



Jacob Wehrle (Autor)

Eine experimentalökonomische Untersuchung von Recyclingverhalten



Jacob P. Wehrle

Eine experimentalökonomische Untersuchung von Recyclingverhalten



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8829>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

1. Einleitung

„Wenn wir über Details hinwegsehen, können wir sagen, dass jedes heute geborene Baby ein menschliches Leben weniger in der Zukunft bedeutet. Aber auch jeder Cadillac, der irgendwann einmal produziert wird, bedeutet weniger Leben in der Zukunft.“

Georgescu-Roegen, 1993

Mit Beginn der industriellen Revolution in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erlebte die Welt einen gravierenden Wandel: Auf bis dahin nicht gekannte Produktivitätssteigerungen folgten Wirtschaftswachstum und ein Anstieg des menschlichen Lebensstandards, der sich ausgehend von Europa allmählich in weite Teile der Erde ausbreitete (Landes, 2010). Heute, etwa 250 Jahre später, werden die Grenzen der bisherigen Entwicklung ersichtlich: Die Wissenschaft ist sich weitestgehend über die Existenz eines gleichzeitig verlaufenden, menschengemachten Klimawandels einig. Land und Meere werden verschmutzt, Deponien entstehen. Natürliche Ressourcen werden knapp, was zu steigenden Rohstoffpreisen führt und fortwährendes Wachstum in der gegenwärtigen Gestalt unmöglich macht. Daneben bestehen teils gewaltsam ausgetragene Konflikte um knappe Ressourcen und es werden ethisch-normative Fragen aufgeworfen, etwa im Zusammenhang mit der globalen Verteilung von Treibhausgasemissionen oder der Aufteilung verfügbarer Primärrohstoffe zwischen heutigen und zukünftigen Generationen.

Die Fortführung dieser Form der Ressourcennutzung ist nicht mit den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen (UN) vereinbar. Unterdessen setzt sich in supranationalen Organisationen ebenso wie in einzelnen Staaten weltweit zunehmend das Ziel durch, gegebene lineare Wirtschaftssysteme grundlegend umzustrukturieren und durch den Aufbau einer Kreislaufwirtschaft die mittel- und unmittelbaren negativen Auswirkungen zu reduzieren: So sollen Stoffkreisläufe geschlossen werden, indem Abfälle vermieden und unvermeidbare Abfälle infolge von Produktion und Konsum nicht mehr deponiert, verbrannt oder anderweitig in der Umwelt beseitigt werden. Vielmehr sollen sie recycelt werden und als Sekundärrohstoffe wieder Eingang in wirtschaftliche Produktionsprozesse erhalten. Darüber hinaus beinhaltet der Begriff der Kreislaufwirtschaft, verstanden als ein umfas-

send regeneratives System, die Vermeidung von Emissionen und damit den Verzicht auf fossile Energieträger.

In Konzepten zur Kreislaufwirtschaft stellt das Recycling¹ in der Produktionskette eine Strategie dar, die es dann anzuwenden gilt, wenn andere, hierarchisch oberhalb befindliche Strategien - Reuse, Repair, Refurbishing, Remanufacturing oder Repurpose² - für bestimmte Reststoffe nicht mehr infrage kommen (Potting et al., 2017). Allein die erforderliche Umgestaltung der Wirtschaft zur Integration des Recyclings für die Schließung der Lücke zwischen Entsorgern und Produzenten stellt eine vielfältige Herausforderung dar, die der Mitwirkung verschiedener Akteure bedarf. Dabei ist die Entwicklung geeigneter rechtlicher Rahmenbedingungen ebenso vonnöten wie umfangreiche Investitionen in der Abfall- und Recycling- sowie der Rohstoffindustrie, wo Organisationsstrukturen anzupassen und neue Technologien zu entwickeln sind. Schließlich ist die Mitwirkung der Konsumenten von wesentlicher Bedeutung, da bei ihnen infolge des Konsums ein Großteil der Abfälle anfällt, die wiederum die im Kreislauf zu haltenden Stoffen enthalten.

In der Praxis erweist sich der fachgerechte Umgang mit Abfällen aus verschiedenen Gründen als unterschiedlich erfolgreich. Probleme zeigen sich beispielsweise bei der Trennung von Verpackungsmüll oder bei Elektrokleingeräten, die zwar wertvolle Stoffe beinhalten, aber häufig gar nicht oder falsch entsorgt werden (Pan et al., 2022). Vielfach lässt sich dies durch das ökonomische Verhaltensmodell und die bestehende Kosten-Nutzen-Konstellation erklären: Demnach ist Recycling - etwa im Vergleich zur Entsorgung über den Hausmüll - häufig mit einem zusätzlichen Aufwand verbunden, der lediglich dann aufgebracht wird, wenn der zu erwartende Nutzen diesen überwiegt. Der Nutzen des Recyclings besteht dabei einerseits etwa in höherer Umweltqualität durch weniger Deponien, in weniger Treibhausgasemissionen durch die reduzierte, häufig vergleichsweise energieintensive Primärrohstoffproduktion, andererseits in niedrigeren Rohstoffpreisen, die sich wiederum auf Produktpreise auswirken können. Somit besteht der Nutzen in positiven Einflüssen auf Öffentliche Güter wie Umwelt bzw. das Klima, die dadurch gekennzeichnet sind, dass bei ihrer Nutzung keine Rivalität besteht und von ihrer Nutzung niemand ausgeschlossen werden kann. Die mögliche Einflussnahme durch einzelne Recyclingmaßnahmen ist marginal, wohingegen der Aufwand häufig spürbar wird und den Nutzen überwiegt, sodass auf Recycling verzichtet wird. Allerdings besteht aus ökonomischer Sicht bei bestimmten, auch im Recyclingkontext bestehenden Kosten-Nutzen-Konstellationen ein

¹ Der Recyclingbegriff konzentriert sich in diesem Kontext, ebenso wie auch in der vorliegenden Arbeit insgesamt, vielmehr auf die Steuerung von Stoffströmen als auf technische Prozesse wie etwa Aufbereitung oder Verhüttung.

² Derartige Strategien werden häufig englischsprachig in sogenannten R-Frameworks zusammengefasst.

Dilemma darin, dass Akteure individuell rational auf Recycling verzichten, obwohl sie sich besserstellen könnten, indem sie recyceln und von dem Nutzen, der sich aus den einzelnen Maßnahmen ergibt, wechselseitig profitieren.

Aus umweltökonomischer Sicht ist unter diesen Bedingungen nicht davon auszugehen, dass der Markt einen effizienten Allokationsmechanismus darstellt. Dem Marktversagen kann allerdings durch geeignete Instrumente oder Kombinationen von Instrumenten entgegen gewirkt werden. Grundsätzlich eignen sich Steuern oder Subventionen. Des Weiteren besteht mit dem Pfandsystem ein wirksames Mittel, mit dem sich etwa bei Einwegflaschen eine Rücklaufquote von 98 Prozent erreichen lässt (Calabrese et al., 2021) und das gegenüber der reinen Bepreisung von Abfällen aus Konsumentensicht bevorzugt wird (Karousakis und Birol, 2008). Zur Erfüllung der Effizienzbedingung erfordern Pfandsysteme allerdings vollständige Informationen, vor allem aber ist in der Praxis nicht davon auszugehen, dass sich alle relevanten Bereiche derart regulieren lassen.

An dieser Stelle knüpft die vorliegende Arbeit an und befasst sich mit der übergeordneten Frage, unter welchen Bedingungen Individuen im Recyclingkontext freiwillig kooperieren, obwohl sie sich aus standardökonomischer Sicht stets besserstellen könnten, wenn sie es nicht täten. Damit ist die Arbeit in das Feld der Verhaltensökonomik einzuordnen und befindet sich an der Schnittstelle zu verwandten Disziplinen wie der Sozialpsychologie und der Soziologie. Empirische Befunde legen nahe, dass neben ökonomischen Faktoren auch intrinsische Motivation und das soziale Umfeld Recyclingverhalten beeinflussen (Brekke et al., 2011). Dabei sind diese Einflüsse unter Berücksichtigung der Möglichkeit zu strategischem Verhalten, wie es in Öffentliches-Gut-Spielen vorkommt, insbesondere im Recyclingkontext kaum erforscht, wenngleich die Bedeutung in zahlreichen Studien erwähnt wird.³ Hier liegt das Augenmerk dieser Arbeit. Daneben soll berücksichtigt werden, dass in der Praxis für viele Wertstoffe nicht nur eine Möglichkeit zum Recycling besteht, sondern mehrere Unternehmen um Wertstoffe konkurrieren. Beispielsweise können Metalle bei privaten Schrotthändlern ebenso wie bei Wertstoffhöfen entsorgt werden, wobei sich die Angebote dadurch unterscheiden, dass letztere häufig exklusiv bestimmten Nutzerkreisen offen stehen. Damit erfüllen sie die Eigenschaften eines Klubs. Vor diesem Hintergrund ergeben sich, aufbauend auf einem umfassenden Grundlagenteil, für die experimentalökonomische Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit im Wesentlichen die folgenden Forschungsfragen: Wie beeinflusst die Einführung zusätzlicher, exklusiver Recyclingangebote das Recyclingverhalten? Wie wirkt sich ein bestimmtes Kriterium -

³ Beispielsweise weist (Pavlinović Mršić, 2018) auf diesem Umstand hin und entwickelt ein Modell, das allerdings nicht empirisch untersucht wurde.

konkret die Umwelteinstellung - zur Zuordnung von Personen zu diesen Angeboten aus? Und welche Folgen hat ein Wettbewerb, in dem neu eingeführte Angebote um ihren Fortbestand konkurrieren?

Die Arbeit enthält zwei Untersuchungen. In einer vergleichsweise einfach gehaltenen, im Juli 2019 durchgeführten Pilotuntersuchung werden erste Daten erhoben und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Pilotstudie, die bereits in Menges et al. (2021) veröffentlicht wurden, ermöglichen eine Konkretisierung der Fragestellung. Konkret ergibt sich hier die soeben beschriebene Frage nach dem Einfluss des Wettbewerbs. Darauf aufbauend wurde die Hauptuntersuchung im April 2020 mit 198 Versuchspersonen durchgeführt. Sie ist damit umfangreicher, präzisiert und ergänzt die vorherigen Ergebnisse und schafft eine Basis für weiterführende Schlussfolgerungen.

Die Gliederung der Arbeit ist wie folgt: Im zweiten Kapitel werden die Grundlagen zusammengetragen. Zunächst setzt sich Abschnitt 2.1 mit der Bedeutung natürlicher Ressourcen im Wirtschaftsprozess auseinander. Hier werden verschiedene Ressourcen unterschieden und die Bedeutung der Rohstoffverfügbarkeit umfassend betrachtet. Daraufhin werden die negativen Umweltauswirkungen, die insbesondere durch die Rückführung von Abfällen am Ende des Produktlebenszyklus, aber auch durch Emissionen verursacht werden, näher beleuchtet. Anschließend beschäftigt sich Abschnitt 2.2 mit dem Recycling als Ansatz, den geschilderten Herausforderungen entgegenzutreten. Dazu werden zunächst die Begriffe der Nachhaltigkeit, die hier als übergeordnetes Ziel fungiert, sowie der Kreislaufwirtschaft konkretisiert. Dann wird zunächst auf die Bedeutung des Recyclings in diesem Kontext eingegangen. Der Fokus liegt dabei auf Akteuren und deren Herausforderungen, auf politischen Rahmenbedingungen und Zielen. Zudem wird die Ökonomie des Recyclings zusammengefasst. Schließlich behandelt Abschnitt 2.3 das Recyclingverhalten. Dort wird interdisziplinär auf verschiedene Modelle eingegangen und es werden empirische Befunde aus der Literatur zusammengetragen.

Das dritte Kapitel bildet den Kern dieser Arbeit. Hierin werden, aufbauend auf dem vorangehenden Kapitel, der Untersuchungsgegenstand präzisiert und die Methodik vorgestellt: Es geht hier um die experimentelle Methodik im Allgemeinen, um Öffentliches-Gut-Spiele sowie bisherige empirische Befunde. Abschnitt 3.4 entwickelt auf dieser Grundlage das Modell, das in den beiden darauffolgenden Untersuchungen zur Anwendung kommt. Daraufhin folgt die Darstellung der beiden Untersuchungen in der Reihenfolge ihrer Durchführung, wobei die Hauptuntersuchung inhaltlich an die Pilotuntersuchung anknüpft. Im

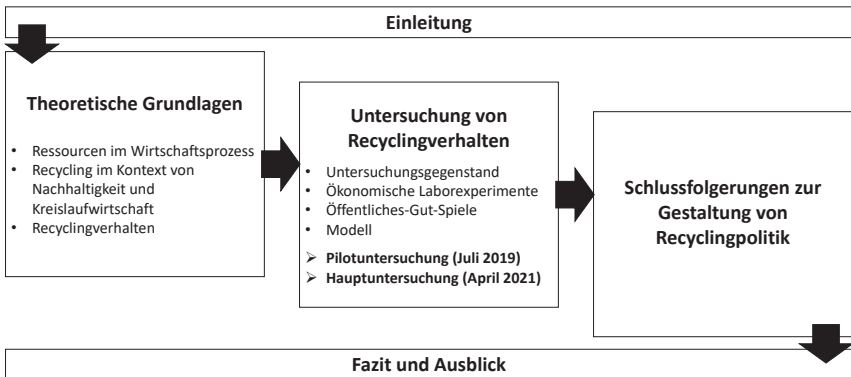


Abbildung 1.1.: Gliederung der Arbeit.

Anschluss werden in Kapitel 4 Schlussfolgerungen zur Gestaltung von Recyclingpolitik zusammengetragen, schließlich schließt die Arbeit in Kapitel 5 mit Fazit und Ausblick.

Begrifflich orientiert sich diese Arbeit an den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (insbesondere §3 KrWG). Demnach handelt es sich bei Abfällen um „alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“ (§3 Abs. 1 KrWG). Die Abfallentsorgung umfasst alle Verwertungs- und Beseitigungsverfahren einschließlich des Transports und der Lagerung. Dabei meint die Verwertung von Abfällen deren Verwendung zu einem sinnvollen Zweck, konkret die Vorbereitung zur Wiederverwendung und Wiedereinführung in den Kreislauf in Form von Sekundärrohstoffen (§3 Abs. 23 KrWG). Somit ist auch das Recycling zur Verwertung zu zählen. Dieses ist definiert als „jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind“ (§3 Abs. 25 KrWG). In der Abfallhierarchie ist Verwertung und damit das Recycling gegenüber der Beseitigung - d.h. jedem „Verfahren, das keine Verwertung ist“ (§3 Abs. 26 KrWG) - vorzuziehen. Weitere Strategien zur Schließung des Wirtschaftskreislaufs werden in Abschnitt 2.2.1 behandelt.

Im Hinblick auf die experimentellen Untersuchungen wird ein Modell entwickelt, in dem Haushalte über die weitere Verwendung von Abfällen entscheiden. Darin bestehen die Möglichkeiten zur Entsorgung in der Beseitigung über den Hausmüll sowie der Verwer-

tung in einem Recyclingsystem. Letztere Alternative stiftet einen gesellschaftlichen Nutzen, der wie beschrieben als Öffentliches Gut interpretierbar ist. Vor diesem Hintergrund wird bei Entscheidungen zugunsten des Recyclings auch von Beiträgen oder Investitionen gesprochen. Ferner werden die Begriffe „Entsorgungsentscheidung“ und „Recyclingentscheidung“ synonym verwendet: Beide beziehen sich auf die Frage, ob zur Entsorgung das Recyclingsystem oder eine gesellschaftlich weniger günstige Alternative gewählt wird.

2. Grundlagen: Ressourcen, Recycling und Recyclingverhalten

Der Abbau und die Verarbeitung von natürlichen Rohstoffen gewann im letzten Jahrhundert mengen- und wertmäßig an Dynamik und trug dazu bei, dass die meisten Regionen der Welt über einen höheren Wohlstand verfügen als je zuvor (Landes, 2010). Zugleich wird die Begrenztheit irdischer Ressourcen ersichtlich, wodurch die Grenzen des gegenwärtigen Wirtschaftssystems aufgezeigt werden: Zum einen könnte der menschliche Lebensstandard gefährdet sein, wenn die für Wertschöpfungsketten notwendigen Inputfaktoren zur Neige gehen. Zum anderen beeinflussen wirtschaftliche Handlungen die Umwelt negativ, wenn etwa Deponien für Reststoffe des Konsums entstehen, Treibhaus- oder andere schädliche Gase emittiert oder anderweitige Verschmutzung stattfindet. Vor diesem Hintergrund wird politisch - auf supranationaler wie nationaler Ebene - zunehmend der Aufbau einer Kreislaufwirtschaft, in der möglichst alle im Wirtschaftskreislauf befindlichen Stoffe auch dort gehalten werden, als Ziel definiert (Europäische Kommission, 2020).

Das vorliegende Kapitel geht auf diese Aspekte genauer ein, indem es die bestehenden Herausforderungen im Zusammenhang mit der Ressourcenknappheit und beim Aufbau einer Kreislaufwirtschaft zusammenträgt. Besondere Berücksichtigung findet dabei das Thema Recycling. Zunächst wird in Unterkapitel 2.1 die Bedeutung natürlicher Ressourcen als Inputfaktor sowie als Senke für Stoffe in gegenwärtigen Wirtschaftsprozessen behandelt. Das Unterkapitel 2.2 erläutert den Begriff der Nachhaltigkeit und stellt das Konzept der Kreislaufwirtschaft sowie grundlegende Aspekte des Recyclings vor. Dabei wird sich zeigen, dass neben geeigneten rechtlichen Rahmenbedingungen und institutionellen Designs sowie technologischen Innovationen ein wesentlicher Faktor für ein funktionierendes Kreislaufsystem in der Mitwirkung von Privathaushalten besteht. Vor diesem Hintergrund werden die Ökonomie des Recyclings beschrieben und darauf aufbauend Instrumente vorgestellt, die die Mitwirkung trotz der damit verbundenen Kosten fördern. Angesichts der Feststellung, dass sich nicht alle relevanten Bereiche regulieren lassen, trägt Unterkapitel 2.3 schließlich empirische Befunde zu Recyclingverhalten zusammen und erörtert, was Menschen zur freiwilligen Kooperation in diesem Bereich bewegt. Dabei wird neben der

ökonomischen Forschung auch jene der benachbarten Disziplinen, insbesondere der Sozialpsychologie und Soziologie, berücksichtigt.

2.1. Natürliche Ressourcen im Kontext wirtschaftlicher Entwicklung

Aus ökonomischer Sicht stellt das durchschnittliche Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf, das bei Vernachlässigung des Außenhandels dem Bruttonationaleinkommen pro Kopf entspricht, ein zentraler Maßstab für den Lebensstandard dar. Demnach steigt der Lebensstandard an, je mehr Güter und Dienstleistungen innerhalb eines Jahres innerhalb einer Volkswirtschaft produziert werden (Blanchard und Illing, 2021). Daneben existieren zahlreiche mehrdimensionale Ansätze zur Messung der Wohlfahrt¹ innerhalb eines Landes, die häufig - aber nicht immer - ökonomische Größen berücksichtigen. Ein Beispiel besteht im *Human Development Index* der Vereinten Nationen, dessen Entwicklung insbesondere auf Mahbub ul-Haq und Amartya Sen zurückgeht. Seit 2010 erfolgt die Berechnung als geometrisches Mittel aus drei Teilindizes: einem Lebenserwartungsindex, einem Bildungsindex und einem Einkommensindex (UNDP, 2010). Dabei lässt sich ein Zusammenhang zwischen mehrdimensionalen Wohlfahrtsindikatoren und dem ökonomischen Lebensstandard feststellen: Demnach besteht eine starke Korrelation zwischen BIP pro Kopf und (mehrdimensional gemessener) Wohlfahrt - allerdings nur bis zum Erreichen eines bestimmten Niveaus, ab dem weitere Einkommenssteigerungen keine oder nur noch geringere Wohlfahrtsverbesserungen mit sich bringen (Easterlin, 1974; Petersen, 2015; Blanchard und Illing, 2021).²

Damit basieren Lebensstandard und Wohlfahrt - insbesondere bis zum Erreichen eines bestimmten Niveaus - in hohem Maße auf der Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die wiederum auf die Verwendung natürlicher Ressourcen angewiesen ist. Zu diesen zählen Wasser, Boden, Luft und Rohstoffe, die sich wiederum weiter unterteilen lassen; zum einen in nachwachsende Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus der

¹ Konkrete Bezeichnungen und Schwerpunkte variieren, gemessen wird beispielsweise Glück, sozialer Fortschritt oder die Lebenszufriedenheit.

² Dieser Zusammenhang wurde durch Easterlin (1974) beschrieben, der mittels Umfrage in 19 verschiedenen Ländern den Zusammenhang von subjektivem Glücksgefühl und Einkommen untersuchte. Zwar stellt beispielsweise Petersen (2015) die beschriebene Kausalität infrage, allerdings zeigt sich der beschriebene Zusammenhang eben auch bei nicht subjektiven Indikatoren. Easterlins Befund, dass der Zusammenhang bei zwischenstaatlichen Vergleichen weniger stark ausgeprägt ist als bei Vergleichen innerhalb von Ländern und Einkommenssteigerungen ab Erreichen eines bestimmten Niveaus nicht mehr begünstigen, wird als Easterlin-Paradox bezeichnet.

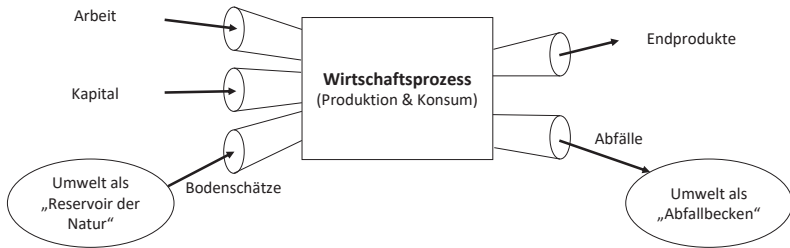


Abbildung 2.1.: Die Umwelt im Wirtschaftsprozess. Eigene Darstellung in Anlehnung an Frey (1985).

Fischerei, zum anderen in nicht nachwachsende Rohstoffe wie fossile Brennstoffe, Metallerze, Industriemineralien oder Baustoffe (Hesse, 2019). Ebenso wie andere Ressourcen - Arbeit und Kapital - fließen sie in Produktionsprozesse ein (Frey, 1985; Pindyck und Rubinfeld, 2018), deren Outputs insbesondere nutzbare Endprodukte, aber auch Abfälle darstellen (Frey, 1985). Dies ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Im Hinblick auf natürliche Ressourcen ergeben sich dabei im Wesentlichen zwei Herausforderungen, die im Folgenden näher betrachtet werden sollen: Erstens sind viele natürliche Rohstoffe nur in begrenztem Ausmaß verfügbar, wodurch Grenzen der gegenwärtigen Form des Wachstums ersichtlich werden, der Abbau geplant und möglichen Konflikten vorgebeugt oder entgegengewirkt werden muss. Diese Inhalte sind Gegenstand des Abschnitts 2.1.1. Zweitens zeigen sich über die gesamte Wertschöpfungskette der Rohstoffwirtschaft hinweg negative Umweltauswirkungen, beispielsweise in Form von Emissionen in Luft, Wasser und Boden oder der flächenintensiven Deponierung von Reststoffen an deren Nutzungsende. Natürliche Ressourcen werden zur Senke für Abfälle und ihr menschlicher Umweltnutzen wird reduziert. Dies ist Gegenstand des Abschnitts 2.1.2.

Die Volkswirtschaftslehre setzt sich mit der Allokation knapper Ressourcen auseinander und verfolgt ein Effizienzziel, das in der Optimierung der Input-Output-Relation besteht (Mankiw et al., 2021). Dabei existieren Teildisziplinen, die sich mit den dargestellten Herausforderungen auseinandersetzen: Die Ressourcenökonomie behandelt die erste Herausforderung etwa durch die Optimierung von Verzehr- und Abbaupfaden, wohingegen die Umweltökonomie die Internalisierung externer Effekte - etwa im Produktionsprozess auf die Umwelt - zum Gegenstand hat (Menges, 2019). Das Ziel dieses Unterkapitels besteht jedoch nicht in der ausführlichen Erläuterung der Antworten dieser Disziplinen auf die bestehenden Herausforderungen - wenngleich an einigen Stellen Ausführungen und Verweise erfolgen. Vielmehr liegt es in der Darstellung der Vielfältigkeit der Herausforderung, mit

natürlichen Ressourcen umzugehen. Insbesondere die umweltökonomische Theorie wird im Kontext des Recyclings an späterer Stelle relevant und dort näher besprochen.

2.1.1. Bedeutung der Rohstoffverfügbarkeit

Ohne die natürlichen Gegebenheiten auf der Erde wäre die Entstehung von Leben und die Entwicklung des Menschen in seiner heutigen Form nicht möglich gewesen. Die natürliche Umwelt bietet dem Menschen Heimat und bildet auf unterschiedliche Weise seine Lebensgrundlage. War sie zunächst als Nahrungsquelle von fundamentaler Bedeutung, ermöglichte sie im Laufe der Zeit die Erhöhung der Lebensqualität, wie sich bereits an der menschlichen Urgeschichte erkennen lässt: Archäologische Funde belegen, dass menschliche Vorfahren bereits vor 2,6 Millionen Jahren, also lange vor der Entwicklung des homo sapiens, Steine als Werkzeuge verwendeten (Semaw, 2000). Während sich die damalige, vergleichsweise einfache Verwendung natürlicher Hilfsmittel auch im Tierreich beobachten lässt, wenn etwa Schimpansen mithilfe von Steinen Nüsse öffnen (Sirianni et al., 2015), ging die menschliche Nutzung der Natur weit darüber hinaus. Dabei zeigt sich die zentrale Bedeutung genutzter Rohstoffe zur Erleichterung des Lebens an den heute üblichen Bezeichnungen der Epochen, deren Verlauf sich vereinfacht wie folgt zusammenfassen lässt: In der Steinzeit waren frühe Menschenarten dazu in der Lage, Steine derart zu bearbeiten, dass sie beispielsweise zum Hacken oder später als Pfeile oder Äxte verwendet werden konnten. Letztere spielten im Zusammenhang mit der neolithischen Revolution beim Bau von Pfahlbauten eine wichtige Rolle, als sich Gruppen von Jägern und Sammlern allmählich an festen Orten niederließen und Ackerbau und Viehzucht betrieben. Spätestens zu dieser Zeit entwickelte sich eine nach Geschlechtern getrennte, über das Jagen und Sammeln hinausgehende Arbeitsteilung, in der sich einzelne Gruppenmitglieder auf die Produktion von Werkzeugen spezialisierten und diese gegen Nahrungsmittel tauschten. Nach diesem Umbruch, der von Historikern als einer der wichtigsten der Menschheitsgeschichte erachtet wird, entstanden spätestens dann weitere Hilfsmittel wie das Rad oder Keramikgefäße - aber auch Gegenstände wie Schmuck (Rosen, 1997).

Wurde bereits während der Jungsteinzeit vereinzelt Gold, Silber und Kupfer in Reinform entdeckt und verarbeitet, konnten ab der Bronzezeit gezielt Bronzelegierungen hergestellt und damit die zuvor aus Stein gefertigten Gegenstände optimiert werden. So ließ sich durch die Verwendung von bronzenen Sicheln bei der Ernte eine höhere Produktivität erreichen, woraufhin sich weitere Teile der Gesellschaften auf den Abbau und die Weiterverarbeitung von Rohstoffen und schließlich auf Schmiedearbeiten konzentrieren konnten. Diese Entwicklung hin zu neuen Möglichkeiten der Arbeitsteilung setzte sich in der Ei-