

# Weniger ist mehr

## das Missverständnis Auflösung

Andreas Romeyke

Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden

2022-03-22

# Überblick

Vorwort

Was wir zu hören bekommen...

Was ist „Auflösung“?

Implikationen falsch gewählter Auflösung

Wie wählt man eine geeignete Auflösung?

Fazit

# In einer idealen Welt...

- ▶ ist der Speicherplatz unendlich und kostenlos
- ▶ ist die Bandbreite (das Kopieren) nie ein Problem
- ▶ ist das Digitalisat perfekt
- ▶ läuft alles fehlerfrei und automatisch
- ▶ ist jeder glücklich

# In der realen Welt...

- ▶ ist der Speicherplatz begrenzt und kostet
- ▶ ist die Bandbreite immer ein Problem
- ▶ ist das Digitalisat verrauscht
- ▶ treten unbekannte Fehler auf und erfordern manuelle Eingriffe
- ▶ ist der eine oder andere unzufrieden

# Was wir zuhören bekommen...

## O-Töne

„Alle sagen, dass wir *nur mit 384kHz* auf der richtigen Seite sind“

„Wir digitalisieren *immer mit mindestens 4k!*“

„In den DFG-Digitalisierungsrichtlinien<sup>a</sup> steht doch *300dpi?*“

---

<sup>a</sup>DFG-Praxisregeln "Digitalisierung"[1]

# Was ist "Auflösung"?

## Definition

Nach Wiktionary <sup>a</sup> / Wikipedia <sup>b</sup>:

Physik: „[...] stellt die Fähigkeit einer Einrichtung dar, physikalische Größen gleicher Dimension zu unterscheiden”

Videotechnik: „Anzahl der Bildpunkte (Pixel) pro Zeile und Spalte (bzw. deren Dichte) eines Bildschirms”

Digitaltechnik: „[...] gibt [...] an, wie fein abgestuft eine ursprünglich analoge Größe digital dargestellt werden kann [...]”

---

<sup>a</sup> <https://de.wiktionary.org/wiki/Aufl%C3%B6sung>

<sup>b</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung\\_\(Digitaltechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung_(Digitaltechnik))

# Was ist "Auflösung"?

## Definition

Nach Wiktionary <sup>a</sup> / Wikipedia <sup>b</sup>:

Physik: „[...] stellt die Fähigkeit einer Einrichtung dar, physikalische Größen gleicher Dimension zu unterscheiden”

Videotechnik: „Anzahl der Bildpunkte (Pixel) pro Zeile und Spalte (bzw. deren Dichte) eines Bildschirms”

Digitaltechnik: „[...] gibt [...] an, wie fein abgestuft eine ursprünglich analoge Größe digital dargestellt werden kann [...].”

---

<sup>a</sup> <https://de.wiktionary.org/wiki/Aufl%C3%B6sung>

<sup>b</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung\\_\(Digitaltechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung_(Digitaltechnik))

# Was ist "Auflösung"?

## Definition

Nach Wiktionary <sup>a</sup> / Wikipedia <sup>b</sup>:

Physik: „[...] stellt die Fähigkeit einer Einrichtung dar, physikalische Größen gleicher Dimension zu unterscheiden“

Videotechnik: „Anzahl der Bildpunkte (Pixel) pro Zeile und Spalte (bzw. deren Dichte) eines Bildschirms“

Digitaltechnik: „[...] gibt [...] an, wie fein abgestuft eine ursprünglich analoge Größe digital dargestellt werden kann [...].“

---

<sup>a</sup> <https://de.wiktionary.org/wiki/Aufl%C3%B6sung>

<sup>b</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung\\_\(Digitaltechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung_(Digitaltechnik))

# Was ist „Auflösung“? (2)

## Definition

Die Auflösung gibt an, mit wievielen **Abtastpunkten pro physikalischer Einheit** analoge Werte diskret abgebildet sind

# Was ist „Auflösung“? (3)

## Beispiele für Auflösungen

- ▶ ‚lines per millimeter‘, Länge/Breite
- ▶ ‚dots per inch‘, Länge/Breite
- ▶ ‚kilohertz per sample‘, Zeit
- ▶ ‚bit depth per channel‘, Amplitude, zB. Helligkeit oder Lautstärke

# Shannon-Niquist Abtasttheorem

## Definition

$$f_{\text{abtast}} \geq 2f_{\text{max}}^a$$

<sup>a</sup>gilt nach Shannon[3] für bandbegrenzte, elektromagnetische Signale mit  $f_{\text{max}}$

# Shannon-Niquist Abtasttheorem (2)

Praktisch gilt:

- ▶ wg. nichtidealer Filter:  $f_{\text{abtast}} \geq 2,1 f_{\text{max}}$
- ▶ elektromagnetische Signale sind in der Regel bandbegrenzt<sup>a</sup>

---

<sup>a</sup>durch Optik, Verstärker-Kennlinie, Eigenschaften des Mediums

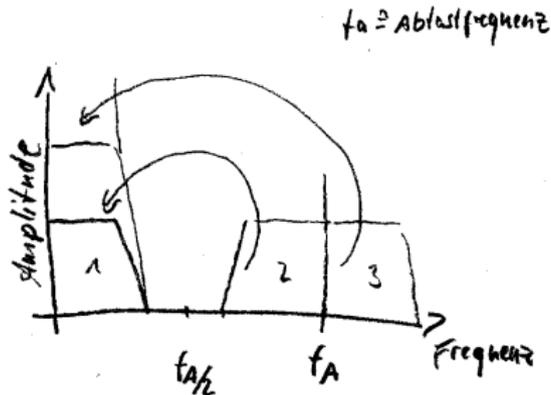
## Hinweis

Shannon-Niquist Theorem weiterhin[5] gültig<sup>a</sup>

---

<sup>a</sup>selbst unter den Bedingungen nicht-idealer Filter

# Auswirkung zu geringer Auflösung



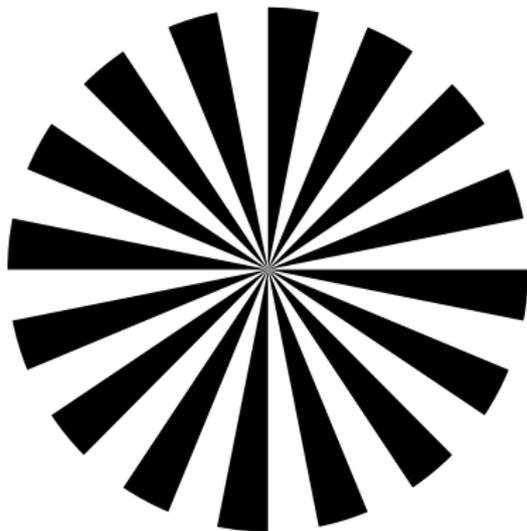
Abtasten mit  $f_A$  faltet Frequenzbilder 2 u. 3 in Bereich von 1

→ alle Frequenzen  $> f_{A/2}$  heraus filtern!

Ist Abtastfrequenz zu klein gewählt, entsteht **Aliasing**, da Frequenzen  $f$  durch  $f_A$  moduliert werden:

$$\forall f : f_{\text{mod}} = f * f_A$$

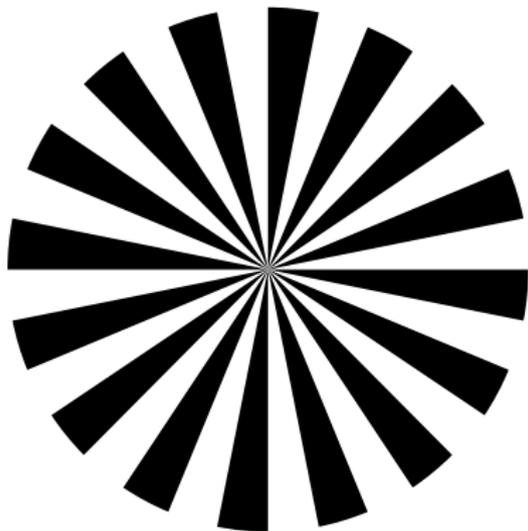
# Auswirkung zu geringer Auflösung (2)



- ▶ In der Regel sind Abtasteinrichtungen so eingestellt, dass Aliasing **nicht** entstehen kann
- ▶ Prüfbar zB. mittels Siemensstern

Quelle Bild: Leonhard Wimmer, CC BY-SA 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons

# Auswirkung zu geringer Auflösung (2)

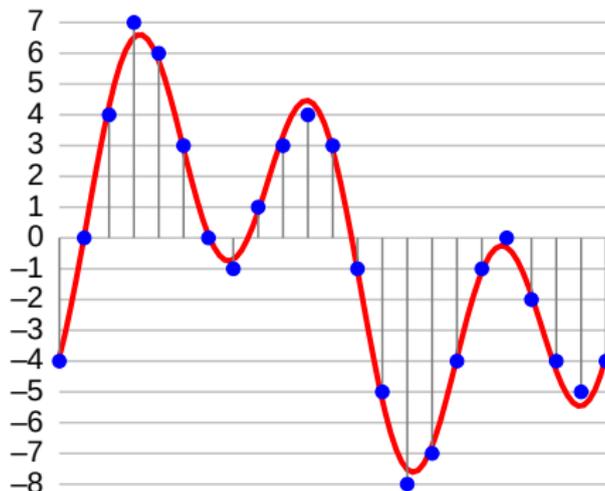


- ▶ In der Regel sind Abtasteinrichtungen so eingestellt, dass Aliasing **nicht** entstehen kann
- ▶ Prüfbar zB. mittels Siemensstern

Quelle Bild: Leonhard Wimmer, CC BY-SA 3.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons

# Auswirkung zu geringer Auflösung (3)

## Quantisierungsrauschen



Wird Quantisierung zu groß gewählt, entsteht Rauschen!

Quelle: Aquegg, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons

# Auswirkung zu hoher Auflösung

## Problem Speichergröße

Für Bildsignale gilt: Wird die Auflösung verdoppelt, **vervierfacht** sich der Speicherbedarf!

## Rauschen

Werden Signale digitalisiert, so entsteht allein durch die verwendeten Komponenten (Verstärker, Sensoren) selbst schon Rauschen

# Auswirkung zu hoher Auflösung

## Problem Speichergröße

Für Bildsignale gilt: Wird die Auflösung verdoppelt, **vervierfacht** sich der Speicherbedarf!

## Rauschen

Werden Signale digitalisiert, so entsteht allein durch die verwendeten Komponenten (Verstärker, Sensoren) selbst schon Rauschen

# Was ist die geeignete Auflösung?

## Hilfreich

- ▶ Kenne ich die Ziele?
  - ▶ Für wen soll digitalisiert werden?
  - ▶ was?
  - ▶ und warum?
- ▶ Kenne ich die Randbedingungen?
  - ▶ Habe ich den Speicherplatz?
  - ▶ Wie lange dauert das Kopieren?
  - ▶ Was brauchen meine Nutzer **wirklich**?
  - ▶ Wie lange sollen Digitalisate aufgehoben werden?
  - ▶ Gibt es eine Nachbearbeitung?

# Was ist die geeignete Auflösung?

## Hilfreich

- ▶ Kenne ich die Ziele?
  - ▶ Für wen soll digitalisiert werden?
  - ▶ was?
  - ▶ und warum?
- ▶ Kenne ich die Randbedingungen?
  - ▶ Habe ich den Speicherplatz?
  - ▶ Wie lange dauert das Kopieren?
  - ▶ Was brauchen meine Nutzer **wirklich**?
  - ▶ Wie lange sollen Digitalisate aufgehoben werden?
  - ▶ Gibt es eine Nachbearbeitung?

# Was ist die geeignete Auflösung? (2)

Beispiel Fraktur: "Sind 300dpi genug?"



und fünf fiel

47 27 38

The image shows the Fraktur text "und fünf fiel" in black. Red annotations highlight specific features: red circles around the 'u' in "und", the 'f' in "fünf", and the 'e' in "fiel"; red arrows pointing to the top of the 'f' in "fünf"; and red numbers 47, 27, and 38 placed below the words "und", "fünf", and "fiel" respectively.

# Was ist die geeignete Auflösung? (3)

## Beispiel Lichtton: "Sind 384kHz sinnvoll?"

Nach [4] gelten für Tonfilm:

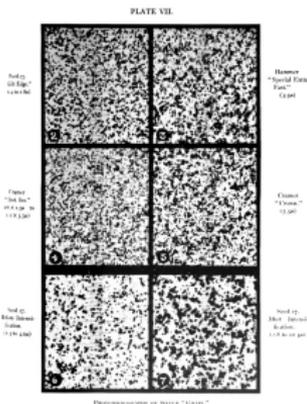
	Lichtton	Magnetton
8mm	$f_{\max} = 4500 \dots 5000 \text{ Hz}$	
16mm	$f_{\max} = 6000 \dots 6500 \text{ Hz}$	$f_{\max} = 10000 \dots 15000 \text{ Hz}$
35mm	$f_{\max} = 8000 \dots 10000 \text{ Hz}$	$f_{\max} = 10000 \dots 15000 \text{ Hz}$

Damit ergeben sich Abtastfrequenzen von

$$f_{\text{abtast}} = 2,1 * f_{\max} = 9,5\text{kHz} \dots 32\text{kHz}.$$

# Was ist die geeignete Auflösung? (4)

## Beispiel Film: "Sind 4k die richtige Wahl?"



Silberjodid-Kristalle von s/w-Film zwischen  $0,8\mu\text{m}$  ...  $3\mu\text{m}$ [2],  
bei Farbfilm bis zu  $20\mu\text{m}$ [6]

links: Robert James Wallace, 1904, urheberrechtsfrei, via Wikimedia Commons; rechts, aus: Stollenreiten,  
[http://slubdd.de/katalog?libero\\_mab216571951](http://slubdd.de/katalog?libero_mab216571951)

# Was ist die geeignete Auflösung? (5)

## Kriterien

- ▶ Welche Qualität hat das Ausgangsmaterial?
- ▶ Welche Güte haben die Geräte, die zur Digitalisierung genutzt werden?
- ▶ Welche Qualität ist für die Nutzerzielgruppe und deren Nutzungsszenarien erforderlich?
- ▶ Welche Ressourcen benötige ich und welche Randbedingungen muss ich beachten? (zb. Netzwerkbandbreite, Speicherumfang, Rechenleistung)
- ▶ Ist die Auflösung für jeden der genannten Punkte angemessen gewählt?

# Was ist die geeignete Auflösung? (5)

## Kriterien

- ▶ Welche Qualität hat das Ausgangsmaterial?
- ▶ Welche Güte haben die Geräte, die zur Digitalisierung genutzt werden?
- ▶ Welche Qualität ist für die Nutzerzielgruppe und deren Nutzungsszenarien erforderlich?
- ▶ Welche Ressourcen benötige ich und welche Randbedingungen muss ich beachten? (zb. Netzwerkbandbreite, Speicherumfang, Rechenleistung)
- ▶ Ist die Auflösung für jeden der genannten Punkte angemessen gewählt?

# Was ist die geeignete Auflösung? (5)

## Kriterien

- ▶ Welche Qualität hat das Ausgangsmaterial?
- ▶ Welche Güte haben die Geräte, die zur Digitalisierung genutzt werden?
- ▶ Welche Qualität ist für die Nutzerzielgruppe und deren Nutzungsszenarien erforderlich?
- ▶ Welche Ressourcen benötige ich und welche Randbedingungen muss ich beachten? (zb. Netzwerkbandbreite, Speicherumfang, Rechenleistung)
- ▶ Ist die Auflösung für jeden der genannten Punkte angemessen gewählt?

# Was ist die geeignete Auflösung? (5)

## Kriterien

- ▶ Welche Qualität hat das Ausgangsmaterial?
- ▶ Welche Güte haben die Geräte, die zur Digitalisierung genutzt werden?
- ▶ Welche Qualität ist für die Nutzerzielgruppe und deren Nutzungsszenarien erforderlich?
- ▶ Welche Ressourcen benötige ich und welche Randbedingungen muss ich beachten? (zb. Netzwerkbandbreite, Speicherumfang, Rechenleistung)
- ▶ Ist die Auflösung für jeden der genannten Punkte angemessen gewählt?

# Was ist die geeignete Auflösung? (5)

## Kriterien

- ▶ Welche Qualität hat das Ausgangsmaterial?
- ▶ Welche Güte haben die Geräte, die zur Digitalisierung genutzt werden?
- ▶ Welche Qualität ist für die Nutzerzielgruppe und deren Nutzungsszenarien erforderlich?
- ▶ Welche Ressourcen benötige ich und welche Randbedingungen muss ich beachten? (zb. Netzwerkbandbreite, Speicherumfang, Rechenleistung)
- ▶ Ist die Auflösung für jeden der genannten Punkte angemessen gewählt?

# Was ist die geeignete Auflösung? (6)

## Merksätze

- ▶ Ist die Auflösung zu groß, bezahlt man mit Rauschen!
- ▶ Es gibt **kein** Wondertool™, welches unsichtbare Schätze im Rauschen entdeckt!
- ▶ Wird Auflösung **verdoppelt**, so
  - ▶ **verdoppelt** man Speicherplatz von Audiodateien!
  - ▶ **vervierfacht** man Speicherplatz von Bild- und Filmdateien!
  - ▶ **verachtacht** man Speicherplatz von 3D-Voxel-Daten!
- ▶ Ist die Auflösung zu klein,
  - ▶ verliert man Information!
  - ▶ wirken Alias-Artefakte! (siehe Shannon-Niquist)

# Was ist die geeignete Auflösung? (6)

## Merksätze

- ▶ Ist die Auflösung zu groß, bezahlt man mit Rauschen!
- ▶ Es gibt **kein** Wondertool™, welches unsichtbare Schätze im Rauschen entdeckt!
- ▶ Wird Auflösung **verdoppelt**, so
  - ▶ **verdoppelt** man Speicherplatz von Audiodateien!
  - ▶ **vervierfacht** man Speicherplatz von Bild- und Filmdateien!
  - ▶ **verachtacht** man Speicherplatz von 3D-Voxel-Daten!
- ▶ Ist die Auflösung zu klein,
  - ▶ verliert man Information!
  - ▶ wirken Alias-Artefakte! (siehe Shannon-Niquist)

# Was ist die geeignete Auflösung? (6)

## Merksätze

- ▶ Ist die Auflösung zu groß, bezahlt man mit Rauschen!
- ▶ Es gibt **kein** Wondertool™, welches unsichtbare Schätze im Rauschen entdeckt!
- ▶ Wird Auflösung **verdoppelt**, so
  - ▶ **verdoppelt** man Speicherplatz von Audiodateien!
  - ▶ **vervierfacht** man Speicherplatz von Bild- und Filmdateien!
  - ▶ **verachtfach** man Speicherplatz von 3D-Voxel-Daten!
- ▶ Ist die Auflösung zu klein,
  - ▶ verliert man Information!
  - ▶ wirken Alias-Artefakte! (siehe Shannon-Niquist)

# Was ist die geeignete Auflösung? (6)

## Merksätze

- ▶ Ist die Auflösung zu groß, bezahlt man mit Rauschen!
- ▶ Es gibt **kein** Wondertool™, welches unsichtbare Schätze im Rauschen entdeckt!
- ▶ Wird Auflösung **verdoppelt**, so
  - ▶ **verdoppelt** man Speicherplatz von Audiodateien!
  - ▶ **vervierfacht** man Speicherplatz von Bild- und Filmdateien!
  - ▶ **verachtacht** man Speicherplatz von 3D-Voxel-Daten!
- ▶ Ist die Auflösung zu klein,
  - ▶ verliert man Information!
  - ▶ wirken Alias-Artefakte! (siehe Shannon-Niquist)

# Fazit

## Empfehlungen

- ▶ Bitte **nutzen** Sie ihren gesunden Menschenverstand!
- ▶ Lernen Sie ihr Material kennen!
- ▶ **Prüfen** Sie nach!
- ▶ Bitte trauen Sie keiner Empfehlung, die sie nicht selbst herausgebracht haben!

# Kontakt

## SLUB

<https://slubarchiv.slub-dresden.de>

## Vortragender

- ▶ <https://kulturreste.blogspot.de>
- ▶ <mailto:andreas.romeyme@slub-dresden.de>

# verschiedene Materialien / Auflösungen

## „Flachware“

- ▶ Monographie, 1 Seite, ~ 25MB, 300dpi, baseline TIFF, RGB
- ▶ Monographie, 1 Seite, ~ 44MB, 400dpi, baseline TIFF, RGB

# verschiedene Materialien / Auflösungen (2)

## Video/Film

je 24fps, ohne Overscan, RGB, 80 ... 200 lines/mm

- ▶ Film Normal **8mm: 22 ... 144 GB/h**, 8bit/channel <sup>a</sup>  
(~ 900...5900 Buchseiten)<sup>b</sup>
- ▶ Film Normal **16mm: 120 ... 746 GB/h**, 8bit/channel <sup>c</sup>  
(~ 4900...30600 Buchseiten)
- ▶ Film Normal **35mm: 1,06-6,6TB/h**, 16bit/channel, <sup>d</sup>  
(~ 44500...277000 Buchseiten)

Zum Vergleich: Zeitdauer für Kopie **1TB in 1GBit LAN: ~ 3h**

---

$$^a 4,5 * 3,3\text{mm}^2 \rightarrow 360 * 264 * 3 * 24/s * 3600s$$

$$^b \text{bei vollem Overscan: } 8 * 3,8\text{mm}^2 \rightarrow 46 \dots 294 \text{ GB/h}$$

$$^c 10,3 * 7,5\text{mm}^2 \rightarrow 824 * 600 * 3 * 24/s * 3600s$$

$$^d 22 * 16\text{mm}^2 \rightarrow 1760 * 1280 * 3 * 24/s * 3600s$$

# Quellennachweise

- [1] DFG-Praxisregeln "Digitalisierung". Deutsche Forschungsgemeinschaft, 21. März 2022. URL: [https://www.dfg.de/formulare/12\\_151/](https://www.dfg.de/formulare/12_151/) (besucht am 21.03.2022).
- [2] Jidong und McIntyre. Photographic Film - An Electron Microscopic Study. en. 21. März 2022. URL: <http://www2.optics.rochester.edu/workgroups/cml/opt307/jidong/> (besucht am 21.03.2022).
- [3] C.E. Shannon. "Communication in the presence of noise". In: Proceedings of the IEEE 72.9 (1984), S. 1192–1201. DOI: 10.1109/PROC.1984.12998.
- [4] Johannes Weber ua. Tonstudioteknik 1974. Deutsches Hifi-Museum, 1974. URL: <http://www.hifimuseum.de/2141.html> (besucht am 28.01.2022).
- [5] M. Unser. "Sampling-50 years after Shannon". In: Proceedings of the IEEE 88.4 (2000), S. 569–587. DOI: 10.1109/5.843002.
- [6] Tim Vitale. Film Grain, Resolution and Fundamental Film Particles. Version 9. 2016. URL: <https://www.tmax100.com/photo/pdf/film.pdf> (besucht am 21.03.2022).