

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- 6.1 Verschmutzung, Umweltpolitik und wirtschaftliches Wachstum
- 6.2 Rolle des technischen Fortschritts
- 6.3 Environmental Kuznets Curve

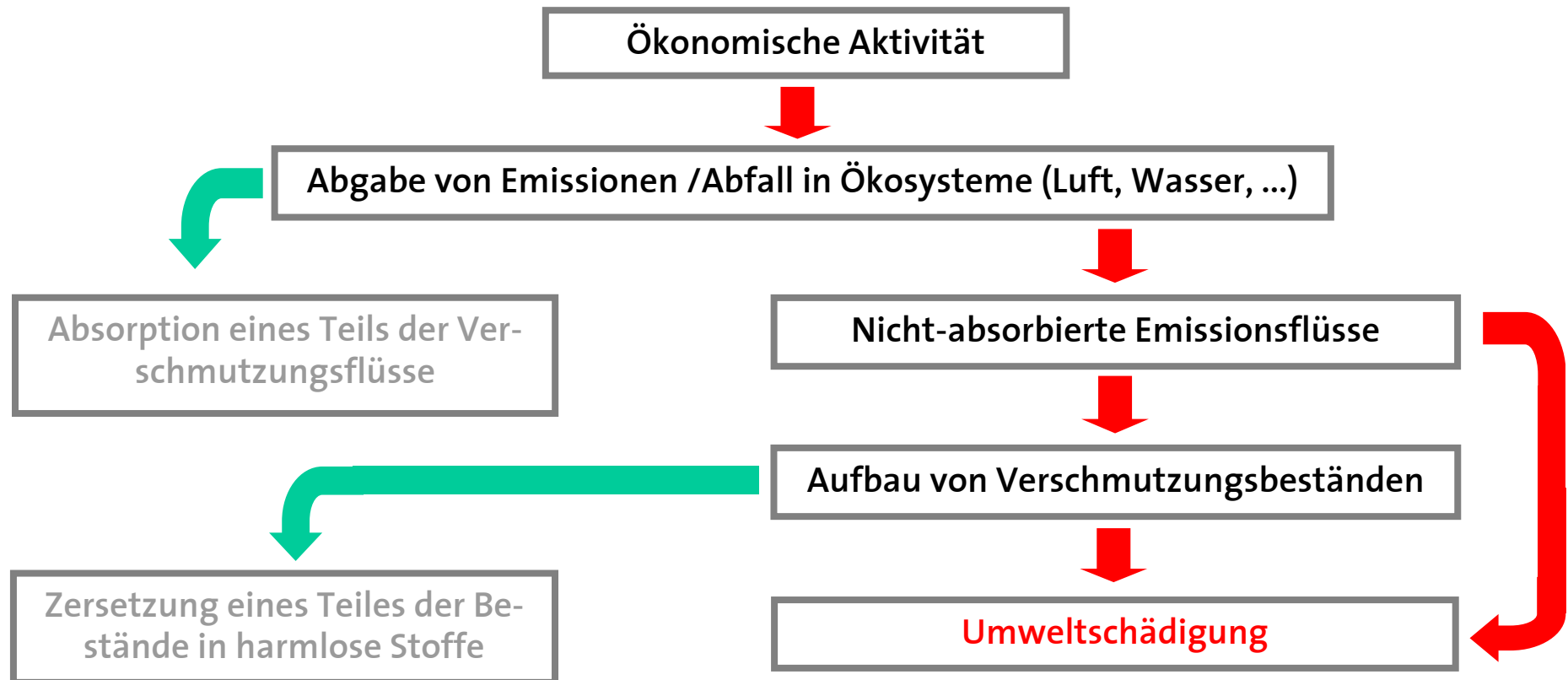
### Literatur:

- Feess, E. (1998), Umweltpolitik und Umweltökonomie, München: Vahlen.
- Borghesi, S. (1999), The Environmental Kuznets Curve: a Survey of the Literature, FEEM Working Paper 85.99.
- de Bruyn, S.M./Heintz, R.J. (1999), The environmental Kuznets Curve Hypothesis, in: van den Bergh, J.C.J.M. (1999), Handbook of Environmental and Resource Economics, Edward Elgar p. 656-677.

## 6.1 Verschmutzung, Umweltpolitik und wirtschaftliches Wachstum

Interaktionen zwischen Umwelt und wirtschaftlicher Aktivität vielfältig

- Inputseite: Verwendung natürlicher Ressourcen in Produktion und Konsum → siehe Kapitel 4/5
- Outputseite: Generierung von Umweltverschmutzung durch Produktion und Konsum



## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- Wirtschaftliche Aktivitäten ohne Umwelt- /Ressourcennutzung nicht möglich → optimale Menge?
- Bei Gütern und Dienstleistungen: optimale Bereitstellung über Märkte
  - bzgl. Umweltverschmutzung / Ressourcen ebenfalls Marktlösung optimal?
- Problem: In Bezug auf Ressourcen / Umwelt häufig "Versagen" der Märkte:
  - keine Märkte für viele Ressourcen: z.B. Atmosphäre, Ozean, Wildnis
  - Umwelt/Ressourcen mit Charakteristika öffentlicher Güter (z.B. Luft)

---

öffentliche Güter: Güter von deren Konsum keiner ausgeschlossen werden kann und in Bezug auf deren Konsum keine Rivalität besteht

- z.B. Leuchttürme, nationale Sicherheit, Radiowellen,...
- Problem: Freifahrerverhalten (Konsum ohne Gegenleistung möglich)

- 
- Umweltverschmutzung häufig mit **externen Effekten** verbunden

→ Bereitstellung über Märkte nicht effizient/optimal

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

**Externe Effekte:** entstehen, wenn die Produktion/der Konsum eines Wirtschaftssubjekts den Nutzen/die Produktion eines anderen Wirtschaftssubjekts beeinflusst und keine Entschädigung über den Markt erfolgt.

vorteilhafte externe Effekte → externe Nutzen  
 nachteilige externe Effekte → externe Kosten

Beispiele:

		Konsum	Produktion
Konsum	<i>positiv</i>	Schrebergartenpflege	höhere Produktivität durch gesündere Lebensweise der Arbeitnehmer
	<i>negativ</i>	Lärmbelastung durch private PKW's	negative Produktivitätseffekte bei Chip-Produktion durch private Emissionen
Produktion	<i>positiv</i>	Waldpflege durch Forstwirtschaft	Designentwicklung im Automobilbereich
	<i>negativ</i>	Lärmbelastung durch LKW's	geringere Erträge aus Fischerei durch Gewässerverschmutzung

### Grund für Entstehen von Externalitäten: keine/mangelhafte Definition von Eigentumsrechten

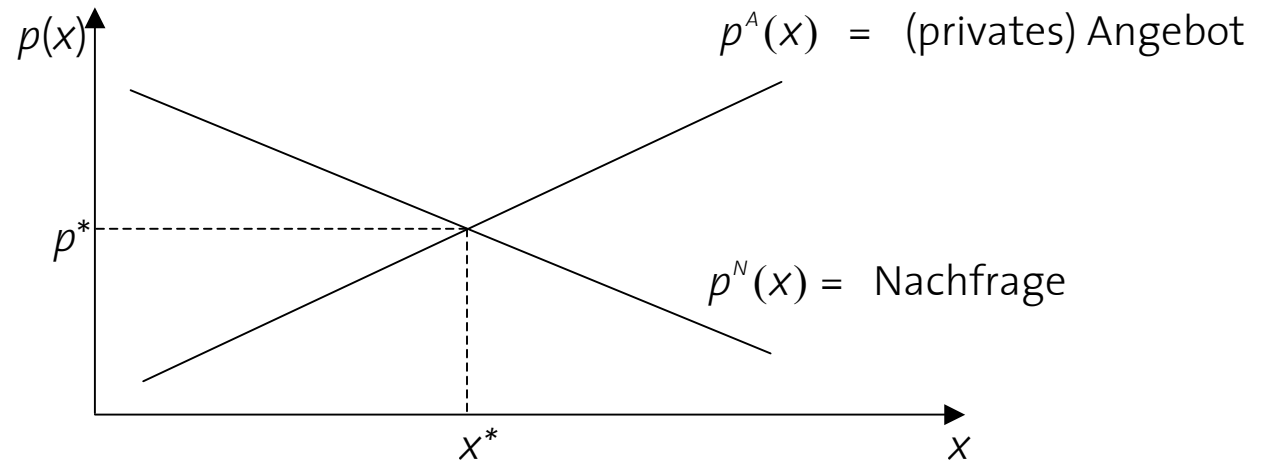
- kein Eigentümer, der für Verschmutzung seines Eigentums Entschädigung verlangen könnte
- Folge: bei negativen externen Effekten Übernutzung der Umwelt  
bei positiven externen Effekten zu geringe Bereitstellung der nutzenstiftenden Güter

### Beispiel negative Externalität:

- Produktion eines Gutes  $x$ , bei welcher Lärm entsteht, der Konsumenten schädigt
- solange Produzenten nicht selber unter Verschmutzung leiden, beziehen sie die durch die Produktion entstehenden Schäden/Kosten nicht in Kostenkalkulation ein
  - externer Effekt
  - bei Produktionsentscheidung nicht berücksichtigt

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

Marktgleichgewicht  $(x^*, p^*)$ :



Intuition:

- Angebot: reflektiert private Kosten, die Produzenten bei der Produktion einer weiteren (marginalen) Einheit des Gutes entstehen
- Nachfrage: reflektiert Nutzen, der Konsumenten aus einer weiteren (marginalen) Einheit des Gutes ( $\rightarrow$  Zahlungsbereitschaft)
- Marktgleichgewicht: **Angebot = Nachfrage**

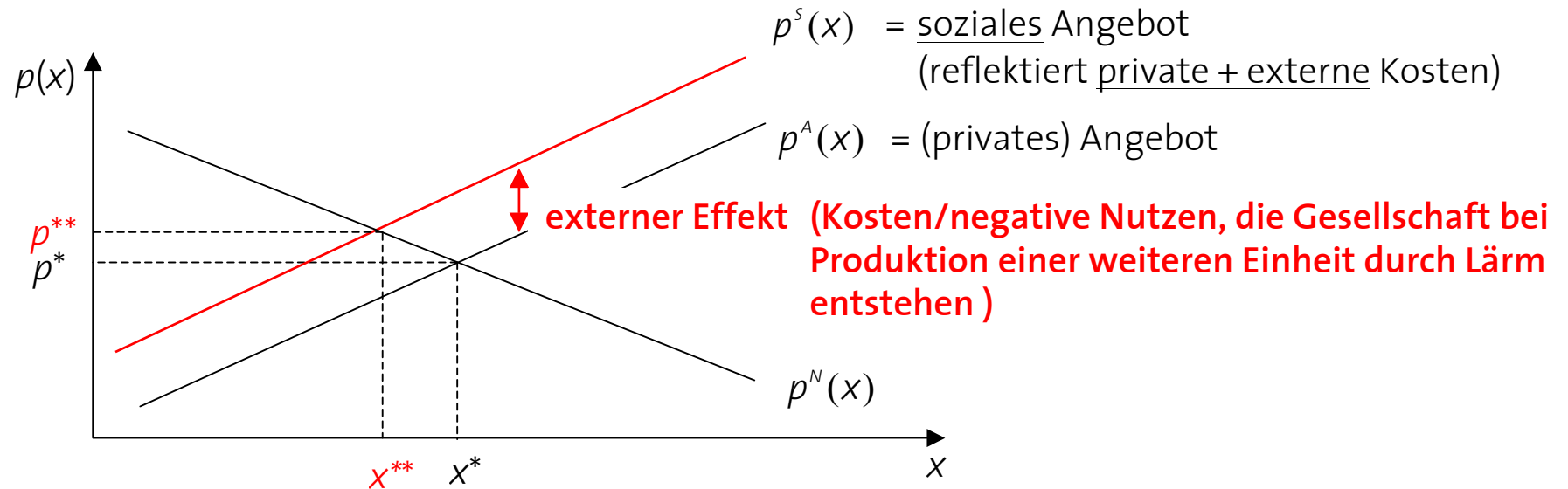
Nutzen aus weiterer Einheit von  $x$

=

Kosten für die Produktion einer weiteren Einheit von  $x$

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

Sozial optimale Produktion des Gutes → Berücksichtigung des externen Effektes



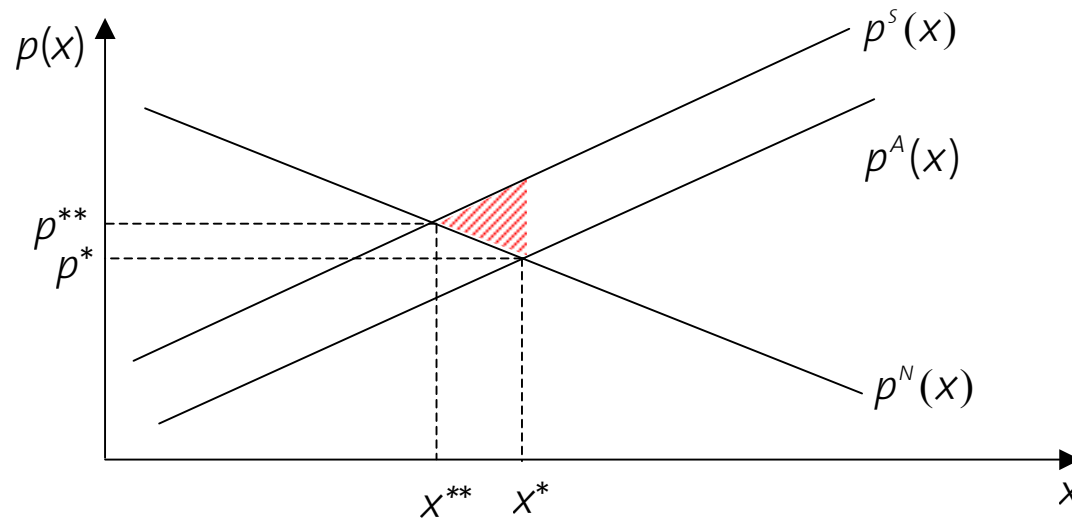
$x^{**}, p^{**}$ : Sozial-optimale Preis-/Mengenkombination:  $p^N(x) = p^S(x)$

→ Vergleich mit Marktgleichgewicht zeigt: wenn externer Effekt nicht berücksichtigt, dann

- Produktionsmenge zu hoch ( $x^* > x^{**}$ )
- Preis zu niedrig ( $p^* < p^{**}$ )

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

→ Wohlfahrtsverlust, wenn externe Kosten nicht berücksichtigt:



: Wohlfahrtsverlust

(Nutzen aus weiterer Einheit  $x$  niedriger als zusätzliche soziale Kosten)

In der Regel nicht sozial optimal Produktion komplett zu verbieten! → warum nicht???

### Internalisierung externer Effekte

= Einbeziehung der externen Kosten/Nutzen bei der Produktions-/Konsumentenscheidung

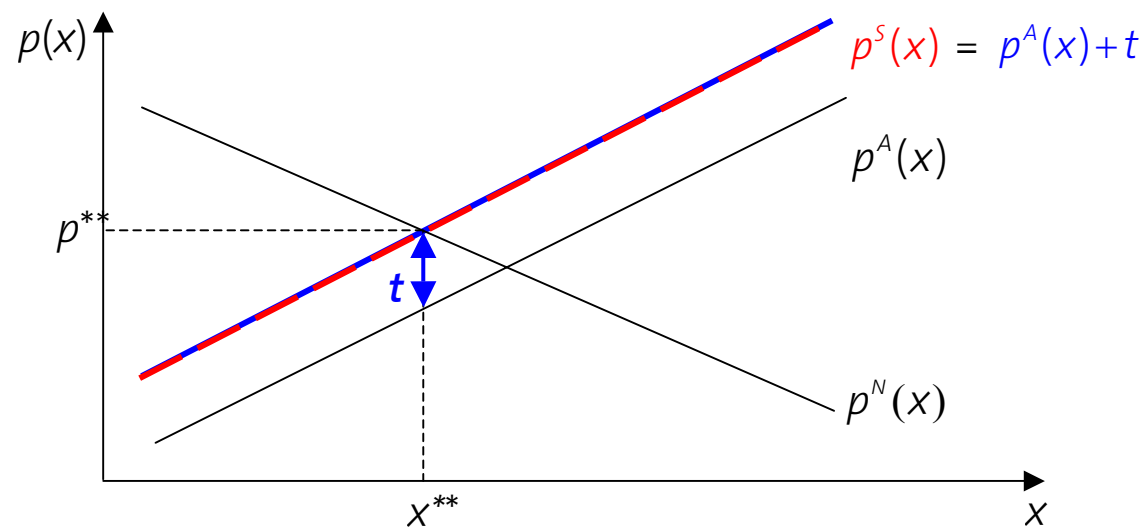
Internalisierung von Umweltexternalitäten z.B. bewirkt durch...

- Verhaltensbeeinflussung (durch Staat, Umweltorganisationen, private Initiativen,...):
  - Informationsbereitstellung (Labels, Produktangaben, Kampagnen)
  - Erziehung (Appelle, Schule)
- weitere staatliche Politiken:
  - Zuweisung von Eigentumsrechten
  - Gebote / Verbote
  - Schaffung ökonomischer Anreize: Lenkungsabgaben/-subventionen, Zertifikate
  - (Unterstützung bei) Entwicklung umweltfreundlicher Technologien

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

Beispiel: Internalisierung eines negativen externen Effektes durch Ökosteuer (Pigou-Steuer):

- Produzenten müssen pro produzierter Einheit Steuer in Höhe von  $t$  zahlen
- durch Besteuerung entstehen dem Produzenten Kosten, die er bei Kalkulation berücksichtigt  
→ Verschiebung der Angebotsfunktion nach oben um Steuersatz  $t$
- Steuersatz optimal, der im Gleichgewicht sozial-optimale Preis-Mengen-Kombination generiert



→ optimaler Steuersatz = externe Grenzkosten

### Grundlegende Einteilung umweltpolitischer Instrumente

nach Anreizkompatibilität

- Ordnungspolitische Instrumente ("command and control instruments")
  - Definition von Verhaltensstandards, also Gebote/Verbote
  - quantitative und qualitative Standards
  
- Anreizkompatible Instrumente
  - ökonomische Anreize für umweltschonendes Verhalten
  - z.B. Umweltsteuern- und Subventionen, Zertifikate, Pfandsysteme
  - Knappheit des Umweltgutes über Preis erfasst:
    - bei Steuern direkt
    - bei Zertifikaten (handelbaren Verschmutzungsrechten) implizit:  
Marktpreis des Zertifikates = Wert bestimmter Verschmutzungsmenge

### Kriterienkatalog zum Vergleich verschiedener Instrumente

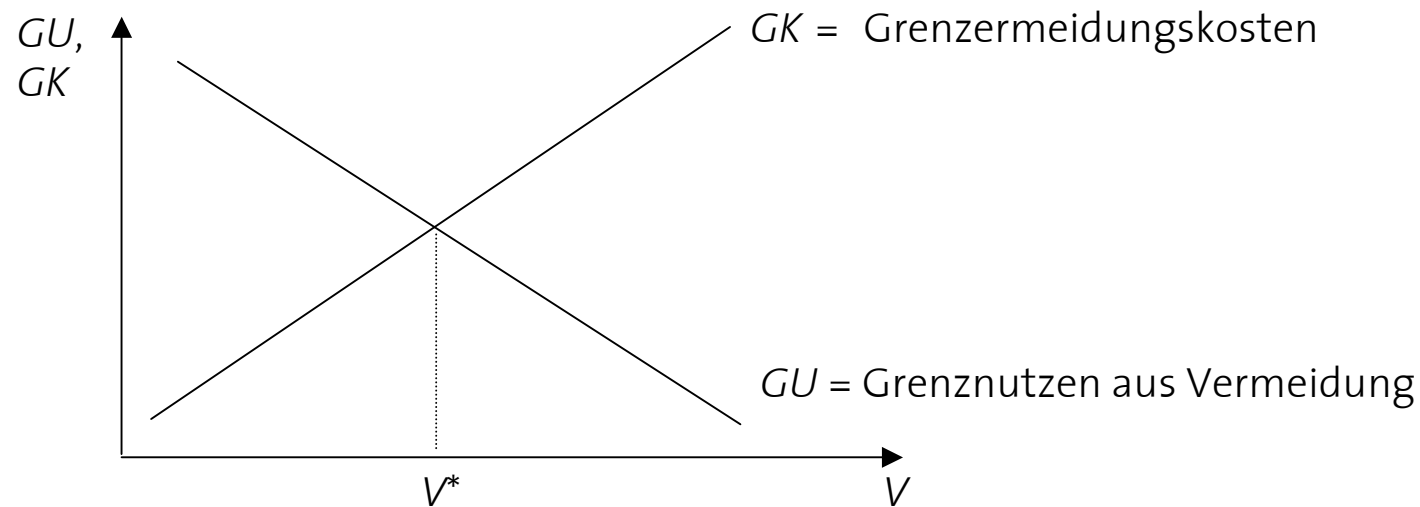
1. Ökologische Treffsicherheit → Erreichbarkeit des gesetzten Umweltziels / des Wohlfahrtsmaximums
2. Kosteneffizienz → Erreichbarkeit des gegebenen Vermeidungsvolumens bei geringst möglichen volkswirtschaftlichen Kosten
3. Informationserfordernisse → erforderliche Informationen, um angestrebtes (optimales) Vermeidungsniveau implementieren zu können
4. dynamische Anreizwirkungen → Anreize zur Investition in umweltgerechten technischen Fortschritt
5. Transaktionskosten → Summe der Informationsbeschaffungs-, Verhandlungs-, Durchsetzungskosten, etc.
6. Politische Durchsetzbarkeit → politisch/gesellschaftliche Akzeptanz

Kriterien nicht immer unabhängig voneinander!

## zu 1. Ökologische Treffsicherheit

Ziel der Umweltpolitik: Erreichen eines bestimmten (wohlfahrtsopt.) Vermeidungsniveaus ( $V^*$ )

Optimale Höhe der Umweltverschmutzung:



Im Optimum: Grenzvermeidungskosten ( $GK$ ) = Grenznutzen aus Vermeidung ( $GU$ )

## zu 2. Kosteneffizienz

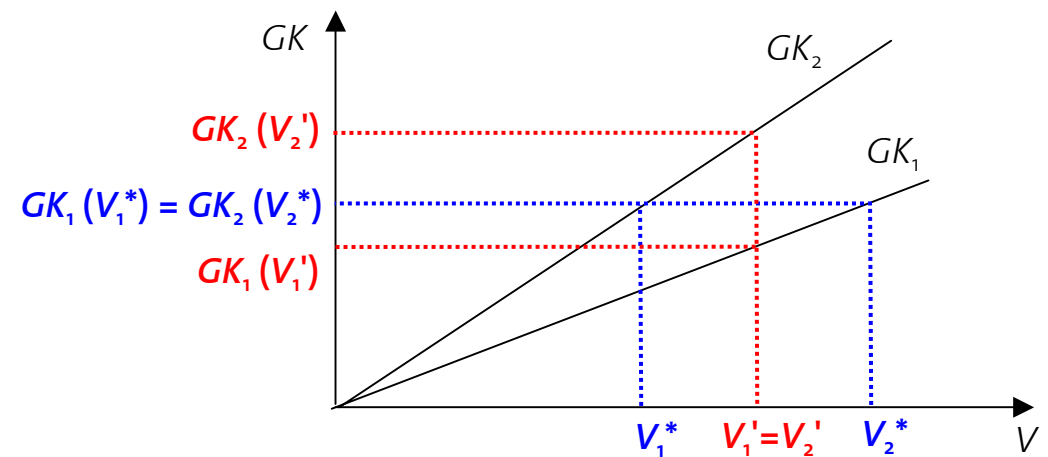
- Ziel: Erreichung des Vermeidungsziels zu geringst möglichen Kosten
- dann erreicht, wenn Grenzvermeidungskosten aller Firmen gleich

Beispiel:

- 2 verschmutzende Unternehmen mit Grenzvermeidungskosten  $GK_1$  und  $GK_2$
- angestrebtes Gesamtverschmutzungsniveau:  $V^* = V_1 + V_2$
- alternative Aufteilung der geforderten Vermeidung auf die beiden Unternehmen, so dass...


1. Vermeidungshöhe gleich

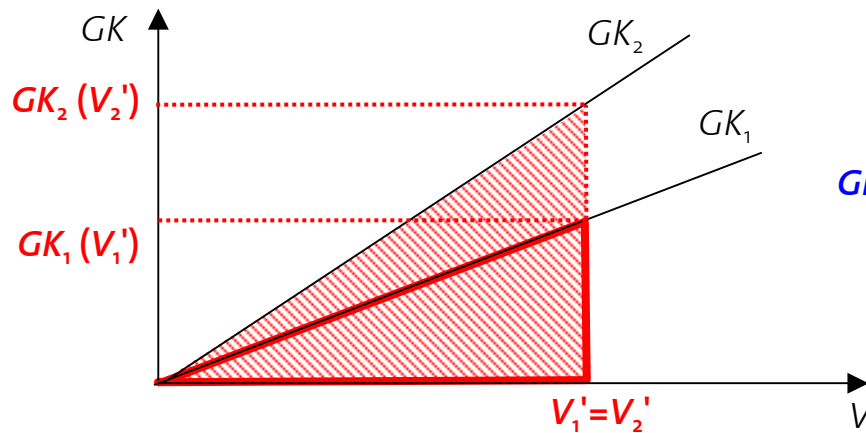
2. Grenzvermeidungskosten gleich

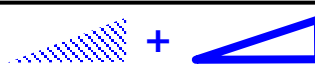


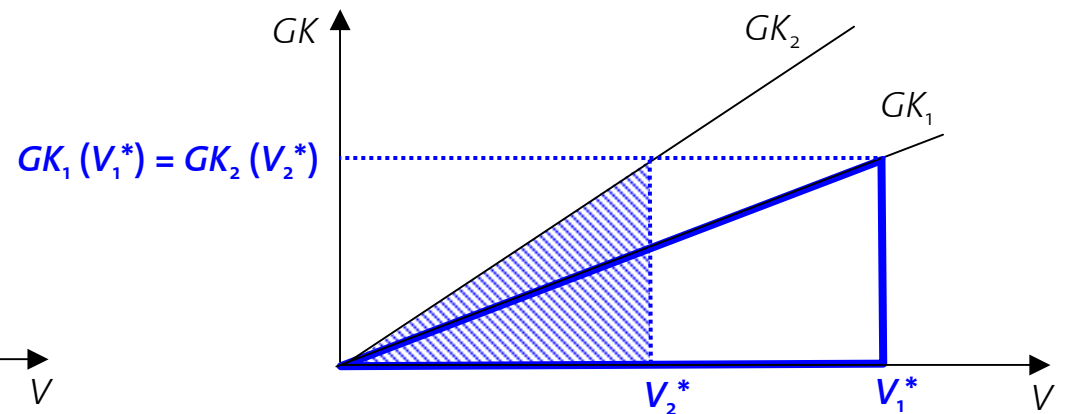
# 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

## Gesamtkosten der Vermeidung

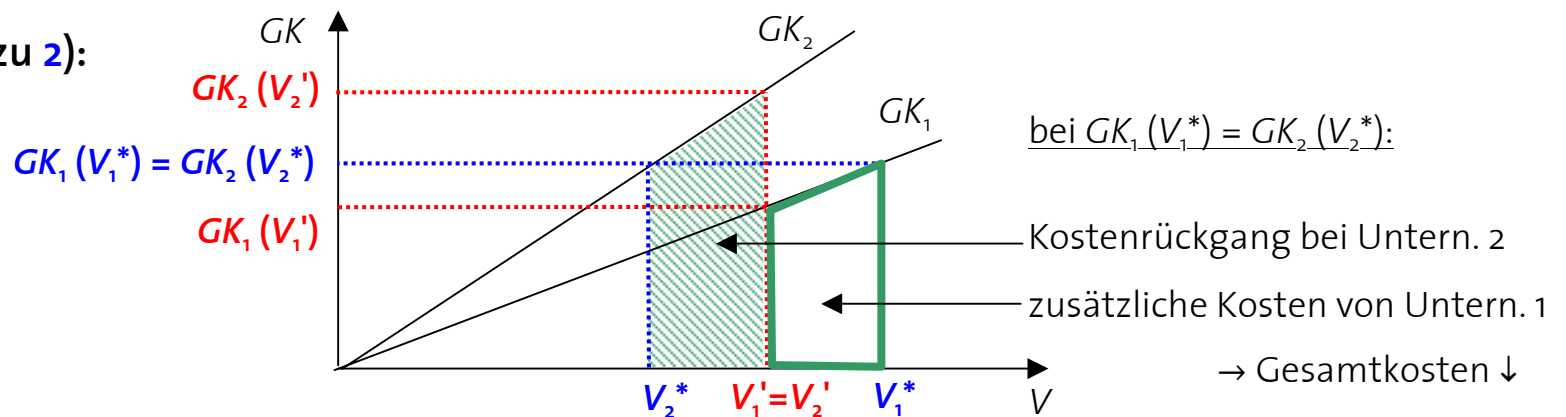
1.  $V_1' = V_2'$ : 



2.  $GK_1(V_1^*) = GK_2(V_2^*)$ : 



Kostenvergleich  
(bei Übergang von 1 zu 2):



### Intuition:

- Anpassung der Vermeidung der Unternehmen führt solange zu Verringerung der gesamtwirtschaftlichen Kosten, solange Grenzvermeidungskosten der Unternehmen unterschiedlich
- in  $V_1' = V_2'$ : Kostenerhöhung in Unternehmen 1 durch Vermeidung einer weiteren Einheit  
<  
Kostenreduktion in Unternehmen 2 bei Reduktion der Vermeidung um eine Einheit  
→ Gesamtvermeidungskosten sinken
- Wenn Grenzvermeidungskosten in allen Unternehmen gleich:  
keine Kostenreduktion durch weitere Umverteilung der Vermeidung mehr möglich

## Vergleich verschiedener Umweltpolitikinstrumente

### Ordnungspolitische Instrumente

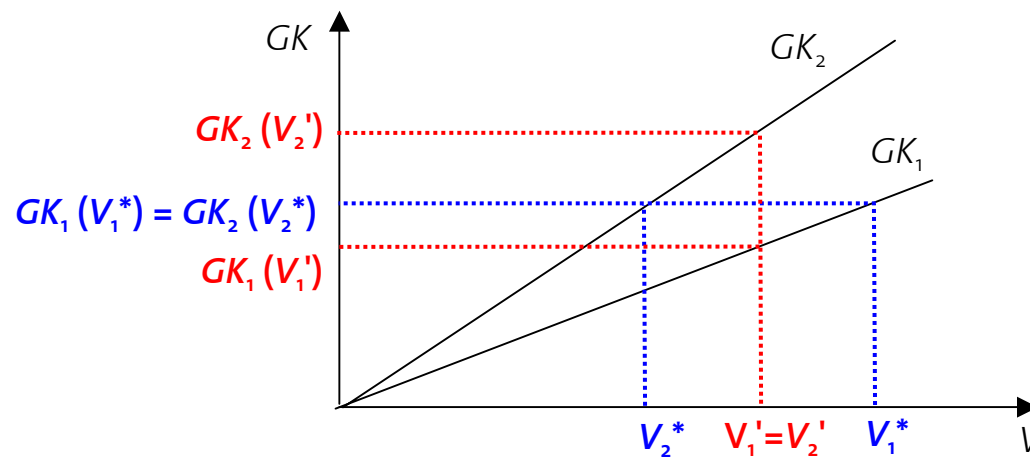
Auflagen, Gebote, Verbote → Vorgabe bestimmter Normen

### Varianten

- |    |   |    |  |
|----|---|----|--|
| 1. | uniforme Regulierung  | vs | individuelle Regulierung   |
| 2. | Mengenregulierung<br>(quantitative Regulierung)   | vs | Produktions- und Produktstandards<br>(qualitative Regulierung)   |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emissions- und Immissionsbeschränkungen</li> <li>• Beispiele:             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Luftreinhaltung,</li> <li>▪ Gewässerschutz</li> </ul> </li> </ul> |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbot/Gebot bestimmter (Produktions-)technologien</li> <li>Beispiele:             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BAT = best available technology,</li> <li>▪ Katalysator</li> </ul> </li> <li>• Belastungsgrenzen bei Lebensmitteln</li> </ul> |

### Beurteilung anhand Kriterienkatalog

- Ökologische Treffsicherheit → hoch (Gesamtvermeidung =  $\sum$  Auflagen einzelner Firmen)
- Kosteneffizienz
  - **uniforme Regulierung** → Unternehmen müssen gleiche Menge vermeiden ( $V_1' = V_2'$ )  
→ wenn Vermeidungsgrenzkosten unterschiedlich  
→ kostenineffizient
  - **individuelle Regulierung** → Aufteilung der Vermeidung so möglich, dass  $GK_1(V_1^*) = GK_2(V_2^*)$   
→ kosteneffizient



- Informationserfordernisse
  - bei uniformer Regulierung: gering
  - bei individueller Regulierung: hoch (Kenntnisse über Grenzvermeidungskosten jeder Firma)
- dynamische Anreizwirkungen
  - gering: sobald z.B. vorgeschriebene Emissionsreduktion/-menge erreicht, keine Anreize zu weiteren technologischen Verbesserungen
- Transaktionskosten
  - Durchsetzungskosten abh. von Art der Regulierung (Emissionen schwerer zu kontrollieren als technische Normen)
- Politische Durchsetzbarkeit
  - in der Regel einfacher bei uniformer als individueller Regulierung

### Anreizkompatible Instrumente

- 2 Varianten:
- 1. Preissteuerung: Umweltsteuern und -subventionen
  - 2. Mengensteuerung: Zertifikate

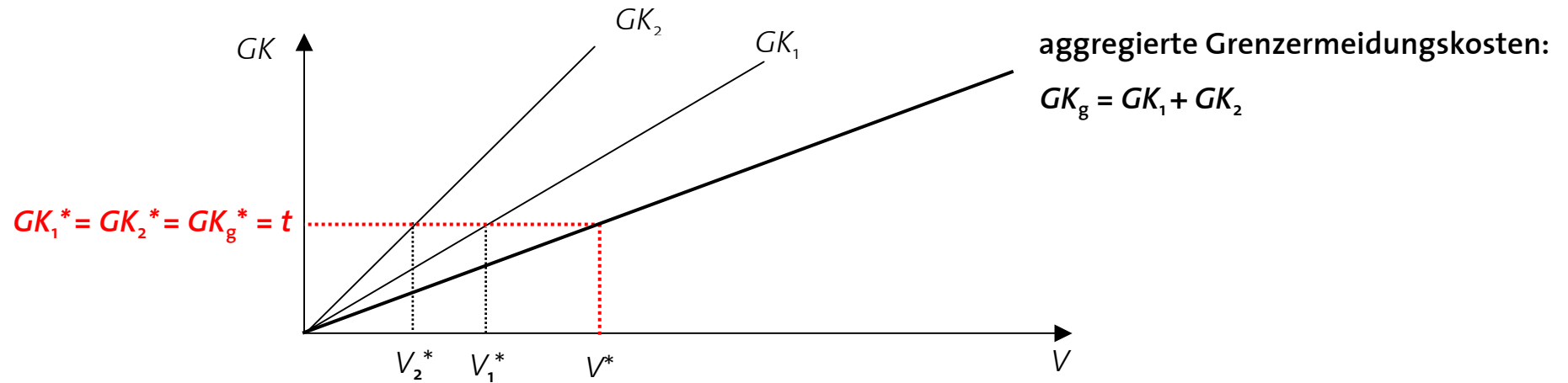
#### 1. Preissteuerung: Umweltsteuern

umweltrelevante Sachverhalte werden durch Steuer erfasst, z.B. Steuer auf Inputs, auf Emissionen...  
→ Steuersatz = Preis für bestimmte Menge an Verschmutzung (Bsp: Rappen pro Liter Benzin )

#### Beurteilung anhand Kriterienkatalog:

- Ökologische Treffsicherheit: abhängig von vorhandenen Informationen
  - Festlegung des Preises für Verschmutzung (Steuersatz), nicht der Menge
  - wenn *aggregierte* Grenzvermeidungskosten (GK) bekannt: genaue Mengensteuerung möglich

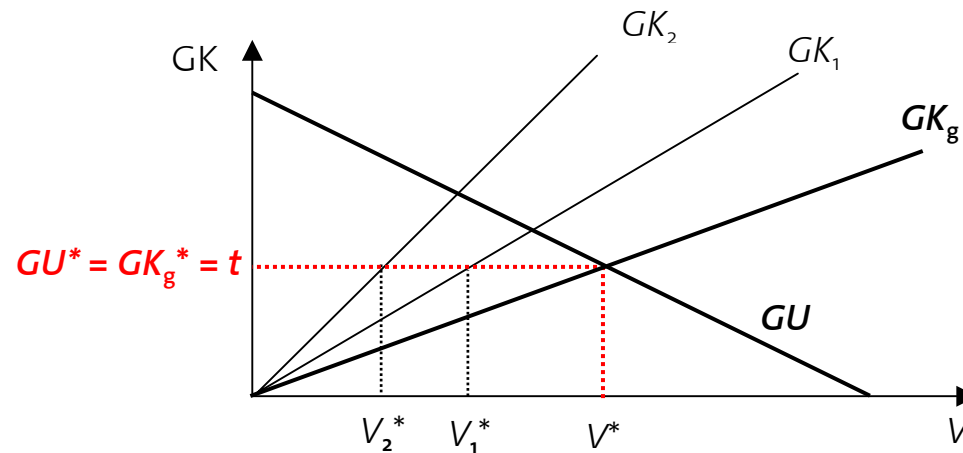
## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve



- Kosteneffizienz
  - da Preis der Verschmutzung (Steuersatz) für alle Unternehmen gleich und für jedes Unternehmen optimal, dass Steuersatz = Grenzkosten der Vermeidung ( $GK_1^* = GK_2^* = t$ )  
→ kostenminimale Vermeidung
- Informationserfordernisse:
  - Kenntnis der aggregierten Grenzvermeidungskosten für Mengensteuerung notwendig
  - Kosteneffizienz automatisch erreicht

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- falls zusätzlich Grenznutzen aus Vermeidung ( $GU$ ) bekannt  $\rightarrow$  optimale Vermeidung möglich:  
 $t = GK_g^* = GU^*$  im Optimum:



- dynamische Anreizwirkungen: hoch ( $\rightarrow$  sauberere Technologie impliziert geringere Steuerzahlung)
- Politische Durchsetzbarkeit: gut

### 2. Mengensteuerung: Zertifikate

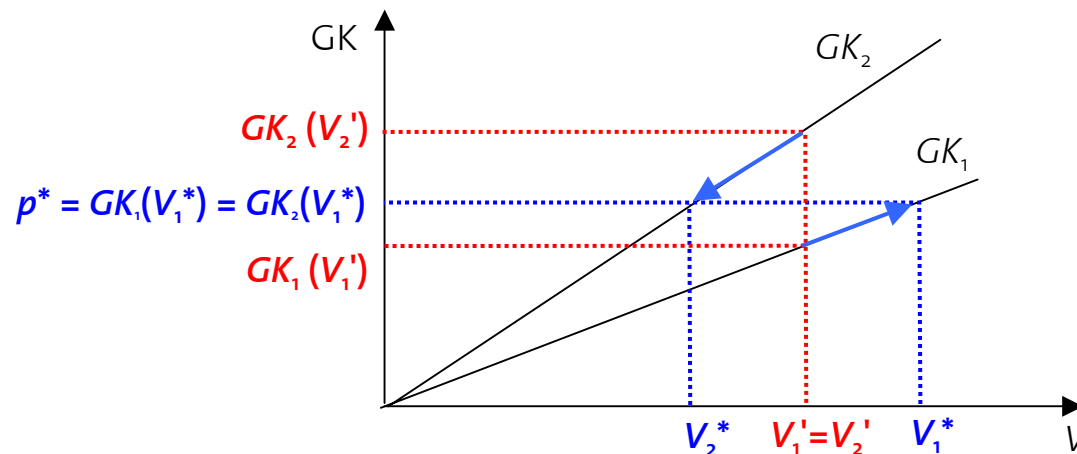
- Zertifikat ermächtigt zu bestimmter Menge an Verschmutzung
- Ausgabe einer Gesamtmenge an Zertifikaten entsprechend gesetztem Vermeidungsziel
- Firmen (Staaten) dürfen nur die Menge an Schadstoffen emittieren, für die sie Zertifikate besitzen
- Erstaussgabe der Zertifikate: Verteilungsmodus festzulegen (Preis bei Ausgabe, Mengenzuteilung)
- Zertifikate nach Ausgabe auf freiem Markt handelbar

### Beurteilung anhand Kriterienkatalog:

- Ökologische Treffsicherheit:
  - hoch (Mengensteuerung: vermiedene Menge = Ausgabemenge an Zertifikaten)

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- Kosteneffizienz:
  - im Gleichgewicht: einheitlicher Preis für Zertifikate, wobei in jedem Unternehmen der Zertifikatspreis  $p$  den Grenzkosten der Vermeidung entspricht → kosteneffiziente Vermeidung
  - Beispiel: Ausgangsausstattung mit Zertifikaten sei so, dass beide Unternehmen gleiche Menge vermeiden müssen ( $V_1' = V_2'$ )
    - Handel vorteilhaft, solange Grenzvermeidungskosten der Unternehmen unterschiedlich
    - [Anpassung an Gleichgewicht:  
Kauf von Zertifikaten durch Unternehmen 2 ( $V_2 \downarrow$ ) / Verkauf durch Unternehmen 1 ( $V_1 \uparrow$ )]



## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- Informationserfordernisse:
    - um politisch festgelegte Menge zu erreichen: gering, da direkte Mengensteuerung
    - um pareto-optimale Menge zu erreichen:  
aggregierte Vermeidungsgrenzkosten und Grenznutzen der Vermeidung
  - dynamische Anreizwirkungen: hoch (saubere Technologie → geringere Ausgaben für Zertifikate)
  - Politische Durchsetzbarkeit: gut
- 

### **Vorteile anreizkompatible Instrumente gegenüber ordnungspolitischen Instrumenten:**

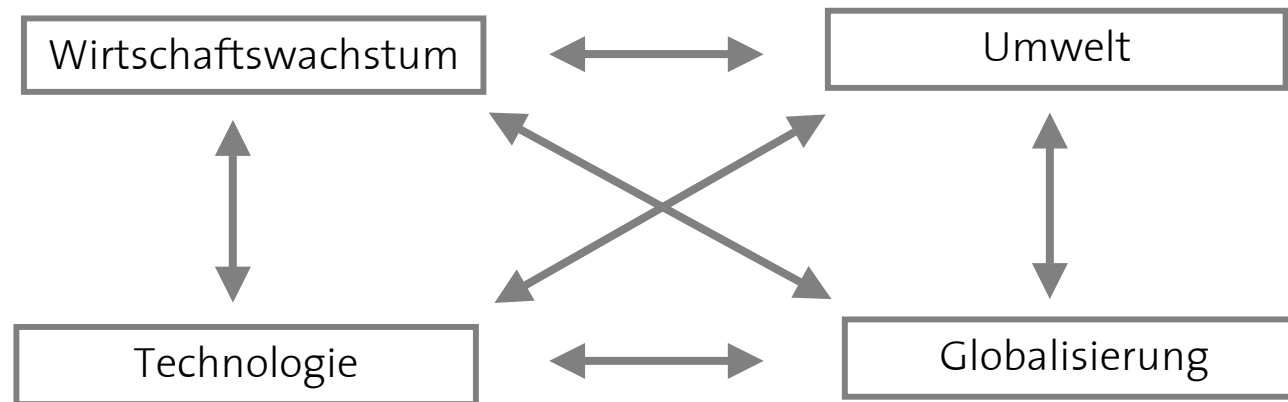
- dynamische Anreizwirkungen höher
- Kosteneffizienz automatisch erreicht  
(bei Ge-/Verboten in der Regel nur bei aufwendiger individueller Regulierung)
- Informationserfordernisse, um optimale Vermeidung zu erreichen, bei anreizkompatiblen Instrumenten geringer

### Umweltverschmutzung und Wirtschaftswachstum

bisher: reine Betrachtung der statischen Konsequenzen von Umweltverschmutzung/externen Effekten

aber auch: Konsequenzen für dynamische Entwicklung, also Wachstum einer Volkswirtschaft

Interaktionen zwischen Umwelt und Wirtschaftswachstum:



### Folgen des Wirtschaftswachstums für Umweltverschmutzung

- Zunahme von Produktion /Konsum erhöht Umweltverschmutzung *ceteris paribus*
- Wirtschaftswachstum getrieben durch
  - technologische Entwicklung: Konsequenzen abh. von Art des technologischen Fortschritts, z.B.
    - neue Produkte/Technologien → potentiell neue Arten von Umweltverschmutzung
    - bei Erhöhung der Produktivität ohne Senkung Verschmutzungsintensität  
→ Anstieg der Umweltverschmutzung
    - bei Entwicklung umweltschonenderer Technologien  
→ Reduktion der Umweltverschmutzung möglich
  - Globalisierung, z.B.:
    - Diffusion sauberer, aber auch verschmutzender Technologien, Produkte, Konsummuster
    - Reallokation der Umweltverschmutzung bei z.B. Verlagerung von Produktion
    - verstärkte Transportaktivitäten

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- Wirtschaftswachstum induziert strukturellen Wandel  
(zunächst von Landwirtschaft zu Industrie, dann von Industrie zu Dienstleistungen)
  - tendenziell Erhöhung der Umweltverschmutzung durch Verlagerung zu Industrie
  - tendenziell Verringerung der Umweltverschmutzung durch Verlagerung zu Dienstleistungen
  - Wirkungen des Wirtschaftswachstums abhängig von Entwicklungsstand eines Landes
- Wirtschaftswachstum erhöht Wohlstand → Auswirkungen z.B. auf
  - Geburtenraten
  - Wertschätzung sauberer Umwelt

### Folgen der Umweltverschmutzung für Wirtschaftswachstum

- Verlangsamung des Wirtschaftswachstums /Verminderung des gleichgewichtigen Kapitalstocks, z.B. bei
  - geringerer Produktivität durch Umweltverschmutzung (siehe Beispiel Folie 30f)
  - negativen Konsequenzen auf Humankapital:
    - Lernpotential sinkt aufgrund von Umweltverschmutzung
    - verminderte Arbeitsfähigkeit durch Umweltverschmutzung
- Umweltverschmutzung häufig mit externen Effekten verbunden → Folgen für Wachstum:
  - bei Nicht-Internalisierung externer Effekte
    - Umweltverschmutzung höher als sozial optimal
    - Verstärkung der negativen Wirkungen auf Wirtschaftswachstum

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

Beispiel: Verlangsamung des Wachstums /Verminderung des gleichgewichtigen Kapitalstocks  
(Solow-Modell, vgl. Kapitel 3.1)

- Umweltverschmutzung  $P$  beeinträchtigt Produktion:  $Y = K^\alpha L^{1-\alpha} P^{-\beta}$ ,  $\beta > 0$
- Umweltverschmutzung als Nebenprodukt des Kapitaleinsatzes:  $P = aK$

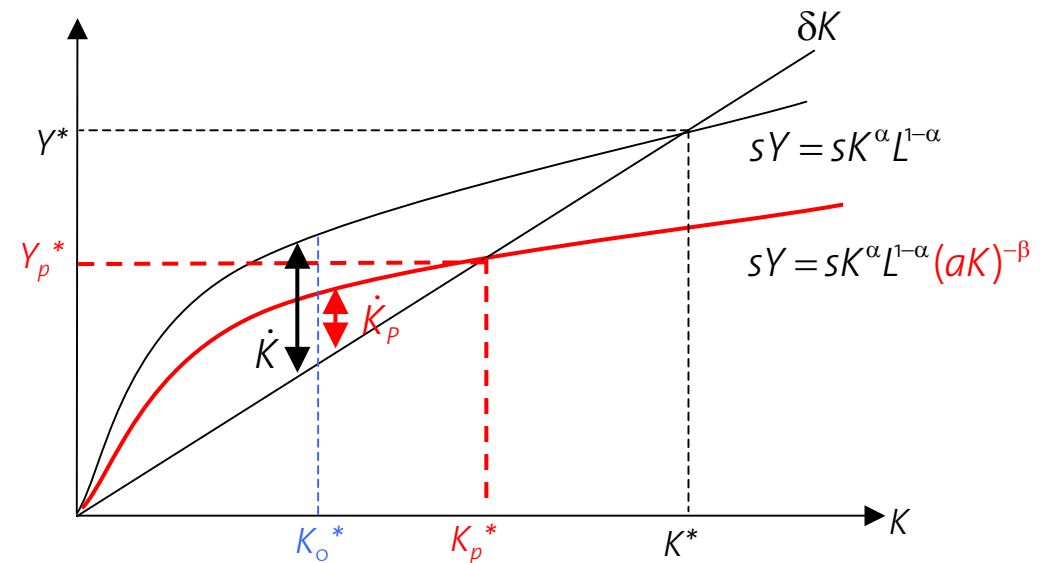
- Konsequenzen:

1. geringerer gleichgewichtiger Kapitalstock und geringere Produktion

$$(K_p^* < K^*, Y_p^* < Y^*)$$

2. langsames Wachstum während Anpassung zum Gleichgewicht

$$(\dot{K}_p < \dot{K})$$





## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

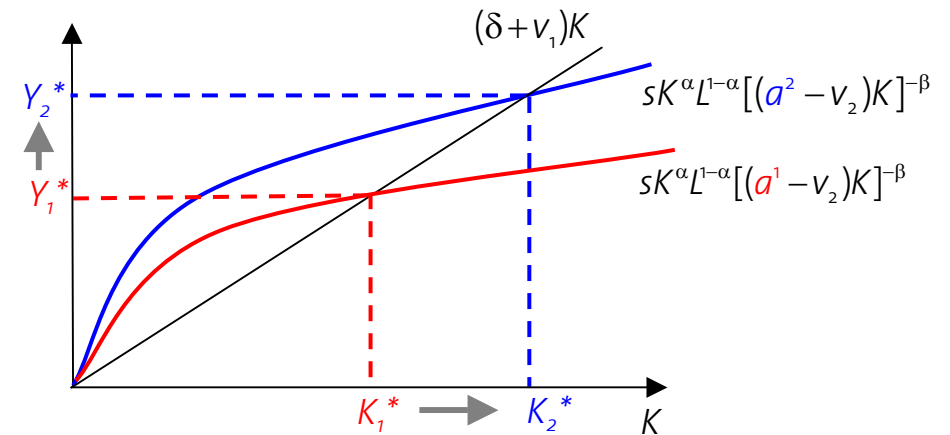
### Rolle des technischen Fortschritts

- Verminderung der Verschmutzungsintensität der Produktion

(im Beispiel: Reduktion von  $a$ , so dass  $a^1 > a^2$ )

→ Erhöhung der Produktivität

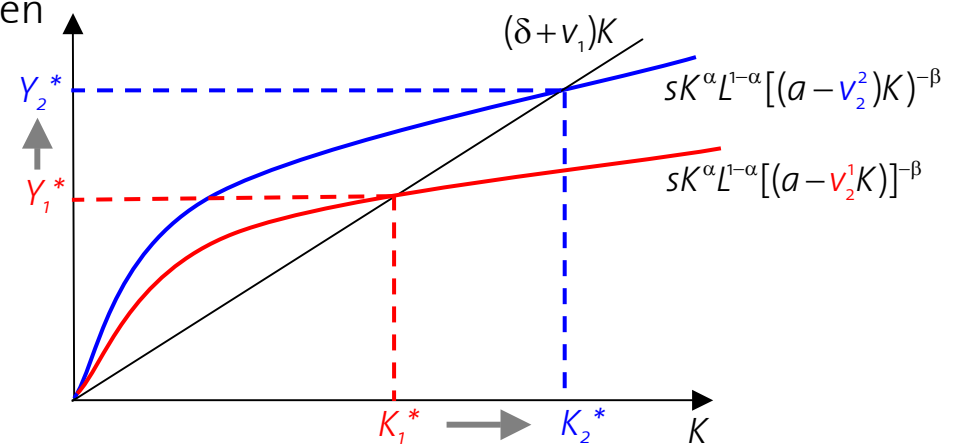
→ Erhöhung des gleichgewichtigen Kapitalstocks



- Erhöhung der Effektivität der Vermeidungsaktivitäten

(im Beispiel: Erhöhung von  $v_2$ , so dass  $v_2^1 < v_2^2$ )

→ gleiche Konsequenzen wie Verminderung der Verschmutzungsintensität



### 6.3 Environmental Kuznets Curve (EKC)

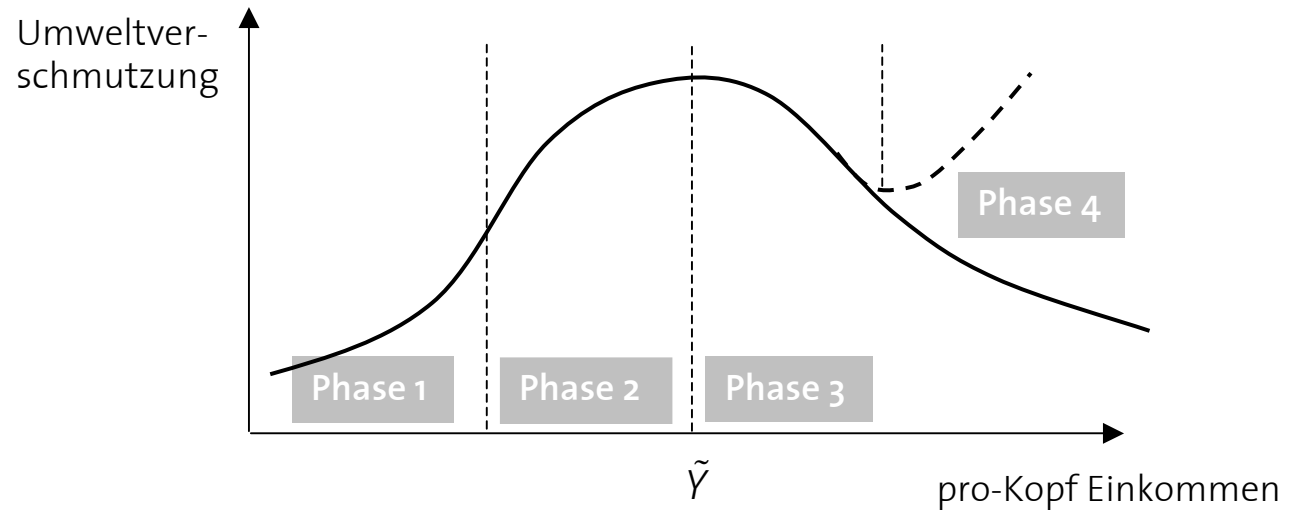
- Empirische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Umweltverschmutzung und pro-Kopf Einkommen
- Postulat:
  - zunächst Anstieg der Verschmutzung mit steigendem pro-Kopf Einkommen, dann wieder Rückgang
    - invers u-förmiger (glockenförmiger) Zusammenhang (EKC)
  - Umweltverschmutzung nur als temporäres Phänomen
  - Wachstum als Ursache und Lösung des Umweltproblems:

*"the strong correlation between incomes and the extent to which environmental protection measures are adopted demonstrates that, in the longer run, the surest way to improve your environment is to become rich"*

Beckerman (1992)

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

### Environmental Kuznets Curve:



- |      |                     |        |                 |                |   |
|------|---------------------|--------|-----------------|----------------|---|
| I:   | Umweltverschmutzung | steigt | schneller als   | pro-Kopf Eink. |   |
| II:  | "                   | steigt | langsamer als   | "              | → relative Entkopplung von Wachstum + U-verschmutzung |
| III: | "                   | sinkt  | bei Anstieg des | "              | → absolute Entkopplung                                |
| (IV: | "                   | steigt | bei Anstieg des | "              | → Wiederankopplung (n-förmiger Zusammenhang)          |

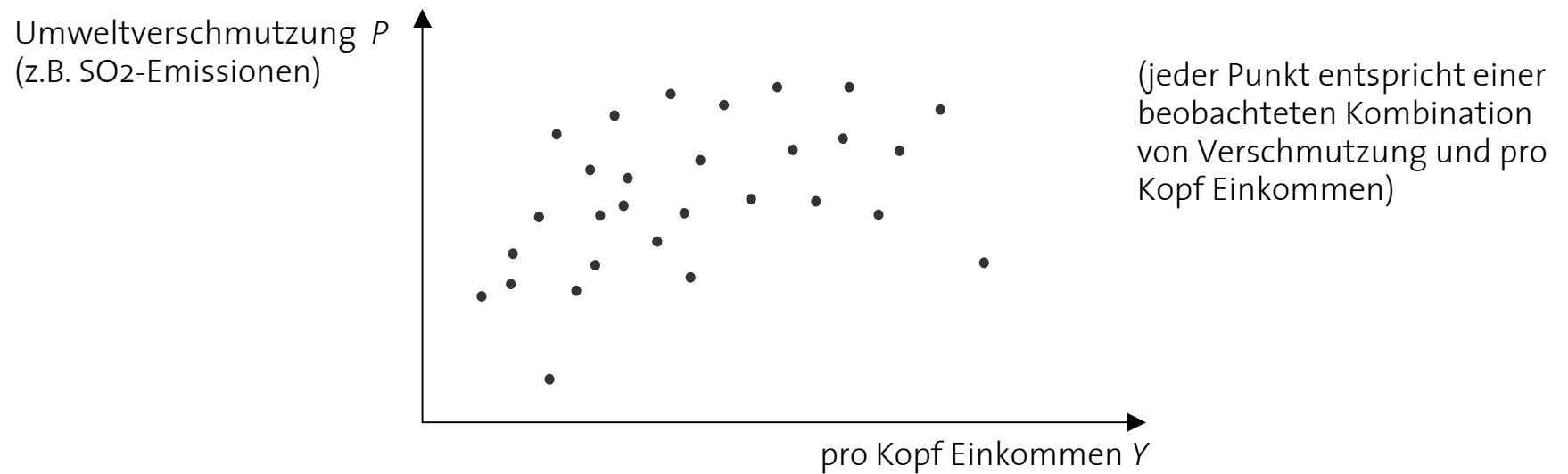
Intuition Phase IV: Grenzen des technischen Fortschritts bzgl. Verminderung von Umweltverschmutzung

### Empirische Schätzung des Einkommens-Umweltverschmutzungs-Zusammenhangs

- Daten:
  - Einkommensdaten: Penn World Tables (<http://pwt.econ.upenn.edu/>)
  - Umweltdaten:
    - GEMS (Global Environmental Monitoring System der WHO und UNEP)
    - auch: Toxic Release Inventory, World Development Report (Weltbank),...
  - Problem: viele Datenreihen noch nicht länger als 20 bis 30 Jahre
    - zu kurz, um  $Y$ - $P$ -Zusammenhang in einem Land über größere Bereiche der  $Y$ -entwicklung zu verfolgen
    - selten Analyse eines einzelnen Landes über die Zeit (time series) möglich
  - Konsequenz:
    - Verwendung von  $P$ -/ $Y$ -Daten aus verschiedenen Ländern über jeweils verfügbare Jahre und Kombination zur einer EKC
    - implizite Annahme: Länder weisen alle die gleiche EKC auf, Unterschiede nur bzgl. gegenwärtiger Position auf EKC

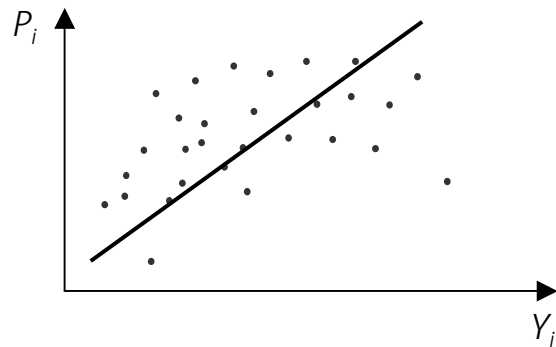
## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- Schätzung der funktionalen Form des Einkommens-Verschmutzungs-Zusammenhangs
  - graphische Darstellung der Daten :

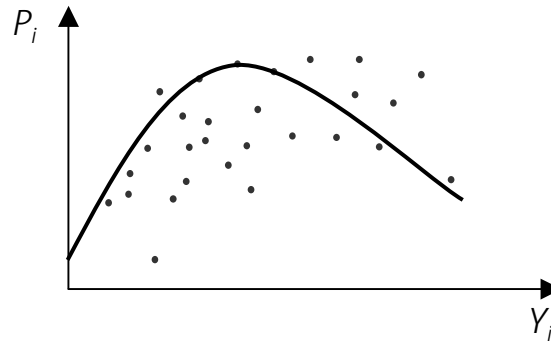


## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

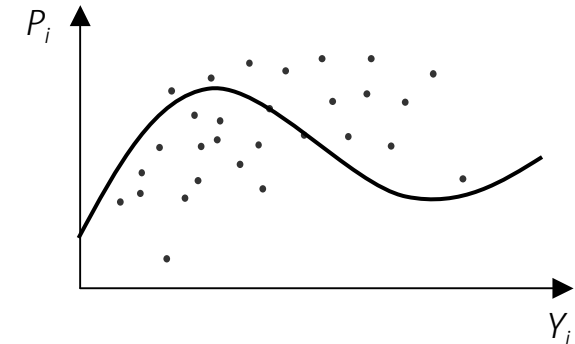
- Schätzung des funktionalen Zusammenhangs zwischen  $Y$  und  $P$ , z.B.



$$P_i = \alpha + \beta_1 Y_i + e_i$$



$$P_i = \alpha + \beta_1 Y_i + \beta_2 Y_i^2 + e_i$$



$$P_i = \alpha + \beta_1 Y_i + \beta_2 Y_i^2 + \beta_3 Y_i^3 + e_i$$

$\alpha$  = einkommensunabhängige Verschmutzung

$\beta$  = relative Bedeutung der jeweiligen erklärenden Variablen (hier:  $Y$ ,  $Y^2$  und  $Y^3$ )

$e_i$  = Fehlerterm (Abweichung von geschätztem Wert)

- Auswahl der Spezifikation, die empirischen Zusammenhang am Besten widerspiegelt

→ hier: mittlere Kurve

- Schätzung der Parameterwerte ( $\alpha$ ,  $\beta$ 's) und damit der Lage der Kurve, so dass Abweichungen von Datenpunkten möglichst gering

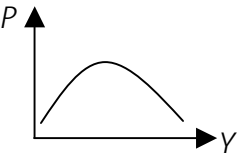
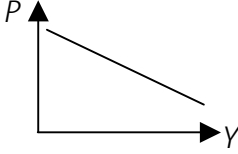
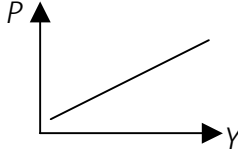
## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

- möglicherweise Berücksichtigung weiterer erklärender Variablen,... (z.B.  $Z_1$  = Bevölkerungsdichte,  $Z_2$  = Industrialisierungsgrad, ...):

$$P_i = \alpha + \beta_1 Y_i + \beta_2 Y_i^2 + \beta_3 Z_{1i} + \beta_4 Z_{2i} + \dots + e_i$$

- Probleme: a priori Annahmen über funktionale Form können Schätzergebnis beeinflussen
- Probleme bzgl. Vergleichbarkeit verschiedener Studien:
  - Verwendung unterschiedlicher Schätzmethoden → Ergebnisse schwer vergleichbar
  - Vergleichbarkeit der Daten: Änderung der Anzahl und Lage der Messtationen im Zeitverlauf
  - Länderauswahl (Industrieländer vs. Entwicklungsländer)
  - Vergleichbarkeit der Verschmutzungsindikatoren (z.B. Emissionen vs Konzentrationen)

## Schätzergebnisse

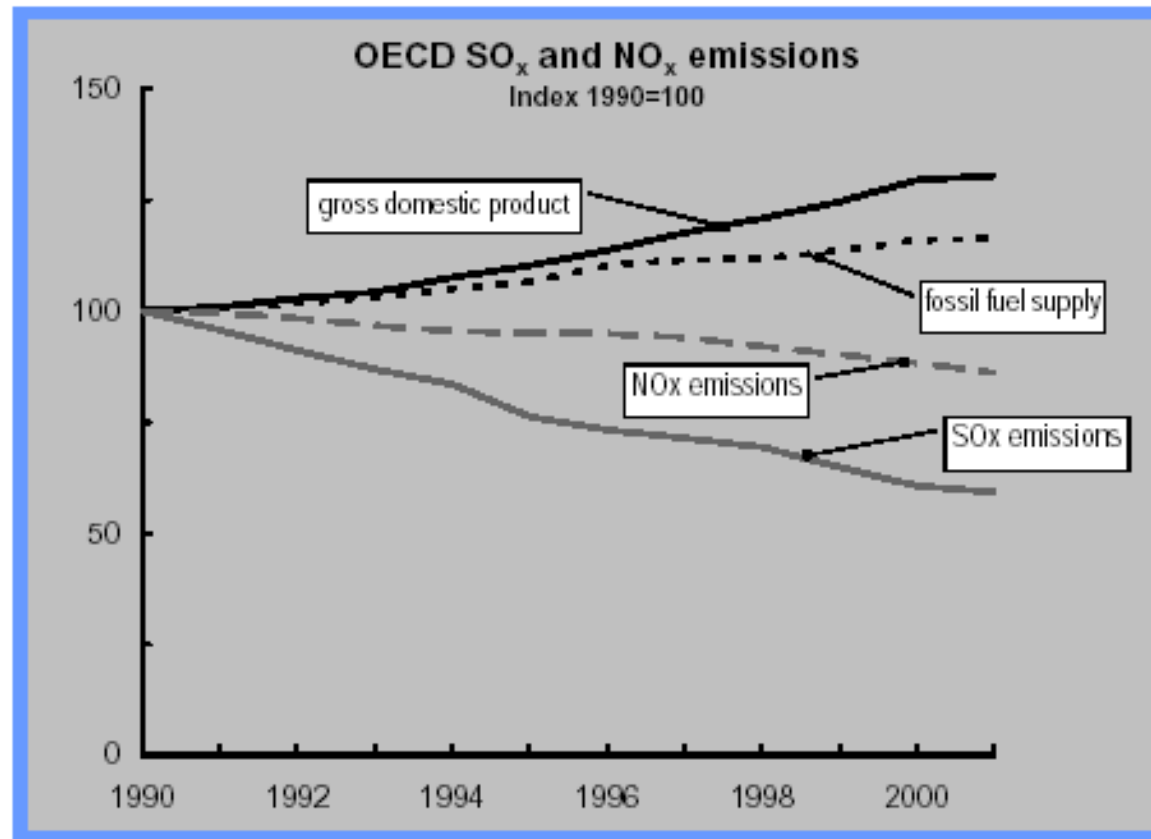
Bei steigendem pro-Kopf Einkommen...	z.B. für...	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EKC</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmutzpartikel</li> <li>• Luftverschmutzung (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)</li> <li>• Abholzung tropischer Wälder</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückgang der Verschmutzung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserqualität (Bleigehalt)</li> <li>• Zugang zu sauberem Wasser</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anstieg der Verschmutzung</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausmüll</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Emissionen</li> </ul>

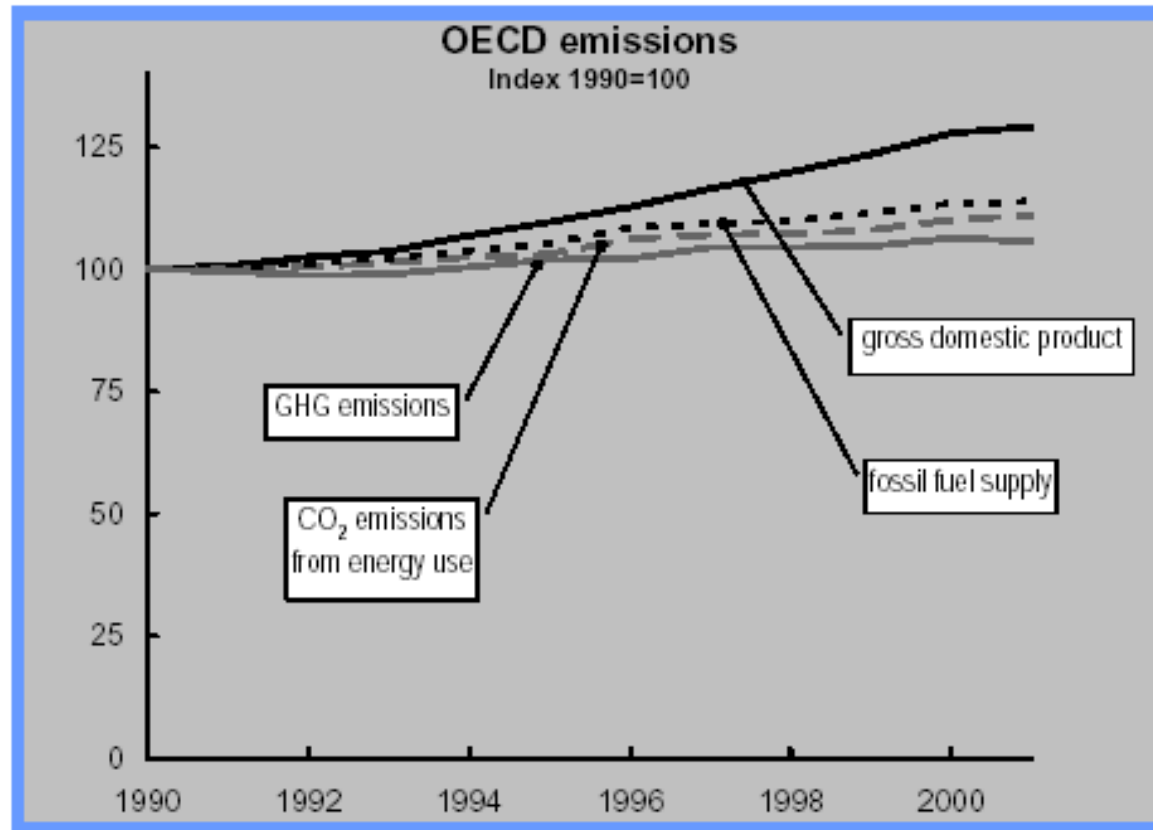
### Erklärungen für unterschiedlichen Verlauf

Rückgang der Verschmutzung zunächst bei Schadstoffen mit

- hoher räumlicher und zeitlicher Nähe der zu erwartenden Schäden
- relativ geringen Internalisierungskosten
- Beispiele:
  - hohe zeitliche und räumliche Nähe:       saurer Regen   (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)
  - geringe zeitliche (und räumliche Nähe):   Klimawandel   (CO<sub>2</sub>, weitere Treibhausgase)
  - geringe Internalisierungskosten:        Ozonloch       (FCKW's)

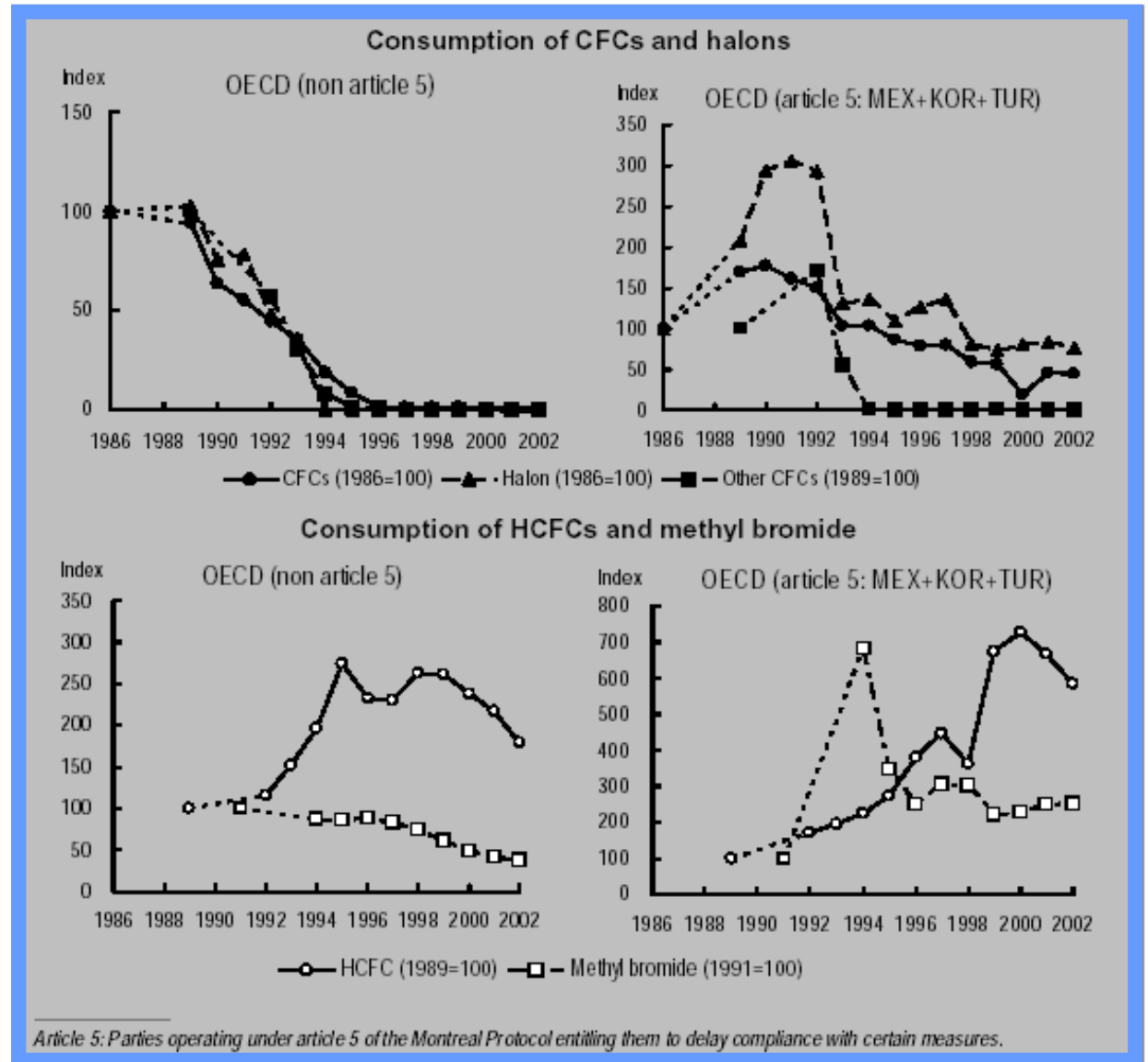
→ OECD-Daten: siehe nächste 3 Folien

SO<sub>x</sub> und NO<sub>x</sub>-Emissionen

CO<sub>2</sub>- und Treibhausgasemissionen

## FCKW-Emissionen

- Montreal Protokoll: FCKW Verbot in
  - Industrienationen: 1996
  - Entwicklungsländer: 2010
- H-FCKWs (teihalogenierte FCKWs):
  - um 99.5% abzubauen bis 2030 in Industrieländern (Entwicklungsländer: 2040)
  - 2-5% des Zerstörungspotentials von FCKWs



### Probleme bzgl. Aussagekraft/Relevanz der EKC-Analyse:

- Schätzergebnisse häufig nicht einheitlich z.B. Einkommensschwellen, z.B.

Verschmutzungsindikator	EKC-Maximum (US \$)
CO	16.300 – 24.600
SO <sub>2</sub>	6700 – 11300

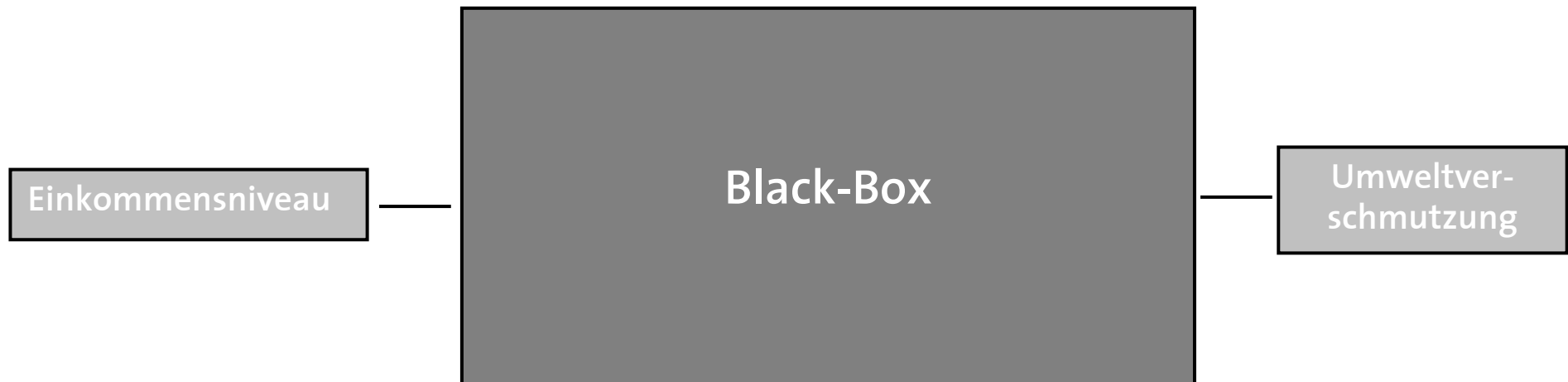
Quelle: Werte von Grossman/Krueger 1995, Selden/Song 1994, Cole/Rayner/Bates 1997, zitiert nach Yandle/Vijayaraghavan/Bhattarai 2002

Gründe: Unterschiede bzgl. Daten, Schätzmethoden,...

- Relevanz der EKC-Analyse für Prognose der Gesamtentwicklung der Umweltnutzung (Ableitung eines Gesamtumweltqualitätsindikators) problematisch
  - Zusammensetzung eines solchen Indikators?
  - Gewichtung der Einzelindikatoren?

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

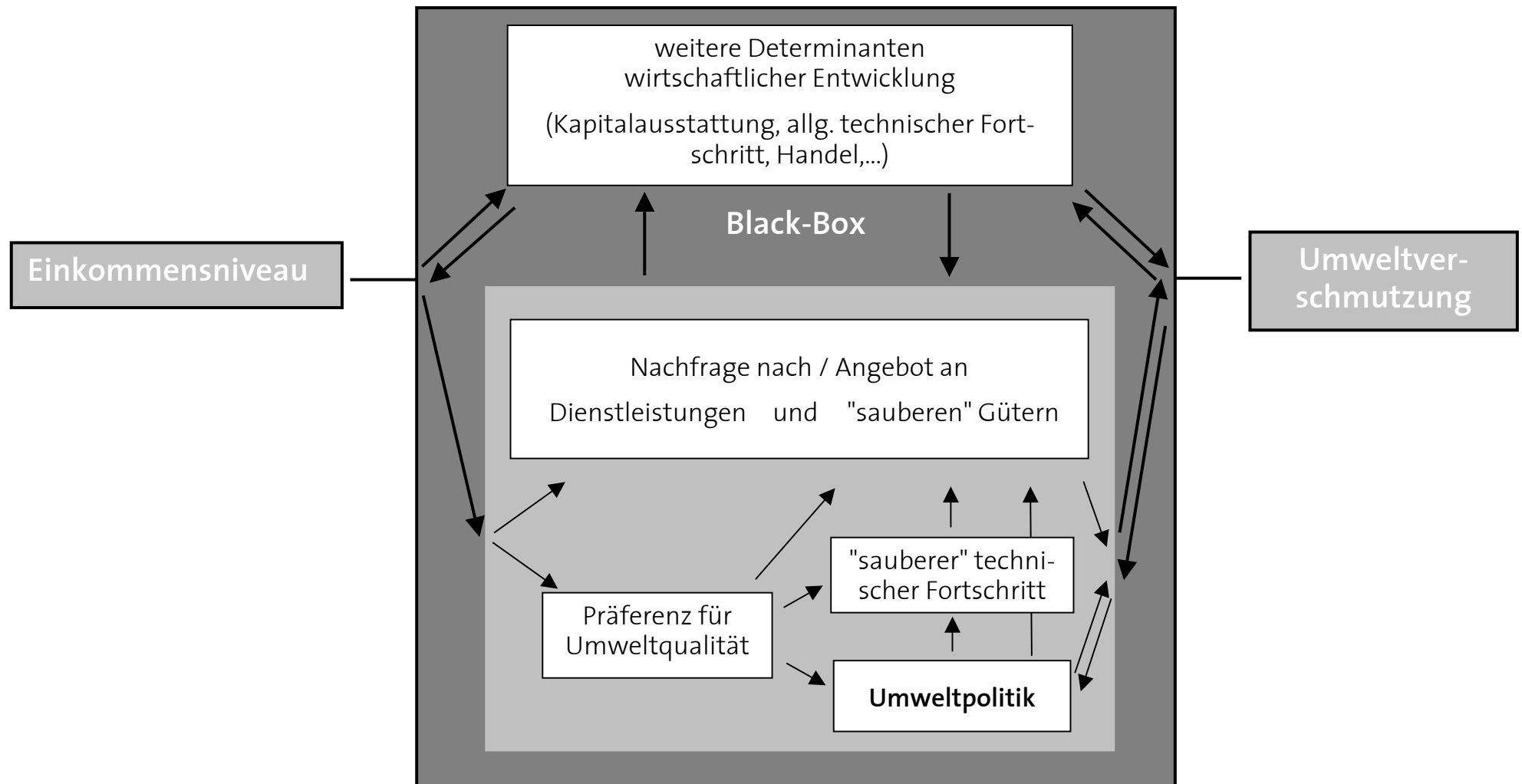
- EKC-Analyse beschreibt empirischen Zusammenhang zwischen Einkommen und Verschmutzung, aber erklärt ihn nicht → **black box**



Identifizierung der Ursachen des  $P$ - $Y$ -Zusammenhangs notwendig, um z.B. geeignete umweltpolitische Maßnahmen zu implementieren

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

Ziel: "Öffnung" der black box

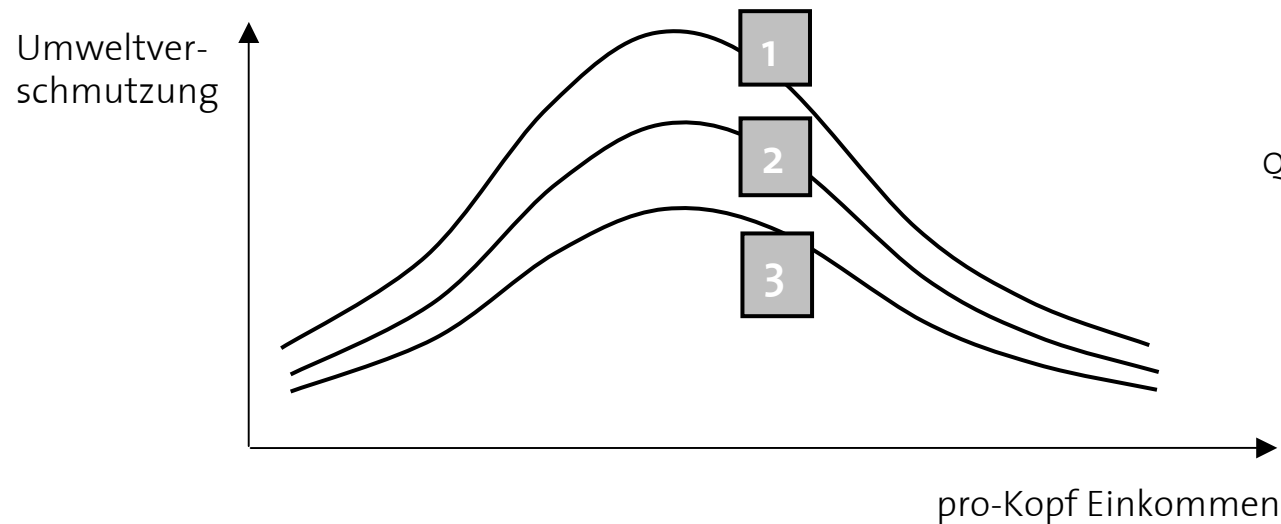


### Umweltpolitik und EKC-Analyse

- extreme Position: keine Umweltpolitik notwendig, da langfristig Förderung des Wachstums ausreichend zur Lösung des Umweltverschmutzungsproblems
- ABER:
  1. EKC-Zusammenhang nur für einzelne Indikatoren geschätzt
  2. nicht eindeutig, was für Entkopplungsprozess ursächlich verantwortlich
  3. Pro-Kopf Einkommen in den meisten Ländern (weit) unter Einkommenschwellen  
→ zunächst weiterer Anstieg der weltweiten Verschmutzung zu erwarten
  4. möglicher Wiederanstieg der Verschmutzung ab bestimmten Einkommensniveau

## 6. Umweltverschmutzung und Environmental Kuznets Curve

Umweltpolitik → Einfluss auf Lage (Niveau) der EKC



Quelle: Panayotou 1997

- 1: • Eigentumsrechte ungenügend definiert, Externalitäten nicht internalisiert, Ressourcennutzung und Verschmutzung subventioniert
- 2: • Abschaffung Subventionierung der Umweltverschmutzung
- 3: • umweltschädliche Subventionen abgeschafft, Externalitäten internalisiert, Eigentumsrechte definiert