

ELASTISCHE QUANTISIERUNG MIT FLEX-Q

EIN NEUER ALGORITHMUS ZUR METRISCHEN ANNOTATION

Klaus Frieler

Institut für Musikwissenschaft, Weimar-Jena



DAS JAZZOMAT PROJEKT



Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG-Forschungsprojekt (12/2012 bis 11/2015)

Melodisch-rhythmische Gestaltung von Jazzimprovisationen.

Rechnerbasierte Musikanalyse einstimmiger Jazzsoli

Vier Arbeitsschwerpunkte:

1. Aufbau der Weimarer Jazz Datenbank (WJazD) mit ca. 250 Jazzsoli (Stand März 2014: 100)
2. Integrierte Entwicklung modularer Analyse-Tools (MeloSpy):
 - Tools zur statistischen Auswertung
 - Visualisierungs-Tools
 - Pattern Mining
 - Stil-Klassifikation
3. Umsetzung als Web Application mit GUI
4. Forschen, forschen, forschen ...

DAS JAZZOMAT PROJEKT



Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG-Forschungsprojekt (12/2012 bis 11/2015)

Melodisch-rhythmische Gestaltung von Jazzimprovisationen.

Rechnerbasierte Musikanalyse einstimmiger Jazzsoli

Forschungsbereiche / Anwendungen:

1. Jazzforschung, Jazzgeschichte, Stilanalyse
2. Psychologie musikalischer Schaffensprozesse
3. Jazzpädagogik, Jazztheorie, Didaktik des Improvisierens
4. Musikinformatik, statistische Musikanalyse, MIR

<http://jazzomat.hfm-weimar.de/>

Release MeloSpySuite & WJazD: 17.3.2014

DAS PROBLEM

- Metrum ist elementarer Bestandteil vieler Musik
- Wichtig für weitere Analysen in Jazzomat Projekt
- Genuiner Bestandteil von Transkriptionen
- Gute Notendarstellung benötigt und erwünscht

Lösung: Flex-Q!

AUSGANGSLAGE

- NoteLayers in Sonic Visualiser:
 - Einsatzzeitpunkte (EZP), Tonhöhe, Dauer
- Monophon
- Beat-Tracks: Manuell getappte Beatannotationen (Einsatzzeitpunkte)
- Signaturinformation, annotierte Einsen

QUANTISIERUNG

- Quantisierung ist seit MIDI-Zeiten bekannt
- Meist als „destruktive Quantisierung“:
 - EZP werden auf den nächsten Gitterpunkt verschoben, um Spielungenauigkeiten auszugleichen
- Hohe Timingpräzision, aber nimmt den Human Touch.
- Sequencer und Drummaschinen erzeugen bereits quantisierte Rhythmen
- Gegenteil zu Quantisierung: Humanizer

METRISCHE ANNOTATION

- Metrische Annotation ist die Zuordnung von metrischen Positionen zu Tonereignissen
- Nichts wird real verschoben (nicht-destruktive Quantisierung)
- Kann zur destruktiven Quantisierung benutzt werden, z.B. für MIDI-Export, Notationszwecke.
- Die „klassischen“ Transkripteure machen sowas schon immer.

STATUS QUO: NOTATION SOFTWARE



Melody

The image displays a musical score for the melody of the song 'Status Quo'. The score is written in 4/4 time and consists of six staves of music. The key signature is one flat (B-flat). The melody is characterized by a driving, rhythmic pattern of eighth and sixteenth notes. The score includes various musical notations such as rests, accidentals (sharps and flats), and fingerings (6, 7, 3, 5). The first staff begins with a whole rest, followed by a series of eighth notes. The subsequent staves continue the melodic line with increasing complexity, including sixteenth-note runs and triplet markings. The final staff concludes with a triplet of eighth notes and a final note.

STATUS QUO: TRANSSKRIPTEURE

C instruments
transposed 1 octave up
for reading ease

ADAM'S APPLE

SHORTER SOLO

from the BLUE NOTE album
"Adam's Apple" (CDP 7 46403 2)

CHORUS 1

The musical score is written for C instruments, transposed one octave up for reading ease. It consists of four staves of music in 3/4 time, with a key signature of three flats (B-flat major). The score is marked with measure numbers 1, 4, 8, and 12. Handwritten annotations include the chords Ab7 and Gb7. The notation includes eighth and sixteenth notes, rests, and slurs.

1 $A\flat 7$

4

8 $G\flat 7$

12 $A\flat 7$



GITTERQUANTISIERUNG

- Jede minimale Zeitauflösung bedeutet letztlich Gitterquantisierung
- MIDI hat feine Zeitauflösung (pulse per quarter, PPQN)
- Die Gitterbreite der Quantisierung ist entscheidend
- Oft einstellbarer Parameter, bezogen auf einen vorgegebenen Beat, z.B. 64tel, 128tel, 1024tel
- Oft aber auch nicht....
- Zusätzlich implizite Annahme: Konstantes Tempo

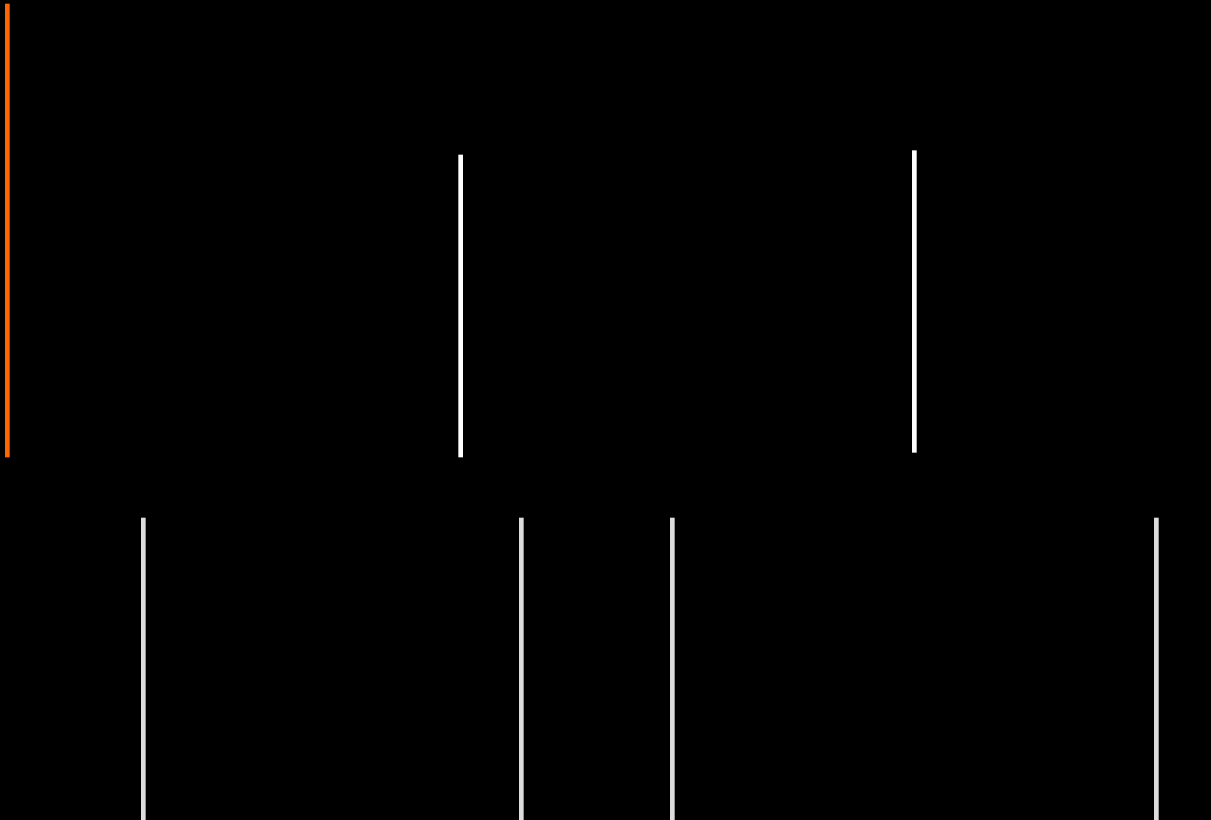
GITTERQUANTISIERUNG

Probleme:

- Annahme eines festen Gitters für ein ganzes Stück
- Gleichzeitige Darstellung von N-tolen nur möglich wenn Gitterteilung das kgV aller vorkommenden N-tolen ist
 - Das Gitter wird sehr fein
- Unrealistisch: Eine Septole im letzten Beat beeinflusst das Gitter im ersten Beat.
- Andererseits: „Gitter zu grob, N-tolen kaputt“

FLEXIBLE QUANTISIERUNG

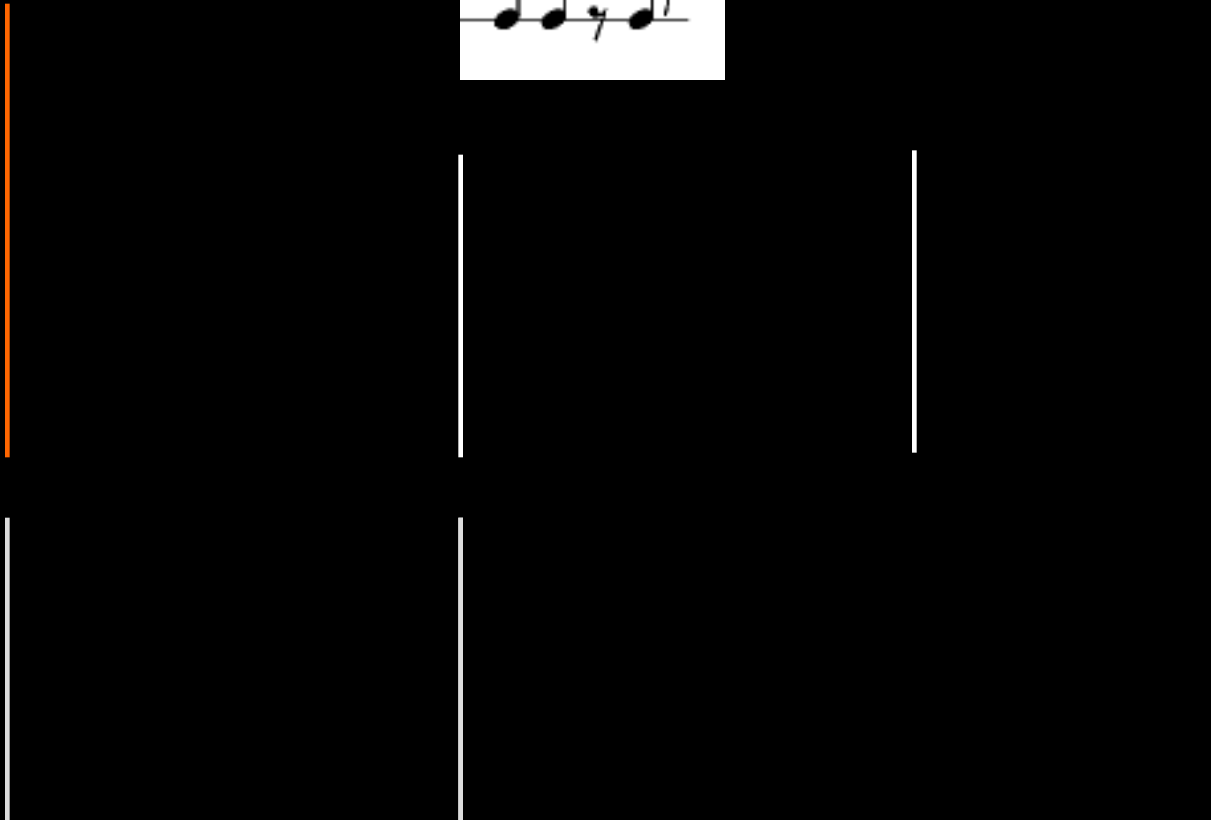
3



GITTERQUANTISIERUNG

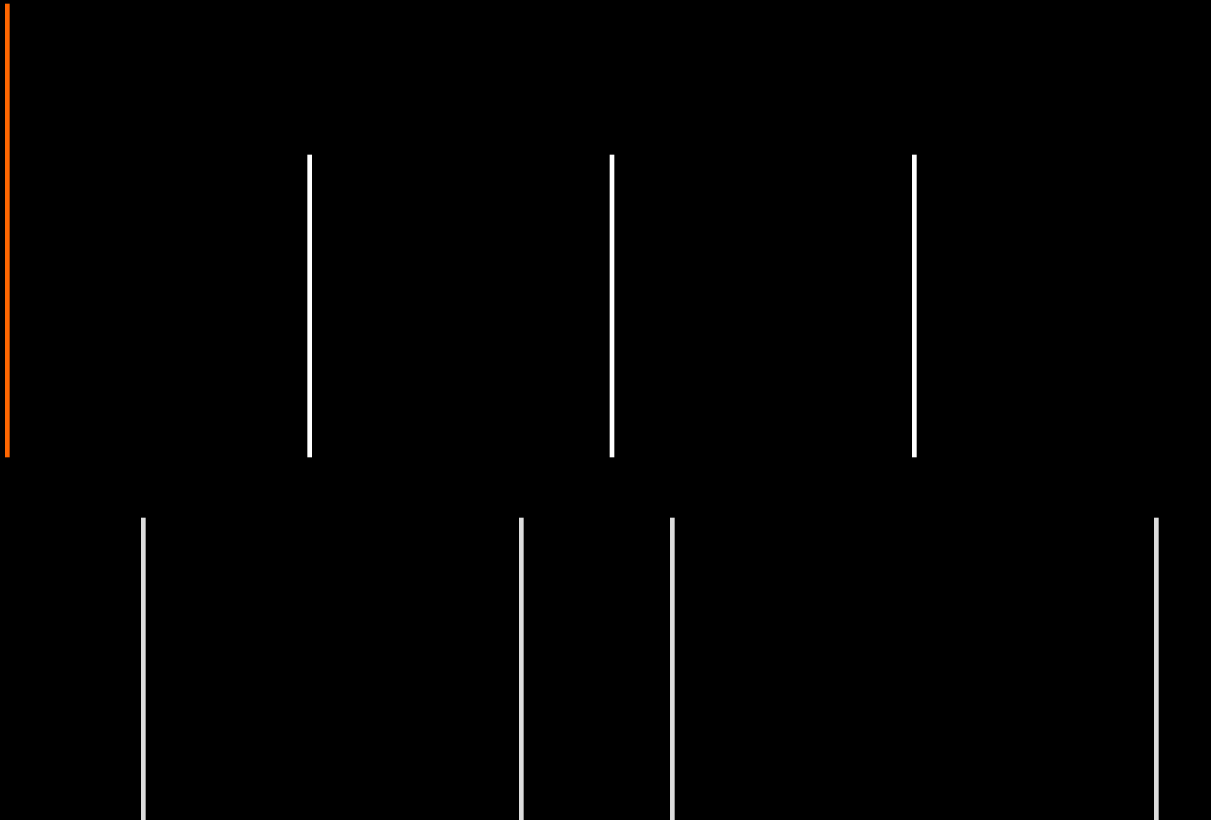


3



GITTERQUANTISIERUNG

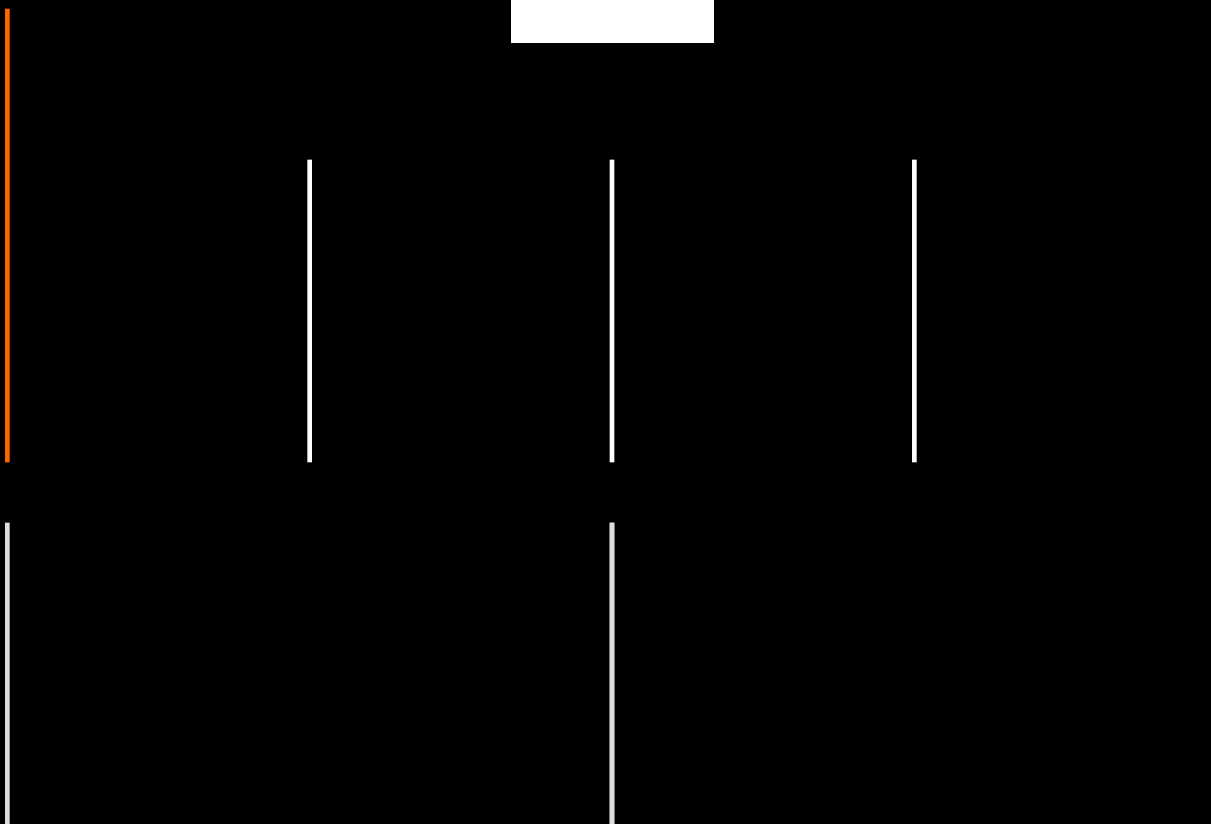
4



GITTERQUANTISIERUNG

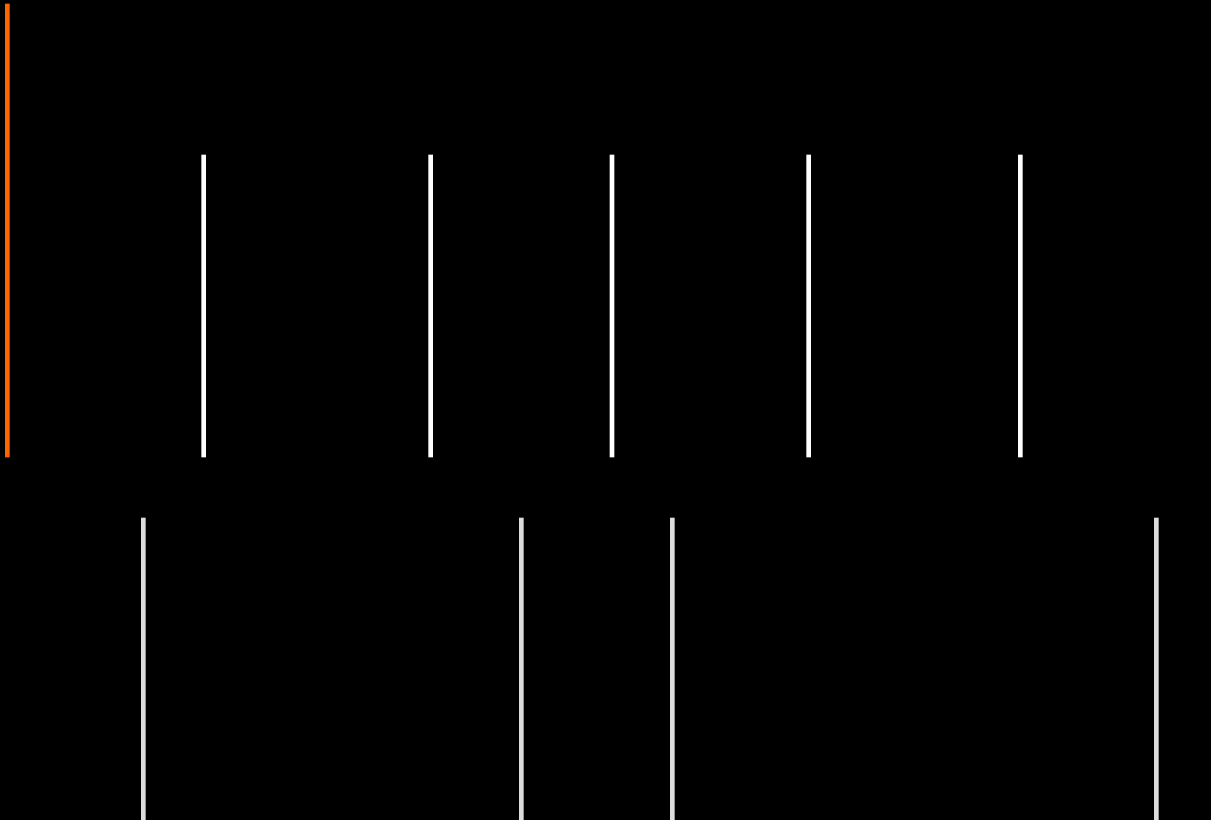


4



GITTERQUANTISIERUNG

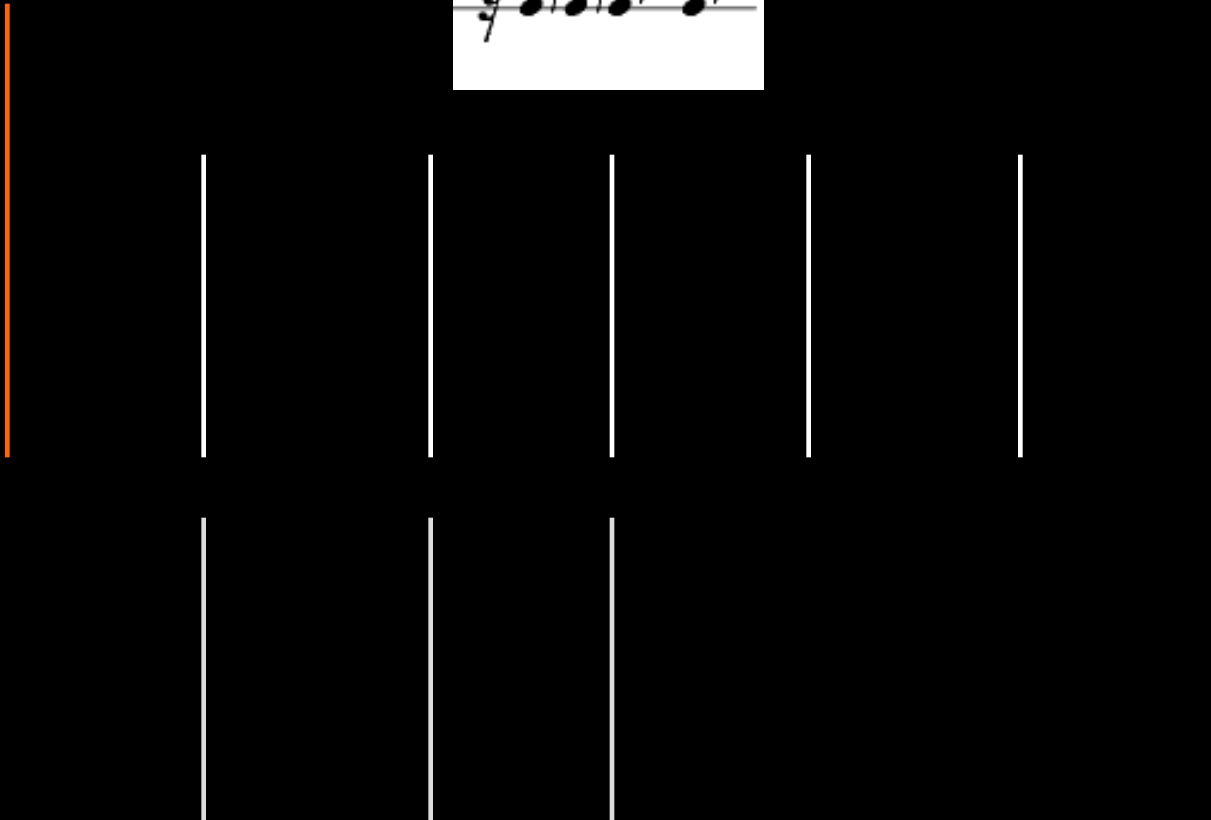
6



FLEXIBLE QUANTISIERUNG

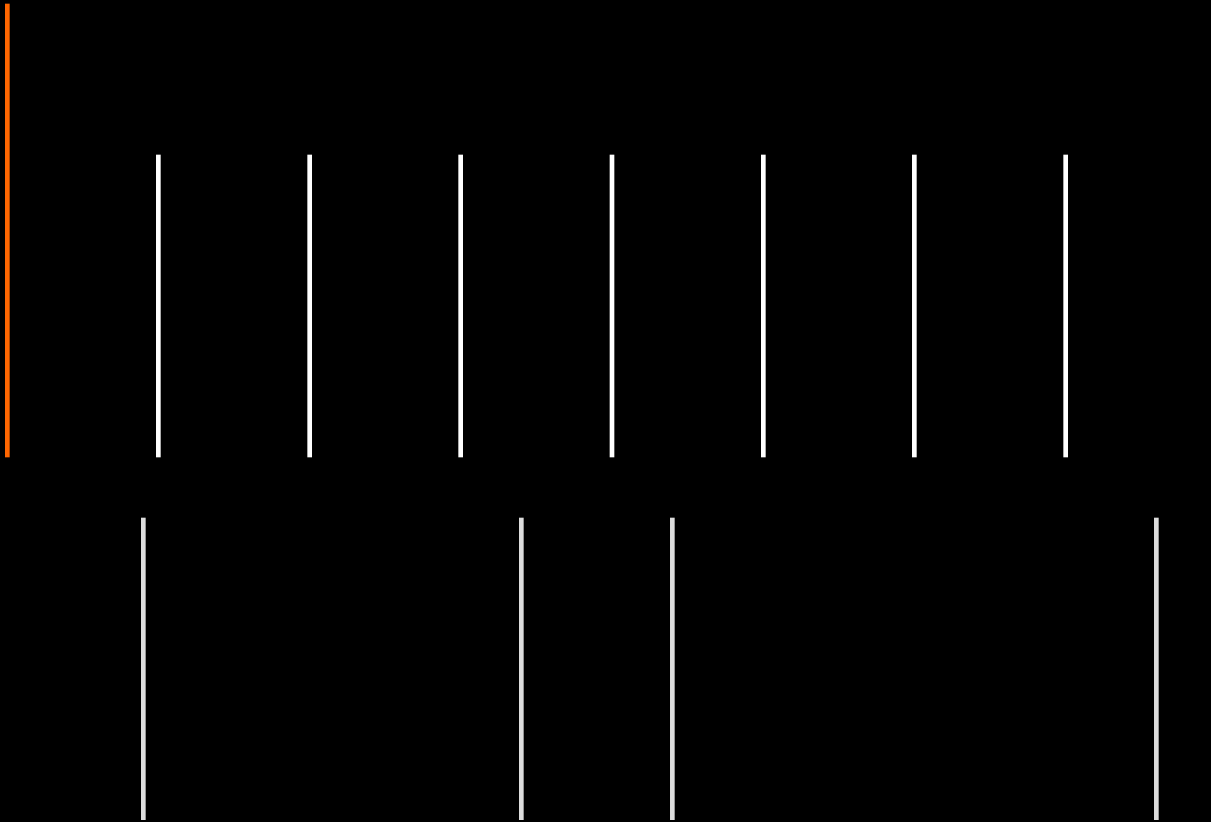


6



GITTERQUANTISIERUNG

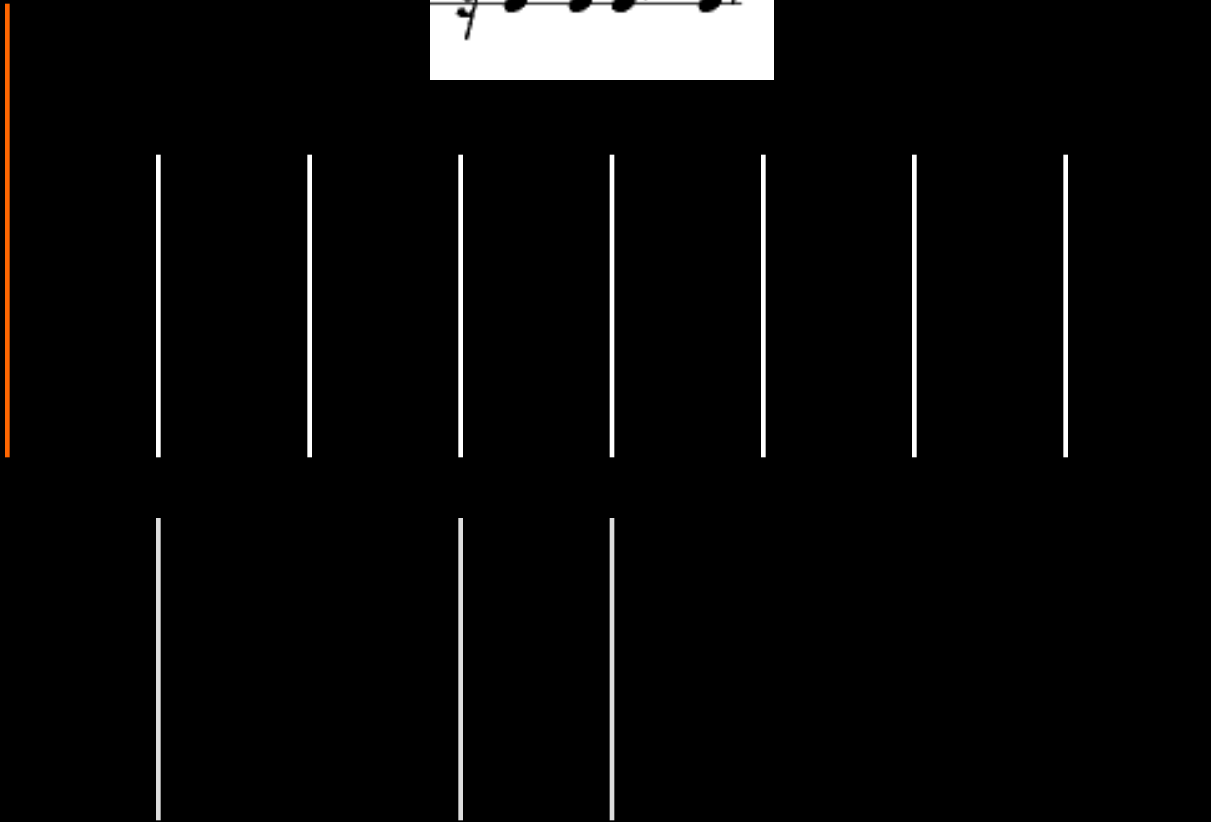
8



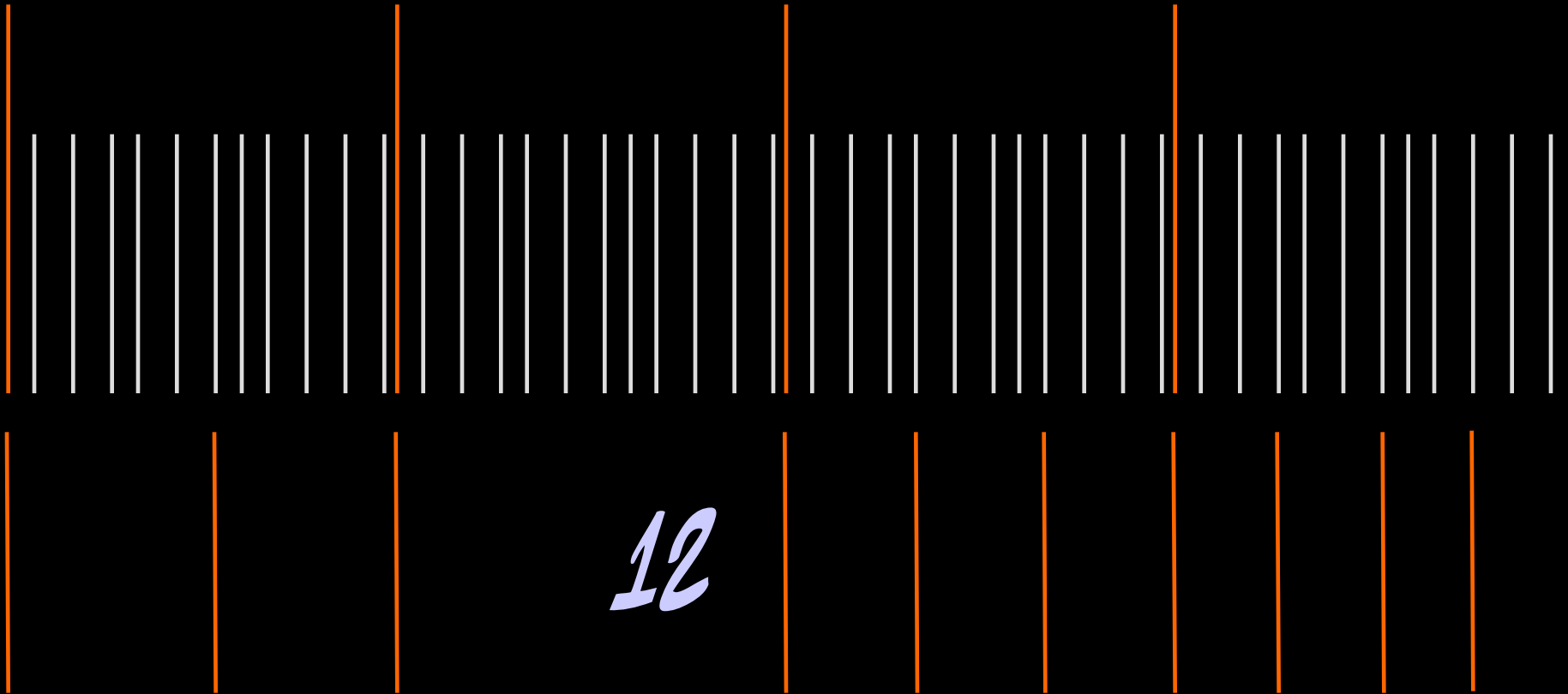
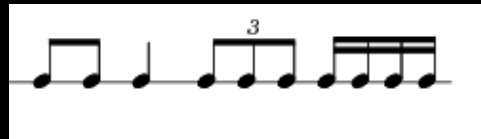
GITTERQUANTISIERUNG



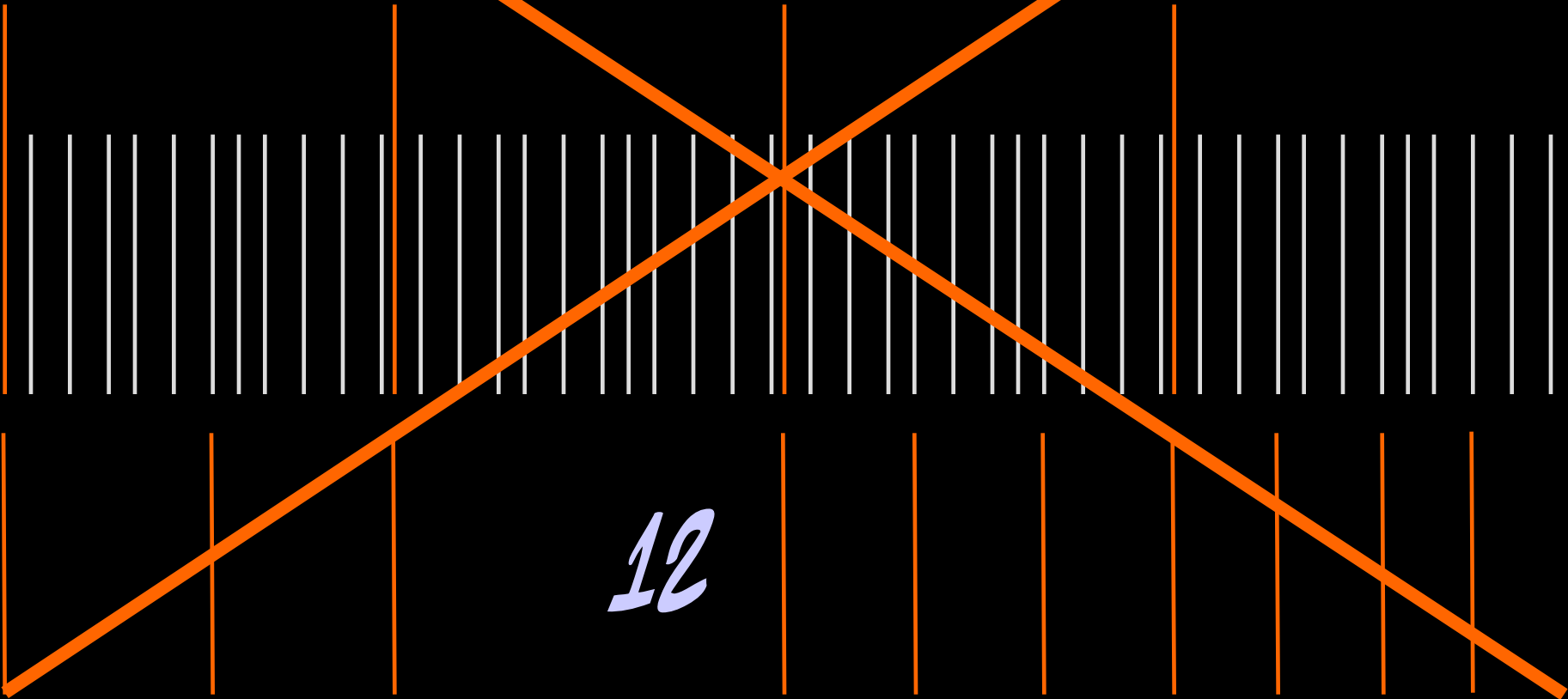
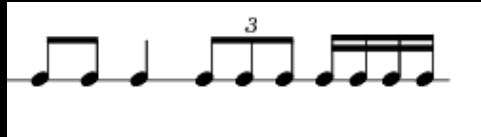
8



GITTERQUANTISIERUNG

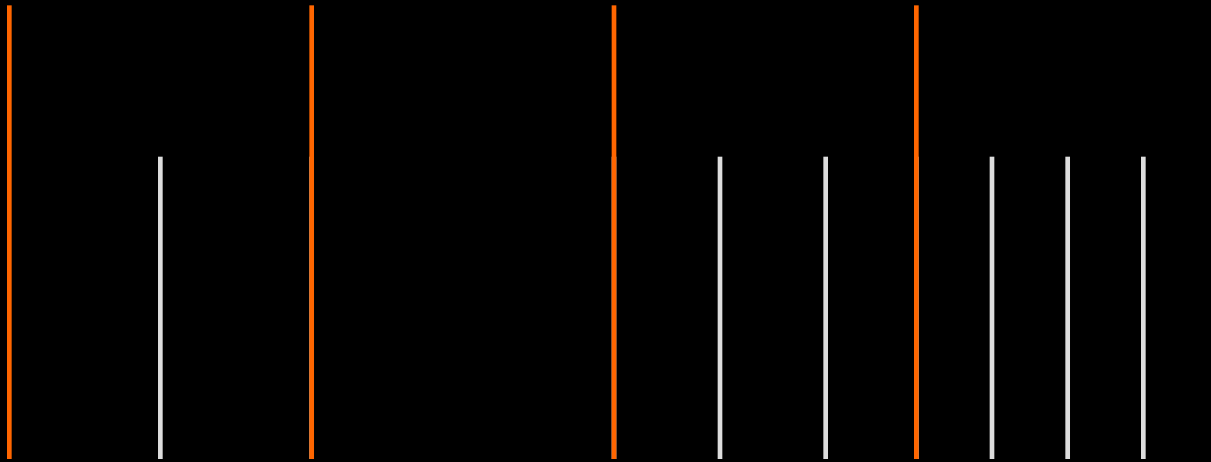
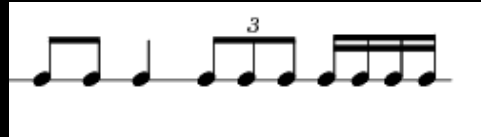


GITTERQUANTISIERUNG



12

FLEXIBLE QUANTISIERUNG



2

1

3

4

FLEXIBLE QUANTISIERUNG

- **Idee:** Flexible, optimale, (beat-)lokale Gitter
- Konzeptionell einfacher, algorithmisch aufwändiger
- **Annahmen:**
 - Monophone Rhythmen
 - Beattrack vorgegeben
- **Vorgehen:**
 - Suche optimales Gitter für jeden Beatzeitraum (IBI) zu den EZP innerhalb dieses IBI
 - Annotiere EZP zu dem optimalen lokalen Gitter

FLEX-Q: VORGEHENSWEISE

Optimierungsproblem:

- Teste alle Gitter, die in Frage kommen.
- Kostenfunktion: Berechne für jedes mögliche Gitter Kosten nach bestimmten Regeln
- Optimales Gitter ist das mit den minimalen Kosten
- Ordne die EZP den nächstliegenden Gitterpunkten des optimalen Gitters zu → Fertig!

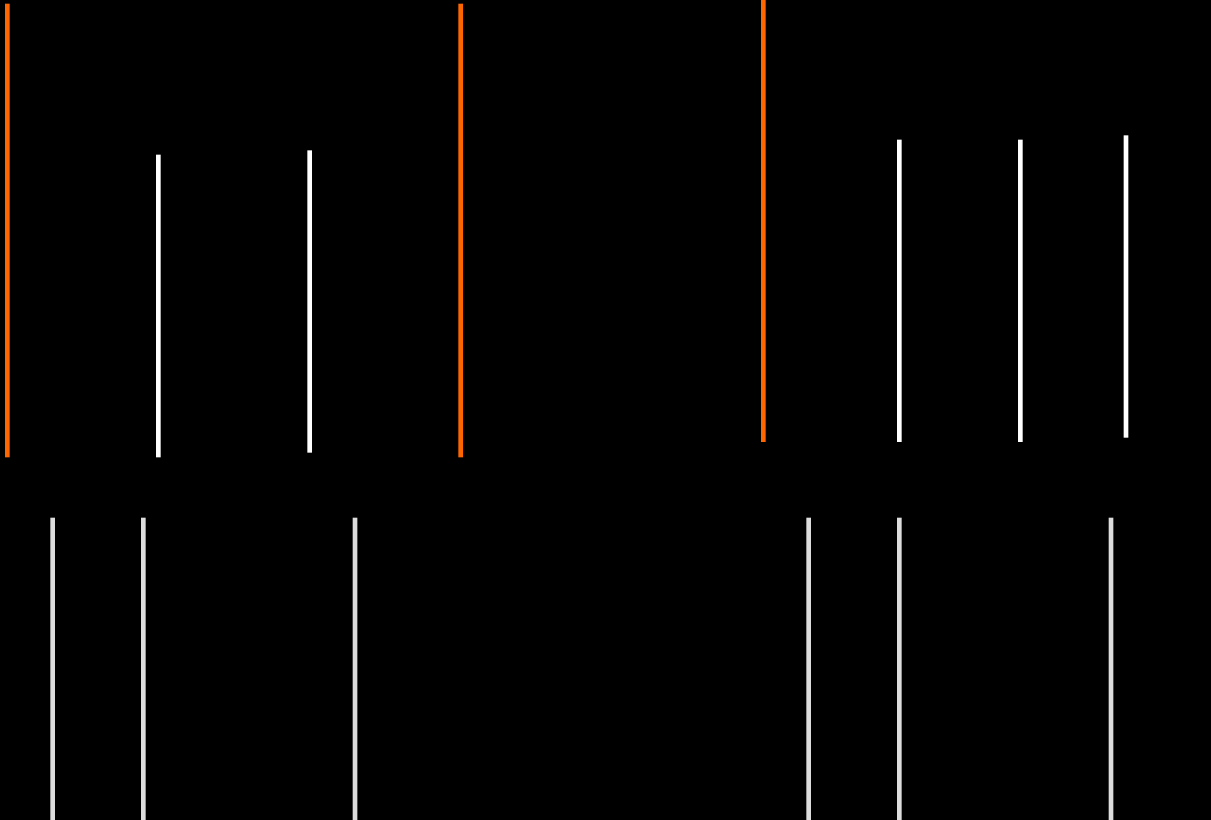
FLEXIBLE QUANTISIERUNG

- Annahmen für die Kostenfunktion
 - Kleine Teilungen sind billiger

FLEXIBLE QUANTISIERUNG

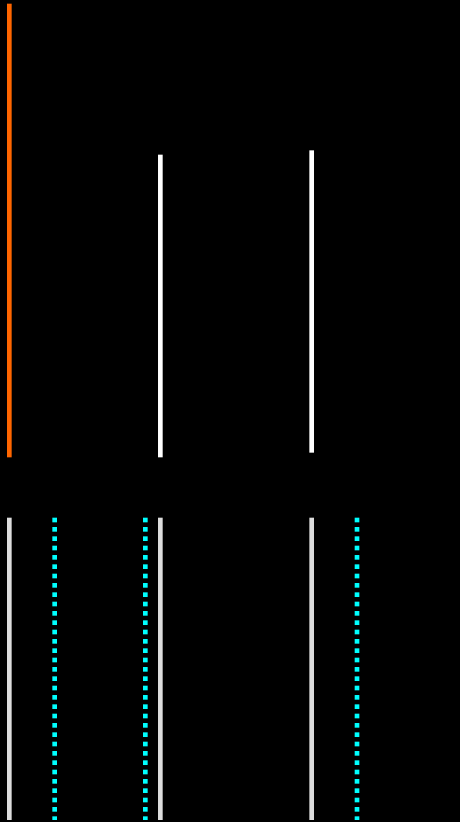
Billiger

Teurer

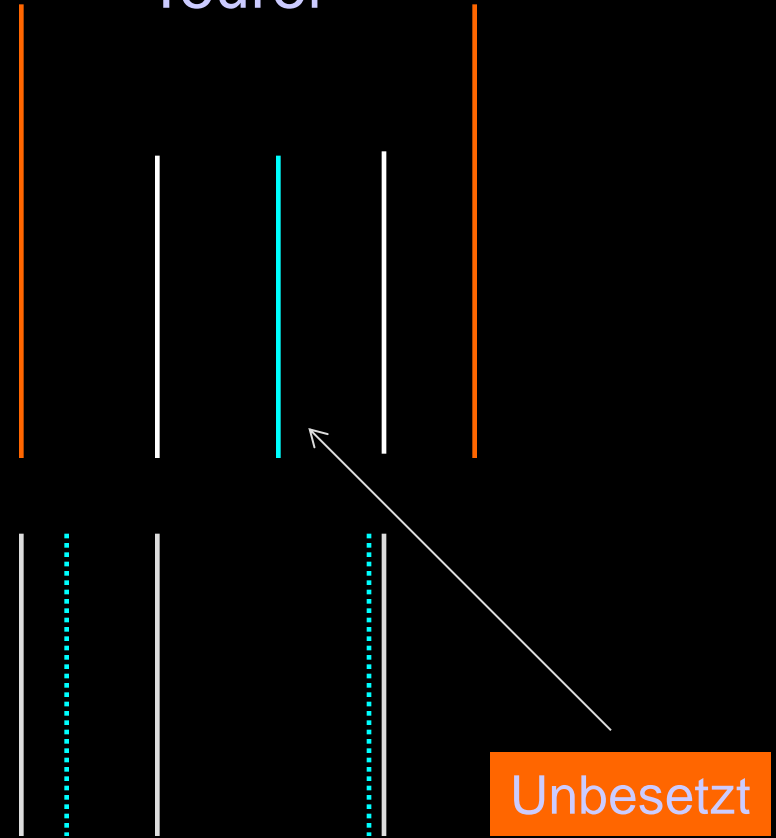


FLEXIBLE QUANTISIERUNG

Billiger



Teurer

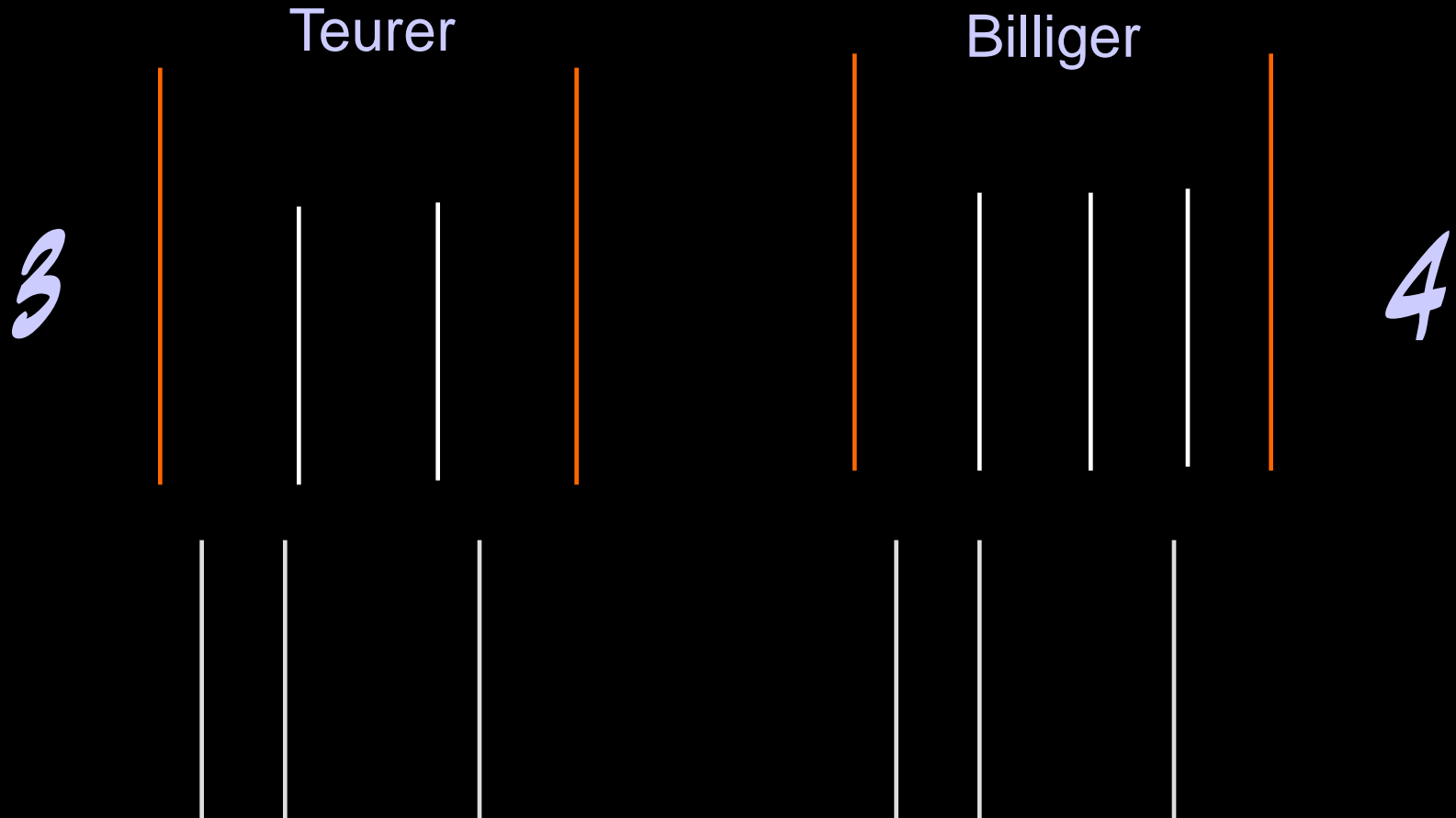


Unbesetzt

FLEXIBLE QUANTISIERUNG

- Annahmen für die Kostenfunktion
 - Kleine Teilungen sind billiger
 - Desto geringer der Abstand der Gitterpunkte zu den EZP, desto billiger

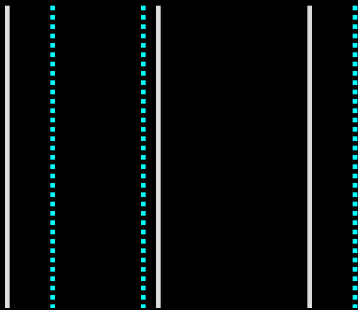
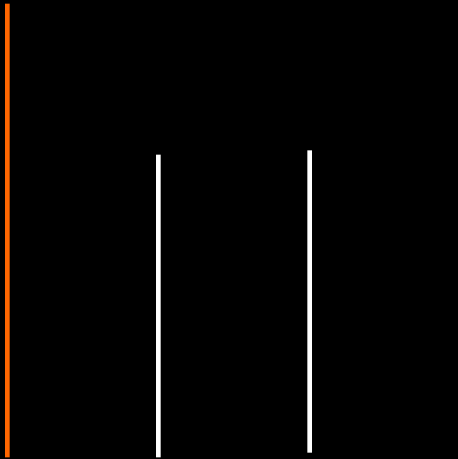
FLEXIBLE QUANTISIERUNG



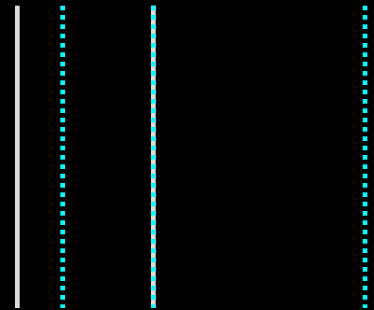
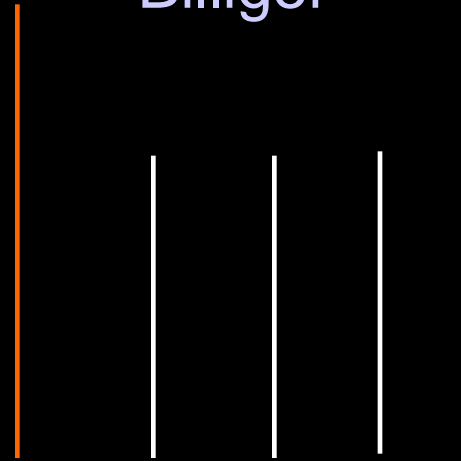
FLEXIBLE QUANTISIERUNG

3

Teurer



Billiger

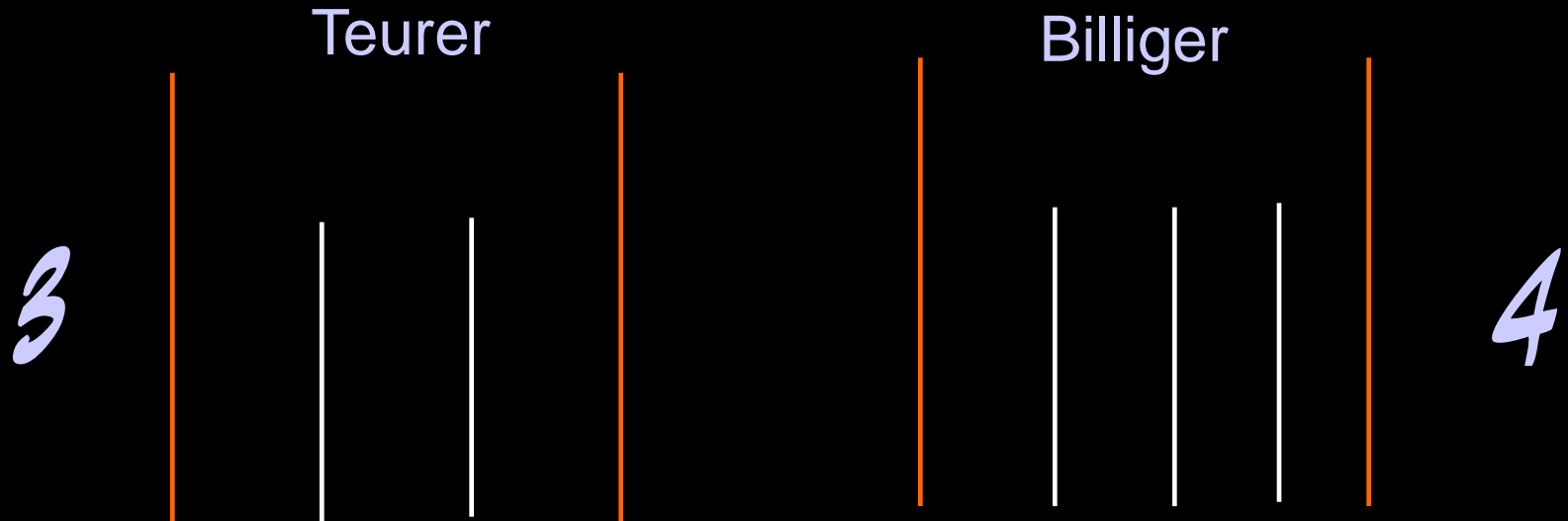


4

FLEXIBLE QUANTISIERUNG

- Annahmen für die Kostenfunktion
 - Kleine Teilungen sind billiger
 - Desto geringer der Abstand der Gitterpunkte zu den EZP, desto billiger
 - Gitter mit geradzahligen Teilungen sind billiger

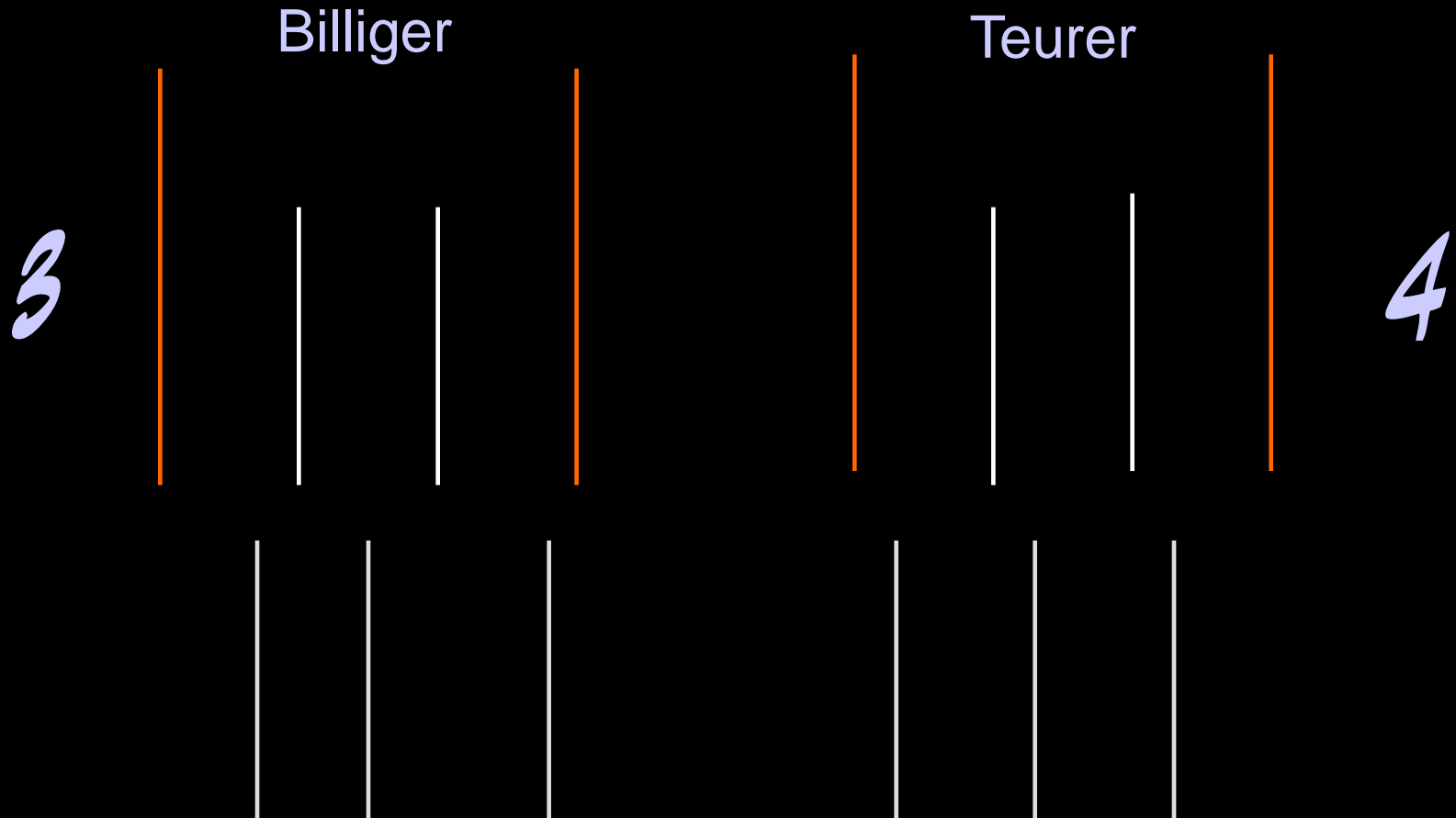
FLEXIBLE QUANTISIERUNG



FLEXIBLE QUANTISIERUNG

- Annahmen für die Kostenfunktion
 - Kleine Teilungen sind billiger
 - Desto geringer der Abstand der Gitterpunkte zu den EZP, desto billiger
 - Gitter mit geradzahligen Teilungen sind billiger
 - **Ungleiche Verschiebungen der EZP auf das Gitter sind teurer**

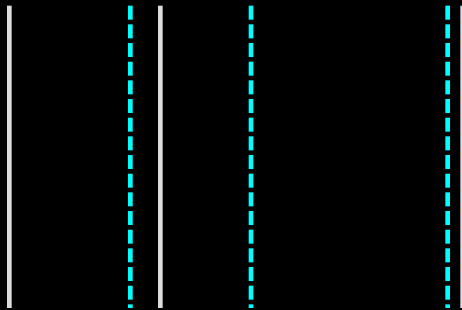
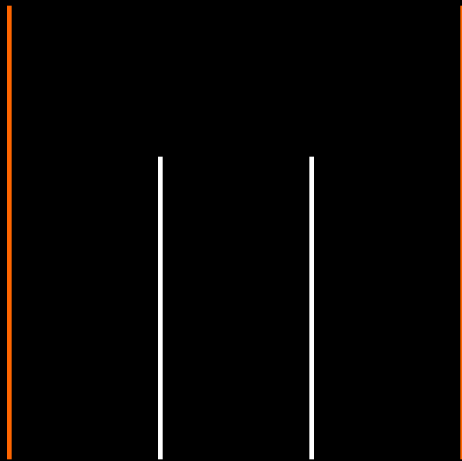
FLEXIBLE QUANTISIERUNG



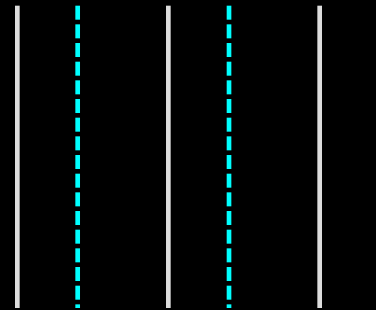
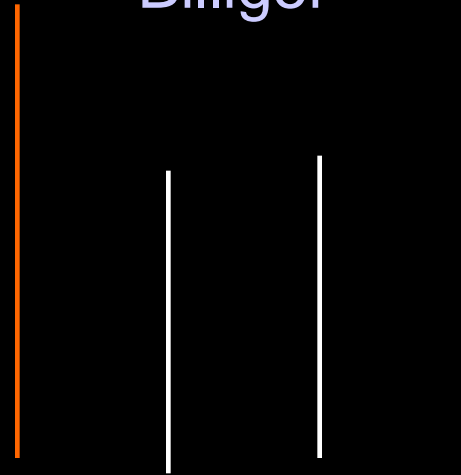
FLEXIBLE QUANTISIERUNG

3

Teurer



Billiger

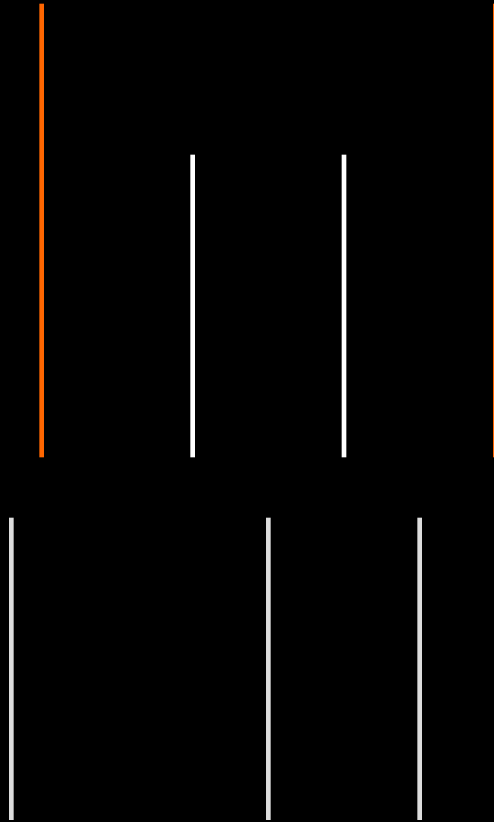


4

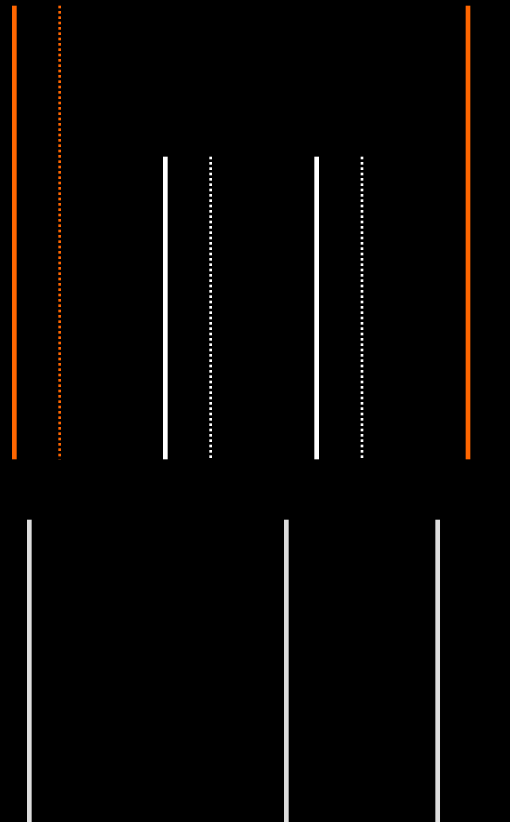
FLEXIBLE QUANTISIERUNG

- Kleine konstante Verschiebung:
 - Verschiebung des Beattracks zur Kompensierung von „ahead“ Spiel, bzw. zu frühe Beats (*negative asynchrony*). Freier Parameter T .
- Gitterzuordnung:
 - Kausal: Wähle frühere Gitterpunkte falls der „linke“ Abstand geringer als ein bestimmter Anteil der Gitterweite ist. Freier Parameter $0 < s < 1$.
 - Ist ein Gitterpunkt durch einen früheren EZP besetzt, haben spätere EZP das Nachsehen.

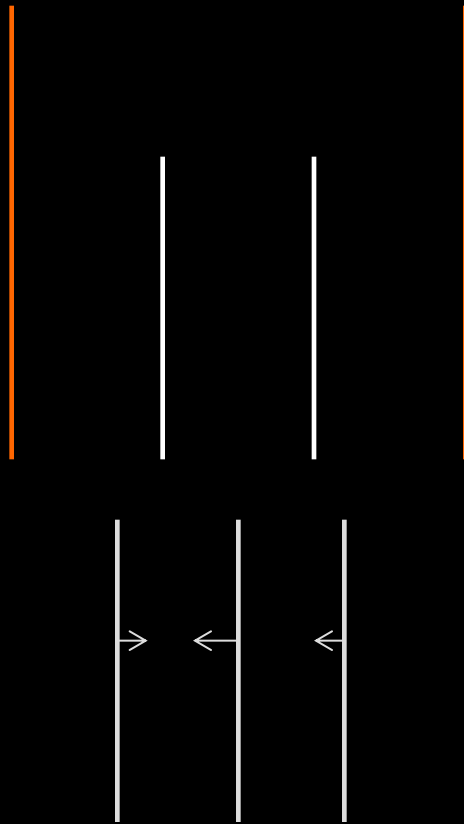
KONSTANTE VERSCHIEBUNG



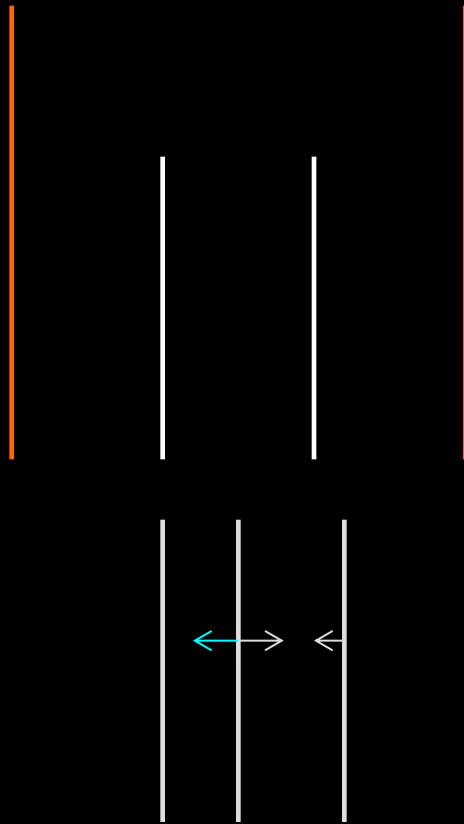
KONSTANTE VERSCHIEBUNG



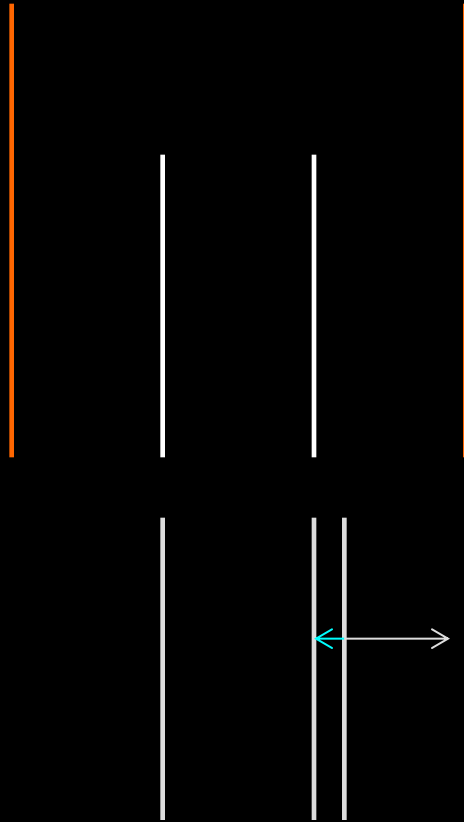
KAUSALE GITTERZUORDNUNG



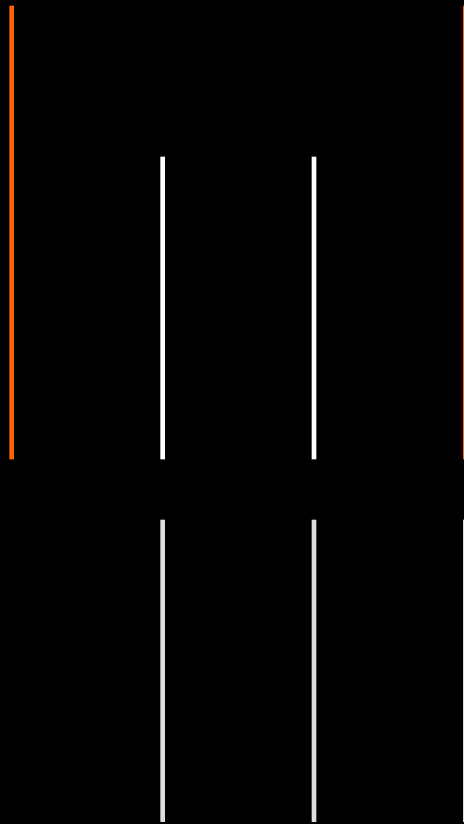
KAUSALE GITTERZUORDNUNG



KAUSALE GITTERZUORDNUNG



KAUSALE GITTERZUORDNUNG



FINALE NOTEPAD QUANTISIERUNG

Melody

The musical score is written in 4/4 time and consists of four staves. The first staff begins with a whole rest, followed by a half note G4, a quarter note A4, a quarter note B4, a quarter note C5, a quarter note B4, a quarter note A4, and a quarter note G4. The second staff starts with a sixteenth-note triplet (G4, A4, B4), followed by a sixteenth-note triplet (C5, B4, A4), a quarter note G4, a quarter note F4, a quarter note E4, a quarter note D4, a quarter note C4, and a quarter note B3. The third staff begins with a quarter note B3, a quarter note A3, a quarter note G3, a quarter note F3, a quarter note E3, a quarter note D3, a quarter note C3, a quarter note B2, a quarter note A2, a quarter note G2, a quarter note F2, a quarter note E2, a quarter note D2, a quarter note C2, a quarter note B1, and a quarter note A1. The fourth staff starts with a quarter note G2, a quarter note F2, a quarter note E2, a quarter note D2, a quarter note C2, a quarter note B1, a quarter note A1, a quarter note G1, a quarter note F1, a quarter note E1, a quarter note D1, a quarter note C1, a quarter note B0, a quarter note A0, a quarter note G0, a quarter note F0, a quarter note E0, a quarter note D0, a quarter note C0, a quarter note B-1, and a quarter note A-1.

FLEX-Q

Melody

The musical score for 'FLEX-Q' is written in 4/4 time and consists of four staves of music. The key signature has two flats (B-flat and E-flat). The melody is characterized by a mix of eighth and sixteenth notes, often beamed together. The first staff includes two triplet markings over groups of three notes. The second staff features a series of eighth notes with various accidentals. The third staff continues with eighth notes and includes a few sixteenth notes. The fourth staff begins with a triplet of eighth notes and continues with a sequence of eighth notes.

ORIGINAL TRANSCRIPTION

C instruments
transposed 1 octave up
for reading ease

ADAM'S APPLE

SHORTER SOLO

from the BLUE NOTE album
"Adam's Apple" (CDP 7 46403 2)

CHORUS 1

The musical score is written for C instruments, transposed one octave up. It consists of four staves of music in 3/4 time, with a key signature of three flats (B-flat, E-flat, A-flat). The score is marked with measure numbers 1, 4, 8, and 12. Chord symbols are provided below the staff: Ab7 at measure 1, Gb7 at measure 8, and Ab7 at measure 12. The melody features a mix of eighth and quarter notes, with some measures containing rests. The piece concludes with a final chord and a fermata.

EVALUATION

Daten: Vier Soli, jeweils ca. der erste Chorus

1. Bob Berg: „Angles“
2. John Coltrane: „So What“
3. Freddie Hubbard: „Society Red“
4. Wayne Shorter: „Adam’s Apple“



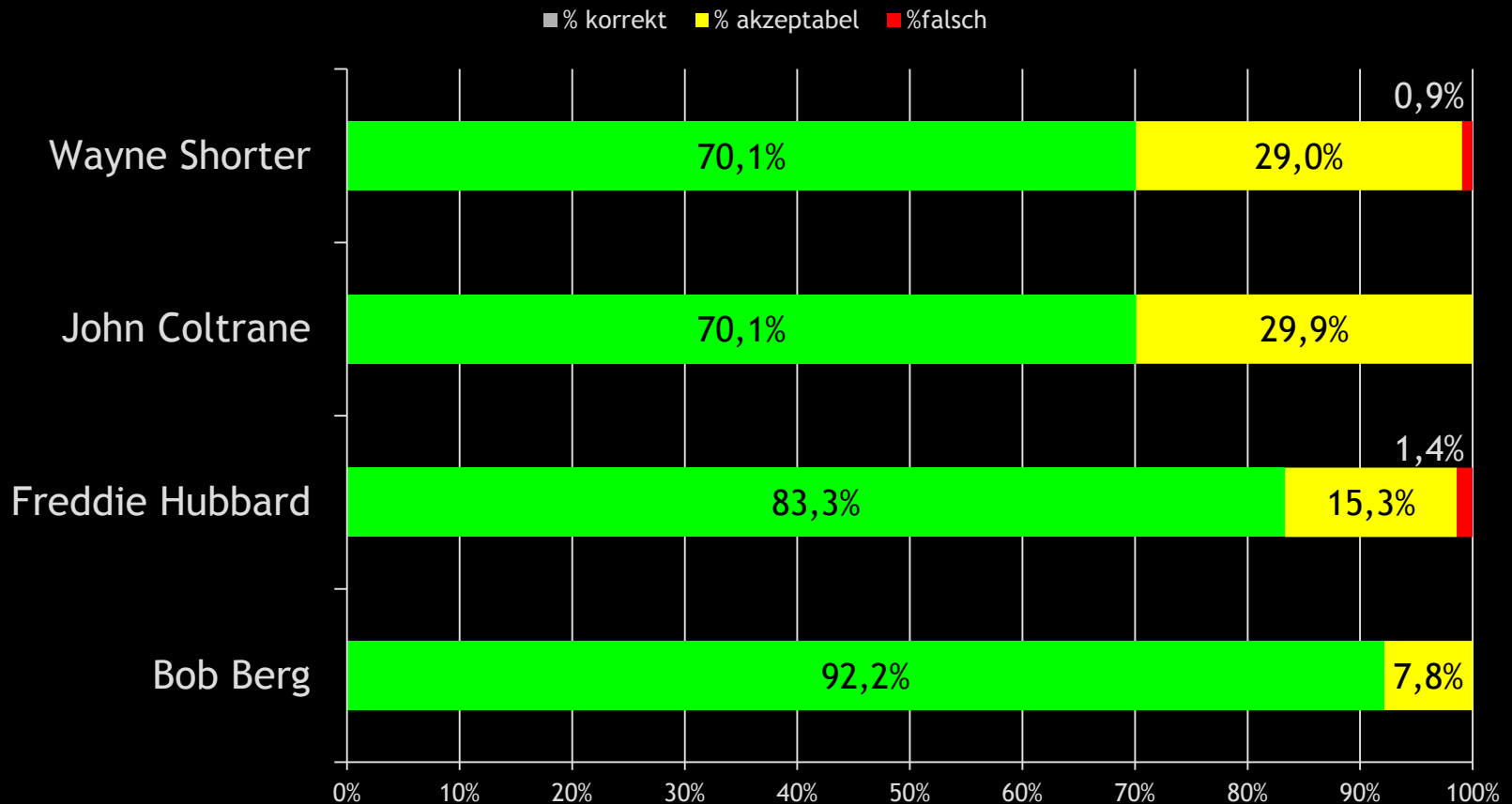
EVALUATION

- Flex-Q Transkription
- Original Transkription
- Sonic Visualiser Projektdatei
- Wertungsschema:
 - Korrekt
 - Akzeptabel
 - Falsch

EVALUATION

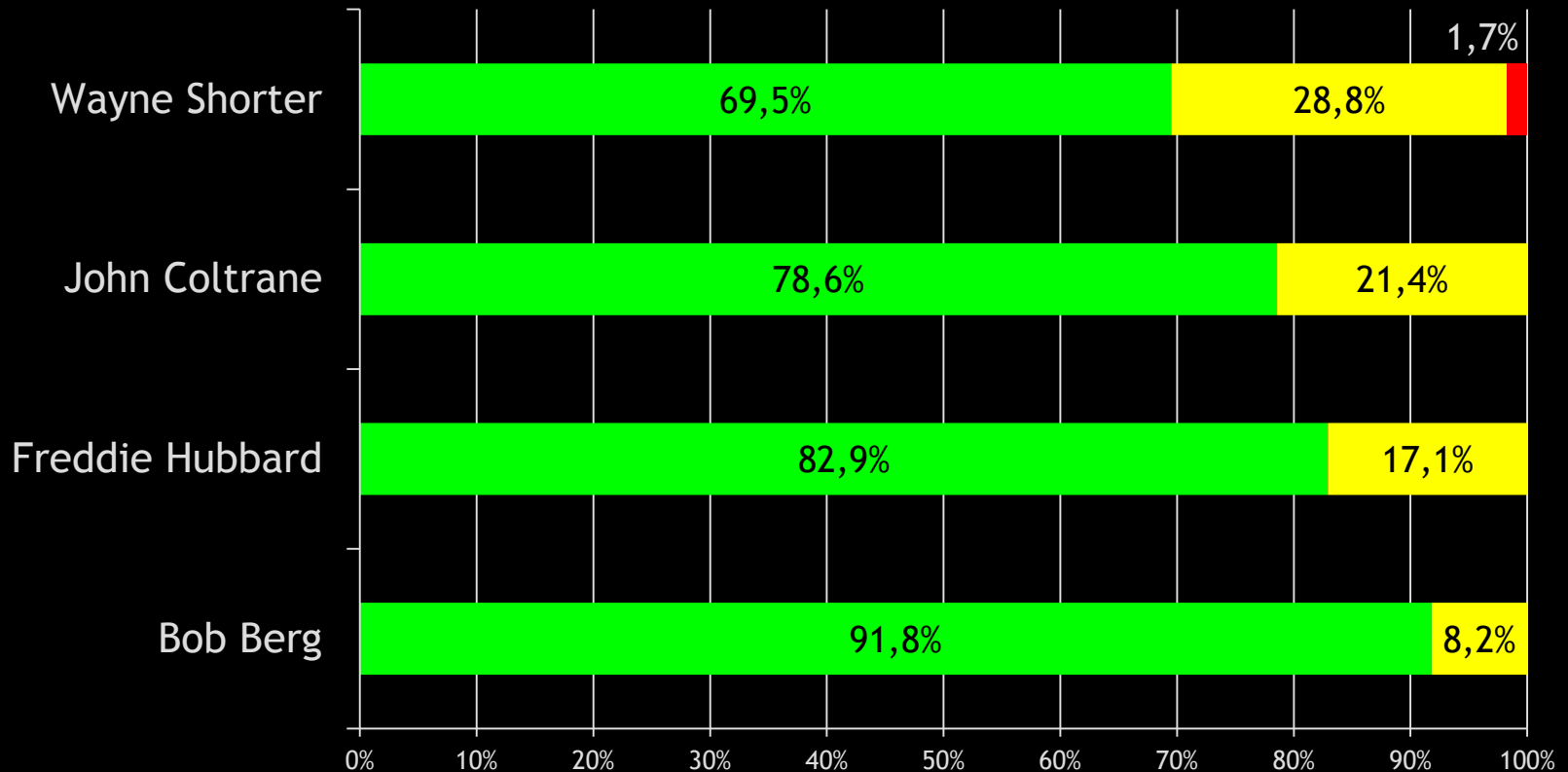
- Überprüfung metrische Position jeden Tones
- Vergleich mit dem Original
- Im Zweifel: Feinmessungen anhand der Rohdaten
- Algorithmus Beat-basiert: Jeder Beat ebenfalls nach „korrekt, akzeptabel, falsch“ klassifiziert
- Zusätzlich externe Überprüfung durch Transkripteur: Taktweise (plus 3 weitere Soli).

EVALUATION: TOENE



EVALUATION: BEATS

■ % korrekt ■ % akzeptabel ■ % falsch



EVALUATION: TAKTE

Solist	Takte	Identisch	Beide korrekt	Flex-Q falsch	Flex-Q korrekt	Beide falsch	Korrekt OT	Korrekt FQ
Bob Berg	15	7	0	2	6	0	8	12
Clifford Brown	16	5	0	5	3	3	10	8
Freddie Hubbard	15	2	2	5	4	2	8	7
John Coltrane	16	1	1	5	7	2	7	9
Miles Davis	14	0	2	3	6	3	5	8
Sonny Rollins	16	4	2	7	2	1	13	8
Wayne Shorter	16	4	0	8	0	4	11	4
Summe	108	23	7	35	28	15	62	56
%		21,3	6,5	32,4	25,9	13,9	57,4	51,9

TYPISCHE FEHLER: ANTIZIPATION

- Flex-Q



- Original Transkription



TYPISCHE FEHLER: UNTERTEILUNG

- Flex-Q



- Original Transkription



TYPISCHE FEHLER: UNTERTEILUNG

- Flex-Q



- Original Transkription



TYPISCHE FEHLER: ARTEFAKTE

- Flex-Q

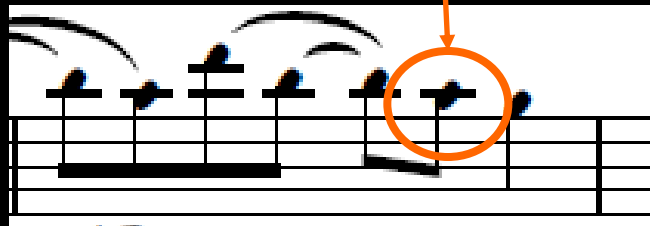


Extraton

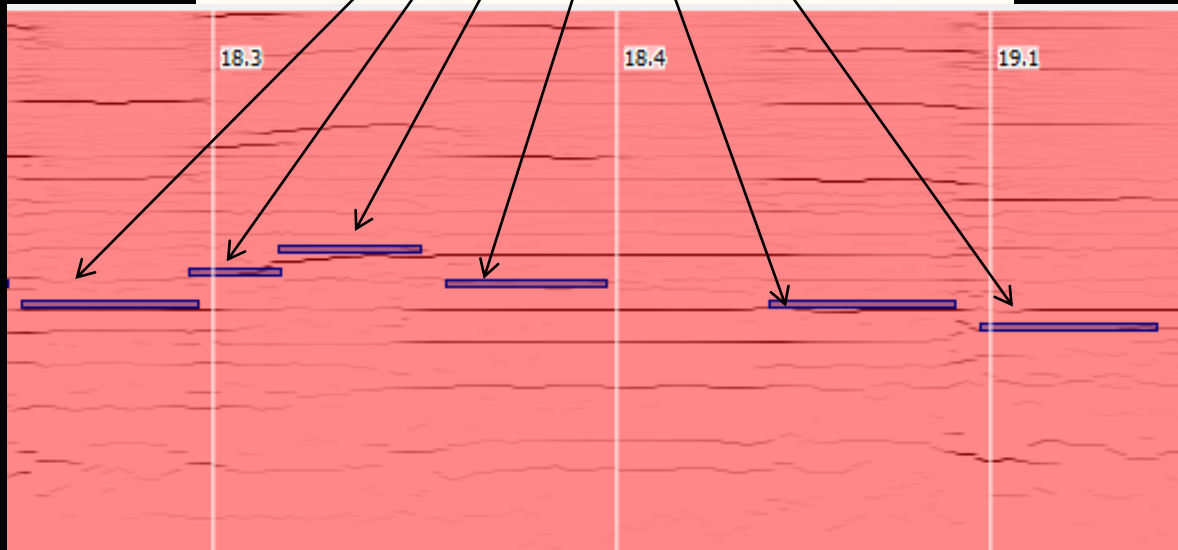
„0.425 Fehler“



- Original Transkription



TYPISCHE FEHLER: ARTEFAKTE

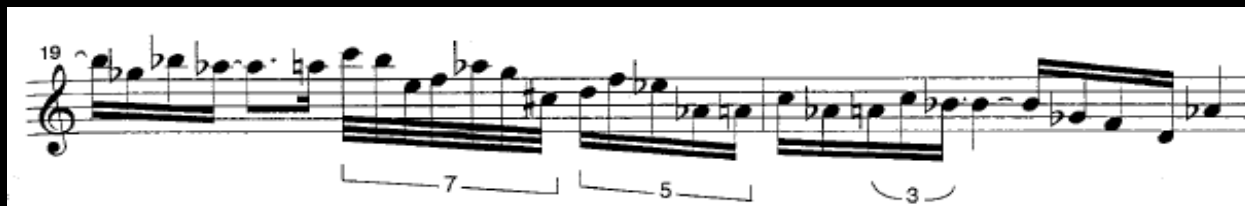


GRAU- UND GRENZBEREICHE

- Flex-Q



- Original Transkription



ZUSAMMENFASSUNG

- Flex-Q 1.0 funktioniert bereits sehr gut
- Kaum echte Fehler
- Noch verbesserungsfähig (Parametersettings)
- Genereller Tradeoff:
 - Analytische Korrektheit (Flex-QA?)
 - Notationsfreundlichkeit (Flex-QN?)

VIELEN DANK!

