

Canon deel 10: Energie-economie

Een betaalbare, zekere en schone energievoorziening is van groot belang voor onze welvaart. Bij het realiseren hiervan doen zich talrijke economische vraagstukken voor. Deze canon biedt een overzicht van de verschillende typen vraagstukken en de inzichten die de energie-economische literatuur hierin biedt. Aan de orde komen niet alleen de winning, het gebruik, het transport en de handel in energie, maar ook recente ontwikkelingen rondom duurzame energie, het klimaatbeleid, systeemintegratie en emissiehandel.

Ondanks de elegantie van deze theorie is ze veelvuldig bekritiseerd omdat ze niet in staat zou zijn de feitelijke ontwikkeling van de energieprijzen te verklaren, laat staan te voorspellen (Medlock III, 2011). Zo vertoonde de olieprijs – zowel in nominale als reële termen – in de afgelopen decennia een sterk volatiel verloop, met flinke prijsstijgingen en dalingen. Falsificeert dit nu de theorie van Hotelling? De prijs van olie wordt door veel meer factoren beïnvloed dan alleen de rentevoet, zoals de inflexibiliteit van het aanbod op korte termijn en de invloed van geopolitieke factoren. De Hotelling-theorie houdt hier geen rekening mee, maar vormt

RONALD HUISMAN

Universitair hoofd-
docent aan de Erasmus
Universiteit Rotterdam

CATRINUS JEPMA

Hoogleraar aan de
Rijksuniversiteit Gro-
ningen en
wetenschappelijk
directeur bij Energy
Delta Gas Research

MACHIEL MULDER

Hoogleraar aan de
Rijksuniversiteit
Groningen en
specialist regule-
ringseconomie bij de
Autoriteit Consument
en Markt

1 UITPUTBARE ENERGIEVOORRADEN

Energie-economie heeft van oudsher aandacht voor de optimale winning van uitputbare energievoorraden als olie, kolen en gas. De theoretische bijdrage van Hotelling (1931) ligt aan de basis van de optimale-depletietheorie, die uitgaat van het idee dat een energiebedrijf de winning van een eindige voorraad energie in de tijd zodanig verdeelt dat de contante waarde van de winst over de gehele winningsperiode wordt gemaximaliseerd. De theorie van Hotelling stelt dat hierdoor de prijs van een uitputbare energievoorraad in de tijd toeneemt met de voor de bedrijven relevante rentevoet. Mocht de verwachte prijs minder toenemen, dan is het voor het bedrijf immers gunstiger de huidige productie te verhogen, zodat een hoger rendement kan worden behaald dan wanneer winning wordt uitgesteld. Door deze reactie neemt de huidige prijs af en de toekomstige prijs toe totdat de prijsontwikkeling gelijk is aan de rentevoet. De energieprijs neemt in deze theorie toe tot de kosten van de zogenaamde *backstop*, ofwel een alternatieve energiebron zoals bijvoorbeeld zonne-energie. Het bestaan van een alternatieve bron betekent dat de depletie wordt geoptimaliseerd over de periode tot aan het moment dat de prijs van deze bron gelijk is aan de backstopprijs.

De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.



wel een bruikbaar raamwerk om het gedrag te begrijpen van bedrijven die hun eindige energievoorraden zo optimaal mogelijk willen winnen (Chermak *et al.*, 2001). Dit raamwerk is ook relevant om bijvoorbeeld de invloed van hernieuwbare energie op de depletie van uitputbare bronnen te begrijpen. De interessante conclusie die hieruit volgt is namelijk dat wanneer hernieuwbare energie naar verwachting goedkoper wordt (dat wil zeggen dat de backstopprijs daalt), de winning van uitputbare bronnen toeneemt. Alle inspanningen om duurzame energie goedkoper te maken, hebben dus mede als gevolg dat fossiele energie goedkoper wordt, wat de transitie naar een hernieuwbare energievoorziening compliceert.

Chermak, J.M. en R.H. Patrick (2001) A microeconomic test of the theory of exhaustable resources. *Journal of Environmental Economics and Management*, 42(1), 82–103.

Hotelling, H. (1931) The economics of exhaustable resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.

Medlock III, B. (2011) The economics of energy supply. In: Evans, J. en L.G. Hunt, *International Handbook on the Economics of Energy*. Cheltenham: Edward Elgar, 51–72.

2 ENERGIE-EFFICIËNTIE EN REBOUNDEFFECT

Een efficiënt gebruik van energie is van belang voor de productiviteit van met name energie-intensieve bedrijven en kan daarnaast helpen om negatieve milieueffecten en de afhankelijkheid van derde energie-exporterende landen te verminderen. De inzet van energie per eenheid product kan worden gezien als een afgeleide vraag die met name afhangt van de kenmerken van de ingezette kapitaalgoederen (Wei, 2003). Dit gegeven betekent dat de energie-efficiëntie doorgaans toeneemt in een opgaande conjunctuur wanneer er meer wordt geïnvesteerd in nieuwe, energiezuinige kapitaalgoederen. Economische groei en vermindering van milieubelasting gaan in dit opzicht dus goed samen.

Verhoging van de energie-efficiëntie betekent echter niet per sé dat het energieverbruik in absolute zin afneemt. Dit komt onder andere door het bestaan van reboundeffecten. Het directe reboundeffect bestaat uit de grotere vraag naar een dienst omdat deze door de lagere energiekosten per eenheid product goedkoper is geworden. Dit effect wordt globaal op een derde van de initiële besparing geschat (Sorrel, 2011). Het indirecte reboundeffect bestaat uit de energie die benodigd is om de efficiëntere nieuwe kapitaalgoederen te produceren en de toename in het energiegebruik door meso- en macro-economische effecten, zoals een groter belang van een sector in de economie of toegenomen export door een energie-intensieve bedrijfstak. Schattingen naar de omvang van dit effect lopen sterk uiteen, maar het algemene beeld is dat dit indirecte effect substantieel is en vaak meer dan vijftig procent van de initiële besparing bedraagt. Het is zelfs mogelijk dat per saldo de energiebesparing negatief wordt – de zogenaamde *backfire* –, namelijk als consumenten het bespaarde geld aan andere, energie-intensievere activiteiten gaan besteden (Druckman *et al.*, 2011). Het bestaan van reboundeffecten betekent dat energiebesparingsbeleid minder effectief is in het verminderen van energiegebruik dan vaak wordt gedacht.

Druckman, A., M. Chitnis, S. Sorrell en T. Jackson (2011) Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households. *Energy Policy*, 39(6), 3572–3581.

Sorrel, S. (2011) The rebound effect: definition and estimation. In: Evans, J. en L.G. Hunt, *International Handbook on the Economics of Energy*. Cheltenham: Edward Elgar, 199–233.

Wei, C. (2003) Energy, the stock market and the putty-clay investment model. *American Economic Review*, 93(1), 311–323.

3 HANDEL IN ENERGIE

Sinds eind jaren negentig zijn energiemarkten wereldwijd geliberaliseerd, waaronder in de landen van de EU. Dit heeft ertoe geleid dat gas en elektriciteit op beurzen verhandelbare goederen zijn geworden. Met name elektriciteitsprijzen hebben een enorme beweeglijkheid laten zien door de inelasticiteit van vraag naar en aanbod van elektriciteit op korte termijn. Het continu beprijsen van gebruik en aanbod van elektriciteit maakt consumenten bewust van de kosten van consumptie en maakt de vraag naar elektriciteit elastischer waardoor kortetermijn-prijsfluctuaties kleiner worden. Het faciliteren van handel in langetermijn-leveringscontracten reduceert de druk op de korte termijn en beperkt daarmee eveneens de prijsbeweeglijkheid (Borenstein, 2002). De hoge mate van prijsbeweeglijkheid van elektriciteitsprijzen verklaart de voorkeur van investeerders voor beleidsinstrumenten als feed-in marges die eigenaren van duurzame energiebronnen het verschil vergoeden tussen een afgesproken leveringstarief en de variërende marktprijs, waardoor de prijsonzekerheid gereduceerd wordt (Bürer *et al.*, 2009).

De toegenomen verhandelbaarheid van energie trekt ook andere spelers aan dan energiebedrijven en -consumenten. De invloed op prijzen door investeerders blijft beperkt tot meer prijsfluctuatie op de korte termijn. Investeerders, zoals indexbeleggers en vermogensbeheerders, hadden bijvoorbeeld een significante invloed op de hoogte van de olieprijs in 2008 en ook in de prijsval daarna. Er is echter geen bewijs dat prijsfluctuaties op lange termijn worden beïnvloed door de aanwezigheid van investeerders in energiemarkten (Singleton, 2014).



De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.

De energiemarkten van landen in de Europese Unie zijn fysiek met elkaar verbonden door elektriciteitsnetwerken en gasleidingen, waardoor handel in energie tussen landen mogelijk is. Bedrijven kunnen prijsverschillen tussen landen exploiteren, waardoor elektriciteits- en gasprijzen in Europese landen convergeren en prijsbeweeglijkheid afneemt, al blijven duidelijke regionale prijsverschillen bestaan (Bunn *et al.*, 2010).

Borenstein, S. (2002) The trouble with electricity markets: understanding California's restructuring disaster. *The Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 191–211.

Bunn, D.W. en A. Gianfreda (2010) Integration and shock transmissions across European electricity forward markets. *Energy Economics*, 32(2), 278–291.

Bürer, M.J. en R. Wüstenhagen (2009) Which renewable energy policy is a venture capitalist's best friend? Empirical evidence from a survey of international cleantech investors. *Energy Policy*, 37(12), 4997–5006.

Singleton, K.J. (2014) Investor flows and the 2008 boom/bust in oil prices. *Management Science*, 60(2), 300–318.

4 REGULERING NETWERKEN

Gas- en elektriciteitsmarkten zijn netwerksectoren, want het transport kan alleen via netwerken plaatsvinden. Deze netwerken vormen natuurlijke monopolies, omdat het niet efficiënt is deze te dupliceren. De winning van gas, de productie van elektriciteit en de handel in deze energiedragers vinden op markten plaats waar sprake is van vrije toe- en uitreding met prijzen die door vraag en aanbod worden bepaald. Vanwege het monopolie-karakter van de netwerken wordt regulering daarvan als gewenst gezien. Deze wens wordt vanuit de *public interest*-theorie onderbouwd door te wijzen op het marktfalen vanwege het natuurlijke monopolie. Dit is een normatieve, economische theorie die regulering alleen als gewenst ziet als de maatschappelijke baten hoger zijn dan de maatschappelijke kosten. De Chicago-theorie daarentegen wijst op de invloed van lobbygroepen en de belangen die politici hebben om aan de wensen van verschillende maatschappelijke groepen tegemoet te komen (Hantke-Domas, 2003). De waarde van deze theorie is dat het de werkelijke vormgeving van regulering wil verklaren, terwijl de public interest-theorie gericht is op het ontwerpen van de optimale regulering.

In beide benaderingen is er aandacht voor het tarief dat netwerkgebruikers dienen te betalen. De kernvraag hier is hoe te komen tot een tarief dat voor zowel netbeheerders als netgebruikers acceptabel is – vanwege het maatschappelijk draagvlak – en dat de netbeheerder bovendien prikkelt om zo efficiënt mogelijk te opereren – vanwege het streven naar een maatschappelijk optimale uitkomst. Een belangrijke bijdrage is het werk van Shleifer (1985) die als de uitvinder van maatstafregulering kan worden gezien. Deze vorm van regulering houdt in dat het gewenste tarief voor het netwerkgebruik wordt gebaseerd op de kosten van een groep van vergelijkbare netwerken. Hiermee wordt bereikt dat het tarief een relatie heeft met de kosten, zodat de netbeheerders gemiddeld genomen hun kosten vergoed krijgen, terwijl afzonderlijke beheerders een prikkel hebben hun kosten te verlagen. Dat deze elegante manier van regulering slechts in beperkte mate is ingevoerd, zoals in Nederland (Dijkstra *et al.*, 2013), komt

onder meer omdat het lastig is een groep van vergelijkbare netbeheerders te vinden. In plaats daarvan wordt veel gewerkt met kwantitatieve methoden om de efficiëntie van een energienetbeheerder te bepalen ten opzichte van de meest efficiënte techniek (Haney *et al.*, 2009).

Dijkstra, P., M. Haan en M. Mulder (2013) Samenspanning bij maatstafconcurrentie. *ESB*, 98(4669), 590–593.

Haney, B. en M. Pollitt (2009) Efficiency analysis of energy networks; an international survey of regulators. *Energy Policy*, 37(12), 5814–5830.

Hantke-Domas, M. (2003) The public interest theory of regulation: non-existence or misinterpretation? *European Journal of Law and Economics*, 15, 165–194.

Shleifer, A. (1985) A theory of yardstick regulation. *Rand Journal of Economics*, 16(3), 319–327.

5 CONSUMENTENMARKT

De liberalisering van energiemarkten maakt het voor consumenten mogelijk om de eigen leverancier en het type contract te kiezen. De mate waarin consumenten daar gebruik van maken verschilt sterk. Yang (2014) vindt voor Denemarken dat circa tien procent van de consumenten nooit van energieleverancier wil veranderen; circa veertig procent is bereid om dat wel te doen, terwijl circa vijftig procent passief is. Uit zijn onderzoek blijkt dus dat minder dan de helft van de consumenten actief gebruikmaakt van keuzemogelijkheden, iets wat ook geldt voor bijvoorbeeld de Nederlandse energiemarkt (ACM, 2013). Uit onderzoek van Ofgem (2011) blijkt dat gedragseconomische factoren, zoals verliesaversie, dit gedrag mede kunnen verklaren. Een competitieve retail-energiemarkt leidt alleen tot voordelen als het marktontwerp erop gericht is om consumenten adequaat te laten participeren (Swadley *et al.*, 2011). Wicker *et al.* (2013) tonen bovendien aan dat alleen de consumenten die bezorgd zijn over de gevolgen van klimaatverandering, bereid zijn om hun energieconsumptie te veranderen.

ACM (2013) *Tendrapportage marktwerking en consumentenvertrouwen in de energiemarkt*. April en november. Den Haag: ACM.

Ofgem (2011) *What can behavioural economics say about GB energy consumers?* Londen: Office of Gas and Electricity Markets.

Swadley, A. en M. Yücel (2011) Did residential electricity rates fall after retail competition? A dynamic panel analysis. *Energy Policy*, 39(12), 7702–7711.

Wicker, P. en S. Becken (2013) Conscientious vs. ambivalent consumers: do concerns about energy availability and climate change influence consumer behaviour? *Ecological Economics*, 88, 41–48.

Yang, Y. (2014) Understanding household switching behavior in the retail electricity market. *Energy Policy*, 69(june), 406–414.

6 DUURZAME ENERGIE

De energiesector verandert momenteel sterk door de groei in het aanbod van duurzame energie. De toename van het aantal windmolens en zonnepanelen leidt tot verdringing van elektriciteitsproductie uit met name gas. Dagelijks wordt het aanbod van elektriciteitsproducenten op prijs gerangschikt (de zogenaamde *merit-order*) en wordt de



productie toegewezen aan eerst de producent met de laagste prijs, dan die met de op een na laagste prijs enzovoort, totdat de totale vraag aan producenten is toegewezen. Windmolens en zonnepanelen staan vooraan in de merit-order, omdat zij geen brandstofkosten kennen en daarom lagere prijzen kunnen vragen dan bijvoorbeeld gas- en kolencentrales. Het gevolg is dat de toename van het aanbod van duurzame energie heeft geleid tot een daling van elektriciteitsprijzen (Paraschiv *et al.*, 2014). In 2012 was in Duitsland de elektriciteitsprijs gemiddeld 10 euro per MWh lager (20 procent) door het aanbod van duurzame energie dan wanneer er geen productie uit wind en zon zou zijn geweest (Cludius *et al.*, 2014). Dit effect lijkt positief voor de energiemarkt, maar dit leidt tegelijkertijd tot problemen, omdat de winstgevendheid van (traditionele) energiebedrijven die elektriciteit produceren uit gas en kolen onder druk komt te staan, terwijl duurzame producenten afhankelijk zijn van subsidies (feed-in tarieven) waarvan de kosten erg hoog en wellicht (voor consumenten) ondraagbaar worden. Daarnaast maakt de variabiliteit van wind- en zonnenergie het beheer van de stroomnetwerken lastiger.

Cludius, J., H. Hermann, F.C. Matthes en V. Graichen (2014) The merit order effect of wind and photovoltaic electricity generation in Germany 2008–2016: estimation and distributional implications. *Energy Economics*, 44(july), 302–313.

Paraschiv, F., D. Erni en R. Pietsch (2014) The impact of renewable energies on EEX day-ahead electricity prices. *Energy Policy*, 73(C), 196–210.

7 KLIMAATBELEID

Het internationale klimaatbeleid is gebaseerd op de gedachte van de Verenigde Naties dat alle landen moeten meedoen om zowel free-riding te voorkomen als de kosten te kunnen minimaliseren (VN, 1998). De afgelopen twintig jaar heeft dit via complexe onderhandelingen op basis van een raamverdrag (UFNCCC) het Kyoto-protocol opgeleverd, dat de meeste industrielanden bindt aan gekwantificeerde emissiereductiedoelstellingen voor broeikasgassen, terwijl de ontwikkelingslanden in het systeem worden betrokken

door de trading-optie. Dat laatste houdt in dat landen met verplichtingen de mogelijkheid wordt gegeven elders gerealiseerde emissiereducties via een certificatenstelsel te benutten om aldus de totale kosten te beperken. Tot dusverre zijn circa 7.500 hierop gerichte projecten goedgekeurd voor uitvoering in diverse ontwikkelingslanden. De periode waarvoor de reductiedoelstellingen waren bepaald – 2008–2012 – is na succesvolle onderhandelingen in Doha inmiddels verlengd tot 2020. Hoewel het aantal deelnemende landen in vergelijking met het Kyoto-protocol geringer is, zijn de ambities voor de nog wel deelnemende landen groter geworden.

Over het succes van het Kyoto-protocol wordt verschillend gedacht. De kwantitatieve doelen hebben redelijk gewerkt, in die zin dat deelnemende landen aan emissiereducties hebben gewerkt; de trading-optie evenzeer. Kritische punten echter zijn dat de Verenigde Staten en enkele andere industrielanden niet deelnamen, het vrij zwakke handhavingsregime, en het feit dat de snelst groeiende ontwikkelende economieën zoals China, India en Brazilië, geen serieuze verplichtingen werden opgelegd. Deze beperkingen van het protocol zijn nadelig voor zowel de effectiviteit als de efficiëntie van het klimaatbeleid (PBL, 2011).

De onderhandelingen over het klimaatbeleid na 2020 zijn nog gaande en verlopen moeizaam. Dit moeizame verloop heeft direct te maken met het gevangenendilemma: een land dat emissies reduceert moet de kosten daarvan volledig zelf dragen, terwijl de baten over de hele wereld worden verspreid (Barrett, 2007). De moeizame voortgang van onderhandelingen maakt dat in het toekomstige regime mogelijk minder aandacht komt voor gekwantificeerde reductiedoelstellingen, meer aandacht voor de inzet van bredere beleidspakketten op basis van vrijwilligheid bij zowel industrie- als ontwikkelingslanden, betere integratie van klimaatbeleid in nationale ontwikkelingsstrategieën en meer aandacht voor internationale technologie-overdrachten, al dan niet in combinatie met financiële steun, ook voor klimaatadaptatie (Van der Gaast en Begg, 2012).

Barrett, S. (2007) *Why cooperate? The incentive to supply global public goods*. Oxford: Oxford University Press.

Gaast, W. van der, en K. Begg (2012) *Challenges and solutions for climate*

De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.

change. Londen: Springer-Verlag.

PBL (2011) *Climate policy after Kyoto. Analytical insights into key issues in the climate negotiations*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

VN (1998) *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on climate change*. Washington DC: Verenigde Naties.

8 LEVERINGSZEKERHEID

Bij leveringszekerheid gaat het om de combinatie van niet-onderbroken beschikbaarheid van energie en afwezigheid van extreme prijsvolatiliteit. Het internationale energieagentschap IEA heeft leveringszekerheid gekwantificeerd via zijn Model of Short-term Energy Security (MOSES) (IEA, 2014). Dit model beschrijft de afhankelijkheden van landen en sectoren van verschillende primaire energiedragers – olie, kolen en gas – en secundaire brandstoffen. Met dit model kan zowel de kwetsbaarheid voor verstoringen in het energieaanbod als de flexibiliteit van energiegebruikers worden verkend. De modelresultaten kunnen worden gebruikt bij de bepaling van de behoefte aan extra investeringen in grensverbindingen of opslagen.

De mate waarin markten in staat zijn om leveringszekerheid te garanderen verschilt per energievorm. Bij brandstoffen die op diverse manieren getransporteerd kunnen worden – schepen, vrachtwagens – hangt de leveringszekerheid meer af van het al dan niet bestaan van knelpunten bij productie – zoals raffinagecapaciteit. Als energie getransporteerd wordt via netwerken hangt de leveringszekerheid mede af van de kenmerken van de netwerken. Een actueel voorbeeld hiervoor vormt de afhankelijkheid van diverse Midden-Europese landen van Russisch gas omdat hun infrastructuur op import van gas uit Rusland is gebaseerd.

Omdat de meeste energienetten een natuurlijk monopolie vormen, worden deze gereguleerd (zie punt 4). Hoewel die regulering de vrije toegang tot de netten tracht te garanderen, kunnen er toch, bijvoorbeeld vanwege fysieke beperkingen of onderinvestering, situaties ontstaan waarin de leveringszekerheid via beperkte nettoegang wordt bedreigd, zoals bijvoorbeeld momenteel dreigt in de Belgische elektriciteitsmarkt waar binnenlandse centrales uitvallen en de importverbindingen niet voor voldoende vervanging kunnen zorgen.

In het algemeen geldt dat een betere marktwerking meer leveringszekerheid oplevert. Dit verklaart waarom bijvoorbeeld de Europese Commissie aandacht geeft aan netintegratie en investeringen in transport en opslag, en verder tracht de marktwerking verder te verbeteren (EC, 2014). Marktspelers kunnen de leveringszekerheid echter aantasten als zij de markt kunnen manipuleren. In het verleden zijn er tal van voorbeelden waar met opzet kunstmatige schaarste en dus prijsopdriving tot stand is gebracht – bijvoorbeeld de Californiëcrisis 2000–2001. Recente ontwikkelingen op de Europese elektriciteitsmarkt laten zien dat meer concurrentie en vrije toegang op de energiemarkten de dreiging van dit soort marktgedrag kan verminderen (Mulder, 2014).

EC (2014) *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council*. Brussel: Europese Commissie.

IEA (2011) *The IEA model of short-term energy security; primary energy sources and secondary fuels*. IEA Working Paper op www.iea.org.

De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.

Mulder, M. (2014) Competition in the Dutch electricity wholesale market: an empirical analysis over 2006–2011. *The Energy Journal*, 36(2), te verschijnen.

9 SYSTEEMINTEGRATIE

Via diverse technologieën kan energie in allerlei vormen worden geconverteerd. Primaire bronnen – fossiel, hernieuwbaar en nucleair – kunnen worden omgezet in stroom, warmte, beweging, straling of materie. Voorheen was de dominante conversie die van afzonderlijke fossiele basisgrondstoffen – kolen, olie en gas – in warmte en stroom. Door de opkomst van hernieuwbare energie zijn de conversiemogelijkheden aanzienlijk toegenomen, waarmee nieuwe optimaliseringsmogelijkheden ontstaan. Een typisch voorbeeld hiervan is de omzetting van hernieuwbare energie in stroom en vervolgens, op basis van elektrolyse, in gas. Door dit soort uitwisseling ontstaat er een complexere verbinding tussen bijvoorbeeld energie in de vorm van gas of vloeistof, stroom, warmte of anderszins. Het optimaliseren – in technische, economische, regeltechnische en maatschappelijke zin – van het totale conversiepotentieel in finale energie noemt men energiesysteemintegratie.

Energiesysteemintegratie wordt naar verwachting belangrijker op zowel het niveau van bijvoorbeeld individuele huishoudens en bedrijven – via bijvoorbeeld slimme meters en warmtepompen – als het niveau van bijvoorbeeld bedrijvenparken – via bijvoorbeeld uitwisseling van stroom, gas en warmte door quasi-gesloten onderlinge netten – en natuurlijk ook op veel grotere schaal zoals bijvoorbeeld het Noordzeegebied, waar getracht wordt de windenergie en de fossiele energie in de optimale mix te integreren, te transporteren en op te slaan.

Een belangrijk gevolg van de systeemintegratie is dat ook in de ontwikkeling van de energienetwerken een betere onderlinge afstemming is vereist. Op wetenschappelijk niveau is sprake van een groot aantal nieuwe modelontwikkelingen die op verschillende aggregatieniveaus via simulatie de optimale integratie van het energiesysteem, de netwerken en de additionele diensten kunnen bepalen (Kroposki *et al.*, 2012; Verzijlbergh *et al.*, 2014).

Kroposki, B., B. Garrett, S. Macmillan *et al.* (2012) *Energy systems integration: a convergence of ideas*. Technical Paper. Oak Ridge: U.S. Department of Energy/National Renewable Energy Laboratory.

Verzijlbergh, R.A., L.J. de Vries, G.P.J. Dijkema en P.M. Herder (2014) *A note on system integration to support a renewable energy system*. Delft: Delft University of Technology.

10 EMISSIEHANDEL

Er zijn twee verschillende benaderingen om de emissies van bijvoorbeeld CO₂ te verminderen: door te beprijsen en door regelgeving (Tietenberg, 2006). De eerste benadering leidt tot efficiëntere uitkomsten, want bedrijven en consumenten behouden dan de vrijheid om zelf te kiezen hoeveel ze willen reduceren en welke reductietechnieken ze willen toepassen. Deze benadering is gestoeld op Pigou (1920) die beargumenteerde dat negatieve externe effecten – zoals emissies – beprijsd moeten worden en wel zo dat de

marginale heffing gelijk is aan de marginale kosten. Het nadeel van deze methode is dat er onzekerheid bestaat over de omvang van het effect. Bij de tweede benadering, via regelgeving, is deze onzekerheid er niet, maar hier bestaat het risico dat de naleving van de regels tot onnodig hoge kosten leidt. Het vernieuwende inzicht om de voordelen van beide systemen te combineren kwam van Coase (1960). Hij stelde dat (eigendoms)rechten tot het genereren van negatieve externaliteiten, zoals milieuvervuiling, als productiefactoren moeten worden gezien. Door deze rechten expliciet te maken en bovendien verhandelbaar, kan de markt ervoor zorgen dat ze efficiënt worden gebruikt. Door onder meer Baumol en Oates (1971) is dit idee vertaald in een theorie over emissiehandel, waarbij het milieueffect bepaald wordt door het emissieplafond, terwijl de allocatie van rechten over de deelnemers alleen van belang is voor de handel.

Aanvankelijk is emissiehandel, in zowel de VS als Europa, vooral geïntroduceerd voor de kosteneffectieve bestrijding van luchtvervuiling, maar in 2005 introduceerde de EU een Europees systeem voor de handel in CO₂-emissierechten (EU ETS). In dit stelsel worden circa 13.000 bedrijfseenheden

jaarlijks gebonden aan een gezamenlijk emissieplafond. Individuele tekorten of overschotten kunnen op een Europese certificatenmarkt worden verhandeld. Tot dusverre zijn de prijzen van deze certificaten erg laag, zodat daar vrijwel geen prikkel van uitgaat om minder uit te stoten. Factoren waarom dit zo is, zijn onder meer de te ruime initiële toewijzing van de plafonds en de economische neergang, waardoor de vraag naar emissierechten afnam, maar ook de ruime subsidies voor hernieuwbare energie (zie punt 6), waardoor er eveneens minder behoefte aan rechten is. Dit laatste punt toont aan dat de introductie van emissiehandel de effecten van andere beleidsinstrumenten teniet kan doen.

Baumol, W.J. en W.E. Oates (1971) The use of standards and prices for protection of the environment. *Swedish Journal of Economics*, 65(2), 421–445.

Coase, R. (1960) The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3(oct), 1–44.

Pigou, A.C. (1920) *The economics of welfare*. Londen: Macmillan.

Tietenberg, T.H. (2006) *Emissions trading; principles and practices*. Washington, DC: Resources for the Future.



ESB canon van de economie

Onderwijseconomie ♦ **Monetaire economie** ♦ **Internationale en ontwikkelingseconomie**

♦ **Ondernemerschap** ♦ **Woningmarkt** ♦ **Innovatie** ♦ **Arbeidsmarkt** ♦ **Openbare financiën** ♦ **Economische Geschiedenis**

♦ **Energie** ♦ **Pensioenen** ♦ **Personeel & Organisatie** ♦ **Financiële markten** ♦ **Gedrag** ♦ **Sociale zekerheid**

♦ **Marktordening** ♦ **Governance** ♦ **Ruimtelijk** ♦ **Groei & Conjunctuur** ♦ **Marketing**

SINDS 1916

De auteur heeft verklaard dit artikel alleen te publiceren in ESB en niet elders te publiceren in wat voor medium dan ook. Het is wel toegestaan om het artikel voor eigen gebruik en voor publicatie op een intranet van de werkgever van de auteur aan te wenden.