

Universität Erlangen-Nürnberg

**Multimediakommunikation und Signalverarbeitung**

Prof. Dr.-Ing. André Kaup

Projektarbeit

**Adaptive Prädiktionsentscheidung zur  
Codierung des Rekonstruktionsfehlers für  
verlustlos skalierbare Videocodierung**

Michael Hentschel

Oktober 2014

Betreuer: Andreas Heindel

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1. SELC . . . . .	2
2.2. Metriken . . . . .	3
<b>3. Auswirkungen verschiedener Metriken</b>	<b>4</b>
3.1. Bildweise Entscheidung . . . . .	4
3.1.1. Simulationsergebnisse . . . . .	5
3.1.2. Implementierungsdetails . . . . .	5
3.2. Blockweise Entscheidung . . . . .	13
3.2.1. Prädiktionsentscheidung für „intra“ und „lowdelay“ . . . . .	13
3.2.2. Vergleich der Dateigröße von bildweiser und blockweiser Entscheidung . . . . .	14
3.2.3. Implementierungsdetails . . . . .	15
<b>4. Zusammenfassung</b>	<b>17</b>
<b>A. Dateigrößen der Enhancement Layer</b>	<b>18</b>
A.1. Profil „intra“ . . . . .	18
A.2. Profil „lowdelay“ . . . . .	18
<b>Literatur</b>	<b>23</b>

# 1. Einleitung

Alle heutzutage verwendeten Videokomprimierungsformate für die Übertragung von Videomaterial sind verlustbehaftete Formate wie das von der DVD bekannte MPEG 2, das für HDTV entwickelte AVC/H.264 oder der aktuellste zur Übertragung von UHD TV-Inhalten gedachte Standard HEVC/H.265. Eine verlustbehaftete Komprimierung ist für die reine Wiedergabe von Film und TV Inhalten kein Problem, solange eine ausreichende Qualität für den Zuschauer gewährleistet ist. Es gibt jedoch Anwendungen, wie die medizinische Bildverarbeitung, bei der nicht auf verlustbehaftetes Material zurückgegriffen werden kann, um eine unter Umständen lebenswichtige Entscheidung zu treffen. An dieser Stelle ist eine verlustlose Komprimierung unumgänglich, da Bildartefakte zu falschen Entscheidungen führen könnten.

Eine Möglichkeit, um eine verlustbehaftete Codierung nach H.265 in eine verlustlose Lösung zu erweitern, stellt Sample-Based Weighted Prediction (SELC, [1]) dar. Hierbei wird die effiziente Kodierung von HEVC für die Übertragung eines Base-Layers genutzt und die Differenz (der Verlust) zum Ausgangsbild in einem Enhancement-Layer codiert. Um die Datenrate für den Enhancement-Layer möglichst gering zu halten, kann wie bei allen erwähnten Codierungsverfahren eine Intra-Prädiktion des Bildinhaltes eingesetzt werden.

Ziel dieser Arbeit ist anhand verschiedener Metriken für die Prädiktionsentscheidung des Enhancement-Layers zu untersuchen, wann das Differenzbild und wann Intra-Prädiktion verwendet wird. Des Weiteren soll untersucht werden, ob sich eine Verbesserung durch eine blockweise im Gegensatz zu einer bildweisen Entscheidung ergibt.

## 2. Grundlagen

Dieses Kapitel stellt das SELC Verfahren kurz vor und anschließend werden die Metriken eingeführt, deren Einfluss im Folgenden untersucht werden soll.

### 2.1. SELC

Das SELC [1] Verfahren ist ein Verfahren zur verlustlosen Codierung von Videodaten. Hierbei wird die Codierung in zwei Schichten aufgeteilt. Der verlustbehaftet codierte Base-Layer (BL), welcher mit H.265 [2] encodiert wird, und der Enhancement-Layer (EL), welcher die Differenz des codierten und des ursprünglichen Bildes enthält und mit Intra-Prädiktion codiert wird. Das entsprechende Blockschaltbild ist in Abbildung 2.1 dargestellt.

Der EL soll mit SELC so codiert werden, dass er eine möglichst geringe Bitrate aufweist. Hierzu soll mittels einer geeigneten Metrik entschieden werden, ob das Differenzbild oder das mittels Intra-Prädiktion prädizierte Bild zur geringst möglichen Bitrate führt. Hierfür werden die in Kapitel 2.2 vorgestellten Metriken in dieser Arbeit miteinander verglichen. Des Weiteren kann bei der Intra-Prädiktion sowohl eine Prädiktionsentscheidung für das gesamte Bild als auch für einzelne Blöcke getroffen werden. Hier gilt es ebenfalls abzuwägen, ob die Prädiktion einzelner Blöcke einen Vorteil gegenüber der Prädiktion des gesamten Bildes mit sich bringt, da in diesem Fall zusätzliche Bits benötigt werden, um dem Decoder die Prädiktionsentscheidung mitzuteilen.

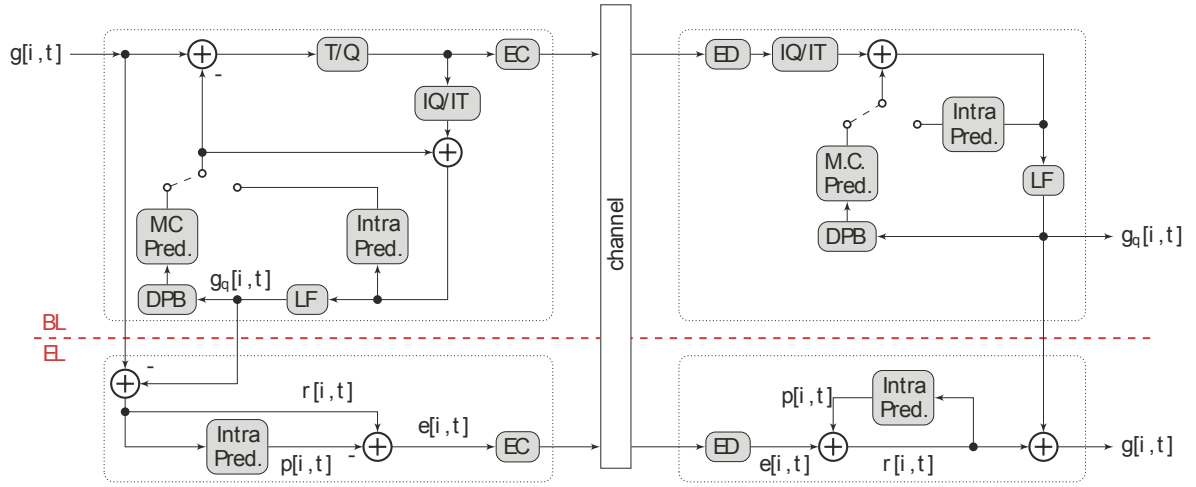


Abbildung 2.1.: Das SELC Verfahren nach [1]

## 2.2. Metriken

Das Basis-SELC-Verfahren nutzt als Metrik für die Prädiktionsentscheidung die Summe der Absolutwerte der einzelnen Pixel

$$\sum_{\forall i,j} |r[i, j, t]|, \quad (2.1)$$

wobei  $i, j$  die Bildkoordinaten und  $t$  die Bildnummer sind.  $r$  ist entweder das Differenzbild oder das prädizierte Bild.

Als weitere Metrik soll die Summe der Quadrate der einzelnen Pixel

$$\sum_{\forall i,j} r[i, j, t]^2 \quad (2.2)$$

untersucht werden.

Da die Größe des resultierenden Bitstroms abhängig von der Entropie

$$H(r) = - \sum_{\forall i,j} p(r[i, j, t]) \log p(r[i, j, t]) \quad (2.3)$$

sein sollte, wird diese ebenfalls als Metrik herangezogen. Die Wahrscheinlichkeit  $p(r[i, j, t])$  für den Wert  $r[i, j, t]$  wird dabei durch die relative Häufigkeit der Intensitätswerte in einem Bild angenähert.

## 3. Auswirkungen verschiedener Metriken

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der Verschiedenen Metriken anhand von Simulationsergebnissen untersucht. Dabei wird zunächst das Verhalten bei einer bildweisen Entscheidung und anschließend im Vergleich die blockweise Entscheidung betrachtet.

### 3.1. Bildweise Entscheidung

Im ersten Teil wird die bildweise Entscheidung für die Übertragung des Residuums oder des intra-prädizierten Bildes für die Konfigurationen „intra“ und „lowdelay“ des H.265 Encoders betrachtet. Für den Vergleich werden dabei die ersten 50 Bilder der Beispielsequenzen von HEVC der Klassen B, C, D und F verwendet. Für den BL werden dabei verschiedene QP Werte von  $\{7, 17, 27, 37, 47\}$  betrachtet. Bei geringen QP Werten, also hoher Qualität, sollte das Residuum hauptsächlich rauschen enthalten, da bereits viel Information im BL enthalten ist und somit sollte sich die Prädiktion nicht lohnen. Bei hohen QP Werten, sprich schlechter Qualität, ist allerdings noch viel des eigentlichen Bildes im Residuum enthalten, weshalb zu erwarten ist, dass hier Gewinne durch Verwendung der Prädiktion erzielbar sind.

### 3.1.1. Simulationsergebnisse

Zunächst ein Vergleich für den Verlauf der Prädiktionsentscheidung bezüglich der verschiedenen Metriken für eine beispielhafte Sequenz über die ersten 50 Bilder. In Abbildung 3.1 ist dieser zeitliche Verlauf für die beiden Konfigurationen „intra“ und „lowdelay“ im Luminanzkanal gezeigt. Eine „0“ entspricht in dieser Grafik einer Entscheidung für das Residuum und eine „1“ bedeutet, dass die Prädiktion gewählt wurde. Es ist zu erkennen, dass die Entscheidung bei allen drei Metriken im Fall „intra“ die selbe ist und sich nur für „lowdelay“ Unterschiede ergeben, was sich am Ende auch auf die Dateigröße des EL auswirkt. Bei den meisten Sequenzen war die Prädiktionsentscheidung für alle drei Metriken im Falle von „intra“ identisch.

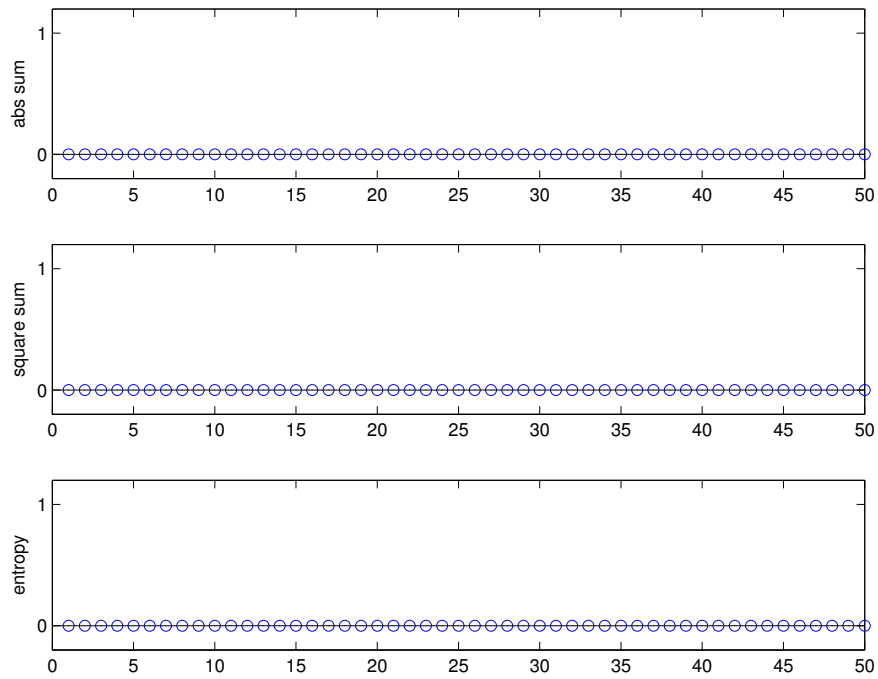
Wenn man die Werte der einzelnen Verläufe der Metriken betrachtet, so fällt auf, dass bei „lowdelay“ für mittlere QP Werte ( $QP = 27$ ) die Prädiktionsentscheidung zum Teil stark schwankt, wie in Abbildung 3.1 zu sehen. Mit „intra“ und in beiden Fällen im Chrominanzkanal ist dieses Verhalten nicht zu beobachten. Außerdem ist bei hohen QP Werten die Prädiktion immer deutlich besser als das Residuum, wohingegen bei niedrigen QP Werten das Residuum dominiert.

Die Plots 3.2 bis 3.7 zeigen jeweils den Verlauf des Mittelwerts der jeweiligen Metrik über die ersten 50 Bilder einer Klasse (B, C, D, F) aus den HEVC Beispielsequenzen für QP Werte von  $\{7, 17, 27, 37, 47\}$ . Abgebildet ist jeweils eine Kurve für den Wert der Prädiktion und des Residuums sowohl für den Luminanzkanal, als auch für die Summe beider Chrominanzkanäle. Wie in den Grafiken zu erkennen ist, bestätigt sich die Vermutung von eingangs, dass bei hohen QP Werten eine Prädiktion bevorzugt wird, da die Werte der Metriken in allen Fälle geringer sind.

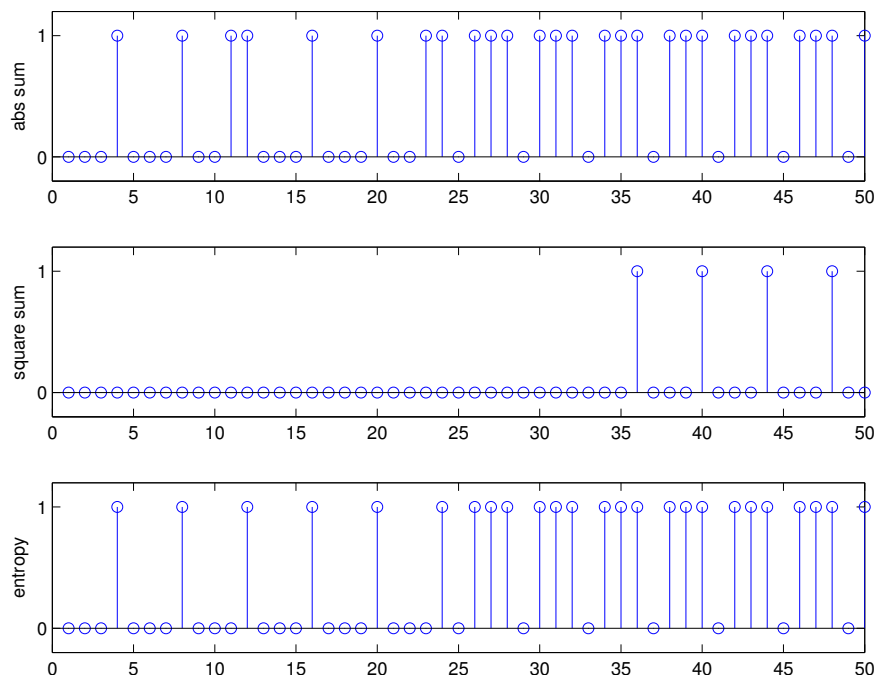
### 3.1.2. Implementierungsdetails

Der Code basiert auf einer angepassten Version der HEVC Referenzsoftware HM-11.0. Am Code wurden Modifikationen in den Dateien

- CommonDef.h



(a) intra



(b) lowdelay

Abbildung 3.1.: Verlauf der Encodierungsentscheidung für die Sequenz „BQ Mall“ mit QP=27 mit der Konfiguration „intra“ und „lowdelay“ für alle Metriken



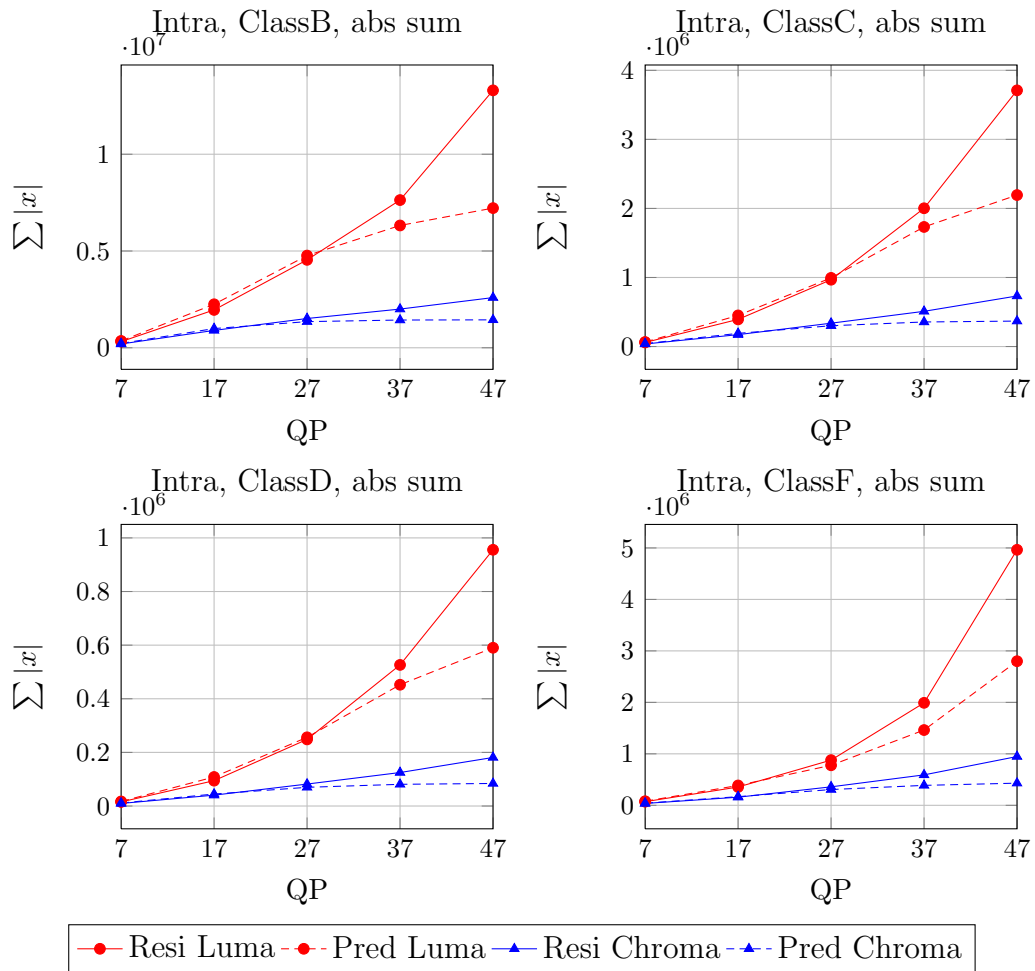


Abbildung 3.2.: Verlauf des Mittelwerts in der Klasse B, C, D, F für  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  mit der Konfiguration „intra“ für die Metrik Summe der Absolutwerte

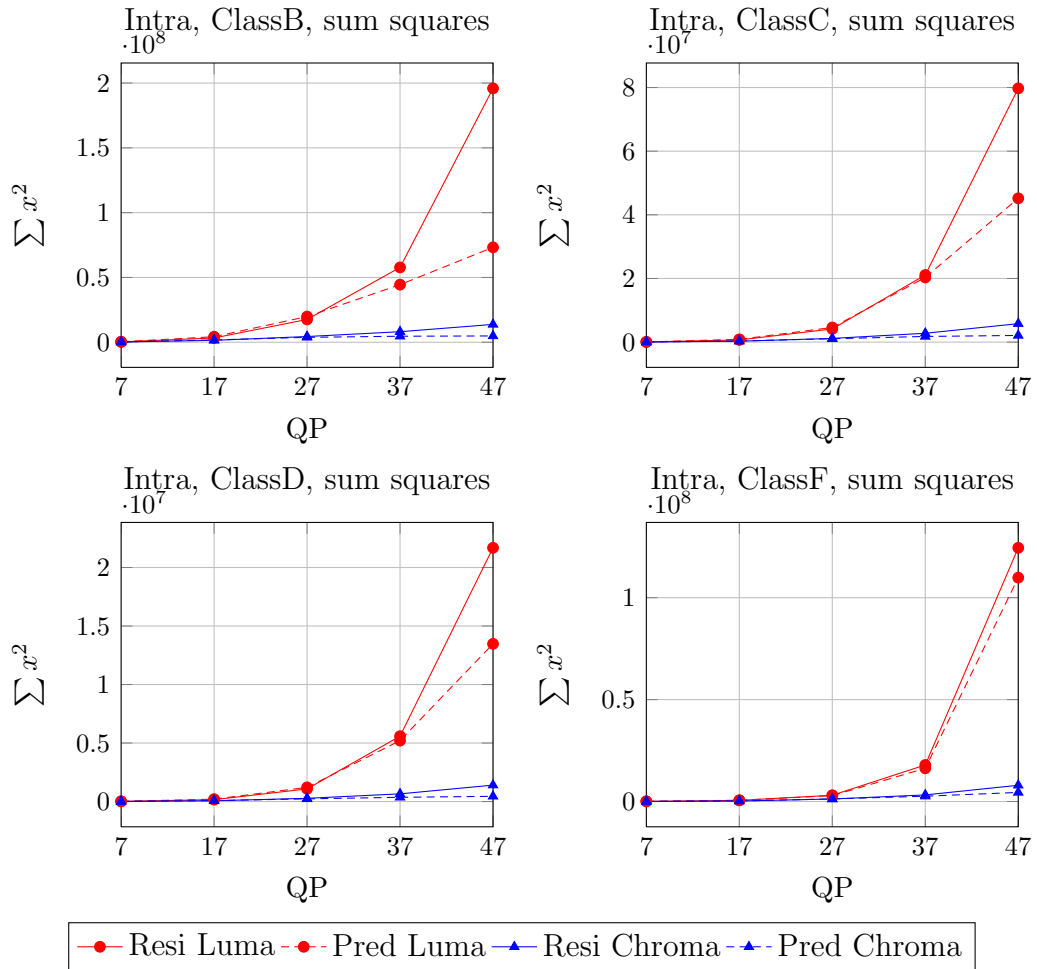


Abbildung 3.3.: Verlauf des Mittelwerts in der Klasse B, C, D, F für  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  mit der Konfiguration „intra“ für die Metrik Summe der Quadrate

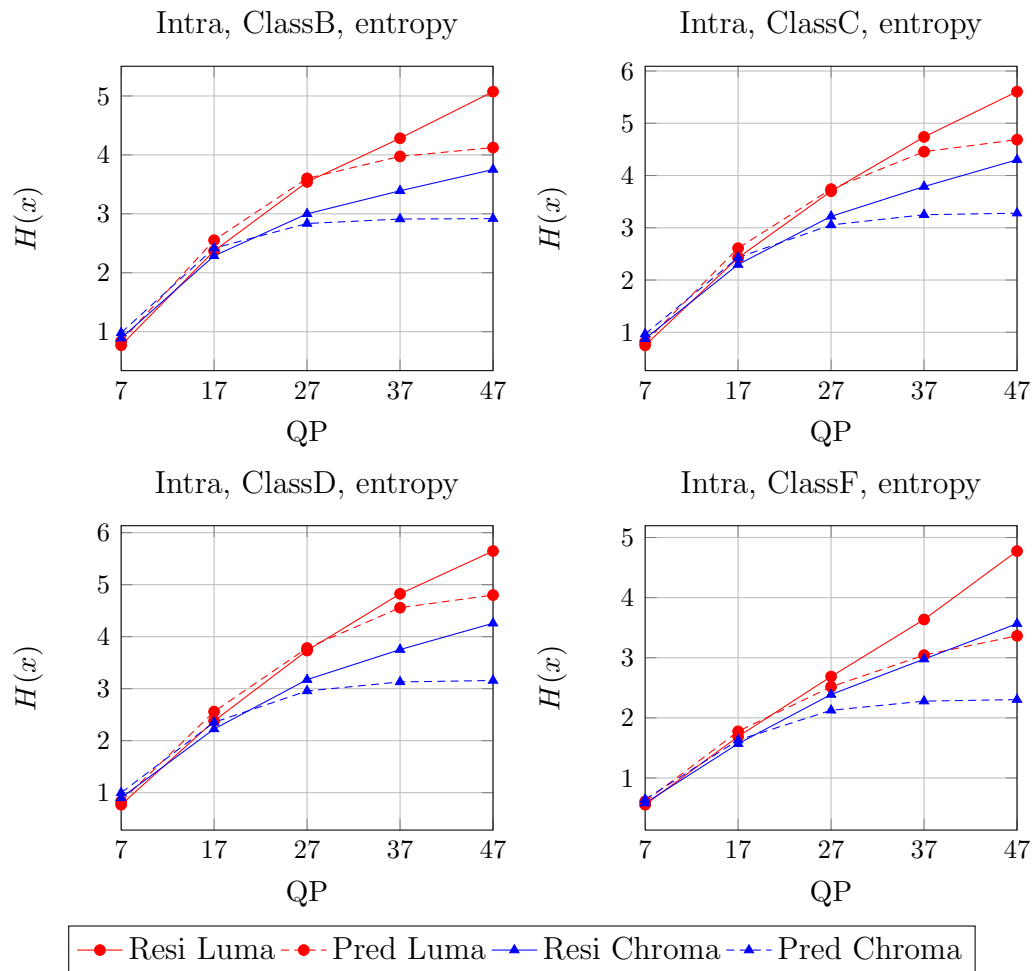


Abbildung 3.4.: Verlauf des Mittelwerts in der Klasse B, C, D, F für  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  mit der Konfiguration „intra“ für die Metrik Entropie

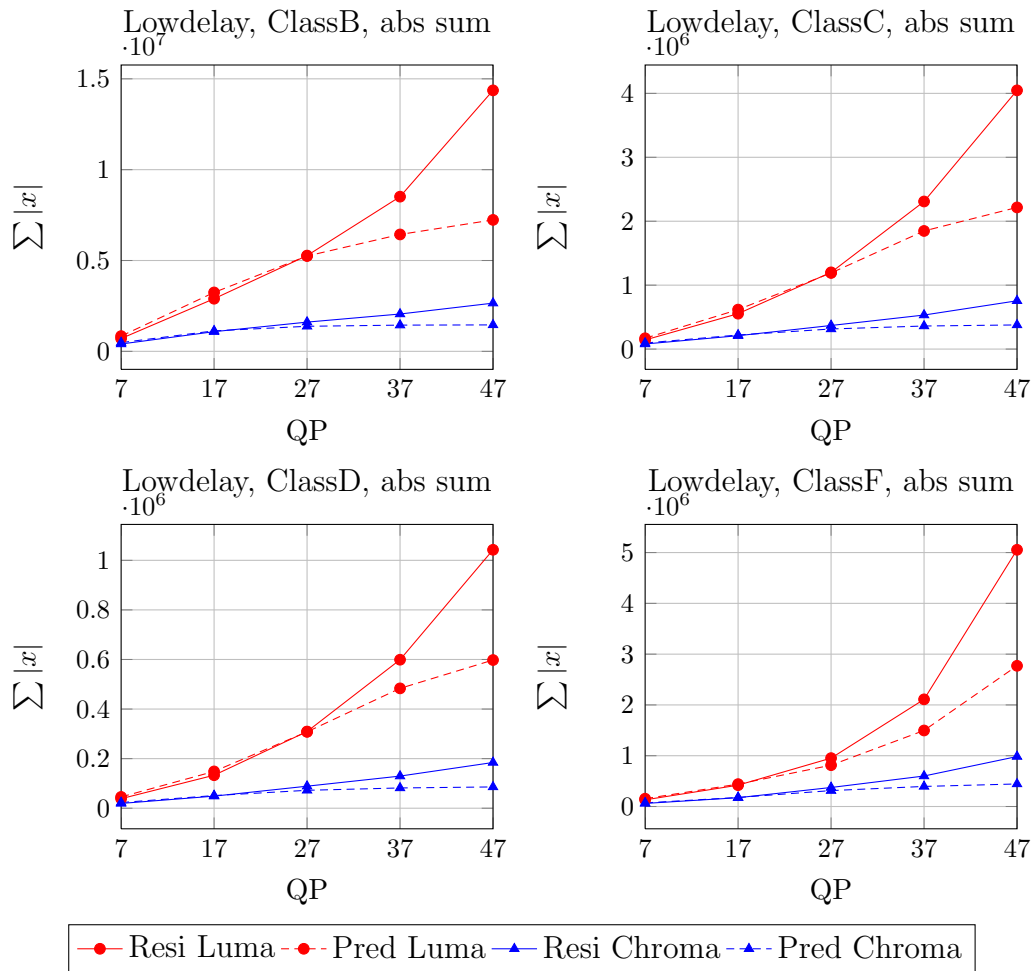


Abbildung 3.5.: Verlauf des Mittelwerts in der Klasse B, C, D, F für  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  mit der Konfiguration „lowdelay“ für die Metrik Summe der Absolutwerte

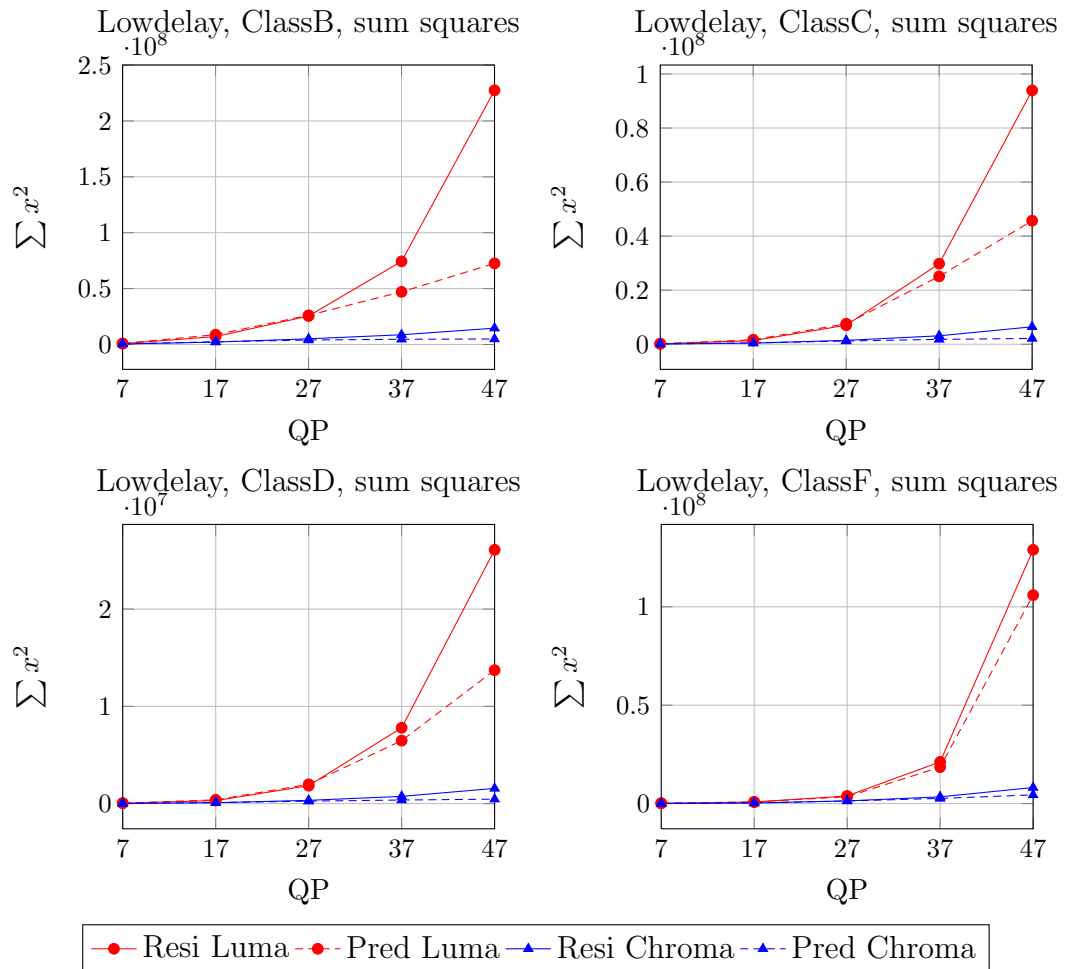


Abbildung 3.6.: Verlauf des Mittelwerts in der Klasse B, C, D, F für  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  mit der Konfiguration „lowdelay“ für die Metrik Summe der Quadrate

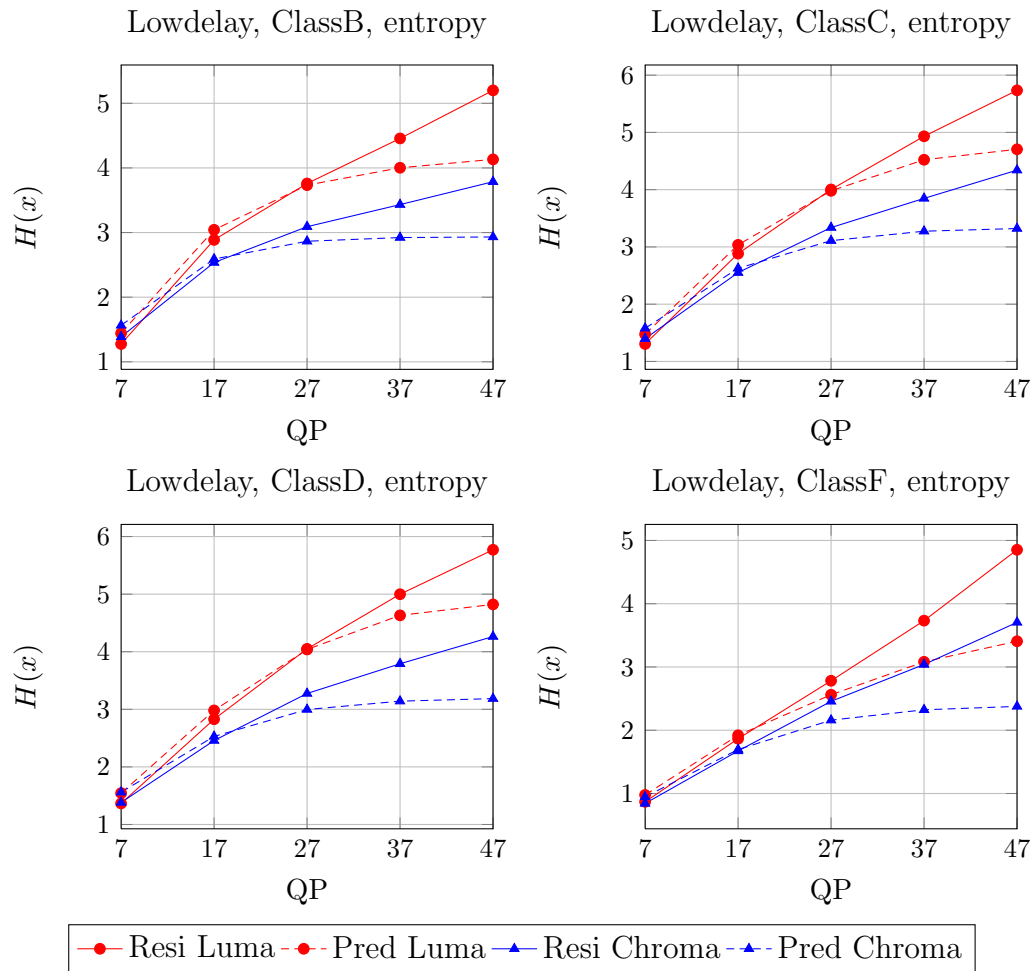


Abbildung 3.7.: Verlauf des Mittelwerts in der Klasse B, C, D, F für  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  mit der Konfiguration „lowdelay“ für die Metrik Entropie

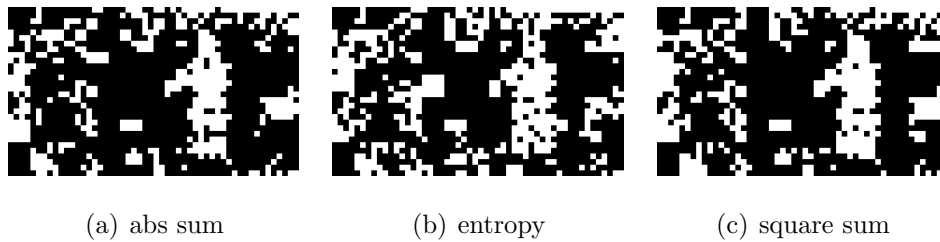


Abbildung 3.8.: Encodierungsentscheidung für das erste Bild der Sequenz „Basketball Pass“ aus Klasse D mit QP=27 mit der Konfiguration „intra“ für alle Metriken

- TResidualHandler.cpp
- TResidualHandler.h

vorgenommen.

## 3.2. Blockweise Entscheidung

Im zweiten Teil wird nun die blockweise Entscheidung für die Übertragung des Residums oder des intra-prädizierten Bildes für die Konfigurationen „intra“ und „lowdelay“ des HEVC Encoders betrachtet. Es werden dabei für den Vergleich die selben Sequenzen wie in Kapitel 3.1 mit den selben QP Werten genutzt.

### 3.2.1. Prädiktionsentscheidung für „intra“ und „lowdelay“

Anders als bei der bildweisen Entscheidung ergeben sich bei der blockweisen Entscheidung öfter Unterschiede in der Prädiktionsentscheidung für verschiedene Metriken. Dies ist beispielhaft für das erste Bild aus der Sequenz „Basketball Pass“ aus Klasse D in Abbildung 3.8, welche mit der Konfiguration „intra“ codiert wurde, zu sehen. Das Bild zeigt für jeden Block im Bild ob das Residuum (weiß) oder der prädizierte Wert (schwarz) im Luminanzkanal übertragen wurde. Wie zu erkennen ist, sind alle drei Bilder unterschiedlich, auch wenn es Regionen gibt, in denen sie ähnlich sind.

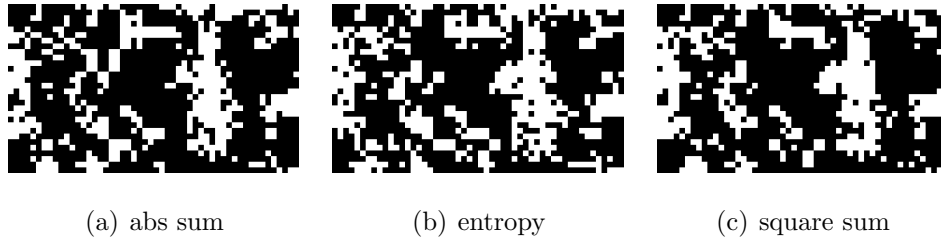


Abbildung 3.9.: Encodierungsentscheidung für das erste Bild der Sequenz „Basketball Pass“ aus Klasse D mit QP=27 mit der Konfiguration „lowdelay“ für alle Metriken

Mit der Konfiguration „lowdelay“ ergibt sich das selbe Bild, wie in Abbildung 3.9 zu sehen ist.

### 3.2.2. Vergleich der Dateigröße von bildweiser und blockweiser Entscheidung

An dieser Stelle soll ein Vergleich der bildweisen und der blockweisen Entscheidung bezüglich der resultierenden Dateigröße stattfinden. Durch die blockweise Entscheidung ist zwar die geringste Datenmenge zur Encodierung eines Bildes zu erwarten, aber da für jede CU ebenfalls die Entscheidung gespeichert werden muss, kann sich bei vielen kleinen CUs eine deutliche Vergrößerung des Bitstromes ergeben.

Abbildung 3.10 zeigt einen Vergleich der Dateigröße in Bytes aufgetragen über die verwendeten QP Werte für beide Entscheidungen (Luminanz- und Chrominanzkanal) mit den Konfigurationen „intra“ und „lowdelay“. Wie zu erkennen ist, ergibt sich durch die Verwendung der blockweisen Entscheidung kein deutlicher Vorteil gegenüber der bildweisen Entscheidung über alle QP Werte hinweg; lediglich bei mittleren QPs (27) ist bei der betrachteten Sequenz (Basketball Drive, Klasse B) ein Gewinn möglich. Im Anhang (siehe Kapitel A.1 und Kapitel A.2) sind weitere Ergebnisse bezüglich des Gewinns bei der Dateigröße des EL aufgeführt. Es zeigt sich, dass sich mit der blockweisen Entscheidung durchaus deutliche Einsparungen in der Bitrate erzielen lassen gegenüber dem normalen SELC Verfahren (über 9% in Klasse D, lowdelay), aber es kann keine



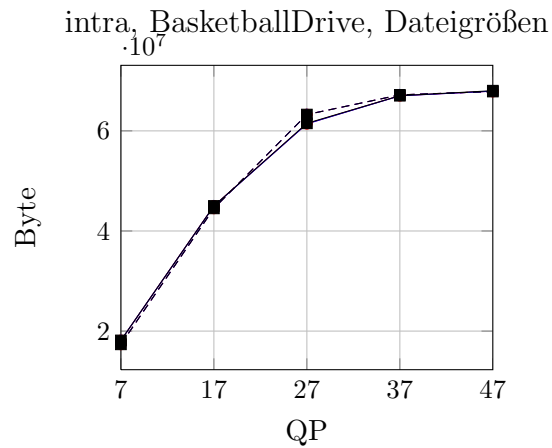
generelle Aussage darüber getroffen werden, unter welchen Bedingungen dies immer zutrifft. Zum Teil ist die Dateigröße des EL bei der blockweisen Entscheidung größer als bei der bildweisen Entscheidung und dies gilt nicht nur für Sequenzen mit großer Bildgröße und vielen Blöcken, sondern es ist bei verschiedenen Bildgrößen und bei verschiedenen Blockanzahlen pro Bild zu beobachten. Es scheint aber durchaus eine Tendenz zur Bevorzugung von kleinen Bildgrößen zu geben, da sich die größten Vorteile für Klasse D ergeben, welche auch die kleinste Bildgröße und damit die niedrigste Anzahl an CUs besitzt. Außerdem scheint die blockweise Entscheidung bei mittleren QPs am effektivsten zu sein, da sich für Werte von 17 – 37 so gut wie immer Gewinne ergeben.

### 3.2.3. Implementierungsdetails

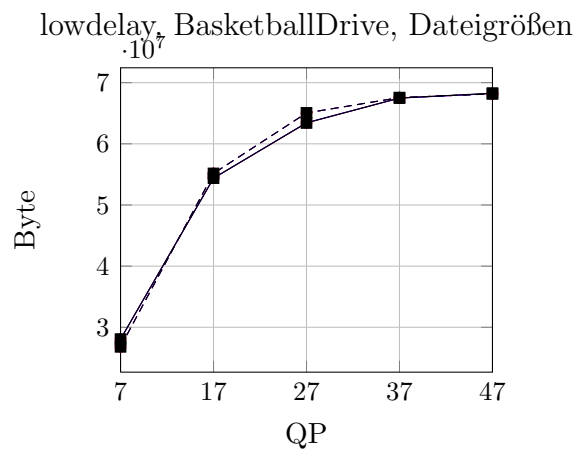
Der Code basiert auf einer angepassten Version der HEVC Referenzsoftware HM-11.0. Am Code wurden Modifikationen in den Dateien

- CommonDef.h
- TResidualHandler.cpp
- TResidualHandler.h
- TEncGop.cpp
- TEncGop.h

vorgenommen.



(a) intra



(b) lowdelay

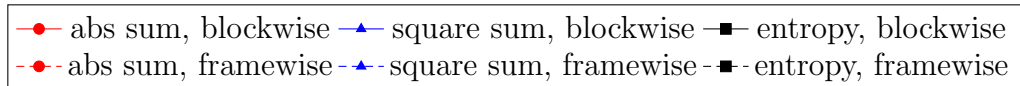


Abbildung 3.10.: Vergleich der Dateigröße in Bytes für die Sequenz „Basketball Drive“ mit  $QP \in \{7, 17, 27, 37, 47\}$  zwischen blockweiser und bildweiser Entscheidung mit den Konfigurationen „intra“ und „lowdelay“ für alle Metriken

## 4. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die Auswirkungen verschiedener Metriken und eine bildweise und blockweise Prädiktionsentscheidung hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Dateigröße des EL verglichen. Bei der bildweisen Entscheidung war zu beobachten, dass sich hier durch die Verwendung anderer Metriken als der bereits genutzten Summe der Absolutwerte keine drastischen Änderungen in der Entscheidung und damit auch in der Dateigröße ergeben. Dies gilt für die beiden in dieser Arbeit genutzten Konfigurationen des H.265 Encoders.

Bei der blockweisen Entscheidung ergeben sich durchaus deutlichere Unterschiede in der Prädiktionsentscheidung, aber durch den sehr großen Overhead durch die Signalisierungsbits ergibt sich kein deutlicher Gewinn gegenüber der blockweisen Entscheidung. Als weitere Optimierungsarbeiten kann zum einen der genutzte Rice Parameter des Entropieencoders geändert werden, da sich durch die zusätzlichen Signalisierungsbits eine Änderung in der Verteilung der Bits ergibt. Zum anderen könnte man einen ähnlichen Ansatz verfolgen, wie er bei der Signalisierung der SAO Parameter in H.265 genutzt wird, so dass ein Parameter immer für mehrere Blöcke in einer CTB gilt.

# **A. Dateigrößen der Enhancement Layer**

Hier eine Auflistung sämtlicher Dateigrößen der EL.

## **A.1. Profil „intra“**

## **A.2. Profil „lowdelay“**

Sequenz	QP	Bildweise		Blockweise		
		square sum	entropy	abs sum	square sum	entropy
Basketball Drive	7	0%	0%	4.481%	4.478%	4.502%
	17	0%	0%	1.119%	1.054%	1.083%
	27	0%	0%	-2.909%	-2.938%	-2.770%
	37	0%	0%	-0.258%	-0.284%	-0.257%
	47	0%	0%	0.114%	0.115%	0.244%
BQ Terrace	7	0%	0%	4.041%	4.038%	4.061%
	17	0%	0%	0.814%	0.771%	0.817%
	27	0%	0%	-4.682%	-4.818%	-4.184%
	37	0%	0%	-2.005%	-2.362%	-1.409%
	47	0%	0%	0.600%	0.475%	1.625%
Cactus	7	0%	0%	4.830%	4.830%	4.850%
	17	0%	0%	1.003%	0.996%	0.996%
	27	0%	0%	-2.250%	-2.267%	-2.016%
	37	0%	0%	0.668%	0.585%	0.857%
	47	0%	0%	0.466%	0.453%	0.897%
Kimono 1	7	0%	0%	4.709%	4.708%	4.725%
	17	0%	0%	-1.763%	-1.747%	-1.730%
	27	0%	0%	-1.330%	-1.362%	-1.378%
	37	0%	0%	0.163%	0.153%	0.307%
	47	0%	0%	0.049%	0.047%	0.213%
Park Scene	7	0%	0%	4.816%	4.815%	4.834%
	17	0%	0%	-0.161%	-0.162%	-0.149%
	27	0%	0%	-2.235%	-2.393%	-2.148%
	37	0%	0%	0.470%	0.323%	0.601%
	47	0%	0%	0.258%	0.235%	0.481%

Tabelle A.1.: Vergleich aller Sequenzen der Klasse B mit Basis-SELC-Schema und Profil „intra“ bezüglich der Änderung der Dateigröße

Klasse	QP	Bildweise		Blockweise		
		square sum	entropy	abs sum	square sum	entropy
B	7	0%	0%	4.575%	4.574%	3.824%
	17	0%	0%	0.203%	0.182%	-0.399%
	27	0%	0%	-2.681%	-2.755%	-1.925%
	37	0%	0%	-0.192%	-0.317%	0.028%
	47	0%	0%	0.297%	0.265%	0.692%
C	7	0%	0%	1.233%	1.232%	1.264%
	17	0%	0%	-2.460%	-2.512%	-2.472%
	27	0.222%	0.021%	-5.305%	-5.494%	-4.964%
	37	1.107%	0%	-3.611%	-3.976%	-3.119%
	47	0%	0%	-0.691%	-1.071%	-0.706%
D	7	0%	0%	-4.056%	-4.057%	-4.002%
	17	0%	0%	-6.754%	-6.879%	-6.793%
	27	0.347%	0.171%	-8.189%	-8.570%	-7.808%
	37	0%	-0.072%	-4.255%	-4.998%	-3.979%
	47	0%	0%	-0.733%	-1.298%	-0.652%
F	7	0%	0%	4.455%	4.432%	4.532%
	17	0%	0%	2.661%	2.049%	1.821%
	27	1.584%	0%	4.932%	4.090%	4.574%
	37	3.725%	0%	5.633%	4.823%	6.430%
	47	7.305%	1.235%	4.062%	3.777%	15.348%

Tabelle A.2.: Vergleich aller Sequenzen der Klassen B, C, D, F mit Basis-SELC-Schema und Profil „intra“ bezüglich der mittleren Änderung der Dateigröße

Sequenz	QP	Bildweise		Blockweise		
		square sum	entropy	abs sum	square sum	entropy
Basketball Drive	7	0%	0%	4.665%	4.656%	4.660%
	17	0.054%	0.045%	-1.418%	-1.421%	-1.379%
	27	0.001%	0%	-2.504%	-2.460%	-2.517%
	37	0%	0%	-0.114%	-0.123%	-0.095%
	47	0%	0%	0.093%	0.093%	0.177%
BQ Terrace	7	0%	0%	4.344%	4.331%	4.330%
	17	0%	0%	-0.954%	-1.068%	-0.903%
	27	0%	0%	-5.321%	-5.451%	-5.275%
	37	0%	0%	-1.477%	-2.159%	-1.584%
	47	0%	0%	0.391%	0.396%	0.875%
Cactus	7	0%	0%	4.224%	4.217%	4.218%
	17	0%	0%	-0.654%	-0.655%	-0.631%
	27	0.042%	0%	-2.300%	-2.263%	-2.257%
	37	0%	0%	0.402%	0.266%	0.452%
	47	0%	0%	0.296%	0.254%	0.492%
Kimono 1	7	0%	0%	3.810%	3.805%	3.805%
	17	0.015%	0.015%	-3.195%	-3.219%	-3.161%
	27	0%	0%	-0.195%	-0.204%	-0.168%
	37	0%	0%	0.075%	0.069%	0.133%
	47	0%	0%	0.058%	0.055%	0.115%
Park Scene	7	0%	0%	3.967%	3.958%	3.957%
	17	0.047%	0.005%	-2.037%	-2.064%	-2.000%
	27	0%	0%	-0.855%	-0.957%	-0.937%
	37	0%	0%	0.395%	0.346%	0.526%
	47	0%	0%	0.210%	0.206%	0.378%

Tabelle A.3.: Vergleich aller Sequenzen der Klasse B mit Basis-SELC-Schema und Profil „lowdelay“ bezüglich der Änderung der Dateigröße

Klasse	QP	Bildweise		Blockweise		
		square sum	entropy	abs sum	square sum	entropy
B	7	0%	0%	4.20%	4.194%	3.224%
	17	0.012%	0.004%	-1.651%	-1.685%	-1.940%
	27	0.019%	0.009%	-2.235%	-2.267%	-1.689%
	37	0%	0%	-0.144%	-0.320%	-0.106%
	47	0%	0%	0.210%	0.201%	0.407%
C	7	0%	0%	0.712%	0.698%	0.701%
	17	0.055%	0.003%	-4.961%	-4.998%	-4.908%
	27	0.801%	0.019%	-5.482%	-5.680%	-5.387%
	37	0.461%	0%	-2.900%	-3.439%	-2.886%
	47	0%	0%	-0.311%	-0.761%	-0.335%
D	7	0%	0%	-4.482%	-4.516%	-4.505%
	17	0.050%	0.007%	-9.106%	-9.216%	-9.078%
	27	0.185%	0.010%	-8.082%	-8.596%	-8.020%
	37	0%	-0.159%	-3.726%	-4.639%	-3.513%
	47	0%	0%	-0.048%	-0.597%	-0.055%
F	7	0%	0%	1.130%	1.091%	1.057%
	17	0.108%	-0.004%	-0.293%	-0.917%	-0.452%
	27	1.834%	0%	3.441%	2.770%	3.668%
	37	3.062%	0%	5.832%	5.192%	6.352%
	47	6.104%	0%	2.867%	3.387%	9.885%

Tabelle A.4.: Vergleich aller Sequenzen der Klassen B, C, D, F mit Basis-SELC-Schema und Profil „lowdelay“ bezüglich der mittleren Änderung der Dateigröße



## Literaturverzeichnis

- [1] A. Heindel, E. Wige, and A. Kaup, “Sample-based weighted prediction for lossless enhancement layer coding in HEVC,” in *Grand Challenge at Picture Coding Symposium*, 2013.
- [2] G. J. Sullivan, J. Ohm, W.-J. Han, and T. Wiegand, “Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 22, no. 12, pp. 1649–1668, 2012.