

Tilsendt Folketingets Energipolitiske Udvalg den 21. juni 2006.

## **Politiske rammebetingelser for udbygning med solceller i Tyskland, markeds- og beskæftigelsesudviklingen samt de globale perspektiver.**

*Af Preben Maegaard, direktør, Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi og  
EUROSOLAR, Senior vicepresident, Den Europæiske Forening for Vedvarende Energi*

Beskæftigelsen indenfor vedvarende energisektoren i Tyskland udvikler sig fortsat kraftigt. Ifølge en pressemeddelelse fra BMU, Forbundsministeriet for Miljø af 22. marts 2006, var der ved udgangen af 2005 170.000 beskæftigede indenfor vedvarende energi; det er en vækst på 13.000 beskæftigede i forhold til 2004. Miljøminister Sigmar Gabriel udtalte i forbindelse med offentliggørelsen af beskæftigelsestallene: "En ambitiøs og fornuftigt udformet miljø- og energipolitik er en vigtig økonomi- og fremtidsfaktor for Tyskland, fra hvilke der udspringer bæredygtige impulser for innovation, investeringer, vækst og beskæftigelse. Det viser, at den kraftige vækst indenfor vedvarende energi i de seneste år også betaler sig på længere sigt økonomisk set. I 2005 har vedvarende energi i Tyskland udløst investeringer på € 10 milliarder. Man finder 300.000 beskæftigede i 2020 indenfor vedvarende energi for realistisk med en fortsat udvikling af hjemmemarkedet med stabile rammebetingelser, afsætningsmuligheder og impulser til fortsat innovation".

Miljøministeriet forventer, at hjemmemarkedet fortsat vil vokse fra en omsætning indenfor vedvarende energi på nu € 40 milliarder om året til € 250 milliarder i 2020. Beskæftigelseseffekten i Tyskland afhænger stærkt af, om tyske producenter også kan udnytte eksportpotentialet. Her er en fortsat positiv udvikling af hjemmemarkedet vigtig med videreførelse af vedvarende energiloven (EEG), øget forskning samt ny varmelovgivning til fremme af vedvarende energi, som forventes at give Tyskland gode betingelser på verdensmarkedet.

I markedsvurderingerne indgår besvarelser fra 1100 virksomheder indenfor vedvarende energi, hvori indgår 71 produktionssektorer. Det viser, at det især er små- og mellemstore virksomheder, som præger udviklingen og at disse ofte ligger i struktursvage dele af landet, hvorfor de arbejdsmarkedspolitiske impulser fra vedvarende energi er særligt vigtige.

### **Tysk vedvarende energi lovgivning.**

Det skal nævnes, at Tyskland ikke giver tilskud til vedvarende energiproducenter, at man ikke foretager samfundsøkonomiske beregninger for de enkelte vedvarende energiteknologier og at man i Forbundsdagen ved revision af EEG loven i 1998 og senere i 2004 vedtog ikke at ville anvende begreber som skyggepriser og "mest miljø for pengene". Lovgivningen er bygget omkring anvendelse af alle potentielle vedvarende energiformer. Gennem EEG loven er der skabt optimale udviklings- og markedsvilkår for de enkelte vedvarende energiformer. Hvor en række lande opstiller forpligtende mål for vedvarende energi, men har vanskeligt ved at opfylde målene, så er tysk vedvarende energipolitik særpræget derved, at man ikke har opstillet faste mål, der skal opfyldes. Til gengæld har man særdeles effektive virkemidler, som resulterer i en langt kraftigere og en reel målbar udbygning med vedvarende energi i forhold til lande, der fokuserer på faste mål til opfyldelse af nationale og internationale aftaler.

Det er et grundlæggende princip, at i omstillingen fra fossile energiformer og atomkraft, vil det være nødvendigt at anvende alle former for vedvarende energiresourcer, hvorfor man i EEG-loven har garanterede priser (20 år) for solenergi, vindenergi og biomasse. Også indenfor hver enkelt energiform differentierer man afregningspriserne bestemt af anlæggenes størrelse, anvendelse eller opstillingssted. Således har man for solceller tre forskellige afregningspriser afhængig af om anlæggene opstilles i det åbne land, på hustage eller i facader. Når man præmierer integration i facader har det flere hensigter, herunder at man ønsker at fremme en bygningskultur, der i højere grad er baseret på solenergi.

Der er planlagt ny vedvarende energilovgivning, der især skal give impulser til at anvende vedvarende energi til opvarmning, hvor der kan konstateres et efterslæb i forhold til vedvarende energi i el-produktionen. Indenfor transportsektoren forhandles der sommeren 2006 om, at den fuldstændige fritagelse for afgifter på flydende biobrændsler skal videreføres efter 2009 af hensyn til langtidsplanlægning indenfor landbruget og den tyske bilindustri, som støtter afgiftsfritagelsen, hvorimod mineralolieindustrien er afvisende.

Anvendelse af brint som energi- og lagermedium indgår ikke i de tyske rammebetingelser. Man prioriterer flydende biobrændsler højere end brint; man forventer, at der vil gå mindst 10 år førend brint får betydning indenfor transportsektoren, og at der skal fokuseres på andre løsninger med en højere virkningsgrad, end der kan opnås ved at fremstille brint af elektricitet til brug i brændselsceller.

Beskæftigelsesvirkningen af den differentierede udbygning med vedvarende energi kunne i 2004 opgøres til 157.000 arbejdspladser med følgende fordeling:

- Vindenergi 64.000 beskæftigede
- Biomasse 57.000 beskæftigede
- Solenergi 25.000 beskæftigede
- Andet 11.000 beskæftigede

Produktionen i Tyskland af elektricitet fra vedvarende energiformer var i 2005 62 TWh, hvilket forventes at stige til 151 TWh/år i 2020 svarende til 25% af det nuværende forbrug af elektricitet, hvilket i perioden 2006 til 2020 vil kræve investeringer i vedvarende energianlæg på ca. € 75 milliarder.

Med grundlag i den brede satsning på alle former for vedvarende energi, for hvilke der kan skabes et kommercielt grundlag på hjemmemarkedet, forventes det, at der vil være forbedrede muligheder på det internationale marked for vedvarende energiprodukter. Den internationale omsætning var i 2005 på € 40 milliarder og forventes i 2020 at blive € 250 milliarder om året, som man forventer, at den tyske VE-industri vil opnå en væsentlig markedsandel af, hvilket vil have gunstige virkninger på beskæftigelse og økonomi i Tyskland. I 2004 havde Tyskland en international markedsandel på 17% for

vedvarende energiprodukter. Dersom man i 2020 kan opnå en markedsandel, der forsigtigt er sat til 10%, vil der ske en fordobling af antallet af ansatte indtil 2020 til godt 300.000 .

### **Solceller, en ny industriel sektor.**

Anvendelsen af solceller vokser dramatisk; det er det tyske marked, som driver den internationale udvikling fremad. Ifølge IEA, det Internationale Energiagentur, blev der i 2004 globalt fremstillet 1256 MW; heraf blev mere end halvdelen, 722 MW, opstillet i Tyskland. Til sammenligning blev der i 1997 fremstillet ca. 60 MW, hvilket illustrerer, at det er en industriel sektor i meget stærk vækst.

De internationale statistikker vedrørende solceller er, fordi sektoren udvikler sig eksplosivt, fremdeles behæftet med en vis usikkerhed. Det tyske fagtidsskrift Photon har for 2004 og 2005 beregnet en opsætning af solceller i Tyskland på henholdsvis 722 MW og 710 MW, hvilket betyder, at som nævnt over halvdelen af verdensproduktionen af solcelleanlæg installeres i Tyskland.

Den stærke vækst har resulteret i en kraftig industriel udbygning af fremstillingen af silicium, celler, moduler og invertere, som er de fire grundelementer indenfor denne nye industrielle sektor. Mange udenlandske producenter har Tyskland som det vigtigste marked. Der er en tendens til, at udenlandske producenter placerer nye produktionsanlæg i Tyskland, som er ved at blive det centrale land indenfor forskning, udvikling, fremstilling af solcelleanlæg og invertere samt maskiner og udstyr til fremstilling af solcelleanlæg.

I 2004 fordelte opstillingen af solceller sig på følgende lande og/eller verdensdele ifølge IEA:

MW	
USA	90
Canada	2,1
Amerika i øvrigt	12,9
Spanien	15
Frankrig	5,2
Italien	4,7
Nederlandene	3,2
Europa i øvrigt, undtagen Tyskland	16,8
Japan	272,4
Kina	40
Indien	25
Asien i øvrigt	10
Australien	6,7
Afrika, Mellemøsten	20
Tyskland	720
Rest	12
I alt	1.256

Kilde: S W-E.

### Hvem producerer solcellerne?

For få år siden blev det i en artikel i den danske presse (Politiken, Information) nævnt, at de store olieselskabers entre i fremstillingen af solceller var vigtig i forbindelse med et markedsgennembrud. I mellemtiden er der kommet et gennembrud, men det er uden de store energiselskabers deltagelse i større omfang.

Eksemplerne nedenfor viser en global industriel sektor i kraftig vækst og forandring:

- Shell åbnede i 1999 en fabrik for solcellemoduler i Gelsenkirchen i Ruhrområdet. Senere overtog man Siemens' afdeling for solceller. Shell Solar nåede kun at udnytte 10 MW af fabrikkens kapacitet på 25 MW. 21. februar 2006 blev Shell Solar solgt til det tyske Solarworld, som i Freiberg i Sachsen besidder hele produktionskæden med silicium, celler og modulfremstilling og har over 1000 ansatte. Samtidig overtog Solarworld Shell's siliciumfabrik i Vancouver, Canada.
- RWE, Tysklands største elselskab med hjemsted i Essen, var gået ind i solcellesektoren gennem opkøb af ASE, senere Schott og dannede et selskab, der laver tyndfilm anlæg, RWE Schott Solar. I 2006 har RWE frasolgt virksomheden, som nu hedder Schott Solar.
- Q-Cells i Thalheim i Thüringen, en rent tysk virksomhed, er den hurtigst voksende producent globalt indenfor solceller. Man fremstiller kun solceller, ikke silicium og moduler. Man startede på bar mark i 2001 og er i dag verdens næststørste producent af solceller. Q-Cells udbygger for tiden kapaciteten fra 150 MW om året til 290 MW, senere 350 MW.
- Sharp, japansk elektronikkoncern, er globalt førende indenfor solceller og har været det i en række år. Sharp har fremstillet solceller i mindre end otte år. Førerstillingen er et udtryk for, at det er erfaringer med produktionsteknik og ikke tilhørsforhold til energisektoren, forskning eller nye typer solceller, som er bestemmende for vækst. Sharp udbyggede i 2005 fra 315 til 400 MW (verdensproduktionen var i 1997 60 MW!).
- Kyocera, Japan er den tredjestørste solcelleproducent med en produktion på 240 MW.
- BP Solar er den eneste store energikoncern, som er en seriøs partner indenfor solceller med 155 MW. BP Solar har produktion i Spanien og har overtaget Solarex, den største producent i USA. På trods af en stærk udgangsposition ekspanderer BP Solar ikke i samme tempo som de tyske og japanske konkurrenter.
- Nye aktører indenfor solcelleindustrien i Tyskland er chokoladeproducenten Ritter og værktøjsvirksomheden Würth. Flere udenlandske virksomheder, som ønsker at udnytte deres forskningsresultater, har besluttet sig for at bygge fabrikker i Tyskland for at drage fordele af et marked i vækst og det gunstige erhvervsklima og

iværksætttermiljø for solceller. Det gælder virksomheder fra Australien, Spanien, USA og Japan.

De dominerende virksomheder indenfor solceller i forhold til et samlet verdensmarked på ca. 1350 MW i 2005.

Sharp, Japan	400 MW
Q-Cells, Tyskland	350 MW
Kyocera, Japan	240 MW
BP Solar, USA og Spanien	155 MW
Sanyo, Japan	153 MW
Mitsubishi, Japan	135 MW
SchottSolar, Tyskland	124 MW
Motek, Taiwan	120 MW

Derefter følger en lang række mindre producenter overvejende fra Tyskland og Kina, men også en enkelt producent fra USA, Norge, Holland, Spanien og Frankrig; alle med 35 til 100 MW produktion om året. Der er i de internationale statistikker ikke registreret danske producenter, heller ikke Topsil, som fremstiller silicium (Kilde: Sun & Wind Energy 2/2005). Indenfor invertere omtales Lynx med produktion i Horsens som leverandør af invertere, ofte under kundens eget varemærke.

### **5000 virksomheder indenfor solenergi i Tyskland.**

På få år er i Tyskland opstået 5000 nye virksomheder som resultat af de politiske rammebetingelser i EEG-loven. Virksomhederne er spredt over hele landet og har ført til industriel fornyelse indenfor et højteknologisk område i hurtig vækst. Brancheforeningen Bundesverband Solarwirtschaft, Berlin, opgiver omsætningen indenfor den tyske solcellebranche til € 3,7 milliarder i 2005. Man opgiver beskæftigelsen til 30.000. De 135 største virksomheder ses på vedlagte kort fra BSW.

De nye erhvervskategorier er følgende:

- Fremstilling af silicium
- Fremstilling af solceller

- Fremstilling af færdige solcellemoduler
- Invertere, der oversætter jævnstrøm til vekselstrøm (50 producenter)
- Montagesystemer
- Installatører og service
- Fabriksanlæg til solceller
- Udstillinger, medier

### **Hvem køber solcelleanlæggene i Tyskland?**

EEG-loven forpligter elforsyningselskaberne til at aftage elektricitet fra uafhængige ejere af VE producerende anlæg; elselskaberne er ikke operatører indenfor vedvarende energi. Landmænd er fremherskende som operatører. I øvrigt finder man solcelleanlæg opstillet på:

- Landbrug, lader
- Fabrikshaller, logistikbygninger
- Enfamiliehuse
- Boligkaréer
- Prestigeanlæg på banker, museer og regeringsbygninger
- Flere hundrede kirker har solcelleanlæg
- Integreret i ny avanceret arkitektur.

### **Krystallinske solceller har 95% af markedet.**

Der findes grundlæggende to typer solcelletekniker: krystallinske celler (mono- og multikrystallinske) og tyndfilmceller af forskellig type, herunder organiske.

95% af markedet er krystallinsk silicium, som har været anvendt til solceller siden 1980. Først efter 1992 kan man betragte solceller som problemfri med tilstrækkelig langtidsholdbarhed.

De førende producenter leverer nu solcellemoduler med 20 og 30 års garanti. Virkningsgraden har bevæget sig fra 10% i 1995 til 15% i 2005. Enkelte producenter (Sanyo, BP Solar) leverer solceller kommercielt med 20% virkningsgrad. Den teoretisk øverste virkningsgrad er 28%. Størrelsen på den enkelte celle har bevæget sig fra 10 x 10

cm til 15 x 15 cm, hvor 210 x 210 mm vil være den øverste praktiske grænse. Modulerne har bevæget sig fra 50 watt til 200 watt pr. stk.

Silicium er blevet den alvorligste flaskehals indenfor en sektor, der vokser med 40% om året. Tidligere brugte man til solcelleproduktion frasorteret silicium fra produktionen af transistorer og andre halvledere. Nu fremstilles egentlig solcellesilicium. Selv om produktionen udvides i flere lande, vil der endnu de kommende to-tre år være mangel på silicium. Indtil 2010 forventer man, at mangel på silicium vil være den begrænsende faktor for en stærkere vækst indenfor solcellebranchen, end man hidtil har erfaret (Sonne, Wind & Wärme 5/2006). Råstoffet til silicium er almindeligt kvartssand, som findes i reelt ubegrænsede mængder. Anvendt til solceller kræves 99,99% ren silicium.

Knapheden på silicium har ført til forskellige former for teknologisk fornyelse, derunder til udbygning med fabriksanlæg af solceller af tyndfilmstypen, som dampes på glasplader. Der har siden 1990 været forventninger om, at tyndfilmteknologien ville blive dominerende og afgørende for gennembrud på markedet for solceller. Der er imidlertid stadig uløste produktionsmæssige problemer, som betyder at tyndfilmsanlæg har en begrænset virkningsgrad. Dersom blot en mindre del af et tyndfilmsmodul har kvalitetsproblemer er det bestemmende for ydelsen. Derimod kan man frasortere krystallinske solceller, som ikke overholderen kvalitetsstandard, hvilket er medvirkende til at denne form for solceller er dominerende.

Man forventer på det ledende tyske institut for solceller, Fraunhofer, ISE, at også i 2020 vil krystallinske solceller være absolut førende. Der er fremdeles store udviklingsmuligheder i krystallinske solceller. Cellerne saves med en tråd ud af siliciumblokkene på 300 kg (i fremtiden 1000 kg). Cellernes tykkelse har ligget på 4-500 mikrometer for få år tilbage, men med forbedret teknik er cellerne kommet ned på 220-250 mikrometer og forventes i de kommende år at falde ned til 100 mikrometer. Verdens største producent af solceller, japanske Sharp, benytter nu celler på 180-200 mikrometer, hvilket betyder, at af den samme mængde silicium kan man i fremtiden lave mange flere solceller, som også med det mindre forbrug af silicium vil blive billigere.

På trods af den begrænsede globale silicium ressource ekspanderer solcelleindustrien fortsat og de omkostningsbestemte priser forventes ifølge ISE at falde for krystallinske solceller fra nu € 3 pr. watt til € 2 i 2010 og 1 € i 2020 ved fortsat forbedring af konventionel teknik (*Neue Energie 06/2005*). ISE har i 2006 af det tyske miljøministerium modtaget € 12 millioner til forskning i forbedret produktionsteknologi i fremstillingen af solcellemoduler.

### **Efterspørgslen og prisdannelsen for solceller**

Stærk efterspørgsel på solcelleanlæg og mangel på silicium betyder, at solceller er et sælgers marked med leveringstider i Tyskland på over et år. Derfor forbliver priserne på et stabilt, højt niveau, hvor også små producenter og "garageproducenter" stadig kan være med. I løbet af et par år forventes solcellemarkedet at blive normaliseret og at blive et købers marked. Til den tid kan forventes meget betydelige prisfald, måske 50% eller mere på solcelleanlæg, som mere afspejler de reelle fremstillingsomkostninger på de store fuldautomatiske produktionsanlæg. En omkostningsbestemt prisdannelse vil ikke vil slå igennem under de nuværende markedsforhold med en produktion, der i flere år har været utilstrækkelig i forhold til efterspørgslen, selv om fremstillingskapaciteten udvides med 40% om året.

De nuværende flaskehalse for produktionen illustrerer samtidig både potentialet for solceller og de meget store industrielle kapacitetsproblemer og udfordringer, man må forvente at møde i fremtiden. Man er således allerede løbet ind i forsyningsproblemer med solceller, selv om det kun er to lande, Japan og Tyskland, som har en nævneværdigt udbygning med solelektricitet. En fremtidig skærpet miljø- og energiforsyningssituation, hvor mange lande i stor målestok ønsker at anvende solenergi for at erstatte fossile energiformer, samt øget elektrificering i ulandene, hvor næsten to milliarder mennesker i dag er uden adgang til elforsyning, har som konsekvens, at fremstillingskapaciteten for solceller må mangedobles.

Der foregår en kraftig vækst på alle niveauer indenfor sektoren med en omfattende forskning på universiteter og institutter over hele Tyskland. Indenfor forskningen arbejdes der med hele spektret af teknologier indenfor solceller, herunder også farvede solceller og

transparente solceller. De tyske producenter har kontakt og vidensudveksling med til forskningssteder verden rundt og der afholdes talrige konferencer, hvor tyske forskere er rigt repræsenteret; alt tyder på at Tyskland fra alle sider tiltrækker den bedste viden indenfor solceller, og at udenlandske interessenter søger til Tyskland for at udnytte deres viden og opretter fabrikker på et marked i stærk ekspansion.

### **Danmarks situation indenfor solceller.**

Med henvisning til solcelleenergis relativt høje pris valgte man omkring 1992 i Danmark ikke at tage de nødvendige initiativer for at komme til at spille en rolle internationalt set. Fravalget skete dels med henvisning til skyggeprisen ("mest CO<sup>2</sup> for pengene"), dels at solvarme blev tildelt de forhåndenværende offentlige økonomiske ressourcer.

I kraft af den dynamik og engagement, der havde været i Danmark siden 1975 indenfor vedvarende energi generelt og som med relativt beskedne ressourcer havde skaffet Danmark førende positioner specielt indenfor vindkraft og decentral kraftvarme, er der god grund til at tro, at Danmark også kunne have fået en rolle indenfor solceller, dersom man var steget på udviklingen på det rigtige tidspunkt. Grundlaget for et stabilt hjemmemarked og langsigtede investeringer var imidlertid ikke tilstede, hvorfor man ikke fik det samspil mellem industri, forbrugere og forskning, som havde ført til en vellykket erhvervsudvikling indenfor vindenergi, kraftvarme og solvarme.

I Energistyrelsens solcelleudvalg var indtil 2002 samlet den ekspertise som kunne have koordineret udviklingen og givet Danmark en vis position indenfor solceller. Efter 2002 er den væsentligste forskningsaktivitet tilsyneladende Risøs forskning i organiske solceller (såkaldte syltetøjssolceller), en teknologi, som er lavt prioriteret i de dominerende solcellelandes arbejde med solceller. Det er en teknologi, som i givet fald skal konkurrere med store, veletablerede producenter med velafprøvet teknologi i masseproduktion samt senere med lavprislande i Østasien.

Danmark har nogle enkelte lovende virksomheder; Topsil, Lynx, Gaia Solar m.fl. indenfor solceller, men med den hidtil valgte danske energipolitiske strategi med skyggepriser, har virksomhederne ikke haft et hjemmemarked, hvorfra de har kunnet udvikle sig til at blive

en del af et bredere industrielt miljø, der kunne hævde sig internationalt og synligt blandt de ledende producenter, således som det har været tilfældet indenfor andre VE-sektorer.

I erkendelse af at Danmark ikke ville få masseproduktion af solceller valgte Folkecenteret allerede i 1995 at udvikle nicheprodukter med solceller indbygget i bygningselementer som såkaldte multifunktionsanlæg. Udgiften til solcellerne ville herved blive en mindre del i forhold til anlæggets samlede nytteværdi. I udviklingsarbejdet blev inddraget en række danske produktionsvirksomheder. De udviklede og afprøvede prototyper har været velfungerende, men har ikke resulteret i målbar industriel produktion. Anlæggene er beskrevet i offentligt tilgængelige rapporter og brochurer.

Den i maj 2006 stiftede nationale initiativgruppe til fremme af solcelleenergi i Danmark, som omfatter de fleste relevante danske interessenter, har valgt at satse på bygningsintegrerede solceller som det primære udviklings- og industriområde.

Det må konstateres, at Danmark, den gode udgangsposition til trods, som følge af kortsigtede energistrategiske prioriteringer, har fraskrevet sig mulighederne for en markant international position indenfor solcellesektoren både med hensyn til energiforsyning og industrielt. Vi taler her om et udpræget vækstområde med en omsætning globalt, der i 2006 nærmer sig 100 milliarder kroner, og hvor der i en årrække har været årlige vækstrater på 40%.