VETENSKAP FÖR ALLA

VECKA 43 · 2026

Magasinet

ett urval av veckans bästa läsning



Ingen lärde flugan vad den skulle göra

En virtuell bananfluga går, putsar antennerna och letar mat på skärmen. Dess hjärna är kopierad, nervcell för nervcell, från en riktig fluga, och företaget bakom säger att ingen har tränat den. Det säger något oväntat om skillnaden mellan hjärnor och AI, även om demonstrationen visar mindre än den ser ut att göra.

OCKSÅ I NUMRET

Ingen har räknat på vad chattkontrollen kostar 05

Olyckorna som stängde fler reaktorer än de skadade 09

Varje teknikrevolution har kraschat. Vilken våg är AI? 07

Från plastkopp till studentbostad på 40 år 12

FRÅN REDAKTÖREN

Digitala flugor och kvantdatorns hot mot Bitcoin

Åtta nya artiklar den här veckan – och den som väckt mest nyfikenhet handlar om AI:s plats i den långa raden av teknikrevolutioner. "Varför kraschar varje våg, och var står AI?" är en fråga som fångar något viktigt: vi har varit här förr, fast aldrig på exakt samma sätt. Texten väver samman historia, ekonomi och framtidsspaning, och den är ett bra exempel på hur vi vill förstå samtiden genom att titta bakåt.

I övrigt har veckan rört sig brett – från energifrågor och klimat till hur samhället och ekonomin påverkas av teknikskiften. Det är ingen slump att allt detta hänger ihop. När tekniken förändras, förändras också hur vi lever, jobbar och tänker om framtiden.

Läsvärd vecka – och vi hörs igen nästa tisdag.

PB

Peter Bergvall

REDAKTÖR, VETENSKAP FÖR ALLA

Innehåll

8 ARTIKLAR

AI · PETER BERGVALL s. 03
Ingen lärde flugan vad den skulle göra

TEKNIK OCH DIGITALT LIV · PETER BERGVALL s. 05
Ingen har räknat på vad chattkontrollen kostar

EKONOMI · PETER BERGVALL s. 07
Varje teknikrevolution har kraschat. Vilken våg är AI?

ENERGI · PETER BERGVALL s. 09
Olyckorna som stängde fler reaktorer än de skadade

TEKNIK OCH DIGITALT LIV · PETER BERGVALL s. 12
Från plastkopp till studentbostad på 40 år

SAMHÄLLSVETENSKAP · PETER BERGVALL s. 15
Partiet som ingen kan placera på kartan

TEKNIK OCH DIGITALT LIV · PETER BERGVALL s. 17
Kvantdatorn behöver nio minuter, bitcoin sju år

KLIMAT OCH MILJÖ · PETER BERGVALL s. 19
Klimatlöftena som höll och räkningen som väntar

AI

Ingen lärde flugan vad den skulle göra

PETER BERGVALL · 20 OKTOBER 2026 · 5 MIN LÄSNING



En fluga som ingen har programmerat

På skärmen går en bananfluga över ett plant golv. Den stannar, lyfter frambenen och borstar antennerna. När benen nuddar något sött vänder den sig mot maten och sträcker ut snabeln. Den ser ut som vilken fluga som helst. Skillnaden är att den inte finns.

Flugan är en simulering som startupföretaget Eon Systems i San Francisco visade upp i mars 2026 [[1]]. Det märkliga är inte att en dator kan rita en fluga som går. Det har datorspel klarat länge. Det märkliga är vad som styr den. Enligt Eon har ingen skrivit kod för flugans beteenden och ingen har tränat hjärnan. Besluten om vad flugan ska göra kommer från en kopia av en riktig flughjärna.

Kartan över 140 000 nervceller

Grunden lades 2024. Då publicerade forskningssamarbetet FlyWire, lett från Princeton, det första kompletta kopplingsschemat för hjärnan hos en vuxen bananfluga [[2]]. Ett sådant schema kallas **konnektom**: en karta över varje nervcell och varje kontaktpunkt mellan dem. Flugans hjärna har omkring 140 000 nervceller och 50 miljoner synapser, alltså de punkter där signaler hoppar från en cell till nästa.

Forskarna skar en flughjärna i tusentals tunna skivor och fotograferade dem i elektronmikroskop. Sedan följde datorer och hundratals människor varje nervtråd genom bilderna. Arbetet tog år.

Samma år visade forskaren Philip Shiu och hans kollegor i Nature att kartan går att köra [[3]]. De gjorde varje nervcell i schemat till en enkel matematisk modell. Tänk dig en hink med ett litet hål i botten. Inkommande signaler fyller på, hålet läcker, och när vattnet når kanten skickar cellen iväg en signal och töms. Styrkan på varje koppling räknade de fram ur antalet synapser och ur om signalen väcker eller dämpar mottagaren.

Mer än så var det inte. Ändå förutsade modellen vilka nervceller som får flugan att börja äta när den känner smak av socker. Forskarna kontrollerade förutsägelserna på levande flugor genom att slå på just de cellerna med ljus [[3]]. Enligt Eon träffade modellen rätt om flugans rörelser i omkring 95 procent av fallen [[4]].

Hjärnan fick en kropp

Shiu arbetar i dag på Eon, och företaget tog nästa steg. De kopplade hjärnmodellen till NeuroMechFly, en fysiksimulerad flugkropp från tekniska högskolan EPFL i Lausanne [[5]]. Kroppen

bygger på röntgenskanningar av en riktig fluga och har rörliga leder i ben, antenner och mundelar, sammansatta ögon och antenner som känner av omgivningen.

Nu går signalerna åt båda håll. Sinnesintryck från den virtuella världen flödar in i hjärnmodellen och aktiviteten sprids genom kopplingsschemat. Eon läser sedan av ett litet, handplockat urval av de nervceller som skickar signaler ner mot kroppen. Aktiviteten översätts till enkla kommandon som gå framåt, sväng vänster eller putsa dig, och kroppsmodellens egen rörelsestyrning utför dem [[6]]. Eon beskriver det som första gången en hel kopierad hjärna styr en kropp med flera olika beteenden [[1]].

Varför det inte är AI som du känner den

Dagens AI fungerar på motsatt sätt. En språkmodell börjar som ett nätverk med slumpmässiga kopplingar. Sedan justeras kopplingarna miljarder gånger tills nätverket gör det du vill. Hur det går till har vi skrivit om i Datorn som slutade lyda order och började lära sig. Kopplingarna är resultatet av träningen.

I flughjärnan är det omvänt. Kopplingarna är givna från början, avlästa ur en riktig hjärna, och ingenting justeras. Att det fungerar säger något om bananflugan. Det mesta av dess nervsystem är **genetiskt fastlagt**. En nykläckt fluga behöver inte lära sig gå eller putsa sig, för beteendet finns redan i ledningsdragningen. Kopierar du ledningarna får du med dig en del av beteendet, åtminstone valet av vad flugan ska göra.

Det är också flugans begränsning. Den simulerade hjärnan kan inte bilda minnen. Kopplingarna står still, så flugan lär sig aldrig något nytt. Modellen saknar dessutom de signalämnen som i en riktig hjärna ändrar hur kretsarna beter sig, till exempel när flugan är hungrig eller trött.

Kritiken handlar främst om benen. Hjärnmodellen styr inte benen själv. Den avgör vad flugan ska göra, men hur benen rör sig sköts av styrfunktioner som redan fanns i kroppsmodellen och som tagits fram separat [[6]]. FlyWire-kartan täcker dessutom bara hjärnan, inte nervknutan längre bak i kroppen där mycket av rörelsekoordinationen sker. Eon har själva redogjort för upplägget, men flugforskare menar att ord som uppladdning kraftigt överdriver vad som visats [[6]][[7]]. Eon har publicerat koden för hjärnmodellen men inte delen som kopplar den till kroppen [[1]]. Ingen utomstående har därför kunnat pröva demonstrationen fullt ut.

Nästa steg är en mus

I september 2026 släppte forskningscentrumet HHMI Janelia, Google och forskare i Cambridge en öppen karta över hela det centrala nervsystemet hos en hanfluga, med 166 700 nervceller [[8]]. Den omfattar även nervknutan som styr benen. Hobbyister har redan låtit flughjärnan spela DOOM [[9]]. Forskare vid Sandia National Laboratories har kört hela flugkonnektomet på tolv av Intels neuromorfa chip Loihi 2, som efterliknar hur nervceller signalerar [[10]].

Eons nästa mål är en mus, med omkring 70 miljoner nervceller [[1]]. Det är omkring 500 gånger fler än flugans. Ändå är storleken inte det svåra. En mus lär sig hela livet. Dess hjärna formas av vad den har varit med om, och mycket av det sparas i kopplingarnas styrka och i kemi som ett kopplingsschema inte fångar. En karta över ledningarna i en mushjärna blir en ögonblicksbild av ett system som hela tiden skriver om sig självt.

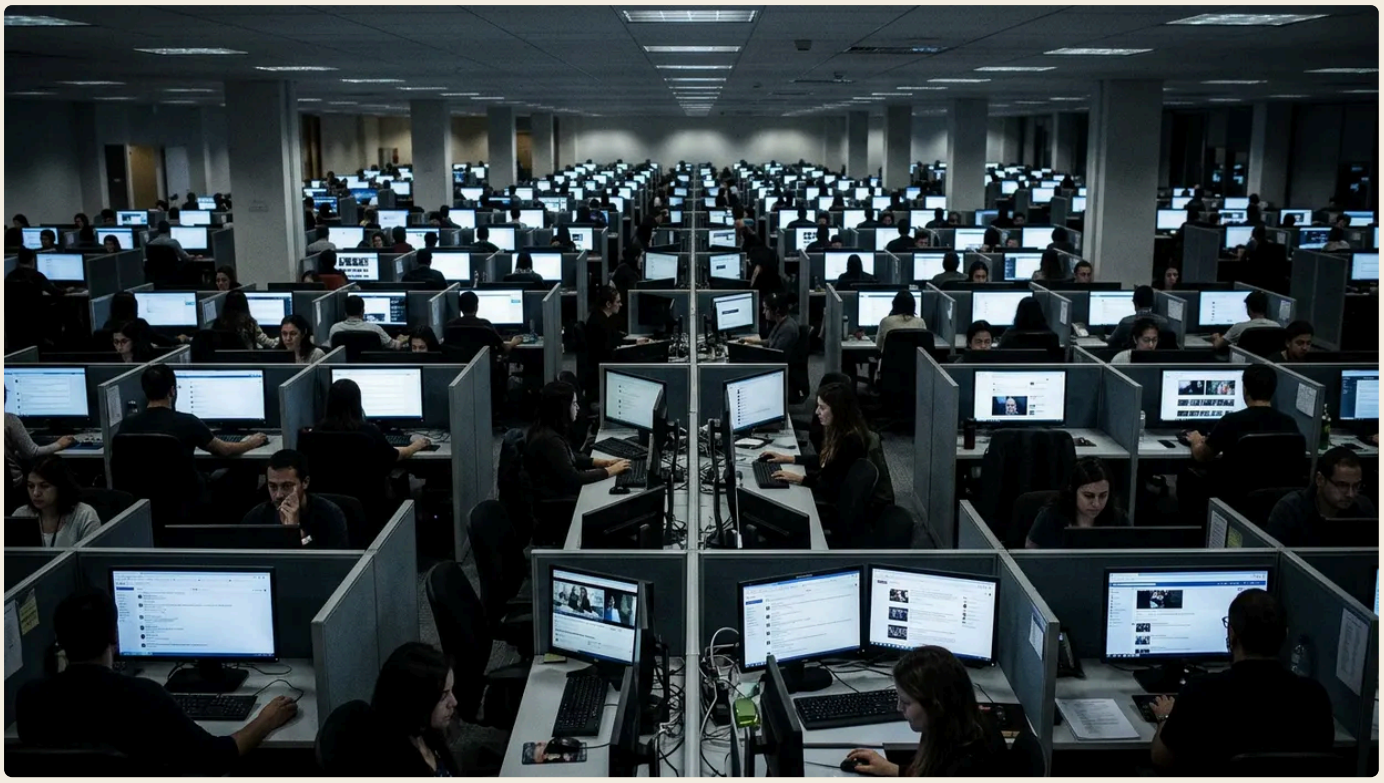
Din egen hjärna har omkring 86 miljarder nervceller. Steget dit är inte bara större, det är av ett annat slag.

Bananflugan har ändå börjat besvara en fråga som länge varit öppen: räcker det att veta hur nervcellerna är kopplade för att få fram beteende? För enkla beteenden hos en fluga, som att äta och putsa sig, verkar svaret vara ja, förvånansvärt ofta. Nästa fråga är hur mycket av det som gör en mus till en mus som sitter i kartan, och hur mycket som sitter i allt den har upplevt.

TEKNIK OCH DIGITALT LIV

Ingen har räknat på vad chattkontrollen kostar

PETER BERGVALL · 22 OKTOBER 2026 · 5 MIN LÄSNING



En prislapp som bara täcker halva notan

När EU-kommissionen 2022 lade fram sitt förslag mot sexuella övergrepp på barn på nätet fanns en prislapp med. Ett nytt EU-center skulle ta emot rapporter om misstänkt övergreppsmaterial, sortera dem och skicka de verkliga fallen vidare till polisen. Budgeten var 28,5 miljoner euro om året.

Det låter som hela kostnaden, men det är det inte. Siffran täcker själva centret. Den täcker inte de timmar som går åt när en människa måste öppna varje flaggad bild eller chatt och avgöra om det är ett brott. Den täcker inte heller polisens utredningar eller teknikföretagens servrar.

Förslaget, som kritiker kallar **chattkontroll**, förhandlas fortfarande. En tillfällig ordning med frivillig skanning gäller till april 2028. Den permanenta lagen har fastnat i förhandlingarna mellan EU-parlamentet, ministerrådet och kommissionen, och ett nytt försök väntas i november. Ingen av parterna har presenterat en kalkyl över vad systemet kräver när det väl är i drift.

Maskinen larmar, människan granskar

Ett automatiskt system kan inte döma. Det kan bara flagga. Varje träff måste sedan bedömas av en person, och det är där kostnaden växer.

Tyskland har bra siffror. Under 2024 fick den federala kriminalpolisen BKA 205 728 tips från amerikanska NCMEC, organisationen som i dag samlar in teknikföretagens rapporter. Av dem var 99 375 inte brottsliga. Det är nästan varannan. Schweiziska federalpolisen har uppgett att upp till 86 procent av de maskinella rapporterna saknar betydelse för brottsutredningar.

Falsklarmen beror inte främst på slarvig teknik. Det handlar om **basfrekvens**: när du letar efter något mycket ovanligt bland miljarder vanliga meddelanden ger även en liten felprocent ett stort antal felaktiga träffar. Strandbilder på egna barn, tonåringar som skickar bilder till varandra och medicinska foton ser för en algoritm ut som det den letar efter.

Ett överslag du kan göra själv

Eftersom ingen offentlig kalkyl finns kan du göra en grov uppskattning. Siffrorna nedan bygger på mina egna antaganden, så se dem som en storleksordning och inte som en prognos.

Tyskland har ungefär 84 miljoner invånare och fick drygt 205 000 rapporter. EU har omkring 450 miljoner invånare, alltså drygt fem gånger fler. Med samma takt blir det runt 1,1 miljoner rapporter om året i hela unionen.

Anta att en första bedömning tar tio minuter. Då krävs 11 miljoner minuter, eller ungefär 185 000 timmar. En heltidstjänst motsvarar runt 1 600 effektiva arbetstimmar om året. Bara sållningen kräver alltså cirka 115 heltidsanställda.

Sållningen är den billiga delen. Ungefär hälften av rapporterna går vidare som verkliga misstankar, alltså runt 550 000 ärenden. Anta att varje ärende kräver en arbetsdag hos polisen för att identifiera avsändaren, säkra bevis och bedöma om ett barn är i fara. Det blir 4,4 miljoner timmar, eller närmare 2 750 heltidstjänster i Europas poliskårer.

När krypteringen öppnas växer siffrorna

Dagens rapporter kommer nästan bara från tjänster utan totalkryptering. Totalkryptering innebär att bara avsändare och mottagare kan läsa meddelandet, inte ens företaget som driver appen. Enligt den tyska kampanjen mot chattkontroll kommer omkring 99 procent av rapporterna till polisen från ett enda företag, Meta. I takt med att fler tjänster krypteras har antalet rapporter halverats sedan 2022.

Om en permanent lag skulle kräva skanning även i WhatsApp, Signal och iMessage skulle volymen öka kraftigt. Med tio gånger fler rapporter behövs tio gånger fler granskare. Kommissionen har själv räknat med en felfrekvens på tio procent för de verktyg som diskuterats. Den tidigare EU-parlamentarikern Patrick Breyer har utifrån det räknat fram att över tre miljoner oskyldiga chattar och bilder skulle kunna lämnas ut varje år.

Utfallet beror helt på vad förhandlingarna landar i. Ministerrådet har redan strukit kommissionens krav på obligatorisk skanning. Parlamentet vill att skanning av privata meddelanden bara ska riktas mot misstänkta och kräva domstolsbeslut. Blir lagen riktad sjunker volymen dramatiskt, och då ser kalkylen helt annorlunda ut. Frågan liknar den om vardaglig övervakning som du kan läsa om i Din wifi-router känner igen dig: tekniken avgör inte omfattningen, reglerna gör det.

Elräkningen är den minsta posten

Två tekniker används. Den första är hash-matchning. Varje känd övergreppsbild får ett digitalt fingeravtryck, och systemet jämför fingeravtrycken på delade bilder mot en databas. Det är beräkningsmässigt billigt, ungefär som att slå upp ett ord i en ordlista.

Den andra är AI-klassning. Där tittar en modell på varje ny bild eller text och bedömer om den kan vara övergreppsmaterial eller ett försök att locka barn. Det kräver mer beräkningskraft.

Även här kan du räkna grovt. Anta att varje klassning drar en tusendels wattimme i telefonen, och att varje EU-invånare skickar tio bilder om dagen. Det blir 4,5 megawattimmar per dygn, eller runt 1,6 gigawattimmar per år. Det motsvarar hushållselen i några hundra svenska villor. Även om antagandet är fel med en faktor tio är energin en småsumma jämfört med lönerna.

Det dyraste är tiden som tas från annat

Polisens tid är begränsad. Varje timme som går åt till en strandbild är en timme som inte läggs på ett nätverk av förövare. Det är kritikernas huvudargument.

Förespråkarna menar att utan detektion blir övergreppsmaterial i krypterade tjänster i praktiken osynligt, och att EU-centret ska sålla bort falsklarmen innan de når polisen. Det stämmer, men det flyttar granskningen snarare än tar bort den. Någon måste fortfarande titta.

Den siffra som skulle avgöra debatten är vad ett identifierat och skyddat barn kostar i arbetstimmar, och om de timmarna gör mer nytta i skanningen eller i riktade utredningar. Den siffran finns ännu inte.

Källor

- Europeiska kommissionen: Förslag till förordning om att förebygga och bekämpa sexuella övergrepp mot barn, COM(2022) 209, med finansieringsöversikt - Europaparlamentets utredningstjänst (EPRS): Complementary Impact Assessment of the CSA proposal, 2023 - Bundeskriminalamt (BKA): Bundeslagebild Sexualdelikte zum Nachteil von Kindern und Jugendlichen 2024 - Patrick Breyer: Leak on chat control: EU Commission anticipates millions of false positives, samt trilograpport 30 september 2026 - Brussels Record: EU Chat Control Tracker, oktober 2026 - Wikipedia: Regulation to Prevent and Combat Child Sexual Abuse

EKONOMI

Varje teknikrevolution har kraschat. Vilken våg är AI?

PETER BERGVALL · 21 OKTOBER 2026 · 5 MIN LÄSNING



En vecka som fick det att knaka

I mitten av oktober 2026 föll det amerikanska halvledarindexet med 11,4 procent på en vecka, den sämsta veckan sedan april 2025 [[1]]. Nvidia tappade runt 365 miljarder dollar i börsvärde [[2]]. Molnbolaget CoreWeave, som hyr ut AI-datorkraft och bär omkring 50 miljarder dollar i skulder, förlorade en fjärdedel av sitt värde [[1]][[3]]. Räntan på bolagets obligationer steg till omkring 15 procent, en nivå som brukar signalera att marknaden räknar med risk för betalningsproblem [[4]].

Samtidigt rapporterade Financial Times att minst 47 stora datacenterprojekt i USA har försenats, dragits tillbaka eller stoppats under året [[5]]. Frågan som alla ställer är enkel: är det här början på slutet?

För att svara behöver du först veta vilken sorts fenomen AI är. Där har en venezuelansk-brittisk ekonom ett ovanligt användbart verktyg.

Mönstret som upprepats fem gånger

Carlota Perez publicerade 2002 boken Technological Revolutions and Financial Capital. Hon hade studerat de stora teknikskiftena sedan 1770-talet och sett samma förlopp gång på gång [[6]].

Enligt Perez har världen genomgått fem **teknikrevolutioner**. Den första var fabrikerna och kanalerna i England. Sedan kom ångkraft och järnväg, därefter stål och elektricitet. Den fjärde var oljan, bilen och massproduktionen. Den femte, informations- och kommunikationstekniken, startade 1971 när Intel lanserade den första mikroprocessorn.

Varje revolution delas i två halvor. Den första kallar Perez **installationsperioden**. Då strömmar spekulativa pengar in, investerare tävlar om att äga framtiden och infrastruktur byggs i en takt som ingen verklig efterfrågan kan motivera. Perioden slutar nästan alltid med en krasch. Kanalmanin i 1790-talets England, järnvägsmanin som sprack 1847, börskraschen 1929 och IT-bubblan år 2000 är alla exempel [[6]].

Efter kraschen följer en vändpunkt, och sedan kommer andra halvan, utbyggnadsperioden. Nu är rälsen, ledningarna eller fibern

redan lagda och billiga. Tekniken sprider sig genom hela ekonomin och skapar det Perez kallar en guldålder. Efterkrigstidens rekordår, med bilar, förorter och elektriska hushållsapparater, var guldåldern för den fjärde revolutionen.

Scenario ett: AI är en ny våg

Om AI är början på en sjätte revolution befinner vi oss mitt i installationsperioden. Då är kraschen inte en risk utan en nästan inbyggd del av förloppet.

Siffrorna passar mönstret obehagligt väl. Teknikjättarna Amazon, Microsoft, Alphabet och Meta investerade tillsammans omkring 410 miljarder dollar 2025. För 2026 har de aviserat runt 725 miljarder [[7]].

Riskkapitalbolaget Sequoias analytiker David Cahn gjorde 2024 en enkel kalkyl. För varje dollar som läggs på AI-chip går ungefär en dollar till på byggnader, el och kylning. Den som sedan säljer AI-tjänster behöver en rimlig marginal, vilket fördubblar summan igen. Varje dollar i chip kräver alltså omkring fyra dollar i intäkter hos slutkunderna. Redan med 2024 års investeringstakt landade kalkylen på 600 miljarder dollar om året [[8]]. Sedan dess har investeringarna nästan fördubblats, medan intäkterna från AI fortfarande ligger långt under den nivån.

Det är precis den sortens glapp som har föregått tidigare krascher. Järnvägsbolagen på 1840-talet byggde parallella linjer mellan samma städer. Telekombolagen på 1990-talet grävde ner så mycket fiber att bara en bråkdel användes när bubblan sprack.

Scenario två: kraschen har redan hänt

Det finns en helt annan läsning. Kanske är AI ingen ny revolution alls, utan den mogna fasen av den femte. Mikroprocessorn, internet, molnet och smarttelefonen är förutsättningarna för AI. Utan dem finns inget att träna modellerna på och ingenstans att köra dem.

I så fall var IT-kraschen år 2000 och finanskrisen 2008 vändpunkten. Då befinner vi oss redan i utbyggnadsperioden, och AI är det som till slut får informationstekniken att höja produktiviteten på bred front. Den stora kraschen ligger alltså bakom oss.

Det finns stöd även för den tolkningen. Enligt marknadsanalytikern Ben Bajarin var fibern som såg vansinnigt överbyggd ut 2001 fullt utnyttjad runt 2010 [[9]]. Infrastrukturen var aldrig fel, den var bara för tidig. Hur stor produktivitetsvinsten blir är fortfarande omstritt. Två nobelpristagare som räknat på saken landar tio gånger isär.

Pengarnas ursprung avgör

Perez gör en distinktion som är nyckeln till att förstå oktober 2026. Hon skiljer mellan finansiellt kapital och produktionskapital [[6]]. Finansiellt kapital är banker, riskkapital och spekulanter. Det är otåligt och flyr när stämningen vänder. Produktionskapital är etablerade bolags egna vinster. Det är tåligt och kan bära överinvesteringar länge.

Den här gången kommer en stor del av pengarna från produktionskapital. Microsoft, Alphabet och Meta finansierar sina datacenter med kassaflöden från annonser, mjukvara och moln. De kan klara år av låg avkastning utan att gå under.

Men i utkanten ser det annorlunda ut. Bolag som CoreWeave bygger på lånade pengar och lever på att räntan är låg och kunderna betalar. Upplåningen i sektorn har dessutom ökat snabbt i takt med att investeringarna äter upp en allt större del av jättarnas kassaflöde. När räntorna stiger blir varje lånad dollar dyrare. Därför var det just de skuldsatta bolagen som föll först.

Krasch eller långsam omprövning

Bajarin pekar på en tredje möjlighet. AI kan vara en ny våg som finansieras med den gamla vågens styrka [[9]]. Då blir resultatet varken en dramatisk krasch eller en smärtfri fortsättning. Istället väntar en utdragen omvärdering där de svagaste bolagen slås ut eller köps upp, priset på datorkraft sjunker och användningen fortsätter att växa medan aktierna står och stampar.

Vilket scenario som stämmer kan du följa själv. Om datacenter står tomma, om förbättringarna i AI-modellerna planar ut och om lånen fortsätter att växa, då pekar det mot en klassisk krasch. Om användningen istället stiger, AI flyttar från försöksprojekt till fasta budgetposter och priserna faller medan volymerna ökar, då är vi förmodligen redan i guldåldern. Hur svårt det är att hålla huvudet kallt när kurserna rör sig har vi skrivit om i Hjärnan på börsen.

Historien ger en tröst som är lätt att missa. Varje stor krasch har förstört förmögenheter men lämnat infrastrukturen kvar. Järnvägarna revs inte när bolagen gick i konkurs. Fibern grävdes inte upp när telekombolagen föll. Om AI-bubblan spricker förlorar aktieägarna pengar, men datacentren, chippen och modellerna finns kvar. Det verkliga avgörandet handlar kanske inte om huruvida en krasch kommer, utan om vem som står med notan och vem som får använda det som byggdes.

ENERGI

Olyckorna som stängde fler reaktorer än de skadade

PETER BERGVALL · 25 OKTOBER 2026 · 9 MIN LÄSNING



Tre dagar efter tsunamin

Den 11 mars 2011 slog en tsunami in över Japans östkust. Omkring 18 000 människor dog. Vid kärnkraftverket Fukushima Daiichi slogs kylningen ut och tre reaktorhärdar smälte.

Tre dagar senare, 900 mil bort, meddelade Angela Merkel att Tyskland skulle pausa sin kärnkraft. De åtta äldsta reaktorerna stängdes och startade aldrig igen. Det skedde trots att landets egen reaktorsäkerhetskommission gick igenom samtliga 17 reaktorer och inte hittade skäl att stänga dem. Tyskland har inga tsunamier.

Det är ett tydligt exempel på något som går som en röd tråd genom kärnkraftens historia. Olyckorna har sällan dödat många människor. Men de har styrt hur många reaktorer världen byggt, och var.

Från en squashhall till 33 reaktorer om året

Den första kedjereaktionen startade den 2 december 1942, i en squashhall under en idrottsläktare i Chicago. Nio år senare tände en försöksreaktor i Idaho fyra glödlampor med el från kärnklyvning. År 1954 kopplades en liten reaktor i sovjetiska Obninsk in på elnätet, och 1956 öppnade Calder Hall i England som världens första kärnkraftverk i industriell skala.

Sedan tog det fart. Oljekrisen 1973 visade hur sårbart det var att vara beroende av importerad olja. Frankrike, Japan, Sverige och USA byggde i rasande takt. Hur Sverige gick från hemliga bombplaner till tolv reaktorer har vi berättat i Svensk kärnkraft: från atombomber till comeback.

Byggandet kom i två vågor. Den första toppade 1974 med 26 nya reaktorer på ett år. Den andra nådde rekordet 33 reaktorer per år 1984 och 1985. Sedan tog det tvärstopp.

Three Mile Island: härdsmältan som inte skadade någon

Den 28 mars 1979 fastnade en ventil i öppet läge i reaktor 2 vid Three Mile Island i Pennsylvania. Kylvatten läckte ut. En lampa i kontrollrummet visade att ventilen var stängd, och operatörerna drog fel slutsatser i flera timmar. Ungefär halva härden smälte.

Men reaktorinneslutningen, det tjocka skalet av stål och betong runt reaktorn, höll. De som bodde i närheten fick i genomsnitt en extra stråldos som motsvarar en bråkdel av en vanlig röntgenundersökning. Uppföljande studier har inte kunnat hitta några mätbara hälsoeffekter.

Timingen var ändå förödande. Tolv dagar tidigare hade filmen Kinasyndromet haft premiär, en thriller om en dold härdsmälta. Fiktion och verklighet flöt ihop. Under åren som följde avbeställdes runt hundra planerade reaktorer i USA, även om stigande räntor och kostnader bar en stor del av skulden.

Tjernobyl: en natt då nästan allt gick fel

Tjernobyl är undantaget. Där dog människor, och där spreds radioaktivt nedfall över stora delar av Europa. Det var personal vid Forsmark som först slog larm i väst, när deras skor gav utslag i strålningsmätarna den 28 april 1986.

Olyckan började med ett säkerhetstest. Ingenjörerna ville veta om turbinerna kunde driva kylpumparna medan de snurrade ner, den minut det tar för reservdieslarna att starta. Testet skulle göras på dagen. Men elnätets dispatcher i Kiev bad verket vänta, eftersom elen behövdes. Testet sköts upp i tio timmar och hamnade hos ett nattskift som inte hade förberett det.

Under natten sjönk reaktorns effekt nästan till noll. Då byggs ämnet xenon upp i bränslet. Xenon slukar neutroner och gör reaktorn svår att styra. Det säkra beslutet hade varit att avbryta. I stället drev biträdande chefsingenjören Anatolij Djatlov på. Operatörerna drog ut nästan alla styrstavar för att få upp effekten. Reglerna krävde att minst 15 stavars bromsverkan alltid fanns kvar i härden. Den natten fanns kanske hälften.

Klockan 01.23 den 26 april tryckte operatörerna på nödstoppet. Det var då konstruktionens dolda fel slog till. Styrstavarna i en RBMK-reaktor hade spetsar av grafit. När stavarna började glida in trängde grafiten först undan vatten längst ner i härden, vilket tillfälligt ökade effekten i stället för att bromsa den. Reaktorn hade dessutom en **positiv voidkoefficient**. Det betyder att när kylvattnet kokar till ånga ökar effekten, vilket ger mer ånga, som ger ännu mer effekt. Inom några sekunder rusade effekten och reaktorn exploderade.

Två personer dog direkt. Ytterligare 28 brandmän och anställda dog av akut strålsjuka inom några månader. Bland dem som var barn i de förorenade områdena har tusentals fått sköldkörtelcancer, som i de flesta fall går att behandla. FN:s och WHO:s samlade bedömning är att upp till 4 000 av de mest exponerade kan dö i förtid av strålningen. Hur naturen i zonen klarade sig kan du läsa om i Djuren i Tjernobyl slutade gå ut på natten.

Ledarskap på två nivåer

Kunde Tjernobyl ha undvikits? Ja, och det på två sätt.

Det första handlar om natten. En ledare som respekterat reglerna och avbrutit testet när effekten föll hade med stor sannolikhet räddat reaktorn. Djatlov tog ett beslut som ingen enskild operatör vågade säga emot. Det säger något om hur hierarkin fungerade.

Det andra handlar om systemet. Problemet med grafitspetsarna hade visat sig vid Ignalina i Litauen redan 1983. Informationen hemlighölls för operatörerna vid andra verk. De visste alltså inte att nödstoppet i vissa lägen kunde göra saken värre. IAEA:s första rapport 1986 lade skulden främst på operatörerna. När organisationen gick igenom olyckan igen 1992 flyttades tyngdpunkten till konstruktionen och till den bristande **säkerhetskulturen** i hela det sovjetiska systemet.

Slutsatsen blir att rätt beslut på verket hade förhindrat olyckan den natten. Rätt beslut i Moskva, med öppenhet om kända brister, hade gjort den nästan omöjlig.

Fukushima: evakueringen dödade fler än strålningen

Även Fukushima var i grunden ett ledarskapsproblem. Verkets skyddsvall var dimensionerad för en våg på knappt sex meter. Operatören Tepco hade redan 2008 egna beräkningar som visade att en våg på upp mot 15 meter var möjlig, men byggde inte om. Reservdieslarna stod i källaren och dränktes. Den japanska parlamentskommissionen kallade senare olyckan en katastrof skapad av människor.

Men strålningen i sig har kostat förvånansvärt få liv. Japanska myndigheter har erkänt ett enda dödsfall, en arbetare som fick lungcancer. Evakueringen var en annan sak. Över 150 000 människor fick lämna sina hem. Äldre flyttades i hast från sjukhus och vårdhem, många bodde i tillfälliga bostäder i åratal, och stress och avbruten vård tog ut sin rätt. Den japanska regeringen har räknat rund 2 200 dödsfall kopplade till evakueringen och dess följder.

Det betyder inte att evakueringen var fel i stunden, när ingen visste hur mycket som skulle läcka ut. Men flera forskare menar att människor fick stanna borta längre än stråldoserna motiverade. Rädslan för strålningen blev farligare än strålningen. Hur kärnkraftens dödstal står sig mot andra kraftslag har vi räknat på i Vad kostar ett kilowattimme liv?.

Drygt 40 reaktorer släcktes i två länder

Fukushimas största effekt på antalet reaktorer märktes alltså i Europa. Tyskland hade 19 reaktorer i drift år 2000 och 17 när tsunamin kom. De tre sista stängdes i april 2023. En fjärdedel av landets el försvann ur systemet, och landet eldar fortfarande kol för ungefär lika mycket.

Storbritannien kom till samma punkt på en annan väg. Landet byggde 41 kommersiella reaktorer, men ersatte aldrig de gamla när de tjänat ut. I dag är nio i drift. Åtta av dem är gaskylda reaktorer vars grafitkärnor spricker med åldern, och de ska enligt planen stängas i mars 2030. Då återstår bara Sizewell B. Landet som öppnade världens första kärnkraftverk i industriell skala står i så fall med en enda reaktor.

Tillsammans har de två länderna släckt drygt 40 reaktorer sedan millennieskiftet. Det förklarar en gåta i statistiken: varför antalet

reaktorer i världen knappt rört sig på 30 år trots att Kina byggt över 50 nya.

Antal reaktorer per decennium

Siffrorna nedan är avrundade och bygger på IAEA:s reaktordatabas PRIS.

Decennium	Nya reaktorer på elnätet	I drift vid decenniets slut
1950-talet	ca 15	ca 15
1960-talet	ca 75	ca 85
1970-talet	ca 190	ca 245
1980-talet	ca 220	ca 415
1990-talet	ca 55	ca 435
2000-talet	ca 35	ca 440
2010-talet	ca 60	ca 440
2020-2026	ca 30	ca 417

Mönstret är tydligt. Tre fjärdedelar av alla reaktorer som någonsin byggts kopplades in före 1990. Efter Tjernobyl föll byggtakten från över 20 per år till en handfull. Sedan dess har världen i stort sett byggt lika många som den stängt.

Vad som väntar fram till 2060

Nu vänder kurvan. I juli 2026 byggdes 77 reaktorer i 17 länder, varav 37 i Kina och 8 i Indien. IAEA har höjt sin prognos sex år i rad.

I myndighetens höga scenario växer världens kärnkraft från 377 gigawatt i dag till 1 284 gigawatt år 2060, mer än en tredubbling. I det låga scenariot nästan fördubblas den. Ungefär en fjärdedel av den nya effekten väntas komma från små modulära reaktorer, så kallade SMR, som byggs i fabrik och är en bråkdel så stora som dagens. Det betyder att antalet reaktorer kan växa ännu snabbare än effekten. Om högscenariot slår in kan världen ha i storleksordningen 1 000 till 1 500 reaktorer år 2060.

Det finns goda skäl att vara skeptisk. För att nå det höga scenariot krävs fyra gånger så mycket ny kärnkraft per år som världen byggt de senaste fem åren. Dessutom ska en tredjedel eller mer av dagens reaktorer stängas på vägen, eftersom de helt enkelt blir för gamla.

Nästa olycka kommer

Med tusen reaktorer i drift är det inte en fråga om utan när nästa allvarliga händelse inträffar. Historien säger att den sannolikt inte blir särskilt dödlig. Moderna reaktorer har inte Tjernobyls inbyggda fällor, och inneslutningarna har hållit i både Pennsylvania och Japan.

Det historien inte kan svara på är hur världen kommer att reagera. Three Mile Island och Fukushima visar att det är reaktionen, mer än olyckan, som avgör hur många reaktorer som byggs. Den nästa härdsmältan kommer att mätas i stråldoser. Dess verkliga följder kommer att mätas i beslut fattade långt därifrån.

Källor

- IAEA, Power Reactor Information System (PRIS), reaktorstatistik per land och år - IAEA, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2060, 46:e upplagan, september 2026 - IAEA/INSAG, INSAG-7: The Chernobyl Accident, Updating of INSAG-1, 1992 - Chernobyl Forum (WHO, IAEA, UNDP m.fl.), Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts, 2005 - UNSCEAR, rapporter om hälsoeffekter efter Tjernobyl och Fukushima - US Nuclear Regulatory Commission, Backgrounder on the Three Mile Island Accident - The National Diet of Japan, Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, 2012 - World Nuclear Association, Nuclear Power in Germany och United Kingdom, 2025-2026 - World Nuclear Industry Status Report, statistik över nätanslutningar 1956-2011 - Connaissance des Énergies, Parc nucléaire mondial, juli 2026

TEKNIK OCH DIGITALT LIV

Från plastkopp till studentbostad på 40 år

PETER BERGVALL · 25 OKTOBER 2026 · 7 MIN LÄSNING



En kopp som blev en industri

Hösten 1983 stod Chuck Hull i ett labb i Kalifornien och arbetade med ultraviolett ljus. Hans jobb var att härda plastbeläggningar på bordsskivor. Då fick han en idé. Om ljuset kunde härda ett tunt lager plast, varför inte lägga lager på lager tills det blev ett föremål?

Resultatet blev en liten blå ögonbadskopp. Den var oansenlig, men den var det första föremål som någonsin skrivits ut. Hull kallade metoden **stereolitografi**. Ljus härdar flytande plast skikt för skikt, enligt en digital ritning.

Hull var inte ensam om idén. Tre franska forskare lämnade in sin patentansökan för samma process tre veckor före honom, sommaren 1984. Men det var Hull som fick sitt patent 1986, grundade företaget 3D Systems och sålde den första kommersiella skrivaren året därpå.

I många år handlade tekniken nästan bara om prototyper. En biltillverkare kunde skriva ut en modell av en reservdel på timmar i stället för att vänta veckor. Ingen pratade om hus.

Professorn som ville bygga på Mars

Den som först tog idén till byggplatsen var Behrokh Khoshnevis, professor vid University of Southern California. Hans metod, contour crafting, byggde på samma princip men med betong i stället för plast. En robot lade ut betongsträngar i lager, ungefär som när du spritsar glasyr på en tårta.

2010 hävdade Khoshnevis att hans system kunde bygga ett helt hus på en dag. Han berättade också att NASA utvärderade tekniken för baser på Mars. Det lät som science fiction, och i praktiken blev det mest demonstrationer.

Under 2010-talet växte experimenten. I Amsterdam byggde arkitekter ett kanalhus bit för bit med en tre och en halv meter hög skrivare. I Ryssland skrev bolaget Apis Cor ut ett litet hus på ett dygn. 2021 flyttade ett nederländskt par in i ett printat hus i Eindhoven och blev de första i Europa att bo i ett sådant.

Samma sommar fick Sverige sitt första, ett attefallshus i Tumba utanför Stockholm. Det printades i 126 lager och består av 2,7 kilometer betongsträng, fem centimeter bred. Själva utskriften tog 28 timmar. Ändå tog bygget 13 dagar, eftersom betongen fick blandas för hand.

Så byggdes Europas största printade bostadsområde

Det stora steget kom i danska Holstebro. Där står Skovsporet, Skogsstigen: sex envåningshus med sex studentlägenheter i varje. Lägenheterna är 39 till 50 kvadratmeter. Beställaren är NordVestBO, en allmännyttig bostadsorganisation, och husen ligger nära en högskola. Det är alltså inga visningsobjekt utan vanliga studentbostäder.

Skrivaren heter BOD3 och kommer från danska COBOD. Föreställ dig en jättelik portalkran på räls som står grensle över bygget. Ett munstycke hänger i ramen och rör sig åt alla håll, styrt av en digital ritning. Det lägger betongen sträng för sträng och lämnar öppningar där fönster och dörrar ska sitta.

Hemligheten sitter i betongen. Den måste vara lös nog att pumpas genom en slang, men stelna så snabbt att den bär nästa lager några minuter senare. Därför behövs ingen **gjutform**. I vanligt betongbygge spikar du först upp en form av trä eller stål, fyller den och river den sedan. Här hamnar betongen bara där väggen ska stå.

I Holstebro printade skrivaren alla bärande väggar på plats. Taken är av trä. Bara tre personer behövdes för att sköta maskinen, och de blev snabbare för varje hus. Den sista byggnaden med sex lägenheter tog fem dagar, ungefär en lägenhet per dag.

Ändå tog hela projektet tolv månader. Väggarna är bara en del av ett hus. Någon måste fortfarande gjuta grunden, lägga tak, dra el och vatten, montera fönster och bygga kök. Det gör människor, precis som förut.

Snabbare och friare, men inte självklart billigare

Fördelarna är lätta att se. Färre händer behövs i en bransch som har svårt att hitta folk. Väggarna kan bli böjda utan extra kostnad, eftersom skrivaren inte bryr sig om en linje är rak eller krokig. Svinnet minskar när inga formar ska byggas och rivas. Skovsporet höll sig dessutom inom den danska kostnadsramen för subventionerade bostäder. Tekniken klarar alltså riktiga regelverk, inte bara mässmontrar. Samtidigt förändrar den vad byggjobbet består av, ungefär som AI förändrar många andra yrken.

Nackdelarna är lika verkliga. Den första är klimatet. Cementtillverkning är en av industrins största utsläppskällor, och en printad vägg är fortfarande en betongvägg. Holstebro använde ett cement där en del av kalkstenen ersatts med bränd lera för att sänka utsläppen. Områdets cykelskjul printades helt utan cement, med 84 procent lägre utsläpp än vanlig betong. Det är lovande, men än så länge rör det sig om ett cykelskjul. Vill du veta mer om varför de sista utsläppen är de dyraste att ta bort kan du läsa Klimatlöftena som höll och räkningen som väntar.

Den andra nackdelen är armeringen. Betong tål tryck men spricker när den dras isär, därför gjuts stålstänger in i den. De flesta byggskrivare kan inte lägga armering själva, så den monteras efteråt. Det äter upp en del av tidsvinsten.

Den tredje är priset. Ingen vet säkert hur mycket billigare tekniken egentligen är. Siffror som 30 procent lägre byggkostnad har cirkulerat i åratal, ofta från bolagen själva. Oberoende bedömningar är mer försiktiga. Skrivaren är också en stor investering. Grundaren av svenska Concrete Print har pekat på just det, och på att byggbranschen här säljer timmar snarare än färdiga projekt. En maskin som sparar timmar lockar inte självklart den som tar betalt per timme.

Tre vägar framåt

Hur ser det ut om tio år? Det finns tre rimliga scenarier.

I det första förblir tekniken en nisch. Den används där formfriheten är värd något: arkitektoniska specialbyggen, snabba bostäder efter katastrofer eller platser där arbetskraft är extremt dyr. Det vanliga bostadsbyggandet fortsätter med prefabricerade element och trä.

I det andra blir skrivaren ett verktyg bland andra. Väggarna printas, medan tak, installationer och inredning görs på vanligt sätt. Det är i stort sett vad Skovsporet redan visar. Amerikanska Icon satsar på den vägen. Bolaget fick nyligen nytt kapital från bland andra BlackRock och vill sälja sina skrivare till vanliga byggföretag. Målet är att en eller två operatörer ska räcka på en byggplats där det i dag behövs tre eller fyra.

I det tredje tar tekniken över stora delar av byggandet i vissa regioner. Dubai har som mål att en fjärdedel av alla nya byggnader ska vara 3D-printade 2030. Där gör hettan utomhusarbete farligt stora delar av året, och staten bygger i enorm volym.

Siffrorna talar än så länge för de två första scenarierna. I USA fanns i våras omkring 200 printade hus, i ett land som bygger över en miljon bostäder om året. Det är två hundradelar av en procent.

Från prototyp till vardag

Chuck Hull byggde sin maskin för att slippa vänta på prototyper. Han kunde knappast ana att samma princip, lager på lager efter en digital ritning, en dag skulle bära tak över studenters huvuden.

Det är kanske den viktigaste lärdomen från Holstebro. Frågan är inte längre om ett hus går att skriva ut. Frågan är om byggbranschen vill organisera sig kring en maskin som gör väggarna på fem dagar, när resten av huset fortfarande tar ett år.

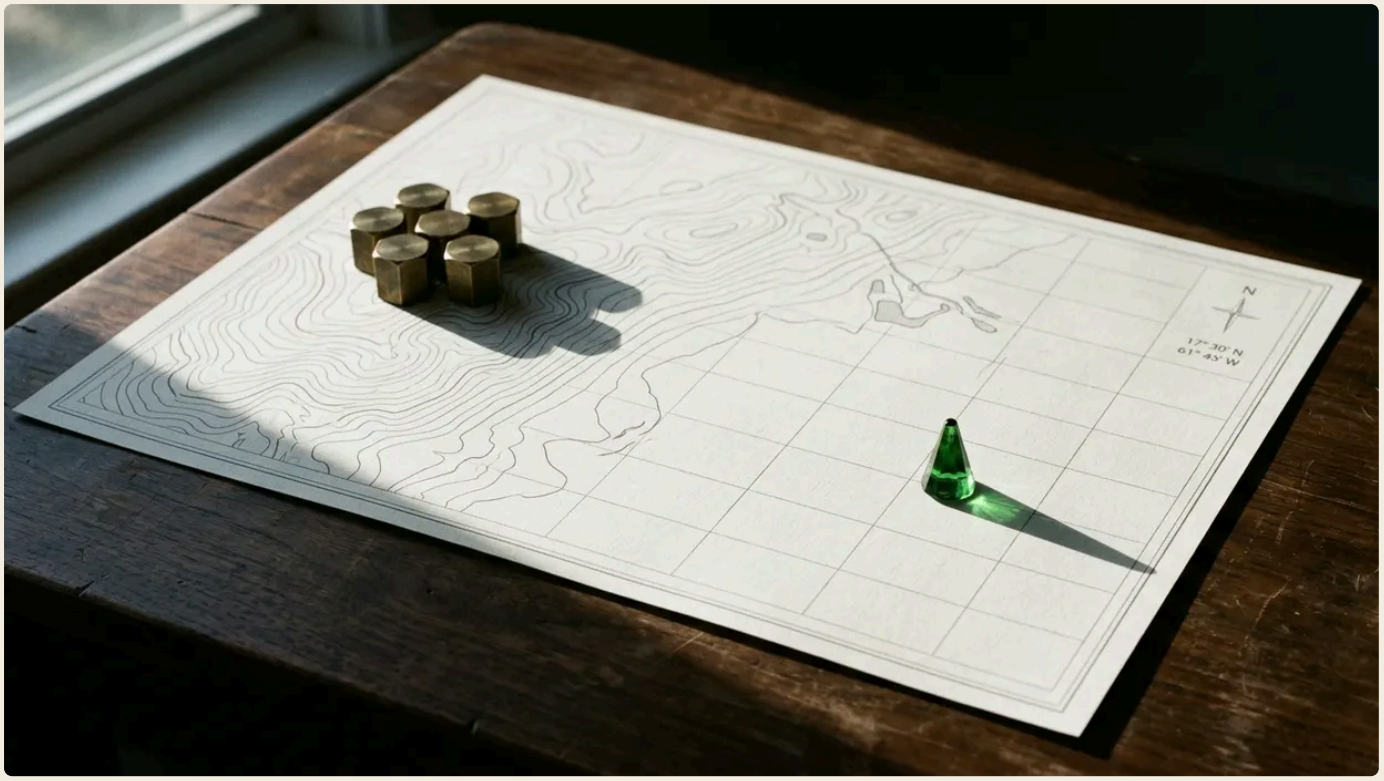
Källor

- COBOD International: Europe's Largest 3D Printed Housing Project Completed in Denmark Using COBOD's BOD3 (2025) - New Atlas: Europe's largest 3D-printed housing project creates 36-home community (augusti 2026) - MaterialDistrict: Europe's Largest 3D-Printed Student Housing Project Takes Shape In Denmark (2025) - VoxelMatters: Europe's largest 3D printing housing project completes 3DCP phase (2025) - 3D Systems: Chuck Hull och stereolitografins historia - Wikipedia: Chuck Hull; Contour crafting - SBUF: Slutrapport 13892, 3D-utskrift av attefallshus (2021) - Bygglet: 3D-printat hus på 28 timmar (2022) - Börskollen: Framtidens byggande, hus på 100 kvadratmeter på fem dagar - CNBC: BlackRock and Baillie Gifford bet big on Icon 3D printed homes (oktober 2026) - Builder: ICON's Next Phase, Building a Scalable Platform for 3D-Printed Housing (2026) - BuilderMuse: 3D Printed Homes Hit 200 Units, Hype vs Reality in 2026 - The Recycler: Dubai to 3D print villas

SAMHÄLLSVETENSKAP

Partiet som ingen kan placera på kartan

PETER BERGVALL · 25 OKTOBER 2026 · 4 MIN LÄSNING



Tre partier, en enda prick

Mellan oktober 2022 och augusti 2026 röstade riksdagen 2 612 gånger. Varje ledamots knapptryckning finns sparad i riksdagens öppna data, totalt drygt 911 000 röster. Det räcker för att rita en karta över var partierna faktiskt står, utan att lyssna på ett enda tal.

På den kartan händer något märkligt. Moderaterna, Kristdemokraterna och Liberalerna hamnar i exakt samma punkt. Inte nära varandra, utan ovanpå varandra. I fyra år röstade de likadant i 99,9 procent av fallen där de sa ja eller nej. Sverigedemokraterna ligger strax bredvid, med samma röst i 87 procent av fallen.

Längre bort, i ett eget hörn, ligger Centerpartiet.

Så ritar du en karta utan koordinater

Metoden heter **multidimensionell skalning**. Tänk dig att du bara har en tabell över avstånden mellan svenska städer, men ingen karta. Göteborg till Malmö, Malmö till Stockholm och så vidare. Utifrån tabellen kan du ändå placera ut städerna på ett papper så att avstånden stämmer. Kartan kanske hamnar upp och ner, men grannarna hamnar rätt.

Samma sak går att göra med partier. Avståndet blir hur ofta två partier röstar olika. Partier som alltid röstar lika hamnar i samma punkt. Partier som nästan aldrig gör det hamnar i var sitt hörn. Kartan har inga axlar med namn, varken höger eller vänster. Den visar bara vem som står nära vem.

Varken här eller där

Centerpartiet satt i opposition hela mandatperioden. Ändå röstade partiet oftare som regeringspartierna än som Socialdemokraterna. Med Moderaterna, KD och Liberalerna blev det samma röst i 64 procent av fallen. Med SD 55 procent, med S 52 procent, med Miljöpartiet 49 och med Vänsterpartiet 42.

Inget av talen är högt. Regeringspartierna rör sig som ett lag, och Vänsterpartiet och Miljöpartiet följs åt i två fall av tre. C saknar en lika självklar partner. Därför ligger partiet ensamt på kartan.

Det syns ännu tydligare om du ritar en karta per politikområde. Då flyttar C på sig. I finansfrågor delar partiet regeringens linje i 78 procent av voteringarna, och i konstitutions- och rättsfrågor i över 70 procent. I trafikfrågor står Miljöpartiet närmast, med 67

procent. I socialförsäkring och migration är Socialdemokraterna närmast. I skattefrågorna når inget parti ens 50 procent. Där röstade C i praktiken på egen hand.

Att avstå är också ett val

En detalj gör siffrorna svårare att läsa än de ser ut. C tryckte på avstå-knappen i nästan var fjärde votering. Det gör partier i opposition ofta. När deras eget förslag redan har fallit i en tidigare omröstning väljer de att inte ta ställning mellan de två alternativ som återstår.

Därför bygger siffrorna ovan bara på voteringar där båda partierna sa ja eller nej. Räknar du in avstå-rösterna sjunker C:s likhet med regeringspartierna till under 50 procent. Ett parti kan alltså se avlägset ut på pappret, fast det egentligen bara låter bli att välja sida.

Där motpolerna syns

Den enkla jämförelsen ger en överraskande bild: C röstade oftare som SD än som S. Men talet säger mindre än det verkar. SD ingick i regeringsunderlaget och röstade nästan alltid som Moderaterna. Likheten med SD mäter därför mest likheten med regeringen.

Ett ärligare test är att titta på de gånger SD röstade annorlunda än Moderaterna. Då syns partiets egna ståndpunkter. I jämställdhetsfrågor hände det 13 gånger. C följde Moderaterna, avstod eller gick med oppositionen. Inte en enda gång röstade C ja eller nej tillsammans med SD när SD stod ensamt. Lagen som gör det enklare att ändra juridiskt kön är ett exempel. Den gick igenom med 233 röster mot 93, med C på ja-sidan och SD på nej-sidan.

Även klimat- och energipolitiken drog C bort från regeringen. Partiet röstade nej till statens finansiering av ny kärnkraft och till sänkt reduktionsplikt, tillsammans med S, V och MP. Varför sådana sidbyten inte är så motsägelsefulla som de verkar har vi skrivit om i Ditt parti håller inte ihop som du tror.

Ett parti i rörelse

Kartan står inte heller still. Under de två mittersta åren av mandatperioden låg C som närmast regeringen, med 69 procent gemensamma röster. Det sista året sjönk siffran till 59 procent. Under samma period bytte partiet partiledare flera gånger.

Partidisciplinen är däremot närmast total, hos alla partier. Mellan 99,6 och 100 procent av ledamöternas röster följde den egna partilinjen. Den ledamot som avvek mest gjorde det i drygt en procent av voteringarna. Kartan visar alltså partier, inte enskilda samveten.

Nu räknas varje steg

Under förra mandatperioden hade Tidöpartierna egen majoritet. C:s röster avgjorde därför aldrig ett utfall. Efter valet 2026 är läget ett annat. Tidöpartierna har 173 mandat, S, V och MP har 151, och C:s 25 mandat ligger mittemellan. Det krävs 175 för egen majoritet.

Det parti som var svårast att placera på kartan är plötsligt det som avgör var regeringen hamnar. Röstlängden från de senaste fyra åren säger inget om vad C väljer nu. Men den visar varför frågan är så svår att besvara. Ett parti som inte står i något hörn kan dras åt olika håll, beroende på vilken fråga som ligger på bordet.

Källor

- Riksdagens öppna data: voteringar riksmötena 2022/23-2025/26 samt utskottsbetänkanden (data.riksdagen.se) - Valmyndigheten: slutligt resultat i riksdagsvalet 2026 (val.se) - SVT Nyheter: rapportering om regeringsbildningen och sonderingsuppdraget, oktober 2026 - Vetenskap för allas egen analys: partiernas majoritetsröst per votering, andel gemensamma ja/nej-röster och multidimensionell skalning

TEKNIK OCH DIGITALT LIV

Kvantdatorn behöver nio minuter, bitcoin sju år

PETER BERGVALL · 23 OKTOBER 2026 · 5 MIN LÄSNING



Nio minuter mot sju år

I mars 2026 publicerade forskare vid Google Quantum AI en beräkning som fick bitcoinvärlden att vakna. En kvantdator med färre än en halv miljon kvantbitar skulle kunna räkna fram den hemliga nyckeln till en bitcoinadress på ungefär nio minuter [[1]]. Bakom studien står bland andra Ryan Babbush och Craig Gidney på Google, Justin Drake från Ethereum Foundation och kryptografen Dan Boneh vid Stanford.

Siffran ska ställas mot en annan. Om bitcoinnätverket bestämmer sig för att byta till kvantsäker kryptografi tar det ungefär sju år innan alla mynt hunnit flyttas, enligt en av utvecklarna bakom förslaget [[2]]. Och klockan börjar ticka först när alla är överens. Det är kärnan i problemet. Kvantdatorn finns inte än, men bytet tar så lång tid att det måste börja långt innan den gör det.

Ett lås som bara går åt ena hållet

Bitcoin bygger på ett matematiskt lås. Din privata nyckel är ett hemligt tal. Ur den räknar datorn fram en publik nyckel, som vem som helst får se. Att gå från privat till publik tar en bråkdel av en sekund. Att gå baklänges skulle ta en vanlig dator längre tid än universums ålder.

Låset kallas **elliptisk kurvkryptografi**, och kurvan bitcoin använder heter secp256k1. Ethereum använder samma kurva. Den som kan räkna baklänges från publik till privat nyckel kan signera betalningar i ditt namn och tömma din adress.

Redan 1994 visade matematikern Peter Shor att en kvantdator kan göra just den baklängesräkningen. Frågan har aldrig varit om det går, utan hur stor maskin som krävs.

Kvantbitarna som krympte

Svaret har krympt snabbt. 2023 räknade forskaren Daniel Litinski fram att det skulle krävas omkring 9 miljoner fysiska kvantbitar. Googles nya studie landar på under 500 000. Det är nästan tjugo gånger färre på tre år [[1]][[3]].

Här behövs en förklaring. Kvantbitar är extremt störningskänsliga. För att få en enda pålitlig, så kallad logisk kvantbit behöver du hundratals felbenägna fysiska kvantbitar som rättar varandras fel.

Google behöver omkring 1 200 logiska kvantbitar, och därför blir den fysiska siffran så hög.

Hur långt bort är det? Googles mest avancerade chip, Willow, har 105 kvantbitar [[3]]. Avståndet till en halv miljon är alltså stort. Men kraven har sjunkit snabbare än många trott, och bedömningarna av när en tillräckligt stor maskin finns spretar från några år till flera decennier. Du kan läsa mer om var tekniken står i Nu slår kvantdatorn klassiska datorer på riktigt. EU-kommissionen tar hotet på allvar nog att vilja se medlemsländerna börja byta till kvantsäker kryptografi före slutet av 2026 [[4]].

Varför nio minuter är en farlig siffra

En vanlig bitcoinadress visar inte din publika nyckel. Den visar bara ett fingeravtryck av den, en så kallad hash, och den kan kvantdatorn inte vända på. Nyckeln syns först när du spenderar från adressen.

Det ger två sorters sårbarhet. Den första gäller mynt vars nyckel redan ligger öppen. Bitcoins tidigaste adresser, från åren kring 2009 och 2010, visade nyckeln direkt. Detsamma gäller varje adress som någon skickat pengar ifrån och sedan fortsatt använda.

Den andra gäller själva betalningen. När du skickar bitcoin syns nyckeln medan transaktionen väntar på att hamna i ett block. Ett nytt block skapas i genomsnitt var tionde minut. En angripare som klarar beräkningen på nio minuter kan alltså hinna räkna fram din nyckel och skicka pengarna till sig själv först.

Var tredje bitcoin står öppen

Hur mycket som redan är exponerat beror på hur du räknar. Omkring 1,7 miljoner bitcoin ligger i de allra äldsta adresstyperna, där nyckeln alltid syns. Räknar du in återanvända adresser blir det upp till 6,9 miljoner, enligt en rapport från Coinbases rådgivande grupp för kvantfrågor [[5]]. Det motsvarar ungefär en tredjedel av alla bitcoin som finns.

Den största enskilda posten tillskrivs Satoshi Nakamoto, bitcoins anonyma skapare. Uppskattningsvis 1,1 miljoner bitcoin har inte rört sig sedan nätverkets första år [[6]]. Skulle de plötsligt dyka upp på marknaden blir det en prövning för en kurs som redan är nervös, något vi skrivit om i Bitcoins fyraårscykel prövas på riktigt i höst.

Därför tar bytet sju år

Kvantsäkra signaturer finns redan. Den amerikanska standardiseringsmyndigheten NIST godkände flera under 2024. Problemet är storleken. En vanlig bitcoinsignatur är 64 byte. NIST:s standard ML-DSA är omkring 2 400 byte. Med den skulle ett block rymma runt 84 transaktioner i stället för drygt 4 000 [[7]].

Tänk dig en motorväg där varje personbil plötsligt blir en långtradare. Samma väg, en bråkdel av trafiken. Och nu ska alla som äger bitcoin köra samtidigt. En forskare har räknat ut att bara flytten av alla cirka 187 miljoner myntposter skulle kräva minst 76 dygn där varje block används till inget annat [[8]].

Den största flaskhalsen är ändå inte tekniken. Bitcoin har ingen chef. Varje regeländring kräver bred enighet bland utvecklare, gruvbolag, börser och ägare. När nätverket grälade om blockstorleken mellan 2015 och 2017 slutade det med att bitcoin delades i flera valutor.

Ett första steg är taget. Förslaget BIP-360 beskriver en ny adresstyp utan den sårbara genvägen, och den skyddar nya mynt [[9]]. Men den gör ingenting för de mynt som redan står öppna.

Stöld eller frysning

Det är där frågan blir obekväm. I april lade utvecklaren Jameson Lopp och fem medförfattare fram BIP-361. Förslaget ger ägarna ungefär tre år att flytta sina mynt. Efter ytterligare två år slutar nätverket godkänna de gamla signaturerna. Mynt som inte flyttats blir då **permanent låsta** [[6]].

Lopp säger själv att han ogillar idén, men att han är mer rädd för alternativet [[10]]. Resonemanget är ekonomiskt. Satoshi skrev en gång att förlorade mynt gör alla andra mynt lite mer värda. Stulna mynt gör tvärtom. Om någon plötsligt kan tömma en miljon vilande bitcoin och sälja dem faller värdet för alla andra.

Kritikerna kallar förslaget konfiskering. Hela poängen med bitcoin är att ingen kan låsa någon annans pengar, och BIP-361 gör just det, även om varningstiden är lång. Satoshis mynt kan dessutom inte räddas med den reservmetod som föreslås för andra ägare, eftersom de äldsta adresserna saknar den nyckelstruktur metoden bygger på [[6]].

Blockstreams vd Adam Back har pekat på en oväntad bieffekt. Om bitcoin byter lås måste alla som vill behålla sina mynt flytta dem. Då får världen för första gången veta om någon fortfarande har Satoshis nycklar [[11]].

Ännu är ingenting beslutat, och båda förslagen är utkast. Bitcoin har klarat sig i sjutton år på löftet att ingen kan ändra reglerna över huvudet på ägarna. Kvantdatorn tvingar nätverket att avgöra om just det löftet är värt att hålla, även om priset kan bli en miljon mynt i fel händer.

KLIMAT OCH MILJÖ

Klimatlöftena som höll och räkningen som väntar

PETER BERGVALL · 21 OKTOBER 2026 · 9 MIN LÄSNING



Rekordet som inte syntes i utsläppen

År 2025 täckte sol och vind tillsammans 99 procent av ökningen av världens elbehov [[1]]. Solpaneler, batterier och elbilar slog återigen varje prognos. Ändå planade de globala utsläppen bara ut. De föll inte.

Den paradoxen står i centrum för årsrapporten från Energy Transitions Commission, en internationell tankesmedja med medlemmar från både energibolag, finans och forskning. Deras förklaring är en omställning i två hastigheter. Ungefär 60 procent av världens utsläpp kommer från el och vägtrafik, och de kan elektrifieras bort till liten eller ingen extra kostnad. De återstående 40 procenten, från flyg, sjöfart, industrivärme och jordbruk, är en helt annan räkning [[2]].

I oktober 2026 konstaterade FN:s miljöprogram UNEP att 1,5-gradersmålet inte längre går att nå [[3]]. Då är det värt att ställa två frågor. Vilka åtgärder har faktiskt fungerat? Och vad kostar resten?

Tre åtgärder som levererat

Storbritannien fick ungefär 40 procent av sin el från kol så sent som 2012. Hösten 2024 stängde landets sista kolkraftverk, Ratcliffe-on-Soar. Den viktigaste spaken var ett golvpris på koldioxid, som från 2013 lade en extra avgift ovanpå EU:s utsläppshandel. Kolet blev helt enkelt för dyrt. En del ersattes av gas och inte bara av vind, men utsläppen från elsektorn rasade.

Sverige har haft koldioxidskatt sedan 1991, och den är i dag en av världens högsta. En studie i Review of Financial Studies 2024 visar att utsläppen från svensk tillverkningsindustri hade varit omkring 30 procent högre utan prissättningen [[4]]. Ekonomer är ovanligt eniga om att ett pris på koldioxid är det mest kostnadseffektiva verktyget. Frågan om vem som bär kostnaden har vi skrivit om i Klimatpolitiken fungerar – men vem betalar?.

EU:s utsläppshandel, där kraftverk och industrier måste köpa en rätt för varje ton de släpper ut, har ungefär halverat utsläppen i de sektorer den omfattar sedan 2005.

De tre exemplen har något gemensamt. De satte ett pris på utsläppen, de byggde på teknik som redan fanns och de gällde alla

aktörer, inte bara dem som frivilligt ville vara med.

Åtgärden som är gratis, men ändå inte blir av

Metan är den näst viktigaste växthusgasen. Den står för nästan 30 procent av uppvärmningen sedan industrialiseringen. Energisektorn släppte ut 124 miljoner ton metan 2025, mest genom läckande gasledningar, avsiktlig avluftning och kolgruvor [[5]].

Enligt Internationella energibyrån IEA kan omkring 70 procent av fossilmetanet undvikas med befintlig teknik. Ungefär 30 procent kan tas bort **utan nettokostnad**, eftersom gasen som inte läcker ut i stället kan säljas [[5]]. Det krävs alltså ingen subvention. Det räcker att täta.

Ändå finns det inga tecken på att utsläppen minskade under 2025. Löften om att minska metan täcker en stor del av världens olje- och gasproduktion. Men den politik som faktiskt finns på plats skulle enligt IEA bara minska energisektorns metanutsläpp med omkring 25 procent till 2035 [[5]].

Metanet är det tydligaste beviset på att kostnaden inte är det enda hindret. Ansvar, mätning och tillsyn spelar minst lika stor roll.

När elen ska fungera en vindstilla januarikväll

Den vanligaste siffran i energidebatten är LCOE, den genomsnittliga kostnaden per producerad megawattimme under ett kraftverks livstid. I finansfirman Lazards jämförelse för USA från juli 2026 kostar ny solkraft 40–98 dollar per megawattimme och landbaserad vind 37–99. Nya gaskraftverk ligger på 51–129 dollar och ny kärnkraft på 175–255 [[6]].

På papperet är saken avgjord. Men LCOE mäter bara vad en kilowattimme kostar när den produceras, inte vad det kostar att ha el när du behöver den. Lazard räknar därför också med kostnaden för den reservkraft som krävs när det inte blåser eller solen inte skiner. Då landar vissa kombinationer av vind eller sol med batterier på 130–167 dollar per megawattimme i delar av USA. Det är i nivå med, eller över, de dyraste gaskraftverken [[6]].

Lazard bedömer ändå att förnybart i stort sett är konkurrenskraftigt även med reservkraften inräknad. Kritiker menar att samma metod inte tillämpas lika strängt på alla kraftslag. Det finns också en tredje siffra som ofta glöms bort. Befintlig kärnkraft, som redan är avbetald, producerar el för 26–36 dollar per megawattimme [[6]]. Att stänga fungerande kraftverk i förtid är därför ett av de dyraste sätten att sänka utsläppen.

Vem som har rätt beror mycket på hur stor andel väderberoende el ett elsystem redan har. De första procenten sol och vind är billiga att ta in. De sista är betydligt dyrare.

Kolkraft i Kina och gaskraft i Tyskland

Reservbehovet syns tydligt i två av världens största elsystem. Kina tog 78 gigawatt ny kolkraft i drift 2025, mer än något år på ett decennium [[7]]. Det är ungefär en och en halv gång så mycket som hela Sveriges installerade elproduktion. Samtidigt minskade kolkraftens produktion med en procent, och verken står i genomsnitt stilla ungefär halva tiden. Det går alltså att bygga rekordmycket kolkraft och ändå producera mindre kolkraft.

Kinesiska myndigheter beskriver de nya verken som reserv för sol och vind. Analytiker vid CREA och Global Energy Monitor ser också en rusning av projekt innan Kinas utsläpp ska nå sin topp senast 2030. De varnar för att kraftverken låser in fossila investeringar i decennier [[7]][[8]].

Tyskland visar vad som händer när planerbar kraft stängs innan ersättningen finns. Landet stängde sina sista tre reaktorer i april 2023. Ekonomerna Stephen Jarvis, Olivier Deschênes och Akshaya Jha visade att den el som försvann när de första reaktorerna stängdes efter Fukushima främst ersattes med kolkraft [[9]]. En studie i PLOS ONE 2025 fann att Tysklands fossila utsläpp därför minskade långsammare än i jämförbara länder. Skillnaden kröp ihop i takt med att förnybart byggdes ut och var borta 2023 [[10]]. Det blev en omväg på tolv år, med högre utsläpp under vägen.

Nu ska även kolet bort, senast 2038. Därför köper Tyskland reservkraft. I september 2026 hölls den första av två auktioner på 4,5 gigawatt vardera, i praktiken för nya gaskraftverk som senare ska kunna gå på vätgas. Verken ska stå klara 2031 och hålla effekten tillgänglig i 15 år. Ägarna kan få upp till 244 000 euro per megawatt och år bara för att finnas [[11]]. Eftersom kraftverken väntas gå sällan blir varje producerad kilowattimme dyr.

Det är priset för en vindstilla januarikväll, uttryckt i betong och turbiner.

De svåra 40 procenten

Stål, cement, flyg, sjöfart och jordbruk har en sak gemensamt. Det finns ingen billig elektrisk ersättare som fungerar i stor skala i dag.

Cement är ett bra exempel. Omkring hälften av utsläppen från en cementfabrik kommer inte från bränslet, utan från själva kemin när kalksten hettas upp och avger koldioxid. Det går inte att elektrifiera bort. Flygplan på långa sträckor kan inte bära tunga batterier. Kor släpper ut metan oavsett vilken el bonden använder.

Här kostar åtgärderna mer. Ekonomer talar om ett **grönt påslag**, alltså vad det kostar extra att göra samma sak utan utsläpp. Stål tillverkat med vätgas, biobränslen till flyget och nya fartygsbränslen som metanol och ammoniak finns alla. Men de är dyrare och i många fall fortfarande i ett tidigt kommersiellt skede.

Det är också här klimatkalkylerna blir som mest osäkra. Ingen vet säkert hur snabbt kostnaderna faller för teknik som ännu inte har byggts i stor skala.

Infångning: posten som får kalkylerna att gå ihop

När UNEP presenterade sitt bästa möjliga scenario, en uppvärmning på 1,7–1,8 grader, krävdes två saker. De globala utsläppen måste minska med 45 procent på mindre än tio år. Dessutom behövs växande skogar och storskalig infångning och lagring av koldioxid, för att sedan kunna pressa ner temperaturen igen [[3]].

Infångning är samtidigt en av de åtgärder som har sämst facit. Som vi beskrev i 40 miljarder dollar – och vi fångar en tusendel av utsläppen har enorma summor investerats, men tekniken fångar fortfarande bara en liten bråkdel av världens utsläpp. Att suga koldioxid direkt ur luften kostar i dag flera hundra dollar per ton.

Det gör infångning till den mest avgörande och samtidigt mest osäkra posten i många netto-noll-scenarier. Den fyller ut gapet mellan det som behövs och det som övriga åtgärder klarar.

Företagens löften och de köpta minskningarna

Netto-noll betyder att de utsläpp som finns kvar balanseras av lika mycket koldioxid som tas upp. 63 procent av världens största börsbolag har i dag ett sådant mål. Men när granskningsprojektet Net Zero Tracker gick igenom målen 2025 uppfyllde bara 7 procent av företagen grundläggande krav på trovärdighet [[12]]. Kraven handlar om att ha delmål, en plan för hur målet ska nås och att räkna in alla växthusgaser.

En vanlig genväg är klimatkompensation, att köpa krediter för minskningar som någon annan påstås ha gjort. Problemet är att många krediter inte motsvarar verkliga minskningar. En studie i Science 2023 granskade projekt för att skydda regnskog och fann att de flesta inte minskade avskogningen nämnvärt jämfört med liknande områden utan projekt [[13]].

Vad kostar hela omställningen?

Här går bedömningarna isär mer än någon annanstans. FN:s klimatpanel IPCC bedömer att åtgärder som kostar under 100 dollar per ton kan halvera de globala utsläppen till 2030. Mer än hälften av den potentialen kostar under 20 dollar per ton. Global BNP skulle bli några procentenheter lägre 2050 än med dagens politik, och då är de klimatskador som undviks inte inräknade [[14]].

Konsultfirman McKinsey kom 2022 fram till en betydligt högre siffra: 275 biljoner dollar i investeringar fram till 2050, eller 3,5 biljoner mer per år än i dag [[15]]. Kritiker påpekade att McKinseys eget referensscenario, utan netto-noll, ändå kostade 250 biljoner. Merkostnaden blir då under en biljon dollar per år [[16]].

Det finns också kritik från andra hållet. Flera ekonomer, inte minst i Storbritannien, varnar för att kostnaderna för elnät, reservkraft och de svåra sektorerna underskattas, och att de konkurrerar om samma kapital som bostäder och infrastruktur.

Siffrorna är inte nödvändigtvis fel. De mäter olika saker. Kostnad per ton säger något om vilka åtgärder som är effektiva. Investeringsbehovet säger något om hur mycket kapital som måste flyttas. Ingen av dem säger hur mycket politiskt tålamod som finns när räkningen landar hos hushållen.

Mönstret i facit

Om du lägger åtgärderna bredvid varandra framträder ett mönster. De som har levererat sätter ett pris på utsläppen, gäller alla och bygger på teknik som redan fungerar. Kolutfasningen i Storbritannien, koldioxidskatten i Sverige och EU:s utsläppshandel hör hit.

De som släpar kännetecknas av frivillighet, svag kontroll eller beroende av teknik som ännu inte finns i stor skala. Metanet visar att det inte räcker att något är billigt. Infångningen visar att det inte räcker att något är tekniskt möjligt. Och Tyskland visar att ordningen spelar roll: den som stänger fossilfri el innan den fossila är borta får betala två gånger.

Den billiga halvan av omställningen pågår redan, och den går fortare än nästan någon förutspådde. Den stora frågan för de kommande decennierna är om resten blir billigare i samma takt, eller om det är där kalkylerna och löftena till slut möter verkligheten.