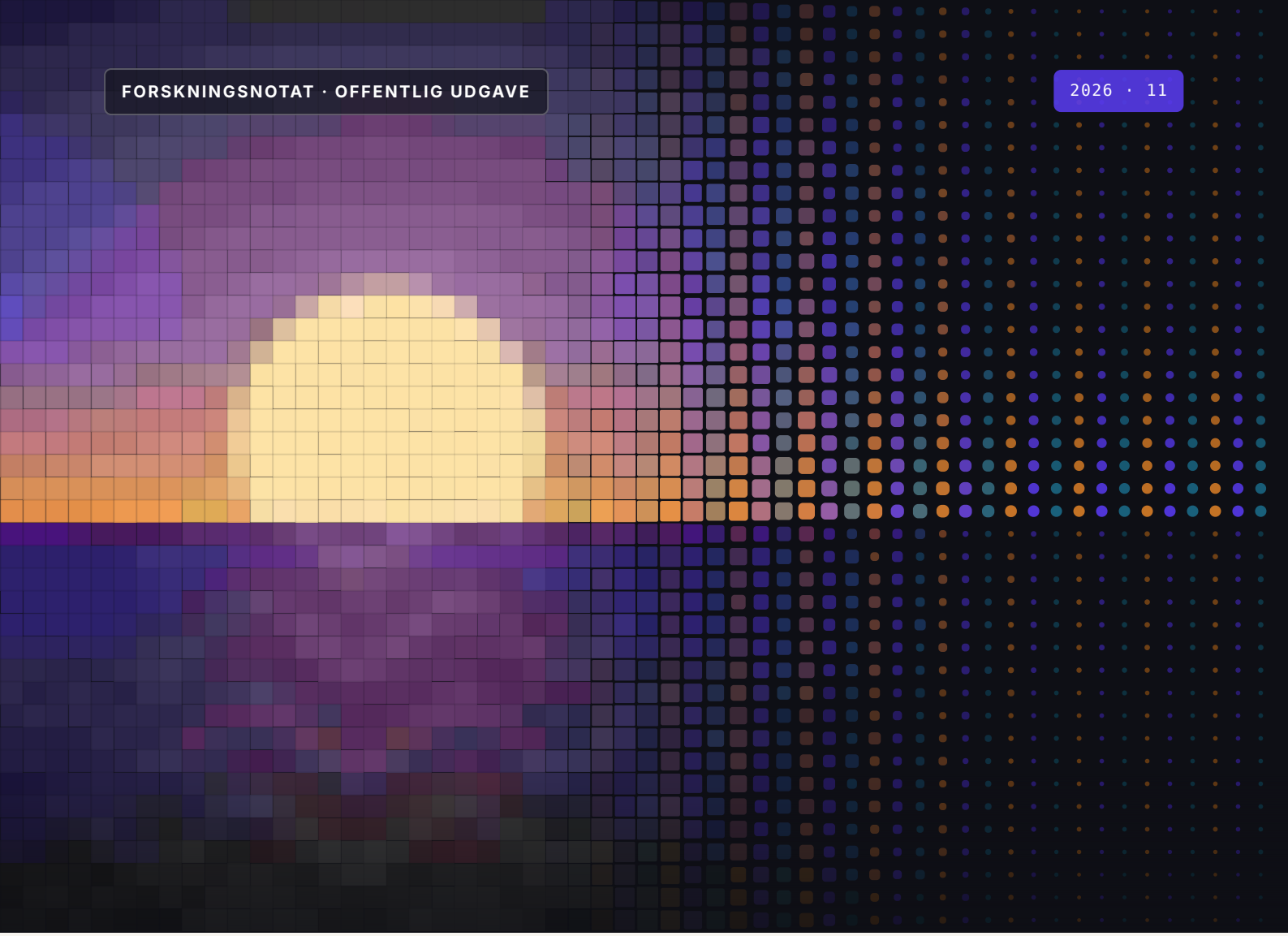



LÆRT KOMPRIMERING · AFSPILNING × SILICIUM

# Neural kodning i 2026

## Den bruges omkring codec'en, ikke i stedet for den

Afspilning · Fotografi · Opkald · Generativ AI · Spil · Silicium

**KONKLUSIONEN**

**Neurale netværk arbejder allerede i begge ender af de codecs, der bærer verdens video. Ende-til-ende-neurale codecs bruges kun i lukkede kredsløb, og massemarkedets skærme venter på H.267.**

**Tan Shuai**

Teknolog og stifter · AI-forsker og -udvikler

tanshuai.com · i@tanshuai.com

Data pr. 12. november 2026
Beløb i amerikanske dollar

INDHOLD

# Indhold




◆ **Sammenfatning** — Allerede udbredt, men omkring codec'en — 04

01 **Afgrænsning og metode** — Hvad »neural kodning« betyder her, og hvordan jeg undersøgte det — 07

02 **Afspilning og streaming** — Afspilning og streaming: neural i begge ender, standard i midten — 08

03 **Fotografi og billeder** — Fotografi og billeder: neural inde i kameraet, klassisk på nettet — 11

04 **Opkald og møder** — Opkald og møder: hvor ende-til-ende-neurale codecs faktisk bruges — 12

05 **Generativ AI** — Generativ AI: den største udrulning, som ingen kalder en codec — 14

06 **Spil og grafik** — Spil og grafik: neural rekonstruktion er udbredt, neurale assets er på vej — 15

07 **Specialforbindelser** — Specialforbindelser: satellitter, droner og robotter — 16

08 **Silicium** — Set fra chippen: energi, regnekraft, hukommelse og nøjagtighed — 17

09 **Standarder og patenter** — Standarder og patenter: hvor neurale værktøjer bliver licenserbare — 21

10 **Hvem tjener pengene** — Hvem tjener pengene, og hvor kan en virksomhed byde ind — 23

11 **Påstande og dokumentation** — Påstande, du vil høre, og hvad dokumentationen viser — 25

12 **Pejlemærker** — Værd at følge, 2027 til 2030 — 26

13 **Åbne spørgsmål** — 27

◆ **Om forfatteren** — Tan Shuai — 28

◆ **Kilder** — 29

FIGURER

# Figurer


| | | |
|---|---|---|
| FIG. 01 | Hvor neural kodning bruges i 2026 | 06 |
| FIG. 02 | Tre veje ind i en codec for et neuralt netværk | 07 |
| FIG. 03 | Fra færdig standard til massemarkedets skærme går det meste af et årti | 10 |
| FIG. 04 | I opkald slår en neural codec hardware-HEVC med 65–76 % | 13 |
| FIG. 05 | Når én virksomhed styrer hele stakken, breder neural rekonstruktion sig hurtigt | 15 |
| FIG. 06 | Energi pr. dekodet pixel: dedikerede dekodere er en størrelsesorden foran | 18 |
| FIG. 07 | Et neuralt værktøj koster titusinder af MAC'er pr. pixel; en hel neural dekoder koster hundredtusinder | 19 |
| FIG. 08 | Opdelingen, der bruges: dedikeret hardware til bitstrømmen, en neural accelerator til pixelbehandlingen | 20 |
| FIG. 09 | Hvem tjener på neural kodning i 2026 | 23 |


**Mærker i teksten**

- **estimat** forfatterens beregning eller slutning ud fra citerede data
- **leverandørpåstand** offentliggjort af den virksomhed, der sælger produktet, ikke uafhængigt efterprøvet
- **analyse** forfatterens fortolkning af dokumentationen

Dette er en oversættelse af den engelske udgave; ved uoverensstemmelser er den engelske udgave gældende.

Data pr. 12. november 2026 · Beløb i amerikanske dollar

SAMMENFATNING

# Allerede udbredt, men omkring codec'en

KONKLUSIONEN

**Neural kodning er allerede udbredt i 2026, men den arbejder omkring standardcodecs, ikke i stedet for dem.**

**≈75 %**
af den mobile datatrafik er video ved udgangen af 2025 (Ericsson)

**1,26 mia.**
smartphones leveret i 2025, der alle dekoder video i dedikeret hardware

**≈12×**
energien pr. pixel i en målt HEVC-dekoderchip med DRAM, for det eneste publicerede chipdesign til en neural dekoder

**≈22 TOPS**
vedvarende regnekraft til en neural dekoder i DCVC-RT-klassen ved 1080p30 estimat

**75,5 %**
lavere bitrate end hardware-HEVC for MLVC ved 360p i opkald, på Microsofts eget testsæt leverandørpåstand

**Ultimo 2029**
H.267 version 1, den første standard, der sandsynligvis bringer neurale værktøjer ud på alle skærme

**Hvor den bruges**

Neurale netværk kører nu i begge ender af de codecs, der bærer næsten al verdens video. På vej ind former de billedet: AI-billedsignalprocessorer i telefonkameraer og en neural nedskalerer i Netflix' kodningspipeline. På vej ud reparerer de det: YouTubes Super Resolution på tv, superopløsning hos Meta og tv-processorer, der reklamerer med hundredvis af neurale netværk. Imellem er bitstrømmen stadig AV1, HEVC, AVC eller VVC, dekodet af dedikeret hardware. Ingen streamingtjeneste sender et neuralt videoformat til tv eller telefoner; hvor en neural videodekoder kører på en enhed i dag, kører den inde i én virksomheds egen app.

**Lukkede kredsløb**

Ende-til-ende-neurale codecs, hvor både koderen og dekoderen er lærte, bruges kun i lukkede kredsløb, hvor én virksomhed styrer begge ender og kan falde tilbage på en standardcodec. Microsoft har brugt en AI-lydcodec i alle Teams- og Skype-opkald mellem to parter siden 2021, og i juli 2026 frigav virksomheden som open source MLVC, en neural videocodec, der nu rulles ud i peer-to-peer-opkald i Teams: ved 360p kræver den omkring 75 % lavere bitrate end hardware-HEVC for samme bedømte kvalitet. Alle modeller til generering af tale og video kører på en lært codec, fra taletokenizere på 12,5 Hz til video-VAE'er med et kompressionsforhold på 1:192. Neural teksturkomprimering er taget i brug i ét AAA-spil. Det er reelle udrulninger, og de har én betingelse til fælles: ingen andre skal dekode strømmen.

**Tidshorisont**

**Afspilning af neurale bitstrømme på massemarkedet venter på en standard og en chipcyklus.** Den første standard, der sandsynligvis kommer til at bære neurale værktøjer, VVC's efterfølger, som jeg vil kalde H.267, udsendte sin indkaldelse af forslag i juli 2026, evaluerer svarene i januar 2027 og sigter mod en første version ved udgangen af 2029. AV1 skulle bruge næsten otte år fra færdig specifikation til 30 % af Netflix' seertid. Efter det mønster kommer de første

H.267-chips omkring 2031, og bred udbredelse følger i midten af 2030'erne estimat. Imens er den næste codec, der når skærmene, AV2, som blev færdig i maj 2026 uden nogen neural dekoder, og tre IP-leverandører annoncerede kunder til AV2-dekodere inden for tre uger.

**Silicium**

**Årsagen ligger i chippen.** Det eneste publicerede chipdesign til en neural videodekoder kræver 14,6 nJ pr. pixel, omkring 12 gange så meget som en målt HEVC-dekoderchip medregnet dens DRAM og omkring 47 gange så meget som dens kerne alene. Microsofts forskningscodec til realtid, DCVC-RT, kræver efter min optælling af dens egen tabel pr. modul omkring 175 tusind multiply-accumulate-operationer pr. dekodet pixel, eller cirka 22 TOPS vedvarende regnekraft til 1080p30 estimat: omkring halvdelen af de 40 TOPS, der definerer en AI-pc, brugt på én videostrøm. En neural dekoder skal også give bitidentiske resultater på alle enheder, ellers bryder dens entropidekodning sammen. Derfor ofrer MLVC komprimering for at dekode identisk på tværs af NPU'er, og derfor kører den ved 540p, ikke 4K.

**Forretning**

**For en virksomhed følger pengene standarderne og platformene, ikke selvstændige neurale codecs.** Platformene beholder besparelserne fra neural for- og efterbehandling. IP-leverandører licenserer dedikerede dekodere til hver ny standard plus NPU'er til billedbehandling. Patentpuljer opkræver pr. enhed: 0,50 dollar pr. telefon og 1,00–1,50 dollar pr. 4K-tv for VVC i USA og andre Region 1-markeder. De tre bedst kendte startups med neurale codecs, WaveOne, iSIZE og Deep Render, blev købt af Apple, Sony og InterDigital. De åbne muligheder ligger i neural for- og efterbehandling, i produkter med lukkede kredsløb, i chips, der parrer en dedikeret codec med en NPU, og i evaluerings- og standardiseringsarbejdet midt imellem.

| Spørgsmål | Vurdering | Nøgletal (kilder i kapitlerne) |
|---|---|---|
| ① **Hvor bruges neural kodning i stor skala i dag?** | Omkring codec'en: kamera-ISP'er, nedskalering på kodersiden, superopløsning ved afspilning. Ende-til-ende kun i lukkede kredsløb: opkald, spil-assets, tokenizere i generativ AI | Video ≈75 % af den mobile datatrafik; 1,26 milliarder telefoner og ≈200 millioner tv leveret i 2025, der alle dekoder i dedikeret hardware; DLSS 4 i 250+ spil og apps |
| ② **Vil neurale codecs erstatte AV1, HEVC og VVC i afspilning? Hvornår?** | Ikke før en standard og en enhedscyklus. H.267 er den første realistiske bærer, og den vil sandsynligvis blande klassiske og neurale værktøjer | H.267: indkaldelse af forslag juli 2026, evaluering januar 2027, version 1 ultimo 2029; bred udbredelse i midten af 2030'erne estimat |
| ③ **Hvad koster det i silicium?** | En størrelsesorden mere energi pr. pixel end dedikeret dekodning i dag, plus hukommelsestrafik og et krav om bitnøjagtighed | 14,6 nJ/pixel (neural) mod 1,19 (HEVC med DRAM); ≈175 kMAC pr. dekodet pixel ≈ 22 TOPS ved 1080p30 estimat |
| ④ **Hvad tillader standarder og patenter?** | Neurale postfiltre kan allerede signaleres i VVC-strømme; JPEG AI er en ISO-standard; H.267 afgør, hvilke neurale værktøjer der bliver licenserbare | ECM (klassisk) ≈28 % bedre end VVC; neurale in-loop-filtre 6–14 % ved 10–22+ kMAC/pixel; ByteDance 645 patentfamilier i arbejdet på VVC's efterfølger |
| ⑤ **Hvem tjener pengene, og hvor kan en virksomhed byde ind?** | Platforme, IP-leverandører, patentindehavere. Rene startups med neurale codecs blev opkøbt. Sats på for- og efterbehandling, lukkede kredsløb, chips med codec plus NPU, evaluering | VVC-pulje 0,50 dollar pr. telefon; AV2-dekoder-IP licenseret få uger efter specifikationen; tre opkøb, vilkår ikke offentliggjort |
| ⑥ **Hvilke påstande bør tages med forbehold?** | Gevinster opgivet mod gamle codecs, ved lav opløsning, uden dekodningsomkostning eller fra demoer frem for udgivne produkter | MLVC: 88 % mindre end H.264, men 65–76 % mindre end hardware-HEVC; teksturer: 85 % VRAM-besparelse i en demo, omkring 30 % i det udgivne spil |

**FIG. 01**

## Hvor neural kodning bruges i 2026

Neurale netværk kører allerede i begge ender af de udbredte codecs. Ende-til-ende-neurale codecs bruges kun, hvor én virksomhed styrer både koderen og dekoderen.

| | Omkring en standardcodec<br>forbehandling, forbedring, opskalering | Ende-til-ende-neural codec<br>lært koder og dekoder | Inde i en standard<br>neurale værktøjer i en standardbitstrøm eller et API |
|---|---|---|---|
| 01 **Afspilning og streaming** | **I STOR SKALA**<br>Netflix' nedskalerer; superopløsning hos YouTube og Meta; AI-opskalerere i tv | **IKKE I BRUG**<br>Ingen streamingtjeneste sender et neuralt videoformat; tv og telefoner dekoder standardcodecs i hardware | **STANDARDISERES**<br>H.267 version 1 ventes ved udgangen af 2029; neurale værktøjer er blandt kandidaterne |
| 02 **Fotografi og billedbehandling** | **I STOR SKALA**<br>AI-ISP'er i flagskibstelefoner; en fuld neural ISP vist som IP på CES 2026 | **DEMOER, PILOTFORSØG**<br>JPEG AI er en ISO-standard: demoer på telefoner, intet produkt | **IKKE I BRUG**<br>Formatet, der vinder frem, er klassisk: JPEG XL slået til som standard i Chrome 155 |
| 03 **Opkald og møder** | **I STOR SKALA**<br>Superopløsning på modtagersiden og neural støjdæmpning | **I STOR SKALA**<br>Neural lyd i Teams-opkald mellem to parter siden 2021; MLVC-video rulles ud i Teams | **BEGRÆNSET UDRULNING**<br>Opus 1.5 tilføjer valgfrie, bagudkompatible ML-værktøjer |
| 04 **Generativ AI** | — | **I STOR SKALA**<br>Alle video- og stemmemodeller kører en lært tokenizer, f.eks. en video-VAE på 1:192 | — |
| 05 **Spil og grafik** | **I STOR SKALA**<br>Neural opskalering og frame generation: DLSS 4 alene i 250+ spil og apps | **BEGRÆNSET UDRULNING**<br>Neurale teksturer udgivet i ét AAA-spil; NVIDIA's SDK er i beta | **STANDARDISERES**<br>DirectX får matrixoperationer til shadere (preview) |
| 06 **Specialforbindelser: satellitter, robotter** | **DEMOER, PILOTFORSØG**<br>Gendannelse af feeds med lav bitrate på serversiden | **DEMOER, PILOTFORSØG**<br>Tabsrobuste neurale codecs i forskning og pilotforsøg | — |

**Kilde:** Dokumenter fra virksomheder, standardiseringsorganer og udviklere citeret i rapporten; status pr. 12. november 2026. Rækkerne er ordnet efter, hvor mange mennesker hvert område når.

AFGRÆNSNING OG METODE

# 01 Hvad »neural kodning« betyder her, og hvordan jeg undersøgte det

## Tre veje ind i en codec for et neuralt netværk

»Neural kodning« dækker over tre forskellige ting, og de fleste uenigheder om emnet skyldes, at de blandes sammen.

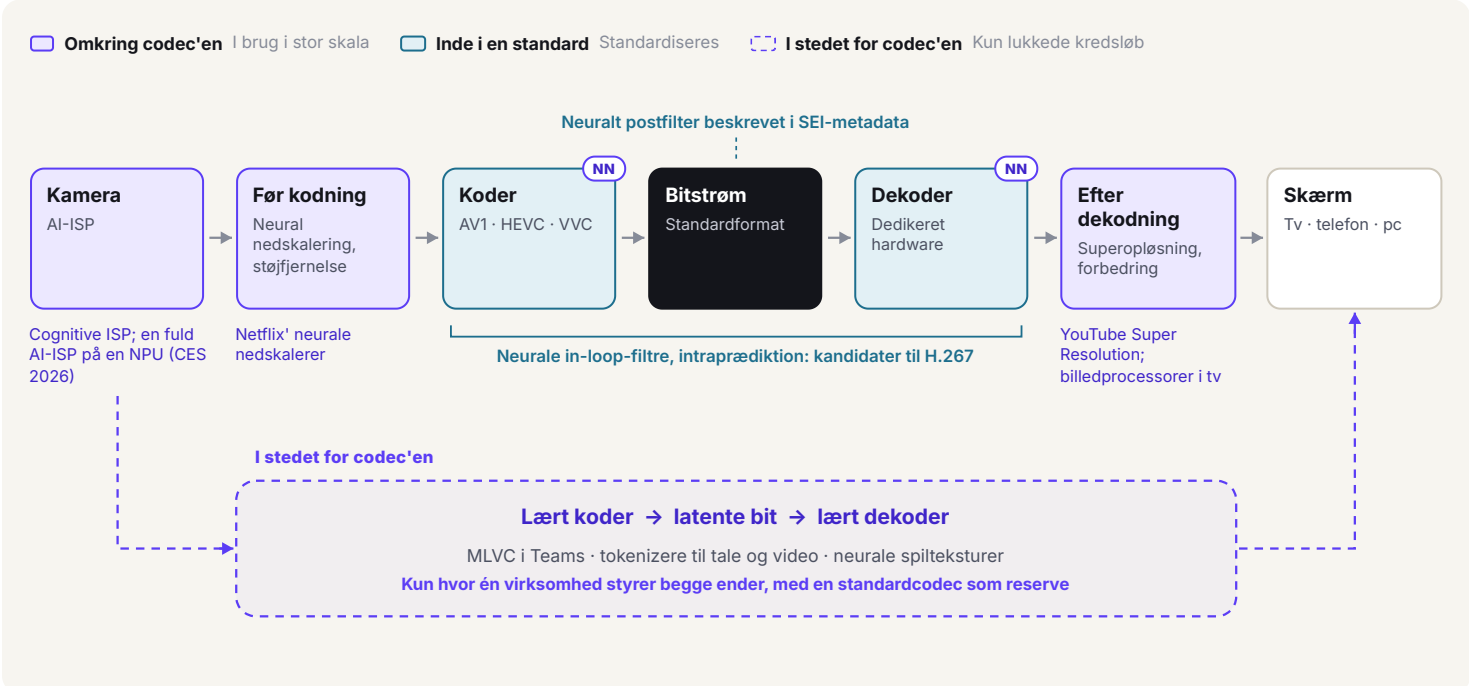
01 **Omkring codec'en.** Et netværk behandler pixels før kodning eller efter dekodning, og bitstrømmen forbliver standard. Eksempler: en AI-billedsignalprocessor (ISP) i et kamera, Netflix' neurale nedskalerer før koderen, superopløsning på et tv. Enhver enhed kan afspille strømmen; netværket ændrer kun det, der går ind, eller det, der kommer ud.

02 **Inde i en standard.** Et netværk bliver et værktøj i en standardcodec, for eksempel et neuralt in-loop-filter eller en intraprædiktor, som alle dekodere skal køre, så det skal specificeres nøjagtigt, typisk i heltalsaritmetik. En lettere form er et neuralt postfilter, som bitstrømmen beskriver i metadata, og som dekodere kan vælge at anvende.

03 **I stedet for codec'en.** Både koderen og dekoderen er lært fra ende til anden. Bitstrømmen er et sæt kvantiserede latente værdier, som kun det tilsvarende netværk kan dekode. Eksempler: Microsofts MLVC i Teams, taletokenizere i stemmemodeller, neurale teksturer i et spil.

FIG. 02 **Tre veje ind i en codec for et neuralt netværk**

Det meste af det, der bruges i 2026, arbejder omkring en standardcodec. Neurale værktøjer inde i en standard er ved at blive specificeret. Ende-til-ende-neurale codecs erstatter kun codec'en, hvor én virksomhed styrer begge ender.




**Kilde:** Forfatterens syntese af kilderne i denne rapport; status pr. 12. november 2026.

Den første slags kræver ingens tilladelse. Den anden kræver en standard. Den tredje kræver kontrol over begge ender. Det er den rækkefølge, de når ud til folk i, og den forklarer det meste af det, der følger.

### Ordnet efter den virkelige verden, ikke efter forskningens dagsorden

Forskningsartikler studerer mest den tredje slags, fordi det er dér, komprimeringsrekorderne er. Denne rapport ordner områderne efter, hvor mange mennesker de når ud til, fordi det er dét, der afgør, hvor penge og ingeniørarbejde går hen: afspilning og streaming først, derefter fotografi, opkald, generativ AI, spil og til sidst specialforbindelserne (satellitter, droner, robotter). Video udgør omkring 75 % af al mobil datatrafik ifølge Ericssons opgørelse ved udgangen af 2025. I 2025 leverede branchen omkring 1,26 milliarder smartphones (IDC) og cirka 196–209 millioner tv (estimater fra TrendForce og Omdia). Hver eneste af dem dekoder video i dedikeret hardware.

### Sådan arbejdede jeg

Dette er en skrivebordsundersøgelse, udført på samme måde, som jeg ville gennemgå en chip eller en produktplan. Jeg læste standarddokumenter og mødereferater (JVET, MPEG, JPEG, AOMedia, IETF), virksomheders ingeniørblogs og udgivelsesnoter, chipartikler, patentpuljers prislister, tekster om eksportkontrol og pressen. Alle tal har en dato. Hvor jeg selv udleder et tal, f.eks. regnekraft pr. pixel ud fra en artikels tabeller, siger jeg det og markerer det estimat. Påstande, jeg ikke har kunnet efterprøve mod en primærkilde, er markeret leverandørpåstand. Beløb er i amerikanske dollar. Status er pr. 12. november 2026.

Jeg sammenligner æbler med æbler, hvor jeg kan, og siger det, hvor jeg ikke kan. Komprimeringsgevinster betyder ikke meget uden fire ting: referencen (gevinst i forhold til hvad), kvalitetsmålet (PSNR, VMAF eller et panel af seere), indholdet og opløsningen, og hvad det koster at dekode. Det meste af uenigheden om neurale codecs forsvinder, når de fire ting er oplyst.

KAPITEL 02

AFSPILNING OG STREAMING

# 02 Afspilning og streaming: neural i begge ender, standard i midten

### Det, seerne modtager, er stadig en standardbitstrøm

De største videotjenester har afsluttet én codecovergang og er ved at begynde den næste, og ingen af dem involverer en neural dekoder. I december 2025 oplyste Netflix, at AV1 stod for omkring 30 % af tjenestens seertid og var dens næstmest brugte codec efter AVC. AV1 nåede først ud på tv, da hardwaredekoderne gjorde det: Netflix tilføjede AV1 til sin enhedscertificering i 2019, streamede det til tv fra slutningen af 2021 og oplyser, at 88 % af de storskærmsenheder, der blev indsendt til certificering mellem 2021 og 2025, understøttede det, næsten alle siden 2023. YouTube oplyste, at pr. 19. marts 2026 var over 90 % af kataloget, vægtet efter seertid, tilgængeligt i AV1.

AV2, AV1's efterfølger fra Alliance for Open Media, nåede version 1.0.0 den 28. maj 2026 med omkring 30 % bedre komprimering end AV1 ifølge AOMedias objektive målinger. YouTube planlægger AV2-streams på nettet »allerede i begyndelsen af 2027«. Chipsene fulgte med det samme: Chips&Media færdiggjorde en AV2-hardwaredekoder i maj og licenserede den i juni til en unavngiven nordamerikansk big tech-virksomhed; Allegro DVT havde leveret sin AV2-dekoder-IP til tre kunder senest den 16. juni; VeriSilicon havde frigivet en video-IP med AV2-understøttelse til flere kunder senest den 10. juni. AV2 er en klassisk codec: gevinsterne kommer fra bedre

partitionering, prædiktion, transformationer og in-loop-filtre (et af dem et »datadrevet« guidet detaljefilter), ikke fra et ende-til-ende-netværk.

VVC, den nuværende ITU/ISO-standard, kom for første gang i brug i tv-udsendelser i Brasilien, hvis DTV+-system (TV 3.0) gik i kommerciel drift i juni 2026, timet til fodbold-VM. Pr. juli 2026 havde intet tv til salg i Brasilien en indbygget DTV+-modtager; de første ventes mellem slutningen af 2026 og begyndelsen af 2027.

## Ved koderen: Netflix' neurale nedskalerer

Det reneste eksempel på neural kodning i afspilning har kørt siden 2022 og ændrer intet af det, seerens enhed skal gøre. Netflix koder hver titel i flere opløsninger, og nedskaleringstrinnet, der laver 1080p, 720p og 540p ud fra en 4K-master, brugte traditionelt et fast filter som Lanczos. Netflix erstattede det med et lille neuralt netværk, en forbehandlingsblok efterfulgt af en skaleringsblok, trænet til at forbedre den kvalitet, der ses efter en standardopskalerer på enheden. Netflix beskriver det som en drop-in-løsning: ingen andre ændringer på kodersiden eller på klientsiden, så »millioner af enheder, der understøtter streaming fra Netflix, automatisk får gavn af det«. I Netflix' præferencetest valgte omkring 77 % af seerne resultatet fra den neurale nedskalerer leverandørpåstand. For at holde omkostningen acceptabel i Netflix' skala var »blot nogle få lag i det neurale netværk tilstrækkelige«.

Det er mønstret, man skal huske. Netværket kører én gang pr. titel i datacentret, hvor regnekraft er billig og kan planlægges, og resultatet er en helt almindelig AV1- eller HEVC-strøm.

## Ved skærmen: superopløsning i appen og i tv'et

I den anden ende reparerer netværk det, som codec'en og kilden har mistet. Den 29. oktober 2025 annoncerede YouTube Super Resolution til sin tv-app: videoer, der er uploadet under 1080p, fra 240p til 720p, opskaleres til HD med maskinlæring, med 4K som det erklærede mål. De opskalerede versioner er mærket, seerne kan skifte tilbage til originalen, og skaberne kan fravælge funktionen. Meta beskrev i oktober 2025, hvordan virksomheden kører superopløsning af video både på sine servere ved upload, på almindelige x86-CPU'er i samarbejde med Intel, og på klienten ved afspilning, og konstaterede, at de to supplerer hinanden. Tv-producenterne gør det samme i silicium: Samsungs 8K-flagskibsprocessor, NQ8 AI Gen3, reklamerer med 768 neurale netværk til opskalering.

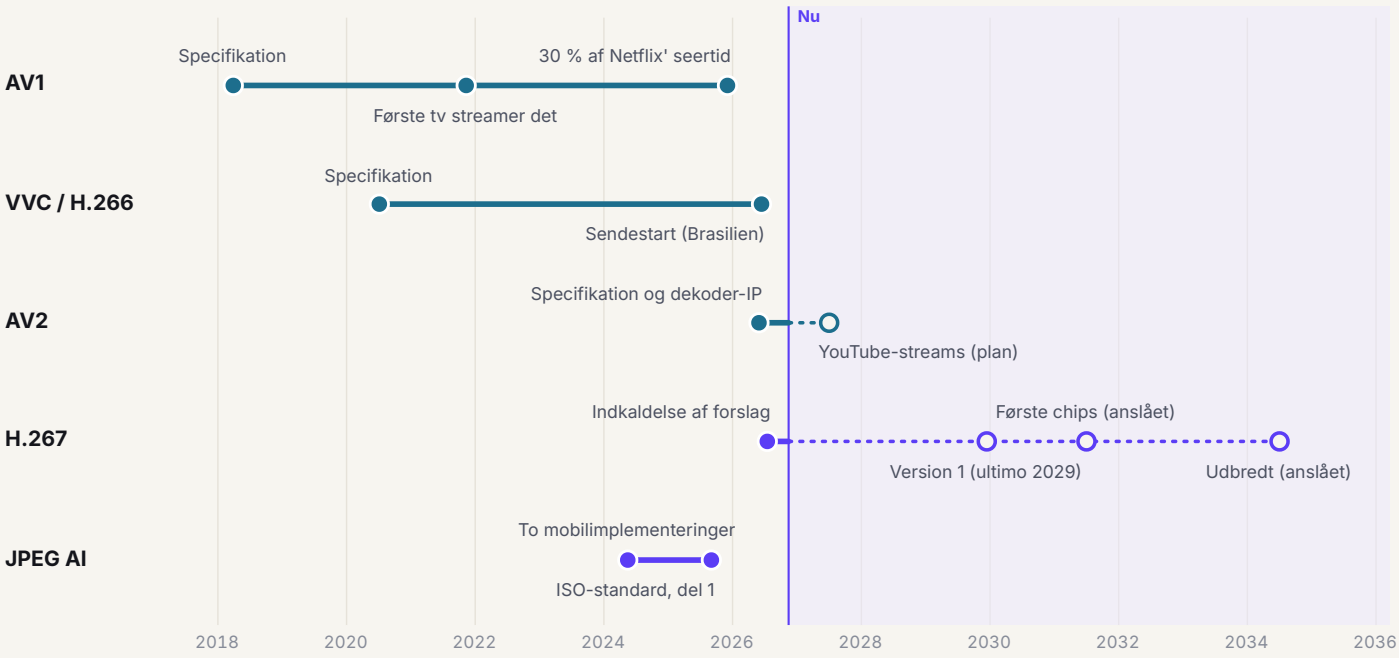
Økonomien afhænger af, hvor netværket kører. Behandling på serversiden koster platformen regnekraft for hver video, den rører ved. Behandling på enheden koster ikke platformen noget; den bruger en NPU, køberen allerede har betalt for. Derfor kommer de største gevinster i 2026 fra begge dele.

## Hvorfor intet tv dekoder en neural bitstrøm

Et afspilningsformat skal kunne dekodes på alle enheder, der nogensinde skal afspille det, og de enheder holder i årevis. Det gør vejen fra færdig standard til massemarkedets skærme langsom selv for klassiske codecs. AV1's specifikation blev færdig i marts 2018; softwaredekoderen dav1d fulgte inden for få måneder; tv streamede det fra slutningen af 2021; det nåede omkring 30 % af Netflix' seertid i december 2025, næsten otte år efter specifikationen. VVC blev færdig i juli 2020 og nåede sin første broadcasttjeneste i juni 2026.

**FIG. 03** **Fra færdig standard til massemarkedets skærme går det meste af et årti**

Afspilning kræver en hardwaredekoder i enheden. AV1 tog næsten otte år fra færdig specifikation til 30 % af Netflix' seertid; den første standard, der sandsynligvis bringer neurale værktøjer, ventes i slutningen af 2029.




**Kilde:** Netflix Tech Blog (dec. 2025); AOMedia; Allegro DVT; TV Technology; Fraunhofer IIS om Brasiliens DTV+; MPEG-155; JPEG-komitéen; ISO. Åbne markeringer er mål eller forfatterens estimater.

En neural bitstrøm tilføjer to problemer, som klassiske codecs løste for længe siden: energi pr. pixel og bitnøjagtig dekodning. Begge behandles i kapitel 8. Tilsammen betyder de, at ingen tv- eller telefonproducent vil sætte en neural videodekoder i alle enheder, før en standard fortæller præcis, hvad der skal bygges.

## Hvad der kunne ændre det: H.267

Den standard, der kunne bringe neurale værktøjer ud på alle skærme, er VVC's efterfølger, som udvikles i fællesskab af ITU-T og ISO/IEC i Joint Video Experts Team (JVET). Navnet er ikke endeligt; jeg kalder den H.267, som store dele af branchen gør.

I oktober 2025 evaluerede JVET svarene på en indkaldelse af dokumentation: fem svar fra 16 virksomheder og forskningslaboratorier, med 20 testede codec-konfigurationer. Komitéen fandt belæg for bedre komprimering end VVC og vurderede både forbedret konventionel teknologi og teknologi baseret på neurale netværk som »interessante«. Neurale tilgange viste tydelige perceptuelle gevinster, især på 8K HDR-indhold, og mindre gevinster på spilindhold. InterDigital, en af respondenterne, indsendte ét design baseret på den konventionelle Enhanced Compression Model (ECM) og ét, der lagde AI-værktøjer oven på VVC.

Den formelle indkaldelse af forslag blev udsendt på mødet i Genève i juli 2026. Hovedbidragene skulle indsendes ved udgangen af oktober 2026, en supplerende pakke skal indsendes i midten af december, og svarene evalueres på JVET-mødet i Brisbane i januar 2027. JVET forventer en første testmodel i andet halvår 2027 og en første version af standarden ved udgangen af 2029 og kalder arbejdet »sandsynligvis en større indsats end nogensinde før for at sætte gang i en ny standard«.

Det klassiske spor sætter barren højt. ECM, bygget med konventionel signalbehandling, sparer cirka 28 % i forhold til VVC i random access-konfiguration. JVET's udforskning af neurale netværk rapporterer in-loop-filtre, der sparer omkring 6 % ved 10 tusind multiply-accumulate-operationer pr. pixel, 8 % ved 22 tusind og 14 % ved et ar-

bejdspunkt med høj kompleksitet. Min læsning er, at H.267 højst sandsynligt bliver en klassisk kerne med nogle få neurale værktøjer, hvor de sparede bit retfærdiggør dekoderomkostningen, og at evalueringen i januar 2027 vil vise, hvor mange analyse.

Der findes allerede en bro. VVC- og HEVC-strømme kan bære supplemental enhancement information (SEI), der beskriver et neuralt postfilter, som dekodersiden kan anvende, og de nye udgaver af VVC og af dens SEI-standard (VSEI), der blev færdige i oktober 2025, udvidede disse meddelelser. En strøm kan angive, hvilket netværk der skal køres efter dekodningen, uden at alle dekodere skal køre det.

### Hvad det betyder for virksomheder inden for afspilning

Sælg det, der virker omkring codec'en, nu: forbehandling på kodersiden til tjenester og efterbehandlingsblokke og tuning til chips i tv og set-top-bokse. Indtil 2030'erne bør du ikke bygge en afspilningsforretning på en neural bitstrøm, der skal dekodes på tredjepartsenheder. Hvis du laver chips, er den kortsigtede omsætning AV2- og VVC-dekodere; den neurale del er en NPU-sti til forbedring ved siden af dem (kapitel 8).

KAPITEL 03

FOTOGRAFI OG BILLEDER

# 03 Fotografi og billeder: neural inde i kameraet, klassisk på nettet

### Kamerapipelinen er allerede neural

Hvert foto fra en nyere flagskibstelefon har passeret neurale netværk, før det komprimeres. Qualcomms Snapdragon 8 Gen 2, i telefoner fra 2023, introducerede en »Cognitive ISP«, der kører semantisk segmentering i realtid under foto- og videooptagelse og justerer ansigter, hår, himmel og baggrunde hver for sig; Samsungs Galaxy S23 Ultra var den første telefon, der brugte den på selfiekameraet. I januar 2026 viste Chips&Media og Visionary.ai på CES det, de kalder den første fulde AI-baserede ISP: en ende-til-ende-billedpipeline, der kører helt på en NPU, Chips&Medias WAVE-N, i 16-bit flydende komma, uden en dedikeret ISP, og som kan opdateres trådløst. »Eksisterende pipelines skruer neurale blokke på en dedikeret ISP. Vi erstatter den konventionelle ISP fuldstændigt,« sagde Visionary.ai's administrerende direktør. Den blev tilbudt producenterne til evaluering efter messen.

Derefter gemmes resultatet som JPEG eller HEIF, klassiske formater, som enhver enhed kan åbne. Mønstret er det samme som i afspilning: neuralt inden for én virksomheds pipeline, standard ved grænsen.

### JPEG AI: en færdig neural standard, endnu uden produkter

JPEG AI er den første standard for lært billedkodning fra ISO/IEC og ITU-T (ISO/IEC 6048, ITU-T T.840). Del 1, selve kodningssystemet, blev udgivet i 2025. JPEG-komitéen rapporterer komprimeringsgevinster på 12,5 % til 27,9 % i forhold til VVC-intrakodning over et spænd i dekoderkompleksitet fra 7 til 216 tusind multiply-accumulate-operationer pr. pixel. Designet har to kodere og tre dekodere, trænet sammen, så en modtager kan nøjes med at implementere én dekoder og stadig læse alle strømme. I maj 2024 havde komitéen rapporteret to implementeringer på smartphones. Parallelt udgav IEEE i december 2024 IEEE 1857.11-2024, en standard for billedkodning baseret på neurale netværk og designet til NPU'er.

Pr. november 2026 fandt jeg intet telefonkamera, ingen fotoapp og ingen browser, der skriver eller læser JPEG AI som standardformat.

### Det, nettet valgte i stedet: JPEG XL

Det billedformat, der faktisk vandt frem i 2026, er klassisk. Den 6. oktober 2026 slog Google dekodning af JPEG XL til som standard i Chrome 155 med en ny hukommelsessikker dekoder skrevet i Rust, fire år efter at virksomheden havde fjernet den eksperimentelle understøttelse. Safari har dekodet JPEG XL siden 2023, og Mozilla har bevæget sig i samme retning. Googles argumenter for formatet er bedre komprimering end JPEG, tabsfri genkomprimering af eksisterende JPEG-filer, HDR og progressiv dekodning.

Lektien gælder bredt. Et format, der skal kunne åbnes overalt, vinder med en hurtig, deterministisk dekoder, der kører på enhver CPU og kan gøres hukommelsessikker. En neural billeddekoder kræver en NPU eller GPU og nøjagtig aritmetik på tværs af enheder. Neural kodning vinder inden for en enheds egen pipeline og i systemer, hvor den samme virksomhed koder og dekoder, f.eks. en fototjeneste i skyen, der aldrig giver den komprimerede fil videre til andre.

### Hvad det betyder for virksomheder inden for billedbehandling

Pengene ligger i optagepipelinen: IP til AI-ISP'er, NPU'er dimensioneret til billedbehandling og det tuningarbejde, som kameraproducenter køber. Til lagring og levering er en lært billedcodec i dag et værktøj til lukkede systemer, ikke et format at satse på.

KAPITEL 04

OPKALD OG MØDER

# 04 Opkald og møder: hvor ende-til-ende-neurale codecs faktisk bruges

### Lyden kom først

Microsoft præsenterede Satin, en AI-drevet talecodec, i februar 2021 og oplyste, at den allerede blev brugt til alle opkald mellem to parter i Teams og Skype. Satin leverer superbredbåndstale, op til 16 kHz lydbåndbredde, ved 6 kbps, hvor Skypes tidligere codec Silk var smalbåndet ved den bitrate. Den bitrate, der spares, bruges på redundans, så opkaldene klarer pakketab bedre.

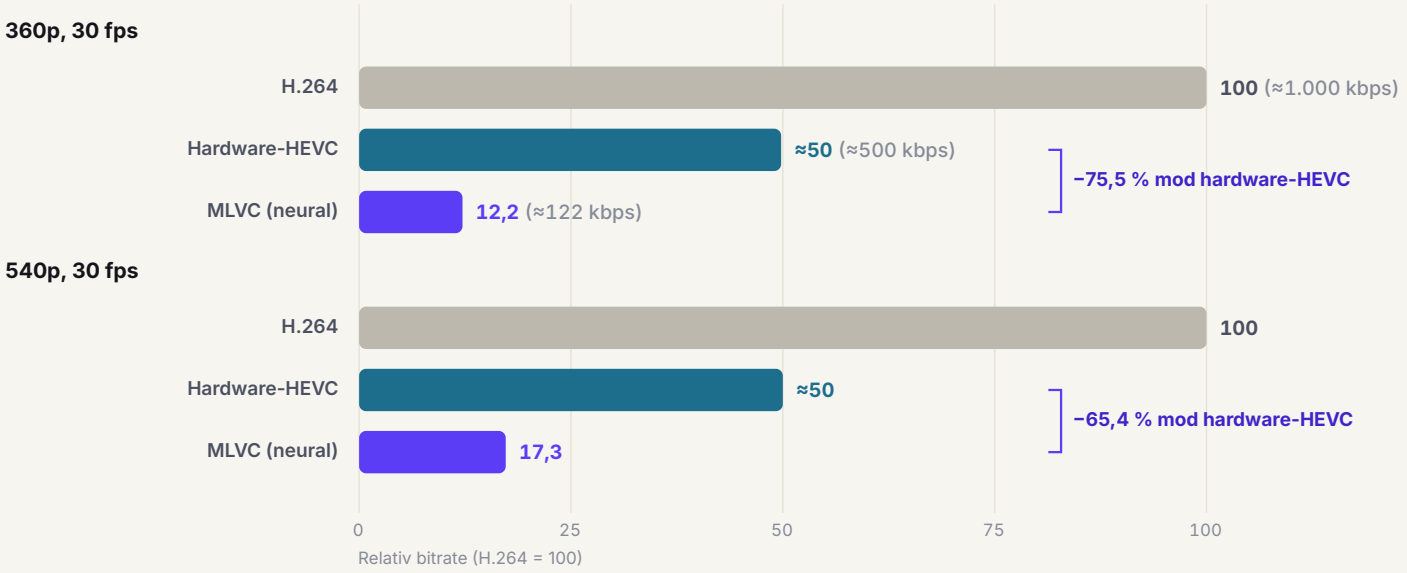
### MLVC: en neural videocodec i opkald i produktion

Den 24. juli 2026 udgav Microsoft MLVC, sin videocodec baseret på maskinlæring, som open source under MIT-licensen, med modelkoden, de trænede vægte, træningsscripts og de konverteringsværktøjer, der målretter forskellige NPU'er. MLVC er produktversionen af den DCVC-familie, som Microsoft Research har publiceret siden 2021. Microsoft oplyser, at MLVC rulles ud i Teams til peer-to-peer-opkald med live-telemetri, A/B-test og de konventionelle codecs som reserve.

MLVC kører ved 540p og 360p med 30 billeder pr. sekund og er konstrueret til at bruge højst halvdelen af NPU'en på Apples Neural Engine og på NPU'er fra Qualcomm og Intel, idet arbejdet deles mellem CPU og NPU. I subjektive test efter ITU-T P.910 på Microsofts eget Video Conferencing Dataset krævede den 87,8 % lavere bitrate end H.264 og 75,5 % lavere end hardware-HEVC ved 360p og 82,7 % og 65,4 % lavere ved 540p leverandørpåstand. Ved 360p svarer det til cirka 122 kbps, hvor H.264 kræver omkring 1 Mbps.

**FIG. 04** **I opkald slår en neural codec hardware-HEVC med 65–76 %**

Bitrate, der kræves for samme bedømte kvalitet på Microsofts testsæt til videokonferencer, H.264 = 100. MLVC kører på NPU'er i bærbare og telefoner ved op til 540p30 og bruger højst halvdelen af NPU'en.




**Kilde:** Microsoft, udgivelsen af MLVC (24. juli 2026): subjektive test efter ITU-T P.910 på virksomhedens Video Conferencing Dataset. HEVC-søjlerne er udledt af de rapporterede besparelser. Leverandørpåstande, ikke uafhængige målinger.

To ting dæmper overskriftstallet. De 88 % er i forhold til H.264; i forhold til den hardware-HEVC, som de samme bærbare allerede indeholder, er det 65–76 %, stadig meget. Og MLVC opgav komprimering for at kunne rulles ud: en uafhængig analyse bemærker, at en perceptuelt trænet DCVC-RT opnår 81,9 % på samme mål, hvor MLVC opnår 75,5 %. Prisen for at dekode identisk på hardware, som Microsoft ikke ejer, var omkring seks procentpoint.

## Hvorfor opkald er det naturlige hjem

Et opkald er et lukket kredsløb. Begge endepunkter kører samme program, forhandler ved opkaldets start om, hvad de kan, og kan falde tilbage på en standardcodec midt i det. Opløsningerne er beskedne, netværkene er ofte dårlige, og de bærbare i begge ender leveres nu med NPU'er, som telefoner har gjort i årevis. Microsoft sætter barren for sine AI-pc'er ved en NPU på 40 TOPS, og Apples M4 Neural Engine er angivet til 38 TOPS. Alle de forhold, der blokerer en neural codec i afspilning, er fraværende her.

## Modeksemplerne: Opus og MLow

Ikke alle opkaldsplatforme traf samme valg, og grundene er lærerige.

Opus, den åbne lydcodec i WebRTC og de fleste opkaldsapps, fik deep learning i version 1.5 (marts 2024) og brugte dermed for første gang netværk til at behandle eller generere selve signalet. Men de blev tilføjet som valgmuligheder: forbedring på dekodersiden (LACE og NoLACE), der ikke kræver ændringer i bitstrømmen, en neural maskering af pakketab og en ordning for dyb redundans (DRED); alle er som udgangspunkt slået fra, så gamle enheder ikke belastes. Opus 1.6 tilføjede en neural båndbreddeudvidelse og en DRED-model, der er tre gange mindre, og forbliver fuldt kompatibel med standarden fra 2012. Tilgangen er »inde i en standard, valgfri og bagudkompatibel«.

Meta gik endnu længere tilbage. I juni 2024 lancerede virksomheden MLow, en talecodec til lav bitrate bygget på klassisk signalbehandling frem for et netværk, nu i alle opkald i Instagram og Messenger og på vej ud på WhatsApp. Metas begrundelse var enhederne: over 20 % af virksomhedens opkald foretages på ARMv7-telefoner, og

titals millioner WhatsApp-opkald om dagen kører på telefoner, der er over ti år gamle. Neurale codecs, herunder Metas egen EnCodec, kører kun pålideligt på dyre telefoner, skrev Meta. MLow leverer omkring dobbelt så god kvalitet som Opus ved 6 kbps og bruger samtidig 10 % mindre regnekraft.

For en tjeneste, hvis brugere spænder fra bærbare flagskibsmodeller til ti år gamle telefoner, er det kompleksitetsbudgettet, der afgør det. Neurale codecs kommer først i brug, hvor den installerede base er ny, og leverandøren styrer begge ender.

### Hvad det betyder for virksomheder inden for kommunikation

Videokonferencer i virksomheder, telepresence, fjernassistance, contribution-forbindelser og private netværk er de steder, hvor en ende-til-ende-neural codec er et produkt i dag, forudsat at begge ender er dine. Planlæg tre ting fra starten: en reservecodec, dekodningstest på alle de NPU'er, du understøtter, og en kvalitetsevaluering på dit eget indhold frem for en leverandørs datasæt.

KAPITEL 05

GENERATIV AI

# 05 Generativ AI: den største udrulning, som ingen kalder en codec

### Alle stemme- og videomodeller kører på en lært codec

Den største udrulning af ende-til-ende-neural komprimering findes ikke i nogen codecstandard. Den findes inde i generativ AI. En talemodel lytter ikke til bølgeformer og producerer dem ikke direkte: den læser og skriver de diskrete tokens fra en lært lydcodec. Kyutais Mimi, udgivet i 2024, omsætter tale til tokens med 12,5 frames pr. sekund og 1,1 kbps, lavere end nogen telefonicodec, og kombinerer semantisk og akustisk information i én strøm. Metas EnCodec, publiceret i 2022, er en anden; Metas egne ingeniører beskrev senere den slags codecs som fremragende ved lave bitrater, men for tunge til ældre telefoner (kapitel 4).

Videogenerering fungerer på samme måde. En diffusions- eller transformermodel genererer i det latente rum i en lært video-autoencoder (VAE), og VAE'ens dekoder omsætter resultatet til pixels. LTX-Videos VAE komprimerer video 1:192: hvert latent token står for en blok på 32×32 pixels over 8 billeder med 128 kanaler. Dekoderen udfører også det sidste støjfjernelsestrin, så den til dels genererer detaljer i stedet for blot at rekonstruere dem.

### Hvorfor de ikke er distributionsformater

Disse codecs kører ved hver forespørgsel til en stemme- eller videomodel, men ingen af dem er et format, som andre dekoder. Hver model har sit eget latente rum; der er ingen bitratestyring, ingen konformitetstest og ingen garanti for, at en anden dekoder ville give det samme billede. De er designet til genereringskvalitet, ikke til gengivelsestroskab ved en given bitrate, og de dekoder på GPU'er i datacentre. Deres succes viser, at lært komprimering virker i stor skala, når én virksomhed ejer koderen, dekoderen og hardwaren.

### Hvad det betyder for virksomheder

To praktiske pointer. For det første er tokenizerens effektivitet en direkte omkostningspost for alle, der leverer generativ video eller stemme: for en transformer, der laver attention over alle tokens, vokser regnekraften hurtigere end antallet af tokens, så en mere komprimerende latent repræsentation sænker genereringsomkostningen mere

end proportionalt analyse. Codecingeniører, der forstår design af latente repræsentationer, entropimodeller og dekodereffektivitet, er værdifulde for teams inden for generativ AI. For det andet flytter grænsen sig: standardiseringsorganer er begyndt at arbejde med kodning til maskiner frem for mennesker. MPEG's Video Coding for Machines (ISO/IEC 23888-2) nåede status som udkast til international standard i begyndelsen af 2026 og skal efter planen være færdig i slutningen af 2026, og JPEG AI blev fra starten designet til at betjene opgaver inden for computersyn såvel som menneskelige seere.

KAPITEL 06

SPIL OG GRAFIK

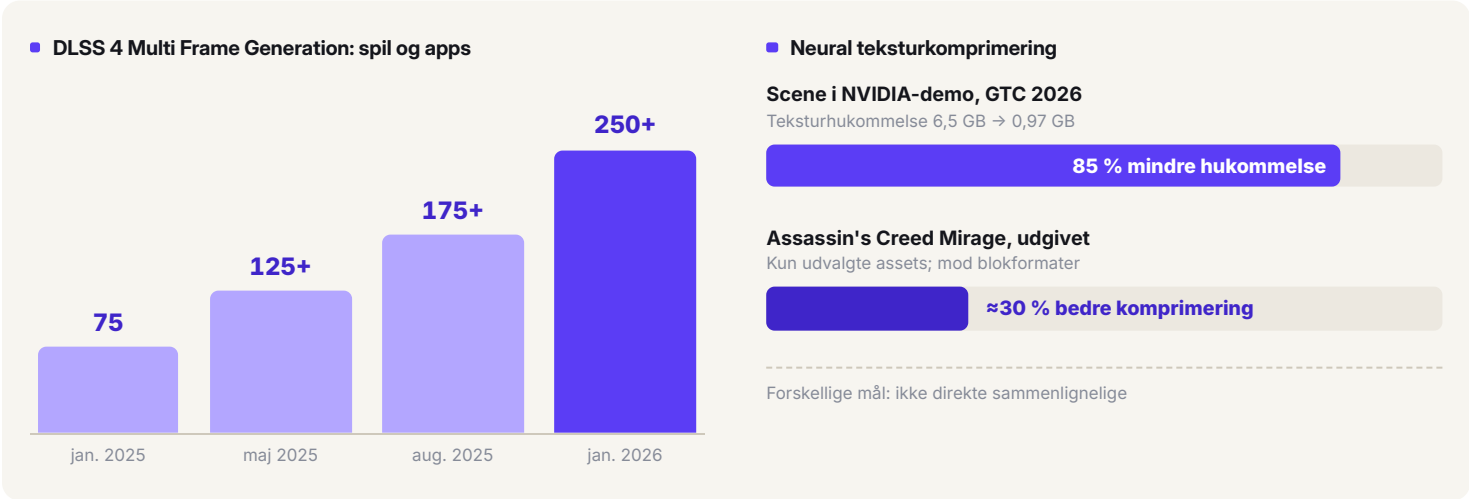
# 06 Spil og grafik: neural rekonstruktion er udbredt, neurale assets er på vej

## At rendere færre pixels og lade et netværk udfylde resten

I realtidsgrafik rekonstruerer et netværk allerede det meste af det, spillerne ser. NVIDIA's DLSS renderer færre pixels og færre billeder og bruger netværk til at frembringe resten. DLSS 4 med Multi Frame Generation blev lanceret i januar 2025 med understøttelse i 75 spil og apps; NVIDIA talte over 125 i maj 2025, over 175 i august og over 250 i januar 2026, da virksomheden annoncerede DLSS 4.5 med en transformermodel af anden generation til superopløsning. Det er en dekoder i alt andet end navnet: »bitstrømmen« er et billede i lav opløsning plus bevægelsesdata, og netværket genopbygger hele billedet.

FIG. 05 **Når én virksomhed styrer hele stakken, breder neural rekonstruktion sig hurtigt**

Venstre: spil og apps med understøttelse af NVIDIA's DLSS 4 Multi Frame Generation. Højre: neural teksturkomprimering i en demonstrationsscene og i et udgivet spil, der kun brugte den på udvalgte assets på grund af omkostningen under kørsel.




**Kilde:** NVIDIA (januar 2025 til januar 2026; demo på GTC 2026); Ubisoft La Forge (februar 2026). Leverandørpåstande; de to teksturtal måler forskellige ting.

## Neurale teksturer er taget i brug, selektivt

Teksturer komprimeres i faste blokformater (BCn), som GPU'er dekoder i hardware. Neural teksturkomprimering erstatter et sæt materialeteksturer med en kompakt latent repræsentation og et lille netværk, der rekonstruerer texels, når der er brug for dem. I februar 2026 beskrev Ubisofts laboratorium La Forge, hvordan teknikken kom med

i Assassin's Creed Mirage, et spil fra 2023, med omkring 30 % højere effektiv komprimering end de konventionelle formater ved samme visuelle kvalitet leverandørpåstand. Den blev ikke brugt overalt: »brugen var begrænset af ydeevnen under kørsel«, så Ubisoft anvendte den på en delmængde af assets med mange instanser og stort pres på hukommelsen.

NVIDIA's RTX Neural Texture Compression SDK, i beta på GitHub, viser loftet. I en demonstration på GTC 2026 krævede en villascene, der brugte 6,5 GB teksturhukommelse med BCn, 970 MB med neurale teksturer, 85 % mindre leverandørpåstand. SDK'et tilbyder to veje: dekodning ved indlæsning til BCn, som sparer diskplads og downloadstørrelse, men ikke videohukommelse, eller dekodning ved sampling, som sparer hukommelsen, men koster shadertid i hvert billede.

### API'et er på vej

Grafik-API'er er ved at få de matrixoperationer, som neural dekodning kræver inde i shadere. Microsoft udgav Shader Model 6.9 i februar 2026; funktionen cooperative vector, som Microsoft viste som preview i 2025, blev lagt ind i et samlet design for lineær algebra til en senere shadermodel, og DirectX Linear Algebra kom i offentlig preview i april 2026. Når det er i alle drivere, kan en neural teksturdekoder køre på alle leverandørers GPU'er fra én kodesti.

### Hvad det betyder for virksomheder

Spil bruger neural dekodning, fordi betingelserne for et lukket kredsløb er opfyldt: én motor, én asset-pipeline, tensorhardware i GPU'en og et reserveformat. Det åbne arbejde ligger i værktøjer, asset-pipelines, der koder neurale materialer, runtimes på tværs af leverandører og frem for alt mobil, hvor energiomkostningen pr. dekodet texel afgør det.

KAPITEL 07

07

SPECIALFORBINDELSER

## Specialforbindelser: satellitter, droner og robotter

Det er de tilfælde, hvor ende-til-ende-neural kodning passer bedst på papiret. Én ejer styrer begge ender af forbindelsen, båndbredden er knap og præget af tab, indholdet er snævert nok til at træne på, og et perceptuelt eller endda semantisk retvisende billede er ofte nok. Tabsrobuste neurale codecs til den slags forbindelser er et aktivt forskningsområde, og gendannelse af feeds med lav bitrate på serversiden er i brug.

De er også et lille og stadig mere reguleret marked sammenlignet med forbrugervideo analyse. I Kina reviderer Meddelelse nr. 49 af 2026 fra handelsministeriet og to andre myndigheder, udsendt den 19. oktober og gældende fra 18. november 2026, eksportkontrollen for 13 kategorier af dronerelaterede varer. Blandt teknologipunkterne dækker ét ubemandede landplatforme, der delvis defineres ved tærskler som 75 % semantisk billedkomprimering og billedrekonstruktion inden for 150 millisekunder, ifølge fagpressen. Semantisk komprimering er i sig selv blevet en parameter i eksportkontrollen. I USA føjede Federal Communications Commission den 22. december 2025 udenlandskproducerede droner og deres kritiske komponenter til sin Covered List, så nye udenlandske modeller ikke længere kan få udstyrsgodkendelse.

Konklusionen: en fornuftig niche for en specialiseret virksomhed med industrielle eller offentlige kunder og kapacitet til at håndtere eksportregler på begge sider, men ikke et massemarked og ikke stedet at lære, om neural

kodning virker i stor skala.

KAPITEL 08

SILICIUM

# 08 Set fra chippen: energi, regnekraft, hukommelse og nøjagtighed

Det er i dette kapitel, min egen baggrund betyder mest. Jeg har mange år med F&U og ledelse inden for fablesschips bag mig, herunder full-custom-design af ASIC-datapaths og multimedieprojekter med kamerachips, såsom acceleratorer til videocodecs, og de spørgsmål, et chipteam stiller til en ny codec, handler ikke om BD-rate. De lyder: hvor mange joule pr. pixel, hvor mange byte DRAM-trafik pr. pixel, hvor mange gates, og kan alle dekodere i verden beregne præcis de samme bit? På alle fire punkter står en neural dekoder i 2026, hvor hardware-HEVC stod før sine første chips: lovende i software, dyr i silicium.

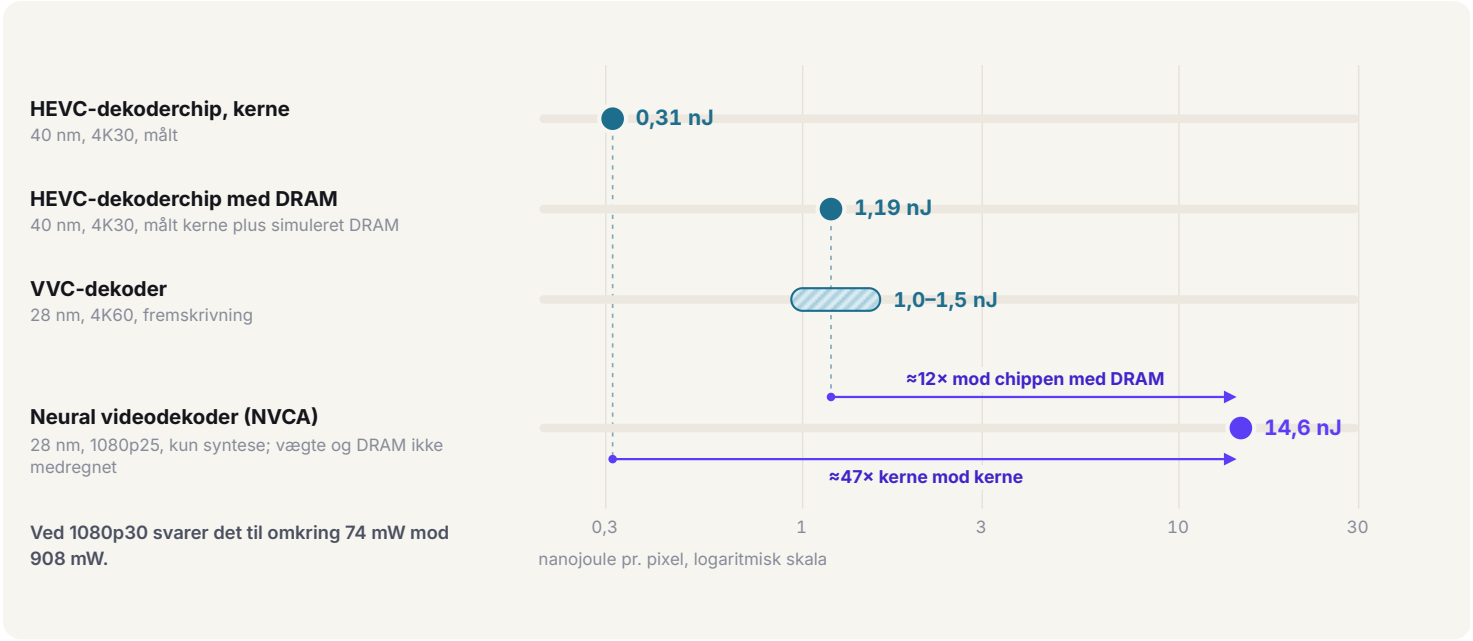
## Energi pr. pixel: en størrelsesorden fra hinanden

Få neurale dekodere er blevet designet som chips, så sammenligningen hviler på en håndfuld publicerede designs. Referencepunktet på den klassiske side er MIT's HEVC-dekoderchip (Tikekar et al., ISSCC 2013 og IEEE JSSC 2014): 40 nm, 1,77 mm² og dekodning af 4K med 30 billeder pr. sekund ved 200 MHz. Kernen bruger 78 mW, eller 0,31 nJ pr. pixel; medregnet simuleret DRAM-effekt kræver systemet 1,19 nJ pr. pixel. For VVC er produktionstallene fortrolige; en analyse i Electronic Design i 2026, der skalerer MIT-chippen til 28 nm og lægger VVC's højere kompleksitet ind, fremskriver 1–1,5 nJ pr. pixel for en 4K60-dekoder på omkring én million gates.

På den neurale side er det eneste publicerede ASIC-design til en ende-til-ende-neural videodekoder, efter Electronic Designs optælling, NVCA (Zhang et al., DATE 2024), syntetiseret i TSMC 28 nm med 5,01 millioner gates, ikke medregnet vægtene, der ligger uden for chippen. Den dekoder 1080p med 25 billeder pr. sekund ved 760 mW, eller 14,6 nJ pr. pixel.

**FIG. 06** **Energi pr. dekodet pixel: dedikerede dekodere er en størrelsesorden foran**

Det eneste publicerede chipdesign til en neural videodekoder kræver omkring 12 gange så meget energi pr. pixel som en målt HEVC-dekoderchip medregnet dens DRAM og omkring 47 gange så meget som dens kerne alene. Det neurale designs egen trafik for vægte og DRAM er ikke medregnet.




**Kilde:** Tikekar et al., IEEE JSSC 2014 (MIT); NVCA, Zhang et al., DATE 2024 (arXiv 2312.10716); VVC-intervallet er Electronic Designs fremskrivning (2026). HEVC-chippen er på en ældre procesnode (40 nm mod 28 nm), hvilket favoriserer det neurale design.

Det er omkring 12 gange så meget som HEVC-chippen medregnet dens DRAM og omkring 47 gange så meget som dens kerne alene. Sammenligningen favoriserer NVCA på tre måder: HEVC-chippen er på en ældre procesnode, NVCA's tal udelader trafikken for vægte og DRAM, og NVCA er et synteseresultat frem for målt silicium. Ved 1080p30 er forskellen omkring 74 mW mod cirka 900 mW: en dekoder, som ingen bemærker, mod en, der kan mærkes på en telefons batteri og varmebudget.

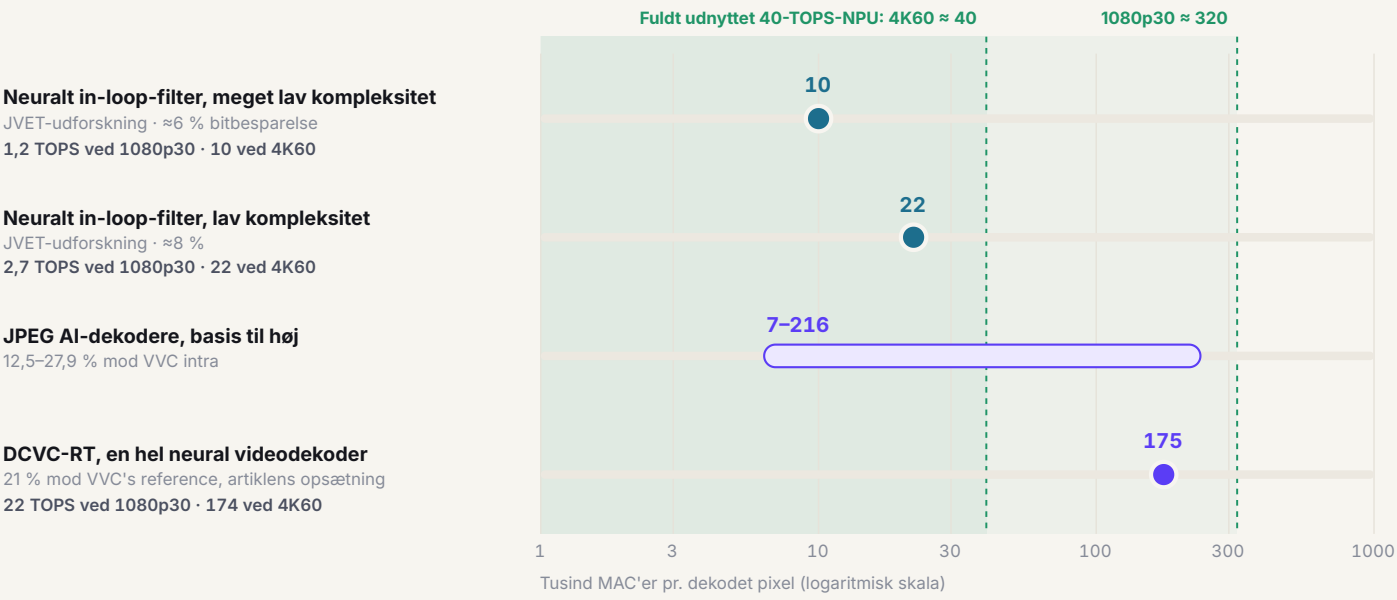
## Regnekraft pr. pixel: hvad en neural dekoder kræver af en NPU

Den hurtigste publicerede neurale videocodec, jeg fandt, er Microsoft Researchs DCVC-RT (Jia et al., CVPR 2025). Den koder og dekoder 1080p med 125 og 113 billeder pr. sekund på en NVIDIA A100-GPU og sparer samtidig 21 % bitrate i forhold til VVC's referencekoder i artiklens testopsætning, og den bruger heltalsaritmetik, så forskellige enheder dekoder ensartet. Det supplerende materiale angiver kompleksiteten for hvert modul. Lægger jeg de fire moduler sammen, som en dekoder skal køre (dekoder, featureudtrækker, entropimodel og rekonstruktion), får jeg omkring 175 tusind multiply-accumulate-operationer pr. dekodet pixel estimat.

Ved 1080p30 svarer det til omkring 11 billioner multiply-accumulate-operationer pr. sekund, eller omkring 22 TOPS ved to operationer pr. MAC, før ethvert tab i udnyttelse; 4K60 kræver otte gange så meget estimat. Til sammenligning definerer Microsoft sine AI-pc'er ved en NPU på mindst 40 TOPS, og Apple angiver M4's Neural Engine til 38 TOPS. Det er spidsværdier, som deles med alt andet, enheden laver.

**FIG. 07** **Et neuralt værktøj koster titusinder af MAC'er pr. pixel; en hel neural dekoder koster hundredtusinder**

Multiply-accumulate-operationer pr. pixel i dekoderen, logaritmisk skala, holdt op mod, hvad en fuldt udnyttet NPU på 40 TOPS har råd til ved 4K60 og ved 1080p30. Gevinsterne er målt mod forskellige referencer og kan ikke sammenlignes direkte.




**Kilde:** JVET via formanden for SC 29 (april 2026); JPEG-komitéen (2024); DCVC-RT, supplerende materiale til CVPR 2025, forfatterens sum af dekodermodulerne; Microsofts definition af Copilot+ pc. Forfatterens beregning: to operationer pr. MAC, fuld udnyttelse.

Stigen i figur 7 er den nyttige måde at læse feltet på. Neurale værktøjer, der koster titusinder af MAC'er pr. pixel, såsom JVET's in-loop-filtre (omkring 6 % besparelse ved 10 tusind, 8 % ved 22 tusind), er plausible inde i en fremtidig standarddekoder. JPEG AI spænder over hele intervallet, fra 7 til 216 tusind MAC'er pr. pixel for 12,5–27,9 % i forhold til VVC intra. En hel neural videodekoder på et par hundrede tusind MAC'er pr. pixel hører hjemme på en NPU, ved beskeden opløsning, i et lukket kredsløb. Det er præcis dér, MLVC befinder sig: 540p30 med højst halvdelen af NPU'en.

## Hukommelsestrafik, ikke MAC'er, er ofte den reelle grænse

DCVC-RT's forfattere fandt, at det, der begrænsede hastigheden, ikke var aritmetik, men »operationelle omkostninger«: hukommelsens input og output og antallet af funktionskald. De fjernede eksplicitte bevægelsesmoduler og behandling i flere skalaer i høj grad af den grund. NVCA's designere byggede et særligt dataflow for at skære ned på hukommelsestrafikken uden for chippen fra bevægelses- og residualfeatures. En chipdesigner vil genkende mønstret. I MIT's HEVC-chip står DRAM for omkring tre fjerdedele af systemets energi (0,88 af 1,19 nJ pr. pixel), selv efter en cache, der skar DRAM-båndbredden ned med 67 % analyse. En neural dekoder, der holder store featurekort med mange kanaler mellem billederne, gør hukommelsesproblemet værre, ikke bedre.

## Nøjagtighed: alle dekodere skal beregne de samme bit

Entropikodning virker kun, hvis dekoderens sandsynlighedsmodel svarer nøjagtigt til koderens. I en klassisk codec er modellen en tabel eller et lille sæt heltalsregler. I en neural codec er den et netværk, og en forskel i flydende komma mellem to enheder, fra en anden kernel, en anden akkumuleringsrækkefølge eller en anden NPU, kan få dekoderen til at læse forkerte symboler og miste strømmen fra det punkt.

Alle, der har bragt en neural codec på markedet eller standardiseret en, har måttet finde en teknisk løsning på det. DCVC-RT konverterer sin model til heltal for at få ensartet kodning på tværs af enheder. MLVC bruger et hyperprior-design med delt skala for at tåle forskelle på tværs af platforme, hvilket sandsynligvis er en del af grunden til, at den opgiver komprimering i forhold til DCVC-RT analyse. JVET's udforskning af neurale netværk kører alle netværk gennem SADL, et lille bibliotek med 16-bit heltalsinferens. JPEG AI definerer konformitetspunkter i det latente domæne, residualdomænet og pixeldomænet. For et chipteam er det samme disciplin som HEVC's heltalstransformationer: standarden skal definere aritmetikken nøjagtigt, hvilket begrænser netværksdesignet og udelukker leverandørspecifikke genveje.

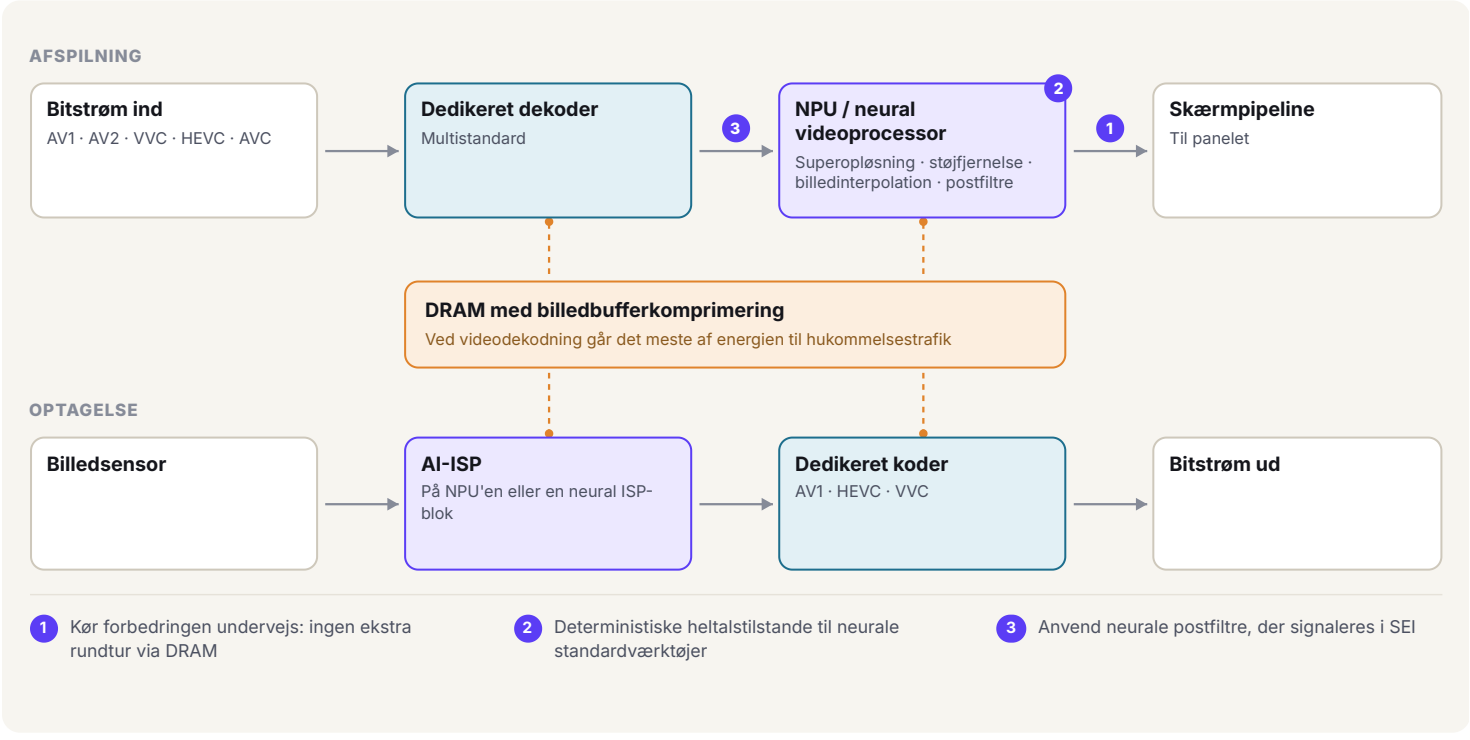
## Arealet er ikke forhindringen; det er verifikation og levetid

NVCA's 5 millioner gates mod omkring én million for en fremskrevet VVC-dekoder ser ud af meget, men på en moderne telefon- eller tv-SoC, der allerede har en NPU på flere TOPS, er nogle få millioner gates ikke det, der afgør designet. Det, der koster rigtige penge, er verifikation mod en konformitetstestsuite, at holde en programmerbar dekoder korrekt gennem softwareopdateringer i hele enhedens levetid og effektforbruget ved 4K60 HDR. De omkostninger giver først mening, når en standard fastlægger, hvad der skal bygges.

## Den arkitektur, der vinder nu: en dedikeret codec plus en NPU

**FIG. 08** **Opdelingen, der bruges: dedikeret hardware til bitstrømmen, en neural accelerator til pixelbehandlingen**

En medie-SoC fra 2026. Codec-blokken dekoder alle standarder til en brøkdel af en nanojoule pr. pixel; NPU'en gør det, netværk er gode til, og som standarder ikke regulerer. DRAM-trafikken er den omkostning, der betyder noget.




**Kilde:** Forfatterens syn på arkitekturen, baseret på produktoplysninger fra Tencent (Canghai V2), Chips&Media, Allegro DVT og Samsung (2026).

De chips, der sælger i 2026, parrer en dedikeret multistandard-codec med en neural accelerator ved siden af. Codec-blokken håndterer AV1, AV2, VVC, HEVC og AVC til en brøkdel af en nanojoule pr. pixel. Den neurale accelerator håndterer det, netværk er gode til, og som standarder ikke regulerer: støjfjernelse og ISP ved optagelse, superopløsning, billedinterpolation og forbedring ved visning. De to deler billedbufferkomprimering og DRAM-planlægningen, fordi hukommelsestrafik er den omkostning, der betyder noget.

Markedet viser opdelingen. Tencents videocodec-ASIC Canghai (沧海), udviklet internt siden 2019, har over 100.000 chips af første generation i drift i Tencent Cloud og koncernens egne live-, on demand- og cloudgamingtjenester; anden generation, der i maj 2026 blev annonceret som tændt og på vej i volumenproduktion til drift i andet halvår, understøtter H.265 og H.266 i én arkitektur med over 10 % og 30 % bedre komprimering end forgængeren, omkring dobbelt så høj kapacitet og billedforbedring på chippen, f.eks. superopløsning. Chips&Media sælger codec-IP og en videoorienteret NPU, WAVE-N, side om side. Allegro DVT sælger AV2-dekodere og har tilføjet sin første IP til neural videobehandling. Samsungs tv-processorer parrer standarddekodere med hundredvis af opskaleringsnetværk.

### Hvad jeg ville bygge, efter rolle

**SoC- og tv-chipteams.** Behold dedikerede dekodere til alle de standarder, du skal kunne afspille, herunder AV2 nu og VVC, hvor tv-udsendelser kræver det. Dimensionér NPU'en til efterbehandling ved skærmens opløsning og billedfrekvens, og design vejen fra dekoder over NPU til skærm, så forbedringen ikke tilføjer en ekstra tur gennem DRAM. Understøt SEI for neurale postfiltre. Byg deterministiske heltalstilstande ind i NPU'en. Betragt H.267 som en designstart i 2029 eller senere, og bevar en vis programmerbarhed til standardens neurale værktøjer.

**IP-leverandører.** Sælg AV2- og VVC-dekodere nu plus de dele, neural behandling kræver omkring dem: postfilteracceleratorer, billedbufferkomprimering og konformitetsværktøjer.

**Videoplatforme.** Neural forbehandling ved koderen tjener sig først hjem, fordi den kører én gang pr. titel og ikke kræver noget af enhederne. Brug superopløsning på klientsiden, hvor enhederne tillader det. Hold ende-til-ende-neurale codecs til lukkede kredsløb, du selv styrer.

KAPITEL 09

STANDARDER OG PATENTER

# 09 Standarder og patenter: hvor neurale værktøjer bliver licenserbare

### Standarderne på vej

| Standard | Organ | Neuralt indhold | Status, november 2026 |
|---|---|---|---|
| **H.267 (arbejdsnavn; efter VVC)** | JVET (ITU-T og ISO/IEC) | Åben. Klassiske værktøjer (ECM) og neurale værktøjer (in-loop-filtre, intraprædiktion, superopløsning) er begge kandidater | Indkaldelse af forslag juli 2026; svar evalueres januar 2027; første testmodel andet halvår 2027; version 1 ultimo 2029 |
| **VVC og HEVC med VSEI** | JVET | Et neuralt postfilter kan beskrives i SEI-metadata; det er valgfrit for dekoderen at anvende det | I kraft; meddelelserne udvidet i udgaverne fra oktober 2025 |
| **AV2** | AOMedia | Klassiske værktøjer, royaltyfri | Version 1.0.0 den 28. maj 2026; dekoder-IP licenseret fra juni 2026; YouTube-streams på nettet planlagt til begyndelsen af 2027 |

| Standard | Organ | Neuralt indhold | Status, november 2026 |
|---|---|---|---|
| **JPEG AI** | JPEG (ISO/IEC og ITU-T) | Ende-til-ende-lært billedcodec til menneskeligt syn og maskinsyn | Del 1 udgivet 2025; en anden version under drøftelse; ingen produkter med det som standardformat fundet |
| **IEEE 1857.11** | IEEE | Billedkodning med neurale netværk designet til NPU'er | Udgivet december 2024 |
| **Video Coding for Machines** | MPEG | Kodning til maskinanalyse frem for visning | Udkast til international standard i begyndelsen af 2026; endelig version planlagt til slutningen af 2026 |
| **Opus ML-udvidelser** | IETF | Valgfri dyb redundans, forbedring på dekodersiden, båndbreddeudvidelse | I libopus 1.5 og 1.6; dyb redundans er under standardisering |

To ting skiller sig ud. For det første kommer neuralt indhold ind i standarderne i kanterne før kernen: som valgfrie postfiltre, valgfri forbedring og billedkodning, som alle lader den primære dekodningssti være uændret. For det andet er den ene standard, der kunne sætte neurale værktøjer i dekodningsstien på alle skærme, H.267, tre år fra en første version.

## Hvem der står stærkt i patenterne

Værktøjer i standarder bliver til licenserbare patenter, så H.267-processen er også et patentkapløb, og de neurale værktøjer er en del af det. GreyB's kortlægning fra 2025 af 3.916 patenter inden for kodning efter VVC placerer ByteDance forrest med 645 patentfamilier og 251 JVET-bidrag og fremhæver partnerskaber mellem universiteter og industri, f.eks. Xiaomi og Xidian University med over 20 familier. MLex rapporterede i marts 2026, at Tencent, Alibaba og ByteDance er ved at blive aktive deltagere i patentpuljer for videocodecs. I maj 2026 købte Sauvegarder Investment Management 126 patentaktiver inden for videocodecs fra Alibaba, der dækker AV1, AV2 og Video Coding for Machines. InterDigitals køb af Deep Render i oktober 2025 føjede Deep Renders patenter inden for AI-videokodning til virksomhedens portefølje.

Pengene pr. enhed er lette at se i puljernes prislister. Access Advances satser for VVC (pr. 1. juli 2026 for licenstagere, der overholder vilkårene og bruger puljens varemærke) er 0,50 dollar pr. mobiltelefon, tablet eller bærbar i Region 1-markeder som USA, EU og Japan og 0,25 dollar i Region 2; for 4K-tv 1,00 til 1,50 dollar afhængigt af prisen i Region 1; med et årligt loft pr. virksomhed på 75 millioner dollar. AV1 og AV2 er royaltyfri fra AOMedias medlemmer. Hvad H.267 end kommer til at indeholde, vil værktøjerne blive prissat på samme måde, og derfor bidrager virksomheder med patenter inden for neural kodning til JVET nu analyse.

KAPITEL 10

HVEM TJENER PENGENE

# 10 Hvem tjener pengene, og hvor kan en virksomhed byde ind

## Pengene i 2026

FIG. 09 **Hvem tjener på neural kodning i 2026**

Pengene følger standarderne og platformene. Jeg fandt ingen selvstændig virksomhed, der lever af at licensere en ende-til-ende-neural videocodec.

TJENER NU

**Platforme**

**Beholder besparelserne**

Netflix' neurale nedskalerer; superopløsning hos YouTube og Meta; Microsoft har frigivet MLVC som open source under MIT

TJENER NU

**Enheds- og chipproducenter**

**Sælger differentiering**

Kamera-ISP'er; opskaleringsprocessorer til tv; Tencents egenudviklede Canghai-codecchips

TJENER NU

**IP-leverandører**

**Licenserer hver ny standard**

Kunder til AV2-dekodere hos Chips&Media, Allegro DVT og VeriSilicon inden for tre uger efter specifikationen

TJENER NU

**GPU-leverandører**

**Binder kunderne til platformen**

DLSS 4 i 250+ spil og apps; SDK til neurale teksturer i beta

PR. ENHED

**Patentindehavere og puljer**

**Opkræver pr. enhed**

VVC: 0,50 dollar pr. telefon, 1,00–1,50 dollar pr. 4K-tv; H.267-værktøjer efter 2029

EXIT VIA OPKØB

**Startups med neurale codecs**

**Opkøbt**

WaveOne → Apple (2023); iSIZE → Sony (2023); Deep Render → InterDigital (2025)

**Kilde:** Oplysninger fra virksomheder og patentpuljer citeret i rapporten; status pr. 12. november 2026. Puljesatser: Access Advance, VVC, Region 1, ved overholdelse af vilkår og brug af varemærket, pr. 1. juli 2026.

**Platformene beholder besparelserne.** Netflix, YouTube, Meta, Microsoft og Tencent udvikler neural behandling internt og beholder gevinsten som lavere båndbredde, mindre lagerplads og bedre kvalitet pr. bit. Når det fremmer udbredelsen, giver de koden væk: Microsoft frigav MLVC under MIT-licensen.

**Enheds- og chipproducenter sælger differentiering.** Kamera-ISP'er og billedprocessorer i tv er dér, hvor neurale netværk berører hver eneste bruger, og de sælges som funktioner: Qualcomms Cognitive ISP, Samsungs opskaleringsprocessorer.

**IP-leverandører sælger dekodere til hver ny standard plus NPU'er.** Inden for tre uger efter AV2's specifikation havde Chips&Media, Allegro DVT og VeriSilicon alle annonceret kunder til AV2-dekodere. De samme leverandører sælger nu blokke til neural behandling ved siden af deres codecs.

**GPU-leverandører bygger platforme.** DLSS og neural teksturkomprimering gør NVIDIA's tensorhardware til en del af den måde, spil bliver lavet på.

**Patentindehavere opkræver pr. enhed**, gennem puljer for VVC og HEVC og efter 2029 for H.267.

**Startups med neurale codecs er blevet opkøbt.** WaveOne gik til Apple i 2023, iSIZE til Sony Interactive Entertainment i 2023 og Deep Render til InterDigital i 2025, alle på ikke-offentliggjorte vilkår. I hvert tilfælde købte en plat-

form eller en licensgiver teamet og patenterne. Jeg fandt ingen selvstændig virksomhed i 2026, der lever af at licensere en ende-til-ende-neural videocodec.

## Hvor en virksomhed kan byde ind

| Mulighed | Hvem køber | Hvorfor nu | Hovedrisiko |
|---|---|---|---|
| **Neural forbehandling ved koderen (nedskalering, støjfjernelse, tuning pr. titel)** | Streaming- og brugervideoplatforme, tv-selskaber | Ingen ændring i enhederne nødvendig; bevist hos Netflix | Store platforme bygger det selv |
| **IP og tuning til forbedring på skærmsiden (superopløsning, billedinterpolation, billedkvalitet)** | Chipproducenter til tv, set-top-bokse og telefoner | NPU'erne sidder allerede i enhederne; synlig differentiering | Kommodificering; chipproducenterne udvikler selv |
| **Neurale codecs i lukkede kredsløb (konferencer, fjernstyring, private forbindelser)** | Leverandører af virksomhedskommunikation, industri og telepresence | MLVC beviser, at det kan lade sig gøre, og koden er åben | Du skal styre begge ender; fragmenterede NPU'er |
| **Silicium eller IP med codec plus NPU (AV2, VVC og efterbehandling)** | SoC-producenter | AV2-cyklussen er ved at begynde | Stærke etablerede aktører |
| **Værktøjer til evaluering, konformitet og deterministisk inferens** | Alle, der leverer neurale værktøjer | Bitnøjagtighed er et hårdt krav | Lille marked, medmindre det bundtes |
| **Standardbidrag til H.267** | Licensgivere, store platforme | Svarene evalueres i januar 2027 | Langt, dyrt, usikkert |

For de fleste virksomheder er det i de to første rækker, at der er omsætning at hente i 2027. Den tredje er den mest interessante for en fokuseret produktvirksomhed. Den sidste kræver tålmodighed og en licensstrategi.

KAPITEL 11

# 11 PÅSTANDE OG DOKUMENTATION
# Påstande, du vil høre, og hvad dokumentationen viser

| Påstand | Hvad dokumentationen viser |
|---|---|
| ***»Neurale codecs slår allerede VVC.«*** | I laboratoriet, ja. DCVC-RT sparer 21 % i forhold til VVC's referencekoder ved 1080p i artiklens opsætning; JPEG AI sparer 12,5–27,9 % i forhold til VVC intra. Dekoderen koster omkring 175 tusind MAC'er pr. pixel, eller en NPU's energiforbrug, mod en brøkdel af en nanojoule i dedikeret hardware. |
| ***»AI-codecs vil erstatte H.26x og AV1 inden for få år.«*** | Ikke i afspilning. Den første standard, der kan bære neurale værktøjer, sigter mod udgangen af 2029, chips følger omkring 2031 og bred udbredelse i midten af 2030'erne estimat. Den codec, der kommer nu, AV2, er klassisk. |
| ***»MLVC skærer båndbredden med 88 %.«*** | I forhold til H.264 ved 360p på Microsofts eget testsæt. I forhold til hardware-HEVC er det 75,5 % ved 360p og 65,4 % ved 540p, i opkald, hvor Microsoft styrer begge ender. |
| ***»Neurale teksturer skærer videohukommelsen med 85–96 %.«*** | I demonstrationsscener. Det udgivne spil opnåede omkring 30 % effektiv komprimering og brugte kun neurale teksturer på udvalgte assets på grund af omkostningen under kørsel. |
| ***»JPEG AI er en ISO-standard, så kameraer og browsere vil tage den i brug.«*** | Jeg fandt ingen produkter med den som standardformat. Det format, nettet tog i brug i 2026, JPEG XL i Chrome 155, er klassisk. |
| ***»Neural dekodning er for dyr til telefoner.«*** | Delvis sandt. MLVC dekoder 540p30 inden for en halv NPU; 4K60 med en model i DCVC-RT-klassen ville kræve omkring 175 TOPS vedvarende regnekraft estimat. |
| ***»Satellit- og droneforbindelser er det store marked for neural video.«*** | Teknisk det bedste match, men lille og i stigende grad underlagt eksportkontrol på begge sider af Stillehavet. |
| ***»Store platforme vil licensere en neural codec fra en startup.«*** | De byggede deres egen (Netflix, Microsoft, Tencent) eller købte startuppen (Apple, Sony, InterDigital). |

En simpel test skærer igennem de fleste salgstaler: spørg efter referencen, kvalitetsmålet, opløsningen og dekodningsomkostningen. En påstand, der ikke kan oplyse alle fire, er et forskningsresultat, ikke et produkt.

KAPITEL 12

# 12 PEJLEMÆRKER Værd at følge, 2027 til 2030

| Hvornår | Pejlemærke | Hvorfor det betyder noget |
|---|---|---|
| **Januar 2027** | JVET evaluerer H.267-svarene i Brisbane | Hvor mange af de bedste svar bygger på neurale værktøjer, og til hvilken pris pr. pixel |
| **Begyndelsen af 2027** | YouTubes første AV2-streams på nettet; AV2-dekodere i annoncerede SoC'er | Den næste klassiske cyklus fastlægger enhedsbudgetterne indtil omkring 2030 |
| **Andet halvår 2027** | H.267's første testmodel | Om neurale værktøjer er med i kernedesignet eller kun i udforskningen |
| **2027** | MLVC ud over peer-to-peer-opkald i Teams; andre leverandører, der tager den åbne kode i brug | Den første test af en åben neural codec hos andre end ejeren |
| **2027–2028** | Et første produkt, der skriver eller læser JPEG AI som standardformat | Det første neurale format, der bruges på tværs af virksomhedsgrænser |
| **2027–2028** | DirectX Linear Algebra i udgivne drivere; neurale teksturer i flere spil og på mobil | Neural dekodning i grafik på tværs af leverandører |
| **Løbende** | NPU-budgetter i telefoner og pc'er | Ved omkring 100 TOPS vedvarende ville en 1080p30-dekoder i DCVC-RT-klassen optage omkring en femtedel af NPU'en i stedet for halvdelen analyse |
| **Ultimo 2029** | H.267 version 1 | Starten på chipcyklussen for neurale værktøjer i afspilning på massemarkedet |

KAPITEL 13

# 13 ÅBNE SPØRGSMÅL Åbne spørgsmål

Flere spørgsmål i denne rapport har endnu intet offentligt svar, og det er dem, jeg finder mest interessante teknisk.

**Nøjagtighed i stor skala.** Hvor tæt kan en neural dekoder komme på bitnøjagtig aritmetik udelukkende med heltal på tværs af NPU'er fra forskellige leverandører, før den opgiver det meste af sin komprimeringsfordel? MLVC's afvejning på seks procentpoint er ét datapunkt; en standard har brug for et generelt svar.

**Hukommelse før MAC'er.** Hvad koster neural efterbehandling i DRAM-trafik pr. pixel, når den kører undervejs mellem en hardwaredekoder og skærmen, og hvor lille kan dens arbejdssæt gøres?

**Prisen på et neuralt værktøj i H.267.** Ved hvor mange MAC'er og nanojoule pr. pixel holder et neuralt in-loop-filter op med at betale for de bit, det sparer, i en 4K60-dekoder?

**Lukkede kredsløb ud over opkald.** Hvilke andre lukkede systemer, fra fotolagring i skyen og spilstreaming til robotter og private contribution-forbindelser, kan tage ende-til-ende-neurale codecs i brug, før H.267 kommer?

**Dekodere, der genererer.** Når en dekoder genererer detaljer i stedet for at rekonstruere dem, som video-VAE'er allerede gør, hvordan bør gengivelsestroskab så måles og specificeres?

Det er områder, vi kan udforske sammen i de kommende år, gennem teknisk udveksling og teknisk samarbejde: i@tanshuai.com.

## Begrænsninger ved denne rapport

Dette er en skrivebordsundersøgelse baseret på offentlige dokumenter frem til 12. november 2026. Jeg har ikke foretaget primære interviews og ingen uafhængige målinger til denne udgave. Flere centrale tal er leverandørers eller forfatteres påstande på deres egne testsæt, f.eks. MLVC's bitratebesparelser og kompressionsforholdene for neural teksturkomprimering; de er mærket som sådan. Mine estimater af regnekraften for DCVC-RT lægger de tal pr. modul sammen, som forfatterne publicerer, og ser bort fra tab i udnyttelse, så den reelle NPU-belastning vil være højere. Energisammenligningen hviler på nogle få publicerede designs på forskellige procesnoder; produktionstal for VVC- og AV2-dekodere er fortrolige. Tidsplanerne for standarderne er komitéernes egne mål. H.267-datoerne efter 2029 er mine estimater ud fra historikken for AV1 og VVC.

# Om forfatteren

Tan Shuai er teknolog og stifter med mere end tyve års arbejde inden for chips, hardware og systemsoftware og 20 udstedte patenter. Han har mange år med F&U og ledelse inden for fabless-chips bag sig, herunder full-custom-design af ASIC-datapaths og multimedieprojekter med kamerachips, såsom accelleratorer til videocodecs, og det er den linse, rapporten er skrevet gennem: energi pr. pixel, hukommelsestrafik, og hvad en standard lader en dekoder fastlægge i silicium. Hans arbejde har ført ham gennem Silicon Valley, New York, Chicago, Taiwan, Greater Bay Area (Shenzhen og Hongkong), Vietnam og Malaysia. I dag arbejder han som AI-forsker og -udvikler.

**Teknisk dialog: i@tanshuai.com · tanshuai.com**

### Noter og ansvarsfraskrivelse

Denne rapport er en uafhængig skrivebordsundersøgelse baseret på offentlige dokumenter, der var tilgængelige frem til 12. november 2026. Den stilles udelukkende til rådighed til orientering og er ikke investerings-, juridisk eller teknisk rådgivning. Produkter, tidsplaner for standarder, patentpuljers satser og eksportregler ændrer sig; efterprøv alt, du lægger vægt på, mod primærkilden. Tal markeret leverandørpåstand, estimat eller analyse skal læses som sådan. Virksomheds- og produktnavne tilhører deres ejere og bruges kun til identifikation; ingen virksomhed har gennemgået eller sponsoreret denne rapport.

© 2026 Tan Shuai. Du må dele denne rapport uændret med kildeangivelse.

# Kilder

Alle tilgået mellem 3. og 12. november 2026. Grupperet efter kapitel.

### Trafik, enheder og afgrænsning


- Ericsson, *Mobility Report*, juni 2026 (video omkring 75 % af den mobile datatrafik ved udgangen af 2025): https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/june-2026 ; resumé: https://telecomlead.com/5g/ericsson-mobility-report-2026-global-mobile-data-traffic-to-reach-515-eb-by-2031-as-india-leads-smartphone-data-consumption-126290
- IDC, globale leverancer af smartphones, 4. kvartal og hele 2025 (1,26 milliarder), 13. januar 2026: https://www.idc.com/resource-center/press-releases/q425mobilephonetop5/
- TrendForce, prognose for tv-leverancer i 2025 (195,71 millioner): https://iconnect007.com/article/146406/early-shipments-by-tv-brands-push-global-1h25-volume-up-2-but-raise-concerns-for-secondhalf-peak-season/146403/ein ; Omdia, tv-prognose for 2025 (208,7 millioner): https://iconnect007.com/article/145954/omdia-forecasts-flat-tv-shipments-in-2025-but-mini-led-poised-for-explosive-growth-at-829/145951/ein


### Afspilning og streaming


- Netflix Technology Blog, »AV1 — Now Powering 30% of Netflix Streaming«, december 2025: https://netflixtechblog.com/av1-now-powering-30-of-netflix-streaming-02f592242d80
- Netflix Technology Blog, »For your eyes only: improving Netflix video quality with neural networks«, november 2022: https://netflixtechblog.com/for-your-eyes-only-improving-netflix-video-quality-with-neural-networks-5b8d032da09c
- AOMedia, AV2 Bitstream and Decoding Process Specification v1.0.0, 28. maj 2026: https://av2.aomedia.org/v1.0.0/index.html ; »AV2: What the Final Specification Means for Implementers«: https://aomedia.org/blog%20posts/AV2-What-the-Final-Specification-Means-for-Implementers/
- TV Technology, »YouTube to Commence AV2 Streaming in 2027« (AV1's andel af YouTubes katalog): https://www.tvtechnology.com/platform/streaming/youtube-to-commence-av2-streaming-in-2027
- Google Research, »The in-loop filtering pipeline in AV2«, 2026: https://research.google/pubs/the-in-loop-filtering-pipeline-in-av2/
- Fraunhofer IIS, »The Future of Broadcast in Brazil« (DTV+ i kommerciel drift, juni 2026): https://mpegh.com/brazil/ ; CartaCapital om modtagere i tv: https://www.cartacapital.com.br/?p=628337 ; Olhar Digital om VVC i TV 3.0: https://olhardigital.com.br/2026/05/01/pro/em-breve-a-tv-aberta-vai-mudar-no-brasil/
- 9to5Google, »YouTube adds AI-upscaled 'Super Resolution' for low-quality videos«, 29. oktober 2025: https://9to5google.com/2025/10/29/youtube-adds-ai-upscaled-super-resolution-for-low-quality-videos/
- Meta, »How Meta Deployed Super Resolution at Scale to Transform Video Quality«, @Scale, 16. oktober 2025: https://atscaleconference.com/how-meta-deployed-super-resolution-at-scale-to-transform-video-quality/
- Samsung, 8K TV highlights (NQ8 AI Gen3, 768 neurale netværk): https://www.samsung.com/us/tvs/8k-tv/highlights/


### Fotografi og billeder


- Qualcomm, »Meet the Snapdragon 8 Gen 2 Super Cameras« (Cognitive ISP): https://www.qualcomm.com/news/onq/2023/07/meet-the-snapdragon-8-gen-2-super-cameras
- Chips&Media og Visionary.ai, fuld AI-baseret ISP, 5. januar 2026: https://www.edge-ai-vision.com/2026/01/chipsmedia-and-visionary-ai-unveil-the-worlds-first-ai-based-full-image-signal-processor-redefining-the-future-of-image-quality/ ; interview i PetaPixel: https://petapixel.com/2026/01/18/a-look-at-the-worlds-first-full-ai-based-image-signal-processor
- JPEG-komitéen, pressemeddelelse fra 103. møde (gevinster, kompleksitet og smartphoneimplementeringer for JPEG AI): https://jpeg.org/items/20240507_press.html
- G. J. Sullivan, introduktion til ISO/IEC JTC 1/SC 29, april 2026 (status for JPEG AI; tal for ECM og NNVC): https://www.mpeg.org/introduction-to-iso-iec-jtc-1-sc-29-coding-of-audio-picture-multimedia-and-hypermedia-information-the-world-of-jpeg-and-mpeg/
- IEEE 1857.11-arbejdsgruppen (billedkodning baseret på neurale netværk): https://sagroups.ieee.org/fvc
- Chrome 155 og JPEG XL, 6. oktober 2026: https://xenospectrum.com/en/chrome-155-jpeg-xl-rust/


### Opkald og møder


- Microsoft, »Satin: Microsoft's latest AI-powered audio codec for real-time communications«, 17. februar 2021: https://techcommunity.microsoft.com/t5/microsoft-teams-blog/satin-microsoft-s-latest-ai-powered-audio-codec-for-real-time/ba-p/2141382
- Microsoft, »Announcing the Open-Source Release of ML Video Codec (MLVC)«, 24. juli 2026: https://techcommunity.microsoft.com/blog/linuxandopensourceblog/announcing-the-open-source-release-of-ml-video-codec-mlvc/4539875 ; kode: https://github.com/microsoft/mlvc
- Streaming Learning Center, »Microsoft MLVC: Interoperability, Power Realities, and the Neural Compression Patent Landscape«: https://streaminglearningcenter.com/articles/microsoft_mlvc.html ; analyse fra iReplay: https://ireplay.tv/blog/mlvc-microsoft-neural-video-codec-open-source-streaming/

- Udgivelsesnoter til Opus 1.5: https://opus-codec.org/demo/opus-1.5 ; Opus 1.6: https://opus-codec.org/demo/opus-1.6
- Meta Engineering, »MLow: Meta's low bitrate audio codec«, 13. juni 2024: https://engineering.fb.com/2024/06/13/web/mlow-metas-low-bitrate-audio-codec/
- Microsoft, Copilot+ PCs (NPU på 40+ TOPS): https://www.microsoft.com/en-us/windows/copilot-plus-pcs ; Apple, annoncering af M4 (Neural Engine på 38 TOPS): https://www.apple.com/newsroom/2024/05/apple-introduces-m4-chip/


### Generativ AI


- Kyutai, modelkort for Mimi (12,5 Hz, 1,1 kbps): https://huggingface.co/kyutai/mimi
- Lightricks, »LTX-Video: Realtime Video Latent Diffusion« (video-VAE på 1:192): https://arxiv.org/abs/2501.00103
- Pressemeddelelse fra MPEG's 153. møde (Video Coding for Machines som DIS): https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/2026/03/press_release_153.pdf


### Spil og grafik


- NVIDIA, udbredelse af DLSS 4: lancering og Computex 2025 (75 og 125+): https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/125-dlss-4-multi-frame-gen-games-more-announced-computex-2025/ ; Gamescom 2025 (175+): https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/gamescom-2025-dlss-4-full-ray-tracing-game-announcements/ ; CES 2026 (250+, DLSS 4.5): https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/dlss-4-rtx-path-tracing-game-announcements-ces-2026/
- Ubisoft La Forge, »Shipping Neural Texture Compression in Assassin's Creed Mirage«, februar 2026: https://www.ubisoft.com/en-us/studio/laforge/news/415slmB3ZGzv8d2LhO9QT/shipping-neural-texture-compression-in-assassins-creed-mirage
- TweakTown om NVIDIA's demo af neurale teksturer på GTC 2026 (6,5 GB til 970 MB): https://www.tweaktown.com/news/110886/nvidias-neural-texture-compression-cuts-vram-usage-from-6-5gb-down-to-970mb/index.html
- Microsoft DirectX-bloggen, Shader Model 6.9 retail, 26. februar 2026: https://devblogs.microsoft.com/directx/shader-model-6-9-retail-and-more/ ; om cooperative vector: https://devblogs.microsoft.com/directx/shader-model-6-9-and-the-future-of-cooperative-vector/ ; planer på GDC 2026: https://windowsreport.com/microsoft-showcases-neural-rendering-and-dxr-2-0-plans-for-directx-at-gdc-2026/


### Specialforbindelser


- Global Trade Alert om Kinas Meddelelse nr. 49 af 2026: https://globaltradealert.org/intervention/161396-china-government-revises-export-controls-on-drone-related-items ; DroneXL: https://dronexl.co/2026/10/19/china-drone-export-controls-motors-props-november-18/ ; Army Recognition (tærskler for ubemandede landplatforme): https://www.armyrecognition.com/news/army-news/2026/china-tightens-drone-export-controls-raising-supply-chain-risks-for-the-us-europe-and-ukraine
- DroneLife, FCC adds foreign-made drones and components to the Covered List, 22. december 2025: https://dronelife.com/2025/12/22/fcc-adds-foreign-made-drones-and-components-to-covered-list-citing-national-security-risks/


### Silicium


- M. Tikekar et al., »A 249-Mpixel/s HEVC Video-Decoder Chip for 4K Ultra-HD Applications«, IEEE JSSC 2014: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/93876 ; MIT's side om chippen (78 mW ved 4K30): https://eecsg.mit.edu/chips/hevc-video-decoder-for-4k-ultra-hd-applications/
- S. Zhang et al., NVCA, DATE 2024: https://arxiv.org/abs/2312.10716
- Electronic Design, »Why Traditional VVC Will Outlive the Neural-Codec Hype on Silicon«, 2026: https://www.electronicdesign.com/home/article/55414955/why-traditional-vvc-will-outlive-the-neural-codec-hype-on-silicon
- Z. Jia et al., »Towards Practical Real-Time Neural Video Compression« (DCVC-RT), CVPR 2025: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2025/html/Jia_Towards_Practical_Real-Time_Neural_Video_Compression_CVPR_2025_paper.html ; supplerende materiale (kompleksitet pr. modul): https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2025/supplemental/Jia_Towards_Practical_Real-Time_CVPR_2025_supplemental.pdf
- NNVC og heltalsinferensbiblioteket SADL: https://arxiv.org/abs/2309.05846
- Tencent Canghai V2, 27. maj 2026 (Shanghai Securities News via 10jqka): https://stock.10jqka.com.cn/20260527/c677016020.shtml ; oversigt over funktioner: https://www.besthub.dev/articles/tencent-s-canghai-v2-chip-enters-mass-production-what-the-new-capabilities-mean-for-video-encoding-bcfc18dbfa29
- Chips&Media, AV2-dekoder-IP, 12. maj 2026: https://www.design-reuse.com/news/202530501-chips-media-completes-development-of-next-gen-av2-hw-decoder-ip/ ; AV2-licens, 17. juni 2026: https://www.edge-ai-vision.com/?p=58270
- Allegro DVT, AV2-dekoder-IP, 16. juni 2026: https://www.edge-ai-vision.com/2026/06/allegro-dvts-pulsar-decoder-ip-adds-support-for-av2-video-codec/
- VeriSilicon, VC9800D med AV2, 10. juni 2026: https://www.businesswirechina.com/en/news/63176.html


### Standarder og patenter


- Pressemeddelelse fra MPEG's 155. møde (fælles indkaldelse af forslag efter VVC), 5. august 2026: https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/2026/08/ag3w254SN26474Press-Release-MPEG155.pdf
- Pressemeddelelse fra MPEG's 152. møde (resultater af indkaldelsen af dokumentation; udgaver af VVC og VSEI), 30. oktober 2025: https://www.mpeg.org/wp-content/uploads/2025/11/Press-Release-MPEG152.pdf ; MPEG-klummen hos ACM SIGMM: https://records.sigmm.org/2025/12/09/mpeg-column-152nd-mpeg-meeting/

- Streaming Media, »AI Helps InterDigital Reach Beyond VVC in Race to Develop Next-Gen Codec«: https://www.streamingmedia.com/Articles/News/Online-Video-News/AI-Helps-InterDigital-Reach-Beyond-VVC-in-Race-to-Develop-Next-Gen-Codec-171971.aspx
- GreyB, patentlandskab efter VVC (H.267): https://greyb.com/blog/exclusive-video-codec-landscape/ ; om licensering af AV2 og salget af Alibabas portefølje: https://greyb.com/blog/av2-licensing/
- MLex, »Fragmented codec licensing exposes need for clearer rules for Chinese tech majors«, 27. marts 2026: https://www.mlex.com/mlex/articles/2458402/fragmented-codec-licensing-exposes-need-for-clearer-rules-for-chinese-tech-majors
- Access Advance, royaltysatser for MCBA og VVC Advance pr. 1. juli 2026: https://accessadvance.com/wp-content/uploads/2025/07/MCBA-Program-Overview-September-2026.pdf


### Penge og virksomheder


- InterDigital acquires Deep Render, 30. oktober 2025: https://www.advanced-television.com/2025/10/30/interdigital-acquires-deep-render
- TechCrunch, »Apple acquired a startup using AI to compress videos«, 27. marts 2023: https://techcrunch.com/2023/03/27/apple-acquired-a-startup-using-ai-to-compress-videos
- Neowin, »Sony acquires AI video startup iSIZE«, november 2023: https://www.neowin.net/news/sony-acquires-ai-video-startup-isize-to-enhance-playstation-streaming/

LÆRT KOMPRIMERING · AFSPILNING × SILICIUM

# Neural kodning i 2026

## Den bruges omkring codec'en, ikke i stedet for den

Alle centrale tal i denne rapport har kilde og dato. Hvor forfatteren selv udleder et tal, er det markeret som estimat; hvor kun sælgeren oplyser det, er det markeret som leverandørpåstand.

---

**Tan Shuai**

Teknolog og stifter · AI-forsker og -udvikler

tanshuai.com · i@tanshuai.com

OFFENTLIG UDGAVE · Data pr. 12. november 2026