



# Aard van technologische ontwikkeling: incrementeel of doorbraak?

**Prof. dr. Sjak Smulders**

UvT, Tilburg Sustainability Center

Seminar Netwerk Groene Groei

8 september 2015, Den Haag

# Groene Groei en Technologische Ontwikkeling: incrementeel of doorbraak?

Sjak Smulders

Tilburg Sustainability Centre,  
Department of Economics, Tilburg University

Bijeenkomst “Technologische ontwikkeling en groene groei”  
Seminar Netwerk Groene Groei, Den Haag 8 september 2015.

Soorten groei:

- **Economische Groei**: voortdurende toename van gemiddelde inkomen
- **Groene Groei**: samengaan van economische groei en milieuverbetering
- **Echte groei**: groei in gemiddelde inkomen dat is gemeten in welvaarts-termen (i p v in marktprijzen).

Is “groene groei” mogelijk?

- Theorie: JA, door substitutie en innovatie
- Praktijk: bedreigd door leakage, rebound, weinig ontkoppeling, externaliteiten

Conclusie van deze presentatie:

- **Relatieve groene groei**: substantieel minder vervuiling zonder substantieel minder groei
- “Relative groene groei” is nodig, mogelijk, en acceptabel
- maar vereist tijdig, permanent, en consistent beleid.

## Groene groei in concreto en in praktijk

### *Nodig*

Energie transitie  
Mest en nutriënten  
Minder verpakking en transport  
Ontbossing  
Grondgebruik  
Biodiversiteit

### *Praktijk*

Schaliegas, Kolen  
Schaalvergroting  
Internetwinkels  
Agrofuels  
Globalisering en landroof  
...

### *Conflict*

(schaal versus controle)  
  
(lokaal versus globaal)

NL → Kleine open economie.

- Voorbereiding op wat onherroepelijk gaat komen,
- voorkomen “stranded assets”

## Substitutie – technologie – instrumenten – gedrag

schoon i p v vuil

Probleem:

hogere kosten, ineffectief

innovatie verlaagt kosten van schoon  
maar innovatie zelf is duur  
(crowding out, leakage, rebound)

sociale kosten van innovatie  
zijn lager dan private kosten  
→ technologiebeleid

Probleem: interacties en imperfect beleid

bewustwording, slimme prikkels en lifestyles  
→ grotere markt en effectiever beleid

## 1. Substitutie

Produceer meer met minder vervuilende inputs.

Simpele model: prijs en substitutie, of inkomen en substitutie

D w z switch naar beschikbaar alternatief. “Abatement”  
Bijv voor energie transitie naar hernieuwbare energie.

Waarom duur?

- Huidige technologie niet voor niks in gebruik.
- Fossil episode.
- Schaalproblemen: hernieuwbare bronnen moeilijk op te schalen.
- Misschien een simpel investeringsprobleem: kost gaat voor de baat.
- Ineffectief vanwege waterbed-effect (“leakage”)

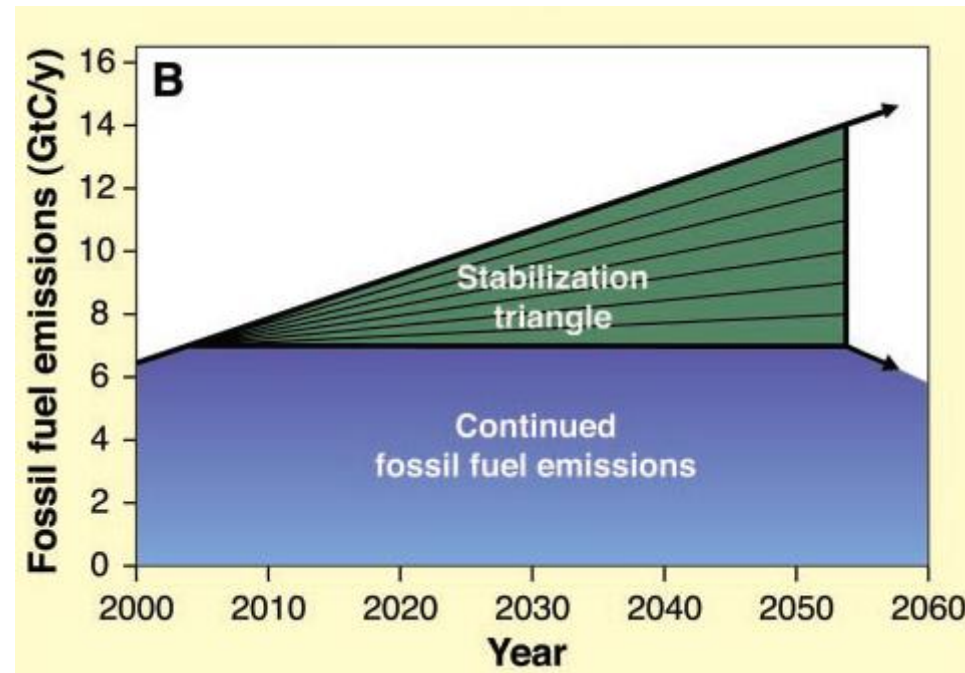
Misschien toch niet zo duur

- Lage ETS prijs voor CO<sub>2</sub>.
- Veel substitutie vindt al plaats – compositie en inkomenseffecten.
- Veel substitutiemogelijkheden kunnen worden aangesproken door beleid – stabilization wedges.
- weinig aanwijzingen voor grote waterbed effecten.

## De technologie voor CO<sub>2</sub> stabilisatie is er al!

Pacala en Sokolov 2004:

- Energie besparing (auto's, gebouwen, elektriciteitscentrales)
- Van kolen naar gas, wind, zon (en kernenergie).
- CCS
- Bosbeheer, conservation tillage.

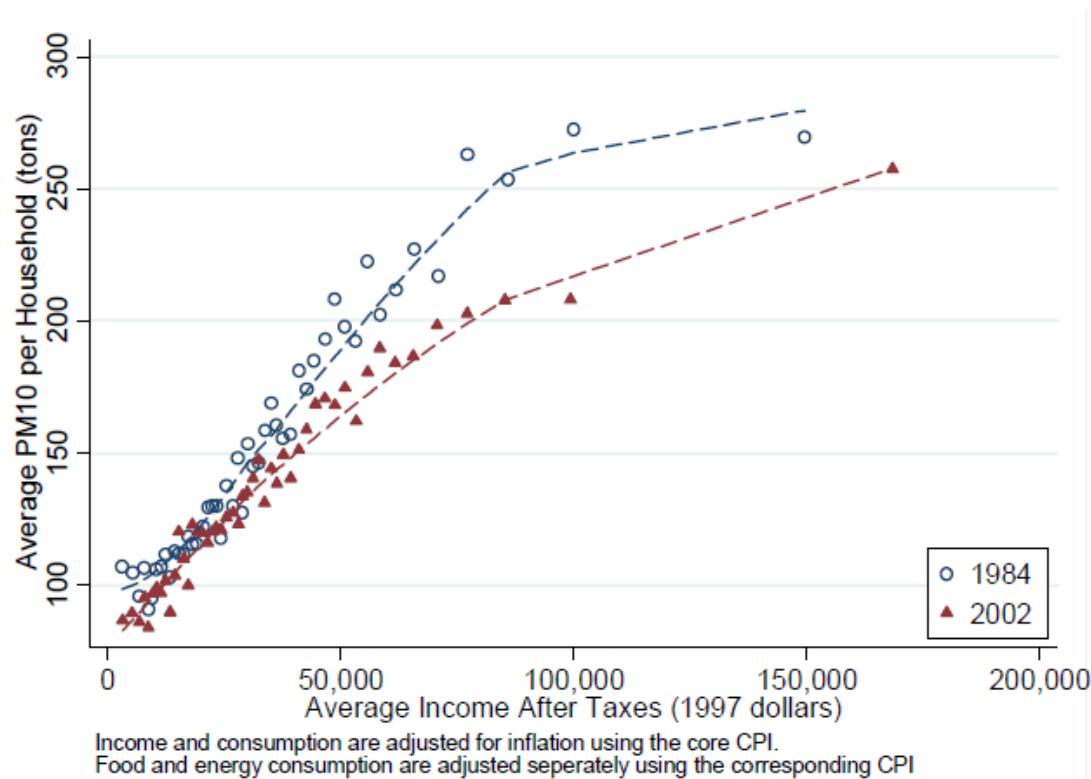


→ vereist substitutie → vereist beleid.

## Environmental Engel Curves

Richer households pollute more but less than proportionately. Reduction in Poll/\$ 50% due to income, 50% due to time shifts [i.e. aggregate shifts applying to all household income levels, due to prices and/or policies].

**Figure 2a. Pollution Embodied in Household Consumption and After-Tax Income**

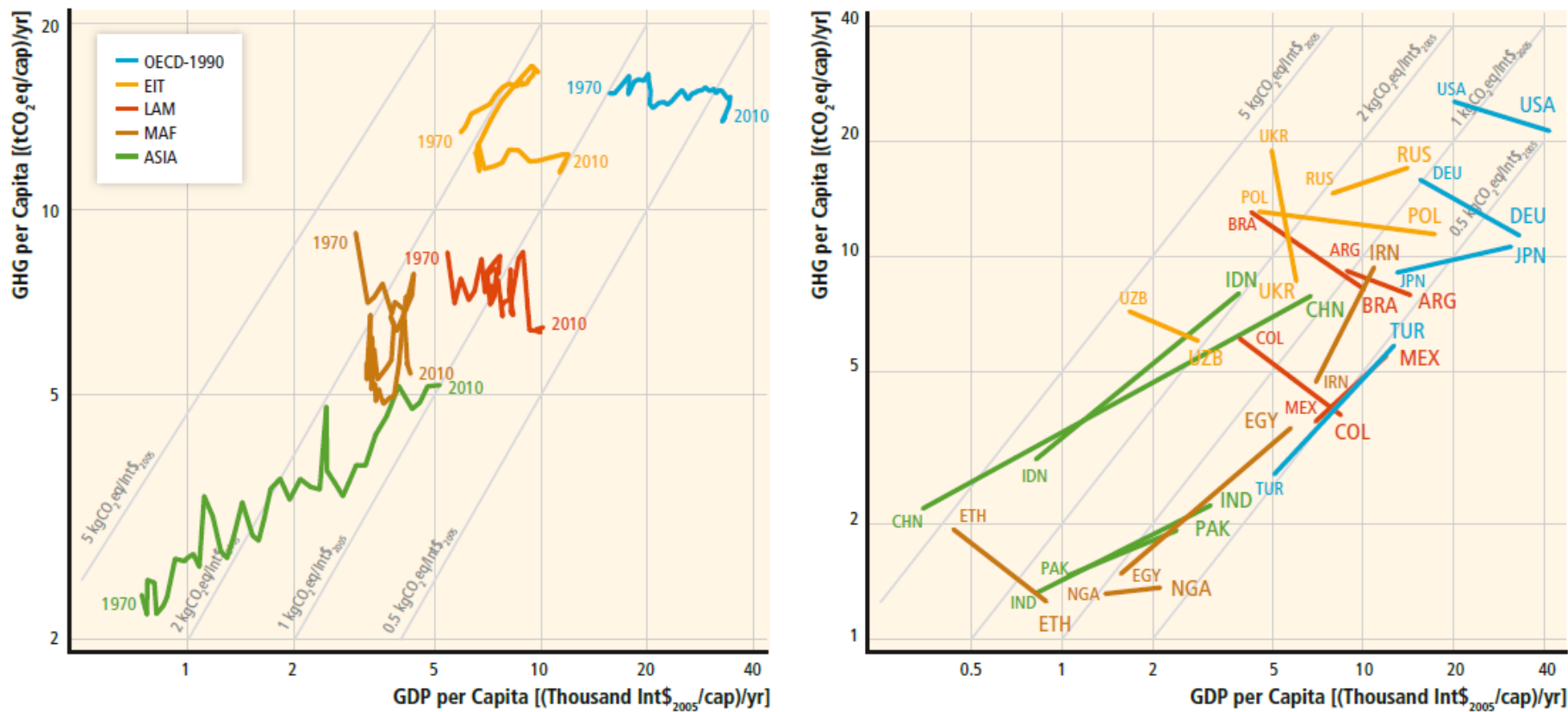


Bron: Levinson & O'Brien (2015)





# Ontkoppeling?



**Figure 5.12** | Regional trends in per capita production and GHG emissions (left panel), and for each region the four most populous countries in 2010 (right panel). Regions are defined in Annex II.2. Grey diagonals connect points with constant emission intensity (emissions/GDP). A shift to the right presents income growth. A flat or downwards line presents a decrease in energy intensity, 1971 and 2010. Right panel: The small labels refer to 1970, the large labels to 2010. The figure shows a clear shift to the right for some countries: increasing income at similar per capita emission levels. The figures also show the high income growth for Asia associated with substantial emissions increase. Data from JRC/PBL (2013) and IEA (2012).

(Bron: IPCC 2014)

## 2. Technologie

Technologische verandering maakt substitutie op lange termijn gemakkelijker en goedkoper.

## Puur techniek effect (Levinson 2015)

“From 1990 to 2008, pollution per dollar of output from US manufacturing declined by 64%–77%. More than 90% of this cleanup can be attributed to technique changes, directly.”

**Dus vervuiling daalt omdat iedere sector minder vervuult per toegevoegde waarde  
→ Puur techniek effect.**

Table 1. Pollution and Output from US Manufacturing

	1990 (1)	2008 (2)	Percentage Change (%) (3)	Change in Pollution per Dollar of Shipments (%) (4)
Manufacturing value shipped (2008 \$ billions)	\$4,076	\$5,491	+34.7	
Pollution (1,000 tons):				
SO <sub>2</sub>	3,541	1,235	-65	-74
CO	5,292	1,829	-65	-74
NO <sub>x</sub>	1,914	928	-52	-64
PM10	998	363	-64	-73
PM2.5	570	276	-52	-64
VOCs	2,094	656	-69	-77

Source.—NBER-CES Manufacturing Industry Database (<http://www.nber.org/nberces>) and EPA NEI.

Bron: Levinson 2015.

### Rol van technologie versus compositie effect (SO2 in US)

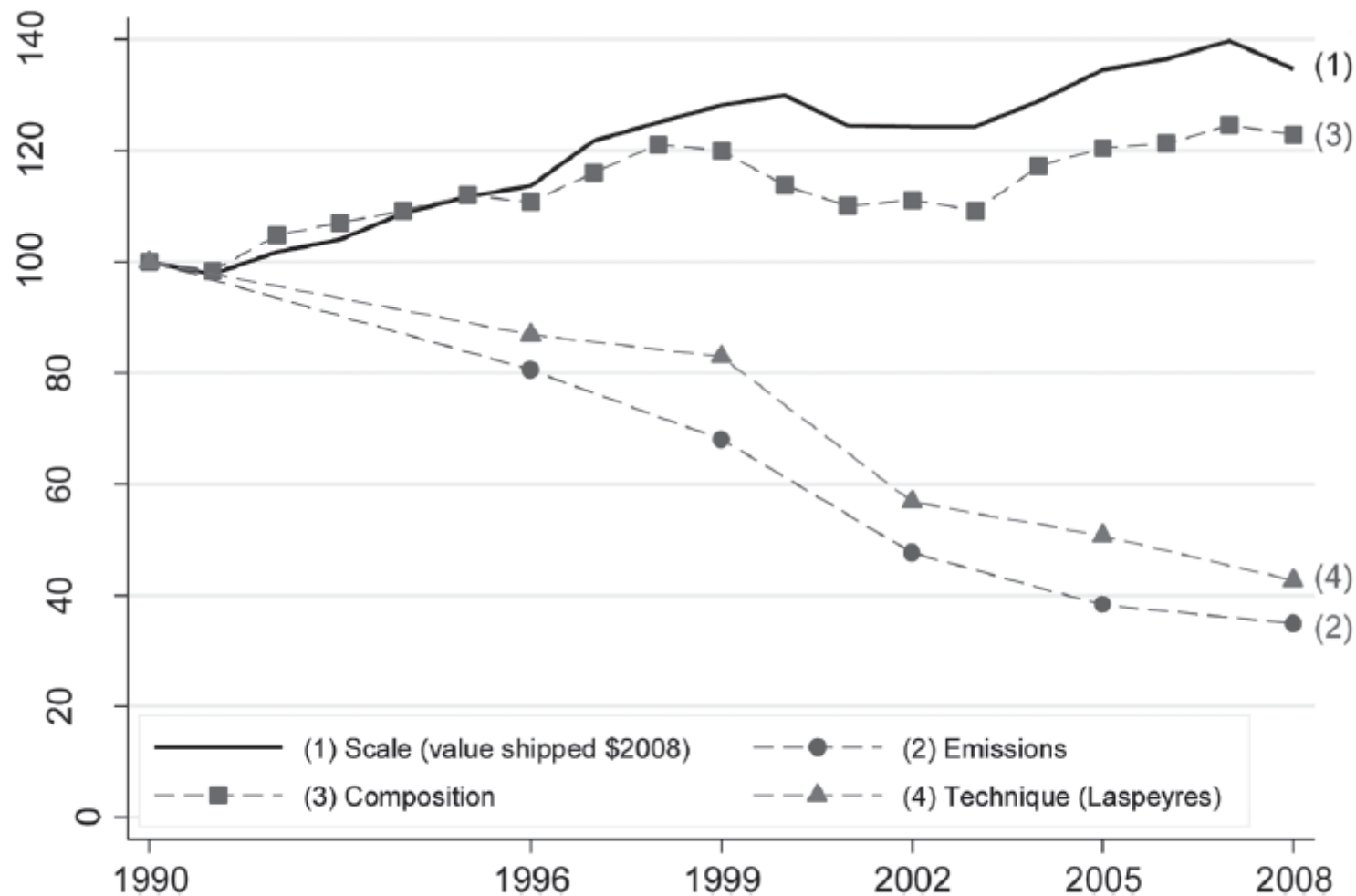


Figure 1. US manufacturing output and sulfur dioxide. Source: NBER-CES Manufacturing Industry Database (<http://www.nber.org/nberces>) and EPA NEI.

Bron: Levinson 2015.

## Hoe zit het met energie?

Energie intensiteit (Energie/Toegevoegde waarde) daalt

- Verschuiving naar landen met hoge energie intensiteit
- Verschuiving binnen landen naar sectoren met lage energie intensiteit
- Verschuiving binnen sectoren naar lagere energie intensiteit. → Technologie effect.

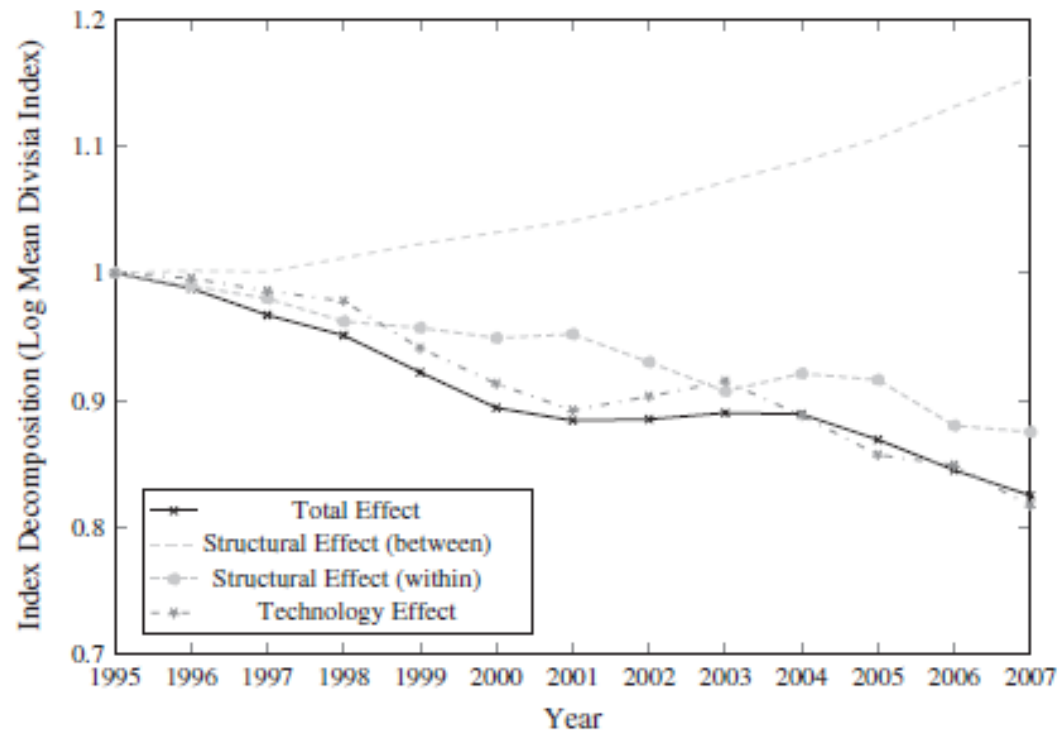


Fig. 11. Three factor LMDI decomposition of global energy intensity.

Voigt et al (2014).

## Techniek = technologie?

Het “techniek effect” komt voort uit een mix van

- substitutie (vervangen van inputs), en...
- ...technologie (productiviteit van de inputs).

← minder vervuiling door  
verandering prijs of inkomen

← minder vervuiling bij  
zelfde prijs en inkomen

Directe schatting van “technologie effect”?

Modelleerwijze:

- Milieuliteratuur: Partieel Evenwicht Kosten van emissie reductie dalen (shift MAC)
- IO modellen: Interactie tussen marktparticipanten: wie innoveert en wie koopt patent?
- Groeimodellen: Interactie gewone R&D en milieu R&D (Directed Technical Change).
- Transitie/General Purpose Technology: netwerken en paradigma-shifts

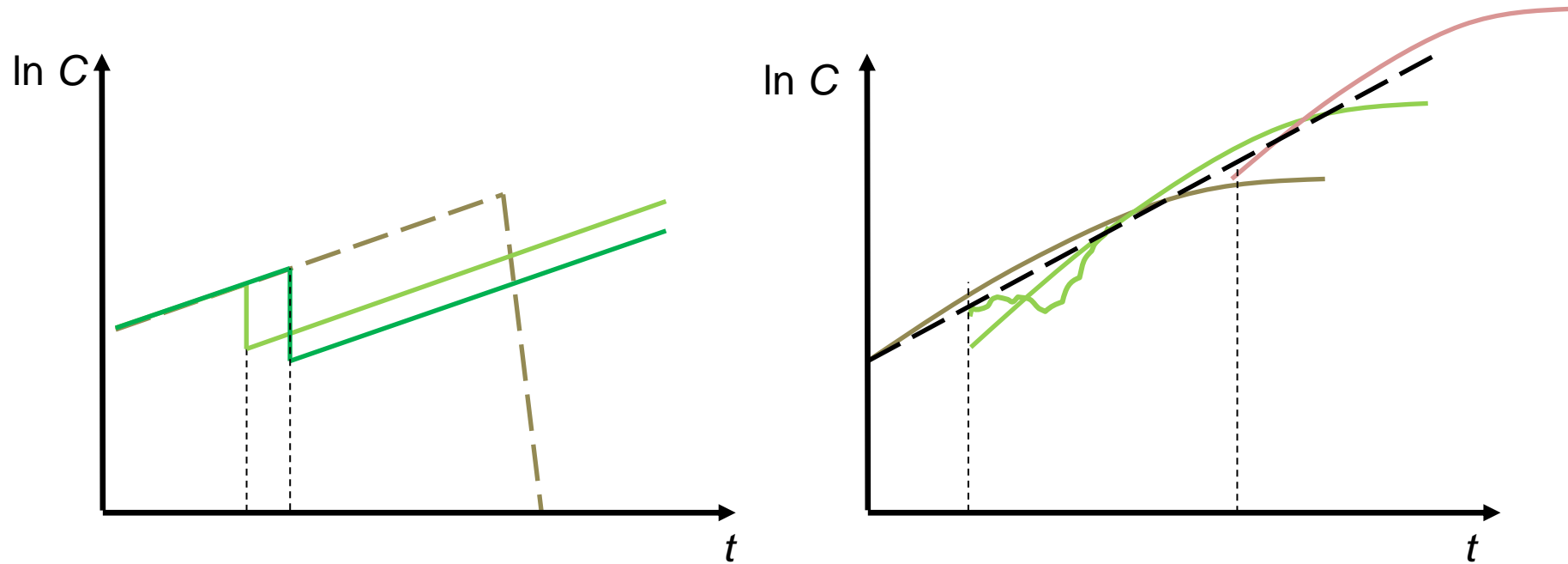
## Optimisten versus Pessimisten

Optimisten: tijdelijk milieubeleid maakt economie permanent “groen” zonder groei verlies op lange termijn (Acemoglu e.a. 2012)

Pessimisten:

afnemende innovatiemogelijkheden en andere externaliteiten → tragere groei.

Nieuwe GPT moet nieuwe impuls geven, maar de GPT hoeft niet pro-groen te zijn.





## Substitutie en innovatie zijn complementair.

Voorbeeld:

Historie: Transitie van hernieuwbare energie naar fossiel

Toekomst: Transitie van fossiel naar hernieuwbaar.

→ fossil episode.

Transitie is kostbaar vanwege oplopende kosten in hernieuwbaar (en constant kosten fossiel).

Theorie: Lagere lange termijn groei door transitie

innovatie moet verschuiven

van “normale” productiviteitsgroei

naar productiviteitsgroei in hernieuwbare energiesector.

Calibratie: Klein effect

omdat energieaandeel klein is en

omdat innovatie relatief goedkoop blijft.

Gerlagh, Greaker, Okullo, Smulders 2015.

## Hoe moeilijk is Groene innovatie?

Een studie met optimistische conclusies:  
groene innovaties creëren meer spillovers, gemeten naar patentcitaties.

Table 2: Mean number of citations

	Clean	Dirty	Diff.
Citations received	3.358 (9.186)	2.286 (5.922)	1.072*** [0.015]
Citations received within 5-years	1.863 (5.257)	1.070 (3.126)	0.793*** [0.008]

*Notes:* The first two columns report the mean values and standard deviation in parentheses. The last column is reports a t-test for the difference in means with the standard error in parentheses. \*\*\* indicates significance at 0.1% level.

Dechezlepretre et al 2013

## Wat drijft technologie?

### Private R&D kosten-batenanalyse:

- Omvang van de markt voor de innovatie (gemeten in waarde van de innovatie)
- Kosten van ontwikkeling van de technologie
- Kennisbasis “kennisspillovers” en “knowledge stock” (ervaring binnen en rondom innovator)
- Aanvullende patenten → GPTs, netwerk effecten.
- Toe-eigening (IPR, arbeidsmarkt, productmarkt)

### Empirie

- Noailly & Smeets (2015): marktomvang, fossiele brandstofprijzen, en kennis-ervaring belangrijk.
- Popp (2006): patenten voor SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> reductie volgen na **milieubeleid** in VS, Japan, Duitsland.

## Boemerang (“Rebound”)

In theorie: Produceer meer met een gegeven gebruik van hulpbronnen → groene groei.

$$\frac{\text{Vervuiling}}{\text{Productie}} \downarrow \Leftrightarrow \frac{\text{Productie}}{\text{Vervuiling}} \uparrow$$

Productiviteit van hulpbrongebruik neemt toe! → mogelijk probleem  
 → “rebound effect”: het wordt aantrekkelijker om vervuילend te produceren.  
 → mogelijkheid van “vervuiling-gebruikende technologische vooruitgang”

In praktijk:

- Veel “vervuiling-gebruikende technologische vooruitgang” in historie...
- ...maar niet waarschijnlijk in reactie op milieubeleid.

milieubeleid → geïnduceerde technologische verandering

- meer* vervuiling-besparende technologie → minder vervuiling
- minder* vervuiling-verbruikende technologie → minder vervuiling

- wel waarschijnlijker in een situatie met verstorende belastingen en interacterende externaliteiten.

(Smulders & Di Maria 2012)

### 3. Instrumenten

Subsidies: etc.

Instrumentkeuze:

- Tinbergen:
  - voor iedere externaliteit een instrument
- Heggedal (2008):
  - technologie subsidies naar rato van spillovers
  - Spillovers verschillen per sector maar zijn moeilijk te anticiperen
  - groene sector zal groeien in relatie tot niet-groene sector → groene innovatie genereert meer spillovers → groene technologie verdient meer subsidie.
- Vollebergh and Van der Werf (2014):
  - herwaardering van technologiestandaarden als instrument voor stimulering milieu innovatie.
  - Denk aan netwerk effecten en labeling.
- McAusland and Najjar (2014) Smulders and Vollebergh (2015):
  - herwaardering input en zelfs output belastingen als regulering.

## Energy efficiency policy – Market and Behavioral Failures

### **Potential Market Failures**

#### *Energy market failures*

- Environmental externalities
- Average-cost electricity pricing
- Energy security

#### *Capital market failures*

- Liquidity constraints

#### *Innovation market failures*

- Research and development (R&D) spillovers
- Learning-by-doing spillovers

#### *Information problems*

- Lack of information; asymmetric information
- Principal–agent problems
- Learning-by-using

### **Potential Behavioral Failures**

- Prospect theory
- Bounded rationality
- Heuristic decisionmaking

### **Potential Policy Options**

- Emissions pricing (tax, cap-and-trade)
- Real-time pricing; market pricing
- Energy taxation; strategic reserves

- Financing/loan programs

- R&D tax credits; public funding
- Incentives for early market adoption

- Information programs
- Information programs
- Information programs

- Education; information; product standards
- Education; information; product standards
- Education; information; product standards

Bron: Table 2 in Gillingham et al 2009

## 4. Gedrag

Micro: Labels, slimme meters en apps.

Macro: lifestyles en trends. Deeleconomie. Degrowth.

Verband met innovatie → markt creëren.

Voorbeelden:

- rol verwachtingen (Van der Meijden & Smulders 2014)
- second-best wereld. Versturende subsidies kunnen technologie-mechanisme pervers maken. “Misdirected technological change” (Smulders & Di Maria 2012).

## De rol van verwachtingen

Van der Meijden & Smulders 2014:  
*Fossil Lock-in en technologische verwachtingen*

Transitie in energieverbruik

Technologie staat centraal, gedreven door verwachtingen

Meerdere evenwichten.

1. Verwachting “Alternatieve energie niet commercieel”

- investeringen in conventionele energie-besparingen.
- geen prikkel om in alternatieve energie te investeren.
- self-fulfilling prophecy

2. Verwachting “Alternatieve energie binnenkort commercieel”

- stoppen met investeringen in conventionele energie-besparingen.
- alternatieve energie wordt commercieel.
- self-fulfilling prophecy

Simpele uitbreiding naar twee soorten technologie: incrementeel (energie besparing) versus radicaal (“haalbare” backstop).

Les: radicale technologie blijft mogelijk uit door verwachtingen → te hoge kosten.



## Conclusie: Incrementeel of radicaal?

Problematisch onderscheid incrementeel/radicaal.

Lock-in → *radicaal* beleid nodig voor omslag

Fossiel als ideale energiesoort → *permanent* beleid nodig

Uitputting van niet-geprijsde grondstoffen bron van winst → *alert en veelzijdig* beleid nodig

Innovaties komen in golven:

    huidige internet “GPT” kan milieubeleid duurder maken.

Innovaties zijn cumulatief:

    nu beginnen bindt de toekomst aan groene technologie en verdere innovatie  
    cumulatieve incrementele innovatie misschien ook basis voor radicale innovatie.

Incrementele innovaties tellen op → enorm potentieel

Radicale innovaties zijn onvoorspelbaar moeilijk stuurbaar,  
maar de succesvolle adoptie ervan kan gestuurd worden.

## Literature

- Gillingham, K., R. Newell, K. Palmer. 2009. Energy Efficiency Economics and Policy. RFF DP 09-13.
- Heggedal, T.R. (2008), “On R&D and the undersupply of emerging versus mature technologies”, Discussion Paper 571, Statistics Norway.
- Levinson, A. "A Direct Estimate of the Technique Effect: Changes in the Pollution Intensity of US Manufacturing 1990-2008" Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, forthcoming.  
<http://faculty.georgetown.edu/aml6/pdfs&zips/DirectEffect.pdf>
- Levinson, A. and J. O’Brien. 2015. Environmental Engel Curves.
- McAusland, Carol, Nouri Najjar. 2014. “Carbon Footprint Taxes.” Environmental and Resource Economics. DOI 10.1007/s10640-013-9749-5
- Noailly, J., & Smeets, R. 2015. Directing technical change from fossil fuel to renewable energy innovation: An application using firm-level patent data. Journal of Environmental Economics and Management 72 (2015), 15–37.
- Popp, D. 2006. International innovation and diffusion of air pollution control technologies: The effects of NOX and SO2 regulation in the U.S., Japan, and Germany, Journal of Environmental Economics and Management 51(1):46-71.
- Smulders, Sjak, and Corrado Di Maria. 2012. The Cost of Environmental Policy under Induced Technical Change.” CESifo working paper 3886. <http://www.cesifo-group.de/portal/pls/portal/docs/1/1217319.PDF>

- Smulders, Sjak, and Herman Vollebergh (2015). Choosing Corrective Taxes in the Presence of Administrative Cost. ENTRACTE.
- Van der Meijden, Gerard, and Sjak Smulders. 2014. “Carbon Lock-In: The Role of Expectations” Tinbergen Institute Discussion Paper 14-100/VIII.  
[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2475876](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2475876)
- Voigt, Sebastian, Enrica De Cian, Michael Schymura, Elena Verdolini. 2014. Energy intensity developments in 40 major economies: Structural change or technology improvement?” Energy Economics 41 (2014) 47–62.
- Vollebergh, H., and E. van der Werf, 'The role of standards in eco-innovation: lessons for policymakers', Review of Environmental Economics and Policy, 2014, 8(2), pp. 230-248.
- IPCC 2014. Blanco G., R. Gerlagh, S. Suh, J. Barrett, H. C. de Coninck, C. F. Diaz Morejon, R. Mathur, N. Nakicenovic, A. Ofosu Ahenkora, J. Pan, H. Pathak, J. Rice, R. Richels, S. J. Smith, D. I. Stern, F. L. Toth, and P. Zhou, 2014: Drivers, Trends and Mitigation. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.