FORSKNINGSNOTAT · OFFENTLIG UDGAVE

2026 · 11



BEVIS FOR NYTTIGT ARBEJDE · KRYPTO × SILICIUM

Regnekraft som konsensus

AI × krypto × chips i 2026, med udgangspunkt i Pearls bevis for nyttigt arbejde

Pearl · Nyttigt arbejde · DePIN og agenter · ASIC-økonomi · Procesnoder · Budgetter i etaper

KONKLUSIONEN

Pearl beviser, at matrixmultiplikation kan sikre en blockchain, men endnu ikke, at arbejdet er nyttigt. På tværs af AI × krypto ligger den betalte efterspørgsel i inferens, data og privatliv, og en ASIC betaler sig kun, hvor puljen er stor, reglerne er stabile, og chippen har et andet marked.

Tan Shuai

Teknolog og grundlægger · AI-forsker og -udvikler

tanshuai.com · i@tanshuai.com

Data pr. 13. november 2026

Beløb i amerikanske dollar

INDHOLD

Indhold



◆ **Resumé** — Teoremet holder, incitamentet gør ikke — 04

01 **Omfang og metode** — Omfang, metode og fire test — 07

02 **Pearl · mekanismen** — Pearl: matrixmultiplikation som konsensus — 08

03 **Pearl · økonomien** — Pearl: skala, udstedelse og nyttekløften — 10

04 **Pearl · reglerne** — Pearl: regelrisiko, numerik og styring — 12

05 **Kæder med nyttigt arbejde** — Kæder med nyttigt arbejde: hverken matricer eller zero knowledge stopper ASIC'er — 13

06 **Det bredere landskab** — Resten af AI × krypto: reel, men lille efterspørgsel, og værdi, der flytter til egenkapital — 16

07 **ASIC-økonomi** — ASIC-spørgsmålet: én formel, tre målestokke — 18

08 **Chip for chip** — Fem chiptyper, fem svar — 21

09 **Procesnoder** — Procesnoder: lad den største levetidsomkostning vælge — 24

10 **Et budget i etaper** — Fra model til silicium: et budget i etaper for en første chip — 28

11 **Muligheder** — Hvor mulighederne er, og hvad jeg ville gøre — 30

12 **Pejlemærker** — Hvad man skal holde øje med, november 2026 til 2027 — 32

13 **Spørgsmål at stille** — Spørgsmål, du ikke stillede, men burde have stillet — 33

◆ **Om forfatteren** — Tan Shuai — 34

◆ **Kilder** — 35

FIGURER

Figurer

FIG. 01	AI × krypto i seks sektorer: hvor betalt efterspørgsel er reel	06
FIG. 02	På Pearls heltalsarbejde deler GPU'er et energiloft	09
FIG. 03	Pearls første seks måneder: hashrate følger prisen, reglerne ændres	11
FIG. 04	Subsidiemultiplen: hvor mange gange ekstern omsætning et netværk betaler	15
FIG. 05	Hvorfor effektivitet holder op med at betale sig: en ASIC beholder højst 1 − 1/k af omsætningen	19
FIG. 06	De fleste puljer er mindre end ét chipdesignbudget	20
FIG. 07	Fem chiptyper, fem svar	24
FIG. 08	En wafer på en førende node koster ti gange en moden	25
FIG. 09	Køb evidens før masker: et budget i etaper for en første chip	28

Mærkater i teksten

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

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

Data pr. 13. november 2026 · Beløb i amerikanske dollar

RESUMÉ

Teoremet holder, incitamentet gør ikke

KONKLUSIONEN

Pearl viser, at »regnekraft som konsensus« fungerer som ingeniørarbejde, men endnu ikke, at det er nyttigt.

≈90 EH/s
Pearls netværk den 13. november 2026, hvor én H er én INT7-multiplikation-akkumulering

≈1 %
af Pearls blokke bærer reelt AI-arbejde (Blockworks, 28. oktober 2026)

≈$70 mio.
om året i verificerbar ekstern omsætning hos Bittensor mod mere end $300 mio. i udstedelse

175–180×
Aleos prover-belønninger i forhold til gebyrerne i tredje kvartal 2025

R × (1 – 1/k)
profitloftet for en ASIC, der er k gange billigere end den marginale miner estimat

≈$1,5 mio.
for at nå målt silicium på N7 via en model, en FPGA og en MPW, før et maskesæt til ≈$3,5 mio. estimat

Pearl

Den 13. november 2026 kørte Pearls netværk med omkring 90 EH/s. I konsensuskoden er én »hash« én heltals-multiplikation-akkumulering, så netværket svarer til heltalskapaciteten i omkring 122.000 H100'ere. Alligevel bærer kun omkring 1 % af blokkene reelt AI-arbejde, og det ene offentlige inferenspartnerskab udbydes ikke længere på udbyderens serverless-API. Årsagen er økonomisk, ikke kryptografisk: en GPU, der miner, mens den betjener inferens, opnår kun omkring 1 % til 27 % af en dedikeret miners hashrate, så rationelle minere multiplicerer tilfældige matricer.

Betalt efterspørgsel

På tværs af AI × krypto viser verificerbar betalt efterspørgsel sig tre steder: salg af inferens, salg af data og salg af privatliv. Bittensors verificerbare eksterne omsætning er omkring $70 mio. om året, cirka fire femtedele af den fra subnets for regnekraft og infrastruktur. Grass oplyser $17 mio. i dataomsætning i første halvår 2026. Fortrolig inferens i betroede eksekveringsmiljøer (TEE) er i produktion. Til sammenligning beløber betalinger, som AI-agenter faktisk selv igangsætter, sig til omkring $5.000–11.000 om måneden, og zkML og decentral træning har endnu ingen oplyst betalende efterspørgsel.

Subsidie og værdi

Subsidiemultiplen er det mest ærlige sundhedstjek. Aleos belønninger til provere var omkring 175–180 gange dets gebyrer; Bittensors udstedelse er omkring 4–11 gange dets verificerbare omsætning; Renders markedsværdi er omkring 360 gange dets on-chain-gebyrer; og Pearls minerindtægt på cirka $460 mio. om året er for det meste blokbelønning, næsten uden forbindelse til betalt AI-efterspørgsel. Subsidie er brændstof til en koldstart, ikke en forretningsmodel. Imens flytter værdien fra tokens til egenkapital: fire selskaber, der bruger centraliseret infrastruktur og kryptonativ distribution, er værdisat til omkring $8,5 mia., omtrent det samme som alle AI-tokens på protokol- og applikationslaget tilsammen.

ASIC'er

For chips er en ASIC's profitloft omtrent omsætningen pr. regneenhed gange (1 − 1/k), hvor k er, hvor mange gange billigere den er end den marginale hardware. Fordi det led er konkavt, tilfører effektivitet ud over k = 5–10 næsten ingen profit; det, der afgør udfaldet, er puljens størrelse, hvor længe reglerne holder, og om chippen har et andet marked. Mine svar efter chiptype: tape ikke en dedikeret INT7-chip til Pearl ud nu, men sats i stedet på en inferens-først-accelerator, der også kan mine; hold dig som ny aktør ude af markedet for bitcoin-minere til videresalg; byg ikke en selvstændig træningschip som lille team; byg inferenschips, når en kunde har skrevet under; afdæk risikoen med ZK-acceleratorer, og positionér dig tidligt på FHE.

Noder og budgetter

Procesnoden bør vælges efter den største post i chippens levetidsomkostning: energi for chips, der kører døgnet rundt, pakning og hukommelse for træningschips, valget mellem SRAM og HBM for inferenschips. Og en første chip bør købes i etaper, en model, en FPGA, en multi-project wafer og først derefter et maskesæt, så en ændring i protokollen koster prisen for en prototype snarere end for en tape-out. Mulighederne ligger, hvor felterne krydser hinanden: krypto som den første kunde, AI som det andet marked.

Spørgsmål	Vurdering	Nøgletal (kilder i kapitlerne)
① **Virker Pearl, og er dets arbejde nyttigt?**	Det virker: en blockchain sikret af matrixmultiplikation i stor skala. Endnu ikke nyttigt: næsten al mining sker på tilfældige matricer	Omkring 90 EH/s den 13. november 2026; 1 H = 1 INT7-multiplikation-akkumulering; omkring 1 % af blokkene med AI-arbejde
② **Hvor er den reelle betalte efterspørgsel i AI × krypto?**	Inferens, data og privatliv. Agentbetalinger, zkML og decentral træning er stadig før efterspørgslen	Bittensor omkring $70 mio. om året i verificerbar omsætning; Grass $17 mio. i 1. halvår 2026; agentbetalinger omkring $5.000–11.000 om måneden
③ **Er en ASIC værd at bygge?**	Kun hvor puljen er stor, reglerne er stabile, og chippen har et andet marked. I dag tilbyder intet netværk alle tre	Profitloft ≈ R × (1 − 1/k); bitcoin omkring $11,5 mia. om året i minerindtægt, Pearl omkring $0,46–0,49 mia., Kaspa omkring $18 mio.
④ **Hvilke chips bør et lille team bygge?**	Inferens-først-acceleratorer, der også kan mine; inferenschips til en kunde, der har skrevet under; tidligt FHE-arbejde. Ikke bitcoin-minere til videresalg eller træningschips	Kaspas bedste ASIC tjener $0,86 om dagen; designbudgetter på 3/2 nm $60–400 mio. eller mere
⑤ **Hvilken procesnode?**	Den største levetidsomkostning afgør: energi, pakning og hukommelse eller hukommelsesarkitekturen	TSMC N2 omkring $30.000 pr. wafer mod omkring $3.000 for N28; HBM og CoWoS omkring 63 % af en H100's omkostning
⑥ **Hvad koster en første chip, og hvordan bør den købes?**	I fire etaper: en model, en FPGA, en multi-project wafer, derefter masker. Stop før maskerne, hvis reglerne eller køberen ikke er på plads	En kommerciel MPW-plads $50.000–500.000; masker på N7 omkring $3,5 mio.; et designbudget på 7/6 nm $15–100 mio.

FIG. 01 **AI × krypto i seks sektorer: hvor betalt efterspørgsel er reel**

Verificerbar betalt efterspørgsel mod signaler om subsidie og værdiansættelse, november 2026

Kæder med nyttigt arbejde 01

REEL, MEN LILLE

≈$70 mio. om året

Bittensors verificerbare eksterne omsætning

Signal: udstedelse 4–11× omsætning; Pearl ≈1 % AI-blokke

Mekanismerne virker; nytte kræver betalere

Decentral regnekraft 02

REEL, MEN LILLE

$2,35 mio. om året

Renders on-chain-gebyrer, de største verificerbare

Signal: markedsværdi ≈360× gebyrer

For det meste videresalg af standardinferens

Træning og inferens 03

PROFIT I EGENKAPITAL

$100+ mio. om året

Prime Intellect, et selskab på centrale GPU'er

Signal: Gensyns trænings-mainnet ikke i drift

Fremskridt er reelle; profit går til egenkapital

Verificerbar AI 04

TIDLIGT

398

betalende brugere af Phalas TEE-cloud, ultimo 2025

Signal: ingen oplyst betalt zkML

TEE'er i produktion; zkML tidligt

Agentbetalinger 05

FØR EFTERSPØRGSEL

$5–11K om måneden

x402-betalinger faktisk igangsat af agenter

Signal: ≈200 mio. transaktioner, mest signalering

Infrastrukturen kom først; efterspørgslen ikke

Datanetværk 06

REELLE KØBERE

$17 mio.

Grass' dataomsætning, første halvår 2026 (selvrapporteret)

Signal: markedsværdi ≈10× annualiseret omsætning

En af de få sektorer med reelle købere

Kilde: DefiLlama, SubConnect (via hoge.gg), TRM Labs, Phala, Dealroom, SiliconANGLE, CoinGecko, Blockworks; forfatterens syntese.

KAPITEL 01

01 OMFANG OG METODE
Omfang, metode og fire test

Hvorfor denne rapport, og hvorfor nu

I april 2026 satte en ny blockchain, Pearl, en gammel idé i produktion: lad minerne konkurrere om blokke ved at udføre de matrixmultiplikationer, som AI kører på, i stedet for at hashe. Inden for seks måneder nåede netværket omkring 90 EH/s og dets token en markedsværdi på omkring $500 mio. Samtidig rejste markedspladser for AI-regnekraft, netværk for decentral træning, betalingsinfrastruktur for agenter og datanetværk milliarder, og bitcoin-minere begyndte at omdanne deres strømanlæg til AI-datacentre. Jeg ville vide, hvilke af disse der har reelle kunder, om specialdesignet silicium giver mening nogen steder blandt dem, og hvilken procesnode og hvilken foundry et chipteam faktisk kan bruge.

Fire test for ethvert AI × krypto-projekt

En sikkerhedsundersøgelse af Gridcoin fra 2017 argumenterede for, at nyttig beregning kun kan sikre en blockchain, hvis den er svær at løse, let at verificere og let at belønne. Jeg tilføjer en fjerde test. Tilsammen afgør de det meste af det følgende.

01 **Svær at løse.** Ærlig beregning skal være den billigste måde at producere et gyldigt bevis på; der må ikke findes en genvej.

02 **Let at verificere.** Det skal koste langt mindre at kontrollere arbejdet end at udføre det, ellers betaler netværket to gange.

03 **Let at belønne.** Protokollen skal kunne beregne belønningen ud fra beviset alene uden at stole på en tredjepart.

04 **Nogen betaler for resultatet.** Medmindre en kunde uden for netværket betaler for resultatet, er det »nyttige« arbejde en subsidie med en fortælling.

Hash-gåder består de første tre test og dumper den fjerde. Reelle AI-opgaver består den fjerde, men dumper den anden: at bevise en AI-beregning med zero knowledge koster 100 til 10.000 gange selve beregningen, og det er påvist, at proof-of-learning-ordninger billigt kan forfalskes. Pearls støjfyldte matrixmultiplikation er den første troværdige bro, der består verifikationstesten og samtidig har samme form som AI-beregning.

Sådan har jeg arbejdet

Dette er skrivebordsresearch, udført på den måde, jeg ville gennemgå en chip eller en forretningsplan. Jeg har læst Pearls kode, dets protokolforslag og dets whitepaper; kædedata fra en uafhængig fuld node; selskabsindberetninger og regnskabsmeddelelser; artikler fra kryptografi, computerarkitektur og maskinlæring; prisdata fra foundryer og leverandører; samt fag- og teknologipresse. Hvert tal har sin dato. Hvor jeg selv udleder et tal, siger jeg det og markerer det estimat. Tal, som kun sælgeren oplyser, er markeret leverandørpåstand; min fortolkning af evidensen er markeret analyse. Beløb er i amerikanske dollar. Status er pr. 13. november 2026.

KAPITEL 02

02

PEARL · MEKANISMEN

Pearl: matrixmultiplikation som konsensus

Idéen, fra teorem til mainnet

I april 2025 udgav Ilan Komargodski og Omri Weinstein »Proofs of Useful Work from Arbitrary Matrix Multiplication«. De konstruerer et bevis for nyttigt arbejde for et vilkårligt matrixprodukt med et overhead på kun 1 + o(1) gange en naiv multiplikation; sikkerheden hviler på, at det er svært at løse serier af tilfældige lineære ligninger af lav rang, hvilket er en formodning, ikke et bevis. Artiklen sætter navn på feltets egentlige vanskelighed: et bevis for nyttigt arbejde med et overhead på en konstant faktor er trivielt, men ubrugeligt; det svære er at holde ærlig beregning som den billigste måde at vinde på, når minerne selv vælger deres input.

Pearls mainnet startede den 27. april 2026 kl. 09.00 UTC. Minerne beregner et støjfyldt produkt (A + E)(B + F), hvor støjen af lav rang udledes af en BLAKE3-commitment, og fjerner derefter støjen for at få A·B. Akkumulatortilstanden for hver output-flise hashes til en lottokupon; en vindende flise åbnes og bevises med et rekursivt Plonky2-zero-knowledge-bevis på under 60 KB inden for et bloksertifikat, der er begrænset til 65 KB. Verifikationen er et lille bevis af konstant størrelse, uafhængigt af matrixstørrelsen: lige så billigt at kontrollere som en hashgåde, mens selve beregningen kan være nyttig.

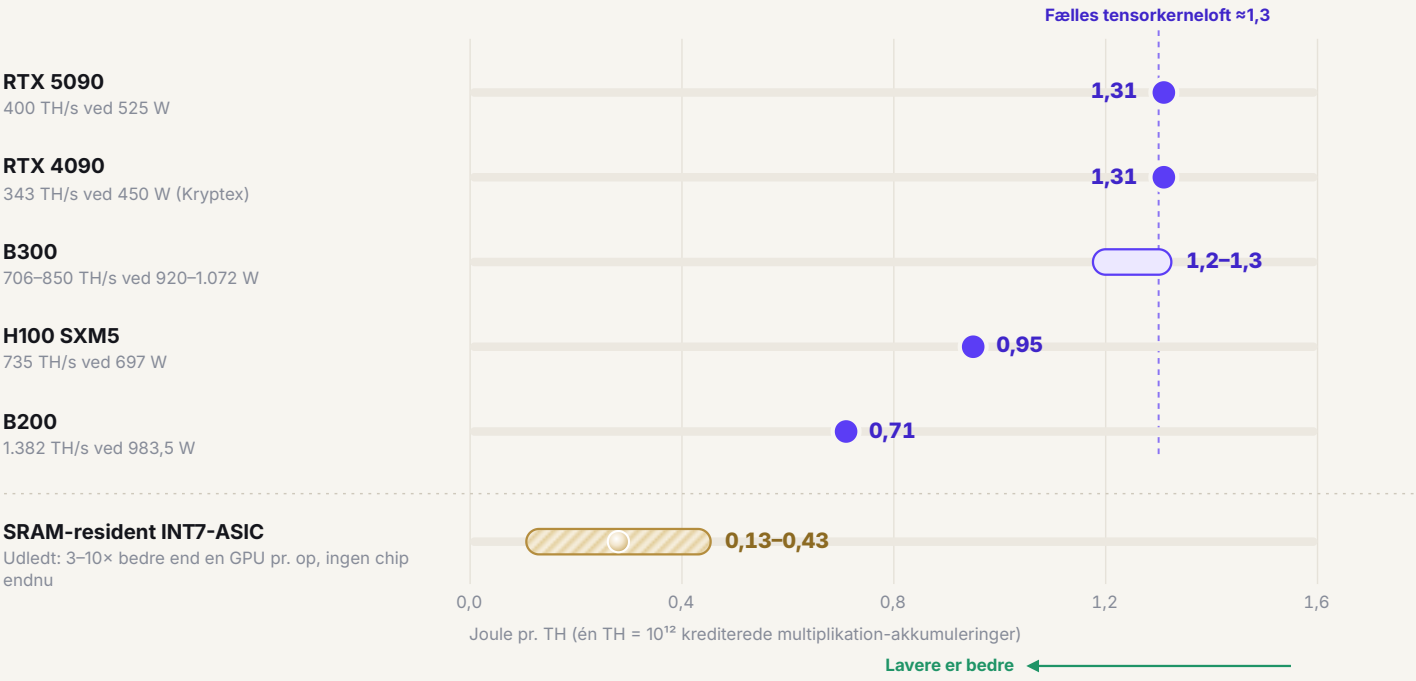
Én multiplikation-akkumulering er én »hash«

For en chipdesigner er det vigtigste faktum enheden. Pearls konsensuskode skalerer hvert forsøgs mål med flisestørrelsen gange prikproduktets længde, så **1 H er præcis én krediteret INT7 × INT7 → INT32-multiplikation-akkumulering (MAC)**. Siden blok 96.251 kræver en rangstraf en støjrang på mindst 128; ved minimumsrangen er 1 H stadig lig med 1 MAC. Pearls »EH/s« betyder derfor bogstaveligt 10^18 heltals-multiplikation-akkumuleringer i sekundet: **for første gang er en blockchains sikkerhedsbudget prissat i AI-acceleratorers tensorkapacitet.** Målte GPU-hashrates ligger på 60 % til 95 % af hvert korts tætte INT8-MAC-maksimum, hvilket passer med denne læsning.

Hardware	Pearl-hashrate	Effekt	Joule pr. billion MAC'er (J/TH)	Kilde (dato)
RTX 5090	400 TH/s	525 W	1,31 estimat	Kryptex (12. november)
RTX 4090	omkring 305 TH/s (fællesskabets interval 280–330); Kryptex angiver 343 TH/s	450 W (Kryptex)	1,31 (Kryptex' tal) estimat	prlstats (3. oktober); Kryptex
H100 SXM5	735 TH/s	697 W	0,95 estimat	PeakMiner, via prlstats (19. september)
B200	1,382 PH/s	983,5 W	0,71 estimat	PeakMiner, via prlstats
B300	706–850 TH/s	920–1.072 W	1,2–1,3 estimat	prlstats; SimeonOnSecurity

FIG. 02 **På Pearls heltalsarbejde deler GPU'er et energiloft**

Joule pr. billion INT7-multiplikation-akkumuleringer (J/TH) ved målt Pearl-hashrate; lavere er bedre



Kilde: Kryptex (12. november 2026); PeakMiner- og SRBMiner-benchmarks via prlstats; SimeonOnSecurity; ASIC-intervallet er forfatterens slutning, ikke en måling.

To detaljer i denne tabel betyder noget for chipdesignere. For det første mødes forbrugerkortene RTX 4090 og 5090 og datacenterkortet B300 ved omkring 1,3 J/TH, og selv det bedste kort, B200, når kun omkring 0,71 J/TH. En datacenter-GPU til titusinder af dollar bruger næsten lige så meget energi pr. heltals-multiplikation-akkumulering som et gamingkort, hvilket peger på et fælles loft for tensorkernernes energi pr. INT8-MAC, og netop det loft kunne en dedikeret chip bryde. For det andet er B300 langsommere end B200: NVIDIA skar kraftigt ned på INT8-kapaciteten i Blackwell Ultra, så heltalsarbejdet må tage en langsommere vej på den chip. Gængs AI-silicium bevæger sig væk fra INT8 mod FP8 og FP4. Når det talformat, en konsensus vælger, bevæger sig væk fra, hvor hardwaren er på vej hen, tvinges protokollen til at ændre sine regler, og det er roden til FP8-forken og til min ASIC-vurdering senere i rapporten.

KAPITEL 03

03

PEARL · ØKONOMIEN

Pearl: skala, udstedelse og nyttekløften

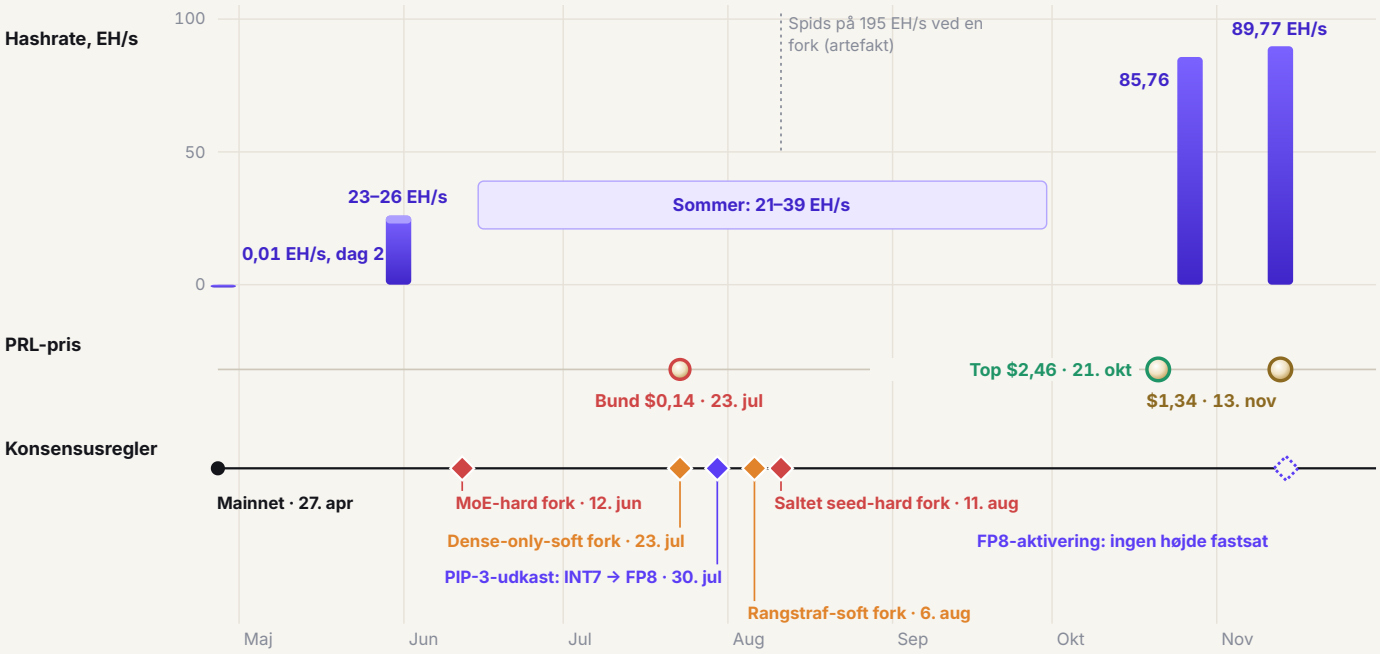
Fra 0,01 til 90 EH/s på seks måneder

Måltal	Værdi (13. november 2026)	Grundlag og kilde
Netværkets hashrate	Omkring 90 EH/s (basislinje 89,77; samme dags interval 88,20–93,22; intradagshøjdepunkt 12. november på 110–123)	Uafhængig fuld node prl-stats; Kryptex
Sværhedsgrad og blokhøjde	58.841.982 og 142.530	prlstats
Tilsvarende hardware	Omkring 122.000 H100'ere eller 225.000 RTX 5090'ere	Ved 735 og 400 TH/s pr. kort estimat
Pris, markedsværdi og fuldt udvandet værdi	$1,32–1,34; omkring $500 mio.; omkring $2,8 mia. (CoinGecko-rang 101)	CoinGecko
Højeste og laveste kurs nogensinde	$2,46 (21. oktober) og $0,1399 (23. juli)	CoinGecko
Udvundne mønter	377,6 mio. PRL, 17,98 % af loftet på 2,1 mia.	prlstats
Blokbelønning og daglig udstedelse	Omkring 2.173 PRL og omkring 0,97–1,03 mio. PRL	prlstats; Kryptex
Nyt udbud de næste 12 måneder	Omkring 78 % af det nuværende udbud	prlstats
Minerindtægt	Omkring $1,25 mio. om dagen (model), omkring $460 mio. om året	prlstats
Omsætning pr. hashrate-enhed, R	Omkring $14–15 pr. PH/s pr. dag; en RTX 5090 tjener omkring $5–6 om dagen	estimat; Kryptex
Blokke med reelt AI-arbejde	Omkring 1 % (estimat fra 28. oktober)	Blockworks
Koncentration i pools	Kryptex fandt 46,4 % af blokkene de seneste 24 timer; de to største pools omkring 62 %	prlstats
Koncentration blandt indehavere	Gini-koefficient for adresser 0,969; de 100 største adresser ejer 53,0 %	prlstats

Pearls hashrate er tæt på at være en forsinket funktion af prisen. Dagen efter lanceringen kørte netværket med omkring 0,01 EH/s; ved udgangen af maj nåede det 23–26 EH/s. Hen over sommeren faldt prisen omkring 86 % fra majtoppen, og hashraten bevægede sig sidelæns på 21–39 EH/s. Efter at prisen var steget omkring ti gange i september og oktober, nåede hashraten 85,76 EH/s den 27. oktober og omkring 90 EH/s i november. En spids på 195 EH/s den 11. august faldt sammen med en fork og bør læses som en estimeringsartefakt. Energiforbruget voksede med: én undersøgelse anslog omkring 112 MW for hele netværket ved 24 EH/s, og en model fra prlstats sætter det i dag til omkring 190–215 MW.

FIG. 03 **Pearls første seks måneder: hashrate følger prisen, reglerne ændres**

Netværkets hashrate, tre prismærker og hver konsensusændring, 27. april til 13. november 2026



Kilde: prlstats fuld node og dataserier; Kryptex; CoinGecko; Pearls params.go og PIP-3. Spidsen 11. august er en estimeringsartefakt ved en fork.

Udstedelsen forstærker refleksiviteten

Udbudsloftet er 2,1 mia. mønter, og der er ingen halveringer: blokbelønningen falder jævnt som E(t) = S·H / ((t + H)(t + H − 1)) med H = 650.226. Men udstedelsen tælles i blokke, ikke i tid, og den tidlige sværhedsgrad startede for lavt og justerede sig langsomt. **Omkring 44,06 mio. mønter blev udvundet den første dag og omkring 120 mio. de første seks dage**, omkring 32 % af det nuværende udbud estimat. De seneste blokke, på omkring 171–183 sekunder, kommer stadig hurtigere end målet på 194 sekunder. Resultatet er, at udbuddet vil vokse med omkring 78 % de næste 12 måneder, en udvanding, som minere, hardwareproducenter og indehavere alle må se i øjnene.

Minernes økonomi følger heraf. Den samlede minerindtægt i netværket er omkring $1,25 mio. om dagen (model); Kryptex' daglige udstedelse gange den aktuelle pris giver omkring $1,35 mio. om dagen, så **omsætningen pr. hashrate-enhed R ≈ $14–15 pr. PH/s pr. dag** estimat. En RTX 5090 tjener omkring $5–6 om dagen. En H100 eller H200 tjener omkring $11, mens den billigste offentlige on-demand-leje er omkring $2,09 pr. kort i timen, omkring $50 om dagen, så det giver et stort tab at leje kort alene for at mine. R svinger meget: ifølge prlstats' dataserie var den omkring $10 i august og september og kortvarigt omkring $33 i midten af oktober estimat. Inden for få uger efter lanceringen blev en RTX 5090's anslåede daglige omsætning halveret fra omkring $33,80 til omkring $17,19. Det betalte sig kun at leje cloud-GPU'er til mining i de første uger og under prisspidsen i oktober.

Teoremet holder, incitamentet gør ikke

Det egentlige problem er efterspørgsel, ikke kryptografi. Pearls eneste offentlige kommercielle integration er et Gemma-4-31B-it-pearl-endpoint fra Together AI, lanceret den 15. maj til mere end 25 % under den normale pris, med rabatten finansieret af den forventede fremtidige værdi af udstedelsen. Den 13. november viste modelsiden, at det **ikke er tilgængeligt på Togethers serverless-API**. I juni konkluderede en optælling af 8.012 aktive mining-instanser, omkring 21 % af netværket, at netværket overhovedet ikke producerede nyttig AI-beregning (forfatteren kalder evidensen antydende, ikke afgørende), og viste, at pools accepterede shares bygget af rent tilfældige

matricer. Den 28. oktober anslog Blockworks, at **kun omkring 1 % af blokkene bærer reelt AI-arbejde**; uden det, skrev mediet, er Pearl en mindre, mindre sikker og hurtigere inflaterende bitcoin.

Årsagen kan beregnes. Overheadet på inferenssiden er reelt lille: Pearl oplyser en stigning på 5,08 % i end-to-end-tid for Llama 70B på fire H200'ere, og en uafhængig test målte et kapacitetstab på 9,2 % på én Hopper-GPU. Mining-siden tjener for lidt. Det officielle vLLM-plug-in miner kun på prefill-batches på mindst 1.024 tokens og aldrig på decode-trin. Et kort, der betjener inferens, får omkring 27 % af en dedikeret miners hashrate ved ren prefill-trafik, omkring 5,4 % ved en chatblanding, der er 80 % decode, og kun omkring 1 % ved decode-domineret trafik. Uden betalt inferensefterspørgsel multiplicerer en rationel miner tilfældige matricer; protokollen verificerer, at de committede matricer blev multipliceret ærligt, ikke om de var nyttige. **Teoremet holder, incitamentet gør ikke.** Pearls nytte er et kommercielt problem uden for kæden: nogen skal betale for inferensen.

KAPITEL 04

04 PEARL · REGLERNE
Pearl: regelrisiko, numerik og styring

Fire forks på to måneder

Den anden side af Pearl er, hvor hurtigt reglerne ændrer sig. Fra juni til august 2026 gennemførte laboratoriet fire konsensusændringer ved hårdkodede højder: en mixture-of-experts-hard fork (blok 71.935, omkring 12. juni), en dense-only-soft fork (91.630, omkring 23. juli), en rangstraf-soft fork (96.251, omkring 6. august) og en hard fork med saltet seed (99.000, omkring 11. august). Efter forken med saltet seed kunne gamle minere kun producere ugyldige shares; rangstraffen skar 50 % til 87,5 % af den effektive hashrate for konfigurationer med høj rang.

Næste skridt er PIP-3, stadig et udkast: det flytter mining fra INT7 til FP8 × FP8 → FP32 og kræver bit-eksakte enhedsprofiler, **med understøttelse af kun to arkitekturer, Hopper og Blackwell**. Dokumentet kalder hardwareafhængighed et nødvendigt onde ved flydende-komma-protokoller og advarer om, at enhver tolerance i verifikationen indbyder til grinding-angreb. Den 12. november fastsatte mainnet-parametrene i fp8-scheme-grenen ingen aktiveringshøjde. Under det nuværende udkast optages RTX 40-serien, A100 og AMD-kort ikke, mens en model fra prlstats med lav sikkerhed anslår, at omkring 82 % af hashraten kommer fra forbrugerkort. At tvinge forken igennem risikerer en kædesplittelse eller et oprør blandt minerne.

Et trilemma om talformater

Pearl står over for et trilemma: et talformat kan være nyttigt for AI (FP8 eller FP4), bit-eksakt verificerbart på tværs af hardware og hardwareneutralt, men højst to af de tre. INT7-ordningen er verificerbar og neutral, men bevæger sig væk fra, hvor AI-silicium er på vej hen. FP8 med en hvidliste er nyttig og verificerbar, men binder konsensus til én leverandør. FP8 med en tolerance er nyttig og neutral, men åbner døren for grinding-angreb. Flydende-komma-aritmetik i tensorkerner følger generelt ikke en numerisk standard og kan ikke reproduceres på tværs af generationer; på Hopper beholder FP8-akkumulering for eksempel kun 13 brøkbits og trunkerer. Set fra en chipdesigners synspunkt er en »Hopper-profil« en fuldt bestemt aritmetik, som en ASIC kunne implementere bit for bit, måske mere effektivt end GPU'en. Men det ville være forretning i en gråzone i strid med protokollens erklærede hensigt og med meget høj styringsrisiko analyse.

Styring

Styringen er koncentreret. Laboratoriet har skrevet hvert eneste protokolforslag; forks aktiveres ved hårdkodede højder uden signalering fra minerne; der findes ingen anden klientimplementering; og pr. begyndelsen af oktober var der ikke offentliggjort nogen tredjepartsrevision af noden eller zero-knowledge-kredsløbene. Den israelske avis TheMarker rapporterede, at laboratoriet rejste omkring $120–130 mio. i en stealth-runde (omkring $55 mio. i egenkapital plus en fond til GPU-infrastruktur på omkring $75 mio.); Pearl har ikke bekræftet det gennem officielle kanaler. »Ingen investortildeling i tokenet« og »et selskab med venturekapitalejere« kan begge være sande, men spændingen består: AI-omsætningen kan flyde til egenkapitalen, mens udvandingen rammer tokenindehaverne.

Samlet set er Pearl det reneste eksperiment med »regnekraft som konsensus« indtil nu: en ny mekanisme, verificerbar på kæden, med en enhed, der svarer én til én til AI-hardware. Men nytten er ikke kommet, og sikkerhedsbudgettet, hashraten og minernes entusiasme hænger alle på et token, hvis primære efterspørgsel endnu ikke er opstået, og hvis udbud vil vokse med omkring 78 % på 12 måneder. Tre signaler fra Blockworks er værd at følge: om opgraderingen lander gnidningsfrit, om andelen af blokke med AI-arbejde stiger væsentligt, og om nogen inferensudbyder giver mining-indtægten videre til sine kunder.

KAPITEL 05

KÆDER MED NYTTIGT ARBEJDE

05 Kæder med nyttigt arbejde: hverken matricer eller zero knowledge stopper ASIC'er

Kaspa: en matrix er hverken nyttig eller ASIC-sikker

Kaspa er skoleeksemplet. Dets kHeavyHash placerer et 64 × 64-matrix-vektor-produkt over 4-bit-værdier mellem to hashes, og produktet smides væk. Omkring 16 måneder efter den fair lancering i november 2021 annoncerede IceRiver de første Kaspa-ASIC'er den 14. marts 2023, og ved udgangen af 2023 var GPU-mining slut. Sammenligner man en RTX 4090 med 3,8 GH/s og 300 W med Bitmains KS7 på 77 J/TH, giver det en effektivitetsforskel på omkring **1.000 gange** estimat. Efter festen kom presset: den 13. november kørte netværket med 358,9 PH/s, omkring 64 % under niveauet på 1 EH/s i august 2024, og den bedste KS7 tjener kun **$0,86 om dagen** ved $0,10 pr. kWh.

Aleo: heller ikke zero knowledge stopper specialhardware

Aleos prover-gåde er designet til at efterligne arbejdet med at generere et SNARK-bevis; den beviser ikke brugernes transaktioner, og projektet byder åbent ZK-ASIC'er velkommen. Omkring fem måneder efter mainnet i september 2024 blev der leveret dedikerede maskiner. I tredje kvartal 2025 modtog provere 31,2 mio. ALEO (omkring $7,8 mio.), mens netværket kun indsamlede omkring $43.000–44.000 i gebyrer: **en subsidiemultipel på omkring 175–180**. Prisen faldt fra omkring $9 i den tidlige handel til $0,22 ved udgangen af det kvartal, og ARC-46 kræver nu en stake på 100.000 til 2,5 mio. ALEO pr. løsning, hvilket gør mining til en stake-tærskel.

Qubic og Bittensor

Qubic markedsfører »nyttigt proof of work«, der træner dets neurale netværk Aigarth, men det mest synlige output af dets regnekraft i 2025–2026 var andre kæders blokke. Først minede det Monero, øgede sin andel fra under

2 % i midten af maj 2025 til mere end 25 % ved udgangen af juli og påstod 51 % i august, hvilket forårsagede en reorganisering på seks blokke (en anden kilde siger 18). Den 1. april 2026 skiftede det til at mine Dogecoin med ASIC'er og brugte indtægterne på tilbagekøb og brænding. Der er ingen uafhængig evidens for, at dets AI-træning er nyttig, og markedsværdien faldt fra omkring $280–300 mio. til omkring $50 mio. den 13. november. Det afslørede også en eksternalitet: en kæde, der betaler for generel regnekraft, skaber en stor, lejbar og koordineret pulje af hashrate, som kan vendes mod CPU-venlige kæder.

Bittensor er ikke proof of work, men stake-vægtet subjektiv bedømmelse: validatorer bedømmer minere, og vægtene beskæres ved den stake-vægtede median. Det er det eneste netværk i denne gruppe med ekstern omsætning i stor skala. SubConnect-indekset, der kun tæller verificerbare eksterne kunder, viser omkring **$70 mio. om året** i begyndelsen af november 2026 (omkring $35 mio. den 1. september), 78 % til 82 % af det fra regnekraft og infrastruktur; men ved priserne i begyndelsen af november overstiger udstedelsen $300 mio. om året, så omsætningen dækker kun 9 % til 23 %. Omsætningsestimaterne varierer meget med grundlaget, fra omkring $17 mio. (Artemis) til $172 mio. annualiseret ud fra selvrapporterede totaler. I april brændte 67 af 128 subnets mere end 99 % af deres incitamenter, og da det førende team Covenant forlod netværket på grund af styringen, faldt TAO 24 % i løbet af få timer.

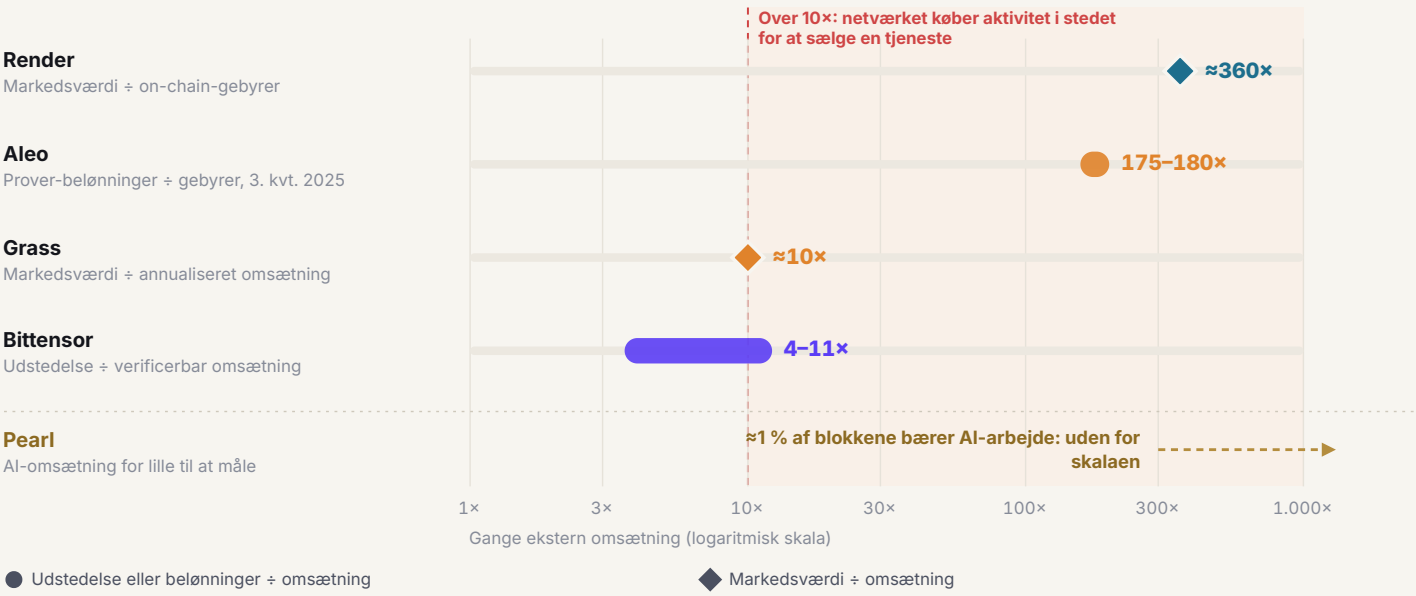
Historien giver samme svar

Primecoins primtalskæder var hurtige at verificere, men ingen havde brug for dem. Gridcoin var afhængig af tredjeparters statistiksider til at attestere BOINC-bidrag, og forskere forfalskede blokke uden at udføre nogen beregning. Filecoins lagringsbeviser virker teknisk, men i tredje kvartal 2025 var udnyttelsen kun 36 %, og 99,5 % af dets gebyrer på $793.000 var bøder, med basisgebyrer på blot $4.100.

Projekt	Arbejde eller konsensus	Markedsværdi (dato)	Hardwarevej	Betalt efterspørgsel mod subsidie	Vurdering
Pearl	Støjfyldt matrixmultiplikation (INT7-MAC plus ZK-certifikat)	Omkring $500 mio. (13. november)	GPU'er; FP8-udkastet ville hvidliste Hopper og Blackwell	Omkring 1 % af blokkene med AI-arbejde; minerindtægt for det meste subsidie	Den mest troværdige mekanisme; efterspørgslen er ikke bevist
Kaspa	kHeavyHash (et 64 × 64-, 4-bit-matrix-vektor-produkt mellem hashes)	Omkring $840 mio. (13. november)	ASIC'er omkring 16 måneder efter lanceringen; nu udelukkende ASIC	Påstår ingen nytte; minerindtægt omkring $18 mio. om året estimat	En matrix er hverken nyttig eller ASIC-sikker
Aleo	Syntetisk SNARK-gåde plus proof of stake	Omkring $118 mio. (udgangen af 3. kvartal 2025)	Dedikerede maskiner efter omkring fem måneder	Prover-belønninger omkring 175–180 gange gebyrerne	Syntetisk arbejde, drevet af subsidie
Qubic	»uPoW« (påstår at træne Aigarth)	Omkring $50 mio. (13. november)	CPU og GPU; ASIC'er til Dogecoin siden april 2026	Ingen uafhængig evidens for nytte; regnekraft brugt til ekstern mining og tilbagekøb	Samling af regnekraft pakket ind i en AI-fortælling
Bittensor	Yuma-konsensus (stake-vægtet bedømmelse)	Omkring $2,55 mia. (11. november)	Generelle GPU'er; ingen ASIC-vej	Omkring $70 mio. om året i verificerbar omsætning mod mere end $300 mio. i udstedelse	Den eneste med ekstern omsætning i stor skala; stadig en subsidie på 4–11 gange
Filecoin (reference)	Beviser for replikering og rumtid	Omkring $1,5 mia. (udgangen af 3. kvartal 2025)	—	Udnyttelse 36 %; kvartalsvise basisgebyrer $4.100	Nyttigt, men mangler efterspørgsel

FIG. 04 **Subsidiemultiplen: hvor mange gange ekstern omsætning et netværk betaler**

Udstedelse eller markedsværdi divideret med omsætning betalt udefra, logaritmisk skala



Kilde: Blockworks (Aleo 3. kvt. 2025), DefiLlama (Render-gebyrer), CoinGecko, hoge.gg (Bittensor), Dealroom (Grass), Blockworks 0xResearch (Pearl); forfatterens beregning.

Læren for hardware: fast, regelmæssigt arbejde, der betales i et likvidt token, får ASIC'er inden for omkring 3 til 16 måneder, ofte fra udfordrere før de etablerede aktører. Påstande om »nytte« holdt kun, hvor en ekstern kunde betaler for outputtet. Og de vigtigste årsager til strandet hardware er en høj subsidie i forhold til omsætningen og udviklernes kontrol over arbejdsfunktionen.

KAPITEL 06

DET BREDERE LANDSKAB

06 Resten af AI × krypto: reel, men lille efterspørgsel, og værdi, der flytter til egenkapital

Decentrale markeder for regnekraft

Decentral regnekraft har betalende kunder, men efterspørgslen er lille, koncentreret og for det meste videresalg af inferens på åbne modeller. Gebyrer, der kan verificeres på kæden, er små: DefiLlama viser omkring $2,35 mio. i gebyrer for Render det seneste år og omkring $680.000 for Livepeer, og hele DePIN-sektoren tjente kun omkring $72 mio. i on-chain-omsætning i 2025. Selvrapporterede tal er større, men løst definerede: Aethir oplyser »mere end $127,8 mio.« i omsætning for regnskabsåret 2025 uden at sige, om det er bruttofakturering eller protokollens andel. Tokenværdier og omsætning er gledet fra hinanden i begge retninger: Renders markedsværdi er omkring 360 gange dets on-chain-gebyrer, mens Aethirs markedsværdi på omkring $87,7 mio. ligger under dets selvrapporterede omsætning estimat.

Påstanden om at være 70 % til 85 % billigere holder kun over for hyperscalernes on-demand-priser. Den 3. november var den vægtede gennemsnitspris for en H100 på Akash omkring **$2,73 pr. GPU-time** (interval $2,04–3,16), under omkring $6,88 hos AWS og $11,06 hos Google Cloud, men over omkring $1,73 hos Vast.ai, $1,99 i RunPods community cloud og omkring $2,44 for en etårig reservation (priser på andre platforme aflæst den 12. september; Akash, der har offentliggjort tallene, er en interesseret part). Efterspørgslen er for det meste standardinferens distribueret via OpenRouter, omkring 1,7 mia. tokens om dagen på AkashML og mere end 4 mia. på io.net, i direkte konkurrence med alle neoclouds. De største dollarbeløb inden for »decentral regnekraft« centraliseres igen: Axe Compute, der ejer Aethirs token som et treasury-aktiv, har underskrevet en femårig kontrakt til $1,5 mia. om at udleje sin egen klynge af 9.200 B300'ere, mod en omsætning i første kvartal 2026 på $35.000.

Decentral træning og inferens

Træning over internettet er demonstreret ved 8 til 40 mia. parametre. Pluralis-8B blev trænet i 40 dage på 330 noder, for det meste forbruger-GPU'er, og nåede 63 % af effektiviteten for en centraliseret H100-basislinje, selvom artiklen indrømmer, at kørslen ikke var decentral og krævede Pluralis' egne noder og en optagelsesmyndighed. Nous Researchs Psyche gennemførte prætræningskørslen Consilience med 40 mia. parametre. I frontskala blev arbejdet centraliseret igen: Prime Intellects INTELLECT-3, en mixture-of-experts-model med 106 mia. parametre, blev trænet over to måneder på 512 H200'ere forbundet med 400 Gbps InfiniBand. Begrænsningerne er tydelige: noder har brug for mindst 200 Mbit/s båndbredde og omkring 100 gange kommunikationskomprimering, og tillid og verifikation afhænger stadig af operatørens privilegerede roller.

Pengene gik til selskaber, der sælger centraliserede produkter. Prime Intellect havde mere end $100 mio. i annualiseret omsætning, før det rejste $130 mio. til en værdiansættelse på $1 mia. i juli; Venice, en privat inferens-app, oplyser mere end $70 mio. i annualiseret omsætning og overskud siden første kvartal 2026 (selskabets tal), rejste $65 mio. til en værdiansættelse på $1 mia. og kører på lejede GPU'er. På tokensiden er Gensyns centrale træningsnetværk stadig »ikke fastlagt«, og dets token er værd omkring $17,2 mio.; tokenet fra Ritual, et AI-nativt layer-1, faldt 72 % fra toppen efter mainnet (kun overskrift).

Verificerbar AI

Produktionen valgte betroede eksekveringsmiljøer (TEE'er). Hoppers fortrolige beregning tilføjer under 7 % overhead til typiske LLM-forespørgsler og næsten intet for store modeller; Phalas overhead i produktion er omkring 0,5 % til 5 %, men ved udgangen af 2025 betalte 398 af dets 10.004 brugere. En TEE's tillidsrod er chipleverandøren: TEE.fail, offentliggjort i oktober 2025, brugte en DDR5-bus-interposer til under $1.000 til at udtrække attesteringsnøgler fra fuldt opdaterede Intel TDX- og AMD SEV-SNP-maskiner, hvilket igen undergraver NVIDIAs fortrolige GPU-beregning, og begge leverandører siger, at fysiske angreb ligger uden for deres trusselsmodel. Det er præcis DePIN-situationen, hvor nodeoperatører har fysisk adgang. zkML kan nu bevise en komplet LLM: Lagranges DeepProve beviser GPT-2 med omkring 174 tokens i minuttet og Gemma 3 med omkring 86, flere størrelsesordener fra inferens i produktion og uden oplyst betalt brug.

Agentbetalinger og data

x402 er det bedste advarende eksempel. TRM Labs tæller omkring 198,9 mio. transaktioner og $52,7 mio. afviklet af kendte facilitatorer siden maj 2025, 99,6 % i USDC; efter fjernelse af selvbetalinger, batchstrømme og sælgere med færre end ti købere er andelen, der faktisk igangsættes af agenter, kun 0,6 % til 7,5 %, **omkring $5.000–11.000 om måneden**. Artemis vurderer, at mere end 95 % af aktiviteten er protokolsignalering snarere end køb og salg. Imens standardiseres infrastrukturen af de etablerede aktører: x402 Foundation blev oprettet under Linux Foundation den 14. juli med Visa, Mastercard, Stripe, Google, AWS, Cloudflare og Coinbase som kernemedlemmer, og Tempo, der skrev Machine Payments Protocol sammen med Stripe, lancerede sit mainnet i marts til en værdiansættelse på $5 mia. Platforme for agenttokens kører stadig på launchpad-logik: Virtuals selvrapporterer $479 mio. i »aGDP«, og ElizaOS' grundlægger erklærede dets token dødt efter et forlig i et gruppesøgsmål. Værdien vil mere sandsynligt blive høstet af udstedere af stablecoins og etablerede betalingsaktører; kryptos særlige rolle her kan være identitet og ansvarlighed for agenter.

Data er en af de få undersektorer med reelle købere uden for kæden. Grass oplyser $17 mio. i dataomsætning i 2025 og yderligere $17 mio. i første halvår 2026, sigter mod $75 mio. for året og siger, at det er rentabelt; GRASS er værd omkring $328 mio., omkring ti gange den annualiserede omsætning fra første halvår estimat. Dets voldgrav er indsamlingsskalaen fra distribueret båndbredde i private hjem, ikke krypto i sig selv. Data-DAO'er og datamarkedspladser mangler synlig betalt efterspørgsel: Vana er værd omkring $21,5 mio. og Ocean omkring $27,6 mio., og Ocean er i retssag med Fetch.ai. Bevis for personstatus (proof of personhood) får reelle integrationer, efterhånden som agenterne bliver flere: World siger, at det har verificeret næsten 18 mio. mennesker, og Zoom, Docusign og Tinder understøtter dele af World ID.

Kapitalen har stemt

Sektor	Verificerbar betalt efterspørgsel	Signaler om subsidie og værdiansættelse	Vurdering
Kæder med nyttigt arbejde	Bittensor omkring $70 mio. om året i verificerbar ekstern omsætning; Pearl omkring 1 % af blokkene med AI-arbejde	Aleo 175–180 gange; Bittensor 4–11 gange; Pearl for det meste subsidie	Mekanismerne har værdi; nytte kræver betalende kunder
Decentrale markeder for regnekraft	On-chain-gebyrer omkring $0,68–2,35 mio. om året (Livepeer, Render); selvrapporteret $4–128 mio.	Renders markedsværdi omkring 360 gange gebyrerne	Reel, men lille, for det meste videresalg af standardinferens
Decentral træning og inferens	Selskaber: Prime Intellect over $100 mio. om året, Venice over $70 mio. (centraliseret infrastruktur)	Gensyns trænings-mainnet ikke i drift; Ritual-tokenet −72 % fra toppen	De tekniske fremskridt er reelle; overskuddet går til egenkapitalen

Sektor	Verificerbar betalt efterspørgsel	Signaler om subsidie og værdiansættelse	Vurdering
Verificerbar AI	TEE'er i produktion (398 betalende brugere hos Phala); ingen oplyst betalt zkML	—	TEE'er nyttige; zkML tidligt
Agentbetalinger	Strømme igangsat af agenter omkring $5.000–11.000 om måneden	Omkring 200 mio. transaktioner, for det meste signalering og spekulation	Infrastrukturen først, efterspørgslen senere
Datanetværk	Grass $17 mio. i 1. halvår 2026 (selvrapporteret)	GRASS omkring 10 gange den annualiserede omsætning	En af de få sektorer med reelle købere

Stil de seks sektorer side om side, og konklusionen er konsistent: **subsidie er brændstof til en koldstart, ikke en forretningsmodel.** Den 13. november var CoinGeckos AI-kategori samlet værd omkring $18,6 mia., men omkring 56 % af det er generelle layer-1'ere som NEAR og ICP plus projekter på konsensusniveau som TAO, staket TAO (muligvis dobbelttalt med TAO) og Pearl; AI-tokens på protokol- og applikationslaget udgør i alt omkring $8 mia. eller mindre estimat. Det er omtrent den samlede værdiansættelse af fire selskaber: Tempo ($5 mia.), Nous (angiveligt $1,5 mia.), Prime Intellect ($1 mia.) og Venice ($1 mia.). Venturefinansieringen inden for krypto står fast på omkring $4,5–5 mia. i kvartalet, og stigningen kommer fra AI-relateret infrastruktur, hvis andel af de oplyste beløb steg fra 8,1 % til 18,2 % i tredje kvartal 2026; og 84,7 % af de 118 tokens, der blev lanceret i 2025, handles under lanceringsprisen. I én sætning: **krypto står for distribution og afvikling, egenkapitalen tager overskuddet**, i hvert fald i 2026.

KAPITEL 07

07

ASIC-ØKONOMI

ASIC-spørgsmålet: én formel, tre målestokke

Én formel: hvorfor effektivitet holder op med at betale sig efter k = 5

Lad R være den daglige omsætning pr. regneenhed (netværkets minerindtægt divideret med netværkets hashrate), c den daglige omkostning ved en regneenhed på den marginale hardware (på Pearl en GPU), og k, hvor mange gange billigere en ASIC er end denne marginale hardware (c_ASIC = c/k). Så længe GPU'er forbliver de marginale minere, presser fri ind- og udtræden R mod c, så en ASIC tjener R − c/k pr. regneenhed:

En ASIC's profitloft ≈ R × (1 − 1/k)

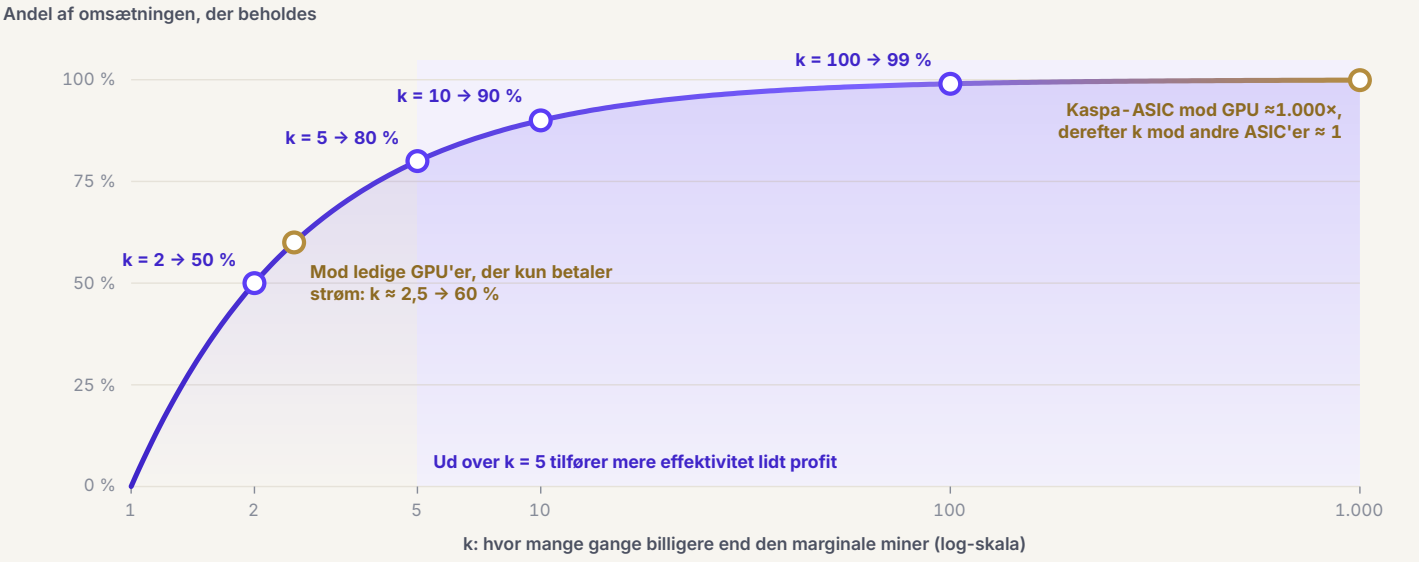
For netværket som helhed er en ASIC-flådes årlige loft for bruttoavance omtrent netværkets minerindtægt × (1 − 1/k), og kun indtil ASIC'er afløser GPU'er som de marginale minere.

Formlen har tre konsekvenser. For det første er (1 − 1/k) konkav: ved k = 2 beholder en ASIC 50 % af omsætningen, ved k = 5 80 %, ved k = 10 90 %, ved k = 100 99 %. **Ud over k = 5–10 tilfører mere effektivitet næsten ingen profit**; størrelsen på R og på puljen afgør. For det andet nulstilles referencen: når ASIC'er er de marginale minere, skal k måles mod andre ASIC'er. Kaspas ASIC'er havde en effektivitetsfordel på omkring 1.000 gange over GPU'er, hvilket kun købte en kortvarig gevinst; i dag tjener den bedste KS7 $0,86 om dagen. For det tredje er referencen på en GPU-venlig kæde som Pearl ofte ikke indkøbsprisen for en GPU, men **strømmen til en ledig GPU**: en egen RTX 5090 på 525 W ved $0,10 pr. kWh koster omkring $1,26 om dagen i strøm og tjener omkring $5–6 estimat. Mod GPU'er, der er sunk costs, har selv en ASIC, der bruger en femtedel af energien, kun en effektiv k

på omkring 2,5, hvis dens afskrivning svarer til dens strømforbrug, og et profitloft på omkring 60 % af R (en illustrativ antagelse).

FIG. 05 **Hvorfor effektivitet holder op med at betale sig: en ASIC beholder højst 1 – 1/k af omsætningen**

Andel af omsætningen, en ASIC kan beholde mod den marginale miner, efter omkostningsfordelen k



Kilde: Forfatterens model: når den marginale hardware sætter prisen, nærmer omsætningen pr. regneenhed sig dens omkostning; tal for Kaspa og RTX 5090 fra rapporten.

Tre målestokke: puljen, tilbagebetalingsskalaen og reglerne

Den første målestok er **puljen**. Annualiserer man de omkring 2.893 BTC i blokbelønninger i den første uge af november (omkring $222 mio.), tjener bitcoin-minere omkring $11,5 mia. om året estimat. Pearls minere tjener omkring $0,46–0,49 mia. (ved aktuelle priser); Aleos prover-belønninger, annualiseret ud fra tredje kvartal 2025, omkring $31 mio.; og Kaspas minere, ved en blokbelønning på 1,945 KAS og ti blokke i sekundet, omkring $18 mio. estimat. **Et helt års minerindtægt i Kaspa er mindre end den lave ende af et enkelt designbudget på 5/4 nm (omkring $30 mio.).**

Den anden målestok er **den hashrate, der skal til for at tjene NRE ind**:

h* = NRE ÷ [R × (1 – 1/k) × T × p]

hvor T er det nyttige vindue i dage og p sandsynligheden for, at reglerne forbliver uændrede i det vindue. For Pearl: tag R = $14 pr. PH/s pr. dag, k = 5, T = 365 dage og en NRE på $20 mio. (en N7/N6-chip med gentaget array; i den lave ende af intervallerne på $5–30 mio. for mellemnoder fra Silicon Analysts og $15–100 mio. for compute-ASIC'er på 7/6 nm fra AnySilicon, fordi en mining-chip bruger lidt IP og en gentaget struktur; min antagelse). Med p = 1 kræver det omkring **4,9 EH/s** i drift i et helt år, omkring 5 % af netværket; med p = 0,5 omkring **9,8 EH/s**, omkring 11 %; og hvis R falder tilbage til sommerens niveau på omkring $10, kræver selv p = 1 omkring 6,9 EH/s estimat. Skalaen er ikke uden for rækkevidde. Problemet er p og T.

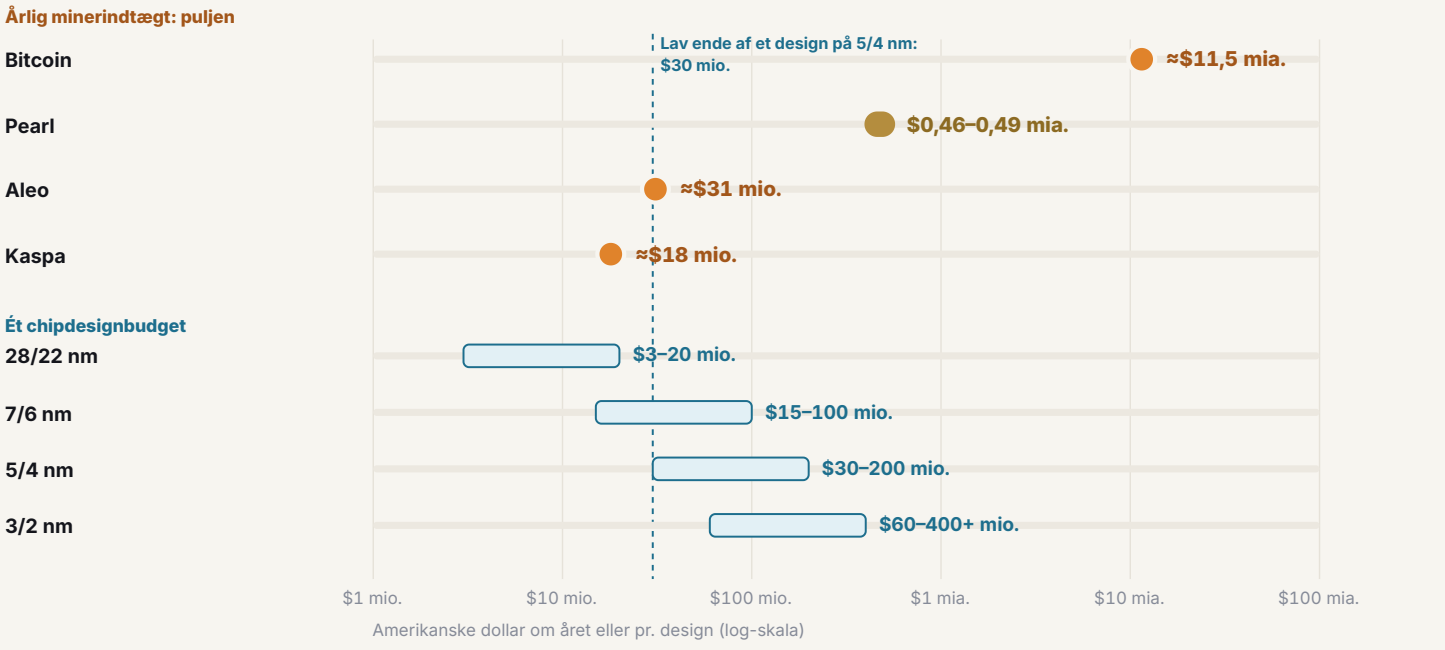
Den tredje målestok er **regelrisiko**, og den er ofte afgørende. Moneros anti-ASIC-fork i 2018 strandede Bitmains X3 og kostede kortvarigt netværket næsten halvdelen af hashraten. Sias fork samme år gjorde Bitmains og Innosilicons minere ubrugelige, mens brugtprisen på Obelisk-mineren, der var knyttet til udviklerne, steg fra $2.499 til mere end $5.000. Lidt over en måned efter Ethereums Merge havde færre end 20 % af de tidligere Ethereum-minere fundet nyt arbejde. **Den, der kontrollerer arbejdsfunktionen, kontrollerer hardwareinvestorernes skæbne**, og Sia viser, at »ASIC-modstand« kan blive udviklernes egen voldgrav. Hardware med et andet marked overlever:

efter Merge flyttede GPU'er til AI og cloud, mens ASIC'er til én algoritme stimlede sammen i Ethereum Classic. Vinduet bliver også kortere: Kaspas første ASIC tog omkring 16 måneder, Aleos omkring fem, og den første, der når effektivitetsgrænsen, er ofte en udfordrer snarere end en etableret aktør.

Netværk	Årlig minerindtægt (omkring)	Marginal eller referencehardware	Regelstabilitet	k til rådighed for en ny aktør	Vurdering
Bitcoin	$11,5 mia.	Bitmain S23 XP Hyd (8,9 J/TH, $25,5 pr. TH)	Meget høj	≤1	En stor pulje, men k tilhører de etablerede
Pearl	$0,46–0,49 mia. (ved aktuelle priser)	Egne eller ledige GPU'er (marginalomkostning ≈ strøm) og datacenter-GPU'er	Meget lav: fire forks på to måneder; FP8-hvidliste afventer	Måske 3–10 gange i effektivitet analyse; lavere mod GPU'er, der er sunk costs	Puljen er stor nok; regelrisikoen nedlægger veto
Aleo	Omkring $31 mio. (3. kvartal 2025, annualiseret)	IceRiver AE2 og andre dedikerede maskiner	Middel: ARC-46-stake-tærskel	≈1	En lille pulje, og tærsklen stiger
Kaspa	Omkring $18 mio.	KS7 (77 J/TH)	Høj	≈1	Årlig omsætning under den lave ende af ét design-budget på 5/4 nm

FIG. 06 **De fleste puljer er mindre end ét chipdesignbudget**

Årlig minerindtægt i fire netværk mod designomkostningen for én chip efter procesnode, logaritmisk skala



Kilde: Hashrate Index (bitcoin, november 2026), prlstats og Kryptex (Pearl), Blockworks (Aleo, 3. kvt. 2025), minerstat (Kaspa), AnySilicon (designbudgetter, 2026); annualiseret af forfatteren.

Kvadranten »stor pulje, stabile regler og k > 1« er tom i dag: bitcoin har puljen og de stabile regler, men dets k tilhører de etablerede; Pearls pulje er stor nok, men reglerne er de mindst stabile; Kaspa og Aleo har stabile nok regler og puljer, der er for små.

KAPITEL 08

08 CHIP FOR CHIP
Fem chiptyper, fem svar

PoUW i Pearl-stil: ingen dedikeret INT7-chip; sats på en miner, der kan betjene inferens

Argumentet for en ASIC er reelt. Kun omkring 1 % af blokkene bærer AI-arbejde i dag, så whitepaperets økonomiske argument, at en dedikeret ASIC mister evnen til at udføre nyttigt arbejde og derfor tjener mindre, står svagest netop nu. De dyreste dele af en GPU, HBM og CoWoS-pakning, udgør omkring 63 % af en H100's produktionsomkostning, mens logik-dien kun udgør omkring 9 %. En chip, der ikke gør andet end 7-bit-heltals-multiplikation-akkumuleringer, holder sine operander i on-chip-SRAM og kører ved lav spænding, kunne plausibelt nå 3 til 10 gange bedre energi pr. operation end en GPU på samme node og en større fordel i omkostning pr. operation [analyse; endnu ingen målinger]. Argumentet imod vejer tungere. Foundryernes leveringstider på førende noder kan overstige 50 uger, og et nyt team har brug for omkring 18 til 24 måneder fra start til volumen estimat; når en chip når frem, kan Pearl meget vel være gået over til FP8 og derefter FP4. Og fordi PIP-3 definerer den tilladte aritmetik gennem en hvidliste over enheder, ville en INT7-chip simpelthen holde op med at virke, når den aktiveres.

Så min konklusion er: **tape ikke en dedikeret INT7-chip til Pearl ud nu.** Der er to bedre satsninger. Den ene er en inferens-først-accelerator, der også kan mine: bygget omkring generel INT8/FP8-GEMM og operander, der ligger i SRAM, så værdien lander på et reelt inferensmarked, hvis adgangen til mining nægtes. Den anden er at gå ind i protokoldebatten og presse på for en leverandørneutral kanonisk aritmetik, som en ASIC kan implementere præcist, sammen med en forpligtelse til algoritmestabilitet, hvilket er forudsætningen for, at kvadranten »stor pulje, stabile regler, k > 1« overhovedet findes. Indtil da kan en arkitektur valideres på FPGA'er eller multi-project wafers (MPW) på modne noder, så NRE-risikoen holdes i størrelsesordenen en million dollar. Kapitel 10 omsætter dette til et budget i etaper.

Minere i bitcoin-stil: de etablerede ejer k, og strøm er det knappe aktiv

Bitcoins regelrisiko er den laveste, men konkurrencen presser en ny aktørs k under 1. Bitmains S23 XP Hyd når 8,9 J/TH, sælges til $25,5 pr. TH og leveres fra november; flagskibseffektiviteten faldt fra 17,5 J/TH for S21 i 2023 til 8,9 J/TH, omkring 49 % på tre år. En ny aktør, der leverer i volumen i 2027–2028, ville have brug for omkring 8 J/TH eller bedre for at klare sig estimat. Udfordrerne trækker sig: Canaan rapporterede en omsætning i andet kvartal 2026 på $31,9 mio. med et bruttotab på $29,3 mio. og guidede kun $11–15 mio. for tredje kvartal; Bitdeers salg af egne maskiner til eksterne købere i tredje kvartal faldt til $0,3 mio. med en bruttomargin for koncernen på 3,4 %; Auradine omdøbte sig til Velaura AI og vendte sig mod AI-chips; og Core Scientific annullerede en ordre på omkring 15 EH/s af 3 nm-maskiner fra Blocks Proto-enhed og bogførte et tab på $41,9 mio.

Efterspørgslen skrumper også. Den 9. november var hashprisen omkring $31,89 pr. PH/s pr. dag, terminskurven til april 2027 lå i gennemsnit på omkring $32,7, og gebyrerne udgjorde kun 0,72 % af blokbelønningerne. Ved $0,045 pr. kWh tjener S23 XP Hyd sig hjem på omkring 3,1 år estimat, tæt på den næste halvering, der ventes omkring 2028. Vigtigere er alternativomkostningen ved strøm: lejeaftaler for AI og high-performance computing giver nu omkring $1,67–1,9 mio. pr. kontraheret megawatt om året, hvilket ved 80 % til 85 % netto driftsindtægt er omkring 1,5 til 2,9 gange bruttoavancen fra mining pr. megawatt (omkring $0,56–0,9 mio.) [estimat; de to megawattgrundlag er forskellige]. Core Scientific stopper mining i fjerde kvartal; Bitfarms, nu Keel, har lukket alle

sine amerikanske mining-anlæg; IREN tjente $200 mio. på AI-cloud og kun $28 mio. på mining i ét kvartal. **Strøm og datacenterkapacitet er aktiverne; mining-maskiner er forbrugsvarer.**

NRE-regnestykket er lige så ubarmhjertigt. Effektivitet i front kræver nu processer i 3 nm-klassen (ifølge sekundære kilder bruger MicroBT Samsung SF3, og Auradines og Protos chips er på 3 nm). Masker koster omkring $10–20 mio. og fuld NRE $30–100 mio. eller mere; ved $20–25 pr. TH og en bruttomargin på 30 % giver hver solgt 1 EH/s omkring $6–7,5 mio. i bruttoavance, så det at dække årlig F&U på Bitdeers niveau, omkring $110–160 mio., kræver salg af omkring 20–25 EH/s om året til eksterne købere, omkring 2 % af netværket estimat. Konklusionen: **et nyt team bør ikke gå ind på markedet for bitcoin-minere til videresalg.** Tre tilfælde giver stadig mening: vertikal integration med egen billig strøm; nicheformer som minere til hjemmet og til opvarmning (Canaan lancerer også varmeprodukter til hjemmet); og deltagelse i de etableredes køreplaner gennem IP og designydelser.

AI-træningschips: ikke som lille team

For træningschips er k sværest at opnå. På samme generation og præcision fører Googles Ironwood kun over B300 i FP8-effektivitet på chipniveau med omkring 1,1 til 1,8 gange (Ironwoods effekt er en journalists skøn) estimat; de 30 til 80 gange, der ofte citeres fra TPU v1-artiklen, blev målt mod en K80, som ikke havde tensorkerner. Den egentlige løftestang er talformatet: et skift fra FP8 til FP4 giver normalt 2 til 3 gange kapaciteten på samme silicium, og NVIDIA bevæger sig hurtigst der: selskabet påstår 50 PF NVFP4-inferens for Rubin, i volumen i andet halvår 2026. Tærsklerne for omkostninger og forsyning er endnu højere: designbudgetter på 3/2 nm løber op i $60–400 mio. eller mere; CoWoS-kapaciteten i 2026 er omkring 106.000–130.000 wafers om måneden, og TSMC overvejer ifølge rapporter prisstigninger på op til 20 %; ved en kontraktpris på $15,6 pr. GB for HBM3E koster HBM alene i en accelerator med 288 GB omkring $4.500 estimat. Dette marked tilhører udvikling i fællesskab med hyperscalere i Broadcom-stil (kapitel 11). Konklusionen: **små teams bør ikke bygge selvstændige træningschips**; byg i stedet IP, chiplets eller designydelser.

AI-inferenschips: byt generalitet for k, og det betaler sig

Inferens er der, hvor ASIC'er har mest plads, fordi k kan købes ved at opgive generalitet. Etched påstår, at dets server med otte chips kører Llama-70B med mere end 500.000 tokens i sekundet, omkring 20 gange otte H100'ere; Taalas hardkoder modelvægte i maske-ROM og påstår 10 gange lavere effekt og 20 gange lavere produktionsomkostning (begge leverandørpåstand). SRAM-centrerede arkitekturer undgår HBM og CoWoS, og deres noder er mere overkommelige: Taalas bruger TSMC 6 nm, og Groq gik fra 14 nm til Samsung 4 nm. Kryptodistribution hjælper ikke inferenschips, da decentrale regnekraftnetværk næsten udelukkende kører på NVIDIA; vejen ind går gennem neocloudernes indkøbsøkonomi og det store indenlandske inferensmarked i Kina, hvor statsfinansierede datacentre skal bruge indenlandske AI-chips, importen af H200 bliver begrænset, og Beijing ønsker, at store internetselskaber kører inferens på indenlandske chips. Konklusionen: **værd at bygge**, så længe der er en klar kunde, og graden af binding til modeller og arkitektur er et bevidst valg. Det er også det bedste andet marked for en PoUW-mining-chip.

ZK- og FHE-acceleratorer: afdæk på ZK, positionér dig tidligt på FHE

GPU'er har allerede indhentet ZK-beviser i realtid: Succincts SP1 Hypercube beviste 99,7 % af Ethereums blokke på under 12 sekunder på 16 RTX 5090'ere. Cysic påstår, at dets ZK C1-chip er 10 til 100 gange så effektiv som GPU-provere og leveres i 2026, men efterspørgslen kommer i høj grad fra dets egne tokenbelønninger leverandørpåstand; jeg fandt ingen offentlig evidens for, at ASIC'er til Aleos gåde bruges til reel ZK-bevisførelse. ZK-bevisførelse er heltalsbaseret og deterministisk, tæt i form på det, mining-chips gør, men bevissystemerne ændrer sig hurtigt (SP1, RISC Zero, Halo2, Plonky2 og flere). Konklusionen: **vent og afdæk**, med programmerbare MSM-, NTT- og hash-motorer, først på FPGA'er, derefter som ASIC'er.

FHE er den mest hardwarebundne primitiv med det største potentiale. Intels Heracles, på Intel 3 med 197 mm², 176 W og 48 GB HBM3, kører FHE-operationer 1.074 til 5.547 gange hurtigere end en Xeon med 24 kerner, men Intel har ingen kommercielle planer, og projektets leder forlod selskabet i december 2025. Niobium bygger på Samsung 8LPU med SemiFive som designpartner (en udviklingskontrakt på omkring $6,86 mio.) og har rejst mere end $23 mio.; Optalysys, med en fotonisk tilgang, rejste $31 mio. og siger, at en fuld kommerciel chip stadig er to til tre år væk; og Zamas open source-FPGA-design når omkring 13.000 programmerbare bootstraps i sekundet ved omkring 200 W, den offentlige basislinje, som enhver ASIC tydeligt skal slå. Konklusionen: **positionér dig tidligt, og valider med lette aktiver**, for et vindue omkring 2027–2029. Efterspørgslen vil mere sandsynligt forankres i krypteret AI for virksomheder og myndigheder end i kryptovaluta selv, og FHE kræver HBM, så omkostningsstrukturen ligner en træningschips.

Chiptype	Hvor k kommer fra	Efterspørgsel og pulje	NRE og tærskler	Regel- eller bindingsrisiko	Andet marked	Vurdering
PoUW-mining-chip i Pearl-stil	Udeladelse af HBM, CoWoS og generelle enheder: måske 3–10 gange i J/op analyse	Minerindtægt omkring $0,46–0,49 mia. om året, svingende	Gentaget array på N7/N6 omkring $10–30 mio. analyse	Meget høj: protokollen bestemmer talformatet og hvidlisten over enheder	AI-inferens, hvis bygget som generel INT8/FP8-GEMM	Ingen dedikeret INT7-chip; byg inferens-først og mine-egnet, eller vent på kanonisk aritmetik
Bitcoin-SHA-256-mining-chip	k ≤ 1 mod Bitmain	Omkring $11,5 mia. om året, videresalgsmarked på to firmaers hænder	Masker i 3 nm-klassen $10–20 mio.; fuld NRE $30–100 mio. eller mere	Lav (stabil algoritme); høj konkurrence og halveringsrisiko	Næsten intet (én algoritme)	Nye aktører holder sig ude af videresalgsmarkedet; kun egen strøm, niche-former eller IP
AI-trænings-chip	Systoliske arrays af samme generation kun 1,1–1,8 gange; formatet er løftestangen	Størst (Broadcom omkring $58 mia. i omsætning fra AI-halvledere i regnskabsåret 2026)	Design på 3/2 nm $60–400 mio. eller mere; CoWoS og HBM	NVIDIAs årlige kadence	—	Små teams bygger IP, chiplets og designydelser, ikke selvstændige chips
AI-inferens-chip	Opgivelse af generalitet: 10–20 gange påstået leverandørpåstand	Stor og fragmenteret; det kinesiske fastlands hjemmemarked er stort i sig selv	SRAM-arkitekturer på N6/N7–N4 er overkommelige	Binding til modeller og arkitektur	Det er hovedmarkedet	Værd at bygge: få kunden til at skrive under, vælg derefter bindingen
ZK-accelerator	10–100 gange GPU'er påstået leverandørpåstand	Lille, for det meste drevet af tokenbelønninger	N7/N6 derefter N5; FPGA først	Bevissystemer ændrer sig hurtigt	Begrænset uden for ZK	Vent og afdæk: programmerbare MSM- og NTT-motorer
FHE-accelerator	1.074–5.547 gange en Xeon (Heracles)	Endnu ikke dannet; forankret i virksomheder og myndigheder	Kræver HBM; omkostningsstruktur tæt på trænings-chips	Standarder og økosystem uafklarede	Krypteret beregning, privat AI	Positionér dig tidligt, valider med lette aktiver; vindue 2027–2029

FIG. 07 **Fem chiptyper, fem svar**

Hvor omkostningsfordelen k kommer fra, hvad siliciet kan sælges til, hvis reglerne ændres, og vurderingen

PoUW-mining-chip i Pearl-stil

IKKE NU

k: ingen HBM eller generelle enheder: 3–10× pr. op (udledt)

Andet marked: AI-inferens, hvis generel INT8/FP8-GEMM

Sats på en inferens-først-chip, der kan mine, ikke en dedikeret INT7-del

Bitcoin-SHA-256-mining-chip

HOLD DIG UDE

k: ≤1 mod de etablerede

Andet marked: næsten intet

Kun med egen strøm, en nicheform eller som IP

AI-træningschip

IP, IKKE CHIPS

k: 1,1–1,8× ved samme præcision

Andet marked: —

Pakning og HBM afgør; byg IP, chiplets, ydelser

AI-inferenschip

BYG

k: opgiv generalitet: 10–20× påstået

Andet marked: det er hovedmarkedet

Få kunden til at skrive under, vælg så bindingen

ZK-bevisaccelerator

VENT OG AFDÆK

k: 10–100× GPU'er påstået

Andet marked: begrænset uden for ZK

Programmerbare MSM- og NTT-motorer; FPGA først

FHE-accelerator

POSITIONÉR TIDLIGT

k: 1.074–5.547× en Xeon (Heracles)

Andet marked: krypteret beregning, privat AI

Et vindue 2027–2029; valider med lette aktiver

Kilde: Forfatterens syntese af kapitel 7 og 8; leverandørtal som markeret i rapporten.

KAPITEL 09

PROCESNODER

09 Procesnoder: lad den største levetidsomkostning vælge

Omkostningsstigen: wafers på førende noder koster ti gange så meget som modne

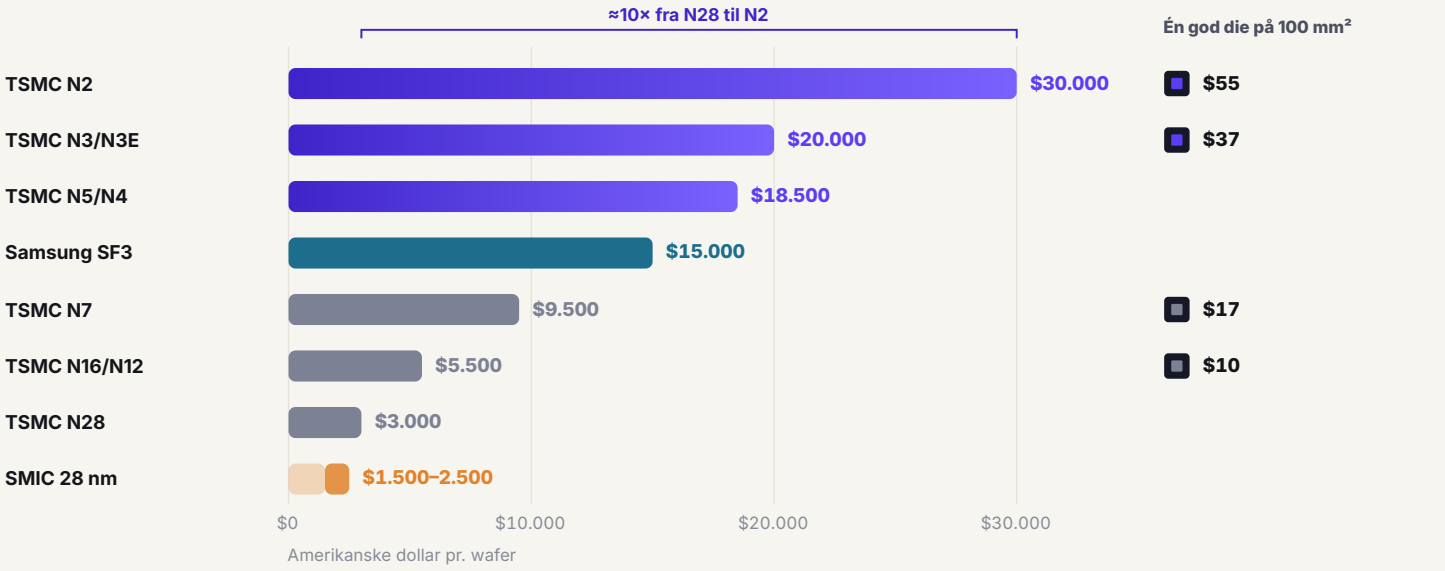
Start med regnskabet. En wafer på en førende node koster nu omkring ti gange så meget som en moden: TSMC N2 omkring $30.000, N3 omkring $20.000, N7 omkring $9.500 og N28 omkring $3.000; Samsung SF3 omkring $15.000, omkring 25 % under N3; og SMIC's produktionsomkostning i 7 nm-klassen ligger ifølge rapporter 40 % til 50 % over TSMC's. TSMC hæver ifølge rapporter priserne med yderligere 3 % til 6 % fra januar 2027, mest for 2 nm og 3 nm. Masker og designomkostninger varierer endnu mere, og kilderne er uenige, så tabellen viser begge.

Node	Waferpris (estimat)	Maskesæt (modelværdi / vejledende interval)	Designbudget (AnySilicon)	MPW (pr. projekt)
TSMC N2	Omkring $30.000	—	3/2 nm: $60–400 mio. eller mere	—
TSMC N3/N3E	Omkring $20.000 ($18.000–27.000)	$15 mio. / $10–20 mio.	Som ovenfor	—

Node	Waferpris (estimat)	Maskesæt (modelværdi / vejledende interval)	Designbudget (AnySilicon)	MPW (pr. projekt)
Samsung SF3	Omkring $15.000 ($13.000–17.000)	$12 mio.	—	—
TSMC N5/N4	Omkring $18.500 ($16.000–21.300, lav sikkerhed)	$6,5 mio. / $10–20 mio.	5/4 nm: $30–200 mio.	—
TSMC N7	Omkring $9.500 ($8.100–10.900)	$3,5 mio. / $5–10 mio.	7/6 nm: $15–100 mio.	Kommerciel $100.000–500.000
TSMC N16/N12	Omkring $5.500	$1,8 mio.	16/12 nm: $6–40 mio.	Akademisk omkring $35.000 pr. mm²
TSMC N28	Omkring $3.000	$1 mio. / $1–3 mio.	28/22 nm: $3–20 mio.	Kommerciel $50.000–150.000; akademisk omkring $12.000 pr. mm²
SMIC 28 nm	$1.500–2.500	—	—	—
SMIC 7 nm-klassen (N+2/N+3)	40–50 % over TSMC	—	—	—

FIG. 08 **En wafer på en førende node koster ti gange en moden**

Anslået pris pr. 300 mm-wafer efter node og omkostningen for én god die på 100 mm² ved 85 % yield



Kilde: Silicon Analysts' waferpriser (estimater, N5 lav sikkerhed), Wccftech (SMIC); die-omkostninger er forfatterens beregning med et antaget yield.

Dernæst fysikken. Horowitz' klassiske målinger viser, at en programmerbar instruktion koster omkring 70 pJ, mens selve aritmetikken koster nogle få picojoule: **aritmetik er billig, og overhead er dyrt**, og det er grunden til, at systoliske arrays og dedikerede chips findes. En halvering af strukturstørrelsen halverer omtrent energien pr. operation, men forsyningsspændingen er gået i stå omkring 0,9–1,1 V. En N2-wafer koster 50 % til 67 % mere end N3, så medmindre tætheden stiger med mere end omkring 1,5 gange, stiger omkostningen pr. transistor i stedet for at falde estimat: førende noder må tjene sig hjem gennem effektivitet og ydeevne. For en die på 100 mm² ved

85 % yield er omkostningen pr. god die omkring $55 på N2, $37 på N3, $29–34 på N5, $17 på N7 og $10 på N16 [estimat; yield er en antagelse].

Valg af node efter chiptype og team

Min regel er: **lad den største post i chippens levetidsomkostning vælge noden.** For compute-chips, der kører fuldt belastet døgnet rundt (mining, ZK), dominerer strømmen levetidsomkostningen, så når algoritmen er stabil, bør de flytte til N5/N4 og N3/SF3; mens algoritmen er uafklaret eller pengene er knappe, så valider først på MPW på modne noder. For træningschips er flaskehalsen pakning og hukommelse (HBM og CoWoS udgør omkring 63 % af en H100's styklisteomkostning), så noden er sekundær. For inferenschips er den første beslutning hukommelsesarkitekturen: SRAM-centrerede designs kan blive på N6/N7 til N4, mens HBM-designs arver træningschips' omkostningsstruktur. FHE er bundet af hukommelsesbåndbredde og kan ikke undgå HBM.

Chiptype	Startup eller lille team	Skaleret selskab	Vej via det kinesiske fastland	Nøglepunkter
PoUW-mining-chip baseret på matrixmultiplikation (SRAM-resident, uden HBM)	Prototype på MPW på 28 nm eller 16/12 nm; første volumen på N7/N6; N5/N4, når algoritmen og omsætningen er stabile; dies på 50–150 mm² i standard-flip-chip-pakker	N3/N3E eller Samsung SF3	SMIC N+1/N+2 er brugbar (ingen HBM eller CoWoS nødvendig) til omkring 40–50 % mere pr. god die	Energi dominerer; protokolreglerne er den største risiko
SHA-256-mining-chip	Jag ikke fronten; nicheformer kan bruge modne noder	3 nm-klassen; de etablerede går fra TSMC 5 nm til 2 nm og fra Samsung SF3 til 2 nm (sekundære kilder)	Svært at matche førende noders effektivitet	Strømprisen og halveringscyklussen afgør marginerne
AI-træningschip	Ingen selvstændig chip: IP, chiplets, designydelser	N3P derefter N2/A16; 2–8 chiplets; sikr CoWoS og HBM tidligt	SMIC N+2/N+3 med indenlandsk HBM (Huawei-modellen); FP8 pr. chip omkring 0,2–0,5 gange NVIDIAs, kompenseret af systemskala	Pakning og HBM er flaskehalsen
AI-inferenschip	SRAM-centreret eller hardkodet, N6/N7 eller N4/N5/SF4; kun INT8, FP8 og FP4	N3/N2 med HBM (lang kontekst, mixture of experts) eller SRAM med flere chiplets	SMIC N+2 med LPDDR eller GDDR; hukommelse i HBM-klassen er flaskehalsen	Graden af arkitektonisk binding er den centrale beslutning
ZK-accelerator	Start på FPGA eller MPW på 16/12 nm; derefter N7/N6 og N5	N5/N3	SMIC N+1/N+2 er brugbar	Heltalsbaseret og deterministisk; let at verificere
FHE-accelerator	FPGA (mod open source-basislinjen) eller MPW på 16/12 nm; volumen kræver HBM	N5/N3 med HBM	Begrænset af adgang til HBM	Hukommelsesbåndbredde, ikke aritmetik, sætter hastigheden

Avanceret eller moden, fire slags foundry og chiplets

Mulighed	Største styrker	Største svagheder	Bedst til
Førende noder (N3/N2, SF3/SF2, Intel 18A)	Hver fuld node halverer omtrent energien pr. operation; tæt SRAM	Wafers 3–10 gange, masker 5–15 gange og designbudgetter 10–20 gange så dyre som på modne noder; leveringstider over 50 uger; omkostning pr. transistor på N2 kan stige	Compute-chips med stabile algoritmer, der kører døgnet rundt; træningschips
Modne noder og mellemnoder (N7/N6, N16/12, N28)	Masker i millionklassen, billig MPW, hurtig iteration, mange foundryer (TSMC, UMC, GlobalFoundries, SMIC)	Ikke konkurrencedygtig effektivitet ved fuld belastning døgnet rundt	Prototyper, nichemarkeder, edge-inferens
TSMC	Det bedste yield og økosystem	De højeste priser; stram kapacitet på N2/N3; lange køer til CoWoS	Teams, der jagter effektivitetsfronten med volumenforpligtelser
Samsung Foundry	Wafers omkring 20–25 % billigere (SF3 omkring $15.000 mod omkring $20.000 for N3); brugt af Groqs anden generation og andre	Foundry-forretningen taber penge og sigter mod break-even ved udgangen af 2027	Omkostningsfølsomme compute-chips
Intel Foundry	Komplekse chips som Heracles bevist på Intel 3	Ingen offentlige eksterne priser eller kundedata for 18A; foundry-forretningen taber penge	Vurder økosystem og support fra sag til sag
Foundryer i det kinesiske fastland (SMIC og andre)	Tæt på et stort hjemmemarked; 28 nm-wafers til $1.500–2.500	Kapacitet i 7 nm-klassen omkring 45.000–60.000 wafers om måneden, i høj grad optaget af Huawei; yield omkring en tredjedel af TSMC's; omkostninger 40–50 % højere; kun DUV	Inferens-, mining- og ZK-chips til hjemmemarkedet
Chiplets	Overvinder grænser for retikel og yield; standard for HBM-systemer (MI355X, Ironwood, Trainium3)	Højere pakningsomkostning og afhængighed af CoWoS; test af kendt-gode dies øger omkostningen	Trænings- og store inferenschips; ikke nødvendige for små mining- eller ZK-chips

KAPITEL 10

ET BUDGET I ETAPER

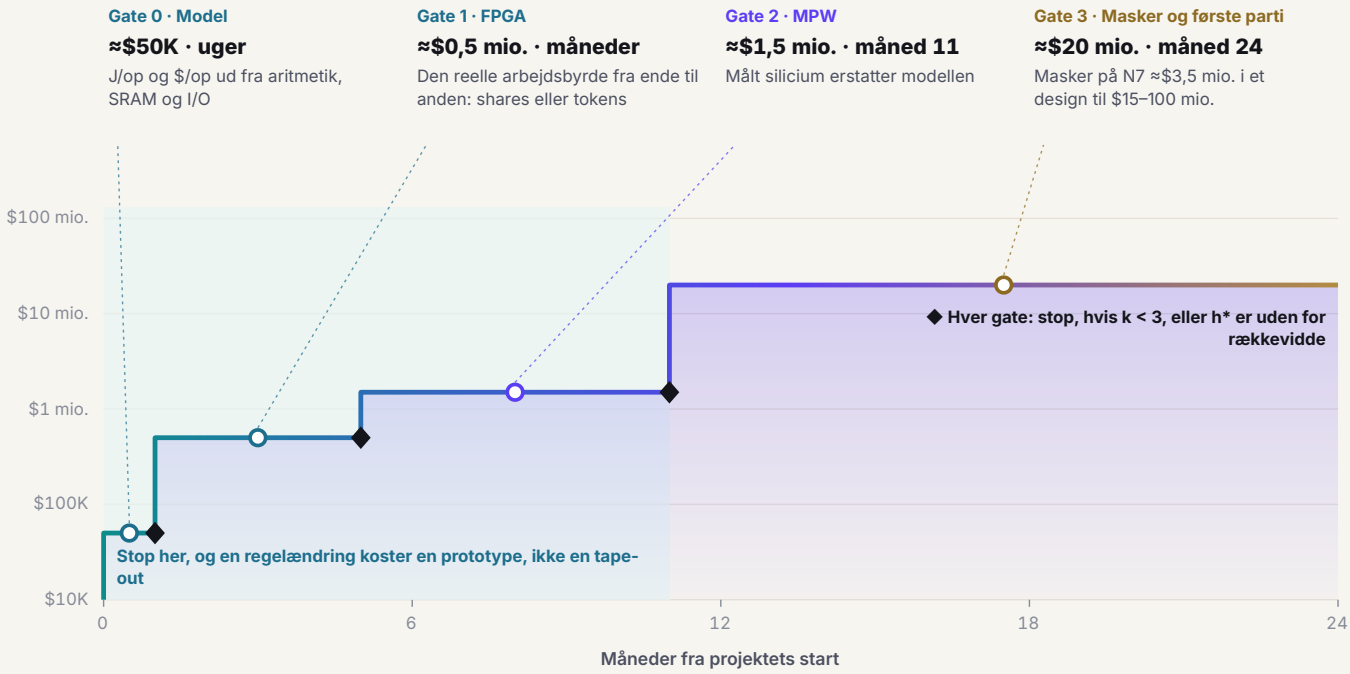
10 Fra model til silicium: et budget i etaper for en første chip

Køb evidens før masker

En fuldt specialdesignet chip er en række satsninger, hver større end den forrige, og disciplinen består i at købe evidens, før man køber masker. Jeg bruger fire gates analyse. Gate 0 er en model: et arkitekturstudie, der anslår J/op og $/op ud fra aritmetikken, SRAM og I/O mod referencehardwaren fra kapitel 7; det koster uger og titusinder af dollar. Gate 1 er en FPGA-prototype, der kører den reelle arbejdsbyrde fra ende til anden, mining-shares eller inferenstokens, og beviser datapathen og protokolintegrationen; det koster nogle få måneder og nogle få hundredtusinde dollar. Gate 2 er en multi-project wafer: en kommerciel plads koster omkring $50.000–150.000 på N28 og $100.000–500.000 på N7, og målt silicium erstatter modellens energiestimater. Gate 3 er det fulde maskesæt og det første produktionsparti: masker til omkring $1 mio. på N28, $3,5 mio. på N7 og $15 mio. på N3 inden for et designbudget på $15–100 mio. på 7/6 nm. Hver gate har brug for et tal, der stopper projektet, såsom k under 3 mod den marginale hardware eller en tilbagebetalings-hashrate h*, som vinduet ikke kan nå.

FIG. 09 **Køb evidens før masker: et budget i etaper for en første chip**

Samlet forbrug i amerikanske dollar for et N7/N6-projekt gennem fire gates, log-skala; hver gate har et tal, der stopper projektet



Kilde: Priser på wafers, MPW og masker som i kapitel 9 (Silicon Analysts, AnySilicon, modelværdier); tidsplan og forbrug pr. gate er forfatterens illustrative antagelser.

Trappen er stejl. I et N7/N6-projekt koster de tre første gates tilsammen omkring $1,5 mio. og omkring elleve måneder; den fjerde koster mere end ti gange så meget estimat. Derfor betyder rækkefølgen mere end noden: hvis protokollen ændrer sin aritmetik, eller køberen trækker sig, mister et team, der stoppede ved Gate 2, prisen for en prototype, ikke for en tape-out.

Hvad hver chip koster, og hvad der skal være sandt

Projekt	Gate 2 (prototype)	Gate 3 (node og designbudget)	Én god die på 100 mm²	Hvad der skal være sandt for at tjene sig hjem
Inferens-først-accelerator, der kan mine	MPW på 16/12 nm eller N7, $0,1–0,5 mio.	N6/N7, omkring $15–30 mio. estimat	Omkring $17 på N7, før pakning og hukommelse	En inferenskunde, der har skrevet under, bærer det meste af NRE; mining-indtægt er en bonus, ikke basisscenariet
Dedikeret INT7-miner til Pearl (anbefales ikke nu)	MPW på 28 nm, $0,05–0,15 mio.	N7/N6, omkring $20 mio.	Omkring $17 på N7	Omkring 4,9 EH/s i et helt år med p = 1 eller 9,8 EH/s med p = 0,5 (kapitel 7)
ZK-accelerator	FPGA, derefter MPW på 16/12 nm	N7/N6, derefter N5	Omkring $10 på N16, $17 på N7	Bevissystemerne samler sig om MSM- og NTT-kerner, som et fast design kan betjene
FHE-accelerator	FPGA mod open source-basislinjen	N5/N3 med HBM, $30 mio. eller mere	Domineret af HBM og pakning	En køber af krypteret AI i volumen, som endnu ikke findes

To kommercielle pointer følger. For det første er den billigste effektivitet arkitektonisk: at holde operanderne i SRAM og udelade HBM og CoWoS fjerner det meste af en GPU's omkostning (omkring 63 % af en H100's styklisteomkostning), før nogen node er valgt. For det andet er tid en omkostning: et nyt team har brug for omkring 18 til 24 måneder fra start til volumen, og leveringstiderne på førende noder overstiger 50 uger, så en protokol, der ændrer sin aritmetik med få måneders mellemrum, kan gøre en chip forældet, før Gate 3 har tjent sig hjem.

Tre regler for et lille team

Tilsammen giver disse tal tre regler analyse. For det første: **bliv ved Gate 1 eller 2, indtil der er en navngiven køber eller en fastlåst protokolversion**; hverken tokenprisen eller hashraten kan erstatte nogen af dem. For det andet: **køb k med arkitekturen først og med noden dernæst**: et SRAM-resident array på N7 kan slå en generel del på N3 for én arbejdsbyrde til en brøkdel af maskeomkostningen. For det tredje: **skriv tilbagebetalings-hashraten eller -volumen ned, med p, før tape-out**, og prissæt milepælsbetalinger mod en fastlåst protokolversion, så det er kunden og ikke designhuset, der bærer regelrisikoen.

KAPITEL 11

11 MULIGHEDER
Hvor mulighederne er, og hvad jeg ville gøre

Specialchips: efterspørgslen kommer overvejende fra AI

I 2026 kommer efterspørgslen efter specialchips overvejende fra AI. Broadcoms omsætning fra AI-halvledere i tredje kvartal af regnskabsåret 2026 var $16,7 mia., en stigning på 221 % år for år, omkring $58 mia. for året, 73 % af det fra XPU'er til seks kunder (ifølge en automatisk transskription af regnskabskonferencen). Global Unichips omsætning i andet kvartal steg 128 % år for år, med en stigning på 188 % i omsætning fra turnkey-produktion og en bruttomargin på 21,5 %. Alchips omsætning i første kvartal fordelt på noder var 21 % på 3/2 nm, 63 % på 7/5 nm og 16 % på 12 nm og derover. VeriSilicons nye ordrer for 2026 nåede 8,24 mia. RMB (omkring $1,16 mia.) ved udgangen af april, 91,37 % af dem til AI-beregning. Markedet har tre niveauer: øverst flerårig fællesudvikling til milliarder; i midten projekter fra 7 nm til 2 nm med NRE fra nogle få millioner til over hundrede millioner dollar ($5–30 mio. på mellemnoder, $30–100 mio. eller mere på førende noder); og en lang hale af ASIC'er på modne noder med NRE på $0,5–5 mio. Krypto- og mining-kunder er en lille, cyklisk niche, men de er den hurtigste og mest tilladelsesfrie »første kunde«, der betaler for regnekraft i dag.

De kompetencer i et mining-chip-team, der lader sig overføre bedst, drift ved lav spænding tæt på tærskelspændingen, massivt gentagne compute-arrays, strømforsyning og køling i kilowattklassen og hurtige tape-outs på førende noder, er præcis, hvad inferenschips og ZK- og FHE-acceleratorer har brug for. Kapitalmarkederne prissætter dette: Velaura AI (tidligere Auradine) rejste $110 mio. i august til en værdiansættelse over $1 mia. Modeksemplet er Canaans enhed for edge-AI-chips, der havde en omsætning på $0,9 mio. i regnskabsåret 2024, mens den slugte 15 % af driftsomkostningerne, og som blev lukket i juni 2025. Forskellen ligger i en selvstændig vej til markedet, ikke i at genbruge mining-kanaler.

AI-udvikling: timer er en standardvare; værdien ligger i samlingerne

I den lave ende er AI-udviklingsydelser blevet en standardvare: typiske timepriser på Clutch er $25–49 i timen og $50–99 i USA, Canada og lignende markeder; et blockchain-udviklingsteam koster omkring $15.000 til mere end $90.000 om måneden. Salg af timer har ingen voldgrav. Værdien ligger i samlingerne mellem felterne: kerner og compilere til specialchips, mining indlejret i inferensservering (Pearls vLLM-plug-in er ét eksempel), verificerbar inferens, der kombinerer TEE'er med ZK-stikprøver, samt betalinger og identitet for agenter.

AI × krypto-systemer: få regnekraftkøberen til at skrive under før tokenet

For enhver, der designer en AI-nativ kæde eller et regnekraftnetværk, har værktøjskassen til verifikation i 2026 taget form. Ordnet efter omkostning pr. arbejdsenhed, fra lavest til højest: statistisk stikprøvekontrol (Hyperbolics proof of sampling), delegering med dommer (Gensyns Verde, der kun kræver én ærlig verifikator, men forudsætter bit-eksakt eksekvering), TEE'er (næsten indbygget hastighed, men tillid til chipleverandøren), fuld redundans og generel zkML. Det praktiske design er lagdelt: TEE'er eller stikprøver for lav latens, tvistspil eller ZK-stikprøver for endelighed; en artikel fra december 2025 simulerede H100-fortrolig beregning med svindelbeviser og tilfældige ZK-stikprøver ved 99 % af den centraliserede kapacitet og en marginalomkostning på $0,07 pr. forespørgsel. Hardwarefilosofien afgør sikkerhed og distribution: GPU-nativ PoUW beskyttes i starten af lejbare cloud-GPU'er,

så omkostningen ved et angreb er knyttet til lejepriserne, og Qubic viser, at proof of work på generel hardware kan erobres i stor stil af eksterne incitamenter.

Omkostninger og tid er ikke barrieren. Pearl gik fra artikel (april 2025) til mainnet på omkring 12 måneder, forket fra btcd, med fuld node, wallet, light client og miner ved lanceringen. De fleste DeFi-revisioner koster $25.000–100.000, revisioner for virksomheder eller flere kæder $150.000–250.000 eller mere, ZK-kredsløb 80 % til 120 % mere, og projekter med reel værdi på spil budgetterer $150.000–500.000 om året til sikkerhed. De reelle barrierer er distribution og likviditet. Grundlæggere fortæller, at Binance har bedt om 0 % til 3,5 %, og angiveligt 8 %, af tokenudbuddet for en notering (Binance afviser at tjene på noteringer); alle seks projekter, som Cointelegraph gennemgik, og som brugte market making-aftaler med »tokenlån plus købsoption«, faldt, og Movements market maker solgte tokens for omkring $38 mio. på noteringsdagen. Alternativerne er likviditet på kæden, som hos Hyperliquid, der passerede $10 mia. i markedsværdi uden en Binance-notering, og hvis HIP-3-perpetual-markeder passerede $3,2 mia. i open interest i juni, og offentlige salg via store børser, som da Monad rejste $269 mio. via Coinbase. En høj fuldt udvandet værdi med en lav free float var den tydeligste forudsigelse af fald efter lanceringen i 2025–2026.

Tokendesign er en del af systemdesignet. Udstedelsen bør følge den betalte efterspørgsel snarere end gå forud for den: de netværk i denne rapport, der har de sundeste subsidiemultipler, knytter belønningerne til arbejde, som en ekstern køber betaler for, og dem med de dårligste betaler for hashrate eller stake uden noget bag. En praktisk regel er før lanceringen at offentliggøre den subsidiemultipel, netværket sigter mod i sit første, andet og tredje år, og at skære i udstedelsen, når målet ikke nås analyse.

Retning	Hvem køber, og betalingsvilje	Vindue	Nøglekompetencer	Hovedrisiko
Inferens-først-accelerator, der kan mine	Neoclouds, private installationer, PoUW-netværk	2027–2028 (afhængigt af FP8- og FP4-forkene)	INT8-, FP8- og FP4-GEMM; SRAM-arkitektur; protokolintegration	Optagelse i protokollen, arkitektonisk binding
SRAM- eller hardkodet inferenschip	Neoclouds, datacentre i det kinesiske fastland, edge	Nu	Compilere og modeltilpasning; design på N6–N4	Modellerne ændrer sig for hurtigt
Mining-chip (niche eller vertikalt integreret)	Minere med egen strøm; minere til hjemmet og til opvarmning	Nu, afgrænset af halveringen og hashprisen	Lavspændings-arrays, effektivitet, forsyningskæde til volumen	Priskrige fra de etablerede, strømpriser
Acceleration af ZK-bevisførelse	Prover-netværk, rollups	Vent, til bevissystemerne konvergerer	Programmerbar MSM og NTT	Efterspørgslen afhænger af tokenbelønninger
FHE-acceleration	Krypteret AI for virksomheder og myndigheder; privatlivskæder	2027–2029	NTT, HBM-systemer, kryptografisk ingeniørarbejde	Efterspørgslen endnu ikke dannet; lange salgscyklusser
Hærdning af TEE og verificerbar inferens	Netværk for fortrolig inferens, DePIN	Nu	Hukommelseskryptering med integritet, uafhængige attesteringsrødder, ZK-stikprøver	Afhængighed af leverandørøkosystemer
AI-nativ kæde eller regnekraftnetværk	Inferenskøbere, minere, udviklere	Nu	Verifikationsdesign, udstedelsesdesign, distribution	Fald efter lanceringen, tokenlikviditet

Tre veje, jeg ville gå, hver med et første skridt

Hvis jeg skulle vælge, ville jeg gå højst tre veje, hver med et lille første skridt, der tester den, før der bindes penge analyse.

- **Vej A: en inferens-først-accelerator, der også kan mine.** Første skridt: et fireugers arkitekturstudie, der modellerer J/op og $/op for et SRAM-resident INT8/FP8-GEMM-array mod RTX 5090 og H100, både på Pearls arbejde og på transformer-inferens, efterfulgt af validering på FPGA eller MPW på moden node med en NRE i størrelsesordenen en million dollar.
- **Vej B: ydelser inden for specialdesignet silicium med krypto som den første kunde og AI som det andet marked.** Første skridt: omsæt denne rapports model for NRE og break-even til et betalt forundersøgelsesstudie for compute-chip-projekter med milepælsbetalinger og accept mod en fastlåst protokolversion.
- **Vej C: et AI-nativt netværk, der får sin regnekraftkøber til at skrive under før sit token.** Første skridt: et designnotat om lagdelt verifikation (TEE plus stikprøver plus ZK-stikprøver) og om en leverandørneutral kanonisk aritmetik, skrevet sammen med én navngiven inferenskøber før noget tokendesign.

KAPITEL 12

12 PEJLEMÆRKER Hvad man skal holde øje med, november 2026 til 2027

Hvornår	Hvad man skal holde øje med	Hvorfor det betyder noget
Når som helst	Pearls aktiveringshøjde for FP8	Afgør, om heltalshardware og kort, der ikke er fra NVIDIA, fortsat optages, og om kæden splittes
Månedligt	Pearls andel af blokke med AI-arbejde	Den bedste enkelttest af, om »nyttigt« er ved at blive sandt
Månedligt	Om inferensudbydere giver mining-indtægten videre til kunderne	Betalt efterspørgsel møder udstedelse: den model, Pearl har brug for
Kvartalsvis	Bittensors verificerbare omsætning mod udstedelsen	Om det største netværk med nyttigt arbejde lukker sit subsidiegab
Kvartalsvis	Andelen af x402-strømme, der faktisk igangsættes af agenter	Om agentbetalinger bevæger sig fra signalering til handel
Januar 2027	TSMC's rapporterede prisstigning på 3 % til 6 %, mest for 2 nm og 3 nm	Omkostningen ved tape-outs på førende noder
Første kvartal 2027	FP4 i Pearl, som rapporteret fra grundlæggernes AMA	Et yderligere skift af arbejdet mod NVIDIAs nyeste formater
Udgangen af 2027	Samsung Foundrys mål om break-even	Om en billigere anden kilde forbliver sund
April 2028	Bitcoins næste halvering	Halverer puljen for SHA-256-minere

KAPITEL 13

13 SPØRGSMÅL AT STILLE
Spørgsmål, du ikke stillede, men burde have stillet

Spørgsmålene nedenfor er dem, jeg ville stille, før jeg bandt penge eller silicium til noget AI × krypto-projekt.

Hvem kontrollerer arbejdsfunktionen? Hvis et lille team kan ændre aritmetikken ved en hårdkodet højde, er din hardwares levetid deres beslutning. Bed om en skriftlig stabilitetsforpligtelse, eller design hardware med et andet marked.

Hvad er subsidiemultiplen? Divider udstedelsen (eller markedsværdien) med den omsætning, der betales udefra. En multipel over 10 betyder, at netværket køber aktivitet, ikke sælger en tjeneste.

Hvad koster den næste gate, og hvilket tal stopper dig? En multi-project wafer koster titusinder eller hundredtusinder af dollar; et maskesæt koster millioner. Beslut stoptallet, før du bruger pengene.

Hvad er tilbagebetalings-hashraten, med p? Divider NRE med R × (1 − 1/k) × T × p. Hvis svaret er en stor andel af netværket, er chippen en satsning på reglerne, ikke på siliciet.

Hvad er chippens andet marked? Hvis protokollen forker, eller tokenet falder, hvad kan siliciet så ellers sælges til? GPU'er overlevede Ethereums Merge, fordi de havde ét; ASIC'er til én algoritme gjorde ikke.

Lander værdien i tokenet eller i egenkapitalen? I 2026 er de rentable AI × krypto-selskaber for det meste selskaber med kryptodistribution; beslut, hvilken af de to du bygger, før du rejser penge.

Hvem er den første betalende kunde, ved navn? Hvert holdbart eksempel i denne rapport, fra Grass til Bittensors subnets for regnekraft, begyndte med en navngiven køber uden for netværket.

Det er områder, jeg gerne vil udforske sammen med andre gennem teknisk udveksling og teknisk samarbejde: specialchips til mining, AI-træning og -inferens samt acceleratorer; AI-udvikling; og AI × krypto-systemer fra kæde til node til chip. Du kan kontakte mig på i@tanshuai.com.

Denne rapports begrænsninger

Dette er skrivebordsresearch baseret på offentlige dokumenter frem til 13. november 2026. Jeg har ikke foretaget primære interviews eller uafhængige målinger til denne udgave. Flere nøgletal er påstande fra selskaber eller leverandører, såsom Aethirs omsætning, Grass' omsætning, Etcheds og Taalas' ydeevne og Cysics effektivitet; de er markeret som sådan. Kædemålinger for Pearl kommer fra en uafhængig fuld node og fra pools og ændrer sig time for time; jeg har brugt aflæsningerne omkring kl. 07.13 UTC den 13. november og angiver intervaller for samme dag. Omkostninger til wafers, masker og design er tredjepartsestimater og modelværdier, der er indbyrdes uenige; jeg viser intervaller. Mit regnestykke for en ASIC's break-even og budgettet i etaper bruger illustrative antagelser (k, T, p, NRE og omkostninger pr. gate), som læseren bør erstatte med sine egne.

Om forfatteren

Tan Shuai er teknolog og grundlægger med mere end tyve års arbejde på tværs af chips, hardware og systemsoftware og 20 udstedte patenter. Han har mange års fabless-chipudvikling og ledelse bag sig, herunder fuldt specialdesignede ASIC-datapath-designs til mining-chips for kryptovaluta og multimediechips til kameraer, og det er linsen i denne rapport: energi pr. operation, omkostning pr. wafer, hvad en protokol lader dig fastlægge i silicium, og hvem der betaler. 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 diskussion: i@tanshuai.com · tanshuai.com

Noter og ansvarsfraskrivelse

Denne rapport er uafhængig skrivebordsresearch baseret på offentlige dokumenter tilgængelige frem til 13. november 2026. Den stilles kun til rådighed til orientering og læring og er ikke investerings- eller ingeniørmæssig rådgivning. Den behandler kun teknologi og forretning. Priser, kædemålinger og protokolregler ændrer sig; kontrollér alt, hvad du baserer dig på, mod den primære kilde. Tal markeret leverandørpåstand, estimat eller analyse skal læses som sådan. Priserne på kryptoaktiver er meget volatile.

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

Kilder

Alle tilgået mellem 10. og 13. november 2026. Grupperet efter kapitel.

Pearl: protokol, kode og kædedata

- Komargodski og Weinstein, »Proofs of Useful Work from Arbitrary Matrix Multiplication«, arXiv 2504.09971: https://arxiv.org/abs/2504.09971
- Pearl Research Labs, INT-whitepaper: https://pearlresearch.ai/research/int-whitepaper
- Pearls kildekode: genesisblok: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/node/chaincfg/genesis.go ; konsensusparametre og fork-højder: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/node/chaincfg/params.go ; opgørelse af hashrate: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/zk-pow/src/api/sanity_checks.rs ; opgraderingsvejledning til forken med saltet seed: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/docs/salted-seed-fork-upgrade-guide.md ; parametre i fp8-scheme-grenen: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/fp8-scheme/node/chaincfg/params.go
- Pearl Improvement Proposals: https://github.com/pearl-research-labs/pips ; PIP-3, mining med flydende komma: https://github.com/pearl-research-labs/pips/blob/main/PIPS/pip-0003.md
- prlstats (uafhængig fuld node): netværk: https://prlstats.com/api/network ; dataserier: https://prlstats.com/api/series ; forside og model for mine-rindtægt: https://prlstats.com/api/home ; udvundet udbud: https://prlstats.com/api/mined ; pools: https://prlstats.com/api/pools ; indehavere: https://prlstats.com/api/holders ; antagelser om hardware og overhead: https://prlstats.com/api/assumptions
- Kryptex Pool: Pearl-netværket: https://pool.kryptex.com/prl/about-coin ; hashrate: https://pool.kryptex.com/prl/hashrate ; RTX 5090: https://pool.kryptex.com/de/device/gpu/nvidia/nvidia-geforce-rtx-5090 ; RTX 4090: https://pool.kryptex.com/device/gpu/nvidia/nvidia-geforce-rtx-4090 ; »Pearl FP8 fork«: https://pool.kryptex.com/articles/pearl-fp8-fork-en
- CoinGecko, Pearl: https://api.coingecko.com/api/v3/coins/pearl-2 ; https://www.coingecko.com/en/coins/pearl-research ; kurshistorik: https://api.coingecko.com/api/v3/coins/pearl-2/market_chart?vs_currency=usd&days=365&interval=daily ; søgning på tickeren »Perle«: https://api.coingecko.com/api/v3/search?query=perle
- SimeonOnSecurity, »Mining Pearl (PRL) in 2026«: https://simeononsecurity.com/articles/pearl-prl-mining-guide-2026/
- Hashrate Index, »Pearl (PRL): Inside the AI-Compute Cryptocurrency«, 2. juni 2026: https://hashrateindex.com/blog/pearl-prl-ai-compute-cryptocurrency/
- Tom's Hardware, »New AI compute cryptocurrency Pearl sparks a GPU mining rush, but profitability is sliding«: https://www.tomshardware.com/tech-industry/cryptomining/new-ai-compute-cryptocurrency-pearl-sparks-a-gpu-mining-rush-but-profitability-is-sliding
- Together AI, partnerskab med Pearl Research Labs: https://together.ai/blog/together-ai-partners-with-pearl-research-labs ; modelside: https://together.ai/models/gemma-4-31b-it-pearl
- Basu, optælling af Pearls mining-instanser, arXiv 2606.04819: https://arxiv.org/html/2606.04819v2
- Blockworks, nyhedsbrevet 0xResearch, 28. oktober 2026: https://blockworks.com/newsletter/0xresearch/issue/post_daf0d74a-2bf4-41e4-86d3-2a1275475a24
- Datawallet, »Pearl Explained«: https://www.datawallet.com/crypto/pearl-explained
- Coingabbar om TheMarkers artikel om Pearl Research Labs' finansiering: https://www.coingabbar.com/en/pearl-research-labs-funding-130m-stealth-round-themarker

Kæder med nyttigt arbejde og historik

- Grothe et al., sikkerhedsanalyse af Gridcoin, USENIX WOOT 2017: https://www.usenix.org/system/files/conference/woot17/woot17-paper-grothe.pdf
- Forfalskning af proof of learning, arXiv 2208.03567: https://arxiv.org/abs/2208.03567
- hoge.gg, verifikation og tillid i decentral inferens: https://hoge.gg/decentralized-inference-2026-verification-trust/ ; Bittensors omsætning og treasury: https://hoge.gg/bittensor-quantum-wallet-revenue-tao-treasury-2026/
- Kaspa: matrixkode i kHeavyHash: https://github.com/kaspanet/rusty-kaspa/blob/master/consensus/pow/src/matrix.rs ; lancering: https://coinranking.com/coin/V8GxkwWow+kaspa-kas/about ; IceRivers annoncering af KS1/KS2: https://www.iceriver.io/2023/03/14/1677644580/ ; historikken fra GPU til ASIC: https://captainmining.com/blogs/crypto-news/the-evolution-of-kaspa-mining-from-gpus-to-asic-powerhouses ; GPU-hashrates: https://coincalculators.io/algorithms/kheavyhash ; KS7: https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-ks7-40th ; netværk: https://minerstat.com/coin/kas ; 1 EH/s i 2024: https://ourcryptotalk.com/news/kaspa-reaches-1-ehs-in-hashrate ; Crescendo: https://ourcryptotalk.com/news/kaspa-crescendo-live
- Aleo: FAQ om mainnet: https://aleo.org/post/aleo-mainnet-faq/ ; decentral bevisførelse: https://aleo.org/post/decentralized-proving-advantages/ ; ASIC'er: https://whattomine.com/coins/432-aleo-zksnark/asics ; Blockworks, »State of Aleo Q3 2025«: https://app.blockworks.com/report/state-of-aleo-q3-2025 ; ARC-46: https://chaincatcher.com/en/article/2144326
- Qubic: The Block om reorganiseringen af Monero: https://www.theblock.co/post/366535/monero-faces-chain-reorganization-fears-after-qubic-says-it-controls-51-of-hashrate ; Halborn: https://www.halborn.com/blog/post/explained-the-monero-51-percent-attack-august-2025 ; mining af Dogecoin: https://hackernoon.com/qubic-is-now-mining-dogecoin-on-its-ai-compute-infrastructure ; CoinGecko: https://www.coingecko.com/en/coins/qubic

- Dokumentation af Bittensors konsensus: https://www.bittensor.com/llms.mdx/docs/internals/consensus/content.md ; FalconX, »State of Bittensor«: https://www.falconx.io/newsroom/state-of-bittensor-subnet-adoption-trends-network-mechanics-and-covenants-departure
- Primecoin: https://en.wikipedia.org/wiki/Primecoin ; Blockworks, »State of Filecoin Q3 2025«: https://app.blockworks.com/report/state-of-filecoin-q3-2025
- Monero og forks for ASIC-modstand: https://lbry.com/news/forking-for-asic-resistance ; Sias fork: https://hotfix.coindesk.com/markets/2018/11/01/sia-completes-hard-fork-as-bricked-miners-form-rival-blockchain ; Obelisk-priser: https://www.cryptoglobe.com/latest/2018/11/obelisk-hardware-skyrockets-in-selling-price-after-sia-hard-fork/ ; minere efter Merge: https://hotfix.coindesk.com/business/2022/11/11/ex-ethereum-miners-token-hop-to-stay-alive-after-the-merge

Sektorer i AI × krypto

- DefiLlama: Render: https://defillama.com/protocol/render-network-bme ; Livepeer: https://defillama.com/protocol/livepeer
- Cointelegraph om Messaris tal for DePIN-omsætning: https://cointelegraph.com/news/depin-revenues-grow-despite-token-losses
- Aethir, opsummering af 2025: https://aethir.com/blog-posts/aethirs-2025-wrap-up-decentralized-gpu-cloud-milestones
- CoinGecko, AI-kategorien: https://www.coingecko.com/en/categories/artificial-intelligence
- Akash, lejepriser for H100: https://akash.network/the-bid/h100-rental-price-2026-cost-per-hour/ ; rapport for 1. kvartal 2026: https://akash.network/blog/akash-network-q1-2026-report/
- io.net, aftale til $8 mio. og daglige tokens: https://lifestyle.kbew98country.com/story/271004/io-net-to-burn-up-to-12m-tokens-as-network-closes-8m-deal-and-hits-4-billion-daily-ai-tokens/
- DCD, Axe Computes kontrakt: https://www.datacenterdynamics.com/en/news/axe-compute-secures-15bn-compute-contract-with-unnamed-customer/
- Pluralis-8B: https://www.alphaxiv.org/abs/2607.13332.md ; Nous Research, Psyche: https://nousresearch.com/the-next-phase-of-psyche ; Implicator om INTELLECT-3: https://www.implicator.ai/prime-intellects-intellect-3-open-source-ambition-meets-centralized-reality/
- SiliconANGLE, Prime Intellects finansiering: https://siliconangle.com/2026/07/08/prime-intellect-raises-130m-1b-valuation-ai-training-platform/ ; The Block, Venice: https://www.theblock.co/post/406934 ; RuntimeWire, Nous' finansiering: https://runtimewire.com/article/nous-research-75-million-round-1-5-billion-valuation
- ownyourmind, Gensyn: https://ownyourmind.ai/projects/gensyn/ ; Phemex, Ritual (kun overskrift): https://phemex.com/news/article/ritual-launches-ai-layer-1-mainnet-and-ritual-token-price-dives-72-from-high-101259
- Overhead ved fortrolig beregning, arXiv 2409.03992: https://arxiv.org/abs/2409.03992v2 ; Phalas rapport for 2025: https://phala.com/posts/phala-2025-report ; TEE.fail: https://thehackernews.com/2025/10/new-teefail-side-channel-attack.html ; DeepProve, IACR ePrint 2026/1112: https://eprint.iacr.org/2026/1112
- TRM Labs, måling af betalinger fra AI-agenter: https://www.trmlabs.com/trm-tech-blog/whos-actually-paying-measuring-ai-agent-payments-onchain ; Forkast om x402 Foundation: https://forkast.news/the-x402-foundation-activated-a-27-year-old-internet-code-200-million-transactions-later-the-real-volume-is-still-tiny/ ; The Block, Tempos mainnet: https://www.theblock.co/amp/post/394131/tempo-mainnet-goes-live-with-machine-payments-protocol-for-agents ; BlockEden om Virtuals' aGDP: https://blockeden.xyz/blog/2026/04/21/agdp-agent-gdp-virtuals-protocol-ai-blockchain-valuation-primitive-tvl-displacement/ ; The Block om ElizaOS: https://theblock.co/post/410774/eliza-labs-native-token-dead
- Dealroom, Grass' omsætning: https://dealroom.co/news/157794-grass-backed-by-multicoin-projects-75m-in-2026-data-revenue/ ; CryptoSlate, Fetch.ai og Ocean: https://cryptoslate.com/cryptos-flagship-ai-pact-fracture-fetch-sues-ocean-over-263m-fet-community-sales/ ; Fortune om World: https://fortune.com/2026/06/01/internet-according-to-sam-altman-seeing-orb/
- Galaxy, venturekapital i krypto: https://www.galaxy.com/insights/research/crypto-blockchain-venture-capital-q3 ; Crypto Briefing (kun overskrift): https://cryptobriefing.com/crypto-vc-investment-q3-2026-galaxy/ ; Blockhead om Tiger Research: https://www.blockhead.co/2026/10/14/bitcoin-rose-43-in-q3-crypto-venture-funding-did-not-follow/ ; ForkLog om tokenlanceringer i 2025: https://forklog.com/en/85-of-tokens-launched-in-2025-fell-below-initial-prices/

ASIC-økonomi og chiptyper

- Hashrate Index, overblik af 9. november 2026: https://hashrateindex.com/blog/hashrate-index-roundup-november-9-2026/
- AnySilicon, ASIC-designomkostning efter node i 2026: https://anysilicon.com/news/how-much-does-asic-design-cost-in-2026-real-price-ranges-by-process-node/ ; Silicon Analysts, guide til omkostninger ved fabless tape-out: https://siliconanalysts.com/analysis/fabless-startup-tapeout-cost-guide ; markedsdata: https://siliconanalysts.com/market-data
- MillionMiner, Bitmain S23 XP Hyd: https://millionminer.com/news/bitmain-wdms-2026-s23-xp-hyd-launch
- Khattak og Mikaitis, FP8-akkumulering i tensorkerner, arXiv 2512.07004: https://arxiv.org/html/2512.07004v2
- Canaan, resultater for andet kvartal 2026: https://finviz.com/news/389337/canaan-inc-reports-unaudited-second-quarter-2026-financial-results ; Bitdeer, resultater for tredje kvartal 2026: https://greenstocknews.com/news/nasdaq/btdr/bitdeer-reports-unaudited-third-quarter-2026-results-record-revenue-of-us-320-7-million-adjusted-ebitda-up-173-to-us-69-6-million
- TheEnergyMag: Velaura AI: https://theenergymag.com/news/market-news/velaura-ai-series-a-bitcoin-pivot ; Core Scientific og Block: https://theenergymag.com/news/2026-07-29/core-scientific-exit-block-bitcoin-deal-ai ; økonomien i AI-lejeaftaler: https://theenergymag.com/news/2026-08-06/miner-weekly-ai-pumpability-out-fuel
- Blockworks, Cipher og Fluidstack: https://blockworks.co/news/cipher-mining-inks-3b-ai-hosting-deal-with-fluidstack ; Cointelegraph, Core Scientific: https://cointelegraph.com/news/core-scientific-to-quit-bitcoin-mining-by-year-end-as-ai-business-surges ; ForkLog, Bitfarms: https://forklog.com/en/former-bitfarms-shuts-down-all-mining-sites-in-the-us/ ; IREN, resultater for Q1 FY27: https://globenewswire.com/news-release/2026/11/05/3397020/0/en/iren-reports-q1-fy27-results.html
- Spark, koncentration på markedet for bitcoin-ASIC'er: https://www.spark.money/research/bitcoin-asic-manufacturer-market-concentration

- Google, dokumentation af TPU7x: https://docs.cloud.google.com/tpu/docs/tpu7x?hl=es ; The Register, Ironwood: https://www.theregister.com/2025/04/10/googles_7thgen_ironwood_tpus_debut/ ; SemiAnalysis, B300: https://inferencex.semianalysis.com/chips/b300 ; artiklen om TPU v1, arXiv 1704.04760: https://arxiv.org/abs/1704.04760 ; Glenn Lockwood, MI355X: https://glennklockwood.com/garden/processors/mi355x
- Tom's Hardware, Vera Rubin: https://www.tomshardware.com/pc-components/gpus/nvidia-launches-vera-rubin-nvl72-ai-supercomputer-at-ces-promises-up-to-5x-greater-inference-performance-and-10x-lower-cost-per-token-than-blackwell-coming-2h-2026 ; TrendForce, CoWoS-priser: https://trendforce.com/news/2026/10/27/news-tsmc-reportedly-eyes-20-cowos-price-hike-skips-equipment-price-renegotiations-amid-ai-demand-surge
- Menon Lab, sammenligning af AI-inferensacceleratorer: https://themenonlab.blog/blog/ai-inference-accelerators-compared ; Introl, AI-acceleratorer ud over GPU'er: https://introl.com/blog/ai-accelerators-beyond-gpus-tpu-trainium-gaudi-cerebras-2025
- StratNews (Reuters), indenlandske AI-chips i statsfinansierede datacentre: https://stratnewsglobal.com/team-sng/china-orders-state-funded-data-centres-to-use-domestic-ai-chips/ ; TNW, import af H200: https://thenextweb.com/news/nvidia-h200-chips-hong-kong-china-import-approval
- Succinct, bevisførelse i realtid på 16 GPU'er: https://blog.succinct.xyz/real-time-proving-16-gpus/ ; Cysics ZK-ASIC-produkter: https://cysic-docs.pages.dev/hardware-products/zk-asic-products
- Tom's Hardware, Intels Heracles: https://www.tomshardware.com/tech-industry/cyber-security/intels-heracles-chip-computes-fully-encrypted-data-without-decrypting-it-chip-is-1-074-to-5-547-times-faster-than-a-24-core-intel-xeon-in-fhe-math-operations ; IEEE Spectrum: https://spectrum.ieee.org/fhe-intel ; Evertiq, Niobium og SemiFive: https://evertiq.com/design/2026-02-20-semifive-secures-design-win-with-niobium-for-fhe-accelerator ; The Quantum Insider, Niobiums finansiering: https://thequantuminsider.com/2025/12/03/niobium-23m-fhe-funding/ ; Optica OPN, Optalysys: https://www.optica-opn.org/home/industry/2026/february/optalysys_raises_us_$31_million_to_push_photonics_computing_toward_cloud_infrastructure/ ; Zama, HPU på FPGA: https://www.zama.org/post/announcing-hpu-on-fpga-the-first-open-source-hardware-accelerator-for-fhe

Procesnoder

- Silicon Analysts, waferpriser: https://siliconanalysts.com/data/wafer-pricing
- Tom's Hardware, rygter om priser på TSMC A16: https://www.tomshardware.com/tech-industry/semiconductors/tsmc-could-charge-up-to-usd45-000-for-1-6nm-wafers-rumors-allege-a-50-percent-increase-in-pricing-over-prior-gen-wafers ; Wccftech, SMIC's priser: https://wccftech.com/smic-5nm-chip-prices-up-to-50-percent-more-expensive/amp/
- EUROPRACTICE, TSMC's MPW-plan for 2026: https://europractice-ic.com/wp-content/uploads/2025/11/TSMC-Europractice-MPW-schedule-2026.pdf
- Horowitz, »Computing's Energy Problem«, ISSCC 2014: https://www.Gwern.net/doc/cs/hardware/2014-horowitz-2.pdf
- Tom's Hardware, Huaweis køreplan for Ascend: https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/huawei-ascend-npu-roadmap-examined-company-targets-4-zettaflops-fp4-performance-by-2028-amid-manufacturing-constraints ; The Substrate, Kinas forsyningskæde for AI-chips: https://www.the-substrate.net/p/where-chinas-ai-chip-supply-chain ; Tom's Hardware, Trainium3: https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/amazon-launches-trainium3-ai-accelerator-competing-directly-against-blackwell-ultra-in-fp8-performance-new-trn3-gen2-ultraserver-takes-vertical-scaling-notes-from-nvidias-playbook

Muligheder og lanceringsøkonomi

- Webull (Benzinga), Broadcoms regnskabskonference: https://www.webull.com/news/15511095937917952 ; Quartr, Global Unichip Q2 2026: https://quartr.com/events/global-unichip-corp-3443-q2-2026_F9×6NJQY ; Taiwan News, Alchip: https://www.taiwannews.com.tw/news/6370946 ; Design & Reuse, VeriSilicon: https://www.design-reuse.com/news/202530457-surge-in-custom-chip-business-propels-verisilicon-s-q1-revenue-to-double-with-new-orders-skyrocketing-to-8-2-billion-yuan-increased-r-d-investment-leads-to-wider-net-loss-earnings-insight/ ; The Block, Canaans AI-enhed: https://www.theblock.co/post/359250/crypto-miner-canaan-to-shutter-non-core-ai-semiconductor-business-unit-amid-strategic-realignment
- Clutch, priser på AI-udvikling: https://clutch.co/developers/artificial-intelligence/pricing ; PixelPlex, omkostninger ved blockchain-udvikling: https://pixelplex.io/blog/blockchain-development-cost/
- Hyperbolic, proof of sampling: https://hyperbolic.ai/blog/deep-dive-into-hyperbolic-proof-of-sampling ; Gensyn, Verde: https://www.gensyn.ai/research/verde-a-verification-system-for-machine-learning-over-untrusted-nodes ; lagdelt verifikation, arXiv 2512.20176: https://arxiv.org/abs/2512.20176v1
- Sherlock, prisreference for revisioner i 2026: https://sherlock.xyz/post/smart-contract-audit-pricing-a-market-reference-for-2026
- Blockworks, Binances noteringsstandarder: https://blockworks.com/news/binance-listing-standards-scrutiny ; Cointelegraph, market maker-aftaler: https://cointelegraph.com/magazine/market-maker-deals-quietly-killing-crypto-projects ; Blockworks, Movement: https://blockworks.co/news/movement-rushi-manche-suspension-market-maker-web3port ; Nansen, HIP-3: https://nansen.ai/post/what-is-hip-3-hyperliquid ; The Block, Monad: https://www.theblock.co/post/380094/monad-mainnet-launches

BEVIS FOR NYTTIGT ARBEJDE · KRYPTO × SILICIUM

Regnekraft som konsensus

AI × krypto × chips i 2026, med udgangspunkt i Pearls bevis for nyttigt arbejde

Hvert nøgletal i denne rapport har sin kilde og dato. Hvor forfatteren udleder et tal, er det markeret som et estimat; hvor kun sælgeren oplyser det, er det markeret som en leverandørpåstand. Den behandler kun teknologi og forretning.



Tan Shuai

Teknolog og grundlægger · AI-forsker og -udvikler

tanshuai.com · i@tanshuai.com

OFFENTLIG UDGAVE · Data pr. 13. november 2026