Skalierbare Videokodierung am Beispiel SVC

Medieninformatik IL

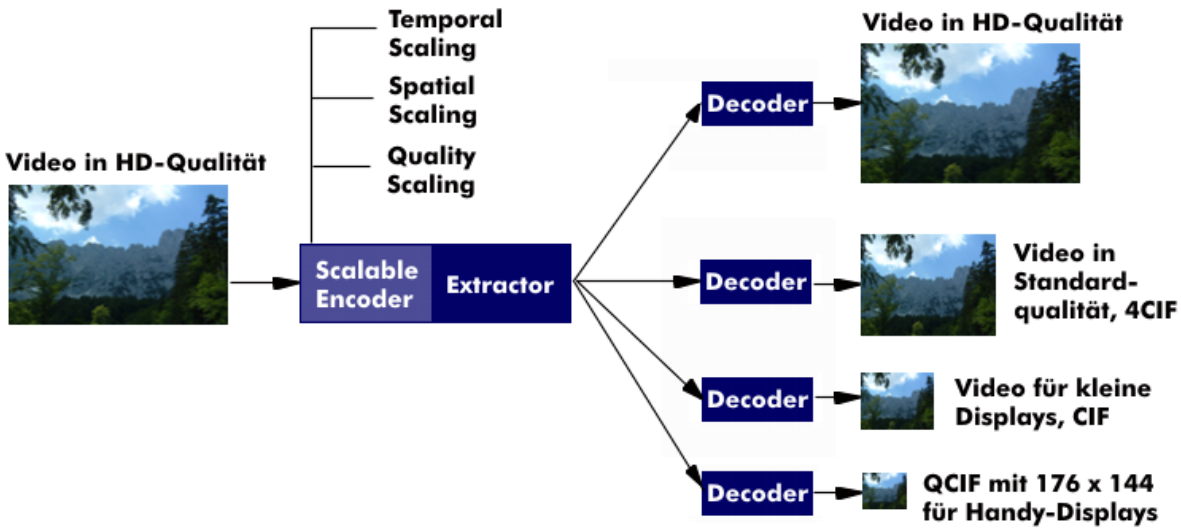
Andreas Unterweger

Vertiefung Medieninformatik
Studiengang ITS
FH Salzburg

Wintersemester 2016/17

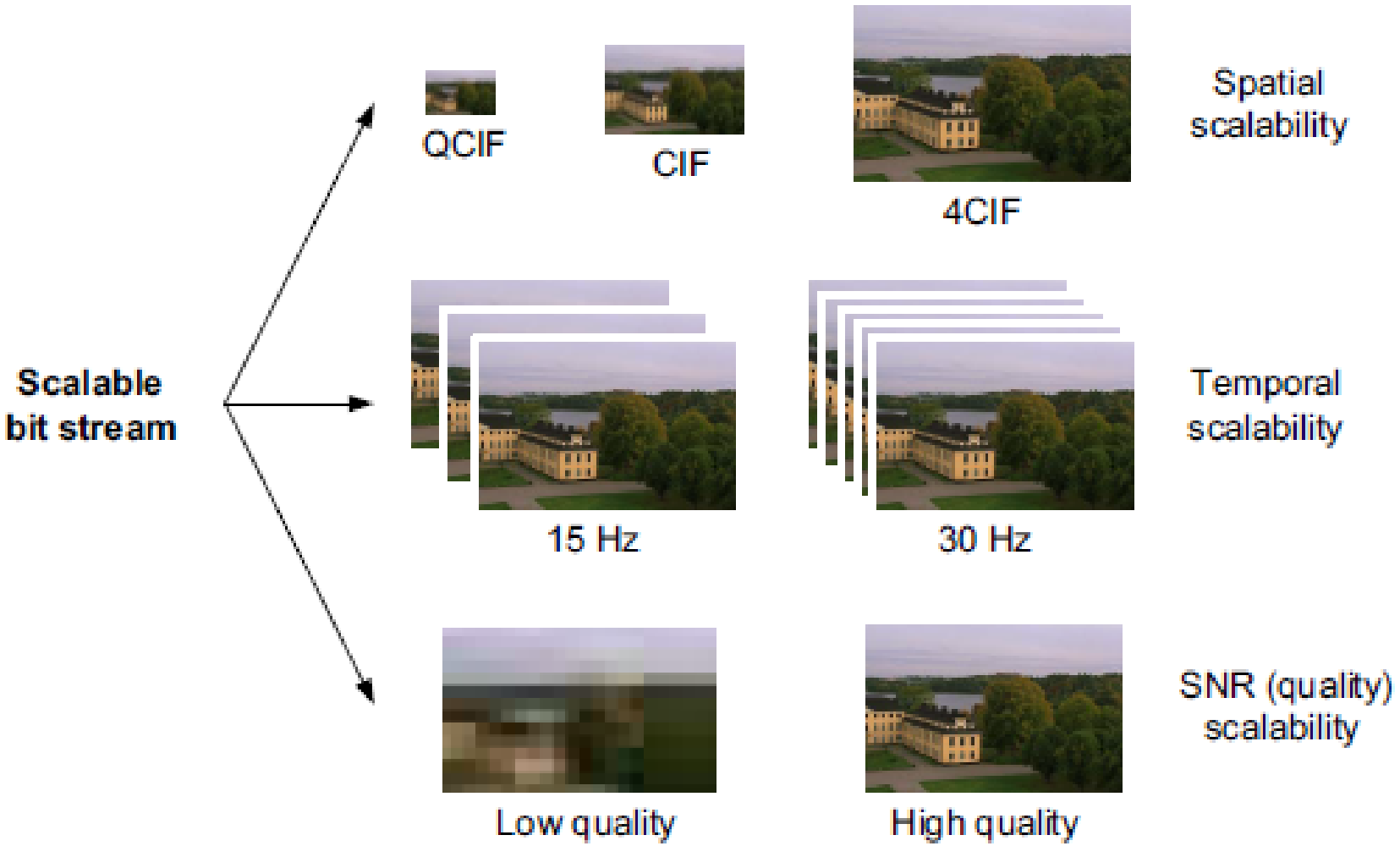
Überblick zu skalierbarer Videokodierung I

- Kodierung von Videos mit der Möglichkeit zur Dekodierung von festgelegten Teilen (so genannten Layern)
- Jeder Layer fixiert drei Skalierbarkeitsdimensionen:
  - Zeitlich (engl. *temporal*)
  - Örtlich (engl. *spatial*)
  - Qualitativ (engl. *quality*)



Quelle: Unbekannt: SVC (scalable video coding). `http://www.itwissen.info/definition/lexikon/SVC-scalable-video-coding.html` (30.8.2014), 2014.

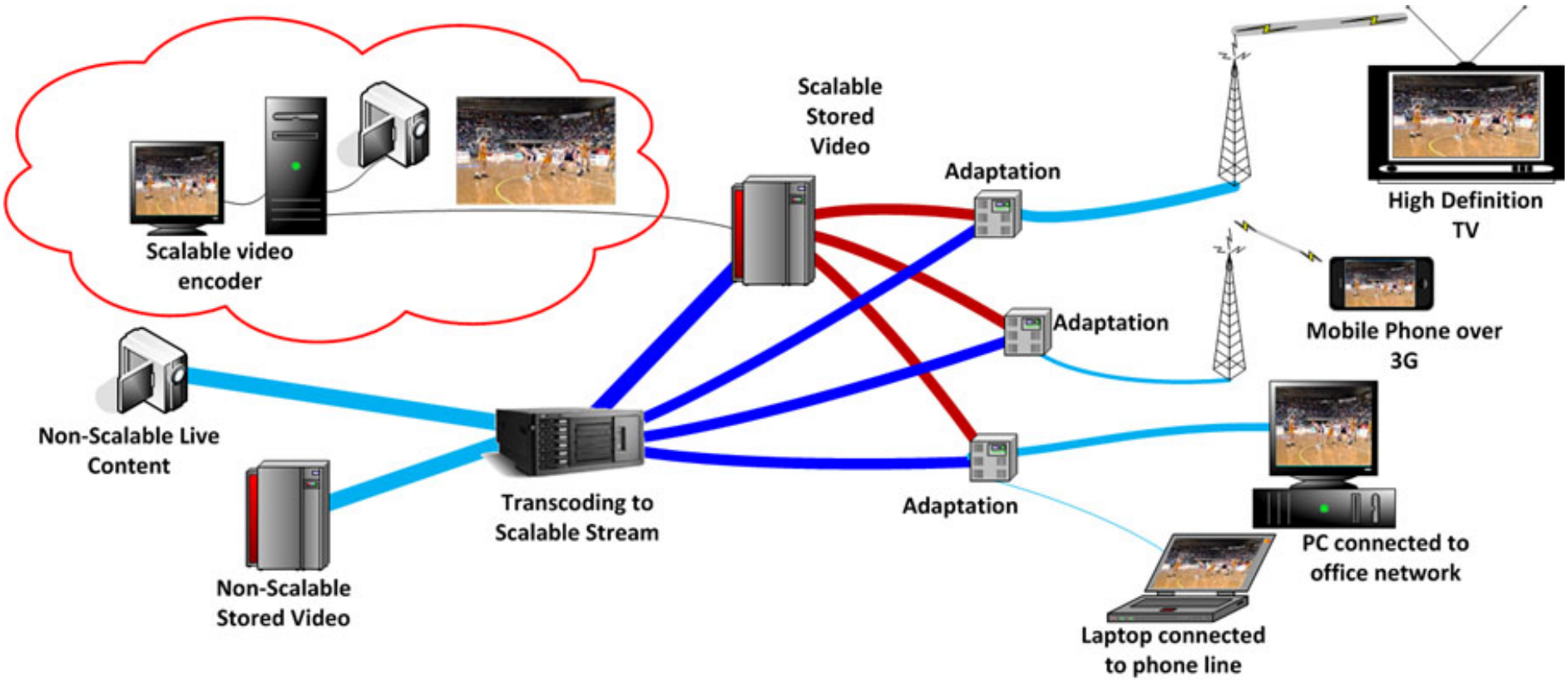
Überblick zu skalierbarer Videokodierung II



Quelle: Ibekwe, M.: Objective Video Quality Evaluation and H.264/SVC Content Streaming over WLANs. `http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2013010001` (30.8.2014), 2013.

Vor- und Nachteile von skalierbarer Videokodierung

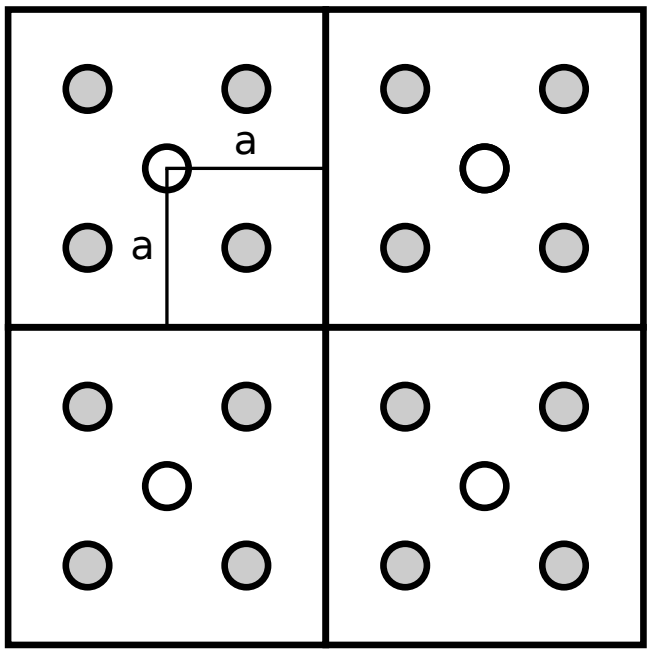
- Vorteil: Bandbreitenersparnis durch empfängerseitige Adaptierung statt senderseitiger Mehrfachkodierung (bei Redundanzausnutzung)
- Nachteil: Empfänger- oder netzwerkseitige Unterstützung notwendig

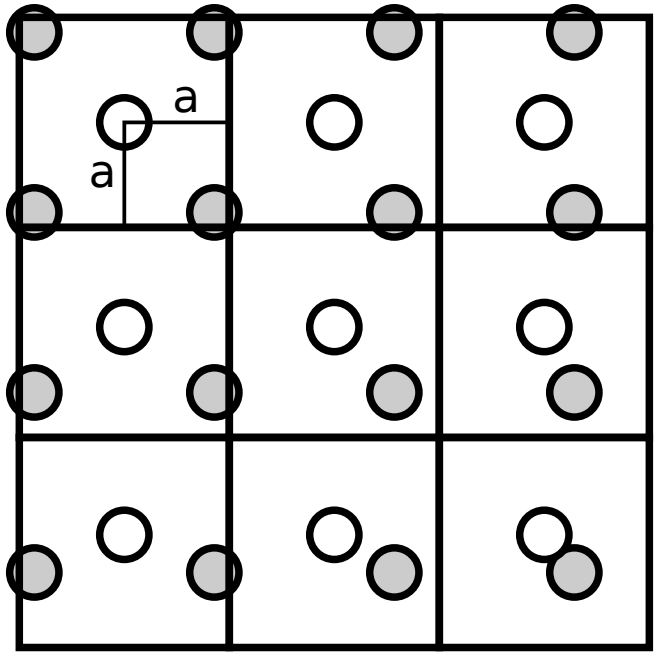


Quelle: Queen Mary University of London: Efficient and Scalable Video Coding. http://www.eecs.qmul.ac.uk/research/impact/aceSVC (30.8.2014), 2014.

Überblick zu Bildskalierung

- Ziel: Abtastrate (Pixelabstand $2a$) eines Bildes nachträglich ändern
- Fallunterscheidung anhand des Skalierungsfaktors $s = \frac{1}{\frac{a_{neu}}{a_{alt}}} = \frac{a_{alt}}{a_{neu}}$:
  - $s > 1$: Hinaufskalierung (engl. *upsamling*)
  - $s < 1$: Herunterskalierung (engl. *downsampling*)
  - $s \in \mathbb{Q} \cap]0;1[$: Einfacher Fall: Unterabtastung (Aliasingfilter notwendig)
  - $s \in \mathbb{R}^+ \setminus \{0\}$: Allgemeiner Fall (schwieriger)





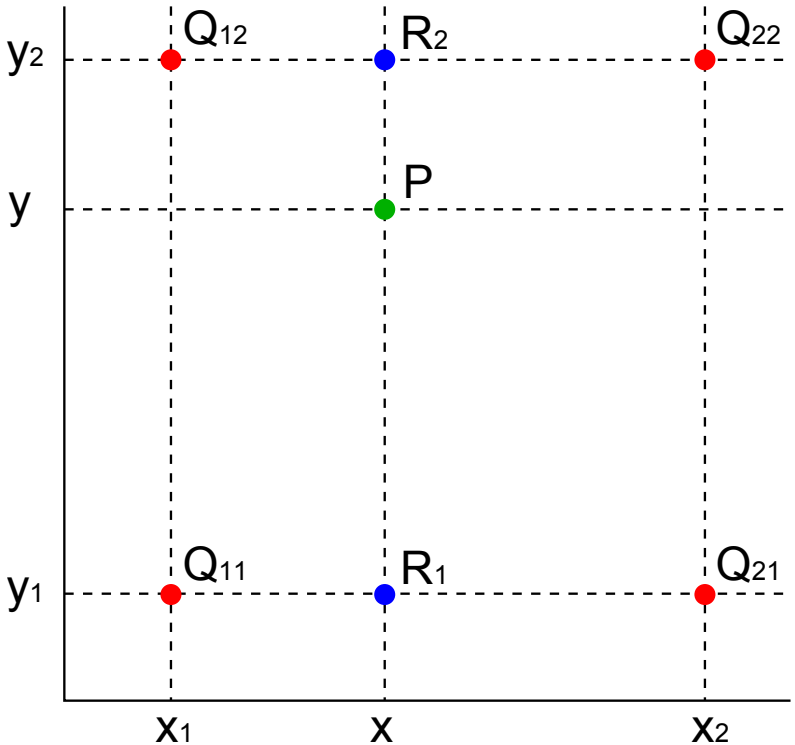
Skalierungsmethoden

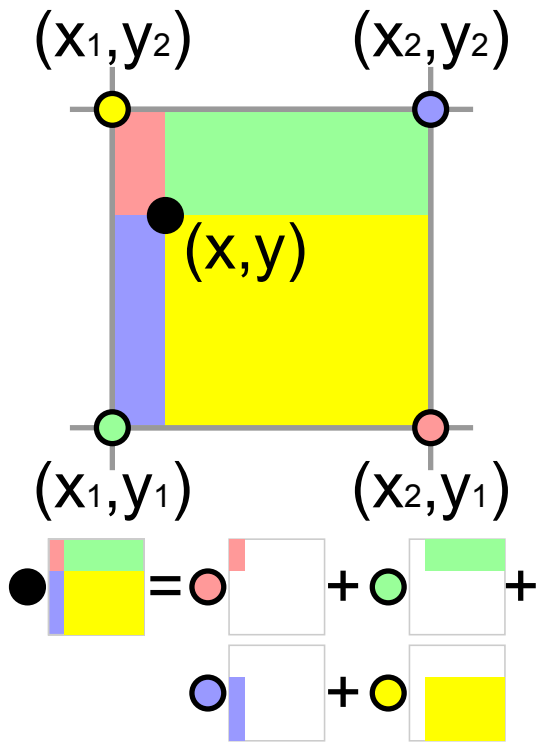
- Allgemeiner Ansatz zur Herunterskalierung (meist kombiniert):
  - **Interpolation**
  - Tiefpassfilterung (um Aliasingartefakte zu vermeiden)
  - Unterabtastung
- Allgemeiner Ansatz zur Hinaufskalierung (meist kombiniert):
  - Ergänzung der Originalpixel um Nullfolgen
  - **Interpolation**
  - Tiefpassfilterung (zur Glättung)
- Übliche 2-D-Interpolationsverfahren (Auswahl):
  - Nächster Nachbar (engl. *nearest neighbor*)
  - **Bilinear**
  - Bikubisch
  - Spline (stückweise Polynome mit Übergangsbedingungen)
  - **Lanczos**
- Kernidee bei Interpolation: Werte für „Zwischenpixel“ bestimmen

Bilineare Interpolation

1. Gerade $\overline{Q_{11}Q_{21}}$ konstruieren und R_1 linear interpolieren
2. Gerade $\overline{Q_{12}Q_{22}}$ konstruieren und R_2 linear interpolieren
3. Gerade $\overline{R_1R_2}$ konstruieren und P linear interpolieren

$\rightarrow$ Pixel werden über jeweils mit P eingeschlossene Flächen gewichtet





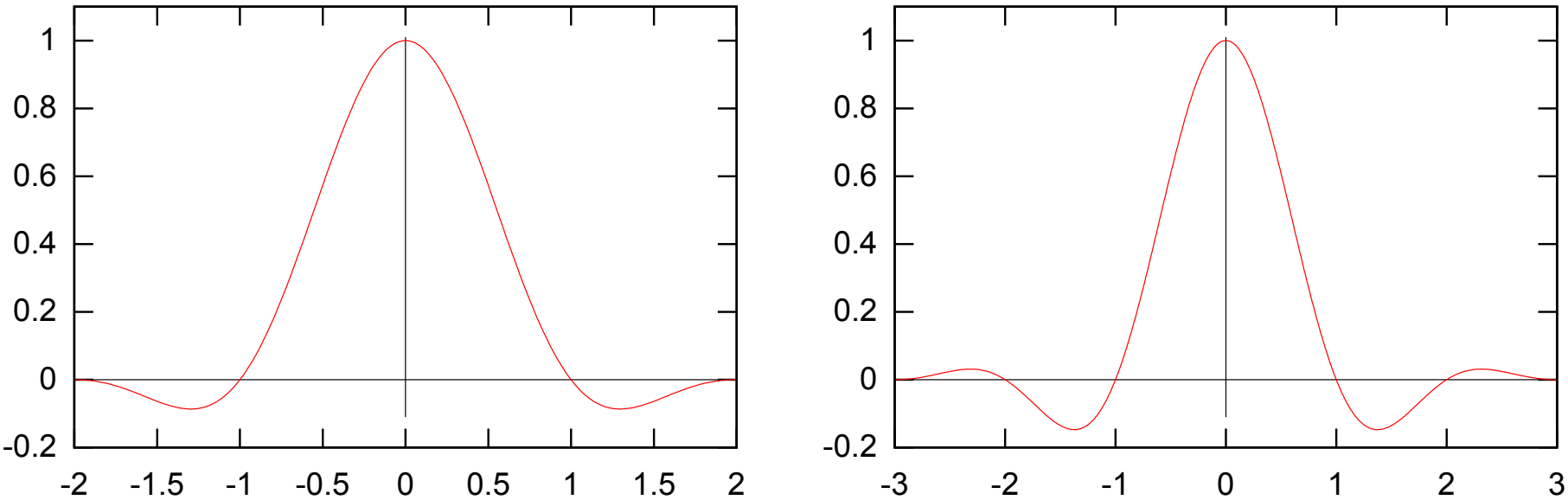
Quellen: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:BilinearInterpolation.svg;
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bilinear_interpolation_visualisation.svg

Lanczos-Interpolation I

- Basis: Normalisierte $\frac{sin(x)}{x}$-Funktion mit $\frac{sin(x)}{x}$-Fensterfunktion:

$$l(x) = \begin{cases} sinc(x) \cdot sinc\left(\frac{x}{b}\right) & , |x| < b \\ 0 & , sonst \end{cases}, b \in \mathbb{N}, sinc(x) = \frac{sin(\pi x)}{\pi x}$$

- Interpolation von F: $f_{interpoliert}(x) \approx \sum_{x'=\lfloor x \rfloor - b+1}^{\lfloor x \rfloor + b} F(x') \cdot l(x - x')$



Adaptiert von: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lanczos-kernel.svg

Lanczos-Interpolation II

- Erweiterung des 1-D-Falles zu 2-D (kombinierte horizontale und vertikale Interpolation durch Separierbarkeit, ohne Details):

$$f_{interpoliert}(x,y) \approx \sum_{x'=\lfloor x \rfloor - b+1}^{\lfloor x \rfloor + b} \sum_{y'=\lfloor y \rfloor - b+1}^{\lfloor y \rfloor + b} F(x',y') \cdot l(x-x') \cdot l(y-y')$$

- Vorteile:
  - Gute Näherung der theoretisch optimalen *sinc*-Interpolation
  - Erhält Schärfe besser als bilineare und bikubische Filterung
  - Güte durch Anzahl von Nachbarpixeln über Parameter b steuerbar
- Nachteile:
  - Kann in Randfällen negative Werte liefern $\rightarrow$ Korrektur notwendig
  - Aufwändig zu berechnen
  - Berücksichtigung des Randfalles $l(0) := 1$ (Definition) notwendig

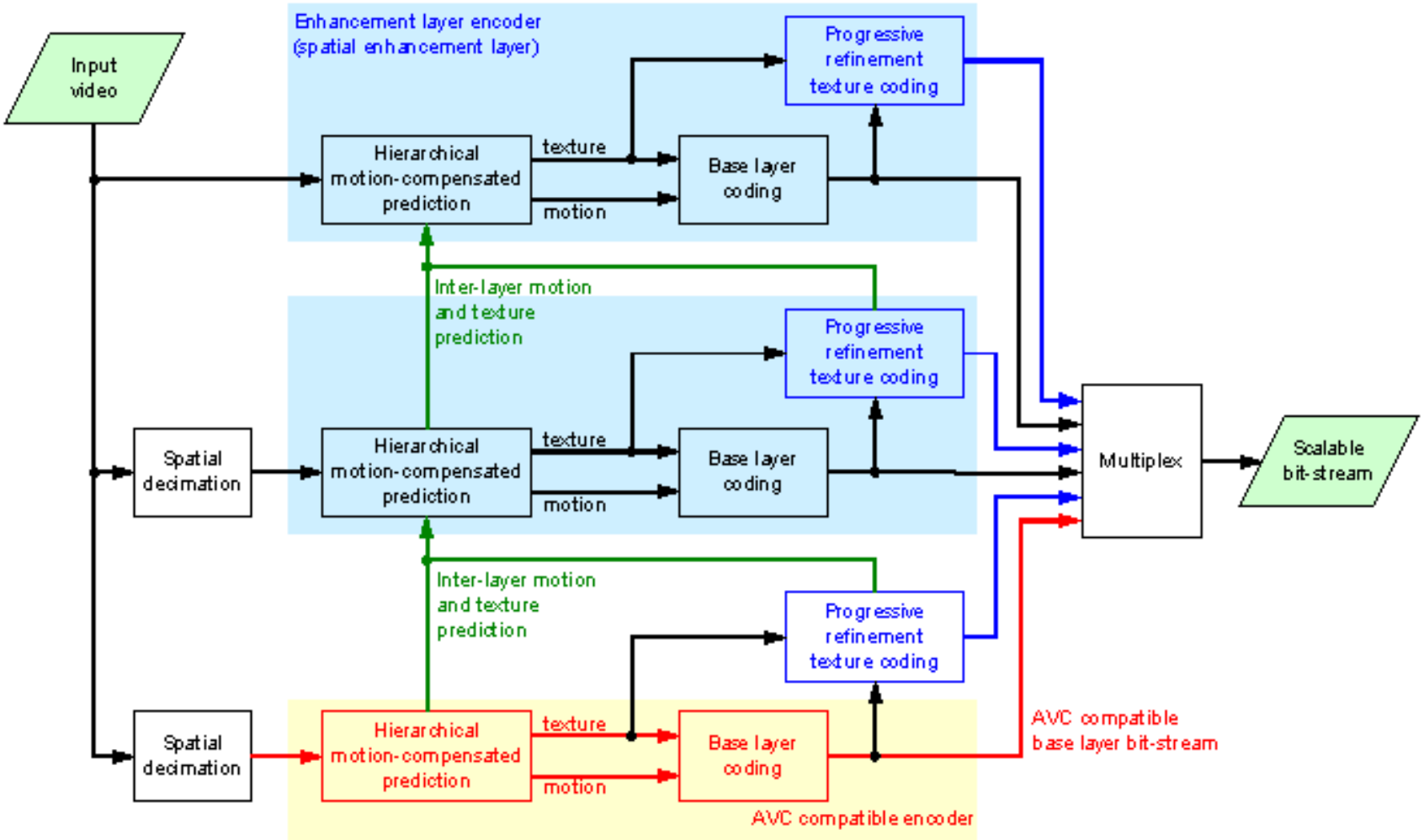
Scalable Video Coding (SVC)

- Standard zur skalierbaren Videokodierung
- Spezifiziert in H.264 Annex G
- Baut auf H.264 auf und ist abwärtskompatibel (ähnlich wie bei MVC über NALU-Erweiterungen gelöst)
- Basislayer (engl. *base layer*): Layer mit geringster Bildwiederholrate, Auflösung und Qualität (voll H.264-konform)
- Verbesserungslayer (engl. *enhancement layer*): Auf Basislayer aufbauend mit höherer Bildwiederholrate, Auflösung oder Qualität

→ H.264-Decoder kann Basislayer dekodieren

→ SVC-Decoder kann Basislayer und beliebig viele Verbesserungslayer dekodieren (je nach Benutzervorgabe und Anwendung)

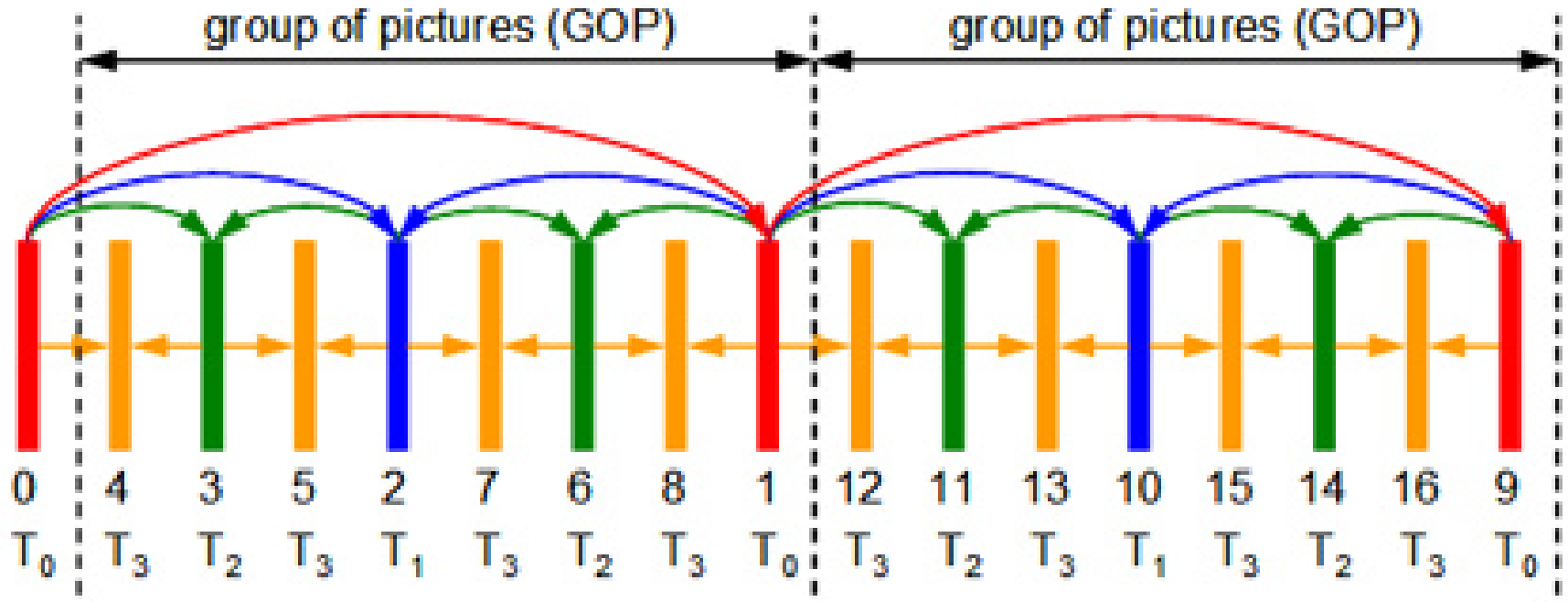
SVC-Architektur



Quelle: Unbekannt: Scalable H.264 Video Coding. `http://www-sipl.technion.ac.il/Info/News&Events_1_e.php?id=284` (30.8.2014), 2006.

Zeitliche Skalierbarkeit

- „Gratis“ bei entsprechender (hierarchischer) GOP-Struktur
- Frames von zeitlichem Layer $T_i, i \in \{x | 1 \leq x \leq t_{max}\}, t_{max} \in \mathbb{N}$ werden nur aus Frames von zeitlichem Layer T_{i-1} (bidirektional) prädiziert; Frames von T_0 werden von anderen T_0-Frames prädiziert



Adaptiert aus: Fraunhofer Heinrich Hertz Institute: SVC: Scalable Extension of H.264/AVC. http://www.hhi.fraunhofer.de/fields-of-competence/image-processing/research-groups/image-communication/video-coding/svc-scalable-extension-of-h264avc.html (30.8.2014), 2014.

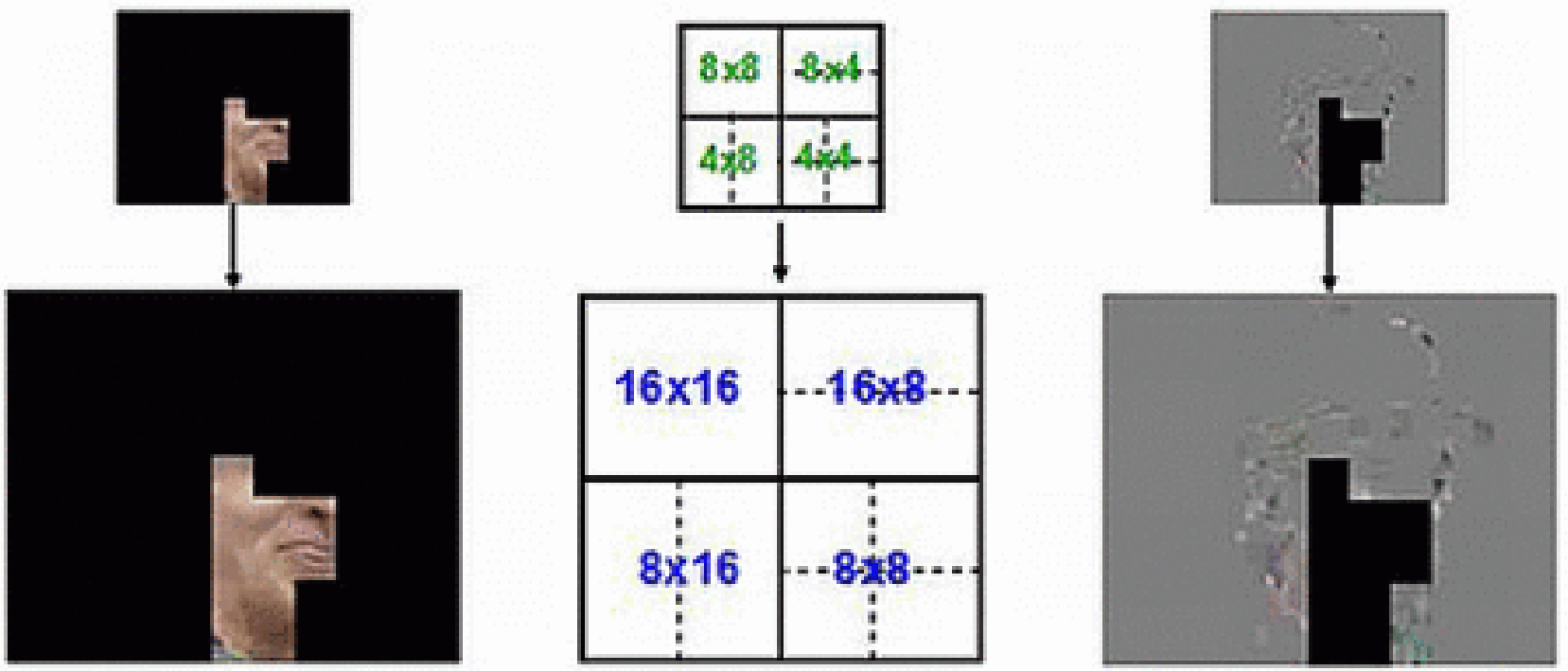
Örtliche Skalierbarkeit I

- Erzeugung verschiedener Layer durch Herunterskalieren des Ausgangsbildes mit Lanczos-3-Filter $\rightarrow$ niedrigere Auflösungen
- Skalierung typischerweise dyadisch (geviertelte Auflösung)
- Beschränkung: Auflösung muss monoton (über Layer) steigen
- Ohne Details: Ausschneiden und Erweitern von Bildinhalten bei Layerwechsel möglich (engl. *extended spatial scalability*)

- Inter-Layer-Prädiktion (engl. *inter-layer prediction*, ILP): Verwendung von Daten „niedrigerer“ Layer zur Prädiktion im aktuellen Layer
- Drei ILP-Techniken (teilweise kombinierbar):
  - Inter-Layer-Intraprädiktion (engl. *inter-layer intra prediction*)
  - Inter-Layer-Modi- und -Bewegungsprädiktion (engl. *inter-layer mode and motion prediction*)
  - Inter-Layer-Differenzprädiktion (engl. *inter-layer residual prediction*)

Örtliche Skalierbarkeit II

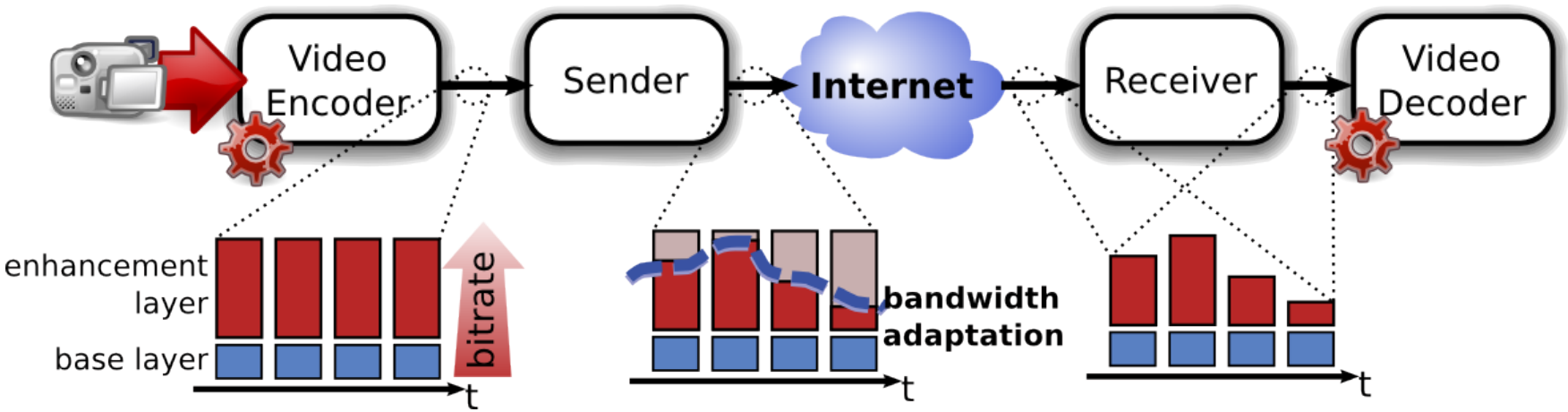
- Modi- und Bewegungsprädiktion: Makroblockpartitionen und MV werden vergrößert übernommen (Differenzen können kodiert werden)
- Differenzprädiktion: MC-Ergebnis wird (bis zum Blockrand) bilinear hinaufskaliert und übernommen (Differenzen können kodiert werden)



Adaptiert aus: Fraunhofer Heinrich Hertz Institute: SVC: Scalable Extension of H.264/AVC. http://www.hhi.fraunhofer.de/fields-of-competence/image-processing/research-groups/image-communication/video-coding/svc-scalable-extension-of-h264avc.html (30.8.2014), 2014.

Qualitative Skalierbarkeit

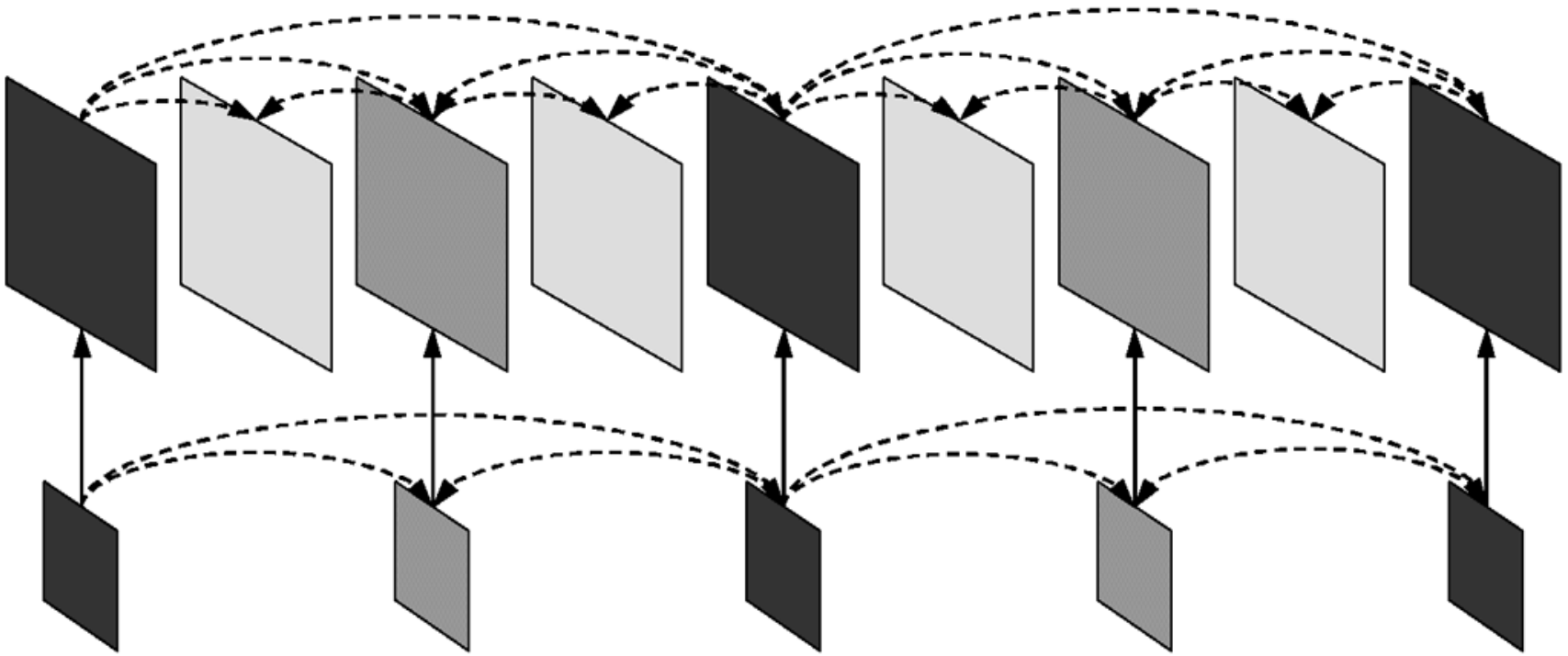
- Unterscheidung: Grob (engl. *coarse-grain*) und fein (engl. *fine-grain*)
- Grobe qualitative Skalierbarkeit: Sonderfall von örtlicher Skalierbarkeit mit gleicher Auflösung (keine Skalierung notwendig)
- Feine qualitative Skalierbarkeit: Zusätzliche Koeffizienten(-differenzen) im Bitstrom (ohne Details)



Quelle: C3LAB: Peer to Peer Overlay Networks for Multimedia Distribution. `http://c3lab.poliba.it/index.php/OverlayNetworks` (30.8.2014), 2007.

Kombinierte Skalierbarkeit I

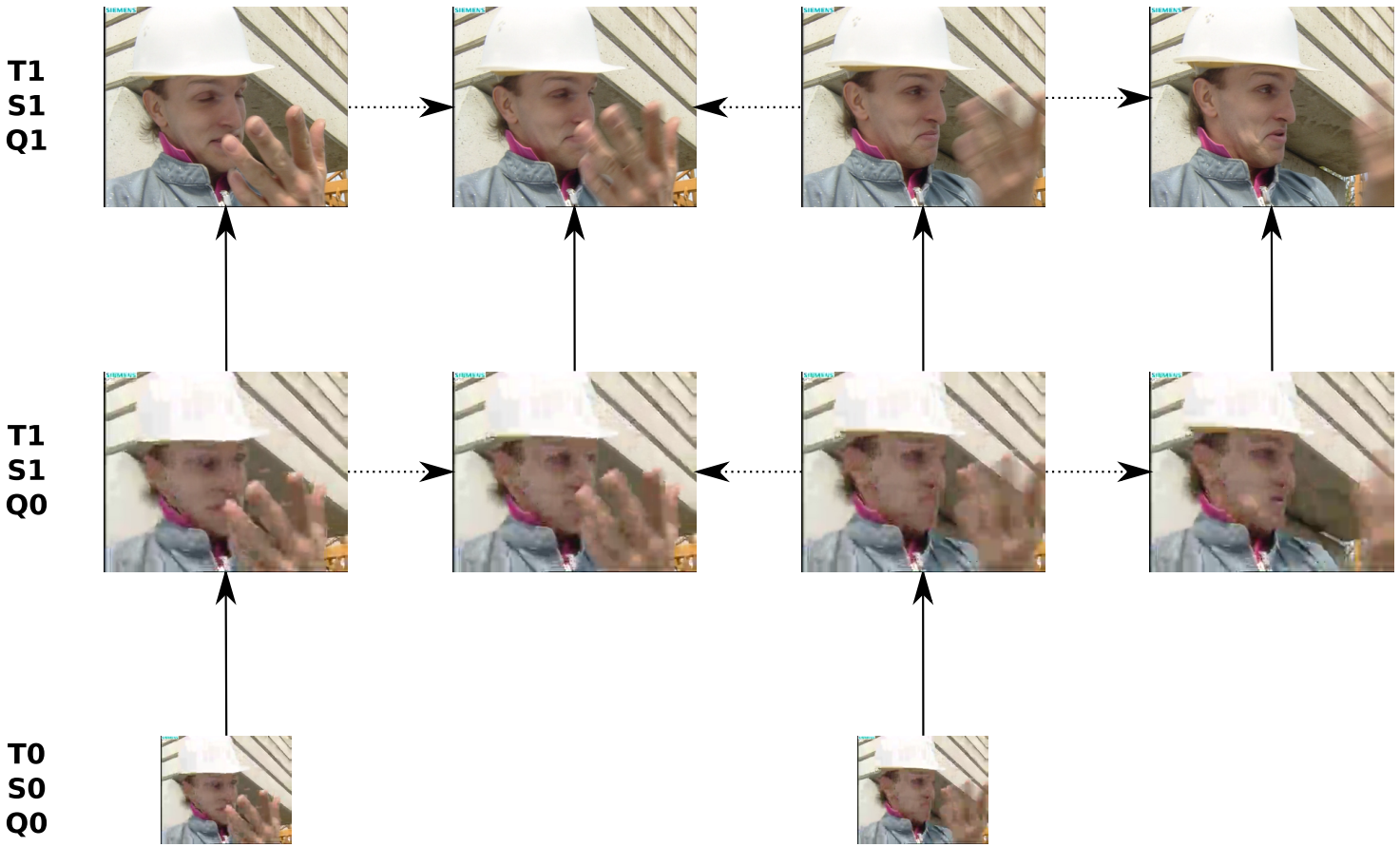
- Kombination von Skalierbarkeitsdimensionen trivial
- Signalisierung von Layern notwendig (über SEI und SPS-Erweiterung)
- Beispiel für Kombination von zeitlicher und örtlicher Skalierbarkeit:



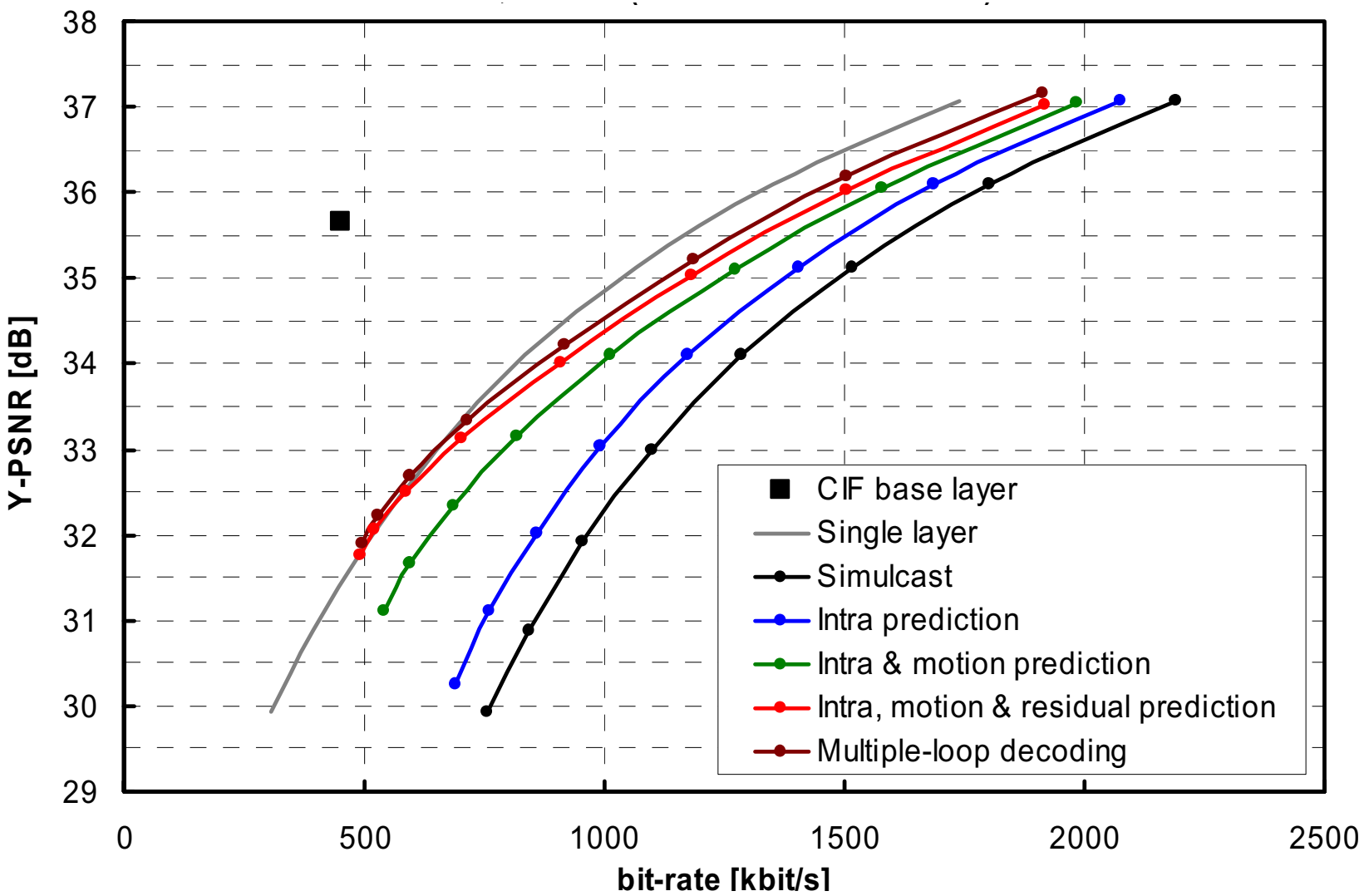
Quelle: Schwarz, H., Marpe, D. und Wiegand, T.: Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard. In IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 17, no. 9, 2007.

Kombinierte Skalierbarkeit II

- Beispiel für Kombination von zeitlicher, örtlicher und qualitativer Skalierbarkeit (nicht alle Layer abgebildet):

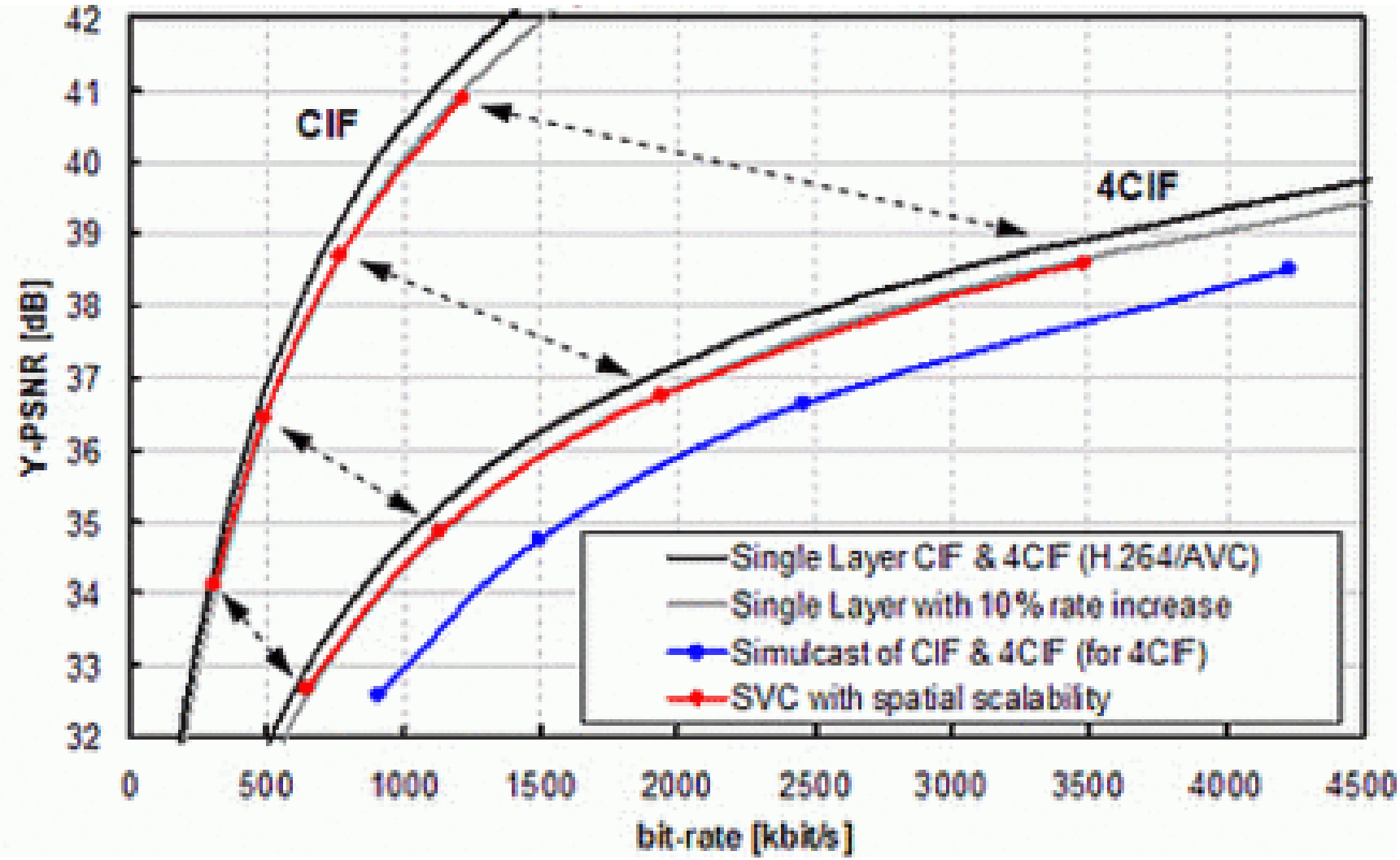


Leistungsfähigkeit I



Quelle: Schwarz, H., Marpe, D. und Wiegand, T.: Overview of the Scalable H.264/AVC Extension. `http://iphome.hhi.de/marpe/download/icip06_svc.pdf` (30.8.2014), 2006.

Leistungsfähigkeit II



Adaptiert aus: Fraunhofer Heinrich Hertz Institute: SVC: Scalable Extension of H.264/AVC. `http://www.hhi.fraunhofer.de/fields-of-competence/image-processing/research-groups/image-communication/video-coding/svc-scalable-extension-of-h264avc.html` (30.8.2014), 2014.

Danke für die Aufmerksamkeit!

Fragen?