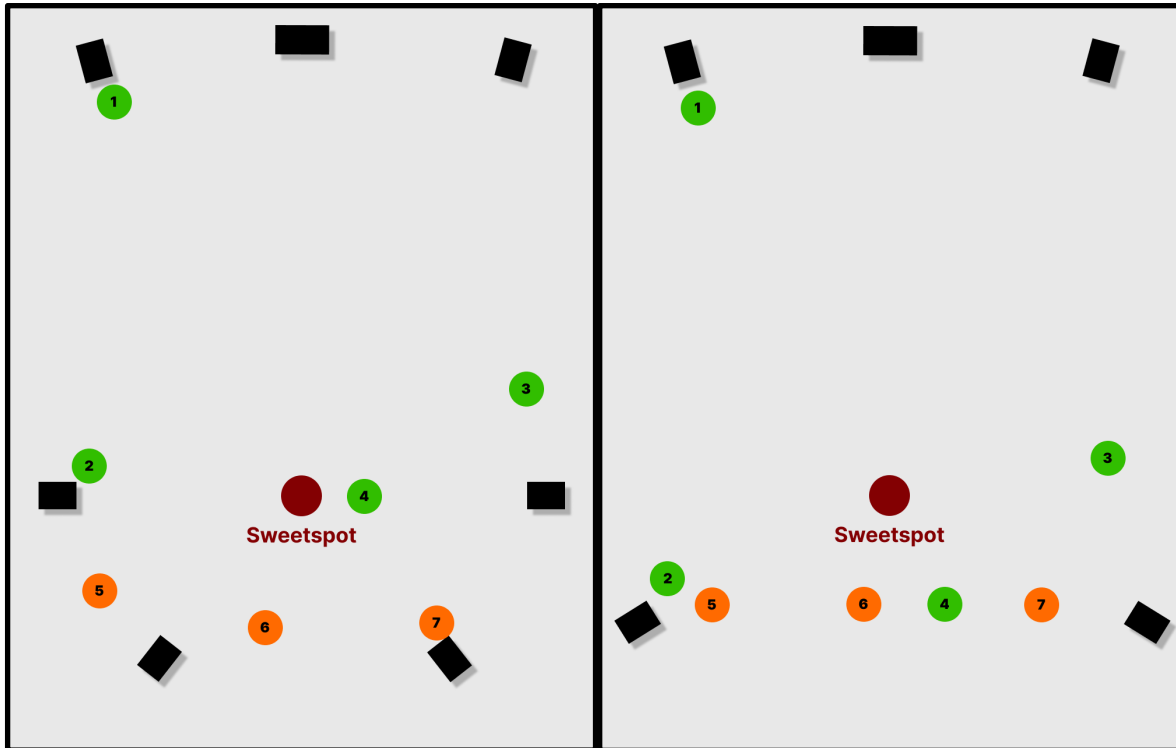


Abbildung 9: Statische Objekte im 7.1 Layout

Abbildung 12: Statische Objekte nach DPL IIx 5.1 Downmix

Auch die Anhebung, die aus dem Panning konstanter Leistung zwischen Side- und Rear Surround und der beim Downmix durch *DPL IIx* ausgeführten Addition dieser Kanäle resultiert, ist vorhanden. Die folgende Abbildung 15 zeigt den Verlauf der Amplitude von L, LS und RS nach dem 5.1 Downmix durch diesen Algorithmus. Das verwendete Panning und das verwendete Signal sind identisch mit dem im vorigen Kapitel.



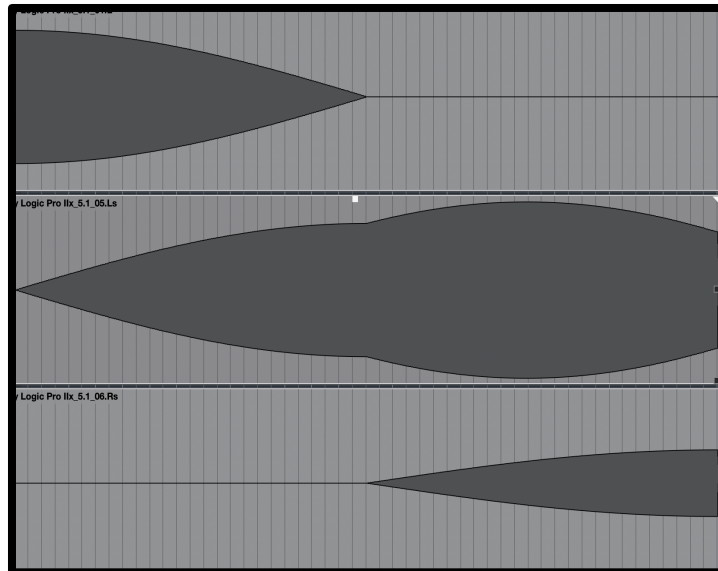


Abbildung 13: Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS und RS nach DPL IIx 5.1 Downmix

Abschließend ergibt sich, dass ein Downmix zu 5.1 und 5.1.x mittels *Dolby Pro Logic IIx* folgende Auswirkungen aufweist:

1. Das Panning auf der Y-Achse zwischen  $Y = 100$  und  $Y = 0$  wird durch eine Phantomschallquelle der Front- und Surroundlautsprecher abgebildet
2. Panning auf der Y-Achse zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  wird durch eine Phantomschallquelle der Surroundlautsprecher abgebildet.
3. Zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  kommt es zu einer Verstärkung. (siehe Abbildung 15)
4. Der Verteilung des Klangfelds verändert sich. In der vorderen Hälfte des Raumes wird es entlang der Y-Achse "auseinandergezogen". während es in der hinteren Hälfte "zusammengeschoben" wird.
5. Signale, die im 7.1 Layout bspw. nur über den Left Rear Surround wiedergegeben wurden, werden nach dem Downmix zu 5.1 auch anteilig vom Right Surround wiedergegeben und umgekehrt.

## 4.4 Direct render

### 4.4.1 Funktionsweise

Der Direct Render ist kein Downmix im klassischen Sinne. Er wird von der Rendering Engine des Dolby Atmos Renderer durch Verwendung von Audio und Metadaten erstellt und umgeht somit den Downmix via 7.1 (*Downmix settings*, 2024)

Laut Dolby soll damit das Klangfeld an der zentralen Hörposition akkurat abgebildet und die Intention des Nutzers beim Panning im Bereich der Side- und Rear Surrounds behalten werden. (*Dolby Atmos Essentials: 8 - Appendices*, 2024)

Der Direct Render führt eine Bewegung von  $Y = 100$  bis  $Y = -100$  mittels eines Pannings konstanter Leistung zwischen L und LS aus. Das Übertragen von Signalen von einer Seite auf die Gegenüberliegende, wie es bei *DPL IIx* der Fall ist, bleibt aus. Abbildung 16 zeigt den Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS des 5.1 Direct Renders. Das verwendete Panning und das verwendete Signal sind identisch mit denen der beiden vorigen Kapitel.

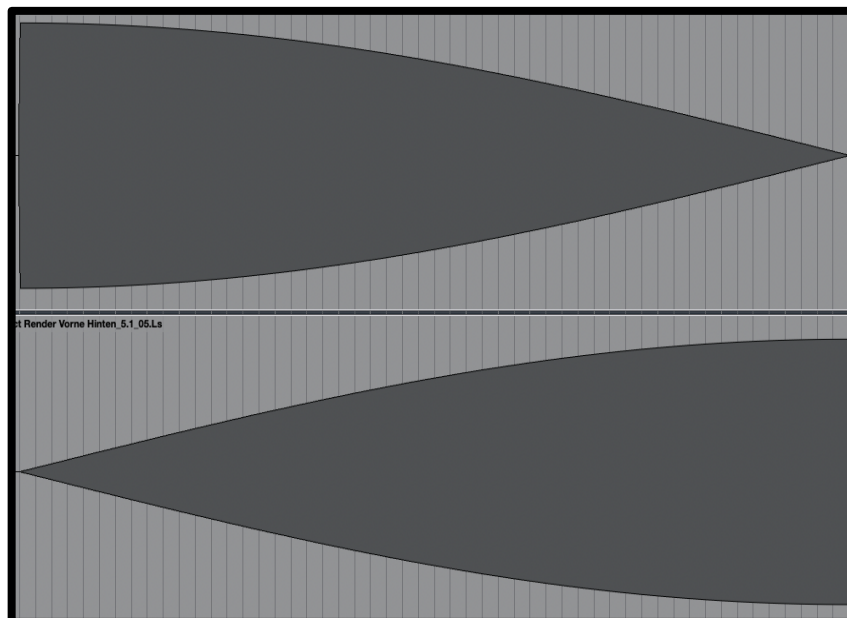


Abbildung 14 Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach einem Erstellen eines 5.1 Direct Renders

#### 4.4.2 Auswirkungen

Dies hat zur Folge, dass ein lineares Panning von  $Y = 100$  bis  $Y = -100$ , auch als lineare Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit abgebildet wird. Wie zu erwarten, findet keine Verstärkung, welche auf die Addition der Side- und Rear Surrounds beim Downmix von 7.1 zu 5.1 in *Lo/Ro* und *DPL IIx* zurückzuführen war, statt.

Die unterschiedliche Positionierung der Lautsprecher in den jeweiligen Layouts bedingt allerdings dennoch eine Abweichung der wahrgenommenen Positionen. Die Achse auf der  $Y = 0$  ist, verschiebt sich nach vorne. Umgangssprachlich wird diese Auswirkung als "Front Heavy Effekt" beschrieben.

Ebenfalls muss man beachten, dass die Signale, die nah bei  $Y = 0$  liegen und in einer 7.1 Konfiguration hauptsächlich mittels der Side Surrounds wiedergegeben werden, nun mit ähnlichen Pegeln von Front- und Surroundlautsprechern wiedergegeben werden. Dies begünstigt das Auftreten von Kammfiltereffekten an der zentralen Hörposition.

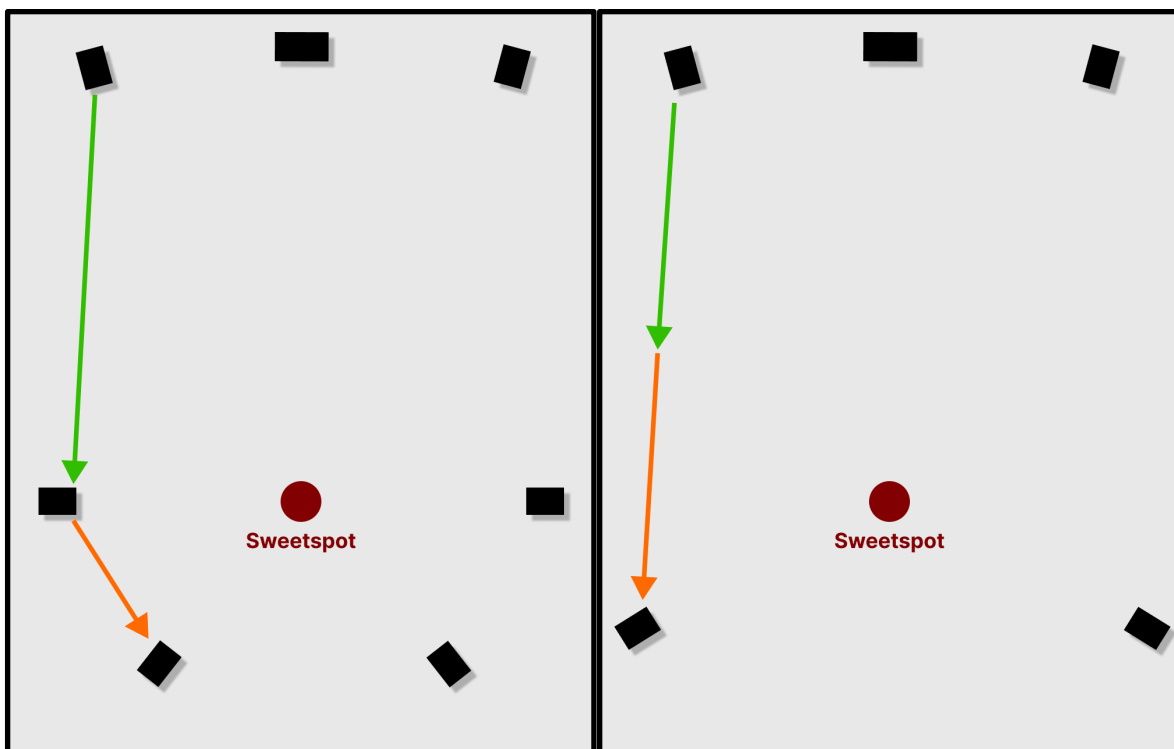


Abbildung 7: Bewegung in einer 7.1 Lautsprecherkonfiguration

Abbildung 15: Bewegung nach Erstellen eines 5.1 Direct Renders

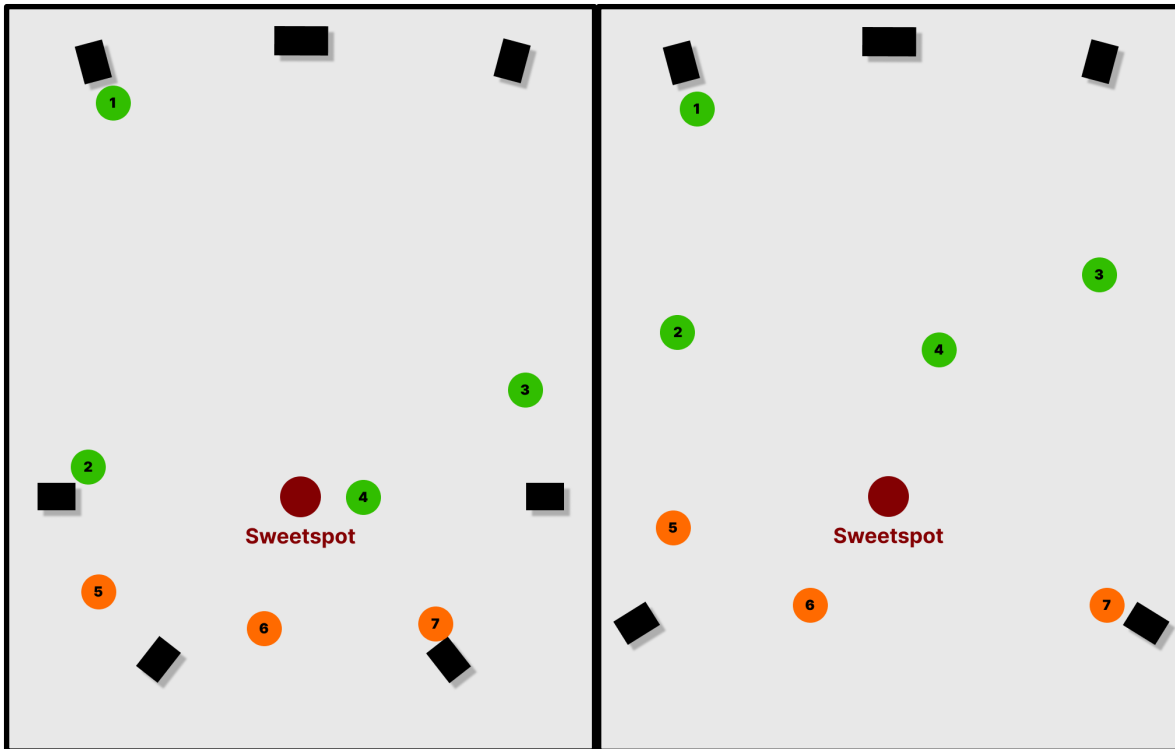


Abbildung 9: Statische Objekte im 7.1 Layout

Abbildung 16: Statische Objekte nach Erstellen eines 5.1 Direct Renders

Es lässt sich feststellen, dass der 5.1 Direct Render folgende Auswirkungen auf den Mix hat:

1. Panning auf der Y-Achse zwischen  $Y = 100$  und  $Y = -100$  wird durch eine Phantomschallquelle von L/R und LS/RS abgebildet.
2. Das Klangfeld einer Mischung verschiebt sich nach vorne.
3. Das Auftreten von Kammfiltereffekten an der zentralen Hörposition wird für Signale, die auf  $Y = 0$  liegen, begünstigt.

#### 4.4.3 Direct Render with room balance

##### 4.4.3.1 Funktionsweise

Auch bei dieser Option wird von der Rendering Engine des Dolby Atmos Renderers, basierend auf Audio und Metadaten, eine 5.1 Mischung erstellt. Im Vergleich zum *Direct Render* soll der *Direct Render with room balance* das Auftreten von Kammfiltereffekten verringern.

Des Weiteren ist festzustellen, dass, gleich wie bei *Lo/Ro* und *DPL IIx*, Signale im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$  lediglich von den Surroundlautsprechern wiedergegeben werden.

Im Bereich von  $Y = 100$  bis  $Y = 0$  wird ein Panning mit konstanter Leistung durchgeführt. Das Übertragen von Signalen von einer Seite auf die gegenüberliegende, wie es bei *DPL IIx* der Fall ist, bleibt aus. Wie bei Verwendung des *Direct Render*, kommt es auch im *Direct Render with room balance* zu keiner Verstärkung der Signale zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$ .

#### 4.4.3.2 Auswirkungen

Der *Direct Render with room balance* verhält sich in weiten Teilen gleich wie ein Downmix mittels *Lo/Ro*. Bewegungen und wahrgenommene Positionen nach einem 5.1 *Direct Render with room balance* im Vergleich zur Wiedergabe in einem 7.1 Setup können aus Abbildung 8 und 10 entnommen werden. Der Unterschied besteht darin, dass es zu keiner Anhebung im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = 100$  kommt.

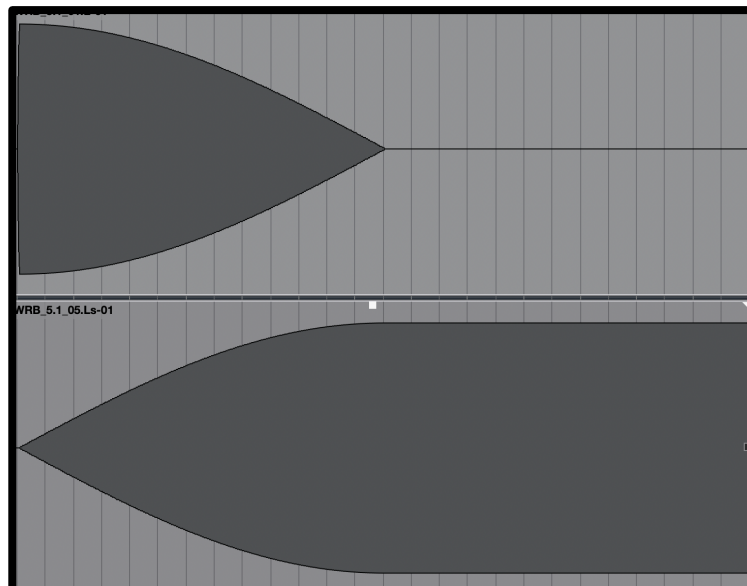


Abbildung 17: Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach Erstellen eines 5.1 *Direct Render with room balance*

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein 5.1 Render mittels *Direct Render with room balance* folgende Auswirkungen auf den Mix hat:

1. Panning auf der Y-Achse zwischen  $Y = 100$  und  $Y = 0$  wird durch eine Phantomschallquelle von Front- und Surroundlautsprechern abgebildet.
2. Befindet sich ein Objekt zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$ , so wird es lediglich durch die Surroundlautsprecher wiedergegeben.
3. Der "Front Heavy" Effekt und die Begünstigung für das Auftreten von Kammfiltereffekten an der zentralen Hörposition bleiben beim *Direct Render with room balance* dadurch aus.

## 4.5 Zwischenfazit

- Das Verwenden von Lo/Ro und Direct Render with room balance führt dazu, dass Bewegungen entlang der Y-Achse im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$  nicht abgebildet werden. Sie werden nur durch die Surrounds wiedergegeben.

Nach einem Downmix durch DPL IIx wird die Bewegung in diesem Bereich abgebildet, indem Signale zunehmend auf dem Surround der gegenüberliegenden Seite wiedergegeben werden, je mehr sich an  $Y = -100$  annähern.

Der Direct Render bildet die gesamte Bewegung mittels Pannings konstanter Leistung zwischen den Front- und Surround Lautsprechern ab.

- Lo/Ro und DPL IIx geben Signale zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  verstärkt wieder, was auf die Addition der Side und Rear Surrounds zurückzuführen ist, welche im 7.1 Layout ein Panning konstanter Leistung durchführen, um Signale in diesem Bereich abzubilden.

Dieser Effekt bleibt beim Direct Render und Direct Render with room balance aus.

- Bei der Benutzung des Direct Render verschiebt sich die Achse für  $Y = 0$  nach vorne. Dadurch entsteht der "Front-Heavy Effekt", der alleinig bei dieser Optionen auftritt.

Um die Unterschiede besser vergleichen zu können, folgen die Abbildungen aus diesem Kapitel nebeneinander.

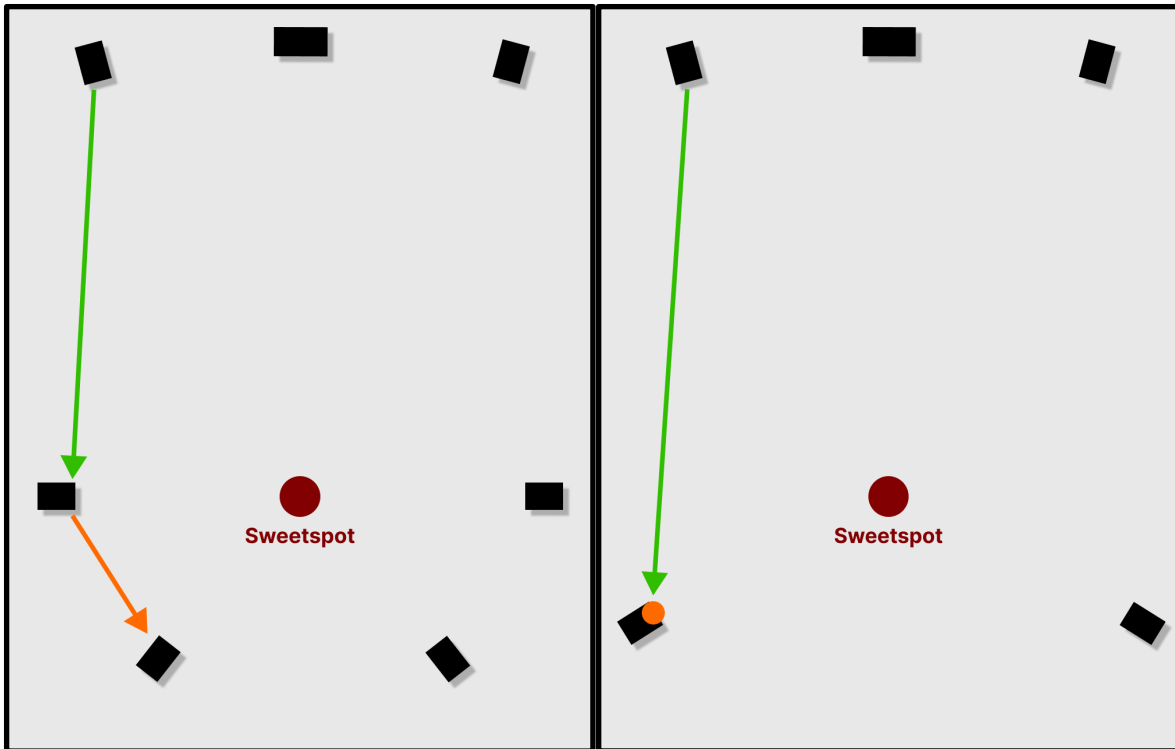


Abbildung 7: Bewegung in einer 7.1 Lautsprecherkonfiguration

Abbildung 8: Bewegung nach Lo/Ro 5.1 Downmix

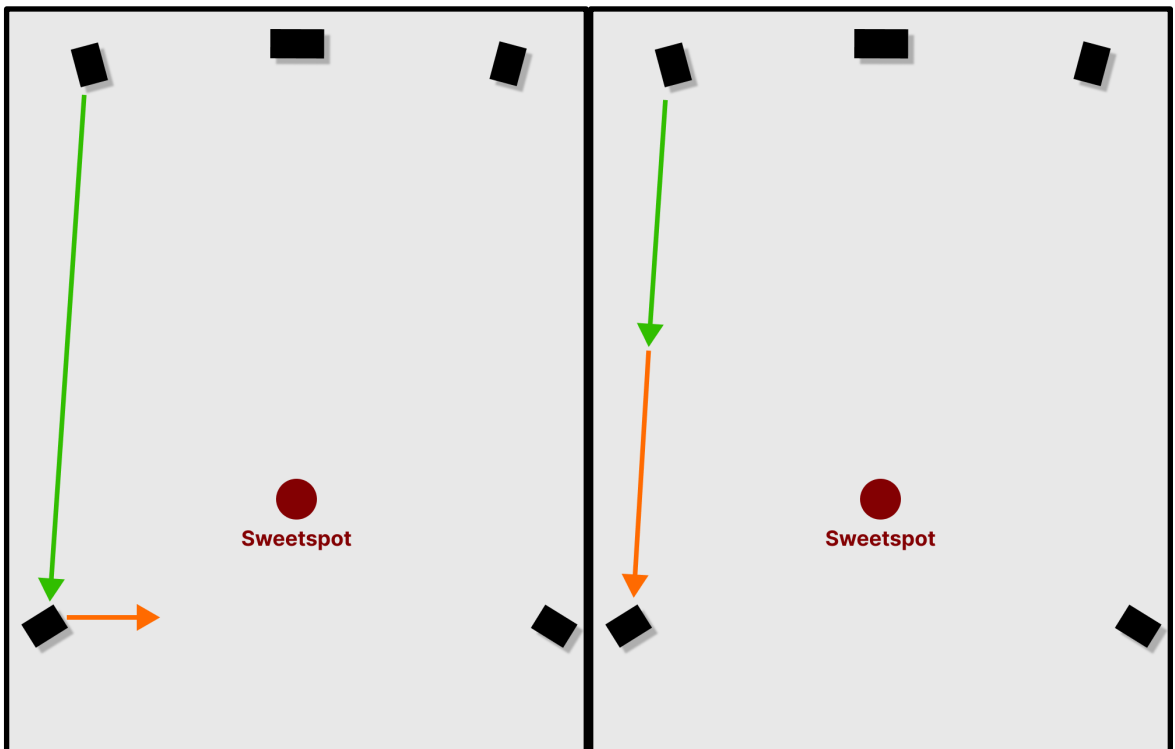


Abbildung 13: Bewegung nach DPL IIx 5.1 Downmix

Abbildung 17: Bewegung nach Erstellen eines 5.1 Direct Renders



## 4.6 Downmix Controls für 2.0

Für Musikschafter gilt es zu beachten, dass der 2.0 Downmix nur Ausnahmefällen vom Hörer wiedergegeben werden kann. Im Regelfall wird bei der Musikwiedergabe über Streamingdienste die separat vorliegende, gemasterte Stereo Mischung wiedergegeben, sobald ein 2.0 System als Wiedergabegerät erkannt wird (D. Ziegler, persönliche Kommunikation, 28. August 2024)

Alle diese Optionen sind Downmixe im klassischen Sinne. Dies bedeutet, dass mit den Einstellungen, die man als Downmix-Control für 5.1 und 5.1.x getroffen hat, zuerst ein 5.1 Downmix/Render erstellt wird. Aus den resultierenden Lautsprechern werden dann die Kanäle L und R gebildet. Die verwendete Downmix-Control für 5.1 hat somit auch immer Einfluss auf den Downmix zu 2.0.

## 4.7 Lo/Ro - default:

### 4.7.1 Funktionsweise:

Die abgebildete Gleichung zeigt, wie der Algorithmus "Lo/Ro - default" (nachfolgend *Lo/Ro* genannt) das Signal für die Lautsprecher L und R aus Front-, Center- und Surround Lautsprechern der 5.1 Mischung berechnet.

*s*: Surround

*f*: Front

$$L(t) = L_f(t) + (-3 \text{ dB} \times C(t)) + (-3 \text{ dB} \times L_s(t))$$

$$R(t) = R_f(t) + (-3 \text{ dB} \times C(t)) + (-3 \text{ dB} \times R_s(t))$$

### 4.7.2 Auswirkungen:

Bei Verwendung dieses Algorithmus werden die Signale der Surround-Lautsprecher zusätzlich und unabhängig von den Trims, die man eingestellt hat, um 3 dB abgesenkt.

Da Signale aus der oberen Ebene beim Erstellen eines 5.1 Renders auf die untere kopiert wird, hat dies zur Folge, dass auch Signale, die in der oberen Ebene hinten lagen durch den Downmix um 3 dB reduziert werden, während Signale, die in der oberen Ebene vorne lagen, in ihrem Pegel nicht reduziert werden.

Da der Downmix zu 2.0 von der 5.1 Mischung ausgeht, bei welcher das Panning mittels Panning konstanter Leistung geschieht, kommt es beim *Lo/Ro* Downmix zu 2.0 zu einer Verstärkung. Da die Surrounds eine Absenkung um 3 dB erfahren, beträgt die Verstärkung in ihrem Maximum 1.75 dB. Wo das Maximum der Verstärkung auftritt, hängt davon ab, welchen Algorithmus man für den Downmix zu 5.1 gewählt hat.

Falls man für den Downmix zu 5.1 die Downmix Control *Lo/Ro* oder *DPL IIx* gewählt hat, wird die Verstärkung, die durch die Addition der Side- und Rear Surrounds entstanden ist, übernommen.

Zum besseren Verständnis folgen Abbildungen, die jeweils den Amplitudenverlauf des linken Kanals zeigen. Das ausgeführte Panning und das verwendete Signal sind gleich wie das im vorigen Kapitel bereits beschriebene. Die verwendete Downmix Control für 2.0 ist immer *Lo/Ro*.

Anmerkung:

Der Amplitudenverlauf bei Verwendung von *DPL IIx* als Downmix Control für 5.1 ist nahezu identisch mit der Verwendung von *Lo/Ro*. Der linke Kanal nimmt bei *DPL IIx* um 1.2 dB mehr ab, während der rechte Kanal das Signal des rechten Surroundlautsprechers im ursprünglichen 5.1 Setup um 3 dB abgesenkt wiedergibt. *DPL IIx* ist der einzige Algorithmus, bei dem der rechte Kanal bei dieser Bewegung etwas wiedergibt.

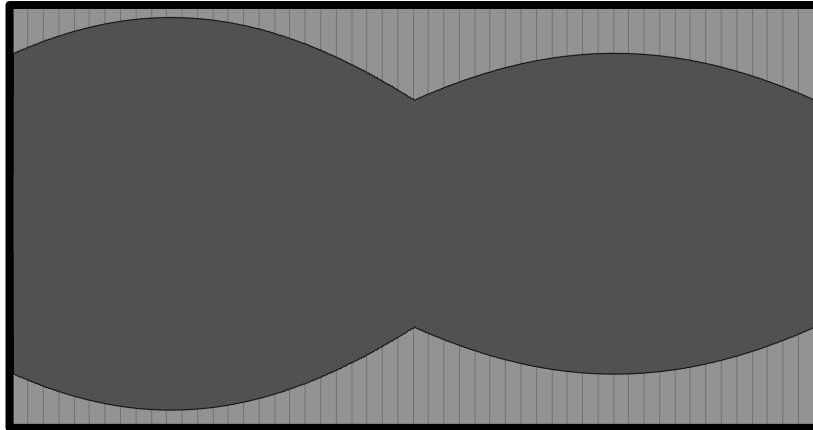


Abbildung 18: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch Lo/Ro und Lo/Ro als gewählte 5.1 Downmix-Control

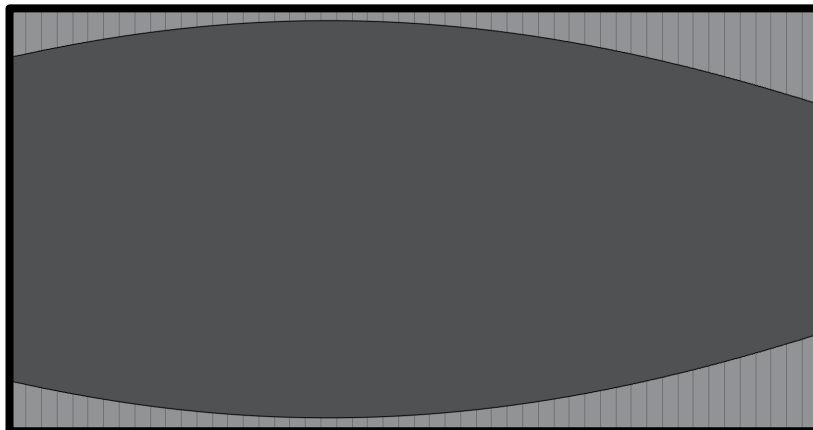


Abbildung 19: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch Lo/Ro und Direct Render als gewählte 5.1 Downmix-Control

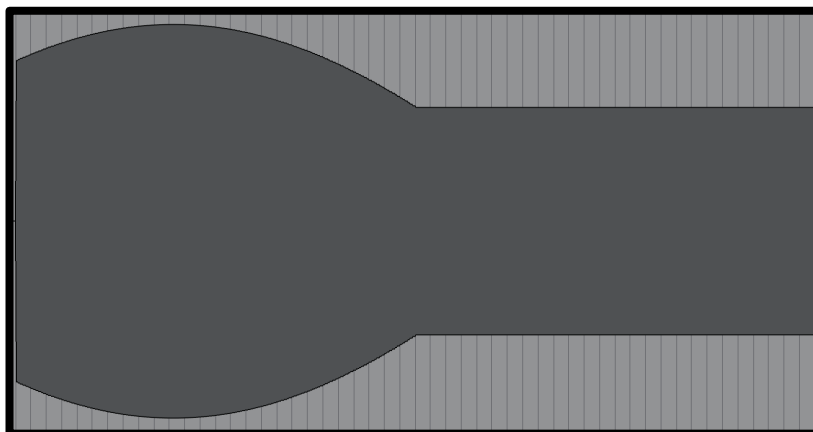


Abbildung 20: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch Lo/Ro und Direct Render with room balance als gewählte 5.1 Downmix-Control

Zusammenfassend lässt sich für die Anwendung von Lo/Ro für den Downmix zu 2.0 folgendes sagen:

- Die Surround-Lautsprecher werden um 3 dB abgesenkt, bevor sie zu den Frontlautsprechern addiert werden.
- Diese Addition führt zu einer Verstärkung, die in ihrem Maximum 1.75 dB beträgt. Die gewählte Downmix-Control für 5.1 beeinflusst, an welcher Y-Koordinate das Maximum auftritt.
- Objekte in der oberen Ebene hinten platziert wurden, erfahren durch diesen Downmix eine Absenkung von 3 dB während Objekte, die in der oberen Ebene vorne platziert wurden keine Absenkung erfahren.

## 4.8 Lt/Rt (Pro Logic II)

### 4.8.1 Hintergrund

Für diesen Algorithmus ist es wichtig zu verstehen, aus welcher Zeit er kommt und welche Anforderungen er zu dieser erfüllen musste. Dolby Pro Logic, erschienen im Jahr 1987, ist der Ursprung dieses Algorithmus (Mitchell, 2006). Das Ziel war es, mithilfe einer 2-Kanal Audiospur eine Wiedergabe über mehrere Systeme zu ermöglichen. Dies ist möglich durch eine MP Matrix Enkodierung, gezeigt in Abbildung 12 (Dressler, 2000)

Diese erstellt aus vier Eingangskanälen, genannt L (Left), C (Center), R (Right) und S (Surround), zwei Ausgangskanäle, genannt Lt (Left Total) und Rt (Right Total).

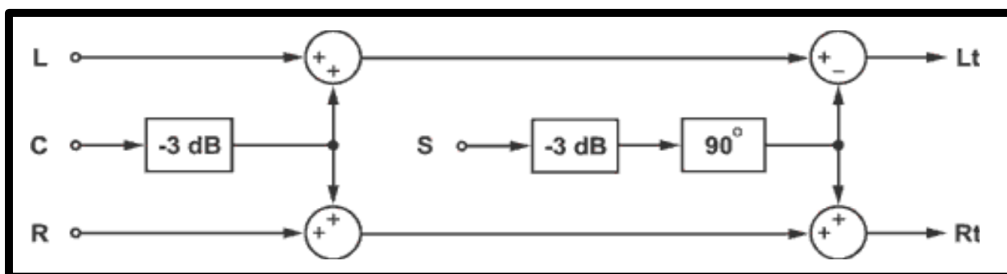


Abbildung 21: Encodierung mittels MP Matrix, entnommen aus *Dolby Surround Pro Logic Decoder Principles Of Operation* (Dressler, 2000)

Da die Phase des Surround Signals um 90° gedreht wird, bevor sie von L subtrahiert und auf R addiert wird, kann man beim Dekodieren Rt von Lt subtrahieren, um die Surround Information wiederherzustellen (Dressler, 2000). Diese war in Dolby Pro Logic Mono.

Dolby Pro Logic II ist eine Weiterentwicklung dieses Algorithmus, der das Codieren und Decodieren einer 5.1 Mischung mit Stereo Surrounds ermöglicht. Da die genaue Funktionsweise des Codecs den Umfang dieser Arbeit überschreitet, sehe ich davon ab, präziser darauf einzugehen. Für das weitere Verständnis ist es lediglich wichtig zu wissen, dass der Algorithmus ursprünglich dafür entwickelt wurde, um einen 5.1 Mix in einen 2.0 Mix zu codieren.

#### 4.8.2 Funktionsweise:

Die abgebildete Gleichung zeigt, wie der Algorithmus  $Lt/Rt$  das Signal für die Lautsprecher L und R aus Front-, Center- und Surround Lautsprechern einer bestehenden 5.1 Mischung berechnet.

*Hinweis:* Die Phase des linken Surrounds wird vor der Berechnung invertiert, der rechte Surround behält seine ursprüngliche Phasenlage.

$s$ : Surround

$f$ : Front

$$L(t) = L_f(t) + (-3 \text{ dB} \times C(t)) + (-1.2 \text{ dB} \times L_s(t)) + (-6.2 \text{ dB} \times R_s(t))$$

$$R(t) = R_f(t) + (-3 \text{ dB} \times C(t)) + (-1.2 \text{ dB} \times R_s(t)) + (-6.2 \text{ dB} \times L_s(t))$$

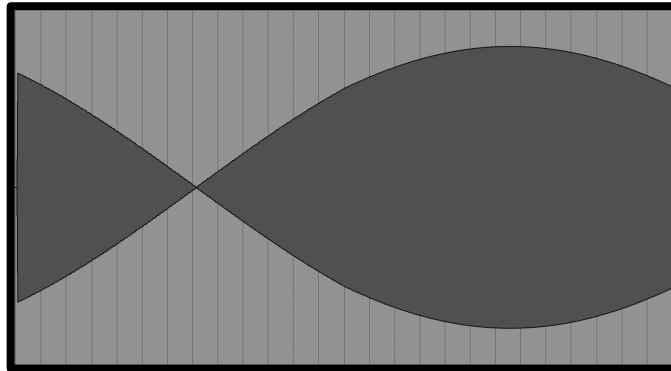
#### 4.8.3 Auswirkungen

Im Gegensatz zu  $Lo/Ro$  werden die Surround Lautsprecher bei  $Lt/Rt$  auf der korrespondierenden Seite um 1.2 dB abgesenkt, während die gegenüberliegende Seite mit einer Absenkung von 6.2 dB ebenfalls auf diesen Kanal gemischt wird. Wie in Kapitel 3.3.2 mathematisch gezeigt, führt dies zu keiner hörbaren Reduktion des Schalldruckpegels im Raum.

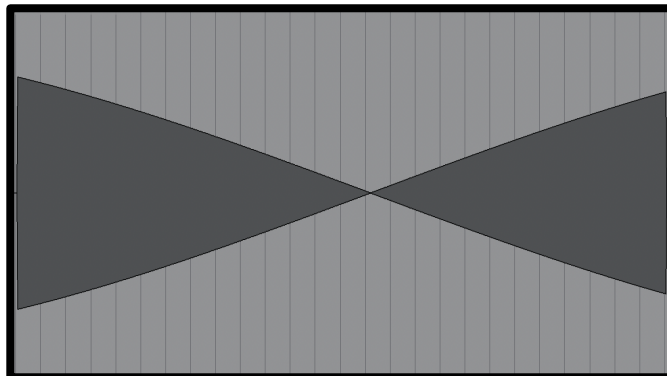
Da die Phase des linken Surrounds vor der Berechnung invertiert wird, kommt es nicht zu einer Verstärkung wie beim  $Lo/Ro$  Downmix auf 2.0, sondern zu einer Reduktion des Pegels. Spielen LS und L im 5.1 Setup das gleiche Signal mit dem gleichen Pegel ab, so kommt es nach dem Downmix auf 2.0 durch  $Lt/Rt$  zu einer Auslöschung. Da die Phase nur beim linken Kanal invertiert wird, ist dies ein Phänomen, welches nur auf der linken Seite vorliegt.

Wie bei *Lo/Ro*, wird die Verstärkung, die durch die Addition der Side- und Rear Surrounds beim Downmix zu 5.1 entstanden ist, beim Downmix auf 2.0 durch *Lt/Rt* übernommen.

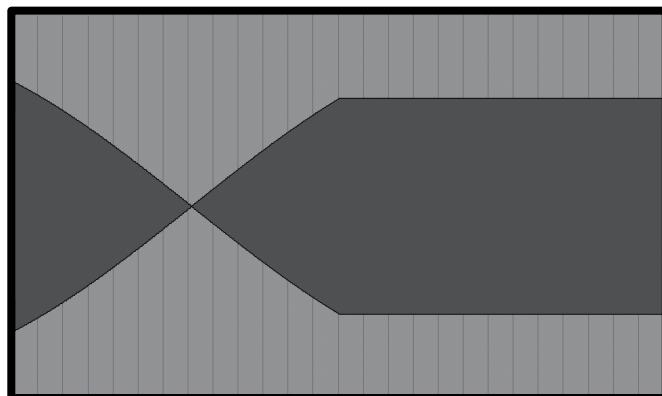
Zum besseren Verständnis folgen Abbildungen, die die Amplitudenverläufe des linken Kanals nach einem Downmix auf 2.0 durch DPL II darstellen.



*Abbildung 22: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch DPL II und Lo/Ro als gewählte 5.1 Downmix-Control*



*Abbildung 23: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch DPL II und Direct Render als gewählte 5.1 Downmix-Control*



*Abbildung 24: Amplitudenverlauf des Linken Kanals nach einem 2.0 Downmix durch DPL II und Direct Render with room balance als gewählte 5.1 Downmix-Control*

Für den Downmix zu 2.0 mittels *Lt/Rt*, lässt sich folgendes sagen:

- Durch das Invertieren des linken Surrounds kommt es bei der Addition, je nach Position, zur Absenkung des Pegels oder zur kompletten Auslöschung.
- An welcher Position die Auslöschung auftritt, kommt auf die Einstellung der Downmix-Control zu 5.1 an

## 4.9 *Lt/Rt* (Pro Logic II) w/phase 90

*Lt/Rt w/phase 90*, ist ein Algorithmus, der dem Problem der destruktiven Interferenz entgegenwirken soll (*Downmix settings*, 2024).

### 4.9.1 Funktionsweise

Die Berechnung für L und R ist, bis auf die Phasenverschiebung, identisch zu *Lt/Rt*. Bei Verwendung von *Lt/Rt w/phase 90*, bleibt die Phasenlage der Surrounds für die Berechnung unberührt.

Erst nach der Berechnung werden die resultierenden Kanäle L und R entgegengesetzt um 90° in ihrer Phase gedreht. Um dies zu bestätigen, wurde ein Impuls auf die Lautsprecherpositionen L, LS, LRS, R, RS und RRS eines 7.1 Setups gepannt. Die Trims sind auf 0 dB gesetzt, die Downmix-Control für 5.1 wurde auf *Direct Render with room balance* gesetzt, die Downmix Control für 2.0 auf *Lt/Rt w/phase 90*.

Der Impuls behält seine Form unabhängig von der Panning Position bei und ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

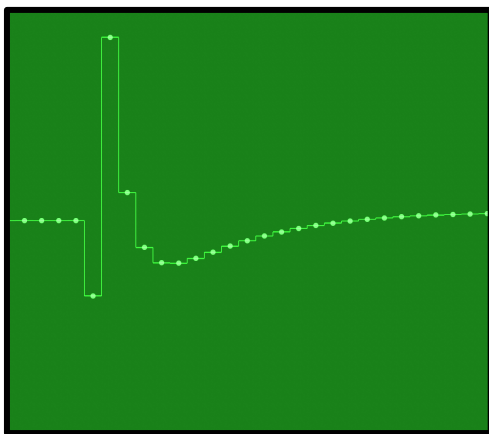


Abbildung 25: Kanal L nach Downmix zu 2.0

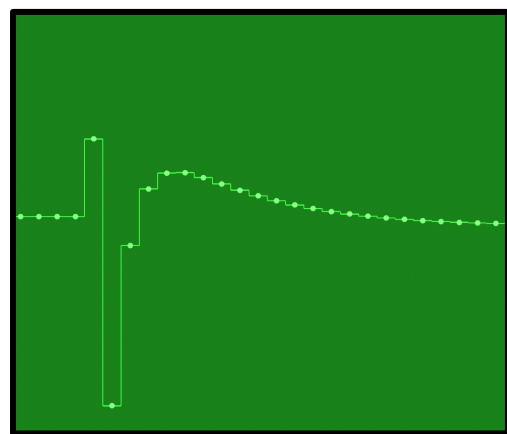


Abbildung 26: Kanal R nach Downmix zu 2.0

Bei Betrachtung des Amplitudenverlaufs (Abbildung 30 und Abbildung 31), ist zu erkennen, dass die Verwendung von *Lt/Rt w/phase 90* zu einem negativen DC-Offset für den linken Kanal und einem positiven DC-Offset für den rechten Kanal führt.

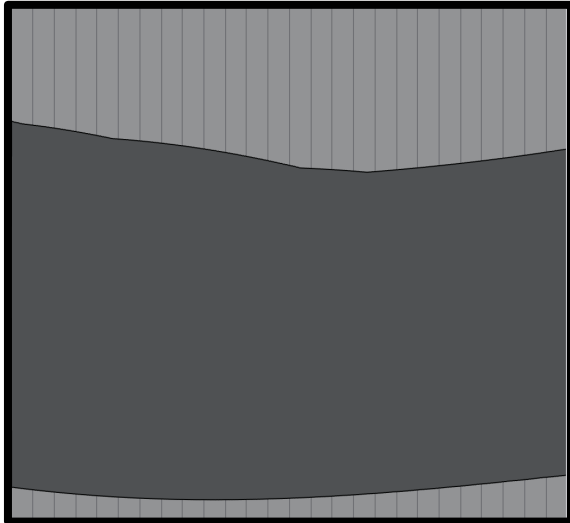


Abbildung 27: Negatives DC-Offset des Linken Kanals

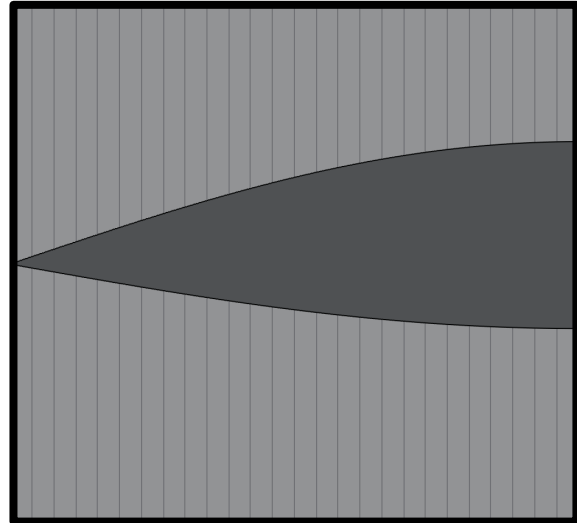


Abbildung 28: Positives DC-Offset des rechten Kanals

#### 4.10 Zwischenfazit

Es zeigt sich, dass das Ergebnis eines 2.0 Downmixes abhängig von der Einstellung ist, die für die 5.1 Downmix-Control getroffen wurde.

Bei Verwendung von *Lo/Ro* als Downmix-Control für 2.0, kommt es zu einer weiteren Verstärkung. Die Invertierung der Phase und die daraus potenziell resultierende Auslöschung im Linken Kanal sollte bei Wahl des *Lt/Rt* Algorithmus bewusst sein, ebenso wie das Entstehen des DC-Offsets bei Wahl des Algorithmus *Lt/Rt w/phase 90*.



## 5 Trim Controls

### 5.1 Trims

Trims stellen einen Bestandteil der Trim Controls dar. Sie unterteilen sich in Surround- und Height-Trims (siehe Abbildung 32), wodurch dem Nutzer die Option geboten wird, eine Reduktion des Pegels der Objekte, in Abhängigkeit ihrer Position vorzunehmen.

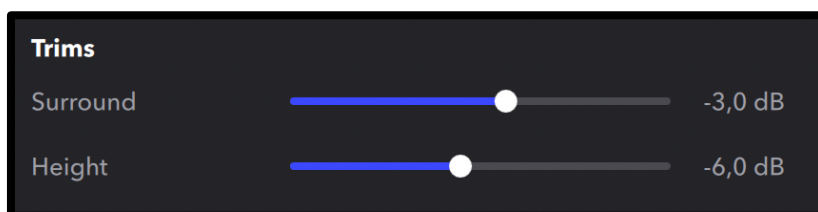


Abbildung 29 Surround- und Height Trims im Dolby Atmos Renderer

Für die folgenden Beispiele für Trims wird der 2.0 Direct Render verwendet, da er keine potenziellen zusätzlichen Veränderungen beinhaltet, die durch einen Downmix entstehen können und sich durch dessen Verwendung die Veränderungen, die durch die Trims bedingt sind, anhand eines Kanals darstellen lassen.

#### 5.1.1 Beispiele einfacher Trajektorien

In den folgenden Beispielen zeigt die linke Abbildung jeweils das Panning, welches linear abläuft. Die rechte Abbildung zeigt den Verlauf der Amplitude des linken Kanals eines 2.0 Direct Renders, wenn diese Bewegung ausgeführt wird. Als Signal wird eine in Amplitude und Frequenz konstante Sägezahnwelle mit einer Frequenz von 100 Hz verwendet. Der Kanal ist als Objekt konfiguriert.

### Beispiel 1:

Surround Trims: **-6dB**

Panning von  $(X = -100; Y = 100; Z = 0)$  nach  $(X = -100; Y = -100; Z = 0)$

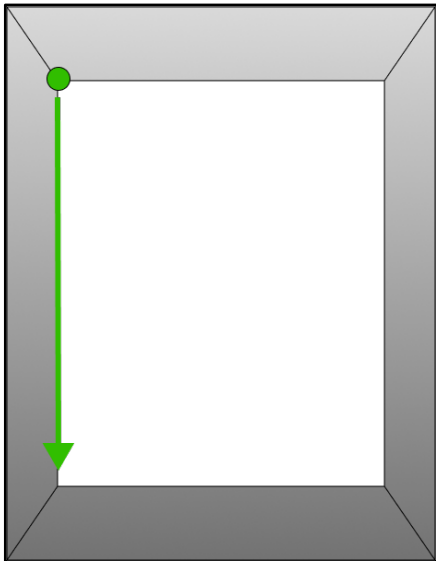


Abbildung 30: Bsp. 1: Panning

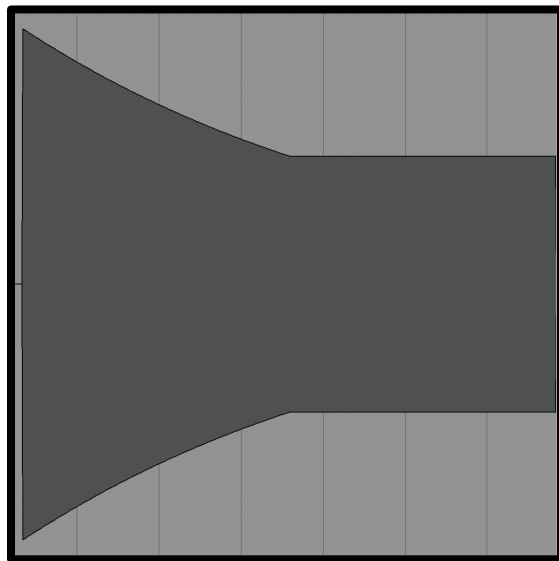


Abbildung 31: Bsp. 1: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render

### Beispiel 2:

Height Trims: **-6dB**

Panning von  $(X = -100; Y = 100; Z = 0)$  nach  $(X = -100; Y = 100; Z = 100)$

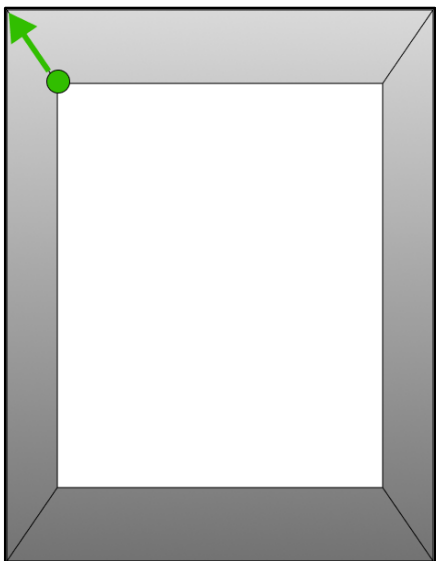


Abbildung 32: Bsp. 2: Panning

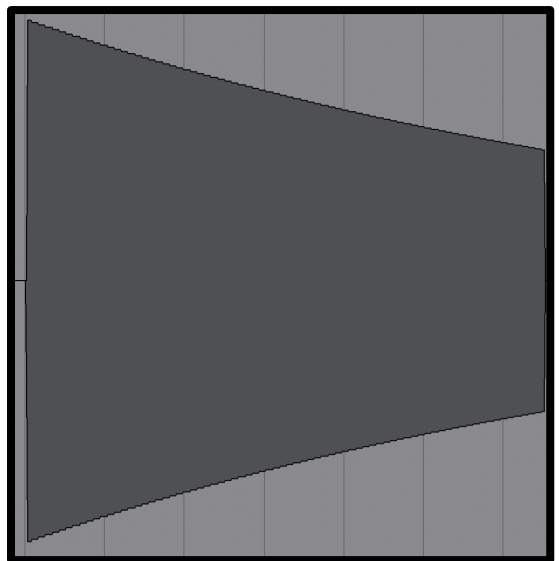


Abbildung 33: Bsp. 2: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render

### Beispiel 3:

Surround Trims: **-6dB**; Height Trims: **-3dB**

Panning von (X = -100; Y = 100; Z = 100) nach (X = -100; Y = -100; Z = 100)

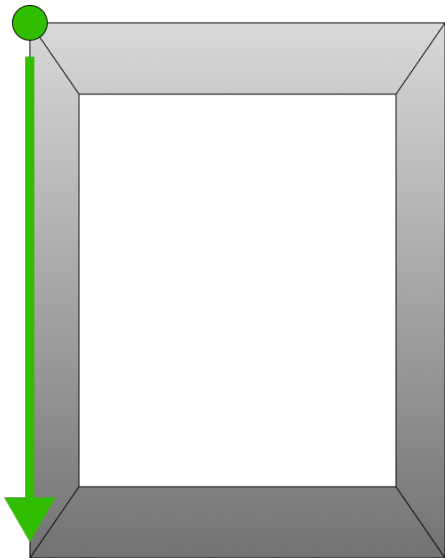


Abbildung 34: Bsp. 3: Panning.

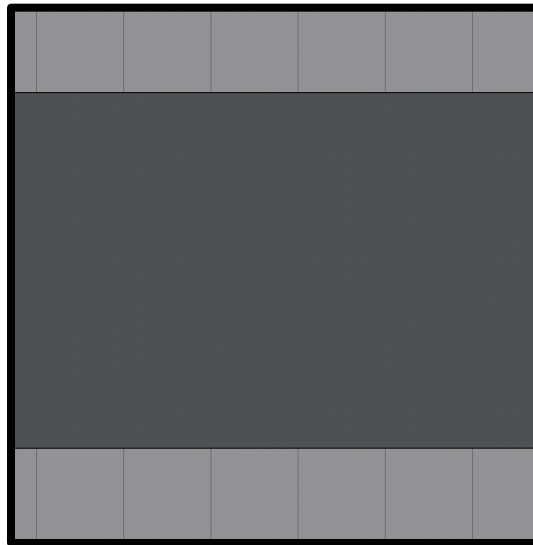


Abbildung 35 Bsp. 3: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render

### Beispiel 4:

Surround Trims: **-6dB**; Height Trims: **-3dB**

Panning von (X = -100; Y = -100; Z = 0) nach (X = -100; Y = -100; Z = 100)

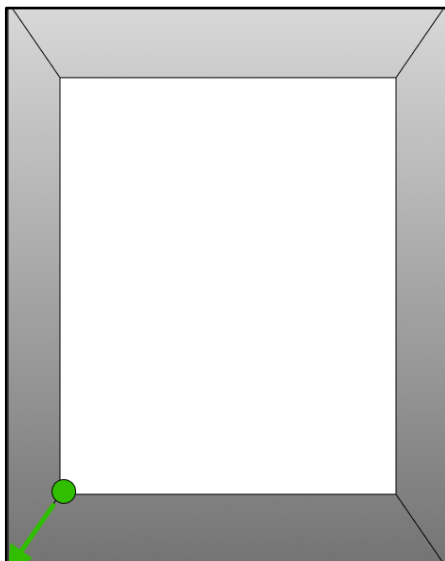


Abbildung 36: Bsp. 4: Panning

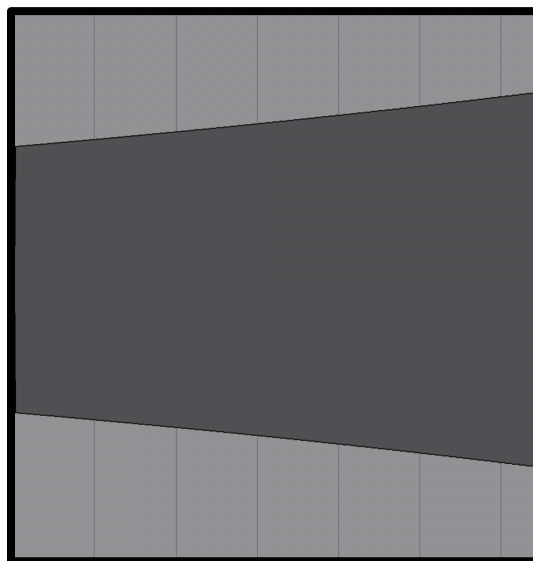


Abbildung 37: Bsp. 4: Amplitudenverlauf 2.0 Direct Render

### 5.1.2 Erkenntnisse

Die Amplitudenverläufe der Beispiele 1 und 2 zeigen, dass der Verlauf bis zur maximalen Reduktion der Surround- oder Height Trims nahezu linear ist. Die Surround Trims werden in Abhängigkeit der Y-Koordinate berechnet. Der Verlauf bis zur maximalen Reduktion ist annähernd linear. Die maximale Reduktion wird bei  $Y = 0$  erreicht.

Die Height Trims werden in Abhängigkeit der Z-Koordinate berechnet. Der Verlauf bis zur maximalen Reduktion ist auch hier annähernd linear. Die maximale Reduktion der Height Trims findet bei  $Z = 100$  statt.

Anhand der Beispiele lässt sich ebenfalls feststellen, dass keine Addition der Surround- und Height Trims erfolgt. Bei einer Positionierung des Objekts auf  $Z = 100$ , was der maximalen Höhe entspricht, kommt es lediglich zur Anwendung der Height-Trims. Bei einer Positionierung des Objekts auf  $Z = 0$  werden nur die Surround Trims angewendet, welche unter Zuhilfenahme der Y-Koordinate berechnet werden. Für Objekte zwischen  $Z = 0$  und  $Z = 100$  ist eine lineare Interpolation zu beobachten. Siehe hierzu auch Beispiel 4.

Die resultierende Reduktion von Surround- und Height Trims ist also von der Z-Koordinate abhängig und lässt sich wie folgt darstellen:

*ST*: Surround Trims

*HT*: Height Trims

*Z*: Z-Koordinate [0; 100]

$$Trim(Z) = ST \times \left(1 - \frac{Z}{100}\right) + HT \times \frac{Z}{100}$$

Erstellt man für das Panning in Beispiel 1 & 2 einen 5.1 *Direct Render*, 5.1 *Direct Render with room balance*, sowie einen 7.1 *Render*, so zeigen diesem dass die Erkenntnisse auch für diese Formate gelten.

Da bei Verwendung von *Lo/Ro* oder *DPL IIx* der Downmix Control für 5.1 der Downmix aus einem 7.1 Render berechnet wird und es bei beiden Algorithmen zu einer Verstärkung zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  kommt (siehe Kapitel 4.2), muss man bei Verwendung der Surround Trims folgendes beachten:

Der Wert, den man für die Surround Trims eingestellt hat, wird bei  $Y = 0$  erreicht. Zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  kommt es zur Verstärkung um 3 dB. Der Eingestellte Wert wird bei  $Y = -100$  wieder erreicht.

Zum besseren Verständnis wird in Abbildung 41 der Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS eines 5.1 Downmixes durch *Lo/Ro* gezeigt. Das verwendete Panning und Signal sind identisch mit dem des Beispiels 1. Die Surround Trims sind auf -6 dB eingestellt.

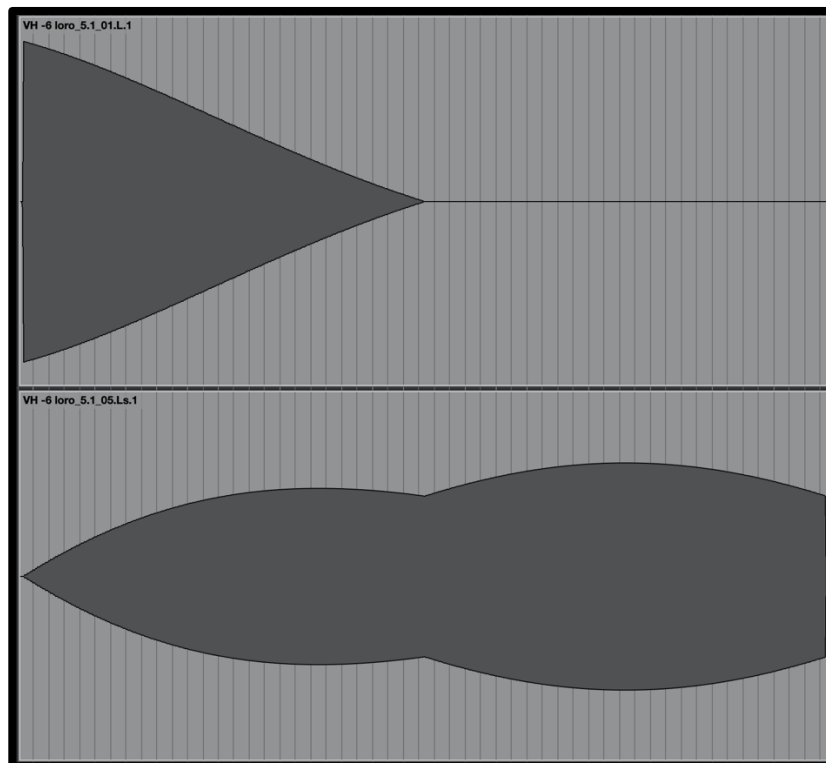


Abbildung 38 Bsp. 1 Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS nach 5.1 *Lo/Ro* Downmix

## 5.2 Front/back balance

In der Front/back balance Sektion kann der Nutzer anpassen, ob der Eindruck der unteren oder oberen Ebene mehr nach vorne oder hinten verschoben werden soll (*Writing trim metadata to a master, 2024*).

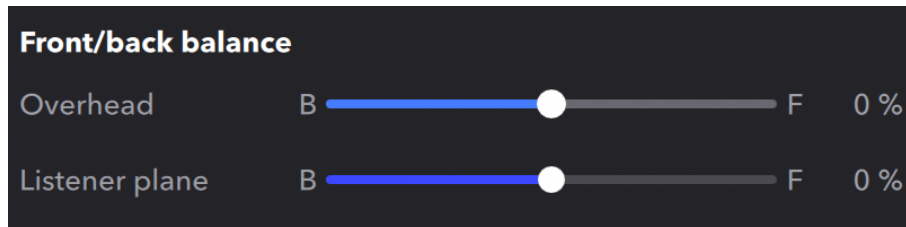


Abbildung 39 Front/back balance Regler im Dolby Atmos Renderer

Wie die Front/back balance sich auf ein Objekt auswirkt ist, je nach Wahl der Render-Option unterschiedlich.

### 5.2.1 Auswirkung der Front/back balance bei 2.0 Direct

Der Verlauf der Pegelreduktion, der durch die Surround-Trims entsteht, wird modifiziert. Die Pegelreduktion bei  $Y = -0$  bleibt dabei unverändert. Sind die Surround-Trims auf 0 dB gesetzt, so hat auch die Front/Back balance keinen Einfluss.

Der Overhead Regler hat keinen Einfluss. Die Reduktion bleibt für Objekte auf maximaler Höhe immer gleich dem Wert, den man für die Height-Trims eingestellt hat.

Zum besseren Verständnis zeigen die folgenden Abbildungen 43 bis 46 die Amplitudenverläufe des linken Kanals des 2.0 Direct Renders mit unterschiedlichen Einstellungen des Front/Back Reglers. Dabei werden dasselbe Panning, sowie dasselbe Signal verwendet, wie in Beispiel 1 auf Seite 35. Der Amplitudenverlauf für die Einstellung Front/Back Balance = 0 % kann der Abbildung 34 auf Seite 35 entnommen werden. Die Surround Trims sind auf -6dB eingestellt.

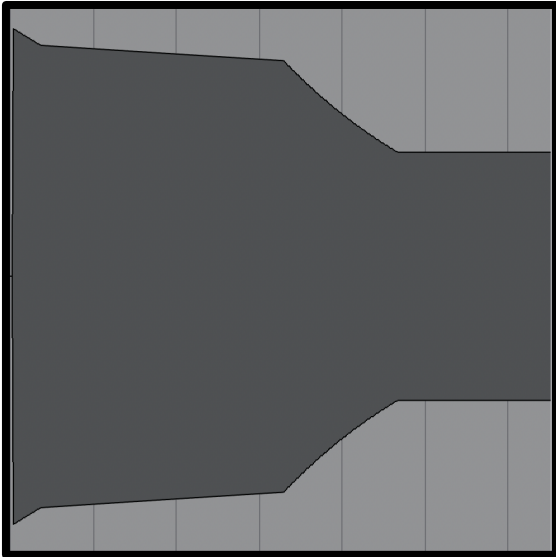


Abbildung 40 F/B Balance Listener Plane: 100% Front

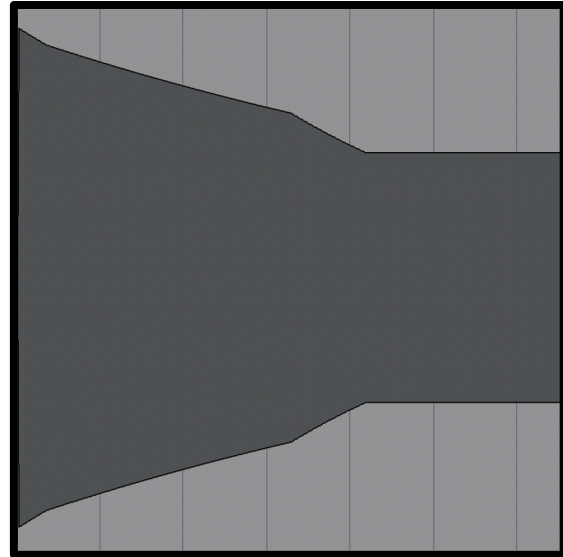


Abbildung 41 F/B Balance Listener Plane: 50% Front

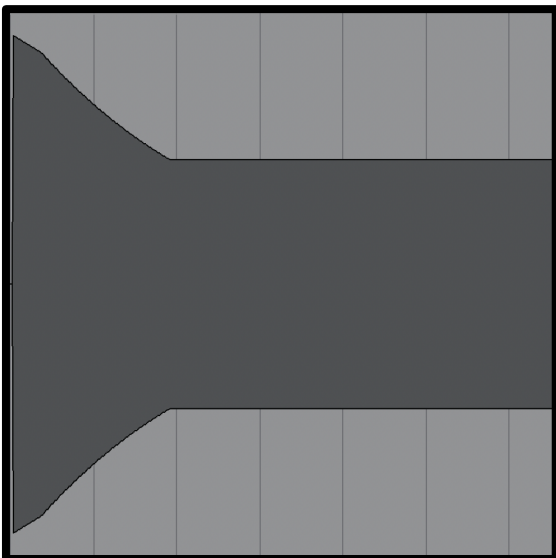


Abbildung 42 F/B Balance Listener Plane: 100% Back

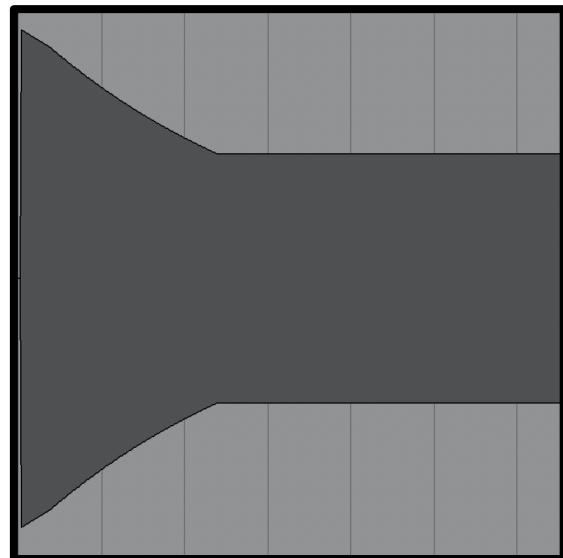


Abbildung 43 F/B Balance Listener Plane: 50% Back

Aus den Abbildungen ist zu erkennen, dass, desto stärker man den Regler für die Front/back balance in Richtung Front einstellt, je flacher ist der Verlauf der Reduktion von  $Y = 100$  bis  $Y = 0$ . Ab  $Y = 0$  wird der Verlauf steiler.

Die Absenkung, die für die Trims eingestellt wurde, wird zudem nicht mehr bei  $Y = 0$  erreicht. Desto weiter der Regler in Richtung Front eingestellt ist, je später wird dieser Wert erreicht.

Umgekehrt gilt dieses für das Einstellen des Reglers Richtung Back. Der Verlauf der Amplitude wird in diesem Fall steiler. Der Wert für die Reduktion, der für die Trims eingestellt wurde, wird schneller erreicht.

## 5.2.2 Auswirkung der Front/back balance bei 5.1 mittels *Lo/Ro* und *DPL IIx*

Da die 5.1 Mischung, welche man nach einem Downmix durch *Lo/Ro* oder *DPL IIx* erhält immer auf einem 7.1 Render basiert, der mit den Trims aus der Sektion 5.1 erstellt wird (*Trim and downmix considerations*, 2024), kann man die Auswirkungen der Front/back balance am besten anhand eines 7.1 Renders darstellen.

Die folgenden Abbildungen 47, 48, 49 und 50 zeigen die Kanäle L, LSS und LRS eines 7.1 Renders mit unterschiedlichen Einstellungen des Front/back balance Listener Plane Reglers. Die Trims sind auf 0 dB eingestellt. Das verwendete Panning und das verwendete Signal entsprechen Beispiel 1 aus **Kapitel X**.

*Hinweis:* Bei einem Panning identisch dem aus Beispiel 3 auf **Seite 33** und korrespondierenden Einstellungen für den Front/back balance Overhead Regler, erhält man identische Amplitudenverläufe.

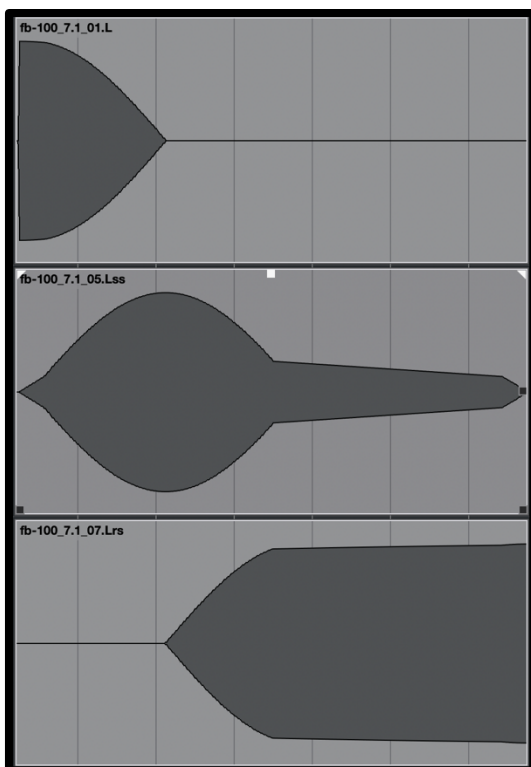


Abbildung 44 F/B balance: 100% Back

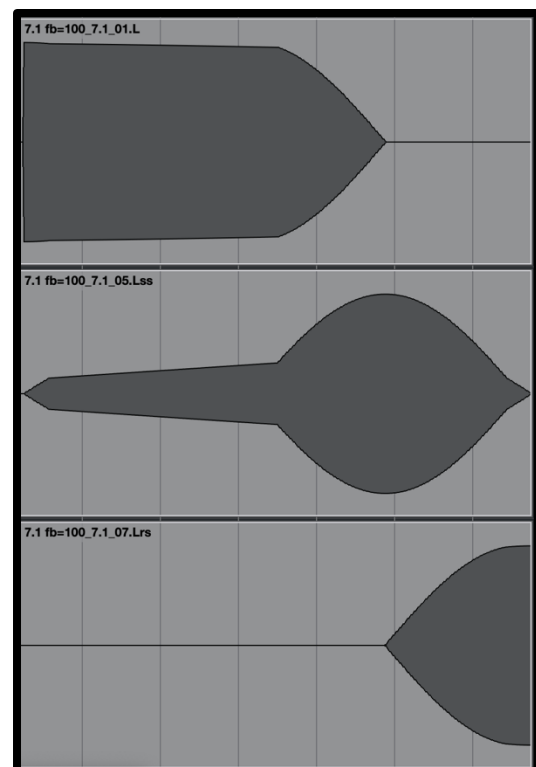


Abbildung 45 F/B balance 100% Front



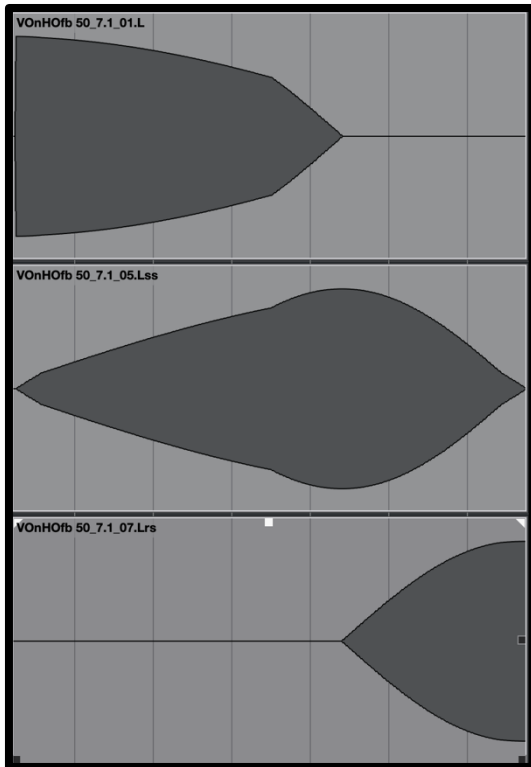


Abbildung 46 7.1; F/B balance: 50% Front

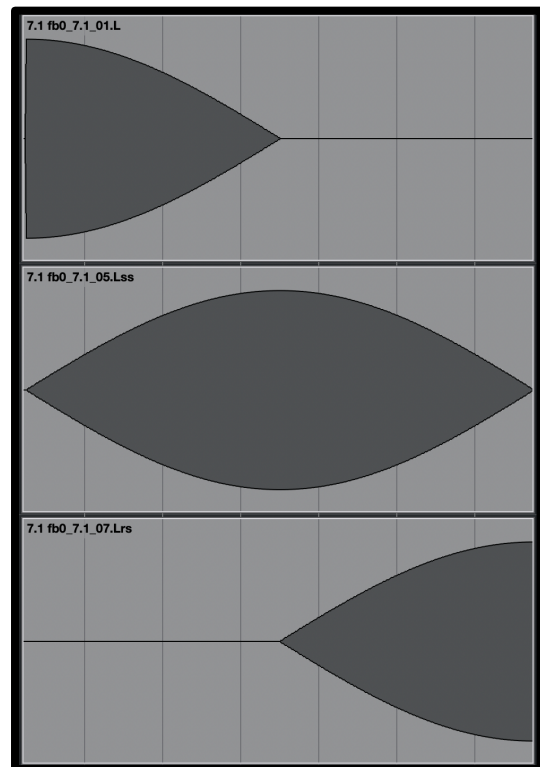


Abbildung 47 7.1; F/B balance: 0%

Es wird deutlich, dass selbst ohne die Verwendung von Trims die Balance verschoben wird.

Man kann erkennen, dass bei einer Einstellung von 100% Front ein Objekt von  $Y = 100$  bis  $Y = 0$  hauptsächlich vom Front Lautsprecher wiedergegeben wird. An der Position  $Y = 0$  wird der Crossfade von L und LSS steiler und ist bei  $Y = -42$  abgeschlossen.

Um zu verdeutlichen, was dies für die Bewegungen von Objekten entlang der Y-Achse bedeutet, folgt eine Darstellung.

Das verwendete Panning und das verwendete Signal sind identisch mit Beispiel 1 auf **Seite 32**. Die Trim-Controls sind auf 0 dB eingestellt.

Das Panning erstreckt sich über die Zeit  $t$ . Der grüne Pfeil zeigt die wahrgenommene Bewegung von  $t = 0$  bis  $t = \frac{t}{2}$ , der orangene Pfeil die wahrgenommene Bewegung von  $t = \frac{t}{2}$  bis  $t = t$ . Die grünen Punkte, stellen Objekte dar, die im Bereich  $Y = 100$  bis  $Y = 0$  platziert wurden. Die orangenen Punkte wiederum Objekte, im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$ .

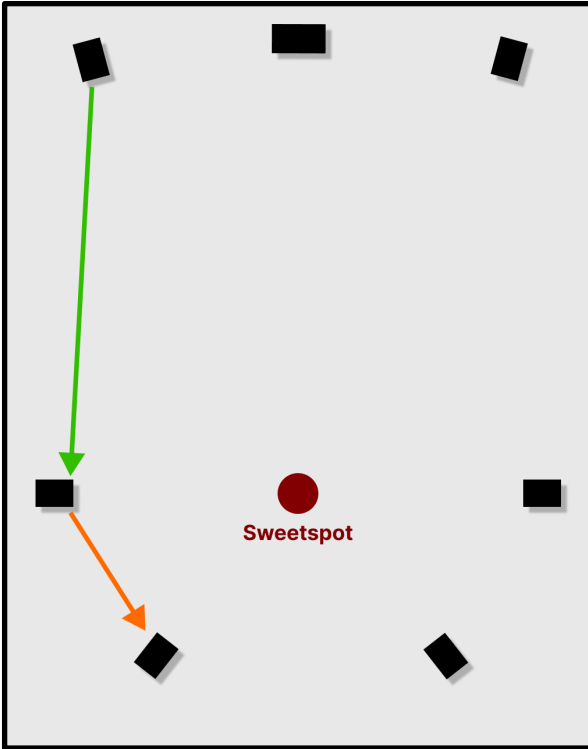


Abbildung 48: Bewegung mit F/B balance: 0%

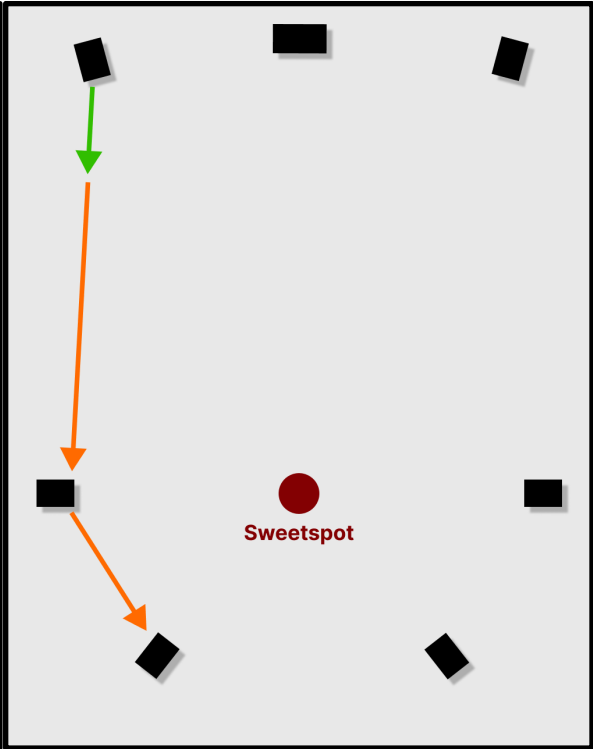


Abbildung 49 Bewegung mit F/B balance: 100% Front

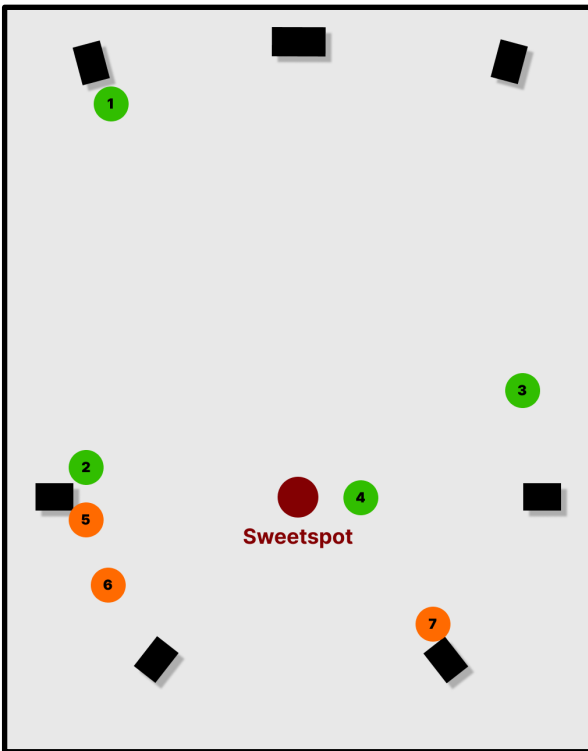


Abbildung 50 Statische Objekte mit F/B balance 0%

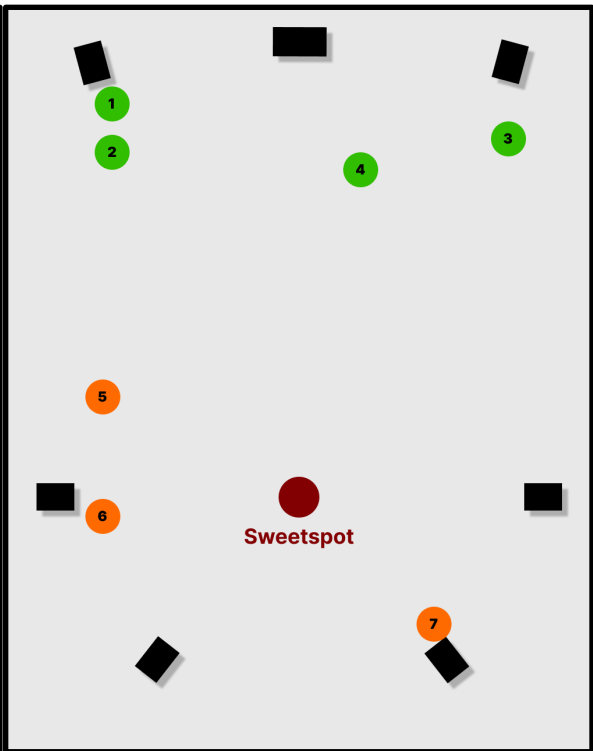


Abbildung 51 Statische Objekte mit F/B balance 100% Front

Wird die Front Back Balance der Listener Plane auf 100% Front eingestellt und die Downmix Control *Lo/Ro* oder *DPL IIx* gewählt, erhält man demnach folgende Ergebnisse.

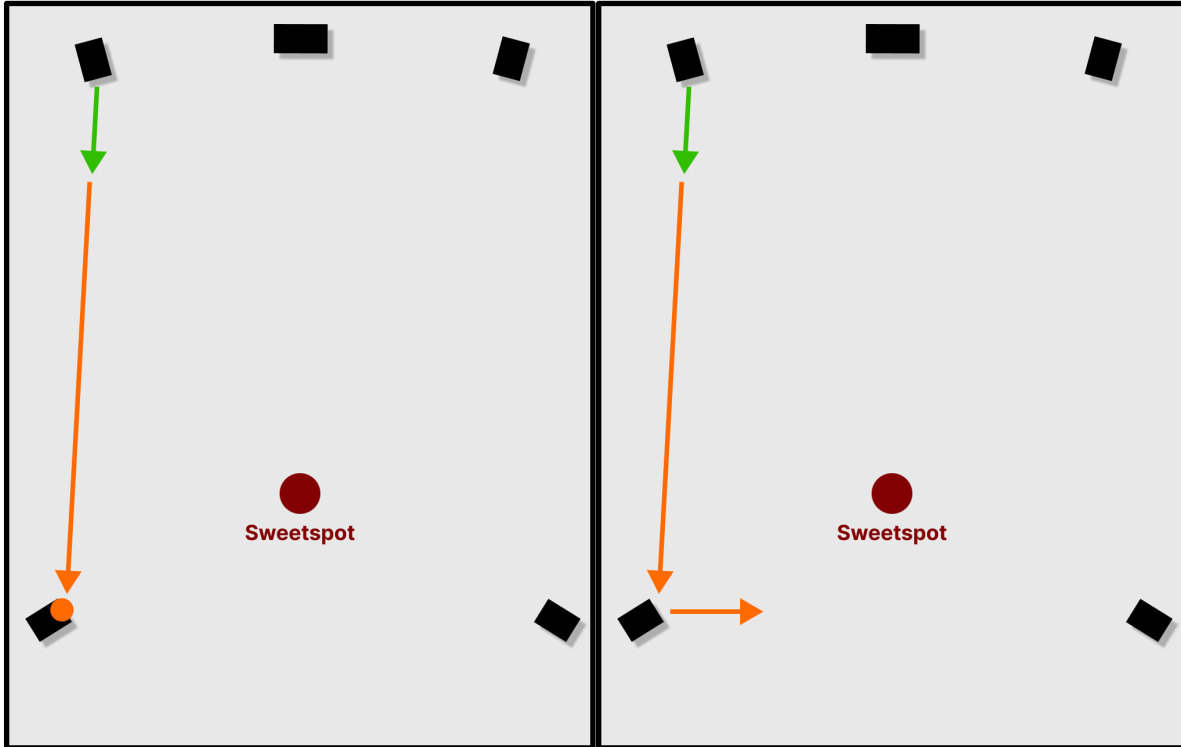


Abbildung 52 Bewegung; F/B balance: 100%; Lo/Ro

Abbildung 53 Bewegung; F/B balance: 100%; DPL IIx

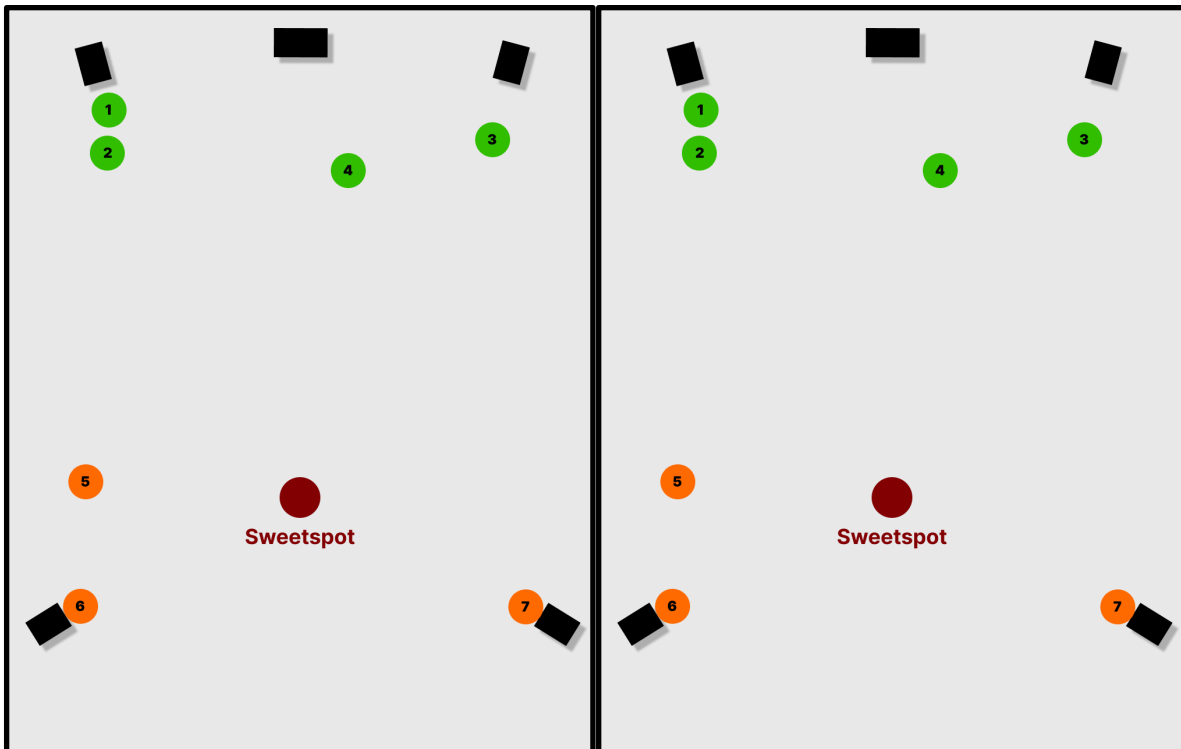


Abbildung 54 Statisch; F/B balance 100%; Lo/Ro

Abbildung 55 Statisch; F/B balance 100%; DPL IIx

Wie in **Kapitel 4** beschrieben, kommt es beim Downmix mittels *Lo/Ro* oder *DPL IIx* dazu, dass Signale in der vorderen Hälfte entlang der Y-Achse „auseinandergezogen“ werden, während sie in der hinteren Hälfte „zusammengeschoben“ werden. Stellt man die Front/back balance in Richtung Front ein, so kann diesem Phänomen entgegengewirkt werden.

### 5.2.3 Auswirkung der Front/back balance bei 5.1 mittels *Direct Render* und *Direct Render with Room balance*

Bei Verwendung der Downmix Control *Direct Render* und *Direct Render with room balance* ergeben sich vergleichbare Ergebnisse. Die folgenden Abbildungen 56 und 57 zeigen den Amplitudenverlauf der Kanäle L und LS des 5.1 Renders durch die Downmix Control *Direct Render* respektive *Direct Render with room balance*. Das verwendete Panning und verwendete Signal sind gleich wie bei den oben gezeigten Beispielen.

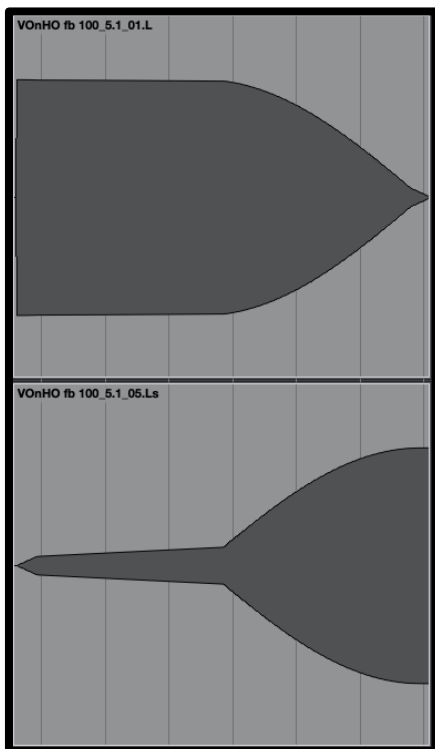


Abbildung 56 5.1 *Direct Render*; F/B balance: 100% Front  
F/B balance: 100% Front

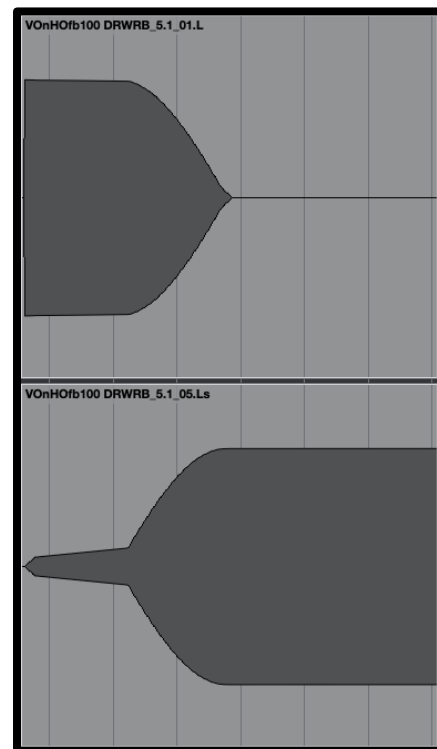


Abbildung 57 *Direct Render with room balance*

Wie beim 7.1 Render, wird auch beim *Direct Render* bei eingestellter Front/back balance auf 100% Front ein Objekt im Bereich  $Y = 100$  bis  $Y = 0$  hauptsächlich von den Frontlautsprechern wiedergegeben. Zwischen  $Y = 0$  und  $Y = -100$  wird das restliche Panning mit konstanter Leistung abgeschlossen.

Lediglich bei der Downmix Control *Direct Render with room balance* kommt es dazu, dass auch bei einer Einstellung von 100% Front, die Signale im Bereich  $Y = 0$  bis  $Y = -100$  nur vom Surround Lautsprecher wiedergegeben werden.

Wie in **Kapitel 4** beschrieben, kommt es bei Verwendung der Downmix Control *Direct Render* zum sogenannten „Front-Heavy“ Effekt. Stellt man die Front/back balance in Richtung Back ein, so kann man diesem Effekt entgegenwirken.

#### **5.2.4 Auswirkung der Front/back balance auf Height Channel**

Da es in einer x.x.2 Lautsprecherkonfiguration keine vorderen und hinteren Lautsprecher auf der oberen Ebene gibt, sondern nur links und rechts, hat die Overhead Front/back balance keine Auswirkung auf diese Zielformate.

Wie in Kapitel 4 bereits erklärt, haben die Downmix Controls für 5.1 und 5.1.x keine Auswirkung auf die Kanäle der oberen Ebene.

Die Front/back balance hat in der oberen Ebene also dieselbe Auswirkung, unabhängig von der gewählten Downmix-Control.

Abbildungen 61, 62 und 63 zeigen diese Auswirkungen. Das verwendete Panning und das verwendete Signal sind gleich wie das aus Beispiel 3 auf Seite 36.

Es wird deutlich, dass das Panning zwischen Top Front und Top Rear Lautsprechern bereits bei niedrigeren Werten der Y-Koordinate beginnt, wenn der Regler in Richtung Back eingestellt ist und umgekehrt, wenn er Richtung Front eingestellt ist.

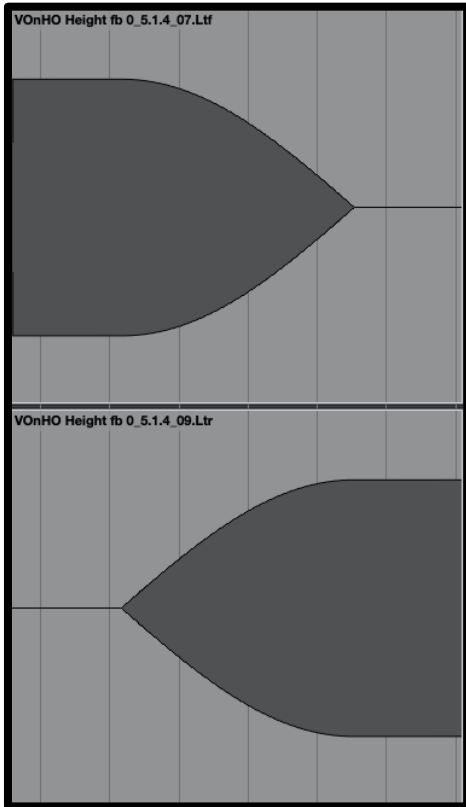


Abbildung 58 x.x.4; F/B balance 0%

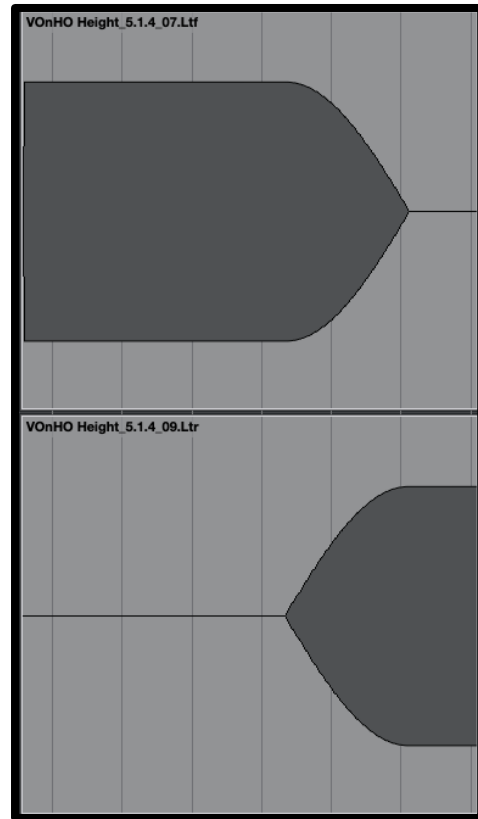


Abbildung 59 x.x.4; F/B balance 100% Front

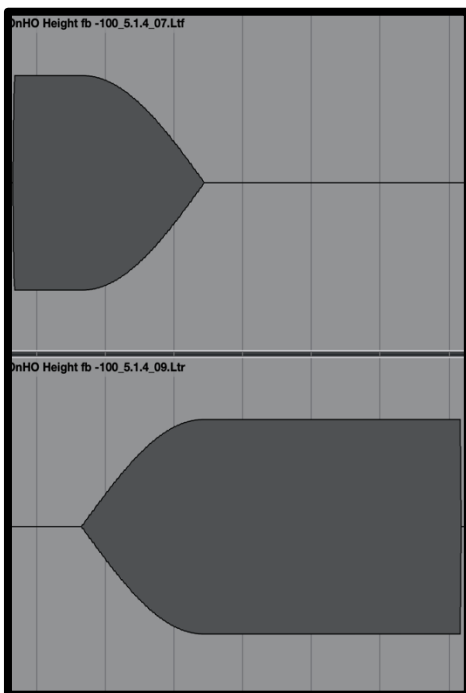


Abbildung 60 x.x.4; F/B balance 100% Back

## **5.2.5 Kapitelzusammenfassung**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss der Front/back balance auf Signale vom Zielformat und den Downmix Controls für 5.1 abhängt. Es kann eingesetzt werden um der Verschiebung des Klangfeldes, die beim Downmix zu 5.1 oder Erstellen eines Direct Renders auftritt, entgegenzuwirken.

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass der Dolby Atmos Renderer den Nutzern zahlreiche Möglichkeiten bietet, um auf die Wiedergabe bei unterschiedlichen Lautsprecherkonfigurationen Einfluss zu nehmen.

Die Untersuchung der Downmix Controls hat ergeben, dass signifikante Unterschiede auf der unteren Ebene, insbesondere entlang der Y-Achse in Abhängigkeit der Gewählten Downmix Control auftreten. So kommt es bei einem Direct Render zu 5.1 oder 5.1.x in dieser Ebene zum sogenannten Front-Heavy Effekt, während es bei allen anderen verfügbaren Downmix-Controls für 5.1 dazu kommt, dass die vordere Hälfte des ursprünglichen Klangfelds entlang der Y-Achse auseinandergezogen wird, während die hintere Hälfte nur über die Surround Lautsprecher wiedergegeben wird.

Auch hat sich herausgestellt, dass die Verwendung von *Lo/Ro* oder *DPL IIx* zur Erstellung eines 5.1 und 5.1.x Downmixes, in einer unumgeharen Verstärkung von Signalen im Bereich von  $Y = 0$  bis  $Y = -100$  resultiert. Dies ist auf die Addition der Side- und Rear Lautsprecher des 7.1 Renders zurückzuführen, welche Schallquellen zwischen ihnen mittels Panning konstanter Leistung darstellen.

Die Analyse der Downmix-Controls für 2.0 hat gezeigt, dass unter Verwendung des *Lo/Ro* Algorithmus eine Verstärkung auftritt, die in diesem Fall aus dem Addieren der Front- und Surroundlautsprecher resultiert.

Des Weiteren zeigte sie auf, dass die Verwendung von *Lt/Rt* zu einer unvermeidbaren Absenkung auf der linken Seite führt, wenn ein Signal, in der für den Downmix verwendeten 5.1 Mischung, als Phantomschallquelle durch L und LS abgebildet wurde. Wird ein Signal mit gleichem Pegel von beiden Lautsprechern wiedergegeben so löscht es sich sogar komplett aus.

Die Analyse der Trim-Controls hat gezeigt, dass die Front/back balance dazu eingesetzt werden kann, der je nach gewählter 5.1 und 5.1.x Downmix-Control auftretenden Verschiebung des Klangfeldes entgegenzuwirken.



Des Weiteren wurde klar sichtbar, dass die Gesamtreduktion eines Objekts, nicht aus einer Addition der Height- und Surround Trims entsteht, sondern durch eine lineare Interpolation der Werte in Abhängigkeit der Z-Koordinate.

## **7 Ausblick**

Die vorliegende Arbeit hat anhand einzelner Signale untersucht, welche Auswirkungen Trim- und Downmix-Controls für verschiedene Lautsprecherkonfigurationen haben.

Zukünftige Forschungen könnten sich jedoch stärker auf die Auswirkungen dieser Einstellungen auf komplexere, vollständige Mischungen konzentrieren und erforschen, wie Trim- und Downmix-Controls das Gesamterlebnis einer Mischung beeinflussen.

Ein weiterer relevanter Aspekt zukünftiger Untersuchungen könnte die Hörerfahrung, vor allem unter Verwendung von Konsumentennahen Wiedergabesystemen sein. Es wäre sinnvoll zu analysieren, ob und wie Hörer auf Soundbars oder anderen weit verbreiteten Produkten, wie dem Apple HomePod, die Anpassungen durch Trim- und Downmix-Controls wahrnehmen. So könnte ein umfassenderes Verständnis darüber gewonnen werden, wie diese Einstellungen in diesem Anwendungsfall dazu beitragen können, ein bestmögliches Hörerlebnis zu gewährleisten. Auch könnten weitere Beeinflussungen, die nicht alleinig vom Downmix, sondern von dem jeweiligen Produkt ausgehen identifiziert werden. Gegebenenfalls könnte dies wiederum zu Erkenntnissen führen, wie Trim- und Downmix Controls eingesetzt werden könnten um das Hörerlebnis für eine Produktkategorie, wie bspw. Soundbars, zu optimieren.

## 8 Literaturverzeichnis

Bangert, F. (2000). *Schallleistungsberechnung und Schallquellenlokalisierung anhand von Schallintensitätsmessungen*. Fachhochschule Düsseldorf

*Dolby Atmos Essentials: 8—Appendices*. (2024).

<https://learning.dolby.com/mod/scorm/player.php?a=144&currentorg=B0&scoid=284> (Abgerufen am 06.09. 2024)

*Downmix settings*. (2024). <https://customer.dolby.com/content-creation-and-delivery/dolby-atmos-renderer-v530/documentation/dolby-atmos-renderer-users-guide/working-with-trim-and-downmix-metadata/downmix-settings> (Abgerufen am 06.09.2024)

Dressler, R. (2000). *Dolby Surround Pro Logic Decoder Principles Of Operation*.

Friesecke, A. (2014). *Die Audio-Enzyklopädie: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker* (2. Auflage). De Gruyter Saur.

Mitchell, H. (2006). Help I'm surrounded. *University of Hull*.

[https://core.ac.uk/outputs/151157274/?utm\\_source=pdf&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=pdf-decoration-v1](https://core.ac.uk/outputs/151157274/?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1)

*Renderer audio signal and metadata flow*. (2024).

<https://customer.dolby.com/content-creation-and-delivery/dolby-atmos-renderer-v530/documentation/dolby-atmos-renderer-users-guide/introduction-to-the-dolby-atmos-renderer/renderer-audio-signal-and-metadata-flow> (Abgerufen am 06.09.2024)

Rothermich, E. (2021). *Mixing in Dolby Atmos #1 How it Works*. Amazon Digital Services LLC - KDP Print US.

*Trim and downmix considerations.* (2024). <https://customer.dolby.com/content-creation-and-delivery/dolby-atmos-renderer-v530/documentation/dolby-atmos-renderer-users-guide/working-with-trim-and-downmix-metadata/trim-and-downmix-considerations>  
(Abgerufen am 06.09.2024)

*Writing trim metadata to a master.* (2024). <https://customer.dolby.com/content-creation-and-delivery/dolby-atmos-renderer-v530/documentation/dolby-atmos-renderer-users-guide/working-with-trim-and-downmix-metadata/writing-trim-metadata-to-a-master>  
(Abgerufen am 06.09.2024)

Ziegler, D. (2024, August 28). *Dolby Atmos Downmix* [Persönliche Kommunikation].