

# Nachhaltigkeit im Bereich der Kunststoffverpackungen

Anwenderzentrum Biogene Werkstoffe  
Prof. Dr. Oliver Türk



# Die Biogene Werkstatt® und das Anwenderzentrum biogene Werkstoffe



# Vieles nachzulesen in:



# Werbeblock



Prof Dr Klaas



**Als deutschsprachige Einführung konkurrenzlos**

Kundenrezension aus Deutschland  am 4. Februar 2016



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 viel diskutiertes 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. Aktuelle 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.

## Kundenrezensionen

★★★★★ 5 von 5

7 weltweite Bewertungen



# „Cover-Fragen“



# „Cover-Fragen“



# Aktivitäten



Technische Hochschule Bingen  
Professor für nachwachsende Rohstoffe



Transferstelle Bingen  
Wissenschaftlicher Leiter



Institut für Innovation, Transfer und Beratung  
Geschäftsführer



AIM – Angewandte Innovative Materialien  
Gründer, Alleingesellschafter und Berater

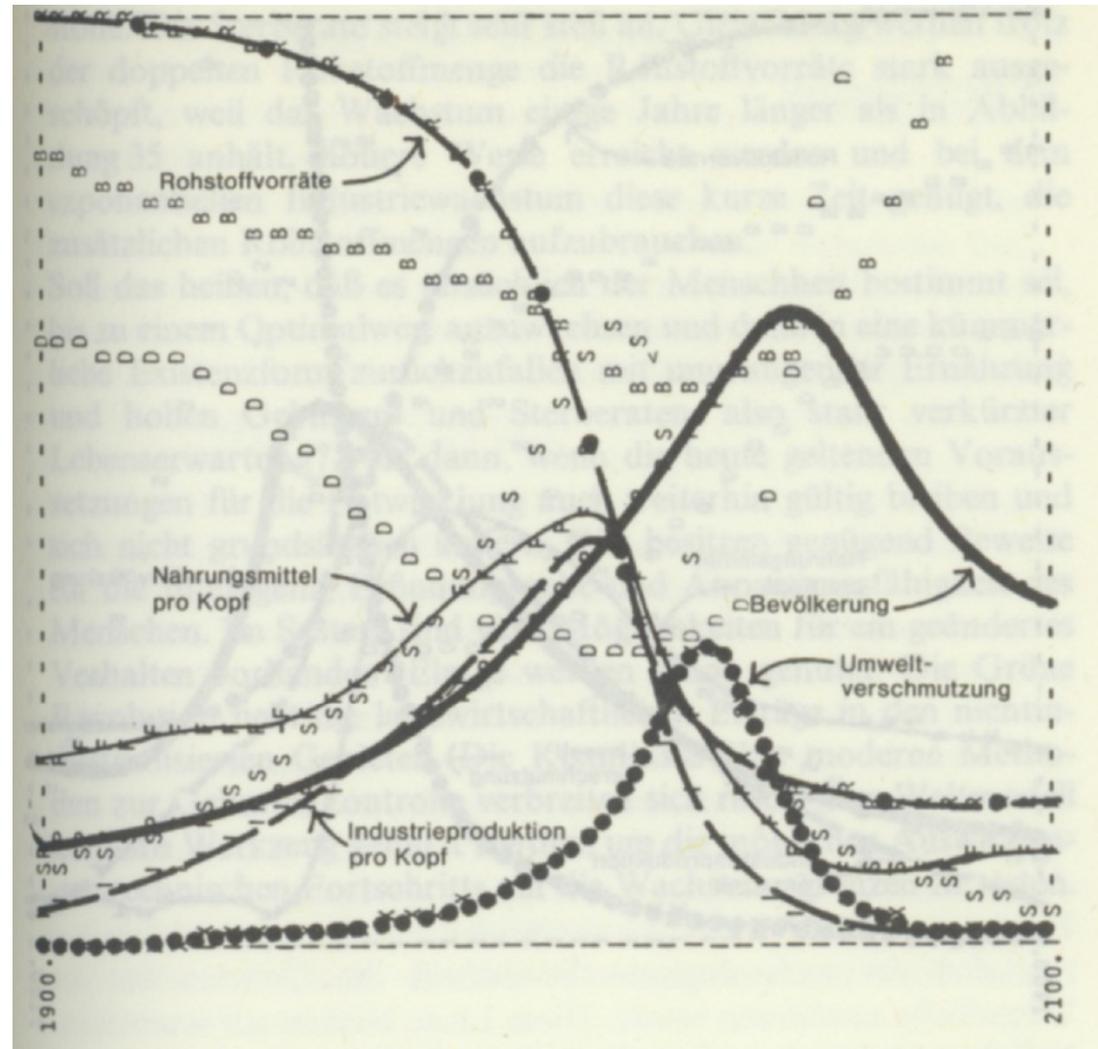
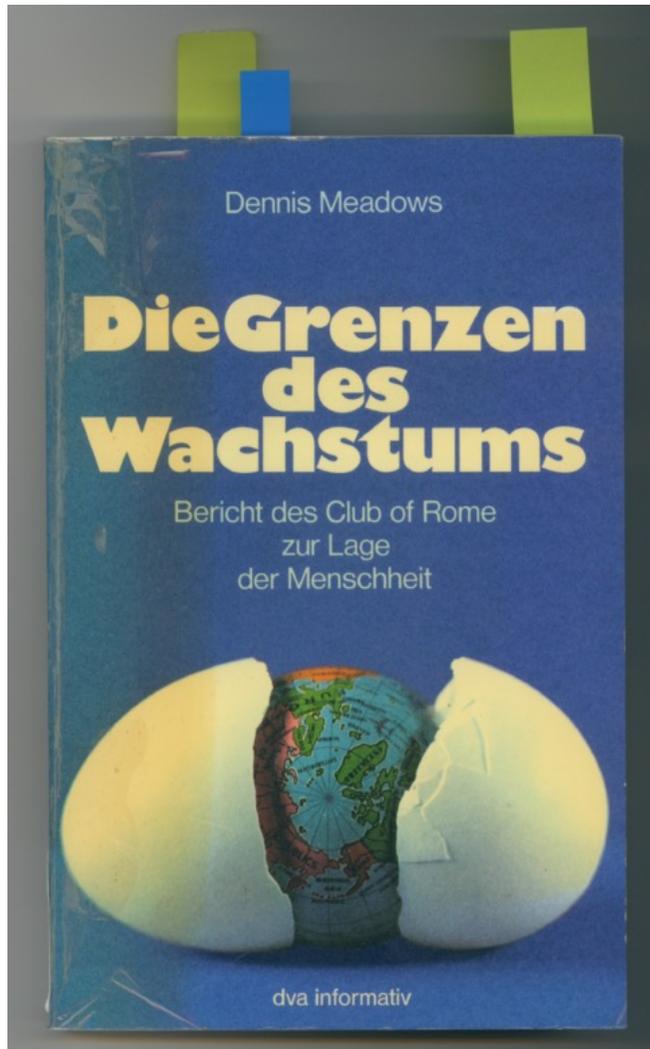


Bürgerenergiegenossenschaft  
Aufsichtsrat (Ehrenamt)



Energiespeichernetzwerk  
Ehem. Vorstand (Ehrenamt)

# Grenzen des Wachstums 1972

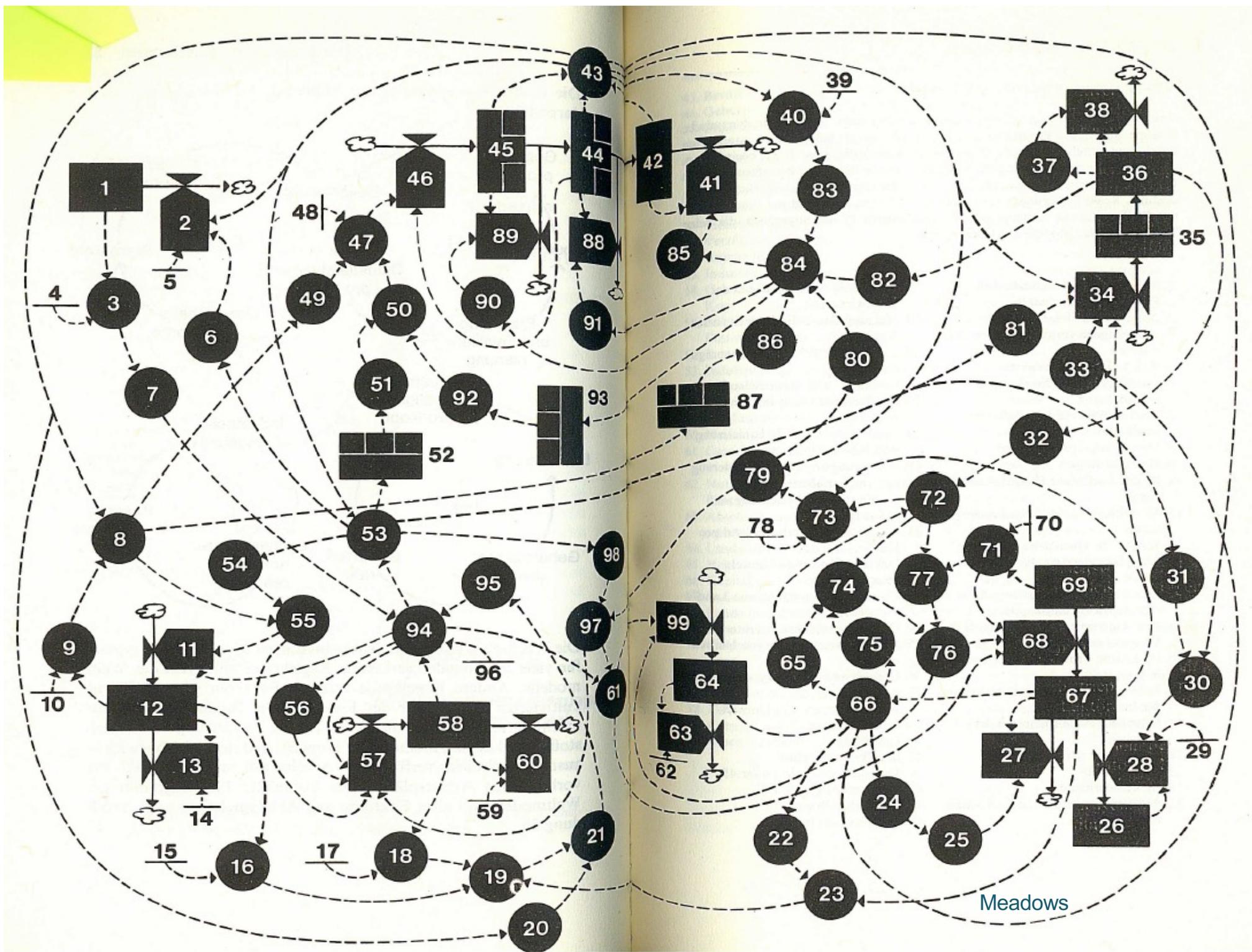


Meadows

Abb. 26: Gesamtdarstellung des Weltmodells

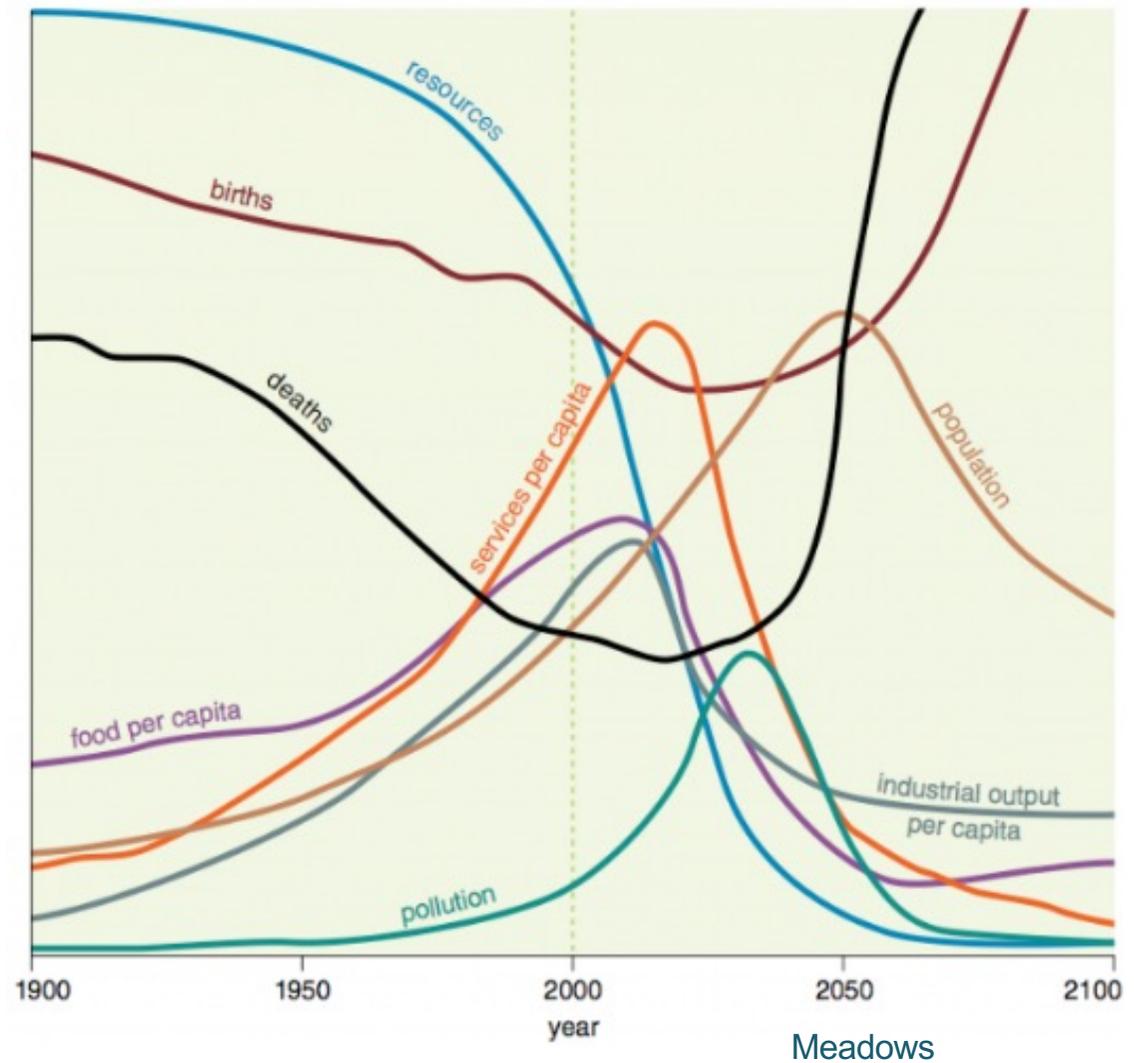
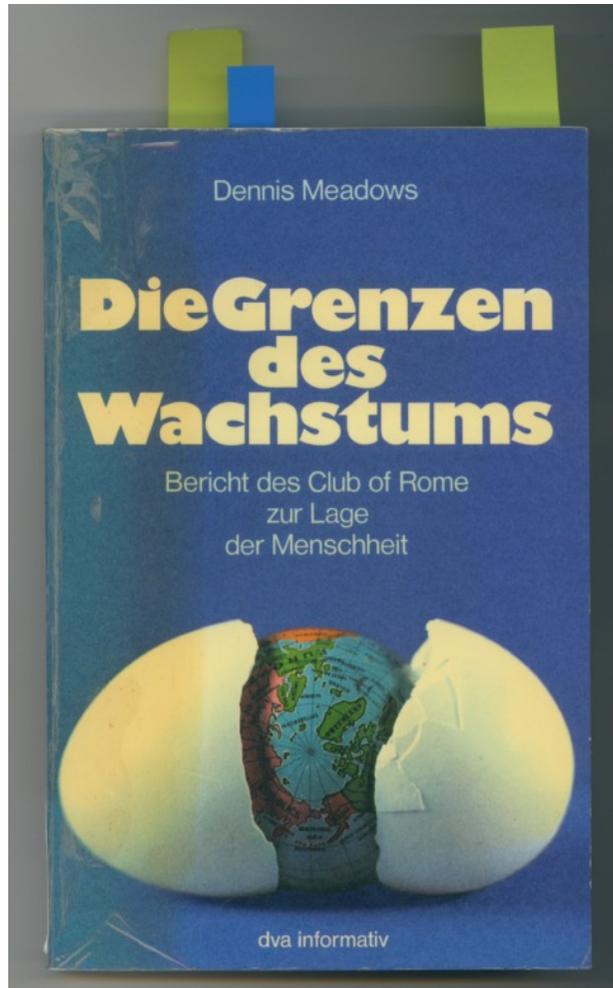
Das Weltmodell ist hier als Flußdiagramm dargestellt, wie das für dynamische Systeme üblich ist. Physikalische Größen, die direkt meßbar sind, sogenannte Pegel, sind durch Rechtecke symbolisiert; Raten, die diese Pegel beeinflussen, durch Ventilsymbole; zusätzliche Variablen, welche die Raten beeinflussen, 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                         | 23. Potentielle Arbeitsplätze in der Landwirtschaft         | 45. Bevölkerung (0 bis 15)                                | 75. Grenzhektarertrag versus Kapitaleinsatz                               |
| 2. Rohstoffverbrauchsrate                                      | 24. Nutzungsdauer des Bodens versus Kapital                 | 46. Geburten pro Jahr                                     | 76. Anteil der landwirtschaftlichen Investitionen für die Landentwicklung |
| 3. Anteil vorhandener Rohstoffe                                | 25. Durchschnittliche Bodennutzungsdauer                    | 47. Fruchtbarkeit   | 77. Grenzproduktivität der Landerschließung                               |
| 4. Ursprünglich vorhandene Rohstoffreserven                    | 26. Siedlungs- und Industrieland                            | 48. Maximale biologische Geburtenrate                     | 78. Anteil landwirtschaftlich genutzten Landes                            |
| 5. Rohstoffverbrauchsfaktor                                    | 27. Landverluste durch intensive Nutzung                    | 49. Wirksamkeit der Geburtenkontrolle                     | 79. Nahrung pro Kopf  |
| 6. Pro-Kopf-Rohstoffverbrauchs-multiplikator                   | 28. Landverlust durch Urbanisierung und Industrialisierung  | 50. Gewünschte Geburtenrate                               | 80. Lebenserwartung versus Nahrung  |
| 7. Kapitalanteil zur Rohstoffgewinnung                         | 29. Anpassungszeit für Urbanisierung und Industrialisierung | 51. Gewünschte Geburten versus Industrieoutput            | 81. Umweltverschmutzung versus Industrieoutput                            |
| 8. Dienstleistungen pro Kopf                                   | 30. Landbedarf für Besiedlung und Industrie                 | 52. Verzögerung der sozialen Anpassung                    | 82. Lebenserwartung versus Umweltverschmutzung                            |
| 9. Dienstleistungen  | 31. Siedlungs- und Industrieland pro Kopf                   | 53. Industrieoutput pro Kopf                              | 83. Lebenserwartung versus Bevölkerungsdichte                             |
| 10. Kapitalkoeffizient Dienstleistungssektor                   | 32. Hektarertrag versus Umweltverschmutzung                 | 54. Gewünschte Dienstleistungen pro Kopf                  | 84. Lebenserwartung   |
| 11. Investitionsrate im Dienstleistungssektor                  | 33. Umweltverschmutzung von Landwirtschaft                  | 55. Anteil der Industrieoutputs im Dienstleistungsbereich | 85. Mortalität 45 Jahre und älter   |
| 12. Kapital im Dienstleistungssektor                           | 34. Umweltverschmutzungsrate                                | 56. Konsumrate  | 86. Lebenserwartung versus Gesundheitsfürsorge                            |
| 13. Abschreibungen im Dienstleistungssektor                    | 35. Wirkungsverzögerung von Umweltschäden                   | 57. Industrielle Investitionsrate                         | 87. Wirkungsverzögerung der Gesundheitsfürsorge                           |
| 14. Durchschnittliche Nutzungsdauer von Dienstleistungskapital | 36. Umweltverschmutzung                                     | 58. Industriekapital                                      | 88. Todesfälle pro Jahr 16 bis 45 Jahre                                   |
| 15. Arbeitsplätze pro Kapitaleinheit im Dienstleistungssektor  | 37. Absorbierungszeit                                       | 59. Durchschnittliche Nutzungsdauer von Industriekapital  | 89. Todesfälle pro Jahr 0 bis 15 Jahre                                    |
| 16. Potentielle Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor         | 38. Absorptionsrate von Umweltverschmutzung                 | 60. Nutzungsdauer für Industriekapital                    | 90. Mortalität 0-15 Jahre   |
| 17. Arbeitsplätze pro Kapitaleinheit in der Industrie          | 39. Landfläche  | 61. Gesamtinvestitionen in der Landwirtschaft             | 91. Mortalität 16-45 Jahre  |
| 18. Potentielle Arbeitsplätze in der Industrie                 | 40. Bevölkerungsdichte                                      | 62. Nutzungsdauer von Kapital in der Landwirtschaft       | 92. Geburtenwünsche versus Lebenserwartung                                |
| 19. Gesamtzahl der Arbeitsplätze                               | 41. Todesfälle pro Jahr (Alter 45)                          | 63. Abschreibungen in der Landwirtschaft                  | 93. Verzögerungszeit für Lebenserwartung                                  |
| 20. Arbeitskräfte  | 42. Bevölkerung (Alter 45)                                  | 64. Landwirtschaftliches Kapital                          | 94. Industrieoutput   |
| 21. Arbeitslosenanteil   | 43. Gesamtbevölkerung                                       | 65. Hektarertrag versus Kapitaleinsatz                    | 95. Genutzter Anteil des Industriekapitals                                |
| 22. Arbeitsplätze in der Landwirtschaft pro Hektar             | 44. Bevölkerung (16 bis 45)                                 | 66. Kapital-Land-Verhältnis                               | 96. Verhältnis von Industriekapital zu Output                             |
|  |   | 67. Landwirtschaftlich genutztes Land                     | 97. Anteil des Industrieoutput in der Landwirtschaft                      |
|  |   | 68. Landentwicklungsrate                                  | 98. Gewünschte Nahrung pro Kopf   |
|  |   | 69. Potentiell nutzbares Land                             | 99. Landwirtschaftliche Investitionsrate                                  |
|  |   | 70. Ursprünglich potentiell nutzbares Land                |   |
|  |   | 71. Entwicklungskosten pro Hektar                         |   |
|  |   | 72. Hektarertrag  |   |
|  |   | 73. Nahrung   |   |
|  |   | 74. Grenzproduktivität landwirtschaftlichen Kapitals      |   |



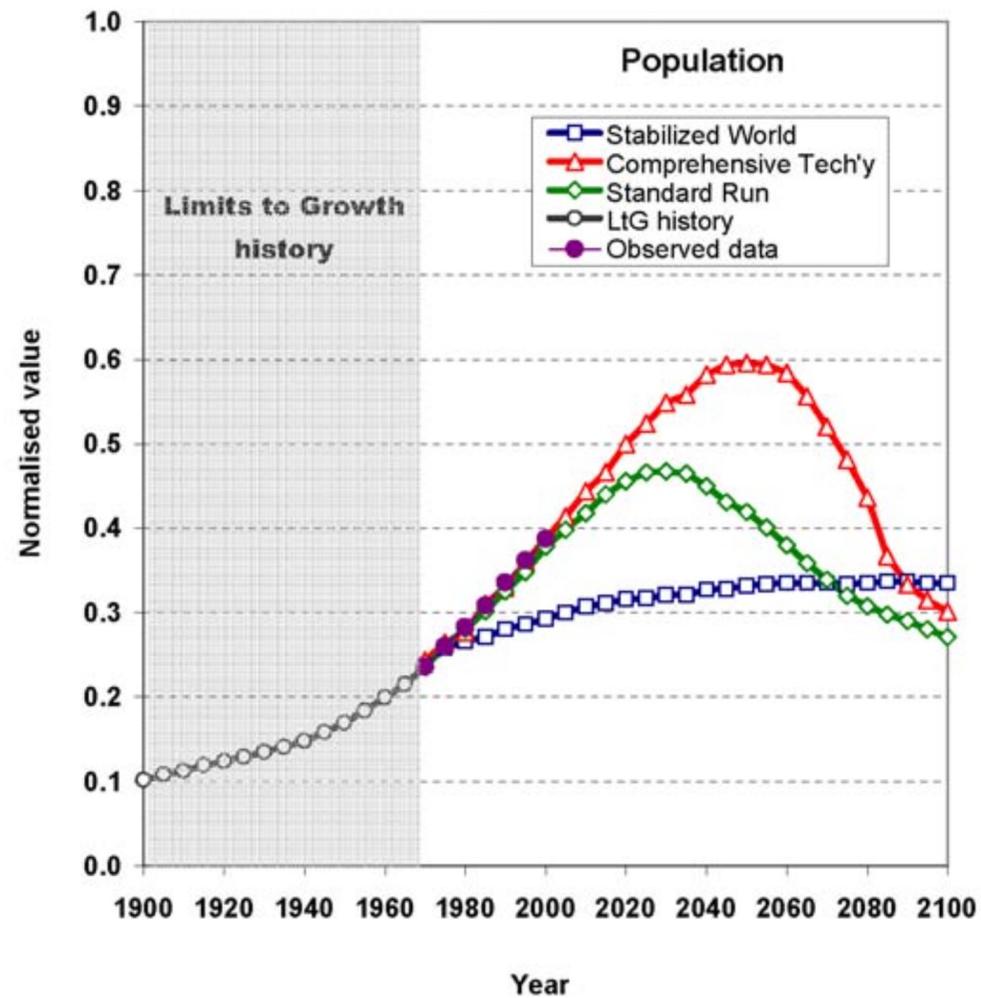
Meadows

# Grenzen des Wachstums 1972



# Grenzen des Wachstums...

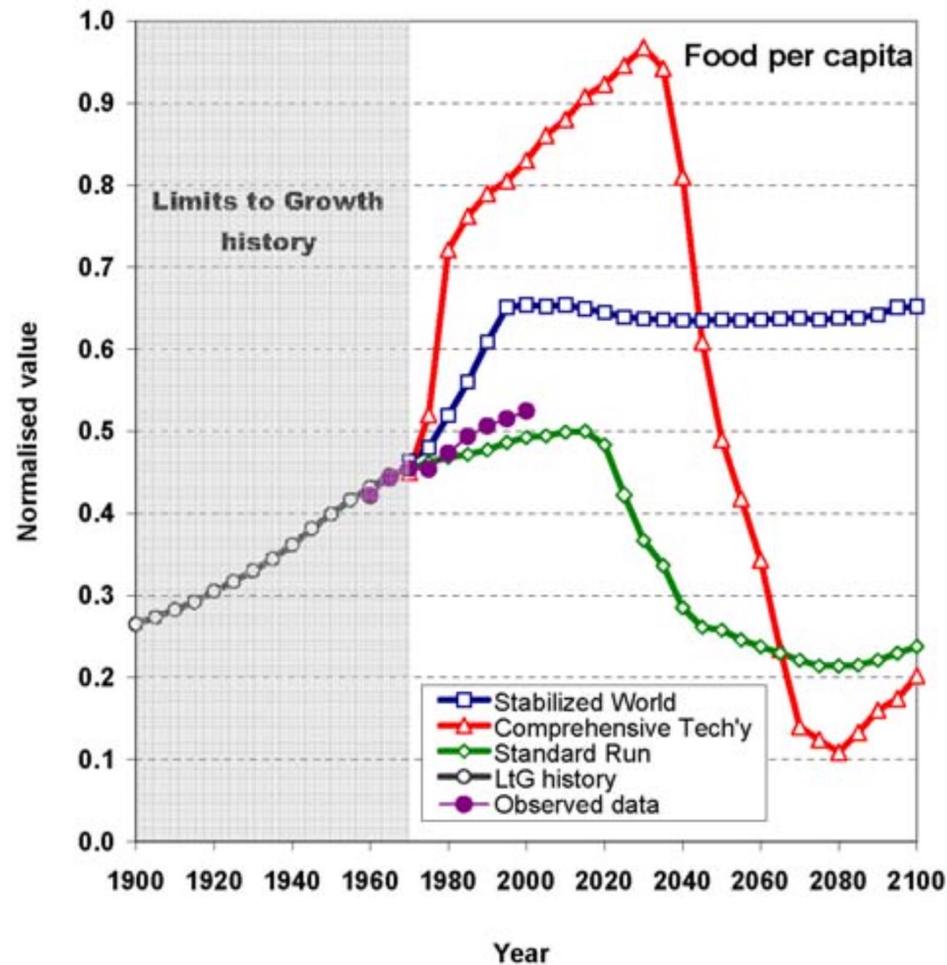
## Realitätsprüfung



Graham Turner

# Grenzen des Wachstums...

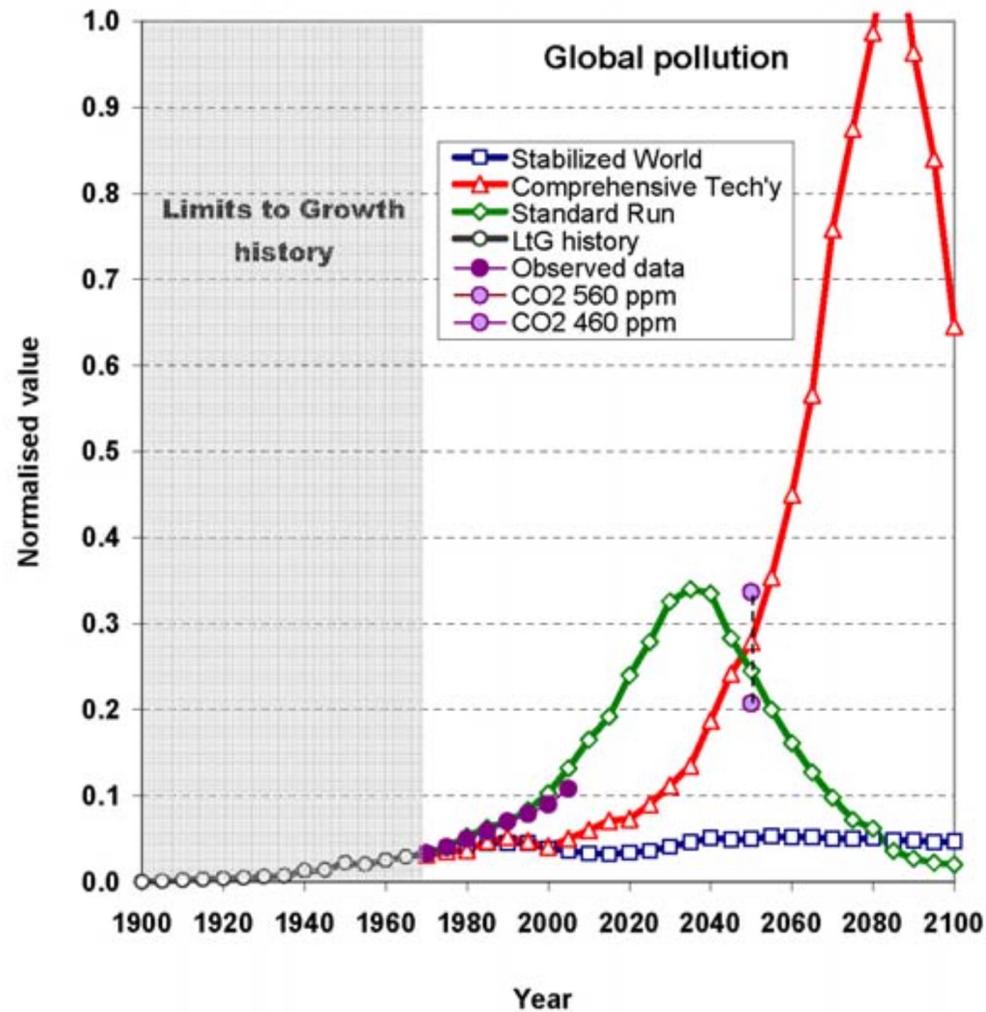
## Realitätsprüfung



Graham Turner

# Grenzen des Wachstums...

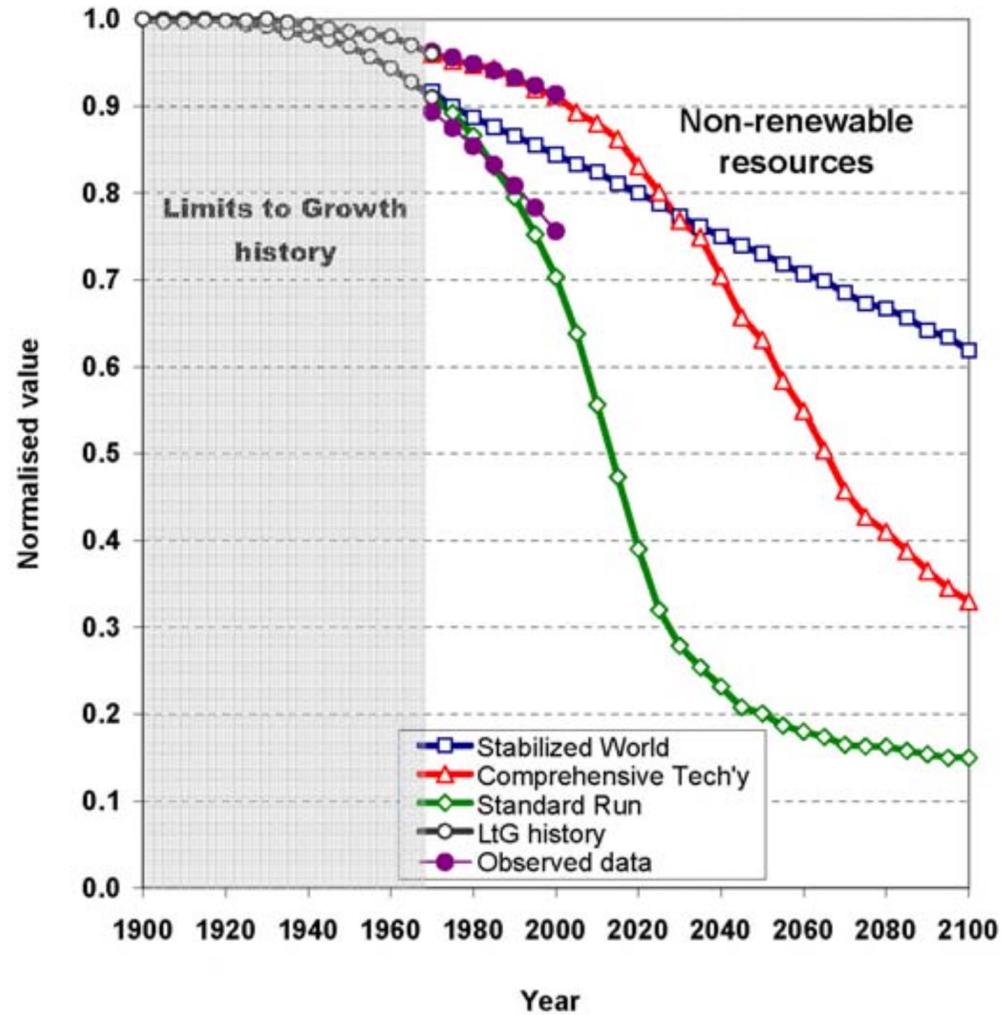
## Realitätsprüfung



Graham Turner

# Grenzen des Wachstums...

## Realitätsprüfung



Graham Turner

# Grenzen des Wachstums... Realitätsprüfung

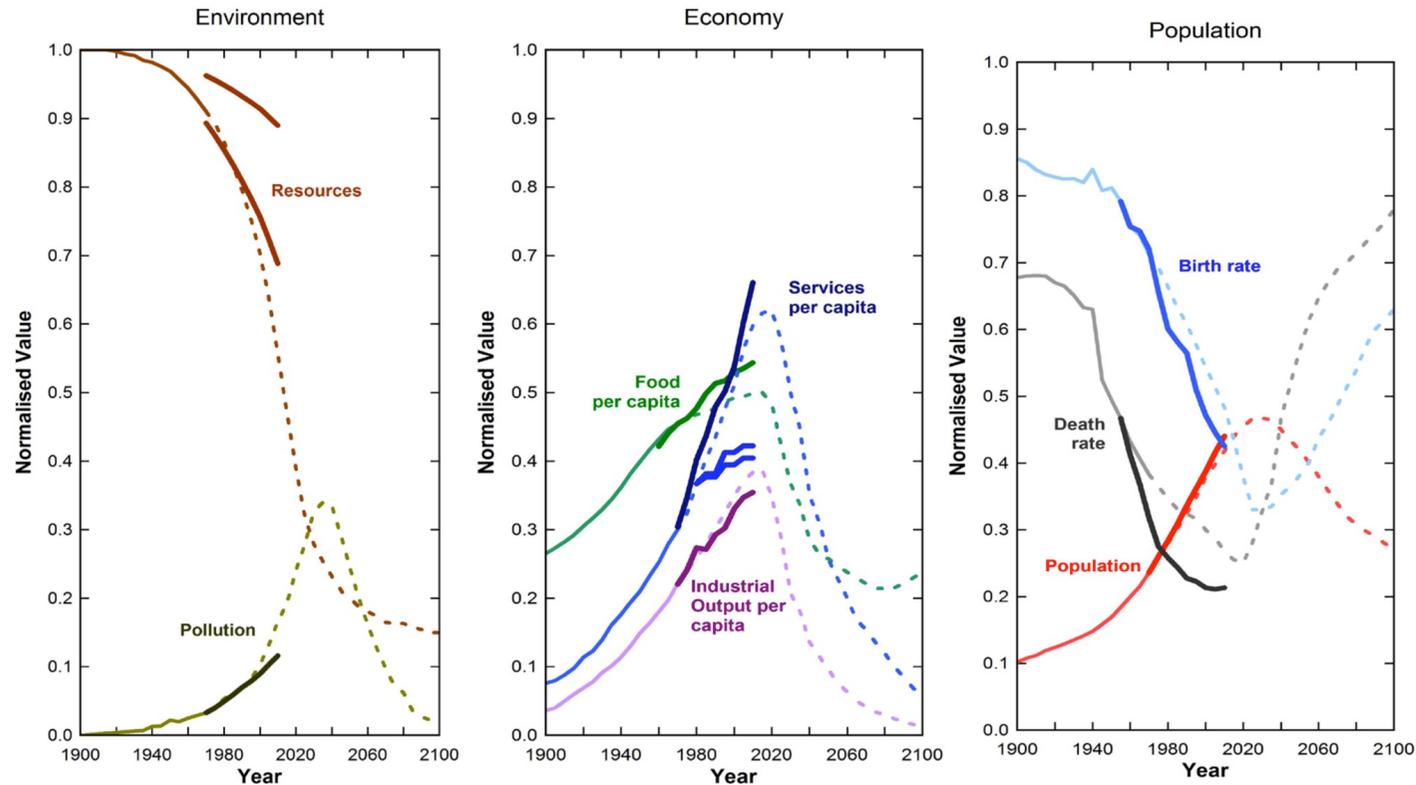
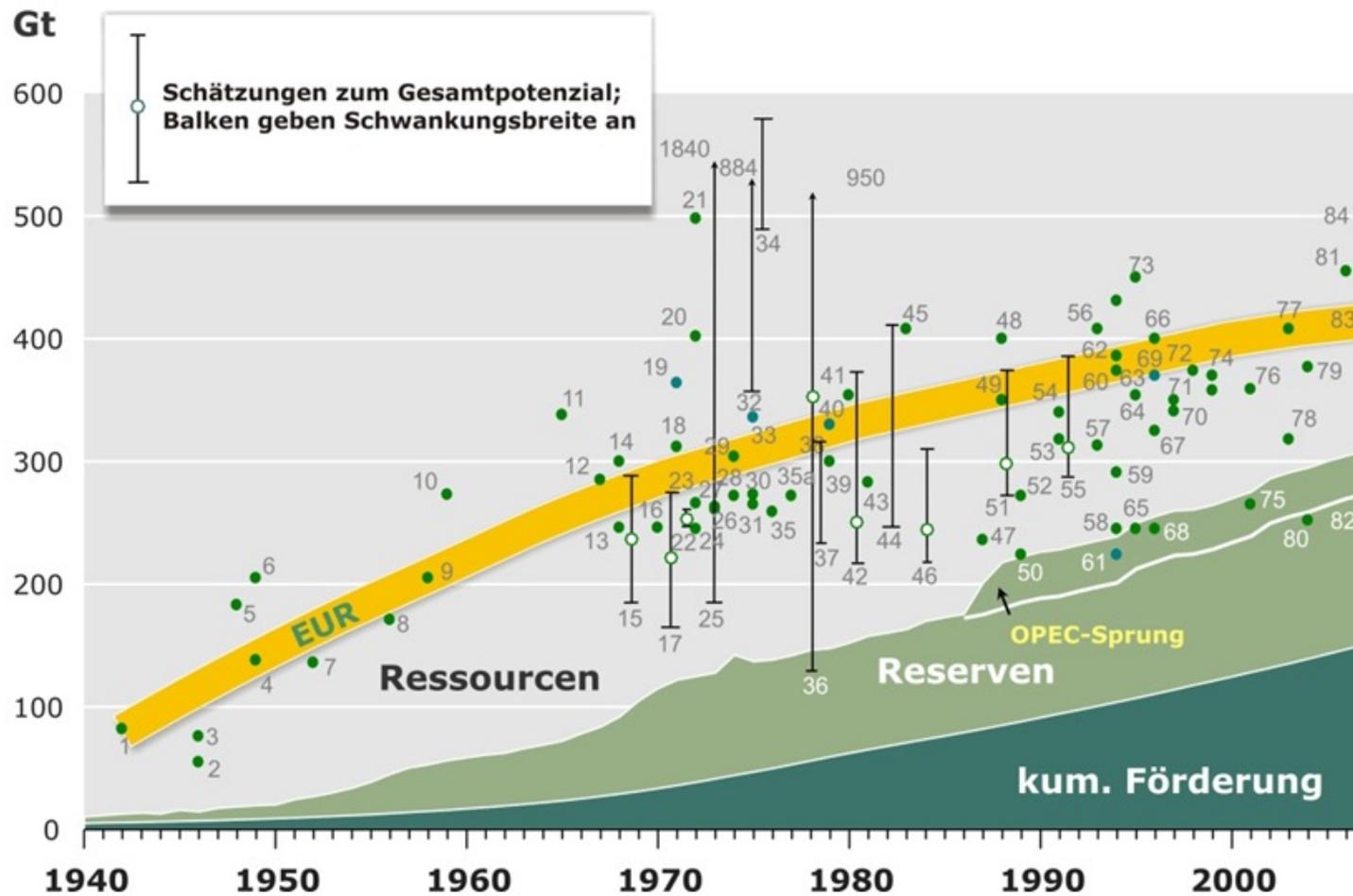


Figure 1. *LTG BAU (Standard Run) scenario (dotted lines) compared with historical data from 1970 to 2010 (solid lines)—for demographic variables: population, crude birth rate, crude death rate; for economic output variables: industrial output per capita, food per capita, services per capita (upper curve: 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]).*

Graham Turner  
University of Melbourne

# Ölförderung wird konvergieren...



**Bild 3** Entwicklung der Schätzungen zum Gesamtpotenzial 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 2022



Pirna.de

# Flut in Pirna (Ostdeutschland) in 2013



# Flut in Kaiserslautern – 2018



# Tiefststände am Rhein Höchsttemperaturen im Rhein



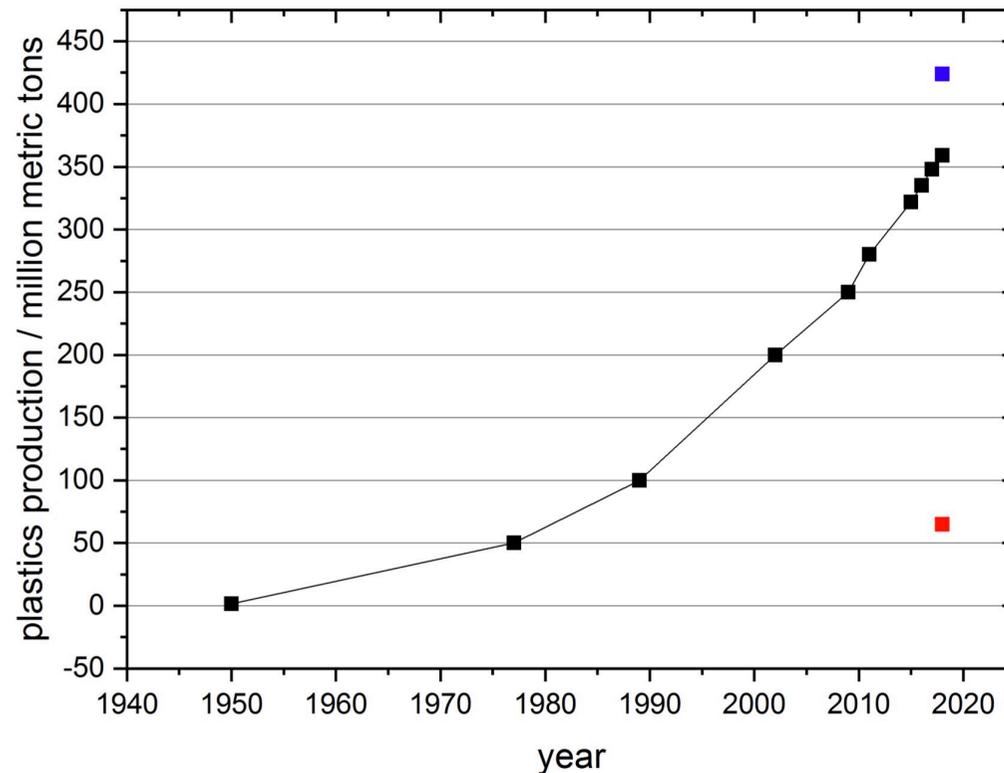
# Hochwasser im Ahrtal





# Alle reden über das Klima: Warum mit Kunststoffen befassen?

# Weltproduktion Kunststoffe



**Fig. 2.47:** The plastics production worldwide has risen from 1.5 million metric tons in 1950 to 359 million metric tons in 2018 (black squares). This figure does not contain synthetic fibres based on crude oil, namely PA, PE, and PET. Synthetic fibres (excluding synthetic biobased fibres, i.e. cellulose regenerate fibre) have been produced with a volume of 65 million metric tons in 2018 (red square). Thus, mankind has produced 424 million metric tons (blue square) of plastic material based on crude oil [321], [225]

Türk, DeGruyter, 2024

# 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

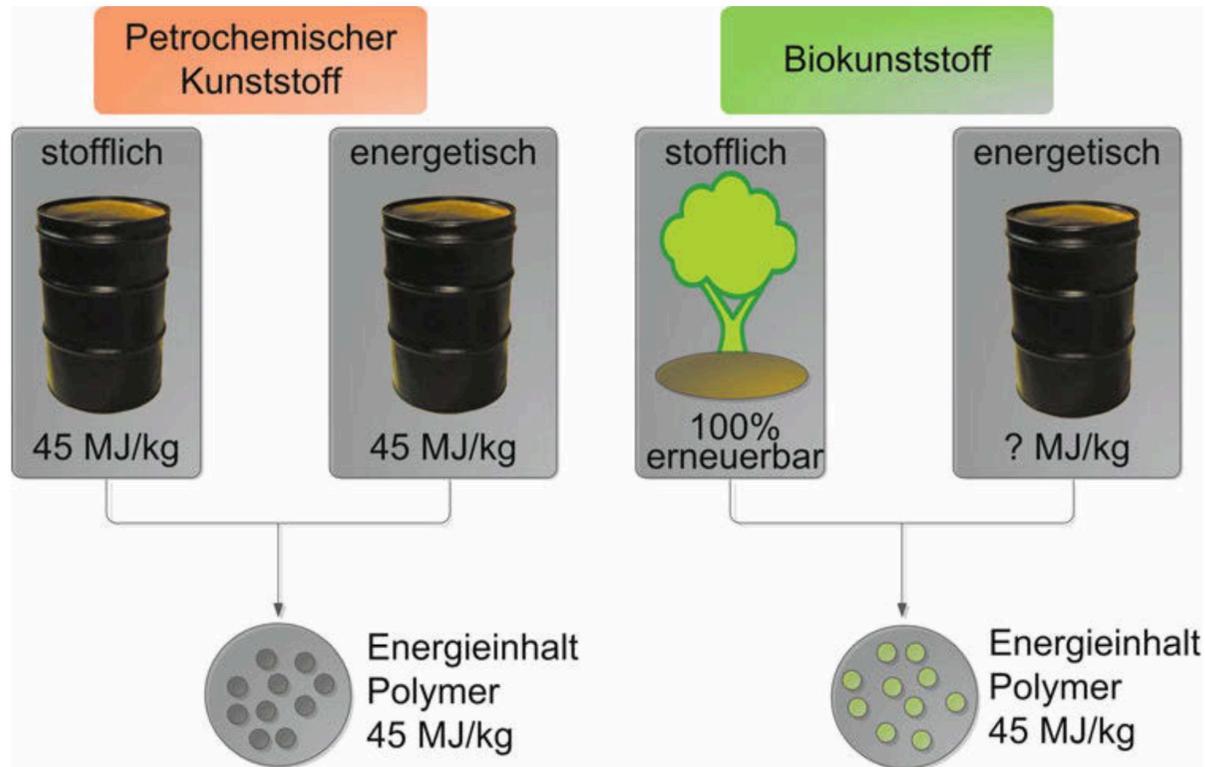
# Herstellungsaufwendungen für Massenkunststoffe - Energiemix

**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

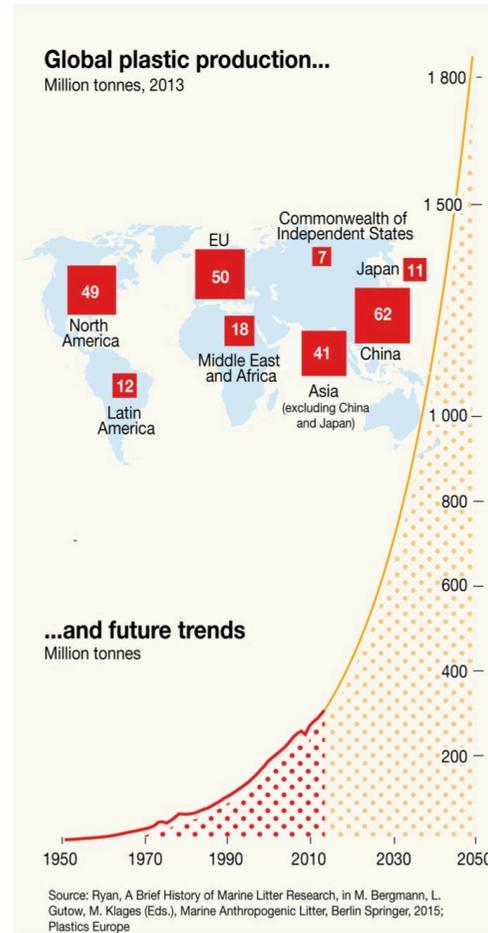
# Kunststoffe „kosten“ uns 800 Mio. t Erdöl



**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

# Entwicklung Kunststoffproduktion



**Fig. 2.48:** Projection of the further growth of plastics production until 2050. An annual production of more than 1.8 billion tons could be reached until then [745].

# Entwicklung Kunststoffproduktion

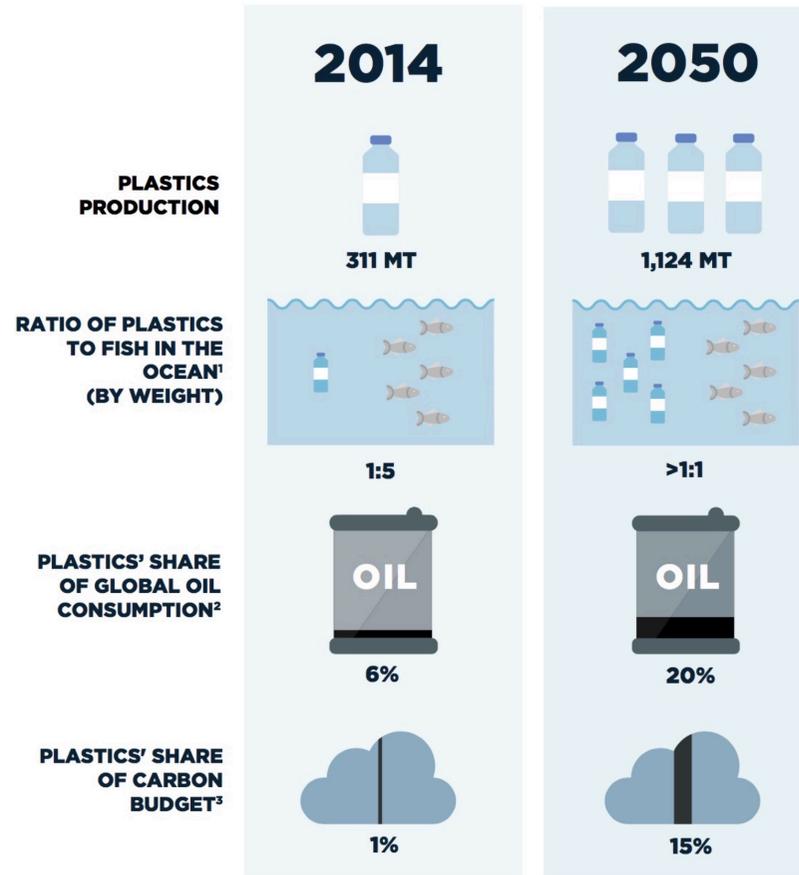
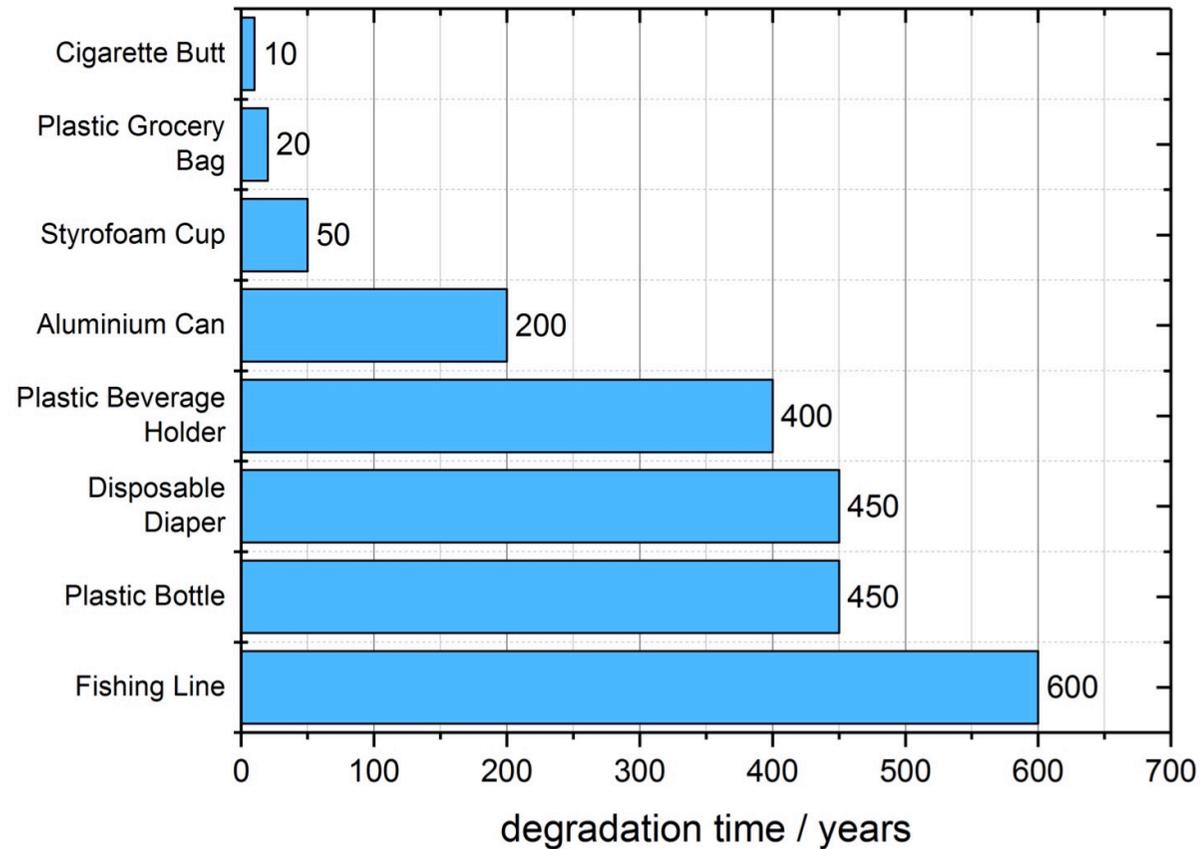


Fig. 17.5: The 2016 study of the Ellen MacArthur foundation "The New Plastics Economy" came with the terrifying prediction that by 2050 the weight of plastics in the ocean will be equivalent to the weight of fish [379].

# Kunststoffe im Ozean



**Fig. 15.16:** Typical degradation times of plastic products in the ocean [561].

# Kunststoffe im Ozean



**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

# Chris Jordan



**Fig. 17.13:** The photographer Chris Jordan approached to the problem of plastic pollution in the ocean from the perspective of an artist stating that humans relation to the living world is damaged (see citation earlier in this section)[473].

Türk, DeGruyter, 2024

# The Ocean Cleanup - The Interceptor

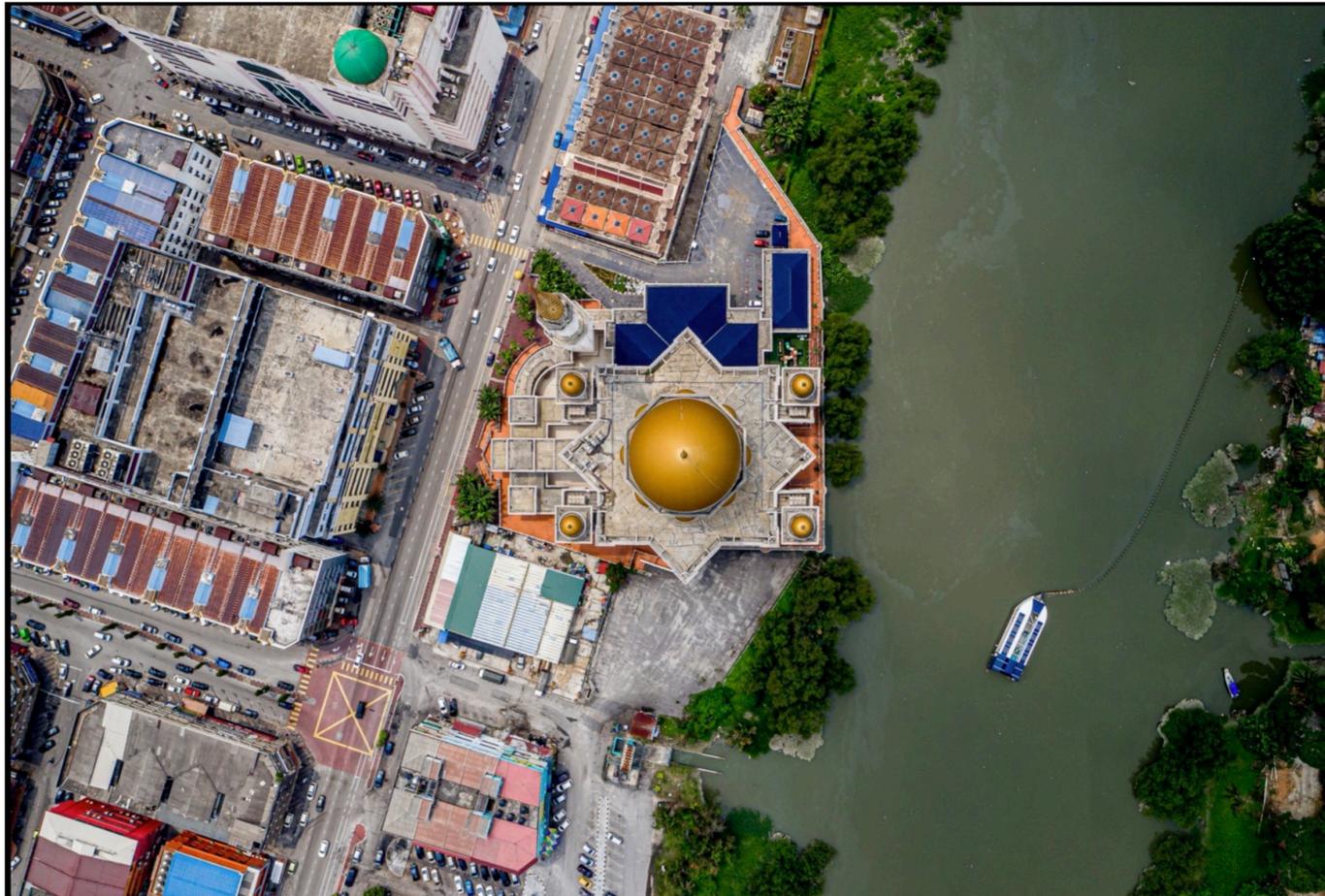
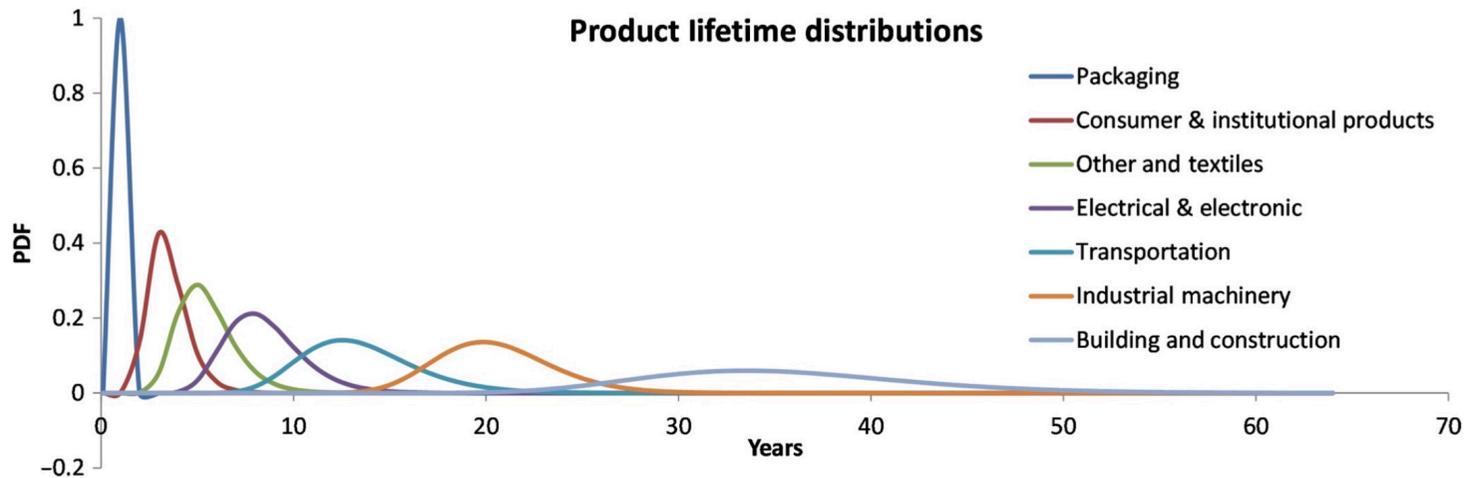


Fig. 17.21: Aerial view of the Interceptor at work in the Klang river in Malaysia [161].

Türk, DeGruyter, 2024



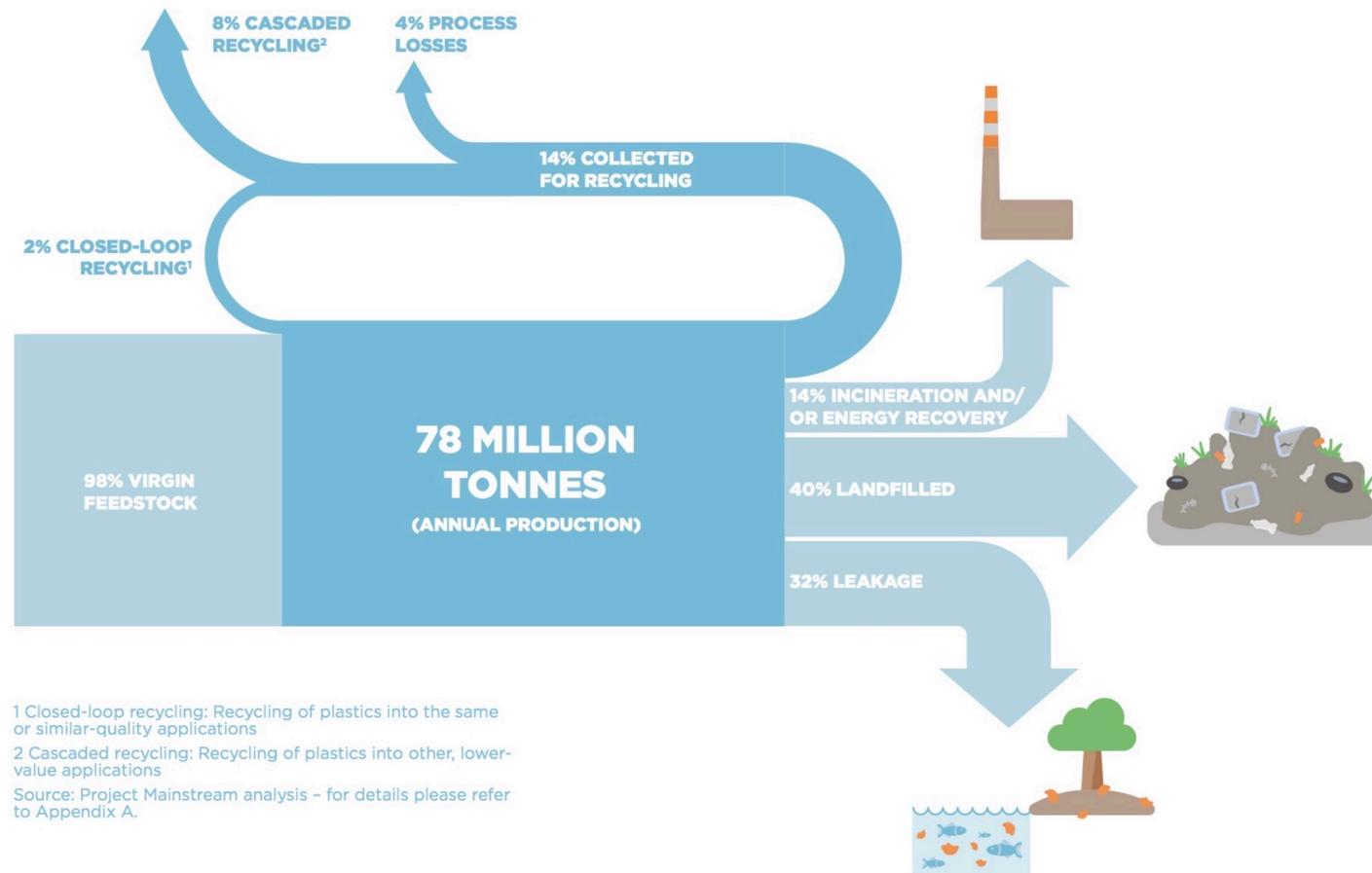
# Kunststoffproduktion und -verbleib



**Fig. 2.50:** Product lifetime distributions for plastics in important industrial use sectors. The product lifetime is plotted in a logarithmic probability distribution function (PDF) [399].

Türk, DeGruyter, 2024  
Geyer, Science

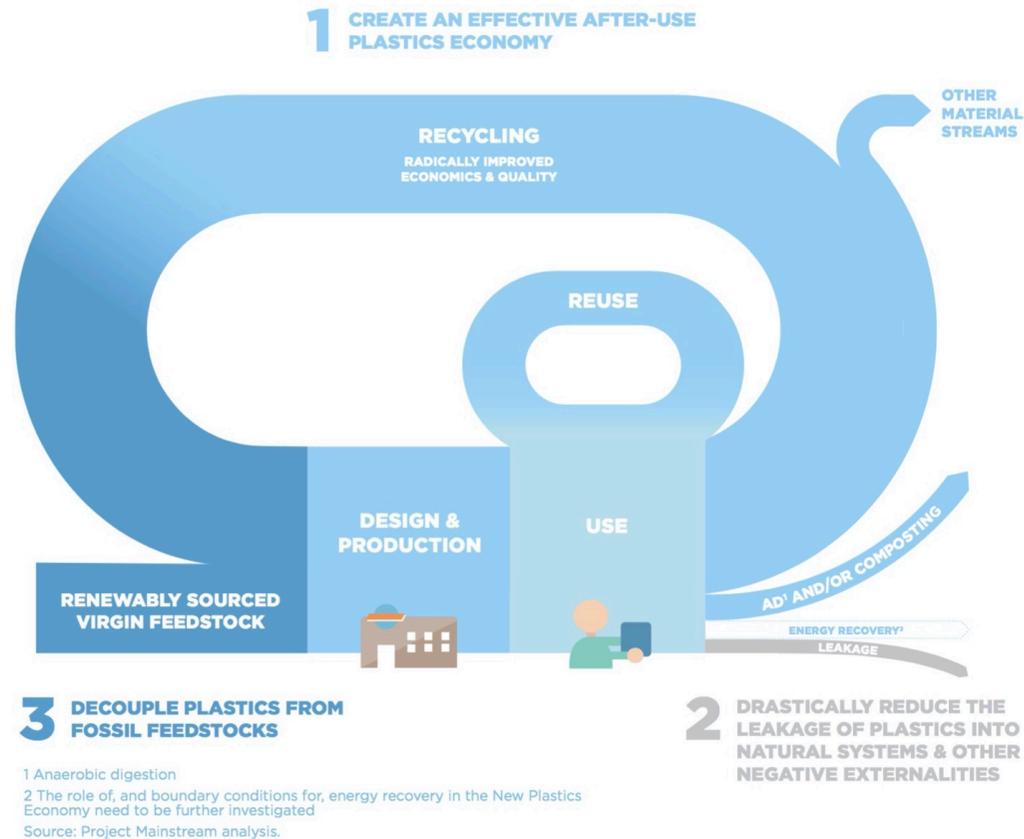
# Kunststoffproduktion und –verbleib (heute)



**Fig. 17.6:** The current situation in terms of plastic recycling is far from a real circular economy. Further explanation see text [379].

Türk, DeGruyter, 2024  
Ellen MacArthur

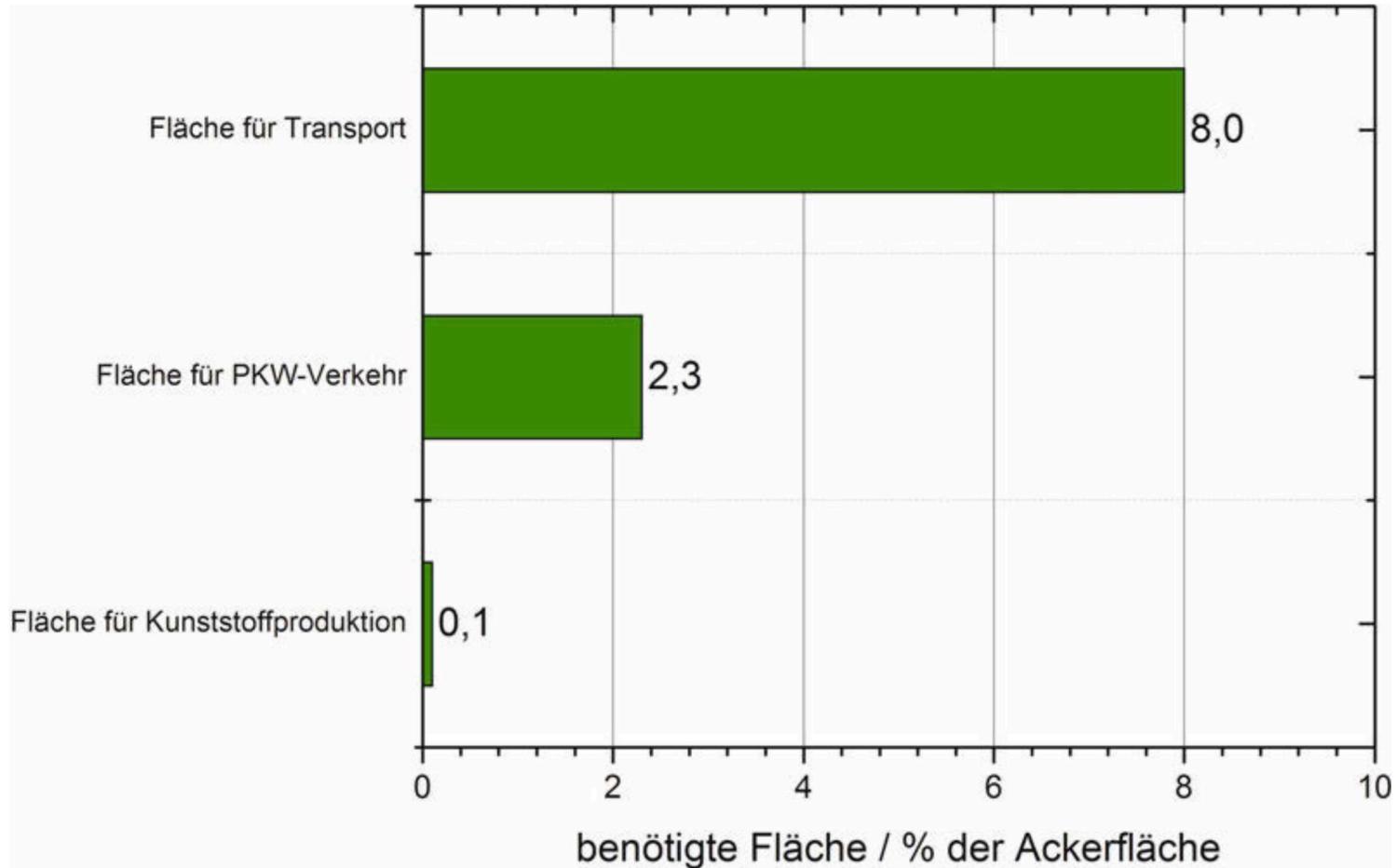
# Kunststoffproduktion und –verbleib (zukünftig)



**Fig. 17.8:** The plastic world of the future needs three important fields of improvement [379].

Türk, DeGruyter, 2024  
Ellen MacArthur

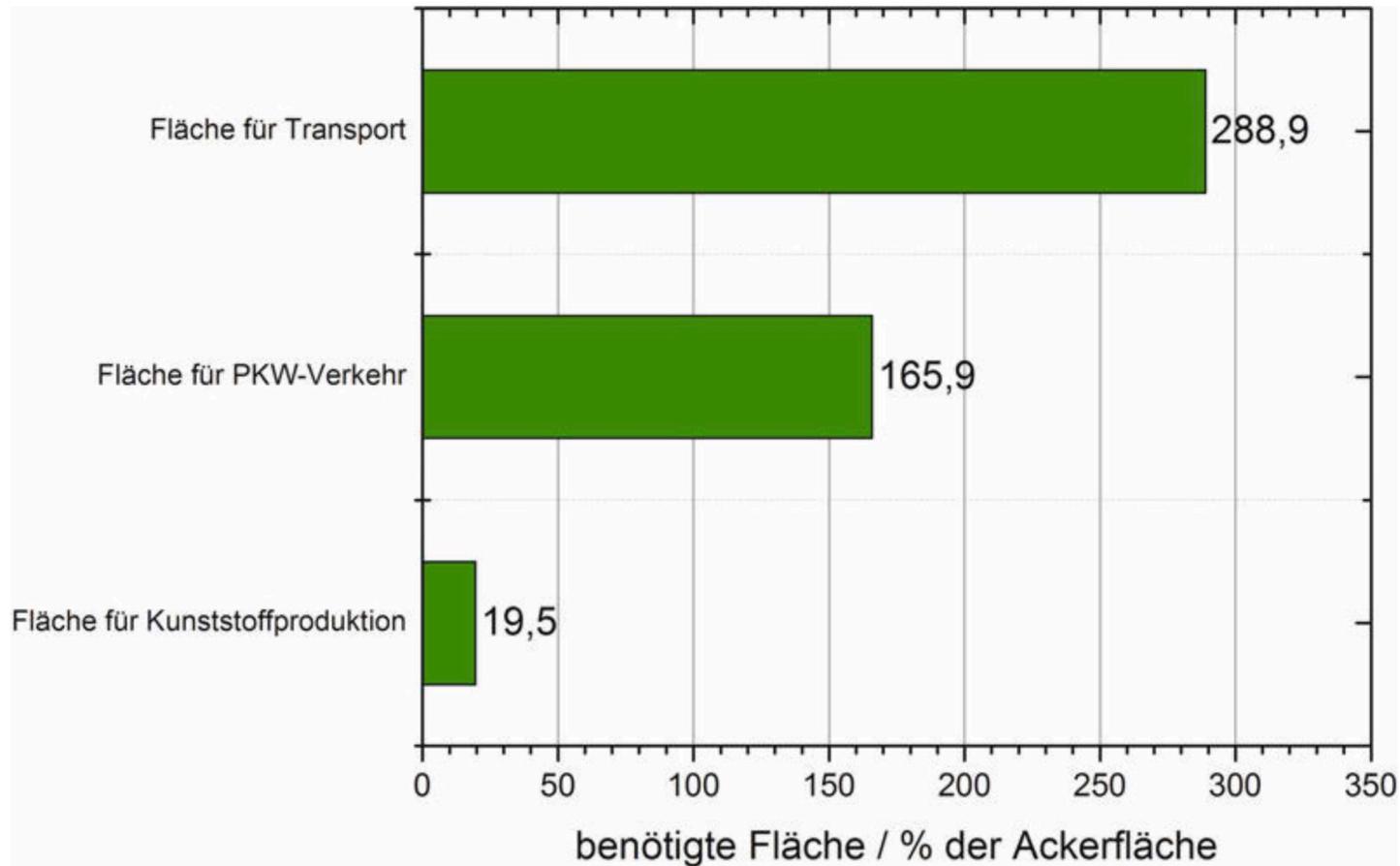
# Was ist biobasiert möglich?



**Bild 14** Potentiale zur Bereitstellung des Landesbedarfs an Kunststoffen, Kraftstoff für PKW und Kraftstoffe für den gesamten Transportsektor in Brasilien (Datenquellen siehe Tabelle 1).

Türk, Springer Vieweg, 2014

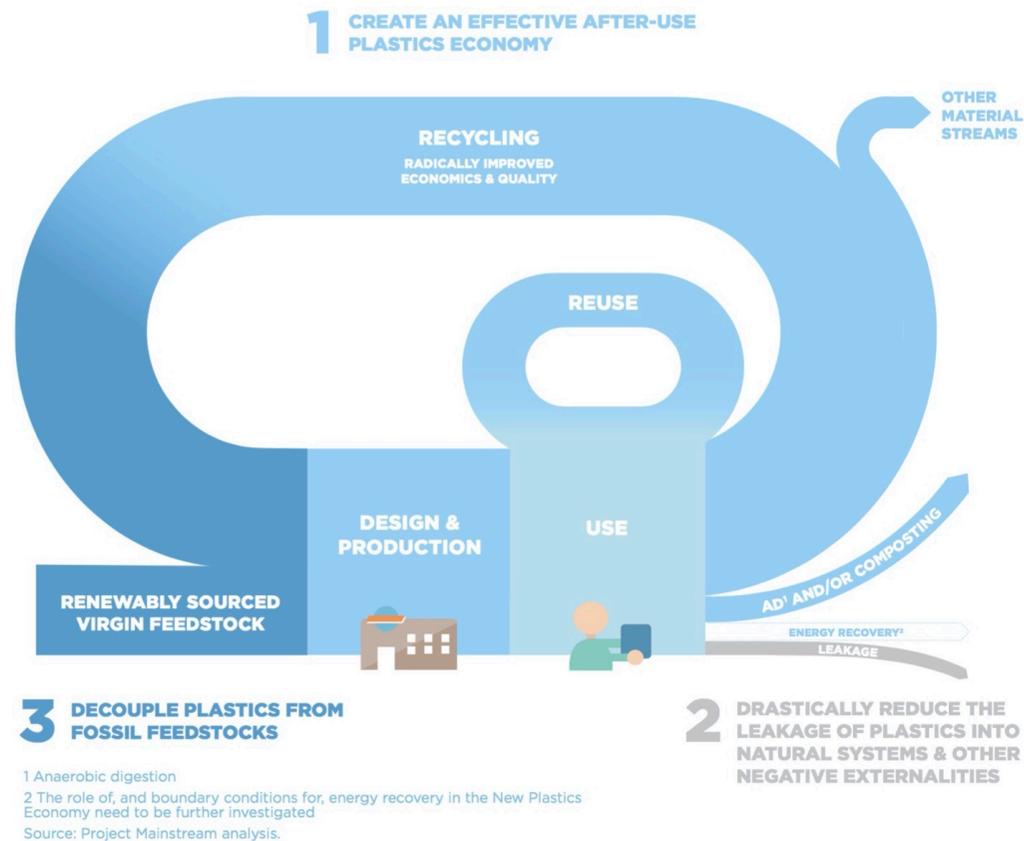
# Was ist biobasiert möglich?



**Bild 15** Potentiale zur Bereitstellung des Landesbedarfs an Kunststoffen, Kraftstoff für PKW und Kraftstoffe für den gesamten Transportsektor in Deutschland (Datenquellen siehe Tabelle 1).

Türk, Springer Vieweg, 2014

# Kunststoffproduktion und –verbleib (zukünftig)



**Fig. 17.8:** The plastic world of the future needs three important fields of improvement [379].

Türk, DeGruyter, 2024  
Ellen MacArthur

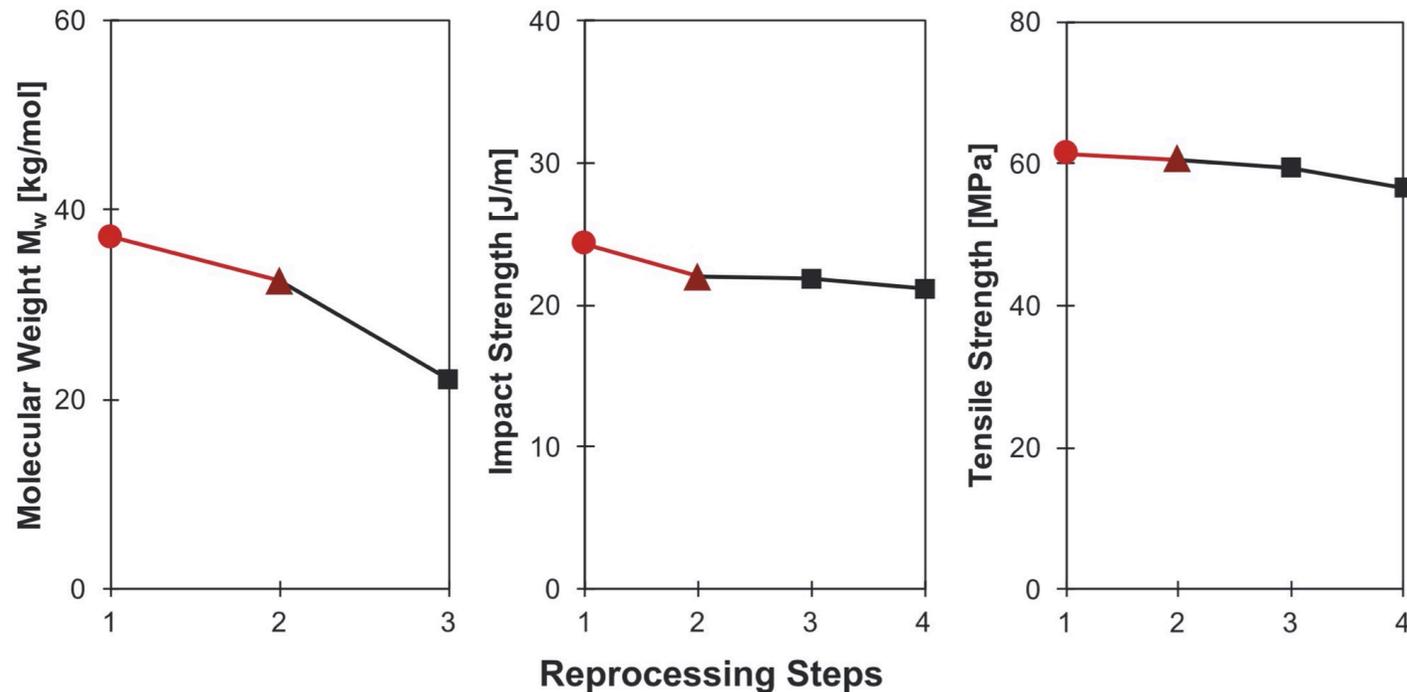
# Nachhaltige Material- und Produktwelt



**Fig. 12.15:** A much younger and less grey-haired author tries on a Snap-T on Christmas 1985 (left). The product is still alive and in use (right) - proving thus the thesis that one road to sustainability is using products that have been manufactured on a high quality level and that are - in case - repairable for a long time [843].

Türk, DeGruyter, 2024

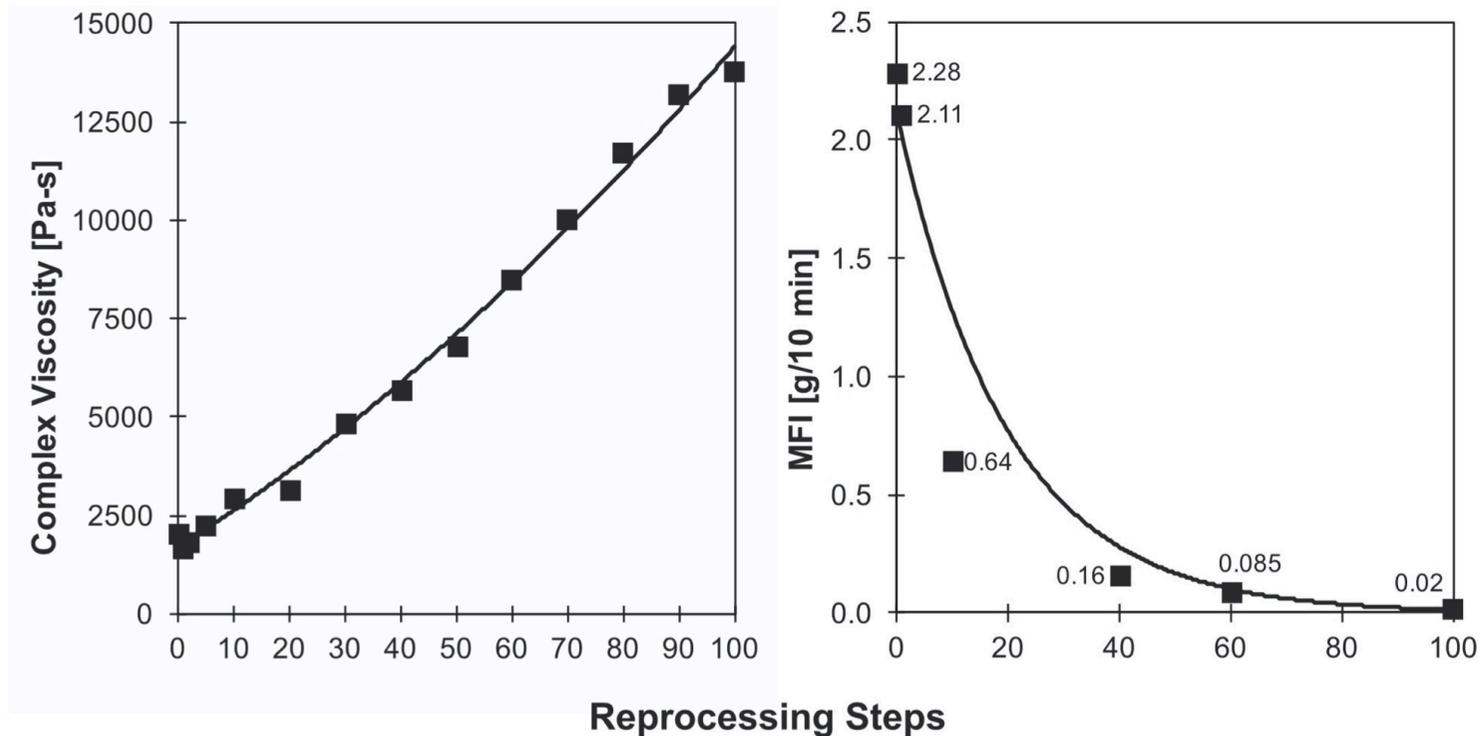
# Recycling braucht Analytik!



**Fig. 12.5:** Mechanical recycling and thus reprocessing leads inevitably to a degradation of the polymer. Properties are changed as shown here for PET after  $n$  extrusion steps. However, properties that are decisive for the applicational behaviour like impact and tensile strength (middle and right) are changed less than the melt flow index (left) [744].

Türk, DeGruyter, 2024

# Recycling braucht Analytik!



**Fig. 12.6:** Thermal impact during reprocessing can also lead to the formation of new bonds and thus an increase in the complex viscosity (left) and decrease of the melt flow index (right) shown here for LDPE and 100 reprocessing steps [744].

Türk, DeGruyter, 2024

# Biogene Werkstatt: Biogene duroplastische Verbundwerkstoffe



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

