

# Gesetzgebung Kunststoffe - Entwicklungen

Anwenderzentrum Biogene Werkstoffe  
Prof. Dr. Oliver Türk



# Aktivitäten



Technische Hochschule Bingen  
Professor für nachwachsende Rohstoffe



Transferstelle Bingen  
Wissenschaftlicher Leiter



Institut für Innovation, Transfer und Beratung  
Geschäftsführer

AIM

Applied Innovative Materials  
Angewandte Innovative Materialien

AIM – Angewandte Innovative Materialien  
Berater

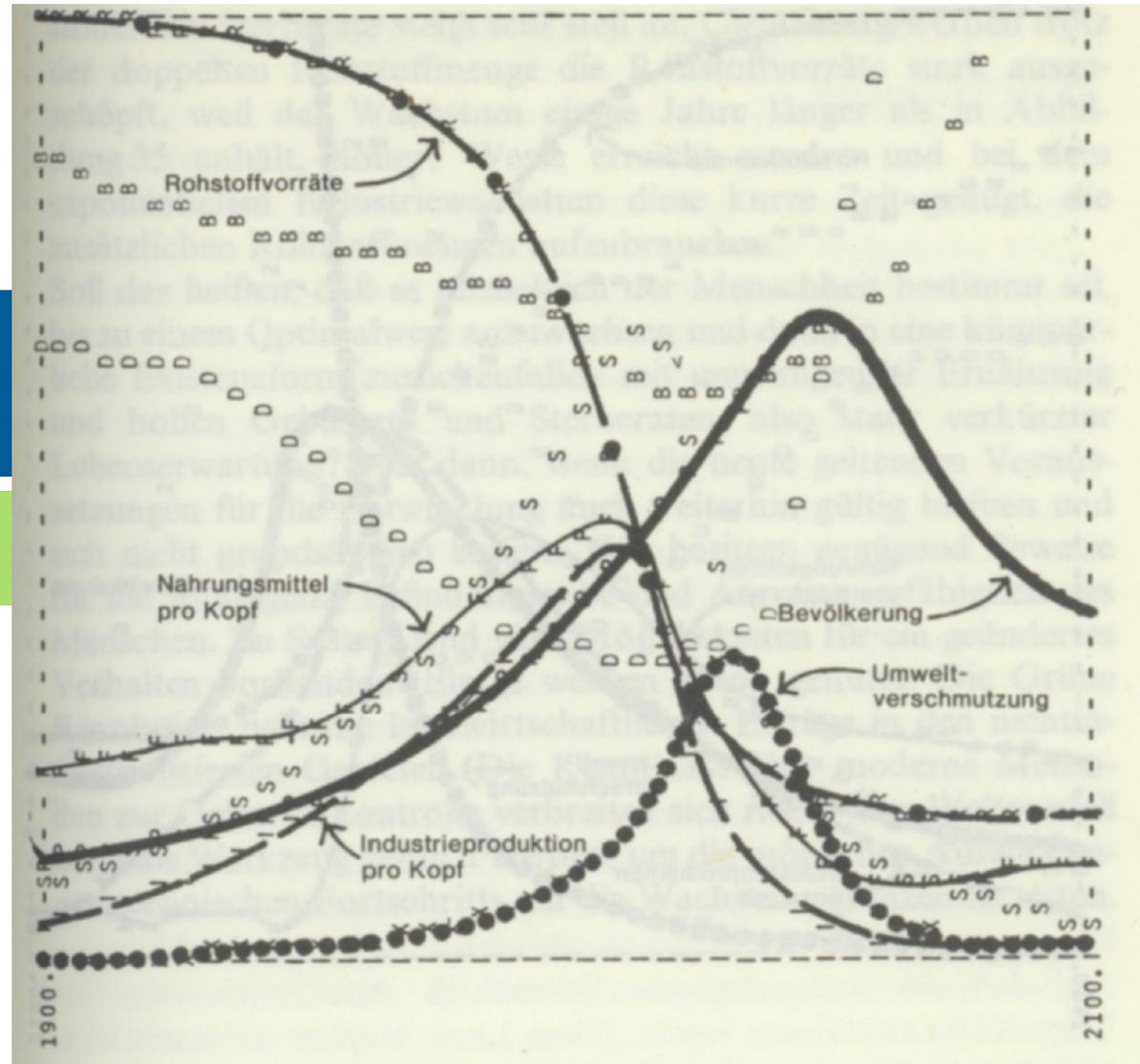
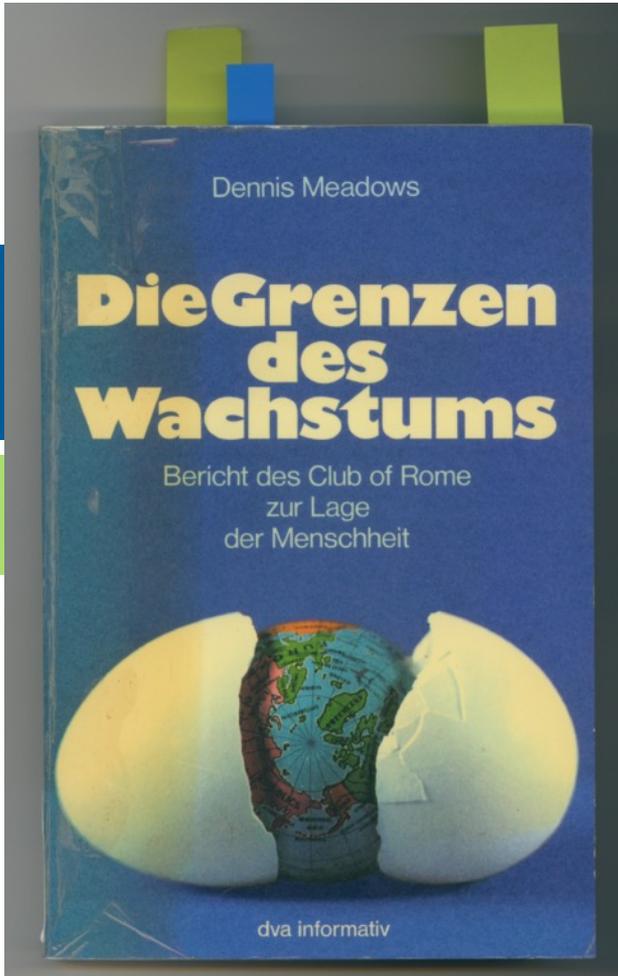


Bürgerenergiegenossenschaft  
Aufsichtsrat (Ehrenamt)

# Die Biogene Werkstatt® und das Anwenderzentrum biogene Werkstoffe



# Grenzen des Wachstums 1972



Meadows

Abb. 26: Gesamtdarstellung des Weltmodells

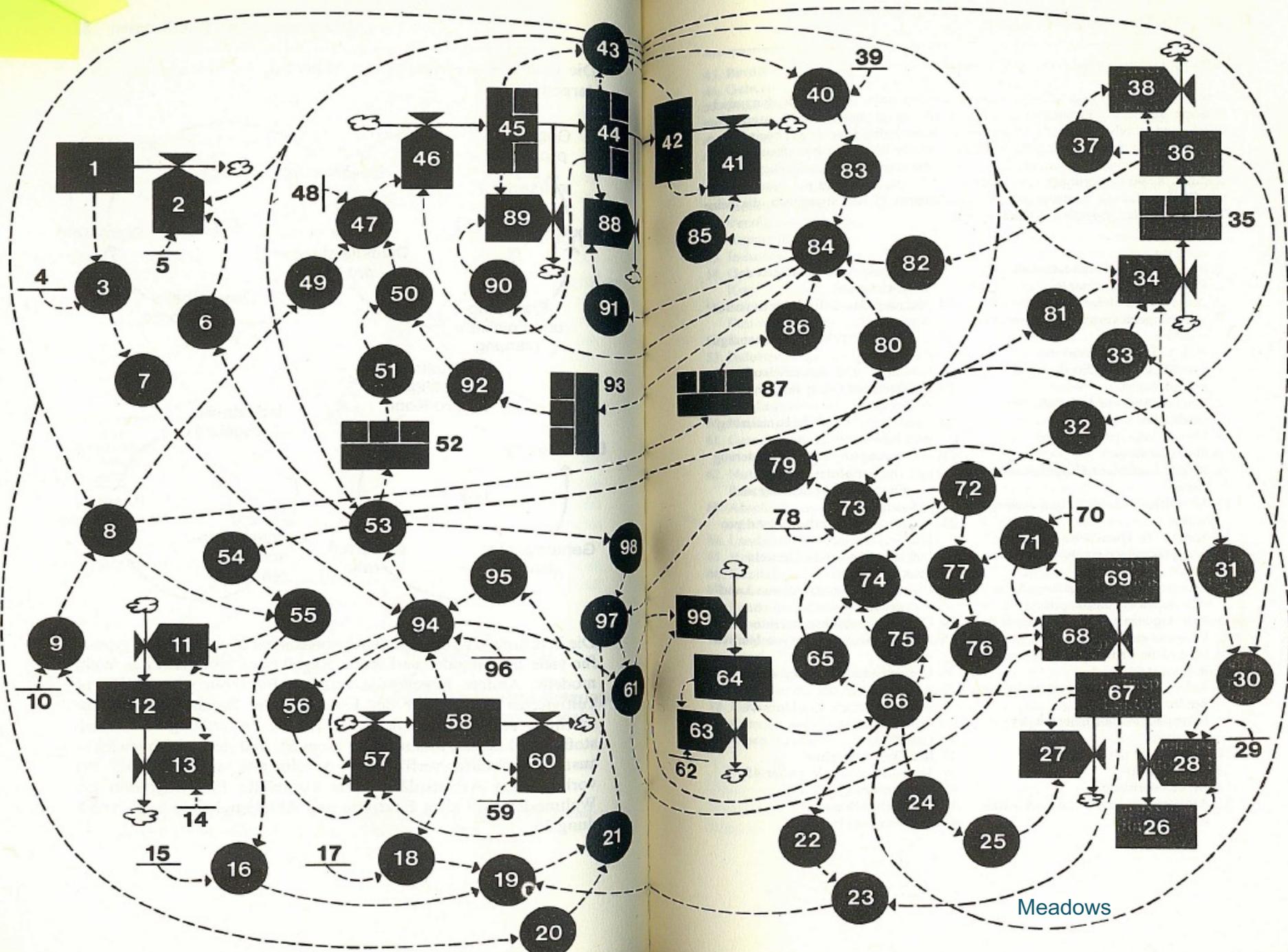
Das Weltmodell ist hier als Flußdiagramm dargestellt, wie das für dynamische Systeme üblich ist. Physikalische Größen, die direkt meßbar sind, sogenannte Pegel, sind durch Rechtecke symbolisiert; Raten, die diese Pegel beeinflussen, durch Ventilsymbole; zusätzliche Variablen, welche die Raten beeinflussen, durch Kreise. Zeitverzögerungen werden durch Kombinationen von Rechtecken gekennzeichnet. Reale Bewegungen von Menschen, Gütern, Geld sind mit durchgezogenen Pfeilen, kausale Beziehungen mit gestrichelten Pfeilen angegeben, die keine Wirkung auf das Modellverhalten ausüben.

1. Sich nicht regenerierende Rohstoffe
2. Rohstoffverbrauchsrate
3. Anteil vorhandener Rohstoffe
4. Ursprünglich vorhandene Rohstoffreserven
5. Rohstoffverbrauchsfaktor
6. Pro-Kopf-Rohstoffverbrauchs-multiplikator
7. Kapitalanteil zur Rohstoffgewinnung
8. Dienstleistungen pro Kopf
9. Dienstleistungen
10. Kapitalkoeffizient Dienstleistungssektor
11. Investitionsrate im Dienstleistungssektor
12. Kapital im Dienstleistungssektor
13. Abschreibungen im Dienstleistungssektor
14. Durchschnittliche Nutzungsdauer von Dienstleistungskapital
15. Arbeitsplätze pro Kapitaleinheit im Dienstleistungssektor
16. Potentielle Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor
17. Arbeitsplätze pro Kapitaleinheit in der Industrie
18. Potentielle Arbeitsplätze in der Industrie
19. Gesamtzahl der Arbeitsplätze
20. Arbeitskräfte
21. Arbeitslosenanteil
22. Arbeitsplätze in der Landwirtschaft pro Hektar

23. Potentielle Arbeitsplätze in der Landwirtschaft
24. Nutzungsdauer des Bodens versus Kapital
25. Durchschnittliche Bodennutzungsdauer
26. Siedlungs- und Industrieland
27. Landverluste durch intensive Nutzung
28. Landverlust durch Urbanisierung und Industrialisierung
29. Anpassungszeit für Urbanisierung und Industrialisierung
30. Landbedarf für Besiedlung und Industrie
31. Siedlungs- und Industrieland pro Kopf
32. Hektarertrag versus Umweltverschmutzung
33. Umweltverschmutzung von Landwirtschaft
34. Umweltverschmutzungsrate
35. Wirkungsverzögerung von Umweltschäden
36. Umweltverschmutzung
37. Absorbierungszeit
38. Absorptionsrate von Umweltverschmutzung
39. Landfläche
40. Bevölkerungsdichte
41. Todesfälle pro Jahr (Alter 45)
42. Bevölkerung (Alter 45)
43. Gesamtbevölkerung
44. Bevölkerung (16 bis 45)

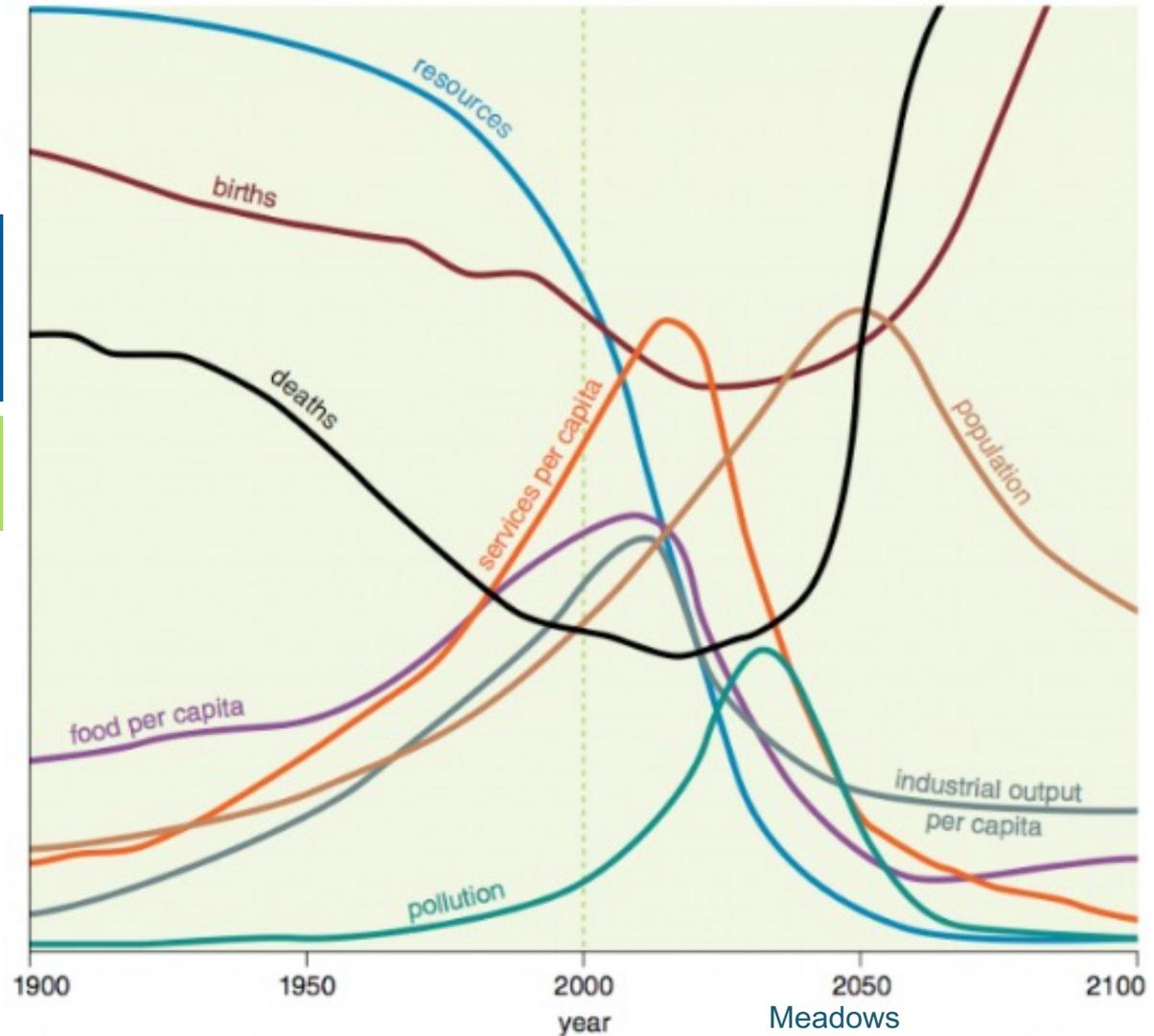
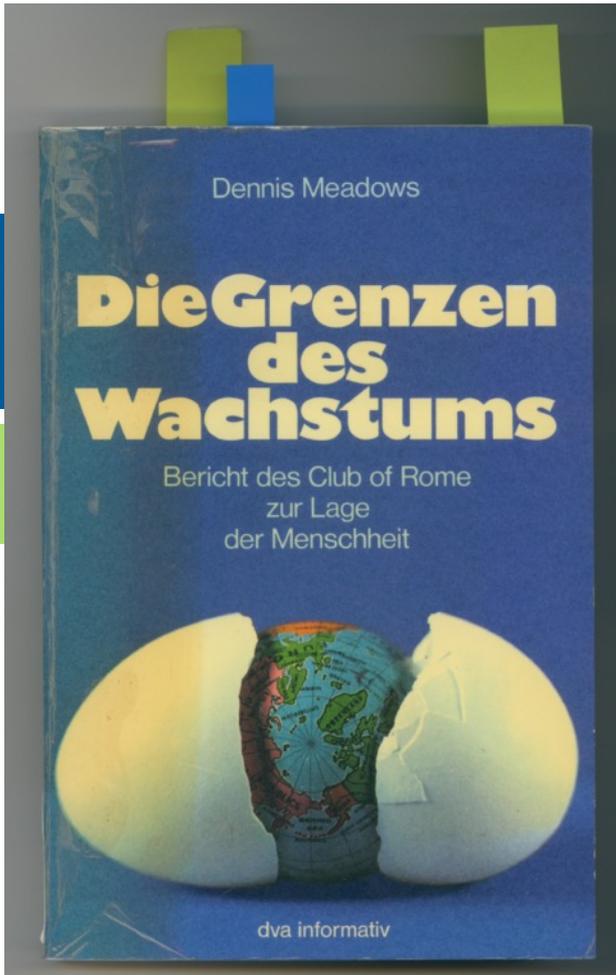
45. Bevölkerung (0 bis 15)
46. Geburten pro Jahr
47. Fruchtbarkeit
48. Maximale biologische Geburtenrate
49. Wirksamkeit der Geburtenkontrolle
50. Gewünschte Geburtenrate
51. Gewünschte Geburten versus Industrieoutput
52. Verzögerung der sozialen Anpassung
53. Industrieoutput pro Kopf
54. Gewünschte Dienstleistungen pro Kopf
55. Anteil der Industrieoutputs im Dienstleistungsbereich
56. Konsumrate
57. Industrielle Investitionsrate
58. Industriekapital
59. Durchschnittliche Nutzungsdauer von Industriekapital
60. Nutzungsdauer für Industriekapital
61. Gesamtinvestitionen in der Landwirtschaft
62. Nutzungsdauer von Kapital in der Landwirtschaft
63. Abschreibungen in der Landwirtschaft
64. Landwirtschaftliches Kapital
65. Hektarertrag versus Kapitaleinsatz
66. Kapital-Land-Verhältnis
67. Landwirtschaftlich genutztes Land
68. Landentwicklungsrate
69. Potentiell nutzbares Land
70. Ursprünglich potentiell nutzbares Land
71. Entwicklungskosten pro Hektar
72. Hektarertrag
73. Nahrung
74. Grenzproduktivität landwirtschaftlichen Kapitals

75. Grenzhektarertrag versus Kapitaleinsatz
76. Anteil der landwirtschaftlichen Investitionen für die Landentwicklung
77. Grenzproduktivität der Landerschließung
78. Anteil landwirtschaftlich genutzten Landes
79. Nahrung pro Kopf
80. Lebenserwartung versus Nahrung
81. Umweltverschmutzung versus Industrieoutput
82. Lebenserwartung versus Umweltverschmutzung
83. Lebenserwartung versus Bevölkerungsdichte
84. Lebenserwartung
85. Mortalität 45 Jahre und älter
86. Lebenserwartung versus Gesundheitsfürsorge
87. Wirkungsverzögerung der Gesundheitsfürsorge
88. Todesfälle pro Jahr 16 bis 45 Jahre
89. Todesfälle pro Jahr 0 bis 15 Jahre
90. Mortalität 0-15 Jahre
91. Mortalität 16-45 Jahre
92. Geburtenwünsche versus Lebenserwartung
93. Verzögerungszeit für Lebenserwartung
94. Industrieoutput
95. Genutzter Anteil des Industriekapitals
96. Verhältnis von Industriekapital zu Output
97. Anteil des Industrieoutput in der Landwirtschaft
98. Gewünschte Nahrung pro Kopf
99. Landwirtschaftliche Investitionsrate



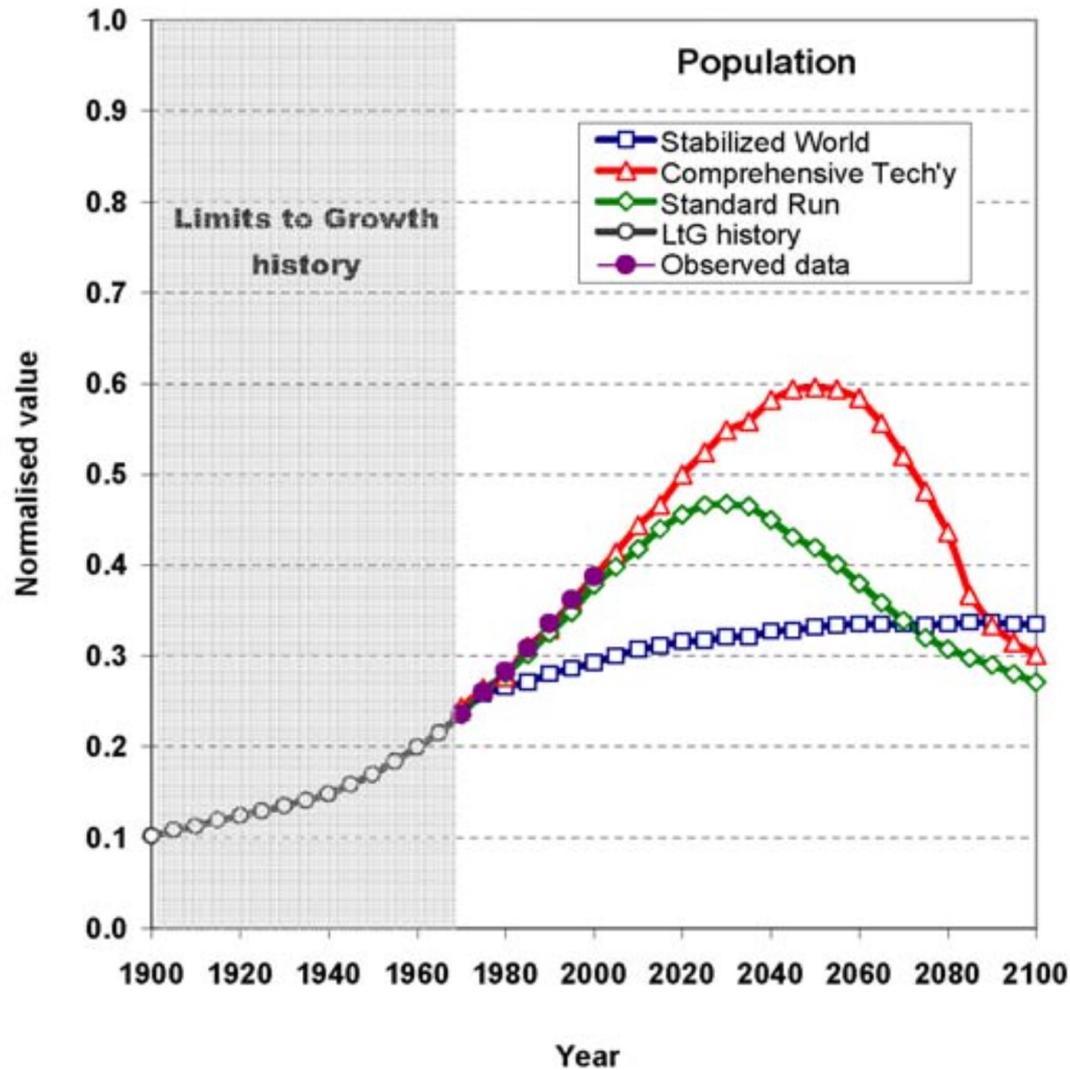
Meadows

# Grenzen des Wachstums 1972



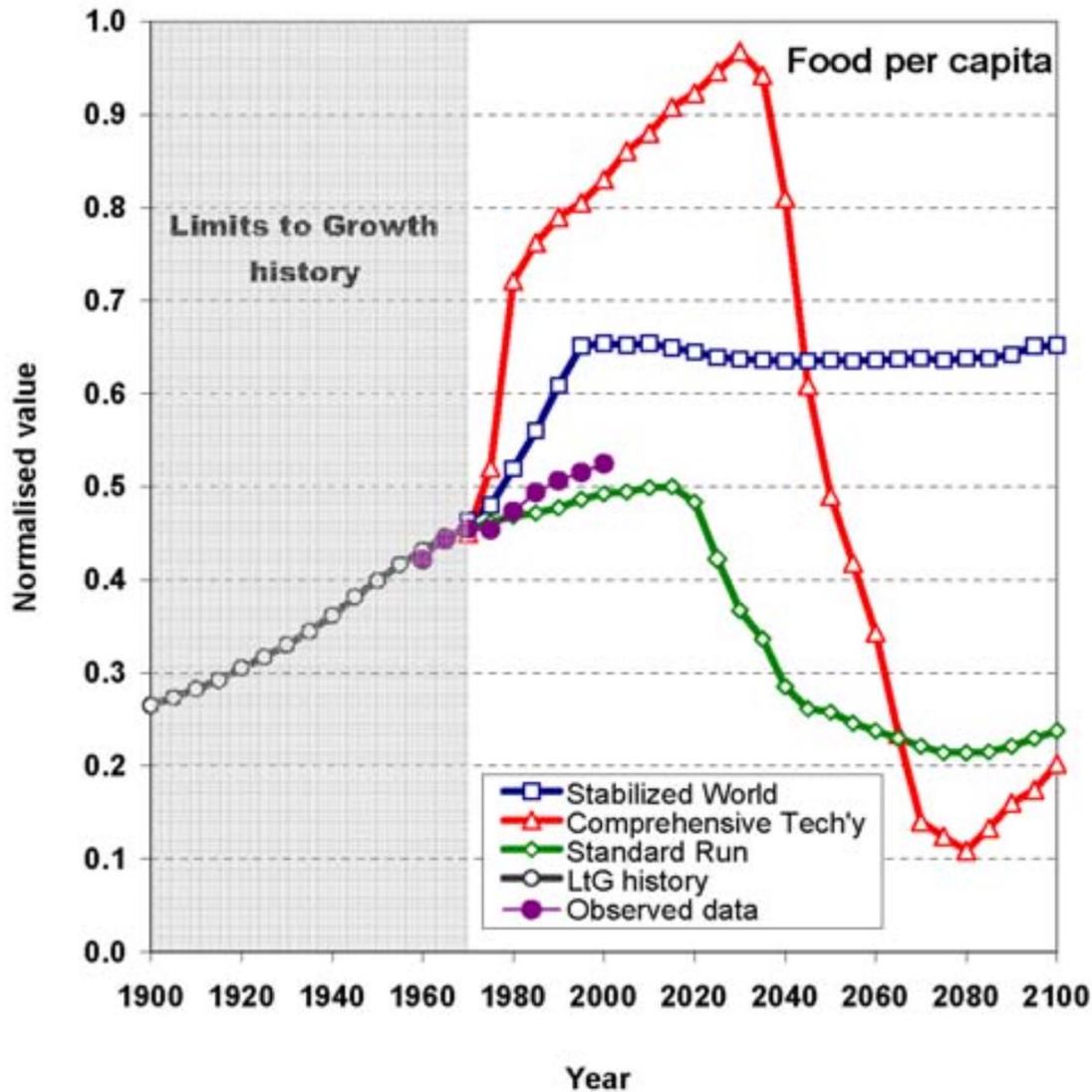
# Grenzen des Wachstums...

## Realitätsprüfung

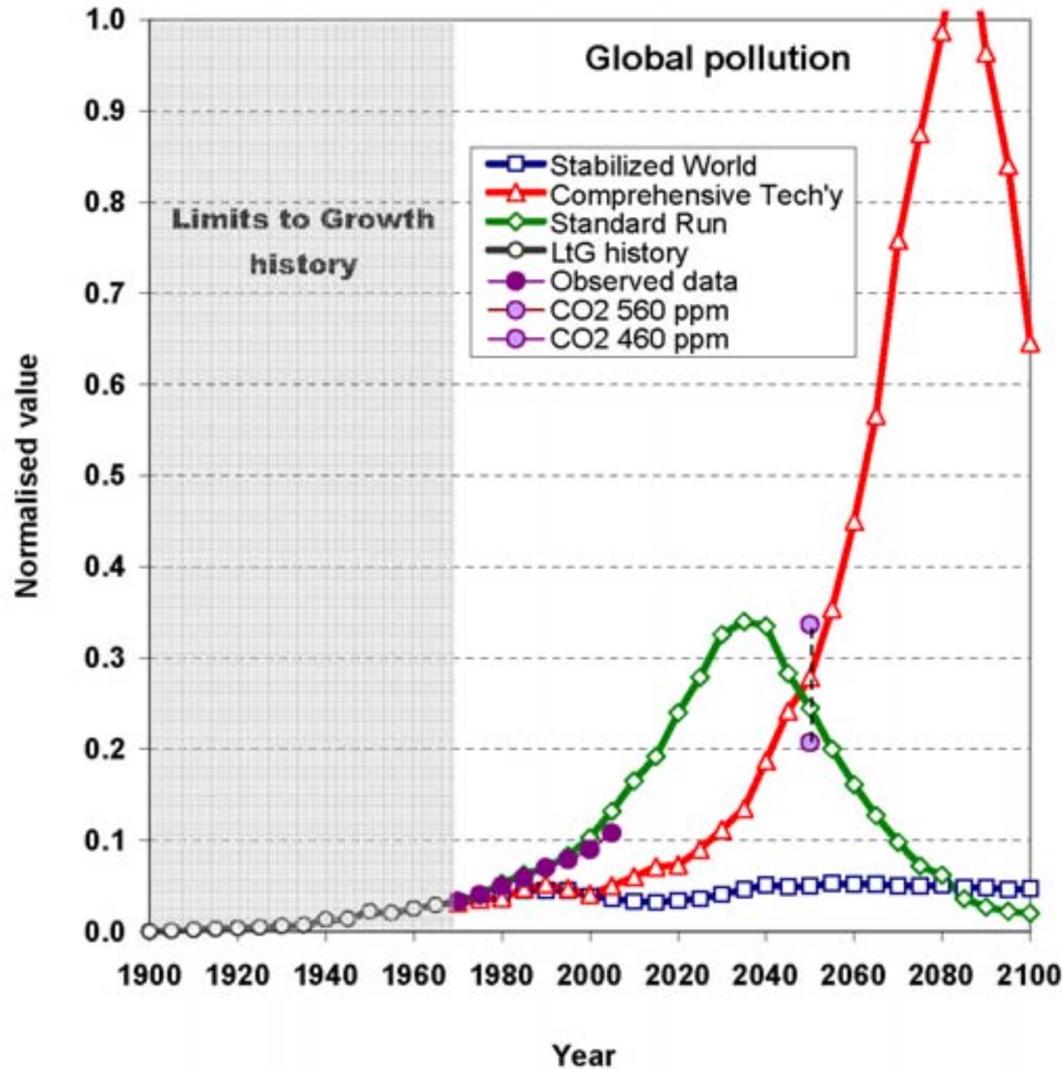


# Grenzen des Wachstums...

## Realitätsprüfung

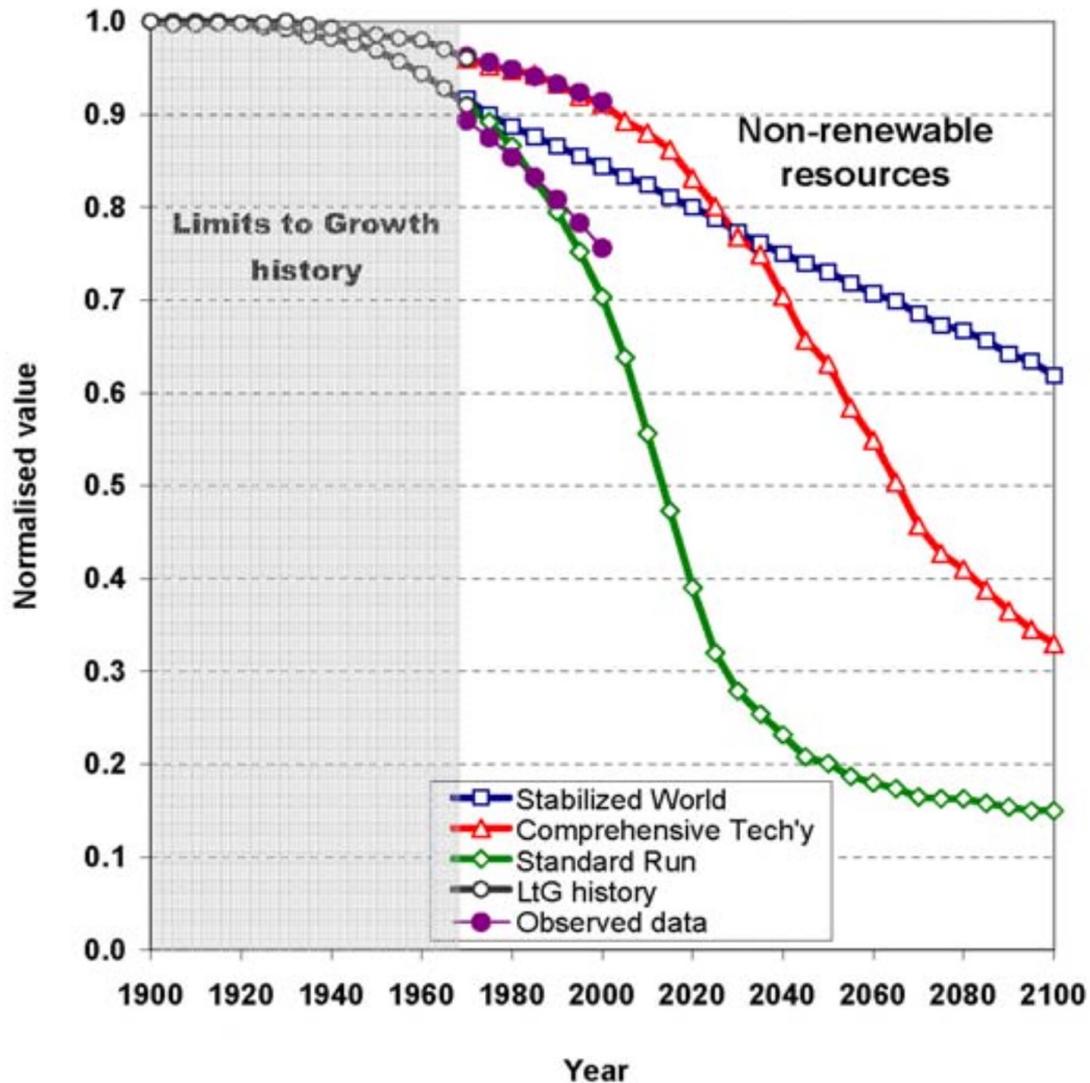


# Grenzen des Wachstums... Realitätsprüfung



# Grenzen des Wachstums...

## Realitätsprüfung



# Grenzen des Wachstums... Realitätsprüfung

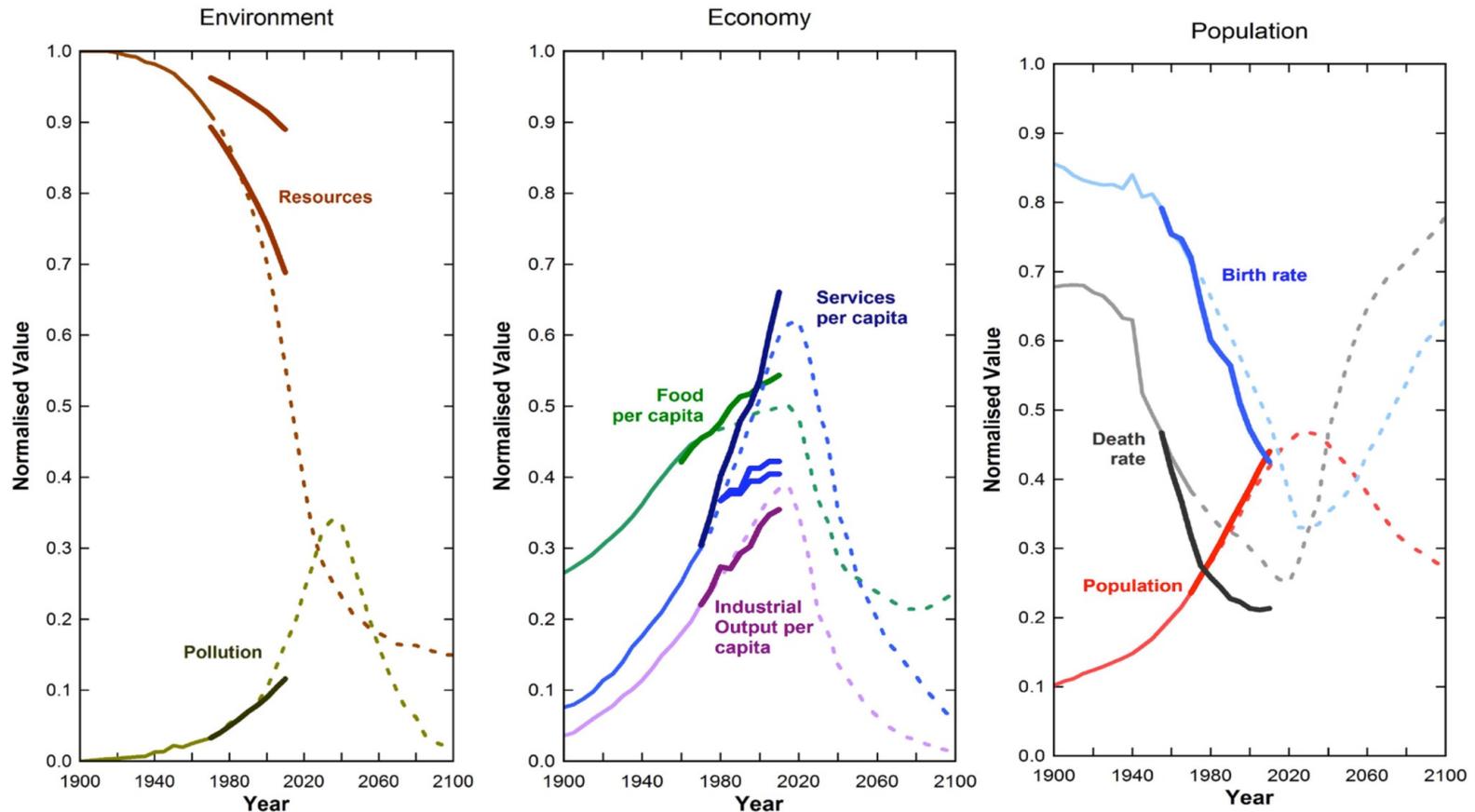
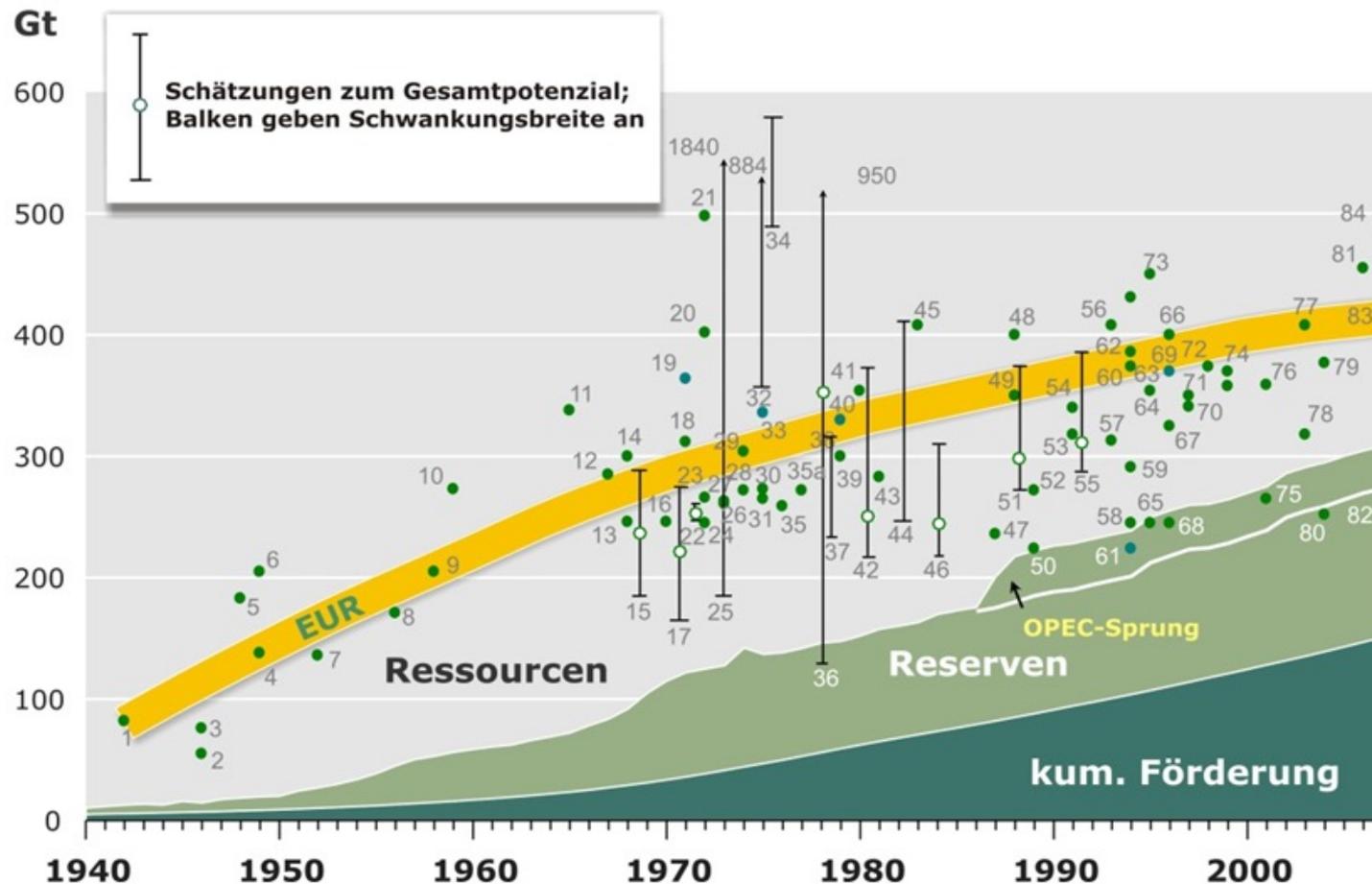


Figure 1. *LTG* BAU (Standard Run) scenario (dotted lines) compared with historical data from 1970 to 2010 (solid lines)—for demographic variables: population, crude birth rate, crude death rate; for economic output variables: industrial output per capita, food per capita, services per capita (upper curve: electricity p.c.; lower curves: literacy rates for adults, and youths [lowest data curve]); for environmental variables: global persistent pollution, fraction of non-renewable resources remaining (upper curve uses an upper limit of 150,000 EJ for ultimate energy resources; lower curve uses a lower limit of 60,000 EJ [Turner 2008]).

# Ölförderung wird konvergieren...



**Bild 3** Entwicklung der Schätzungen zum Gesamtpotential von konventionellem Erdöl [8]. Mit freundlicher Genehmigung der BGR.

# Gewinnung fossiler Rohstoffe wird schwieriger ...

Deepwater Horizon:  
500.000 – 1.000.000 t Öl\*  
flossen in den Golf von Mexiko



\* Schätzung, Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung

Spiegel.de

# Flut in Pirna (Ostdeutschland) in 2002



Pirna.de

# Flut in Pirna (Ostdeutschland) in 2013



# Flut in Kaiserslautern – 2018



# Tiefststände am Rhein Höchsttemperaturen im Rhein



# Hochwasser im Ahrtal





# Warum mit Kunststoffen befassen?

# Weltproduktion Kunststoffe

## Europe (EU28+NO/CH)

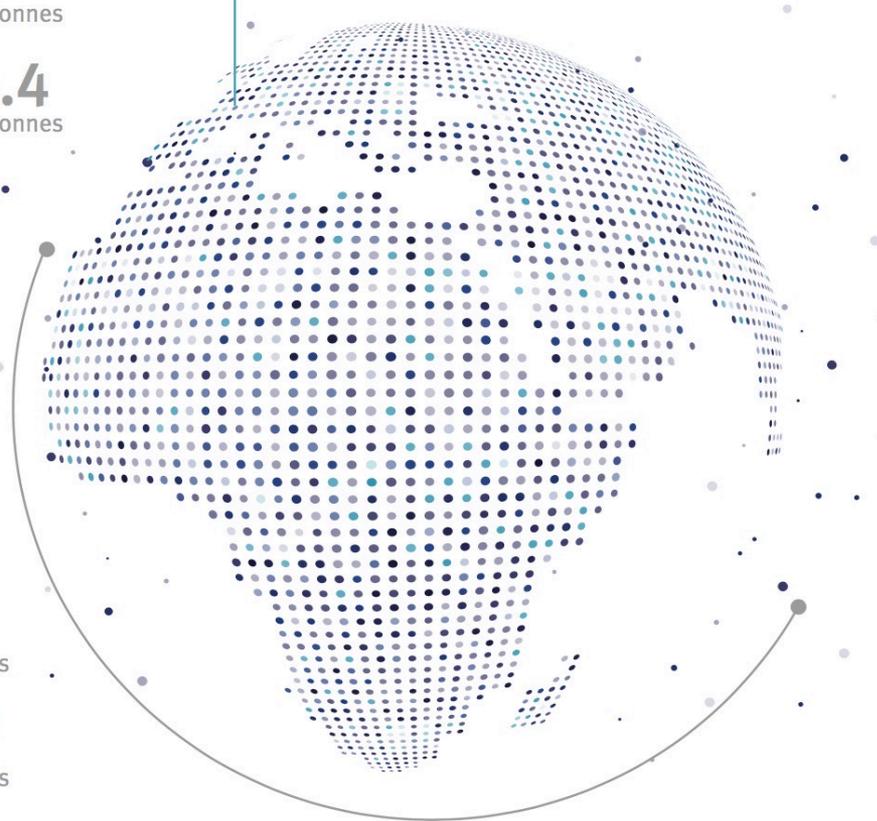
2018 **61.8**  
million tonnes

2017 **64.4**  
million tonnes

## World

2018 **359**  
million tonnes

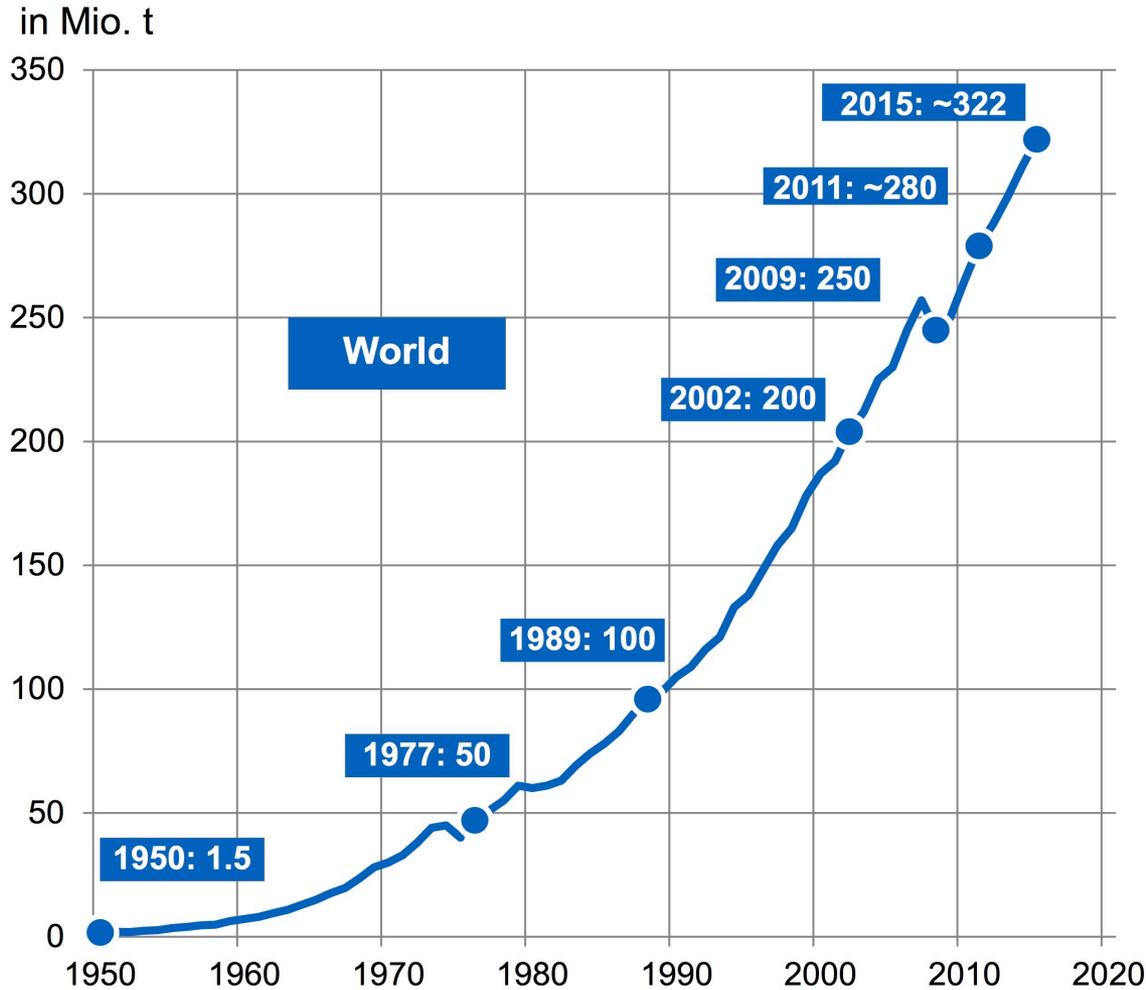
2017 **348**  
million tonnes



Includes Thermoplastics, Polyurethanes, Thermosets, Elastomers, Adhesives, Coatings and Sealants and PP-Fibers. Not included: PET-fibers, PA-fibers and Polyacryl-fibers.

Plastics – The Facts 2019

# Weltproduktion Kunststoffe seit 1950

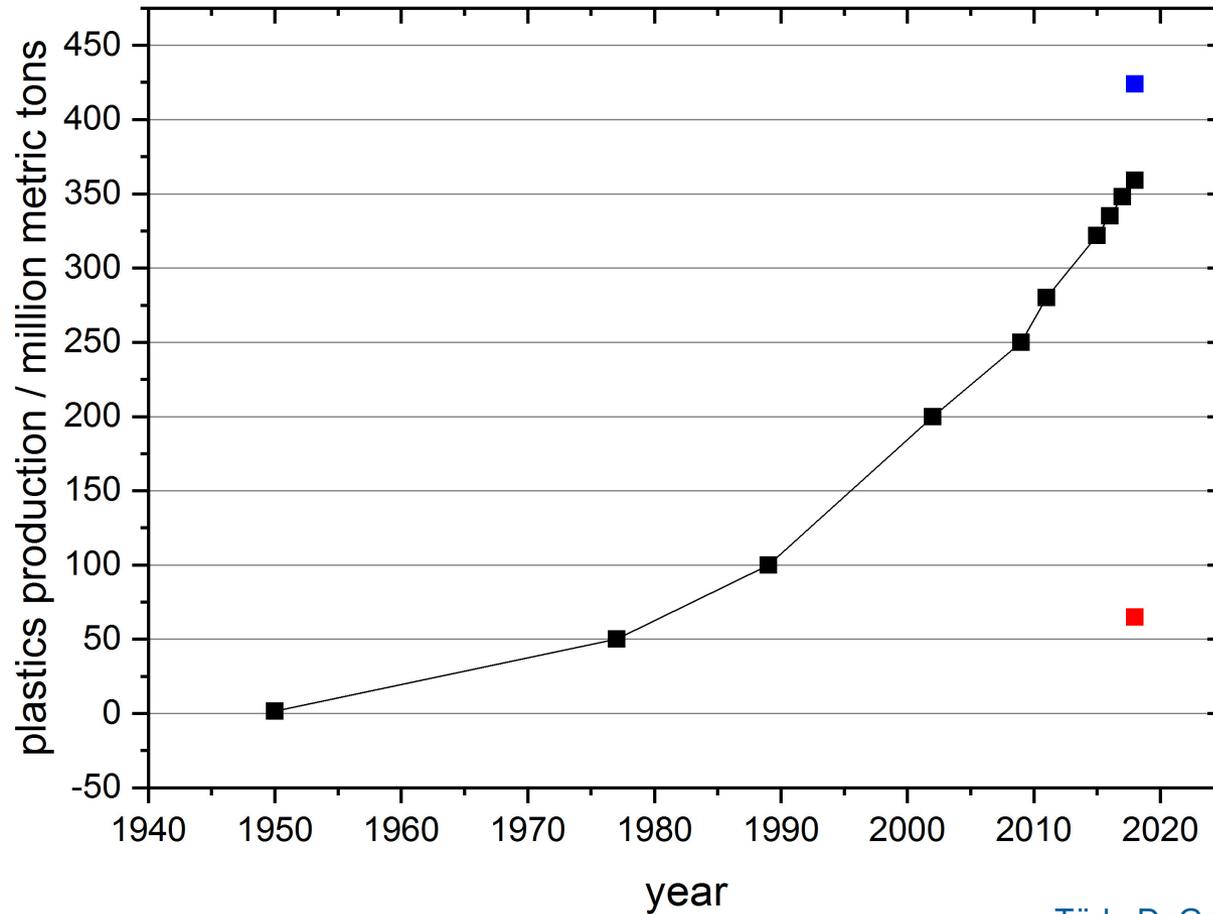


CAGR  
(Compound Average  
Growth Rate) = 8,6 %

Wachstum Stahlproduktion  
im gleichen Zeitraum  
von 200 – 1.600 Mio t/a

Plastics Europe

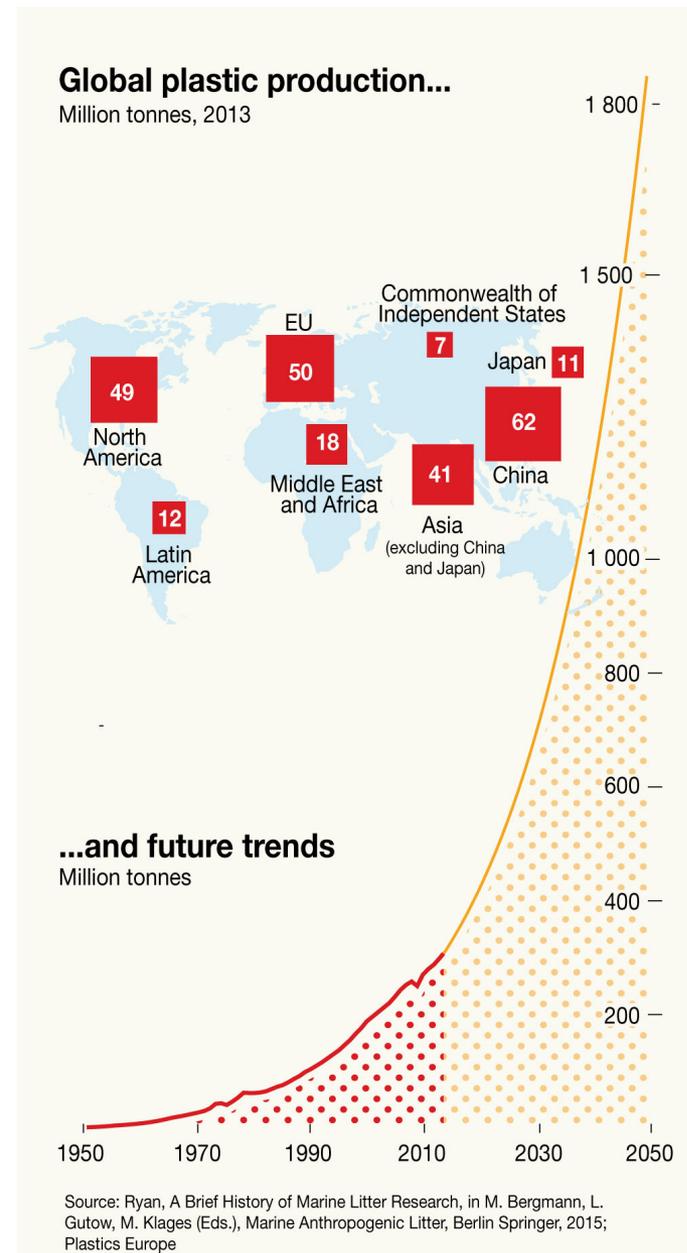
# Weltproduktion Kunststoffe seit 1950



Türk, DeGruyter 2021

# Weltproduktion Kunststoffe

## Entwicklung



# Herstellungsaufwendungen für Massenkunststoffe - Energie

**Tabelle 5** Energieinhalt der Polymere (Brennwert), benötigte Prozessenergie sowie Gesamtenergieaufwand für die sechs wichtigsten Massenkunststoffe [59].

<b>Kunststoff</b>	<b>Energieinhalt Polymer</b>	<b>Prozessenergie</b>	<b>Gesamtenergieaufwand</b>
	<b>MJ/kg</b>	<b>MJ/kg</b>	<b>MJ/kg</b>
PE-HD	54,3	22,4	76,7
PP	52,6	20,8	73,4
PVC	26,9	29,8	56,7
PS, EPS	46,2	42,4	88,6
PUR	33,5	68,6	102,1
PET	25,0	44,4	69,4
<b>Mittelwert</b>	<b>39,8</b>	<b>38,1</b>	<b>77,8</b>

Türk, Springer Vieweg, 2014

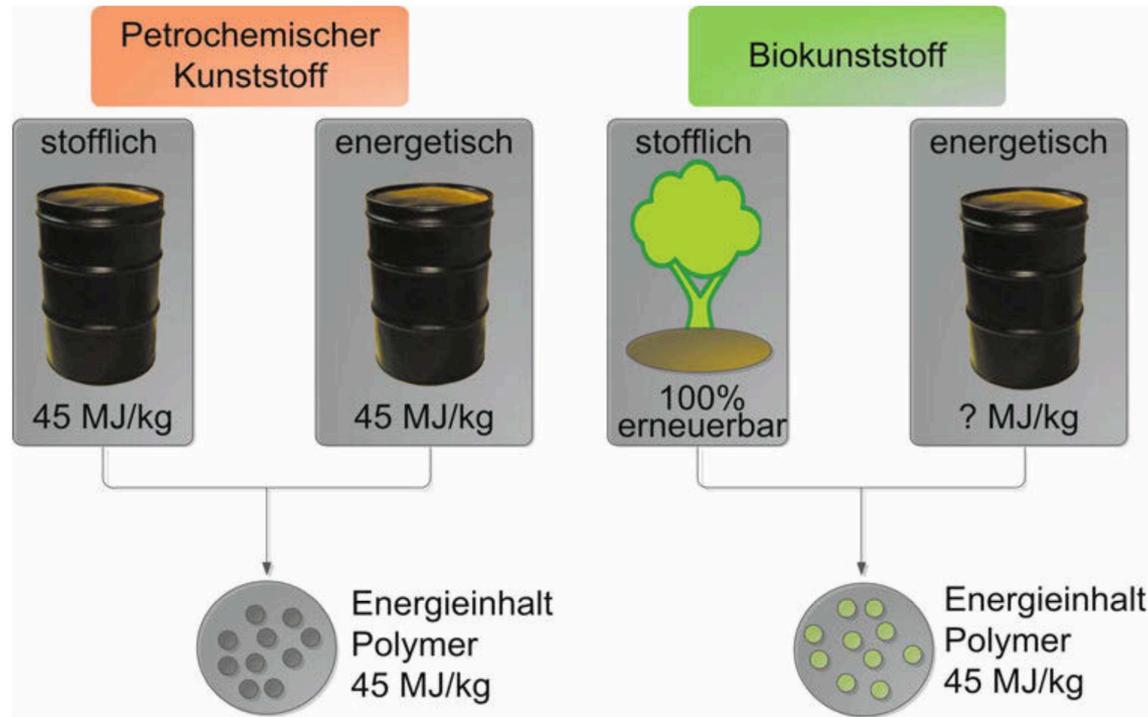
# Herstellungsaufwendungen für Massenkunststoffe - Energiemix

**Tabelle 6** Zusammensetzung der Energie- und Stoffbereitstellung für die Herstellung von Polyethylen-terephthalat [59].

Energieträger	Energieinhalt Polymer	Prozessenergie	Gesamt
	MJ/kg	MJ/kg	MJ/kg
Steinkohle		2,5	2,5
Braunkohle		1,4	1,4
Gas	2,2	14,5	16,7
Rohöl	22,8	22,1	44,9
Uran		3,2	3,2
Wasserkraft		0,3	0,3
Biomasse		0,0	0,0
Andere erneuerbare Energieträger		0,5	0,5
<b>Gesamt</b>	<b>25,0</b>	<b>44,4</b>	<b>69,8</b>

Türk, Springer Vieweg, 2014

# Kunststoffe „kosten“ uns 800 Mio. t Erdöl



**Bild 40** Vergleich des stofflichen und energetischen Beitrags bei der Herstellung petrochemischer Kunststoffe und von Biokunststoffen. Nur wenn der energetische Mehraufwand bei der Herstellung des Biokunststoffs den Vorteil auf der stofflichen Seite nicht überkompensiert, ist der Biokunststoff gegenüber dem petrochemischen Kunststoff im Vorteil. Die angegebenen Werte sind Brennwerte, weitere Erläuterungen siehe Text sowie Tabelle 5.

Türk, Springer Vieweg, 2014

# Kunststoffe Materialmix

Food packaging, sweet and snack wrappers, hinged caps, microwave containers, pipes, automotive parts, bank notes, etc.

**PP**  
19.3%



**PE-LD**  
**PE-LLD**  
17.5%

Reusable bags, trays and containers, agricultural film (PE-LD), food packaging film (PE-LLD), etc.



**OTHERS**  
19%



Hub caps (ABS); optical fibres (PBT); eyeglasses lenses, roofing sheets (PC); touch screens (PMMA); cable coating in telecommunications (PTFE); and many others in aerospace, medical implants, surgical devices, membranes, valves & seals, protective coatings, etc.

**PE-HD**  
**PE-MD**  
12.3%

Toys, (PE-HD, PE-MD), milk bottles, shampoo bottles, pipes, houseware (PE-HD), etc.



Window frames, profiles, floor and wall covering, pipes, cable insulation, garden hoses, inflatable pools, etc.

**PVC**  
10.2%



**PUR**  
7.7%

Building insulation, pillows and mattresses, insulating foams for fridges, etc.



Bottles for water, soft drinks, juices, cleaners, etc.

**PET**  
7.4%



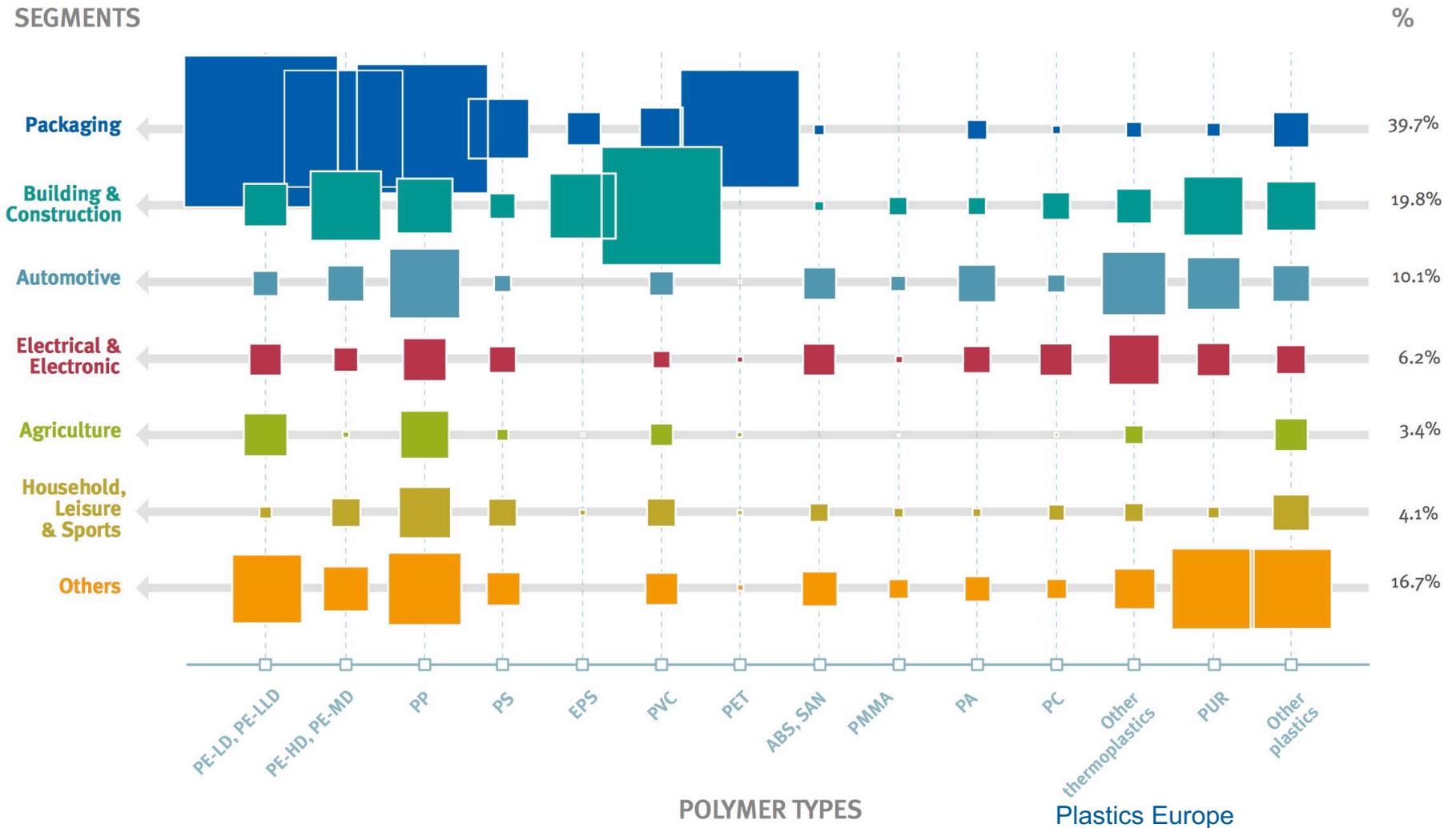
**PS, EPS**  
6.6%

Eyeglasses frames, plastic cups, egg trays (PS); packaging, building insulation (EPS), etc.



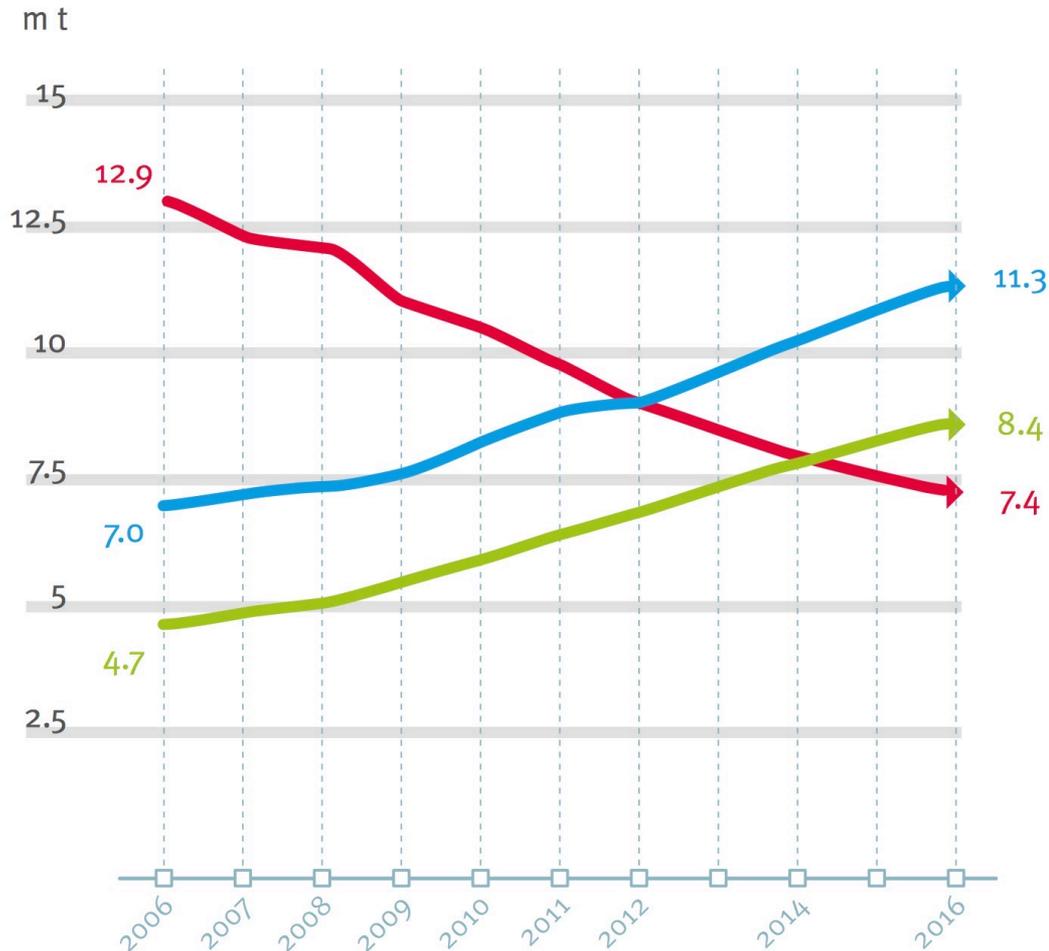
Plastics Europe

# Kunststoffe Materialmix



# Deponierung geht zurück – Recycling wächst

2006-2016 evolution of plastic waste treatment (EU28+NO/CH)



Plastics Europe

# Kunststoff-Müllstrudel



[surfer.com](https://www.surfer.com)

# Kunststoffe sind ein Umweltproblem



**Bild 46** Überreste eines Albatros. Seevögel sterben durch Verschlucken unverdaulicher Kunststoffformteile und -partikel. Mit freundlicher Genehmigung von Cynthia Vanderlip und dem Algalita Marine Research Institute.

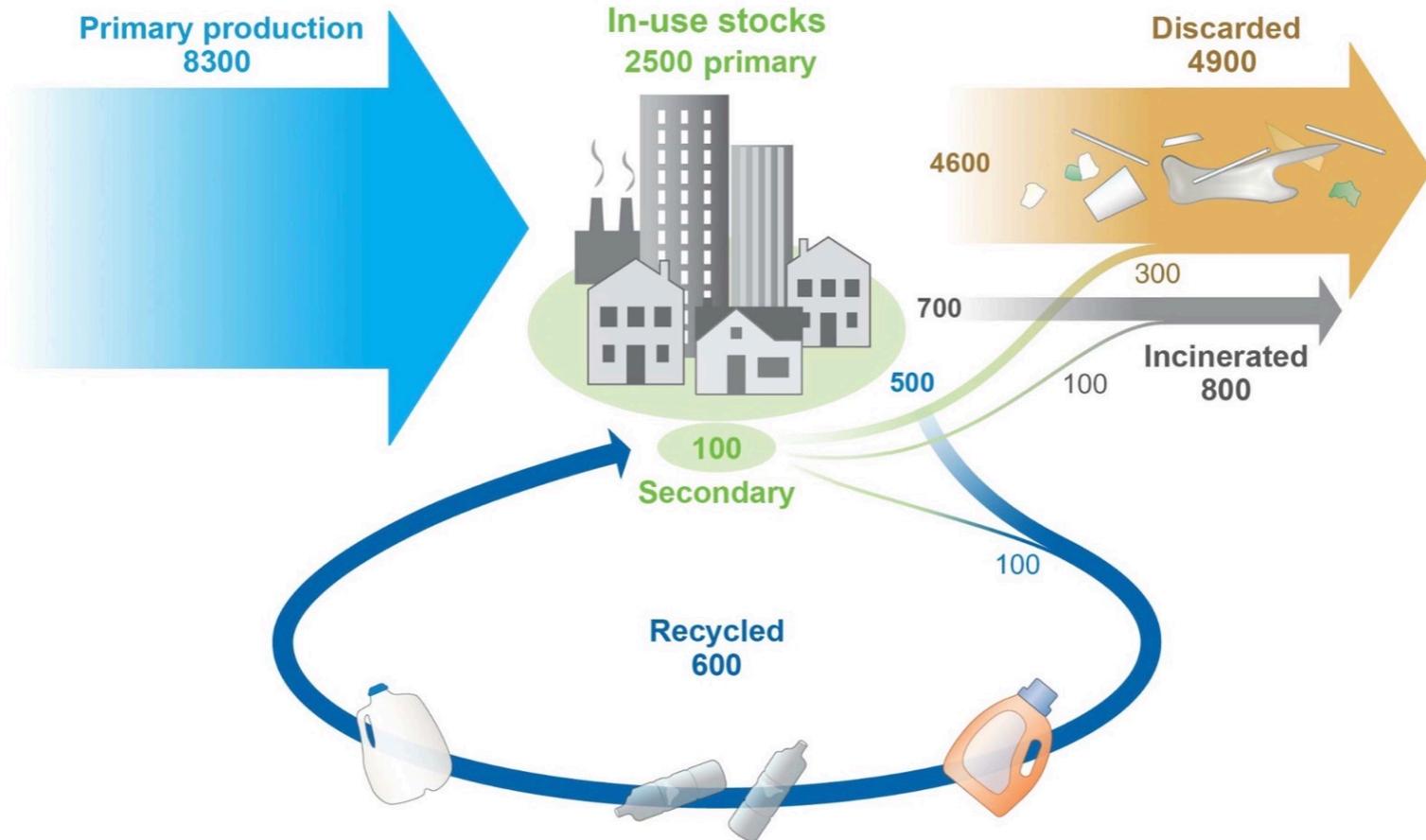
Türk, Springer Vieweg, 2014

# The Ocean Cleanup - The Interceptor



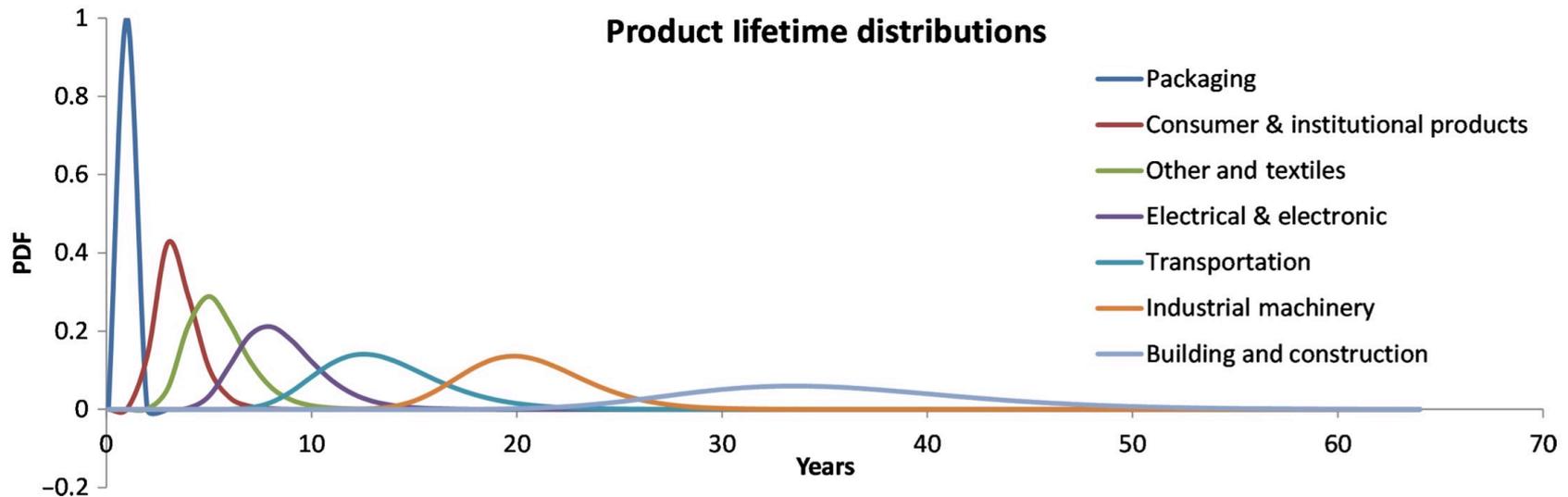
The Ocean Cleanup

# Kunststoffproduktion und -verbleib



Geyer, Science

# Kunststoffproduktion und -verbleib



Geyer, Science



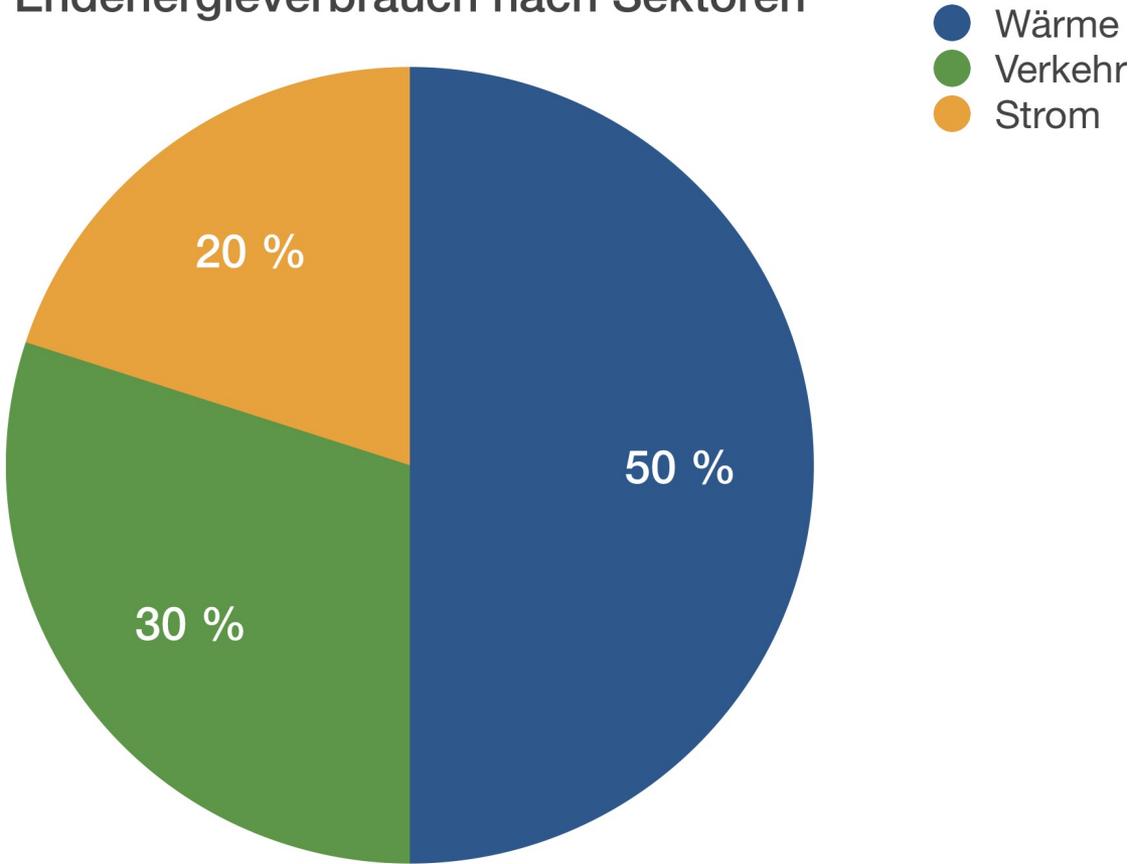
**Auch der Kunststoffmarkt wird nachhaltig  
Veränderungen beschleunigen sich!**

# Nachhaltigkeit hat drei Säulen



# Wir reden schon lange über Erneuerbare Energien ...

Endenergieverbrauch nach Sektoren



# ... und stellen fest: Nachhaltigkeit nimmt Fahrt auf

## Der neue ID.3: **bilanziell CO<sub>2</sub>-neutral**

Emissionswerte werden in gesamter Wertschöpfungskette reduziert



zero 



+ Unvermeidliche Emissionen werden durch  
**Investitionen in Klimaschutzprojekte** kompensiert.

Quelle Volkswagen

# Nachhaltigkeit nimmt Fahrt auf



Buy Better. Wear Longer | Levi's®

Später ans...  
Teilen



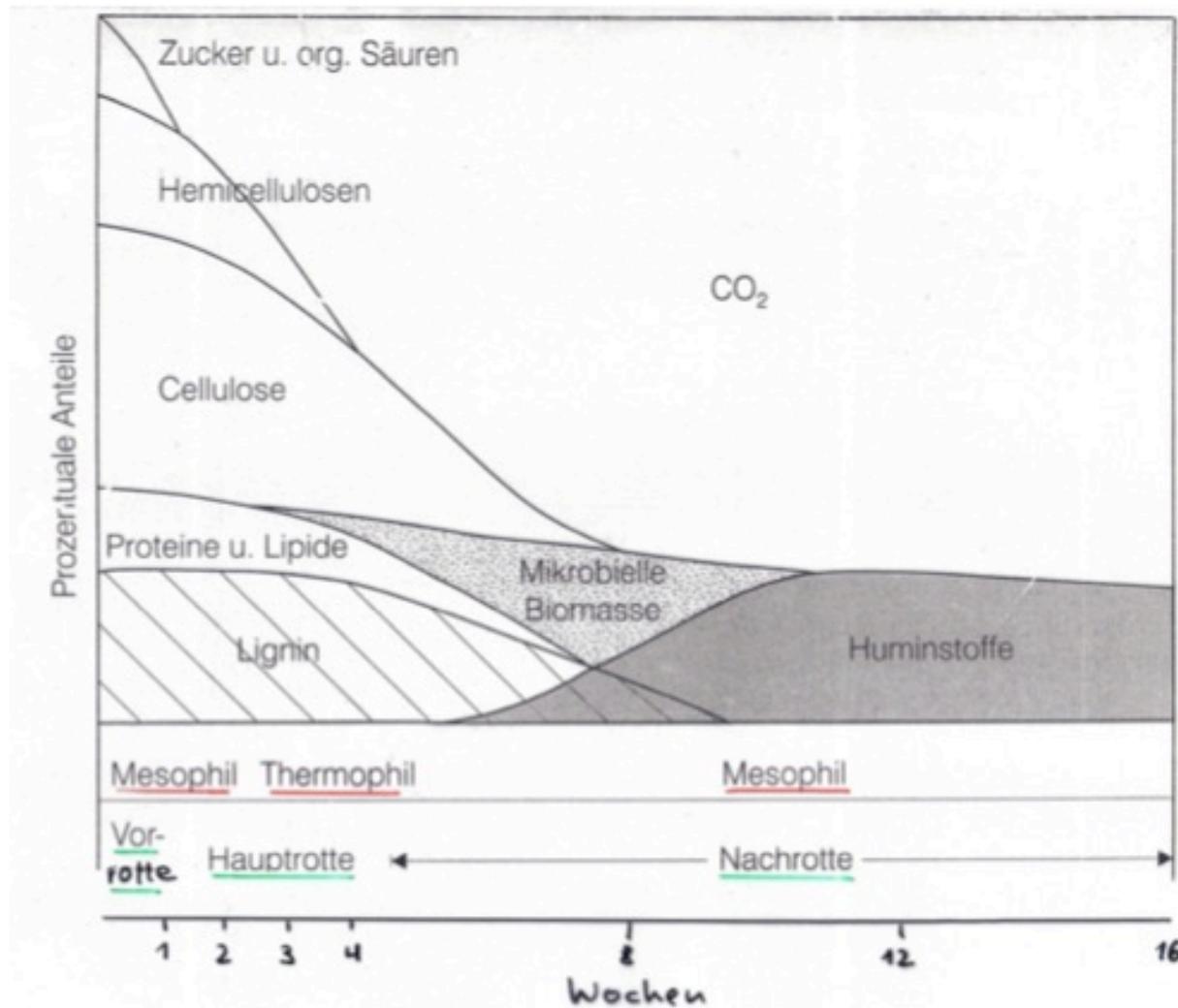
Ansehen auf YouTube

# Nachhaltigkeit nimmt Fahrt auf

## Der Kompostierungsprozess nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip



# Kompostieren ist keine systematische Lösung



# Nachhaltigkeit nimmt Fahrt auf



# Nachhaltigkeit nimmt Fahrt auf



# Die Kunststoffwelt wandelt sich gerade sehr schnell



DE | EN

PRODUKTE MARKE **NACHHALTIGKEIT** TIPPS & TRICKS FAQ KONTAKT UNTERNEHMEN



**20**  
JAHRE  
MARKEN  
AWARD 2020

Beste Nachhaltigkeitsstrategie

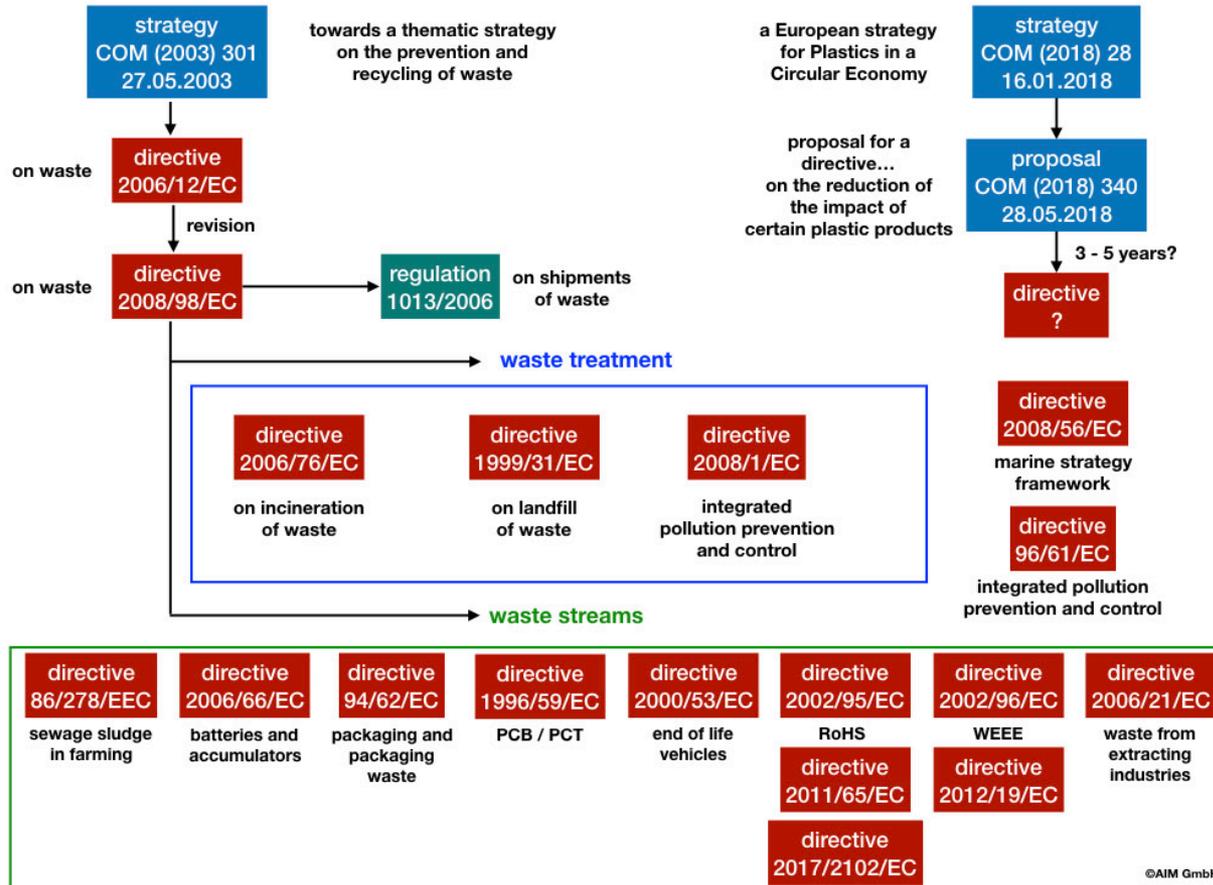
FROSCH FÜR

SAUBERE MEERE

# Die Kunststoffwelt wandelt sich gerade sehr schnell



# EU-Abfallgesetzgebung



# Einwegkunststoff-Verbotsverordnung ab 1.7.2021

Schluss mit Einweg-Plastik

seit 3. Juli

## Diese Plastikartikel werden verboten



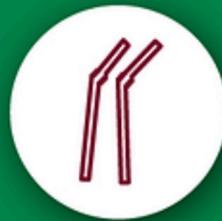
To-Go-Becher\*



Einweg-Geschirr



Fast-Food-Verpackungen\*



Trinkhalme



Rühr- und Wattestäbchen



Luftballonhalter

\*aus Styropor

# Biogene Epoxidharze - ELO



**Bild 333** Fronthaube eines Kleinwagens aus Naturfaser-verstärktem epoxidierten Leinöl. Als Naturfasern kamen Hanf und Flachs zum Einsatz. Bei Fasergehalten von 50 Gewichtsprozent sind biogene Anteile des Formteils von knapp 80 Gewichtsprozent möglich.

# Bioverbundwerkstoff - Duroplast



# Bioverbundwerkstoff - Duroplast



# Bioverbundwerkstoff - Duroplast



# Werbeblock



# Werbeblock

 Prof Dr Klaas

★★★★★ **Als deutschsprachige Einführung konkurrenzlos**

Rezension aus Deutschland vom 4. Februar 2016

Die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe mit all ihren Chancen und Problemen ist in Öffentlichkeit, Politik und Wissenschaft ein vieldiskutiertes Thema. Dagegen werden die Möglichkeiten der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe wesentlich weniger wahrgenommen, obwohl sie die höhere Wertschöpfung haben und gerade für Europa mit den kleinen pro-Kopf-Agrarflächen viel attraktiver sind.

Diese Lücke, die sich auch auf dem Lehrbuchmarkt widerspiegelt, füllt das Buch in hervorragender Weise. Es ist im deutschsprachigen Raum als einführendes Lehrbuch konkurrenzlos. Ich empfehle es daher auch den Studierenden in allen meinen Modulen zu dieser Thematik.

Einen Wehmutstropfen gibt es allerdings: Das Buch konzentriert sich ganz überwiegend auf die polymeren nachwachsenden Rohstoffe und ihre (werk-)stoffliche Nutzung. Für die meisten nachwachsenden Rohstoffe ist dies auch gerechtfertigt. Nicht jedoch für die Fette und Öle. Ihre Hauptanwendungen liegen im monomeren Bereich (Tenside, Schmierstoffe) und da sind 10 von 500 Seiten ihrer Bedeutung einfach nicht angemessen.

↳ [Lesen Sie weiter](#)

3 Personen fanden diese Informationen hilfreich

|  |

 IrieDaily86

★★★★★ **Inspirierender Überblick über Biowerkstoffe und Einsatzmöglichkeiten.**

Rezension aus Deutschland vom 25. Januar 2016

Auch als Nichtchemiker, war dieses Buch durch eine Einleitung, die über den Tellerrand hinaus blicken lässt und eine strukturierte Darstellung der Werkstoffe in Herstellung/Vorkommen, Struktur/Eigenschaften, Ökonomische Bedeutung, Ökologische Aspekte und Anwendungsgebiete lesenswert und hat mich zum Nachdenken angeregt.

Dankeschön!

|  |

 ErwGei

★★★★★ **Umfassender Gesamtüberblick zur Vielzahl der nachwachsenden Rohstoffe**

Rezension aus Deutschland vom 15. Februar 2017

Das Buch hat einen sehr übersichtlichen und nachvollziehbaren Aufbau, der einen schnellen Einstieg zu den jeweiligen Rohstoffen erlaubt. Es bietet für unterschiedliche biobasierte Polymere bzw. Monomere einen ausgezeichneten Zugang zum Thema mit zahlreichen weiterführenden Literaturhinweisen. Aktuellen Entwicklungen wird u.a. durch Behandlung der zunehmend an Bedeutung gewinnenden Biopolymere Bio-PE, Bio-PVC oder Bio-PA Rechnung getragen. Der jeweilige Übergang von den chemischen Grundlagen über die Verarbeitung zur Anwendung ist gut gelungen und auch nachvollziehbar, wenn man im jeweiligen Fachgebiet kein Experte ist.

|  |

# Werbeblock



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

