



POWER-TO-X ET TEKNOLOGIOMRÅDE I VÆKST

TEKNOLOGITRENDS OG GLOBALE HOTSPOTS BELYST
GENNEM EN PATENTANALYSE



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Titel:

Power-to-X - et teknologiområde i vækst
Teknologitrends og globale hotspots belyst gennem en patentanalyse

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Analyse og Erhvervsfremme

Analysen er gennemført i et samarbejde med eksperter fra Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, FORCE Technology, Teknologisk Institut og, Alexandra Instituttet.

Analysen er finansieret af Uddannelses- og Forskningsministeriet, Uddannelses- og Forskningsstyrelsen.

September 2022

Forfattere:

Leif H Jakobsen
Stig Yding Sørensen

Fotos:

Teknologisk Institut
Pixabay
Pexels
Unsplash

Indhold

VÆKST I NYE TEKNOLOGISKE LØSNINGER INDEN FOR POWER-TO-X	4
PTX UDVIKLES AF AVANCEREDE ØKONOMIER VERDEN OVER	8
KINESISKE FORSKNINGSinSTITUTIONER BULDRER FREM	12
EUROPÆISK UDVIKLING AF PTX-TEKNOLOGIER TABER TERRÆN	18
DANSKE VIRKSOMHEDER BIDRAGER TIL DEN TEKNOLOGISKE UDVIKLING AF PTX	22
TECH-MINING: SÅDAN ER VERDENS TEKNOLOGIER RELATERET TIL POWER-TO-X IDENTIFICERET	24
FIGUR 1 PTX – GLOBALE HOTSPOTS	9
FIGUR 2 GLOBAL PATENTAKTIVITET – GODKENDTE PATENTER 2003-2024	9
FIGUR 3 3A + B: TEKNOLOGIENS LIVSCYKLUS - PTX ER I VÆKST	10
FIGUR 4 GLOBAL PATENTAKTIVITET – 10 MEST AKTIVE NATIONER	13
FIGUR 5 GLOBAL PATENTAKTIVITET – 25 MEST PATENTERENDE FORSKNINGSinSTITUTIONER OG VIRKSOMHEDER	14
FIGUR 6 GLOBAL FORSKNING – ANDEL AF TOP-10 DELTEKNOLOGIER UDTAGET AF UNIVERSITETER MV.	16
FIGUR 7 GLOBAL INNOVATION – ANDEL AF TOP-10 DELTEKNOLOGIER UDTAGET AF PRIVATE VIRKSOMHEDER	17
FIGUR 8 KORT OVER HOTSPOTS FOR TEKNOLOGISK UDVIKLING I EUROPA	19
FIGUR 9 EUROPÆISK PATENTAKTIVITET 2003-2024 – TOTALT SET OG RELATIVT SET	19
FIGUR 10 50 MEST PATENTERENDE VIRKSOMHEDER OG INSTITUTIONER I EUROPA	21
FIGUR 11 PATENTERING FRA DANSKE AKTØRER	23
FIGUR 12 UDFORDRINGEN I INDKREDSNING AF RELEVANTE TEKNOLOGIER	25
FIGUR 13 INNOVATIONSHJULET FOR PTX-PATENTERNE	27



Vækst i nye teknologiske løsninger inden for Power-to-X

Verden over forskes der i stigende grad i teknologier, der gør det muligt at anvende elektricitet til at producere grønne brændstoffer (efuels) – i Danmark især kendt som Power-to-X (PtX)-teknologier. Det viser en ny analyse af mere end 30.000 aktuelle, betydende patenter fra hele verden. Data viser også, at især forskningsinstitutioner i Kina har en voldsom og dominerende vækst, især i teknologiudviklingen inden for PtX. PtX-teknologier er i overvejende grad kendte, hvorfor de umiddelbart vil kunne realisere de betydelige potentialer i forhold til denne grønne omstilling og kommerciel udnyttelse. Derfor er det vigtigt at følge med i den udenlandske teknologiudvikling, da mange kommercielle gennembrud formentlig vil komme her.

Bag analysen står et partnerskab af danske GTS-institutter: Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), FORCE Technology, Teknologisk Institut (TI) og Alexandra Instituttet (AI), som alle er strategiske leverandører af praksisnære teknologiske løsninger og adgang til test- og pilotfaciliteter i omstillingen til PtX¹. Kortlægningen af de globale teknologitrends er gennemført af Teknologisk Institut i samråd med partnerne.

Formålet med patentanalyse er at præsentere et globalt udsyn og overblik over teknologiudviklingen inden for PtX, da det er af vital betydning at følge teknologien på globalt plan for en succesfuld udvikling af PtX i Danmark. Denne rapport præsenterer således en systematisk kortlægning, analyse og fortolkning af alverdens patenter i relation til PtX inden for de sidste par årtier. De patenter, der indgår i analysen, er alle gyldige og publicerede i flere lande.

¹ Force Technology, Teknologisk Institut, Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, og Alexandra Instituttet (2020): Fælles GTS-indsats for Power-to-X i Danmark. Foreløbigt internt strategipapir; se også GTS-institutter vil fjerne barrierer for Power-to-X - GTS (gts-net.dk)

Kortlægningen giver anledning til at fremhæve følgende observationer:

- **Hastig teknologisk udvikling.** Den teknologiske udvikling af PtX-teknologi løber stærkere end før og endnu hurtigere i fremtiden. Der er grund til at tro, at behovet for klimabeskyttelse og grøn omstilling vil accelerere denne udvikling i de kommende år. De seneste tyve år har teknologien befundet sig i en konstant vækstfase, hvilket tyder på, at teknologien udover en samfunds- og miljøgavnlig virkning også er kommerciel interessant og endnu ikke fuldt udforsket eller udviklet. I 2003 blev der publiceret 270 patenter i relation til PtX, og tyve år senere (2021) blev der publiceret 4.391 patenter, og en fremskrivning af vækstraten antyder, at der i 2024 vil blive udtaget måske over 10.000 patenter.
- **Mange lande deltager, og Danmark følger trop.** Der udtages løbende patenter inden for PtX over hele verden. Danmark er set i forhold til sin størrelse godt med i denne udvikling. Men den globale aktivitet overstiger dog langt den danske aktivitet. Det vurderes, at det er nødvendigt for danske aktører at holde forbindelsen til udenlandske miljøer og leverandører for at sikre adgang til nyeste viden og teknologi.
- **Kinesiske aktører dominerer nu.** De seneste 6-8 år har kinesiske aktører vist sig som stadig mere dominerende aktører i inden for PtX. Der er ikke noget, der antyder, at den udvikling vender i de kommende år. Udviklingen illustreres af, at kinesiske aktører for knap tyve år siden, i 2003, publicerede 33 patenter i relation til PtX. Et niveau omtrent som andre førende lande, hvor japanske aktører dengang dominerede. Alene i 2020 udtog kinesiske aktører 91 gange så mange patenter, 2.990 patenter, som i 2003. Mængden svarede til knap ti procent af de lidt over 30.000 patenter, der globalt set er publiceret i perioden 2003 til 2022. Niveauet for den teknologiske udvikling målt i antal publicerede patenter ligger nogenlunde stabilt i andre lande.
- **Kinesiske forskningsinstitutioner dominerer forskningen.** Både forskningsinstitutioner og private virksomheder byder ind med teknologisk forskning og innovation, der kan omsættes til patenter. Her er der forskelle globalt set. Kina ser ud til at dominere på forskningsområdet, fordi langt hovedparten af de mest patenterende forskningsinstitutioner er kinesiske. Det er i denne analyse ikke analyseret i dybden, hvordan det kinesiske fokus på PtX-teknologien adskiller sig, og hvad betydningen eller konsekvensen af det kan være.
- **Private vestlige virksomheder dominerer innovationen og den kommercielle udnyttelse – ind til videre.** Det er virksomheder fra avancerede, vestligt orienterede industrialiserede lande, som dominerer patenteringen fra private virksomheder eller personer. Den kommercielle førerposition ligger således formentlig hos de virksomheder, som i praksis skal etablere og drive værdikæden og anlæggene omkring PtX. Det vil være en prioritet i Kina i de kommende år også at følge med på den kommercielle udvikling. PtX-teknologi kan som anden energiteknologi ende som et spørgsmål om forsyningssikkerhed og sikkerhedsmæssig uafhængighed af andre lande.



Rapporten her er en kortlægning, analyse og fortolkning af patentdata med henblik på at identificere de overordnede tendenser inden for teknologier, som indgår i PtX, og at udpege de teknologiske hubs i verden samt de teknologiske førende teknologiudviklere. Kortlægningen er også et unikt udgangspunkt for mere dybdegående analyser af teknologiske nyskabelser inden for mere specifikke PtX-teknologier. Sådanne analyser ligger dog uden for denne kortlægning.

Der findes ingen fuldstændige datakilder til analyse af den teknologisk udvikling, men globale patent-databaser, der opdateres på daglig basis, indeholder utrolige mængder af relevant information og giver umiddelbart det mest komplette billede, der på noget tidspunkt har været tilgængeligt. Når patenter, aktører, geografi og teknologier vurderes i sammenhæng, så giver det stærke indikationer af kommerciel interesse, samfundsmæssige prioriteter og af styrken i det teknologiske miljø. I rapportens sidste afsnit gøres rede for metoderne bag tech-mining og for forbehold og fortolkningsmæssige muligheder – samt for den afgrænsning af PtX-teknologi, som ligger bag analysen.



Power-to-X som teknologi:

PtX er en del af den grønne omstilling, fordi teknologien gør det muligt at fremstille CO₂-neutrale brændstoffer ved at omdanne energien i elektricitet. "X" i PtX illustrerer mangfoldigheden i produkter, som teknologien kan omforme elektriciteten til – fx til brændstof inden for tung vejtransport, søfart og luftfart og desuden til fremstilling af CO₂-neutrale produkter som fx gødning. PtX er således særlig relevant inden for områder, der ikke umiddelbart kan elektrificeres.

PtX henviser til en teknologisk proces, der ved hjælp af grøn strøm fra solceller eller vindkraftværker konverterer vand til brint via elektrolyse (konvertering af vand til brint og ilt). Brinten kan herefter anvendes direkte eller videreudvikles til forskellige brændstoffer som ammoniak, metanol, flybrændstof, e-diesel mv.

Kort og godt er PtX en vej til konvertering af grøn strøm til brint som erstatning af fossile brændsler mv. Med implementering af PtX følger også nogle af de udfordringer, som fx om PtX-teknologien er tilstrækkeligt moden, og om den er økonomisk og energimæssigt effektiv, samt om vi kan producere tilstrækkeligt med grøn strøm. Selvom Danmark er godt på vej med udvikling og implementering af PtX, er vi ikke de eneste i verden, der har fået denne idé. Så vi vil også blive konkurrencemæssigt udfordret af store internationale udviklingsorienterede virksomheder² ligesom vores sydlige naboland især Tyskland har stor fokus på PtX³.

² Se oversigten over de mest patenterende virksomheder i denne analyse.

³ Wulf C, Zapp P and Schreiber A (2020) Review of Power-to-X Demonstration Projects in Europe. Front. Energy Res. 8:191. doi: 10.3389/fenrg.2020.00191. file:///C:/Users/Ihjnj/Downloads/fenrg-08-00191.pdf



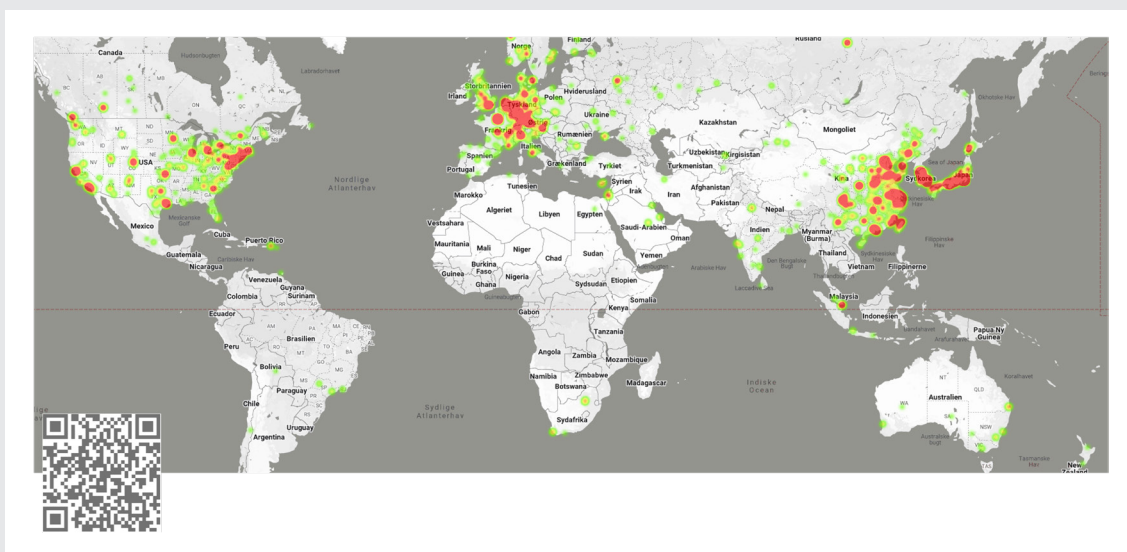
PtX udvikles af avancerede økonomier verden over

Teknologiudviklingen for PtX, som den aftegner sig gennem patenter, fordeler sig over tre geografiske hovedområder, nemlig USA, det centrale Europa og det sydøstlige Asien centreret omkring lande som Kina, Korea og Japan, se Figur 1. Kortet, der er vist her, er interaktivt og bygger på 10.000 af de mest relevante patenter. Det er muligt at åbne kortet via en browser og zoome ind på de enkelte patenthavere og deres patenter. Farverne indikerer koncentration af patenthavere, så grønne farver angiver en koncentration, men mindre, gule farver en lidt stærkere koncentration, og de røde farver den højeste koncentration af patenttagende aktører i relation til PtX. Områder, der også kan betegnes som forskellige grader af hotspots. Bemærk i kortet, at selv i Danmark er koncentrationen stærk nok til at vise hotspot for udviklingen af PtX.

Den stærke udvikling af PtX-teknologi i udlandet betyder, at det er afgørende for den danske udvikling og for investeringer og etablering af anlæg i Danmark, at der bliver fulgt godt med i de teknologiske muligheder. Kortet viser også, at der er mange samarbejdsmuligheder for PtX-aktører bare syd for grænsen.

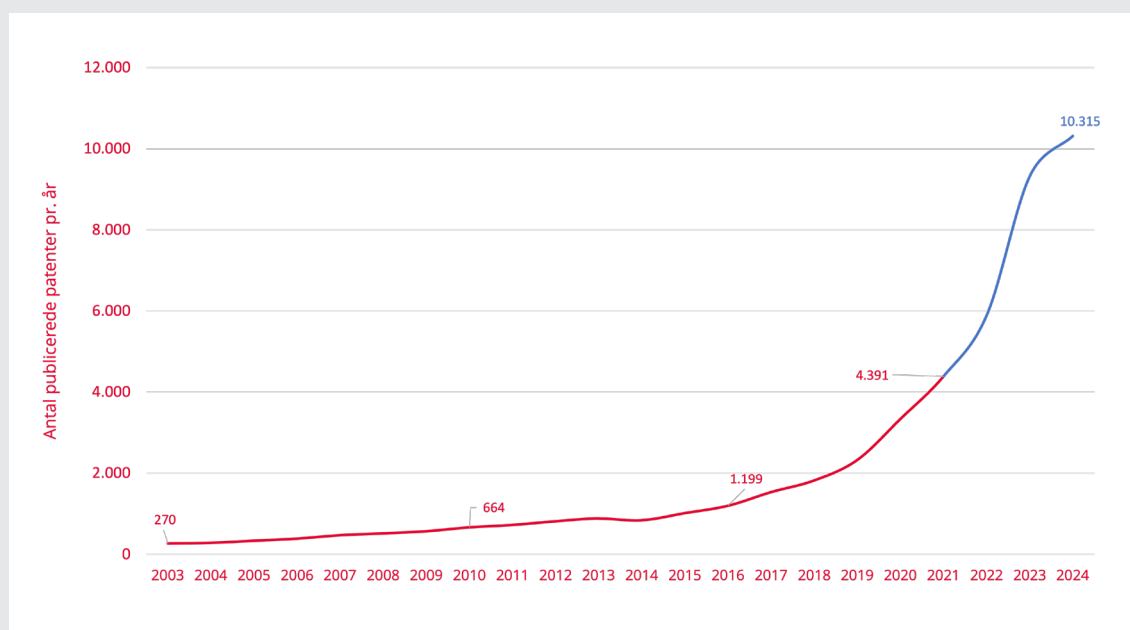
Interessen for PtX stiger kraftigt, og meget tyder på en endnu kraftigere stigning i de kommende år. I 2003 blev der publiceret 270 patenter i relation til PtX-teknologier, og i 2021 var tallet 4.291 publicerede patenter – det vil sige 16 gange så mange patenter. Samlet set er der fra 2003 og frem publiceret 31.075 patenter, hvoraf private virksomheder tegner sig for 68 procent. Hvis vækstraten for de seneste år holder, så kan det blive til mere end 10.000 patenter årligt bare i 2024 – eller 38 gange mere end for knap 20 år siden. Udviklingen i antallet af godkendte patenter, samt de estimerede tal, er illustreret i Figur 2.

FIGUR 1: PtX – GLOBALE HOTSPOTS



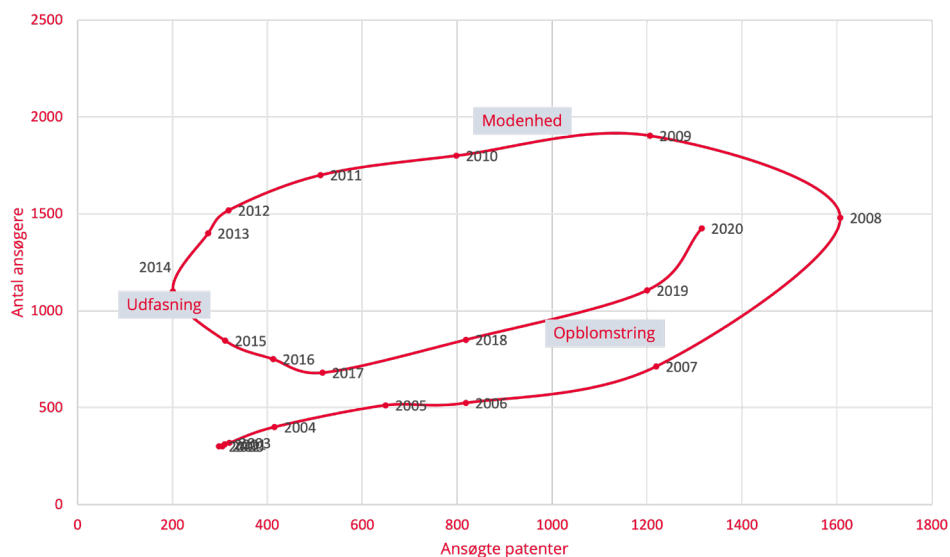
Kilde: Teknologisk Institut: Knap 10.000 mest relevante patenter placeret efter hovedpatenthaverens adresse. Kortet kan ses online på <http://rebrand.ly/1yn6k1z> eller ved brug af QR-koden og kodeord "teknologi". Kortets farvelægning og beregning af koncentrationer sker automatisk på baggrund af adresseoplysninger på de nuværende patentejere, som de er opgivet i patenterne. Adresseoplysningerne er angivet på mange skriftsprog og kan være utilstrækkelige, så få hundrede patenter af de 10.000 er ikke repræsenteret på kortet. Softwarens maxgrænse er 10.000 observationer på kortet, men betragtet som sample er det næsten hvert tredje patent medtaget i analysen, der er repræsenteret på kortet. Fordelingen af hotspots kan altså antages at være repræsentativ for alle patenter i relation til PtX.

FIGUR 2: GLOBAL PATENTAKTIVITET – GODKENDTE PATENTER 2003-2024



Kilde: Teknologisk Institut: Antallet af patenter er støt stigende. Det årlige antal ansøgte patenter fordobles omtrent hvert 6.-7. år i stigende takt. Tallene fra 2020 ff. er estimeret ved at anvende den gennemsnitlige vækstrate fra de seneste to år.

FIGUR 3A: TEKNOLOGIENS LIVSCYKLUS - PtX ER I VÆKST



Kilde: Teknologisk Institut

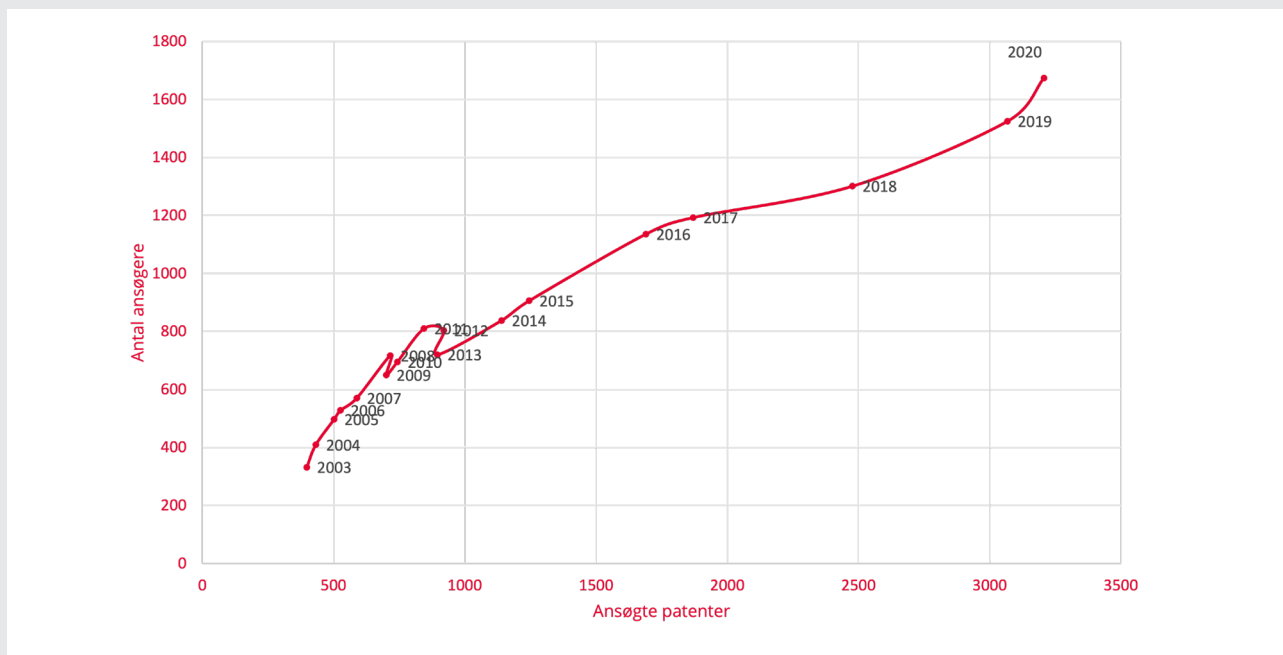
3A: Modeldata, der viser udviklingen i forskellige faser. Den øverste del af figuren er modeldata og viser udviklingen i forholdet mellem antal patenter og ansøgere over årene.

PtX-teknologien er i stærk vækst. Væksten kan analyseres og beskrives ved at studere forholdet mellem antallet af ansøgere og ansøgte patenter. Forholdet mellem de to giver et indtryk af teknologiens livscyklus, se Figur 3.

Der kan groft sagt være tale om fem forskellige generelle udviklingstrin, som kan afløse hinanden:

- 1. Fosterstadiet.** Her fødes den grundlæggende teknologi. Forskning og udvikling er koncentreret på få universiteter og virksomheder, og antallet af patenter er lavt.
- 2. Vækststadiet.** Teknologien breder sig. Antallet af anvendelser stiger, og antallet af ansøgere vokser, i takt med at markedet vokser i størrelse. Det er især dette billede, der ses for PtX-teknologien.
- 3. Modenhed.** Teknologien modnes, og færre virksomheder investerer i FoU. Vækst i antal patenter og ansøgere er begrænset.
- 4. Udfasning.** Antallet af ansøgere formindskes tydeligt, og der er ikke megen teknologisk udvikling. I takt med at teknologien forældes, trækker mange virksomheder sig fra området, og antallet af patenter reduceres.
- 5. Opblomstring.** Teknologien kan muligvis blomstre op igen, fx med et teknologisk gennembrud, som revitaliserer teknologiområdet.

FIGUR 3B: TEKNOLOGIENS LIVSCYKLUS - PtX ER I VÆKST



Kilde: Teknologisk Institut

3B: Den nederste del af figuren viser resultater for PtX-teknologierne, som i livscyklusperspektiv har været i vækst siden 2003.



Kinesiske forskningsinstitutioner buldrer frem

Som kortet viser, er der aktivitet over hele verden, og teknologien er klart i vækst - men væksten i teknologiudviklingen er stort set alene skabt af kinesiske aktører. Det billede er tydeligt i Figur 4, hvor udviklingen for de 10 mest patenterende nationer er vist fra 2003 til 2020. I 2003 var innovationen domineret af avancerede industrialiserede nationer i vest, mens Kina var næsten usynlig som aktør. I 2006-2007 begyndte den kinesiske aktivitet at vise sig, og væksten tog kraftig til fra 2014/15, indtil den i 2020 er vokset til at dominere mængden af patenterede teknologier, og det er vel at mærke med teknologier, der er udtaget patent for i mindst tre lande

Denne kortlægning kan ikke i sig selv give nogen fyldestgørende forklaring på den meget markante vækst i patenter med kinesiske hovedpatenthavere. Dog kan det tilføjes, at dette mønster ses inden for en lang række teknologiområder, hvilket peger på en generel teknologisk oprustning i Kina. Endelig kan det heller ikke afgøres, hvilken teknologisk og markeds mæssig værdi patenterne har, og om den vil være tilgængelig eller kan være tegn på et teknologisk lock-in mellem forskellige teknologiske poler i verden.

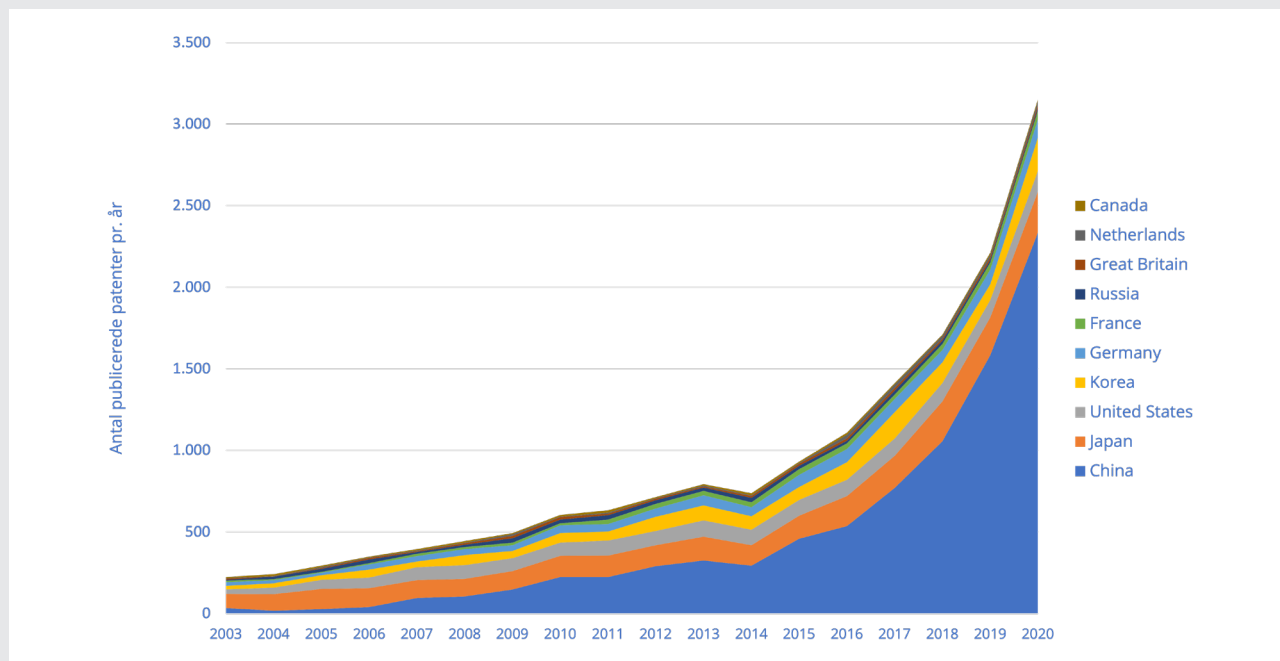
En analyse fra "The Economic Research Institute for ASEAN and East Asia" (ERIA), som 16 asiatiske regeringer står bag, af Xunpeng Shi, Yanfei Li, and Han Phoumin fra

december 2021⁴, giver et indblik i den kinesiske prioritet af PtX-projekter i større skala. Rapporten fortæller, at PtX-teknologier tiltrækker stigende interesse i Kina, men demonstrationsprojekter har hidtil haft mest fokus på omdannelse af energi fra konventionelle fossile kilder til hydrogen omtalt som "grå hydrogen". Rapporten peger på, at Kina står i et vadede sted, hvor mange teknologier er kendte, men der er ikke konsensus blandt offentlige og private aktører om, hvilken vej der nu skal gås. Rapporten foreslår et "roadmap" for den videre udvikling. Der mangler en central politik, men der er mange decentrale aktiviteter i gang på området. Flere centrale aktører presser på, fx statsrådet, hvor der er offentliggjort en politik for fremtidens køretøjer frem mod 2035, hvor både brændselsceller og hydrogen energiforsyning indgår.

Analysen fra Xunpeng Shi et al. dokumenterer, at det kinesiske finansministerium understøtter udvikling af hydrogen baseret energiforsyning i byer, og siden 2015 har hydrogen teknologi og brændselsceller stået på den politiske dagsorden som nøgleteknologier, der skal udvikles. Den sidste del er sikkert en del af forklaringen på den lidt pludselige stærke vækst i kinesiske patenter. Udviklingen illustrerer det kinesiske styres kapacitet til at igangsætte og understøtte en målrettet teknologisk udvikling på specifikke områder.

⁴"A Strategic Roadmap for Large-Scale Green Hydrogen Demonstration Projects: Case studies from China" I Shi, X., Y. Li, and H. Phoumin (2021), 'Introduction', in Li, Y., H. Phoumin, and S. Kimura (eds.), Hydrogen Sourced from Renewables and Clean Energy: A Feasibility Study of Achieving Large-scale Demonstration. ERIA Research Project Report FY2021 No. 19, Jakarta: ERIA, pp.243-74. Se https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/RPR-2021-19/17_Chapter-11-A-Strategic-Roadmap-for-Large-Scale-Green-Hydrogen-Demonstration-Projects_Case-studies-from-China.pdf

FIGUR 4: GLOBAL PATENTAKTIVITET – 10 MEST AKTIVE NATIONER



Kilde: Teknologisk Institut – egne beregninger for 10 mest patenterende nationer

Xunpeng Shi et. al. har interviewet kinesiske eksperter, hvoraf 60 procent mener, at PtX vil være kommercielt rentabelt i Kina inden for 10 år. Der er skal dog mere FoU til, før målet nås. Eksperterne i surveyet vurderer, at kinesiske virksomheder halter efter, når det gælder brug af avanceret PtX-teknologi, men 70 procent mener også, at det vil være indhentet inden for 10 år (Ibid., 257). Den største udfordring for teknologiens udvikling i Kina er prisen.

Andre lande som USA, EU-området, Australien, Japan og Korea har etablerede politiske målsætninger og planer (Ibid., side 250).

For de danske PtX-aktører er det oplagt at følge den teknologiske udvikling i Kina.

FIGUR 5: GLOBAL PATENTAKTIVITET – 25 MEST PATENTERENDE FORSKNINGSinSTITUTIONER OG VIRKSOMHEDER

3004 patenter fra 25 universiteter og forskningsinstitutioner		2834 patenter fra 25 private virksomheder	
	Patenter		Patenter
• THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFOR	641	• LAIR LIQUIDE SA POUR LETUDE & LEXPLOITATION DES PROCEDES	274
• ZHEJIANG UNIV	165	• GEORGES CLAUDE	274
• DALIAN INST OF CHEM PHYSICS CHINESE ACAD OF SCI	156	• LINDE GROUP	241
• TIANJIN UNIV	151	• MITSUBISHI HEAVY IND LTD	226
• JIANGSU UNIV	149	• CHINA PETROLEUM & CHEM CORP	195
• SHAANXI UNIV OF SCI & TECH	148	• KK TOSHIBA	161
• FUZHOU UNIVERSITY	146	• PANASONIC CORP	146
• SOUTH CHINA UNIV OF TECH	133	• KOGYO GIJUTSUIN	141
• NAT INST OF ADVANCED IND SCI & TECH	105	• SIEMENS	120
• XIAN JIAOTONG UNIV	93	• AIR PROD & CHEM INC	110
• UNIV OF JINAN	90	• KAWASAKI HEAVY IND LTD	108
• KOREA INST OF SCI & TECH	83	• SANYO ELECTRIC CO LTD	102
• JILIN UNIVERISTY	83	• SHELL INT RES MAATSCHAPPIJ BV	88
• TSINGHUA UNIV	82	• TOYODA CHUO KENKYUSHO KK	82
• COMMISSARIAT A LENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES	82	• JAPAN STEEL WORKS LTD	82
• SHANDONG UNIV	79	• ROBERT BOSCH GMBH	79
• BEIJING UNIV OF CHEM TECH	78	• BASF	73
• ZHEJIANG UNIV OF TECH	72	• KOBE STEEL LTD	70
• QINGDAO UNIV OF SCI & TECH	72	• PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO LTD	69
• UNIV OF SCI & TECH OF CHINA	68	• HITACHI LTD	69
• SOUTHEAST UNIV	68	• TOKYO TATSUNO CO LTD	69
• FRENCH INSTITUTE OF PETROLEUM	67	• IMPERIAL CHEM IND LTD	67
• JAPAN SCI & TECH AGENCY	65	• NIPPON STEEL CORP	67
• DALIAN UNIV OF TECH	65	• SABIC GLOBAL TECH BV	66
• KOREA INST OF ENERGY RES	63	• SEKISUI CHEM CO LTD	65
		• DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENG CO LTD	64

Kilde: Teknologisk Institut – analyse af patenthavere for PtX-teknologi.

I Figur 5 vises de 25 mest patenterende PtX-teknologivirksomheder og 25 af de mest patenterende forskningsinstitutioner i verden. Virksomhedsnavne og institutionsnavne fremgår af patenterne. Forskningsinstitutionerne er fundet ved at søge patenter, hvor ord som blandt andet UNIV og INST indgår i navnet, mens ordet "Research" ofte knyttes til private virksomheders forskningsaktiviteter. Opdelingen i forskning og virksomheder kan betragtes som omtrentlig. I en del patenter er patenthaver blot opgivet ved et personnavn, og her kan det ikke afgøres, om vedkommende er privat person eller i regi af en virksomhed eller en forskningsinstitution.

Aktørerne har stor indflydelse på teknologiudviklingen i relation til PtX. De 50 mest patenterende aktører har patenteret knap 19 procent af alle publicerede PtX-patenter.

De 25 mest patenterende universiteter og forskningsinstitutioner har udtaget 3.004 – altså i runde tal – hver tiende af de identificerede PtX-patenter. Listen toppes med afstand af University of California i San Diego, USA, men herefter er top-25 domineret af kinesiske forskningsinstitutioner. University of California er gigantisk med 280.000 studerende på 10 campusser og 227.000 forskningsmedarbejdere. Aktiviteterne på fornybar energi spænder vidt⁵.

Nummer to på listen er Zhejiang Universitetet, som er et forskningsuniversitet i Hangzhou, Zhejiang provinsen i Kina, med 60.000 studerende.

Top-25 blandt de private virksomheder har udtaget næsten lige så mange patenter som forskningsinstitutionerne: 2.804 patenter. I sammenligning med listen over de patenterende forskningsinstitutioner er det interessant

⁵ Se fx <http://www.apec.uci.edu/>

at bemærke, at kun en enkelt aktør er kinesisk (China Petroleum), mens de resterende 24 er fra avancerede, industrialiserede lande i Vesten samt Japan og Korea – og at en stor andel er velkendte multinationale selskaber. En fortolkning af resultatet kunne være, at FoU i PtX i Kina tilsyneladende er statsligt styret og drevet som forskningsprojekter på et mere grundlæggende niveau, mens udviklingen uden for Kina – måske – i højere grad er kommercielt orienteret drevet af private virksomheder og i langt højere grad innovationsorienteret.

Listen over de private virksomheder toppes af Air Liquide og Linde Group. Air Liquide er en fransk virksomhed med omkring 66.000 ansatte med interesser i kemi, sundhed og teknik. Air Liquide har interesser i hele værdikæden for hydrogen fra produktion, til lagring og distribution. Med 269 patenter i relation til Power-to-X er Air Liquide en af verdens frontløbere på Power-to-X⁶.

Linde Group er en tysk international industriel gas- og ingeniørvirksomhed med omkring 80.000 ansatte. Linde producerer og håndterer gas, herunder produktion af CO₂ og hydrogen. Linde Group har udtaget 239 patenter i relation til Power-To-X. Linde Group er aktiv i alle dele af værdikæden for hydrogen, og de samarbejder med andre multinationale virksomheder om opbygning af fx CO₂-fri industri anlæg med brug af hydrogen teknologi⁷.

Nummer tre på listen er Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI). MHI er en japansk multinational ingeniør-, industri-, elektrisk udstyr- og elektronikvirksomhed. Hovedsædet er i Tokyo, og de har knap 70.000 ansatte. De har bred teknologisk interesse, som også omfatter udstyr til produktion af vedvarende energi, om end det ikke er en hovedprofil for virksomheden. MHI har produkter i alle dele af PtX værdikæden og satser også på "clean fuels"⁸.

Den fjerde virksomhed er et førende kinesisk olie- og gasselskab med hovedsæde i Beijing, China Petroleum & Chemical Corporation, også kendt som SINOPEC. Der er også opmærksomhed på Power-to-X, og SINOPEC annoncerede i 2021, at de vil være Kinas største hydrogenproducent inden for fem år, og de har investeret 4,6 milliarder dollars⁹ i denne målsætning¹⁰. SINOPEC er eneste kinesiske virksomhed på listen, som illustrerer, at kommercialiseringen i Kina synes at halte efter. Men det kan meget vel ændre sig i de kommende år.

Den japanske multinationale virksomhed KK Toshiba er nummer fem på listen. De har brede specialiseringer inden for energi, social infrastruktur, elektroniske produkter og digitale løsninger¹¹. Toshiba's Power-to-X teknologi fokuserer på flere aspekter af hydrogen-værdikæden fra produktion og bruge af hydrogen uden CO₂-udledning, genanvendelse af CO₂-ressourcer gennem elektrolyseprocesser og forskning og udvikling af hydrogen teknologi¹².

Panasonic Corporation er bedst kendt for deres udvikling, fremstilling og salg af elektriske produkter. Med hovedsædet i Osaka, Japan, Panasonic har udviklet sig til at blive en globalt kendt virksomhed, med omkring 240.000 ansatte¹³. De er blandt Japan og verdens førende forskningsfaciliteter og virksomheder med 146 patenter relateret til Power-to-X teknologi.

Kogyo Gijutsuin, også kendt som Agency of Industrial Science and Technology (AIST), er en af Japans største offentlige forskningsorganisationer, på trods af kun at have omkring 2.300 forskere ansat¹⁴. Med 141 patenter i relation til Power-to-X, deres energi- og miljøafdeling forsker i effektiv udnyttelse af energiressourcer, hvilket omfatter forskning i hydrogens grundlæggende mekanismer¹⁵.

⁶ <https://www.airliquide.com/hydrogen>

⁷ <https://www.linde-engineering.com/en/hydrogen/index.html>

⁸ <https://solutions.mhi.com/clean-fuels/>

⁹ SINOPECs kapacitet med investeringer i PtX på, hvad der svarer til 33 milliarder kroner på 5 år, sætter danske investeringer i PtX i relief. Den danske regering afsatte i marts 1,2 milliarder til at hæve den danske elektrolysekapacitet til 4-6 GW inden for en tiårig periode. (<https://www.altinget.dk/energi/artikel/bredt-flertal-enige-om-milliardstoette-til-power-to-x-game-changer>).

¹⁰ <https://www.argusmedia.com/en/news/2249020-chinas-sinopec-sets-out-hydrogen-renewables-plans>

¹¹ https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/ww/company/energy/pdf/company_profile_ESS_20220628.pdf

¹² <https://www.global.toshiba/ww/products-solutions/hydrogen/about.html>

¹³ <https://holdings.panasonic/global/corporate/about.html>

¹⁴ https://www.aist.go.jp/aist_e/about_aist/index.html

¹⁵ https://www.aist.go.jp/aist_e/dept/en_denvene.html

Siemens er en tysk industri-, infrastruktur-, transport- og sundhedsvirksomhed med over 300.000 ansatte over hele verden¹⁶. De bruger hydrogen i omstillingen til 'clean energy' i hele værdikæden fra produktion, elektrolyse, lagring, distribution til brug. Gennem deres Power-to-X teknologier samarbejder de med virksomheder for at drive bæredygtig vækst¹⁷.

Air Products er en amerikansk virksomhed der udvikler, bygger, ejer og driver nogle af verdens største industrielle gasprojekter. Med fokus på energi og miljø, Air Products leverer industrielle gasser, udstyr og ekspertise til kun-

der i en bred vifte af industrier¹⁸. En af deres Power-to-X teknologier involverer hydrogen-brændstof, som de begyndte at forske i og udvikle i 1993, og har brugt til at åbne Saudi-Arabiens første hydrogen tankstation¹⁹.

Med over 36.000 ansatte er Kawasaki Heavy Industries Ltd, endnu en japansk virksomhed, der er en global leder inden for Power-to-X patentaktivitet²⁰. Forskning i fremstilling af jernbanevogne, flysystemer, energiteknik, motorer og robotter er alle inkluderet i Kawasakis fem forskellige fokuspunkter²¹.

¹⁶ <https://new.siemens.com/global/en/company/about.html>

¹⁷ <https://new.siemens.com/global/en/markets/chemical-industry/applications/hydrogen.html>

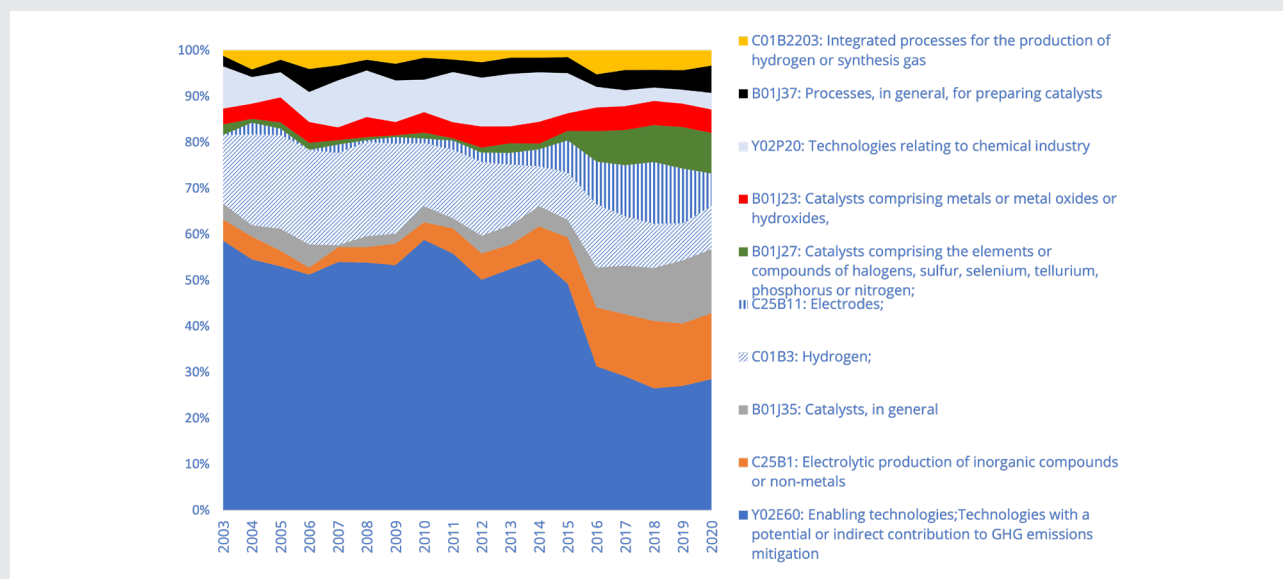
¹⁸ <https://www.airproducts.com/company#/>

¹⁹ <https://www.airproducts.com/company/innovation/hydrogen-mobility>

²⁰ <https://global.kawasaki.com/en/corp/profile/outline.html>

²¹ <https://global.kawasaki.com/en/corp/profile/division/index.html>

FIGUR 6: GLOBAL FORSKNING – ANDEL AF TOP-10 DELTEKNOLOGIER UDTAGET AF UNIVERSITETER MV.



Kilde: Teknologisk Institut – egne beregninger – top-10 mest almindelige teknologikoder – Koder forkortet af Teknologisk Institut.

Note: 10.194 patenter publiceret 2003-2020 fra universiteter

PtX-teknologierne kan opdeles i delteknologier ved hjælp af den teknologiopmærkning, som foretages af patentbureauerne rundt om i verden. Udviklingen i delteknologier under PtX vist for de 10 mest almindelige teknologikoder først for universiteterne (Figur 6) og dernæst virksomhederne (Figur 7). De fleste patenter har mange flere teknologikoder tilknyttet – nogle op til 20 – og gerne efter forskellige systemer.

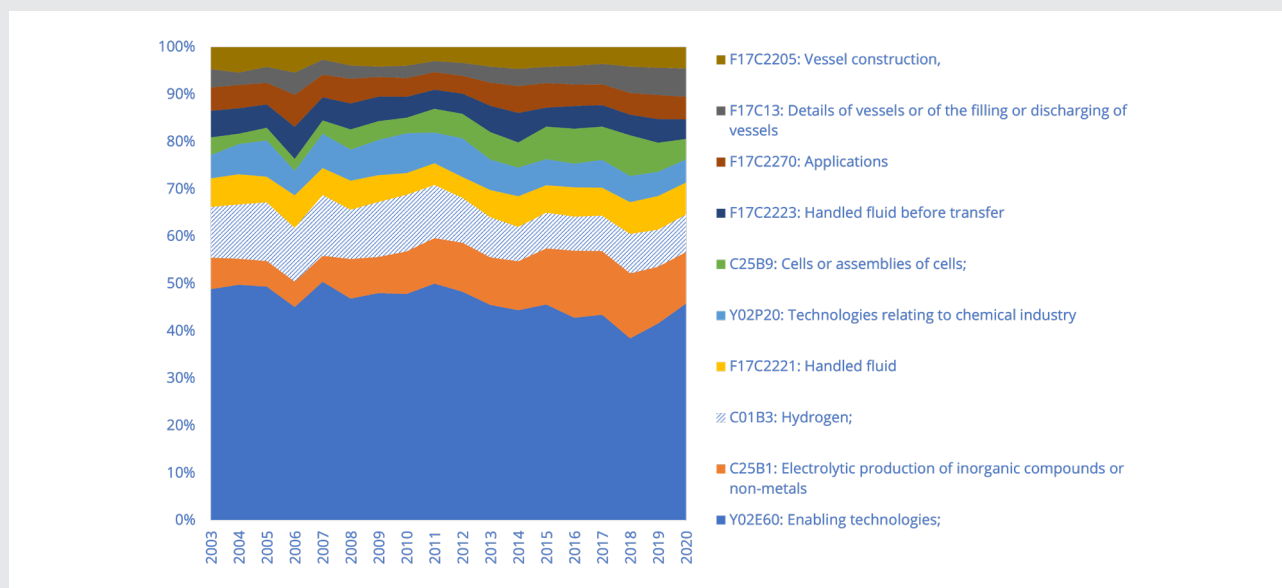
Graferne viser derfor kun de ti mest almindelige teknologikoder, og uden at kende de enkelte patenter kan det være svært at overskue billedet. De to figurer er alligevel taget med her, fordi de illustrerer forskellige billeder af den globale teknologiudvikling. På den ene side universiteternes profil, altså primært forskning, hvor kinesiske forskningsinstitutioner som vist fylder meget, og på den anden side private virksomheder, hvor produktinnovation og konkrete anvendelser fylder mere.

Der er klare forskelle i profilen på teknologierne. Hvor teknologiordene for universiteterne har vægt mod proces og selve elektrolysen, har virksomhederne mere vægt over mod håndtering af hydrogen. Hvor der er noget stabilitet i fordelingen for virksomhederne, kunne det se ud som, at forskningsprioriteringen har ændret sig, i takt med at de kinesiske patenter har taget fart.

En generel opfattelse er, at PtX-teknologierne er kendte og ganske modne teknologier²². En tolkning af den markante vækst i antal PtX-patenter i de senere år er, at patenterne afspejler, at PtX-teknologierne finder vej til nye og flere konkrete anvendelsesmuligheder. Dette kan netop danne grundlag for et patent, men det er også en indikation på en betydelig innovationsaktivitet og dermed en forventning om, at PtX-teknologier vil komme i praktisk anvendelse.

²² Kilde Rambøll (2021): "Export potential - CCUS & PTX technology" for Energistyrelsen.

FIGUR 7: GLOBAL INNOVATION – ANDEL AF TOP-10 DELTEKNOLOGIER UDTAGET AF PRIVATE VIRKSOMHEDER



Kilde: Teknologisk Institut – egne beregninger – top-10 mest almindelige teknologikoder – Koder forkortet af Teknologisk Institut.

Note: 21.199 patenter publiceret 2003-2020 fra virksomheder og privat.



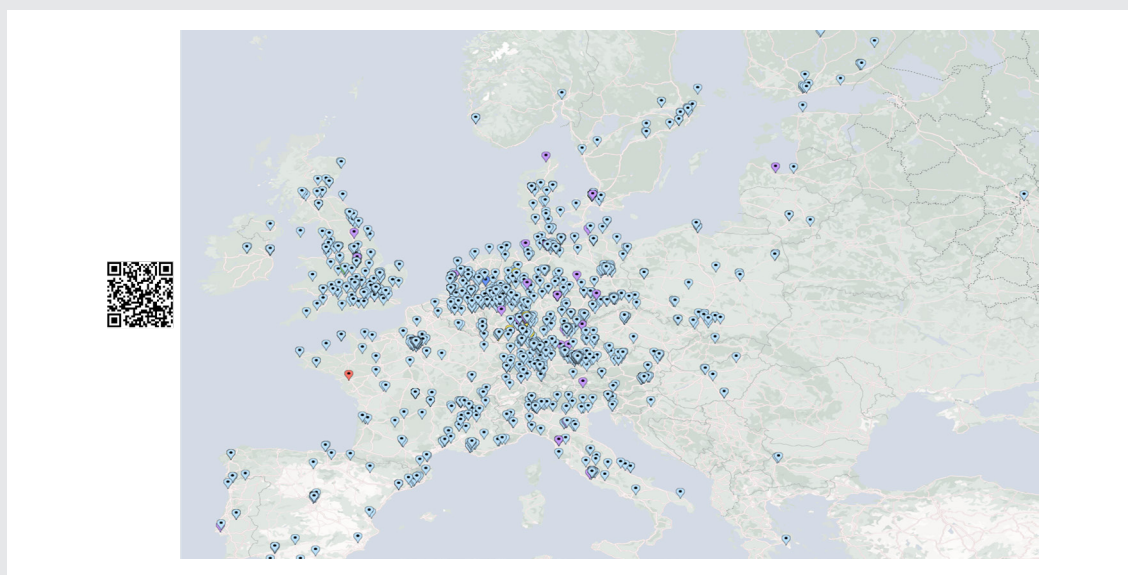
Europæisk udvikling af PtX-teknologier taber terræn

Den europæiske udvikling af teknologi er naturligvis interessant for danske aktører. En stor del af den europæiske teknologiudvikling koncentrerer sig langs "den blå banan", som er tyngden i europæisk industri fra London over kanalen langs Rhinen ned gennem Tyskland og afrunding i det nordlige Italien. Figur 8 viser det interaktive kort, som er dannet ved hjælp af de 4.067 mest relevante patenter.

Figur 9 viser udviklingen i den europæiske patentaktivitet i relation til PtX. Den optrukne linje viser antallet af ansøgninger til PtX-relaterede patenter fra europæiske virksomheder fra 2003 til 2024. Antallet af ansøgningerne var stigende indtil 2014 – og i de kommende år, hvis

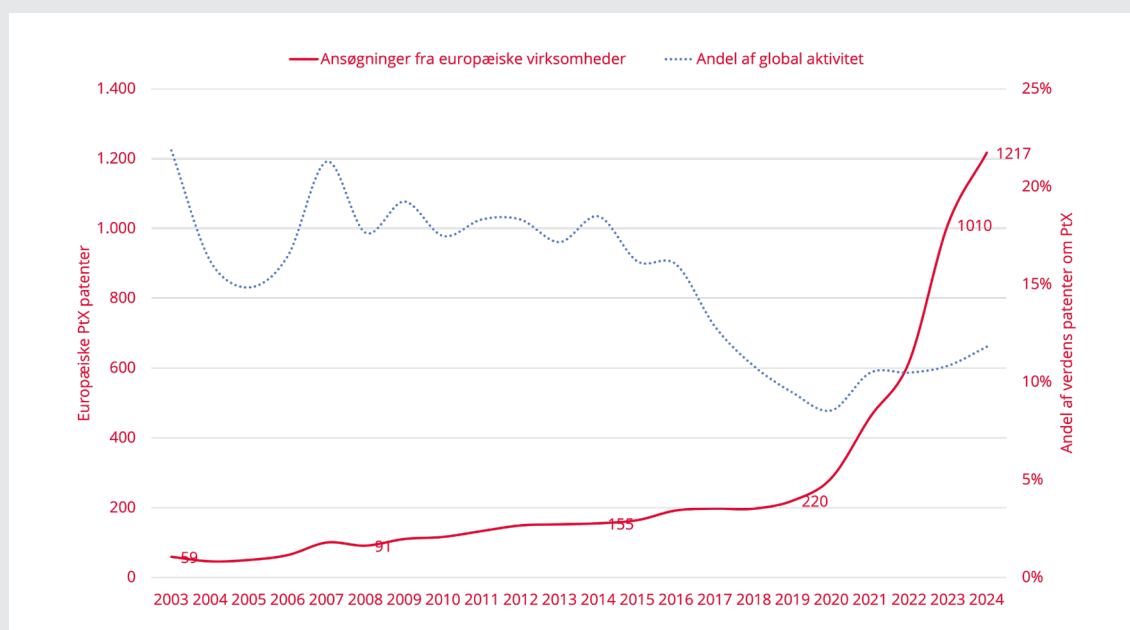
stigningstakten holder, vil der være en større stigning. Den prikkede linje viser de europæiske patenter andel af det globale antal patenter. Frem til 2014/2015 svarer den europæiske stigningstakt til den globale. I 2003 var knap hver femte patentansøgning europæisk. Efter 2015, hvor væksten især i Kina er betydelig, stagnerer eller falder, den europæiske andel. En fortolkning kunne være, at Europa taber terræn.

FIGUR 8: KORT OVER HOTSPOTS FOR TEKNOLOGISK UDVIKLING I EUROPA



Kilde: Teknologisk Institut. 4.067 mest relevante europæiske patenter placeret efter hovedpatenthaverens adresse. 13 procent af de globale PtX-patenter er europæiske. Kortet kan ses online på <http://rebrand.ly/7da59yh> eller ved brug af QR-koden og kodeord "teknologi". Det interaktive kort giver mulighed for at se de individuelle patenter samt oplysninger som patentnummer, titel, et kort resume, patentejere, opfinder mv. Under det interaktive kort findes også en liste over de patenter, der indgår i søgningen. Brug evt. højreklik på det interaktive kort for at se muligheder.

FIGUR 9: EUROPÆISK PATENTAKTIVITET 2003-2024 – TOTALT SET OG RELATIVT SET



Kilde: Teknologisk Institut: Tal for 2020ff; Estimeret af PatSnap eller ikke fuldt opdateret.



Figur 10 viser de 50 mest patenterende virksomheder og institutioner i Europa. I top-50 fordeler aktørerne sig med 9 aktører fra forskningsverdenen og 41 aktører fra private virksomheder. De 9 universiteter og forskningsinstitutioner har publiceret 312 patenter, og virksomhederne har publiceret 1.488 patenter. Blandt forskningsinstitutionerne findes tyske Fraunhofer og Helmholtz, som begge kan karakteriseres som RTO'er (Research and Technology Organisations) ligesom de danske GTS-institutter.

Listen domineres af franske og tyske forskningsinstitutioner og toppes af franske Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) med 72 patenter. CEA er en offentligt finansieret forskningsinstitution i Frankrig, som forsker inden for forsvar, energi, sikkerhed, IT og sundhed. Der er over 20.000 ansatte med et budget

på omkring 5 milliarder euro. Nummer to på listen er det franske institut for petroleum med 63 patenter, som nu har skiftet navn til IFP Énergies nouvelles (IFPEN) – og altså beskæftiger sig med fremtidens energiteknologier med fokus på at forlade fossilt baseret energi.

Listen over de 41 private virksomheder toppes ligesom den globale liste af L'air Liquide og Linde Group – og på listen findes desuden en lang række af Europas førende virksomheder som fx Siemens, Shell og BASF. Også en dansk virksomhed findes på listen: Haldor Topsøe med 54 patenter.



FIGUR 10: 50 MEST PATENTERENDE VIRKSOMHEDER OG INSTITUTIONER I EUROPA

312 patenter fra 9 universiteter og forskningsinstitutioner

- Commissariat a L'energie Atomique et aux energiens alternatives (CEA) (72)
- French Institute Of Petroleum (63)
- Deutsches Zentrum Für Luft- & Raumfahrt EV (48)
- Cent Nat De La Recherche Sci (CNRS) (45)
- Forschungszentrum Juelich GmbH (35)
- Fraunhofer Gesellschaft Zur Foerderung der Angewandten Forschung EV (16)
- Max-Planck-Gesellschaft Zur Foerderung der Wissenschaften EV (12)
- Euratom (12)
- Helmholtz Zent Geesthacht Zent Fuer Material und Kuestenforschung (9)

1.488 patenter fra 41 private virksomheder

- | | |
|---|--|
| 1. Lair Liquide SA (269) | 23. Thyssenkrupp AG (15) |
| 2. Linde Group (230) | 24. Mannesmann AG (15) |
| 3. Siemens (107) | 25. Eni (14) |
| 4. Shell Int Res Maatschappij BV (87) | 26. Studienges Kohle (14) |
| 5. Robert Bosch GmbH (78) | 27. Siemens Energy Global GmbH & Co KG (13) |
| 6. Sabic Global Tech Bv (67) | 28. Uhde GmbH (12) |
| 7. Haldor Topsoe AS (54) | 29. Arianegrp Sas (12) |
| 8. Johnson Matthey Plc (48) | 30. Gkn Sinter Metals (12) |
| 9. BASF (47) | 31. Ind De Nora Spa (12) |
| 10. Cellcentric GmbH & Co KG (40) | 32. Plastic Omnium Advanced Innovation & Res Sa (11) |
| 11. Imperial Chem Ind Ltd (32) | 33. Rehau AG Co (11) |
| 12. Koninklijke Philips Electronics Nv (28) | 34. Intelligent Energy Ltd (11) |
| 13. Saes Getters Spa (26) | 35. Gdf Suez SA (11) |
| 14. Magna Steyr Fahrzeugtechn (21) | 36. Salzburger Aluminum (10) |
| 15. Metallgesellschaft AG (21) | 37. Plastic Omnium New Energies France (10) |
| 16. Messer Griesheim GmbH (20) | 38. H Tec Syst (10) |
| 17. Rheinische Braunkohlenwerke (20) | 39. Cryostar (10) |
| 18. Hydrogenious Tech GmbH (19) | 40. Mt Aerospace (10) |
| 19. Thyssenkrupp Uhde GmbH (16) | 41. Gaztransport & Technigaz (9) |
| 20. Evonik Degussa GmbH (16) | |
| 21. Nel Hydrogen AS (15) | |
| 22. Air Liquide Deutschland GmbH (15) | |

Kilde: Teknologisk Institut: De 50 mest patenterende aktører har patenteret knap 25 procent af alle publicerede PtX-patenter i Europa. Antal patenter vist i parentes.



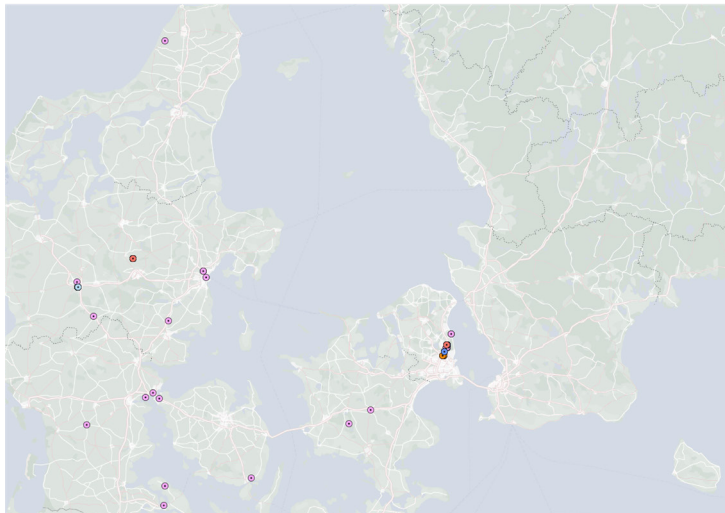
Danske virksomheder bidrager til den teknologiske udvikling af PtX

En søgning kun på patenter udtaget af ansøgere med danske adresser – uanset hvor mange lande patentet er udtaget i – viser 115 patenter. I alt 20 virksomheder med adresse i Danmark har udtaget patenter, hvoraf Haldor Topsøe A/S topper listen. DTU er den eneste forskningsinstitution, og de bidrager med 5 patenter. Derudover er 22 patenter udtaget af privatpersoner, hvor det kan være vanskeligt at knytte navnet til enten en virksomhed eller en forskningsinstitution. Danmarks størrelse taget i betragtning kan man ikke sige, at vi halter bagud. Men med 0,37 procent af verdens patentering er danske virksomheder mere afhængige af omverdenen end omvendt, selvom der kan være gode kommercielle og eksportmæssige interesser og muligheder bag de 115 patenter.

Oversigten kan ses på det interaktive kort, som er gengivet nedenfor i Figur 11, eller online på linket <http://rebrand.ly/bnmve9w> – alternativt QR-koden i figuren. Password er teknologi.

FIGUR 11: PATENTERING FRA DANSKE AKTØRER

Haldor Topsoe AS (61)
Nel Hydrogen AS (15)
Hymeth ApS (8)
FLS Miljø (4)
Amminex (3)
Danish Clean Water (2)
Nikola Corp (2)
Vestas Wind Syst (2)
CO2Techn ApS (1)
Wargons (1)
Cylindric Denmark (1)
DANFOSS AS (1)
Union Eng (1)
Scanmediator (1)
HBN Teknik (1)
Kosan Crisplant (1)
Siemens Wind Power (1)
Gas2Green (1)
Hydrive ApS (1)
Ørsted Bioenergy & Thermal Power AS (1)



Kilde: Teknologisk Institut



Tech-mining: Sådan er verdens teknologier relateret til Power-to-X identificeret

Den teknologiske udvikling afspejles ofte i patenter, når virksomheder og forskningsinstitutioner vil beskytte deres innovation over for konkurrenterne. Indholdet i patenterne er offentligt tilgængeligt via 158 onlinedatabaser verden over. Gennem tiden er der udtaget mange millioner af patenter. Alene i 2020 blev der totalt set ansøgt om patenter på 15,9 millioner innovationer ifølge den internationale patentorganisation WIPO²³. Patenternes formål er at beskytte innovationen, men for analytikere giver patent samtidig et unikt kig ind i den teknologiske udvikling.

Analyse af patentudviklinger kaldes tech-mining, og det kan give indsigt i fx, hvem udvikler hvad, hvornår, hvor, sammen med hvem? Og indsigten kan så igen give indikationer på markedsudvikling, teknologisk styrke, politiske prioriteringer, forskningsmæssige interesser – og nok så interessant er tendenserne en mulighed for et kig ind i den fremtid, som vi kan forberede os på.

Tech-mining giver en fornemmelse af størrelsesorden og retning. Det er "big data", så det er ikke menneskeligt muligt at læse patenterne en for en. Men analyser af de kvalitative data kan gennemføres på et stort udvalg af patenter – på samme måde som interview med fx 1.000 personer kan give en indikation på, hvad vej vinden vender ved et folketingsvalg. Patentdata er globale og opdateres dagligt. De er en stærk kilde til viden om innovation over alt i verden. Data fra tech-mining skal fortolkes med omtanke, for der er blinde pletter i tech-mining: Ikke

alle virksomheder tager patenter, patentkulturen varierer fra land til land, vi kan ikke følge licenser og salgsdato, og dermed er teknologiernes succes og udbredelse ikke direkte synlig. I fortolkningen af data er det vigtigt at have begrænsningerne i mente. Som ved mange andre datakilder er der ikke fuld og komplet information. Det stærke kort i patentdatabaserne er den globale adgang, den hurtige opdatering, den teknologiske og markeds-mæssige information.

Som indikation på teknologisk aktivitet kan patenter ansues som bølger på havet, der angiver en vanddybde. Bøjen er præcis i sin angivelse lige der, hvor bøjen står, men bøjen giver jo ikke det samlede kort over topografien under vandet. På samme måde indikerer patenterne teknologisk aktivitet, uden at der kan gøres rede og dokumenteres for alt. Før et patent udtages, kræver det hos ansøgeren, at der er viden, aktiviteter, kompetencer, faciliteter, økonomiske prioriteringer, ambitioner – og rundt om den ansøgende virksomhed at rammebetingelser som politik, økonomi, uddannelser, støtteprogrammer mv. er tilstrækkeligt på plads. Alt det afspejler et patent, men efterlader en del til fortolkning. Hvad koncentrationer af patenter i en geografi viser, er et fortolkningsspørgsmål, hvor det grundlæggende må antages, at koncentrationen er udtryk for politiske prioriteringer eller kommerciel interesse, og at antallet af patenter og typen af aktører også er et udtryk for niveauet for interessen og den teknologiske styrke, som findes i en virksomhed, en forskningsinstitution eller et geografisk område. Andre kilder

²³ Se <http://t.ly/valR>

kan evt. understøtte fortolkningen. Antallet og typen af aktørerne kan også indikere styrken af det faglige miljø, og desuden kan patenternes teknologiske sammensætning fortælle noget om retningen for den teknologiske udvikling og forsknings- eller markeds-mæssige prioriteringer.

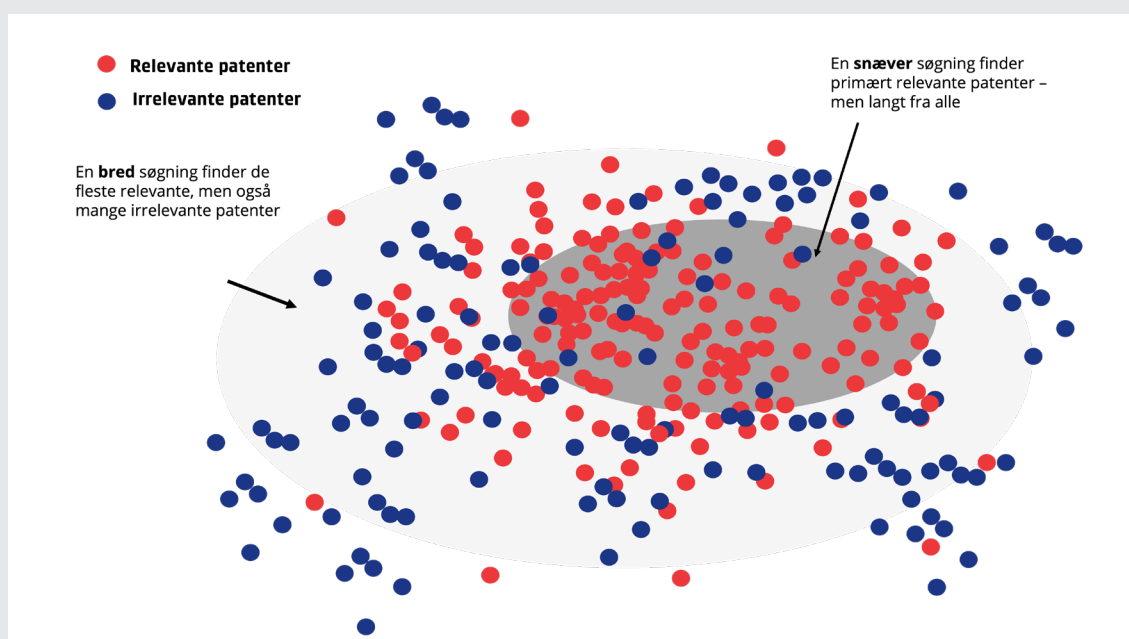
I tech-mining er målet at vælge et passende og relevant udvalg af patenterne inden for en teknologi. Et passende og relevant udvalg gør det muligt at studere mønstre i innovation: Hvordan, hvor, hvem, hvornår osv. Den første udfordring er at skabe det udvalg af teknologier, som skal analyseres gennem søgninger i de 138 databaser.

De fleste innovationer har mange facetter, så det er bestemt en risiko, hvis ikke nærmest uundgåeligt, ved patentsøgninger, at der indfanges patenter, som ikke er relevante. Udfordringen er illustreret i Figur 12, som viser, at en snæver søgning godt nok har en høj andel af relevante patenter og få irrelevante, mens en bredere søgning får langt de fleste relevante patenter med, men til gengæld også meget støj fra irrelevante patenter.

Søgninger i patenter kan ske på mange måder som fx fri tekst i felter, datoer eller myndigheder. Desuden findes der flere systemer for systematisk opmærkning af teknologier, som kan kategoriseres med op mod 70.000 forskellige mærkninger. De kendes som fx IPC-koder eller CPC-koder. I mange tilfælde er der koder, der betyder, at en teknologi kan indfanges ganske præcist. Relevansen og præcisionen af søgningerne vurderes kvalitativt ved at gennemgå de hyppigste nøglebegreber i de 5.000 seneste patenter og deres nøglebegreber. Hvis nøglebegreberne er dækkende for teknologien, så indikerer det, at søgningen er tilfredsstillende, og analyse og fortolkning kan indledes.

I de første søgninger efter PtX-teknologi fandt vi knap en halv million patenter verden over. Et patent gælder kun i det område, patentet udtages i, så hvis dækningen skal udvides geografisk, så er det nødvendigt at udtage flere patenter. I den forbindelse taler man om patentfamilier. Den knap halve million patenter kan derfor koges ned til 178.000 patentfamilier. Når vi i rapporten omtaler patenter, er det underforstået patentfamilier, vi opgør, medmindre andet eksplicit er nævnt.

FIGUR 12: UDFORDRINGEN I INDKREDSNING AF RELEVANTE TEKNOLOGIER



Den første søgning i relation til kortlægningen af PtX-teknologier var for bred, og analyser af nøgleord viste, at søgningen også omfattede brændselscelleteknologier og en række patenter udtaget af fx bilindustrien. Søgningen indeholdt også mange ældre patenter og patenter, der ikke er gældende længere. Vi filtrerede derfor søgning, så

- "Fuel Cells" udelades, fordi det er teknologi, som genererer elektricitet. Det er den omvendte proces af PtX, selvom den er nært beslægtet. Selvom "fuel cells" og varianter deraf er filtreret fra, kan der stadig være teknologier i datagrundlaget, der har stærkere relation til brændselsceller end til Power-to-X.
- Bilindustriens patenter indeholder især batteriteknologi, og brændselscelleteknologi udelades, selvom det også kunne handle om brug af fx hydrogen. Der kan altså være relevante teknologier, som søgningen ikke har medtaget.
- Teknologien skal have en vis innovationshøjde og kommerciel værdi. Derfor medtages kun patenter, som indeholder reel innovation og ikke blot "utility models". Utility models omtales ofte som det "lille patent", som giver beskyttelse med mindre stærke krav om nyhedsværdi. Utility models er kun gyldige i 10 år mod patenternes 20 år.
- Patenterne skal være udtaget i mindst 3 lande. Kravet om mindst tre lande betyder, at patenterne, der er medtaget, har vægt. I Kina er der stærke økonomiske incitament til at udtage patenter, og det betyder, at patentmængden kan blive overvældende uden egentlige større ryk i den teknologiske udvikling. Ved at kræve mindst 3 medlemmer af en familie undgås dette, men da det tager tid at udtage patenter, kan der være relevante teknologier i de senere år, som på denne måde er filteret fra, fordi de endnu ikke har nået at være udtaget i tre lande.
- Patenterne skal være gældende patenter. Det betyder, at der ikke indgår patenter udtaget før år 2003, og søgningen har derfor fokus på nyere teknologi.

Det samlede resultat på søgningen i juli 2020 var 31.075 patenter, hvoraf de 28.191 patenter er registreret af en eller flere af fire teknologikoder inden for teknologier, der kan afværge drivhusgasser:

- Y02E60/30 Hydrogen teknologi
- Y02E60/32 Hydrogen opbevaring
- Y02E60/34 Hydrogen distribution
- Y02E60/36 Hydrogen produktion fra ikke-kulstofholdige kilder, fx elektrolyse.

I søgningen indgår også teknologier, som er relevante for PtX uden direkte at være kodet inden for de fire kategorier.

Desuden viser analysen af nøgleordene, kaldet et innovationshjul, at søgningen giver et tilfredsstillende og relevant billede af førende PtX-teknologier. Figur 13 illustrerer innovationshjulet, som her medtaget som illustration af metoden.

De 31.075 patentfamilier repræsenterer teknologiudviklingen inden for PtX fra år 2003 til juli 2022. Søgningerne er gennemført for denne analyse den 19. juli 2022. Talene ændrer sig løbende, da databaserne med patenter opdateres dagligt. For de seneste år, 2021 og 2022, kan antallet af patenter registreret stadig være stigende, da offentliggørelsen af patenterne til databaserne kan halde noget efter. Derfor vises i de fleste grafer kun tal til 2021.



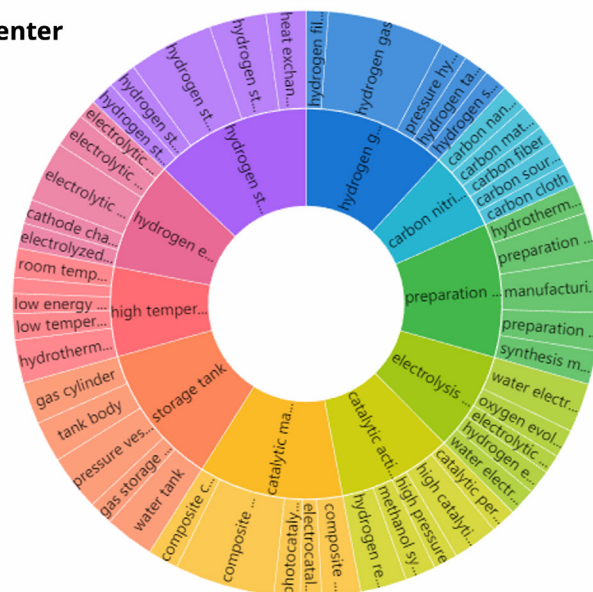
FIGUR 13: INNOVATIONSHJULET FOR PtX-PATENTERNE

Innovationshjul for 31.075 PtX patenter

Analyserne er gennemført på 31.075 godkendte og gældende patentfamilier som har relation til PtX.

Innovationshjulet viser de hyppigste nøglebegreber i patenterne – og de nøglebegreber, der knytter sig til dem.

Hjulet er baseret på en analyse af de 5.000 nyeste patenter i søgningen.



Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), Force Technology, Teknologisk Institut (TI) og Alexandra Instituttet (AI) spiller en aktiv rolle i udvikling og implementering af Power-to-X. De gennemfører hver især og sammen en række udviklingsaktiviteter, ligesom de er med i store samarbejdsprojekter som Inno-mission og MissionGreenFuels.

Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), Force Technology, Teknologisk Institut (TI) og Alexandra Instituttet (AI) har finansieret denne analyse for at skabe sig en bedre platform for at bidrage til implementering af PtX i Danmark.

Analysen er gennemført som en spørgeskamundersøgelse i marts/april 2022 til i alt 167 identificerede aktører (virksomheder, vidensinstitutioner og myndighe-der) i den samlede værdikæde for PtX. Jysk Analyse har stået for indsamling af svar fra aktørerne. Vi har fået svar fra 101 aktører.

Analysen er udarbejdet af Teknologisk Institut.

Denne analyse indgår i en analyseserie. Ud over denne analyse omfatter det tillige en analyse af globale teknologitrends inden for vitale teknologiområder relateret til PtX. Analysen er baseret på en alverdens patenter. Gennem paten-tanalysen er det tillige muligt at identificere, hvem der driver den teknologiske udvikling. Alt i alt et bidrag til at give PtX-udviklingen i Danmark et globalt udsyn og mulighed for ny hjemtagning af viden.

Begge analyser vil blive gentaget i slutningen af 2023.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**ALEXANDRA
INSTITUTTET**