

---

# Was kosten Lebensmittel unter Einbeziehung von Umwelt-Folgekosten?

Ein Beitrag zur Etablierung nachhaltiger Wertketten am deutschen Lebensmittelmarkt



*Marie C. Mehrens-Raizner und Tobias Gaugler*



**Zusammenfassung:** Ziel dieser Studie ist es, die externen Umweltfolgekosten von Lebensmitteln in Deutschland zu quantifizieren, die während des Produktionsprozess sowie der vorgelagerten Lieferkette entstehen. Um die Auswirkungen auf die Umwelt zu kompensieren, sollten externe Effekte nach dem Verursacherprinzip der UN in allen Lebensmittelpreisen berücksichtigt werden. Auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche und in Anlehnung an die Methode von Fitzpatrick und Young (2017) werden die externen Kosten der deutschen Agrarproduktion im Jahr 2016 berechnet. Würden Umweltfolgen der deutschen Lebensmittelproduktion und des Konsums wie Treibhausgase, vermeidbare Lebensmittelabfälle und Biodiversitätsverluste in die Preise einfließen, wäre nach unseren Berechnungen eine durchschnittliche Preiserhöhung von 43 % auf der Einzelhandelsebene notwendig. Unsere Ergebnisse verdeutlichen das Ausmaß der aktuellen Fehlbepreisung und die damit verbundenen, dringenden Veränderungsbedarfe im Lebensmittelsektor.

**Stichworte:** Landwirtschaft, Nachhaltigkeit, Externalitäten, Lebensmittel, Umweltauswirkungen, Umweltökonomie, Umweltfolgekosten

## What is the Price of Food When Considering Environmental Impacts?

### A Contribution to Sustainable Supply Chain Management at the German Food Market

**Summary:** This study aims to quantify the environmental external costs of foodstuff in Germany arising during the production process as well as the upstream supply chain. In order to compensate the effects on the environment, external effects should be considered in all food prices according to UN's polluter pays principle. Based on a comprehensive literature review and following the method of Fitzpatrick and Young (2017) the external costs of the German agricultural production in 2016 are calculated. If the environmental external effects of German food production and consumption like greenhouse gases, avoidable food waste and biodiversity loss were included in the prices, an average price increase of 43 % at the retail level would be necessary based on our calculations. Our results illustrate the extent of the current mispricing and the associated need for urgent change in the food sector.

**Keywords:** Agriculture, Sustainability, Externalities, Food, Environmental impact, Environmental economics, Environmental costs

## 1 Einleitung

Der zuletzt veröffentlichte Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zeigt eindrücklich, dass der Klimawandel schneller voranschreitet als bisher angenommen. Ein nicht unerheblicher Treiber ist die Landwirtschaft. Diese wird sich langfristig auf große Veränderungen einstellen müssen und darüber hinaus eine wichtige Rolle bei der Erreichung der Klimaziele spielen. (IPCC 2021)

Die Produktion unserer Lebensmittel wirkt sich jedoch nicht nur auf den Klimawandel aus. Sie ist auch für eine Vielzahl von weiteren Auswirkungen auf die Umwelt verantwortlich. Dazu zählen beispielsweise negative Folgen wie die Schädigung von Böden, der Biodiversitätsverlust oder Luftverschmutzungen, welche sich als externe Effekte bezeichnen lassen.

Konkret werden unter dem Begriff „externe Effekte“ die Auswirkungen auf dem Verursacher unbekannte Faktoren verstanden, für die niemand etwas aufbringen muss bzw. eine Entschädigung erhält. Diese Effekte können entweder positive oder negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. (IAASTD 2009)

Landwirtschaftliche externe Effekte weisen nach Pretty et al. (2000) folgende Kriterien auf:

- Die Identität des Verursachers der externen Effekte ist häufig unbekannt.
- Sie schaden meist Gruppen, deren Interessen nicht vertreten werden.
- Meist treten externe Effekte zeitlich verzögert auf.
- Die durch die externen Effekte verursachten Kosten werden in der Regel nicht berücksichtigt.
- Langfristig führen sie zu nicht ausreichenden wirtschaftlichen und politischen Lösungen.

Ein negativer externer Effekt ist beispielsweise ein zu hoher Nitratgehalt im Trinkwasser, der durch Überdüngung in der Agrarwirtschaft entsteht. Der Landwirt, der zu viel Dünger ausbringt, muss nicht für die Aufbereitung des Trinkwassers bezahlen. Im Normalfall übernimmt der Bürger durch seine Abgaben an die Kommunen, die mit Hilfe von Kläranlagen versuchen, den Nitratgehalt zu reduzieren, die entstehenden Kosten. (Endres 2013)

Die durch die Lebensmittelproduktion für die Gesellschaft entstehenden Folgen sowie die hieraus resultierenden Kosten sind bisher kaum systematisch untersucht worden und aktuell nicht direkt im Lebensmittelpreis berücksichtigt. Würden diese verdeckten Kosten der Nahrungsmittel für die Umwelt verursachergerecht und direkt vom Konsumenten bezahlt, müssten die Lebensmittelpreise in erheblichem Umfang steigen.

Für Deutschland wurde bisher keine gesamtheitliche Betrachtung der durch Umweltauswirkungen verursachten externen Kosten veröffentlicht. Es gibt jedoch bereits umfassende Veröffentlichungen für das Vereinigte Königreich, wie zum Beispiel von Pretty et al. (2000), Hartridge und Pearce (2001), Pretty et al. (2005), O'Neill (2007) sowie Fitzpatrick und Young (2017) und für die Vereinigten Staaten von Tegtmeier und Duffy (2004).

Eine systematische Erfassung signifikanter externer Effekte und die Kalkulation der dadurch zusätzlich entstehenden Kosten für Deutschland ist daher notwendig, um die folgende Frage beantworten zu können:

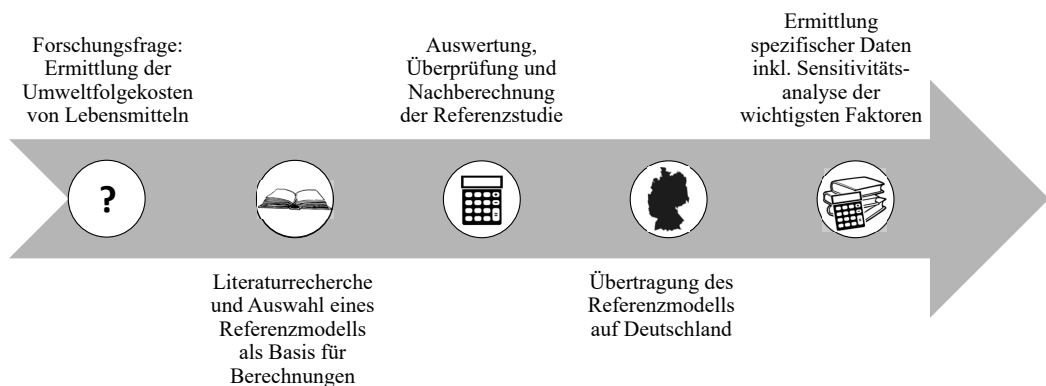
*Wie viel teurer müssten Lebensmittel in Deutschland werden, wenn die versteckten, externen Kosten – Verschlechterung des natürlichen Kapitals und der Biodiversitätsverlust – im Einkaufspreis berücksichtigt werden?*

Im Rahmen dieser Studie wird eine Daten-Basis für die Kosten der externen Effekte, die durch die Produktion von Lebensmitteln in Deutschland und die hierfür nötigen, vorgelagerten Prozessschritte entstehen, ermittelt. Diese kann für zukünftigen Studien als Grundlage dienen.

## 2 Methode und Daten

Um herauszufinden, wie viel man zusätzlich für Lebensmittel in Deutschland bezahlen muss, wenn auch die versteckten, externen Kosten – Verschlechterung des natürlichen Kapitals und der Biodiversitätsverlust – im Einkaufspreis berücksichtigt werden, wird eine quantitative Studie durchgeführt. Der Untersuchungsrahmen der vorliegenden Arbeit umfasst die negativen Umweltauswirkungen von Lebensmitteln, die vom Anbau bis zum Heimtransport aus dem Supermarkt entstehen. Nicht berücksichtigt werden soziale Folgekosten, wie z. B. der Anstieg des Darmkrebsrisikos durch nitrathaltiges Trinkwasser.

### 2.1 Methode



**Abbildung 1: Gewählte Methodik zur Abschätzung der versteckten Kosten von Lebensmitteln in Deutschland**

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde in einem ersten Schritt eine umfassende Literaturrecherche vorgenommen und der Status Quo der Forschung zu diesem Themengebiet begutachtet. Anschließend wurde aus einer aktuellen Referenzstudie ein Modell als Basis für die Berechnungen der Umweltfolgekosten ausgewählt (vgl. Abbildung 1). Diese Veröffentlichung wurde ausgewertet, auf Plausibilität überprüft und anhand der Daten aus den Primärquellen nachberechnet.

Die Veröffentlichung diente anschließend als Grundlage für die Übertragung der Ergebnisse auf den Standort Deutschland. Einige der im Modell zitierten Studien weisen bereits konkrete Daten auch für Deutschland aus. War dies nicht der Fall, wurde im Rahmen dieser Arbeit nach vergleichbaren Studien gesucht. In einigen Fällen war es nicht möglich, konkrete Zahlen für Deutschland zu finden. In diesem Fall wurden die für die Referenzstu-

die – die sich auf das Vereinigte Königreich bezieht – vorliegenden Zahlen als Basis für die Zahlen Deutschlands genommen. Hierbei diente die im Vereinigten Königreich genutzte landwirtschaftlich Fläche als Maßstab, die insgesamt 18.425.00 Hektar [ha] (DEFRA 2016) beträgt. Diese wurde in Bezug zur deutschen landwirtschaftlich genutzten Gesamtfläche, die 16.699.600 ha (EUROSTAT 26.11.2015) und damit das 0,962-fache der Fläche des Vereinigten Königreiches ausmacht, gesetzt. Diesem Verhältnis entsprechend wurden die für das Vereinigte Königreich vorliegenden Zahlen auf Deutschland übertragen. Bei Daten, die sich auf die Bevölkerungsanzahl beziehen, wurde auch das Verhältnis von der Bevölkerungsanzahl des Vereinigten Königreiches im Vergleich zu Deutschland berechnet. Diesem Verhältnis entsprechend wurden, wie bei den flächenbezogenen Daten, die Kosten auf Deutschland übertragen.

Nach der Betrachtung der im ersten Schritt auf Deutschland übertragenen Ergebnisse wurden die externen Kosten für die Umweltfolgen nach der Größe sortiert. Anschließend wurde analysiert, welche Sub-Kategorien – absteigend sortiert nach den größten Kosten – insgesamt mehr als 95 % der Gesamtkosten ausmachen. Die Wahl dieses Abschneidekriteriums wird von den Autoren als sinnvoll angesehen, da bei einer Ökobilanzierung der Anteil der vernachlässigten Prozesse nicht mehr als 5 % der betrachteten Wirkkategorie betragen darf (Klöpffer und Grahl 2009).

Zu den einzelnen Kategorien, die addiert insgesamt mehr als 95 % der Gesamtkosten betragen, wurde eine weitere umfassende Literaturrecherche vorgenommen. Mittels der neu recherchierten Methoden sowie der Schattenpreise wurden für jede Studie die externen Kosten für die jeweilig thematisierten Kategorien neu berechnet. Grundsätzlich erschien es sinnvoll, auch die Ergebnisse von Studien in die weiteren Berechnungen aufzunehmen, die nicht alle Schadenskategorien einer Umweltauswirkungen untersucht haben. Um auch die Ergebnisse dieser Studien sinnvoll in die weiteren Berechnungen einbeziehen zu können, wurden die (aus den nicht untersuchten Schadenskategorien resultierend) Lücken geschlossen, indem in diese der jeweilige gleichgewichtete Durchschnittswert eingesetzt wurde, welcher aus denjenigen Studien resultiert, die konkrete Werte für die jeweilige Schadenskategorie ausweisen.

Der Mittelwert der externen Kosten über die verschiedenen Studien wurde mit Hilfe von vier gleichgewichteten Kategorien, die den einzelnen Studien verschiedene Gewichtungen verleihen, bestimmt. Diese Methode erscheint als zielführend, da so eine möglichst breitgefächerte Auswahl an Indikatoren Eingang in die Gewichtung findet und auch Pieper et al. (2020) analog vorgehen. Zu den vier gleichgewichteten Kategorien zählen

- das Veröffentlichungsjahr,
- der SCImago Journal Rank (SJR)-Wert eines Journals,
- die Anzahl der Zitationen des Papers in einem Jahr und
- das Land, auf das sich die Daten beziehen.

Mithilfe dieser Kategorien sollen die Ergebnisse bzw. Methoden von Studien mit aktuellen Daten, einem hohen wissenschaftlichen Impactfaktor und dem Bezugsland Deutschland stärker in das Ergebnis einfließen als andere Studien. Jeder Gewichtungskategorie wurde eine Skala von 1 – 10 Punkten hinterlegt. Die Skala ist jeweils in zehn gleichgroße Intervalle zur Gewichtung eingeteilt. Der Wert eins entspricht dabei z. B. dem ältesten Veröffentlichungsjahr und der Wert zehn dem neusten Veröffentlichungsjahr aller berücksichtigten Studien. Es wurde dadurch die Annahme getroffen, dass Daten neuerer Studien

von höherer Relevanz sind, da diese aktuellere Ergebnisse beinhalten. Konkret heißt dies: je höher die Punktzahl einer Studie ist, desto stärker wird diese gewichtet.

Bei der Gewichtung der externen Kosten mittels des SJR-Wertes eines Journals wurde ähnlich vorgegangen. Der SJR-Wert gibt an, wie häufig Artikel aus den letzten drei Jahren zitiert werden, dividiert durch die Anzahl der Artikel, die in den drei vorherigen Jahren erschienen sind. Zusätzlich fließt in den Faktor ein, wie häufig die zitierenden Zeitschriften von anderen Zeitschriften zitiert wird (SCImago o.J.). Die Veröffentlichung mit dem höchsten Zitationswert erhielten zehn Punkte. Die mit dem niedrigsten einen Punkt. Die Kategorie „Anzahl der Zitationen einer Veröffentlichung in einem Jahr“ wurde aus Google Scholar entnommen. Die berücksichtigte Studie mit dem höchsten Zitationswert wurde mit dem Faktor 10 gewichtet. Die mit den niedrigsten Zitationswert mit Faktor 1.

Beim Bezugsland erschien eine Einteilung in 10 Faktoren nicht zweckmäßig. Stattdessen wurden Studien, die sich direkt auf Deutschland beziehen, mit zehn Punkten gewichtet. Analog zu den oben beschriebenen Gewichtungsfaktoren wurden alle Länder, die keine identischen klimatischen Bedingungen und Gegebenheiten haben, mit weniger Punkten bedacht. Die Autoren legten folgende Gewichtung für die weiteren Bezugsländer fest: Niederlande 8 Punkte, Vereinigtes Königreich Großbritannien 6 Punkte, übriges Europa 5 Punkte, Vereinigte Staaten von Amerika 3 Punkte, Neuseeland 2 Punkte und Studien, die sich länderspezifisch auf die gesamte Erdoberfläche bezogen, 1 Punkt.

Mit Hilfe dieser Gewichtungsfaktoren wurde ein Mittelwert über jede einzelne sowie über alle Studien bestimmt. Anschließend wurde für jede Kategorie eine Sensitivitätsanalyse vorgenommen, bei welcher betrachtet wurde, wie sich die Kosten ändern würden, wenn jeweils nur die Veränderung einer Kategorie berücksichtigt wird und die anderen drei vernachlässigt werden.

Für Studien vor dem Jahr 2016 mit dem Bezugsland Deutschland wurden die Kosten mittels eines Inflationsrechners (Udo Marx UG o. J.) auf das Jahr 2016 angeglichen. Das Bezugsjahr ist auf Grund der umfassend verfügbaren Daten des statistischen Bundesamtes das Jahr 2016. Für aktuellere Jahre lagen beispielsweise keine Werte für die Emissionen der Treibhausgase vor. Es wurden bei der genauen Betrachtung der einzelnen Kategorien auch Studien aus anderen Ländern berücksichtigt. Hier wurden die Kosten nicht nur mittels einer Währungsumrechnung, durch Berechnung des Mittelwerts der Schlusskurse des gesamten Jahres (finanzen.net GmbH o. J.) und einer Inflationsangleichung (Udo Marx UG o. J.) ermittelt, sondern auch durch die Übertragung der Kosten pro Kopf auf Deutschland oder pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche.

Konnte auf Grund einer zu geringen Anzahl an Studien (< 2) kein gewichteter Mittelwert berechnet und keine Sensitivitätsanalyse vorgenommen werden, wurde der Wert der einzelnen Studie mangels alternativer Studien isoliert betrachtet.

## 2.2 Datenbasis und -quellen für die Übertragung auf Deutschland

Die den Berechnungen zugrunde liegenden Daten wurden mittels einer Literaturrecherche erhoben. Die Recherche wurde mit Hilfe vorher definierter Schlagworte durchgeführt. Bei der systematischen Suche wurde neben der ausführlichen Recherche im Online Public Access Catalogue (OPAC) der Universität Augsburg auch im Karlsruher Virtuellen Katalog und mit Hilfe dessen in verschiedenen Datenbanken weltweit wie dem WorldCat recherchiert. Zusätzlich wurde die Suche auf das Internet ausgeweitet. Es wurde auf Plattformen

wie Google Scholar, MetaGer-Wissenschaft und BASE nach passenden Veröffentlichungen recherchiert. Es wurden stets die ersten 100 Treffer gesichtet.

Nach Auswertung der Ergebnisse der Schlagwortsuche wurde eine weitere Suche nach Autoren, die wissenschaftliche Arbeiten zu dem Thema externe Kosten in der Landwirtschaft bzw. Lebensmittelproduktion veröffentlicht haben, durchgeführt, um zu prüfen, ob diese noch weitere Studien zum Thema verfasst haben. Recherchiert wurde unter anderem nach wissenschaftlichen Publikationen von Pretty et al.; Pimentel et al.; Fleischer und Waibel; Tegtmeier und Duffy; O'Neill; Fitzpatrick und Young 2017. Diese Autoren werden in dieser Arbeit als die wichtigsten in diesem Forschungsbereich angesehen.

Zuletzt wurden die Literaturverweise der thematisch passenden Veröffentlichungen, die mittels der vorher beschriebenen Verfahren ermittelt wurden, auf mögliche unentdeckte weitere Veröffentlichungen gleich einem Schneeballsystem überprüft.

Bei der Auswertung der Literatur spielte vor allem der Umfang der Auswirkungen der Lebensmittel auf die Umwelt eine wichtige Rolle. Wichtig war auch, dass nicht nur Aspekte der Landwirtschaft berücksichtigt wurden. Ebenso waren bei der Auswahl der Daten die Aktualität der Veröffentlichung und das Bezugsland Deutschland ein entscheidendes Kriterium.

Insgesamt wurden 659 Quellen gesichtet sowie verschlagwortet. 127 Veröffentlichungen wurden anschließend verwendet. Bei der Nachberechnung der Referenzstudie wurden einige Aktualisierungen und Korrekturen hinsichtlich der Daten vorgenommen wie zum Beispiel bei Datenungenauigkeit und rechnerischen Inkonsistenzen.

### 3 Ergebnisse

Die umfassende Literaturrecherche führte zu dem Ergebnis, dass für Deutschland noch keine gesamtheitlichen Untersuchungen zur Erfassung und Berechnung der Kosten externer Effekte von Lebensmitteln veröffentlicht wurde. Jedoch gibt es bereits umfassende Studien für das Vereinigte Königreich, wie zum Beispiel von Pretty et al. (2000), Hartridge und Pearce (2001), Pretty et al. (2005), O'Neill (2007) sowie Fitzpatrick und Young (2017) und für die Vereinigten Staaten von Tegtmeier und Duffy (2004). Am aktuellsten und umfassendsten erweist sich eine Veröffentlichung von Fitzpatrick und Young (2017), die den monetären Wert externer Effekte von Lebensmitteln für das Vereinigte Königreich für das Jahr 2015 ermittelte. Diese Veröffentlichung wird als Referenzstudie und Basismodell für das weitere Vorgehen in dieser Arbeit ausgewählt. Im Vergleich zu der Veröffentlichung von Fitzpatrick und Young (2017) werden in den Studien von Pretty et al. (2000), Hartridge und Pearce (2001), Tegtmeier und Duffy (2004) und Pretty et al. (2005) wesentliche externe Effekte wie z.B. die Kosten für Lebensmittelabfälle nicht berücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich – wie bereits erwähnt – allein mit den externen Umweltfolgekosten und nicht mit den sozialen externen Kosten, weswegen aus der Studie von Fitzpatrick und Young (2017) ausschließlich die folgenden zwei Kategorien näher betrachtet wurden:

- Verschlechterung des natürlichen Kapitals
- Biodiversitätsverlust

Die Kategorie Verschlechterung des natürlichen Kapitals setzt sich aus folgenden Unterkategorien zusammen: Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden, Lebensmittelabfäll-



le, Bodenschädigung einschließlich Kohlenstoffverlust im Boden, Umweltkosten, bedingt durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause, Wasserkosten der Landwirtschaft, Stickstoffoxid und die Entstehung von Melanom-Hautkrebs durch den Ozonabbau.

Zu den Kategorien, die nur einen geringen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben, zählt nach der ersten Betrachtung auch die Biodiversität. Für diese wurde jedoch eine umfassende Literaturrecherche für Deutschland vorgenommen, da die Kosten, die mit Hilfe der Veröffentlichung von Fitzpatrick und Young (2017) auf Deutschland übertragen wurden, im Gegensatz zur bestehenden, aktuellen Studienlage als deutlich zu niedrig erschienen.

Fitzpatrick und Young (2017) gingen bei ihren Berechnungen davon aus, dass der Biodiversitätsverlust laut der Studie von Braat und Brink (2008) 50 Milliarden € in Europa beträgt. Bei genauerer Betrachtung und Überprüfung der Quelle fiel im Rahmen dieser Arbeit jedoch auf, dass Braat und Brink (2008) diesen Wert nicht für Europa, sondern für den weltweiten Biodiversitätsverlust angegeben haben. Berechnet man den Wert für das Vereinigte Königreich, stellt man fest, dass dieser statt 12,75 Milliarden £ lediglich 0,12 Milliarden £ beträgt. Dies sind dann nur 0,16 % der gesamten externen Kosten des Vereinigten Königreiches. Da der Wert uns – zunächst subjektiv – recht niedrig erschien, haben wir nach einer aktuellen vergleichbaren Studie gesucht, die sich konkret auf Europa bezieht. Wir stellten fest, dass Nguyen et al. (2016) einen deutlich höheren Wert für den Biodiversitätsverlust angegeben haben. Dies nahmen wir zum Anlass, weitere Recherchen einzuleiten und den Wert genauer zu betrachten. Braat und Brink (2008) haben die externen Kosten für den Biodiversitätsverlust nur grob abgeschätzt, wohingegen die im Jahr 2016 veröffentlichte Arbeit von Nguyen et al. (2016) die Kosten für Europa mit 1.400 €/ha (Bezugsjahr 2013) angegeben hatte. Diese Werte wurden durch eine Umfrage ermittelt, in der die Befragten angeben mussten, wie viel ihnen der Erhalt der Natur wert sei.

Ermittelt man die externen Kosten für die Umweltauswirkungen von Lebensmitteln in Deutschland zunächst analog zu Fitzpatrick und Young (2017), zeigt sich, dass man für einen für Lebensmittel ausgegebenen Euro zusätzlich 0,25 € aufbringen müsste, um diese zu internalisieren. Vor dem Hintergrund, dass wir in Abschnitt 3.1. eine Ausdifferenzierung der bisherigen Daten vornehmen, ist dieser Wert als Zwischenergebnis einzuordnen. Die Gesamtausgaben deutscher Konsumenten betragen im Jahr 2016 für Lebensmittel, Säfte, nicht alkoholische Getränke und Catering 192,22 Milliarden € (Statistisches Bundesamt (DESTATIS) o. J.).

**Tabelle 1: Externe Kosten der Lebensmittel Deutschlands für das Jahr 2016, auf Basis von Fitzpatrick und Young (2017)**

Deutschland	Milliarden €	Mehrausgaben pro ausgegebenem 1 €
Verschlechterung des natürlichen Kapitals	48,12	0,25 €
Biodiversitätsverlust	0,22	~ 0,00 €
Gesamt	48,34	0,25 €

Die untergeordneten Kategorien der Verschlechterung des natürlichen Kapitals und der Biodiversitätsverlust werden in Tabelle 2 genauer betrachtet.

In Deutschland sind gemäß der ersten Hochrechnung nach Fitzpatrick und Young (2017) 4 der 8 untergeordneten Kategorien besonders relevant, da diese 95,30 % der Gesamtkosten der Verschlechterung des natürlichen Kapitals und des Biodiversitätsverlust ausmachen (vgl. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Kosten externer Effekte von Lebensmitteln in Deutschland aufgegliedert in die einzelnen Kategorien (Bezugsjahr 2016) und nach absteigender Höhe der Kosten sortiert<sup>1</sup>**

Kategorie	Kosten	Anteil an Gesamtkosten	
Lebensmittelabfälle im gesamten deutschen Lebensmittelsystem	22.284.726.224,78 €	46,11 %	95,39 %
Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden	16.286.733.418,98 €	33,70 %	
Bodenschädigung einschließlich Kohlenstoffverlust im Boden	5.519.505.994,45 €	11,42 %	
Umweltkosten durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause	2.015.933.119,26 €	4,17 %	
Wasserkosten der Landwirtschaft	1.668.771.039,73 €	3,45 %	
Sickstoffoxid	224.353.261,70 €	0,46 %	
Biodiversitätsverlust	216.430.537,00 €	0,45 %	
Melanom-Hautkrebs durch den Ozonabbau	117.858.195,40 €	0,24 %	
Gesamt	48.334.311.791,30 €		

### 3.1 Verfeinerung der Daten für Deutschland

Im folgenden Schritt werden sowohl die Ergebnisse der vier Kategorien, die 95,39 % ( $\geq 95$  %) der externen Umweltfolgekosten ausmachen, als auch die Kosten für den Verlust der Biodiversität, da diese eine zentrale Rolle zur Erhaltung des natürlichen Kapitals zugesprochen wird (vgl. Tabelle 2), genauer betrachtet (IPCC 2021).

#### 3.1.1 Lebensmittelabfälle im gesamten deutschen Lebensmittelsystem

Lebensmittel werden zum Teil aufgrund ihrer nicht standardisierten Größe oder nach Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums entsorgt. Sowohl bei der Entsorgung als auch bei der Produktion dieser Lebensmittel entstehen Umweltauswirkungen. In insgesamt vier Studien (Kranert et al. 2012; Monier 2011; Noleppa und Carlsburg 2015; Schmidt et al. 2018) werden die Mengen an Lebensmittelabfällen in Deutschland erfasst. Es gibt jedoch nur eine Veröffentlichung (Kranert et al. 2012), die monetarisierte Werte für eine Tonne vermeidbarer Lebensmittel enthält. Diese betragen für das Jahr 2011 4.400 €, inflationsbe-

<sup>1</sup> Hinweis: Die hier im folgenden angegebenen Zahlenwerte ergeben sich aus den zu Grunde liegenden Berechnungen. Die AutorInnen sind sich dessen bewusst, dass es sich hier um Scheingenauigkeiten handelt. Um jedoch Schwierigkeiten zu vermeiden, die aus der Weiterverwendung von gerundeten Werten entstehen, sollen hier und im Folgenden bewusst ungerundete Werte verwendet werden.



reinigt auf das Jahr 2016 4.644,96 €. Diese berechneten Kosten liegen den drei weiteren Studien (Monier 2011; Schmidt et al. 2018; Noleppa und Carlsburg 2015) zu Grunde. Diese liefert auch die Grundlage für den Anteil an vermeidbaren Lebensmittelabfällen, der mit 47 % der gesamten Lebensmittelabfälle (Kranert et al. 2012) angegeben wird. Durch die vermeidbare Vernichtung von Lebensmitteln entstehen durchschnittliche Kosten im Wert von 29,91 Milliarden €.

Bei der Ermittlung der Menge der Lebensmittelabfälle kommen die vier Studien auf unterschiedliche Ergebnisse (Schwankung liegt bei 26,65 %). Dies liegt daran, dass den Daten verschiedene Methoden zu Grunde liegen. Kranert et. al. (2012) nutzte beispielsweise mehrere Methoden und triangulierte die Ergebnisse. Schmidt et al. (2018) führte dagegen eine Befragung durch.

Betrachtet man die einzelnen Gewichtungskategorien, die für die Studien verwendet wurden (vgl. Kapitel 2) genauer, stellt sich heraus, dass die alleinige Berücksichtigung der Länder des Veröffentlichungsjahres und des SJR-Faktors nur geringfügige Auswirkungen auf den Mittelwert haben. Die Abweichungen liegen hier jeweils unter 1 % des gleichgewichteten Mittelwerts. Lediglich bei der alleinigen Berücksichtigung der Anzahl der jährlichen Zitationen weicht der Mittelwert um 3,65 % ab. Dies liegt daran, dass die Studie von Monier (2011) am häufigsten jährlich zitiert wird und mit dem dreifachen Gewicht in dieser Kategorie im Gegensatz zu allen anderen Studien, die nur einfach berücksichtigt werden, einfließt.

### 3.1.2 Mit dem Klimawandel assoziierte Kosten

Die externen Kosten, die dem Klimawandel für Deutschland zugeordnet werden können, betragen nach der ersten Übertragung der Daten von Fitzpatrick und Young (2017) 16,29 Milliarden €. Fitzpatrick und Young (2017) verwenden für die Emissionen Schattenpreise aus der Veröffentlichung von Jacobs (2008). Lediglich der Preis für eine Tonne CO<sub>2</sub>eq mit 25 £/t (~31,35 €/t) wird in der Veröffentlichung von Fitzpatrick und Young (2017) nicht von Jacobs (2008) übernommen. Aktuelle Veröffentlichungen gehen von deutlich höheren Preisen für eine Tonne CO<sub>2</sub>-Emissionen aus (Moore und Diaz 2015). Fitzpatrick und Young (2017) verwenden in ihrer Studie den Wert von 220 \$/t CO<sub>2</sub> (Bezugsjahr (BJ): 2015; ~199,14 €/t, BJ: 2016) nach Moore und Diaz (2015). Da das Umweltbundesamt über die Schattenpreise für Deutschland eine umfassende Methodenkonvention für die Kosten der verschiedenen Emissionen auf die Umwelt veröffentlicht hat (Matthey und Bünger 2019) und dies die aktuellsten Daten sind, werden diese für die Berechnung der Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden, als Schattenpreise zugrunde gelegt. Im Folgenden wird stets von einem CO<sub>2</sub>-Preis von 180 €/t ausgegangen. Insgesamt ergibt sich für die Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden, dadurch ein jährlicher Wert von 36,75 Milliarden € in Deutschland.

Zusätzlich werden hier die Kosten für Feinstaub (Particulate Matter (PM) 2,5) mitberücksichtigt. Da aus den Daten des Umweltbundesamt (UBA) (2020) nicht hervorgeht, ob die Kategorie PM 2,5 bereits in der Kategorie PM 10 enthalten ist, wird die Anzahl an PM 2,5 Tonnen von den PM 10 Tonnen abgezogen, um eine Überbewertung sowie Doppelzählungen zu vermeiden.

Neben der zusätzlichen Kategorie (PM 2,5), die jedoch nichts an der Gesamtzahl an emittierten Tonnen ändert, sind die stark unterschiedlichen Schattenpreise das maßgebliche Kriterium für den höheren Wert (s. Tabelle 3). Fast alle Schattenpreise werden in

der Studie von Matthey und Büniger (2019) wesentlich höher kalkuliert als von Jacobs (2008). Lediglich der Preis der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan (NMVOC) und des Kohlenstoffmonoxids (CO) pro Tonne sind geringer bzw. nicht berücksichtigt, wie aus Tabelle 3 ersichtlich wird. Der CO-Schattenpreis spielt in dieser Arbeit für Deutschland keine Rolle, da in den Daten des Umweltbundesamt (UBA 2020) keine CO-Emissionen für die Landwirtschaft angegeben werden.

**Tabelle 3: Vergleich der Treibhausgasschattenpreise von Jacobs (2008) und Matthey und Büniger (2019)**

Schattenpreise 2016	Jacobs (2008)	Matthey und Büniger (2019)
NH <sub>3</sub>	3.095,97 €/t	32.000,00 €/t
NO <sub>x</sub>	1.408,33 €/t	17.930,00 €/t
NMVOC	2.411,15 €/t	2.050,00 €/t
SO <sub>2</sub>	2.291,69 €/t	15.040,00 €/t
CO	2,52 €/t	NA
PM 10	14.693,70 €/t	41.200,00 €/t
PM 2,5	14.693,70 €/t	58.400,00 €/t

### 3.1.3 Umweltkosten, die durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause entstehen

Bei der Kategorie Umweltkosten, die durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause bedingt sind, wird berechnet, welche Auswirkungen der endkundenseitige Transport von Lebensmitteln hat, z. B. durch Nutzung eines Autos oder den Bus. Hierbei finden die folgenden Kategorien von externen Kosten Berücksichtigung: Luftverschmutzung, Auswirkungen auf das Klima, Stau, Lärm sowie Unfälle. Bei der Luftverschmutzung werden Stickoxide, flüchtige organische Verbindungen, Dieselruß, Benzol, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Ozon berücksichtigt, bei der Auswirkung auf das Klima Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, Aerosole und Ozon.

Zur Ermittlung der Umweltkosten durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause werden die Schattenpreise für das Auto- und Busfahren von insgesamt zehn Studien ausgewertet. Zwei der Studien (Pretty et al. 2005; Schroten et al. 2019) beziehen sich auf Europa, sieben (Weinreich 2004; Bieler und Sutter 2019; Deiters et al. 2000; Bickel und Friedrich 1995; Schmid 2005; Gerike et al. 2016; Matthey und Büniger 2019; Burger 2014) auf Deutschland und eine speziell auf das Bundesland Sachsen (Gerike et al. 2016). Es wird angenommen, dass die in der Veröffentlichung errechneten Schattenpreise für ganz Deutschland bzgl. der Kosten pro Auto bzw. Bus mit Sachsen vergleichbar sind.

Der gleichgewichtete Mittelwert über alle vier Kategorien (Veröffentlichungsjahr, Land, Zitationen, SJR) liegt bei 941,36 Millionen €. Die zugrunde gelegten Schattenpreise der einzelnen Studie unterscheiden sich nur im Cent-Bereich. Aber aufgrund der jeweiligen Multiplikation mit der großen Menge an für die Lebensmittelheimtransporte zurückgelegten Kilometern entsteht ein deutlicher Kostenunterschied zwischen den Studien. Diese Unterschiede ergeben sich aus den verschiedenen zugrunde gelegten Methoden der einzelnen Studien. Weinreich (2004) sowie Bieler und Sutter (2019) bewerten die externen Kosten, die durch den Verkehr entstehen, ausschließlich mit Hilfe des Schadenkostenansatzes, wohingegen beispielsweise Schroten et al. (2019) den einzelnen Umweltauswirkungen, die

in die externen Kosten des Transports mit einfließen, verschiedene Methoden zugrunde gelegt haben. Die Kosten für die Luftverschmutzung wurden hier zum Beispiel durch den Schadenskostenansatz berechnet und die Kosten, aufgrund der Klimaänderungen mittels eines Vermeidungskostenansatzes.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass der Mittelwert am stärksten (um 27,55 %, 1,20 Milliarden €) abweicht, wenn nur die Anzahl der jährlichen Zitationen berücksichtigt wird. Werden im Gegensatz zu den Mittelwerten die Box-Plot-Diagramme (siehe Abbildung 2) betrachtet, stellt man fest, dass der Median bei allen Kategorien, außer bei alleiniger Berücksichtigung der Anzahl der Zitationen, relativ stabil bleibt. Betrachtet man die Sensitivitätsanalyse, hat die Anzahl der Zitationen eine starke Auswirkung auf den Median und den Mittelwert. Dies lässt sich durch die vergleichsweise hohe Anzahl der Zitationen der Studie von Pretty et al. (2005) erklären, die zugleich die höchsten Schattenpreise im Vergleich zu den anderen Studien aufweist.

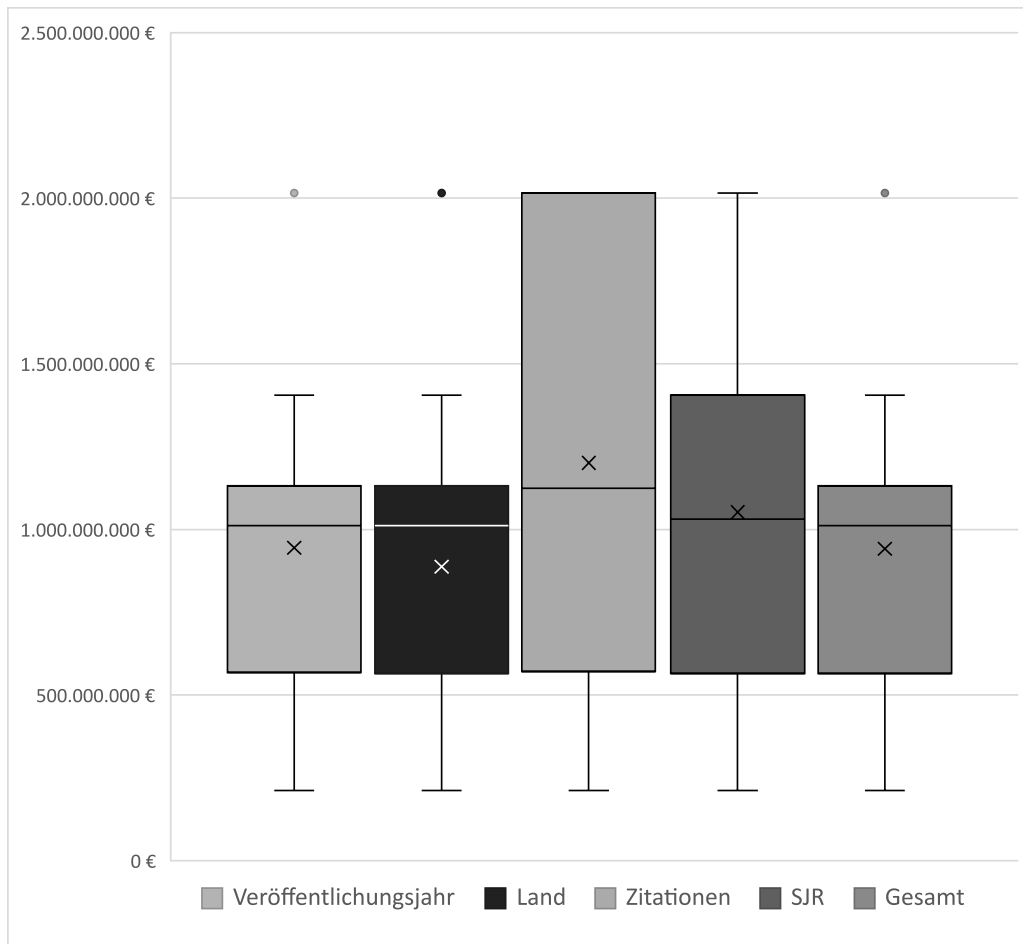
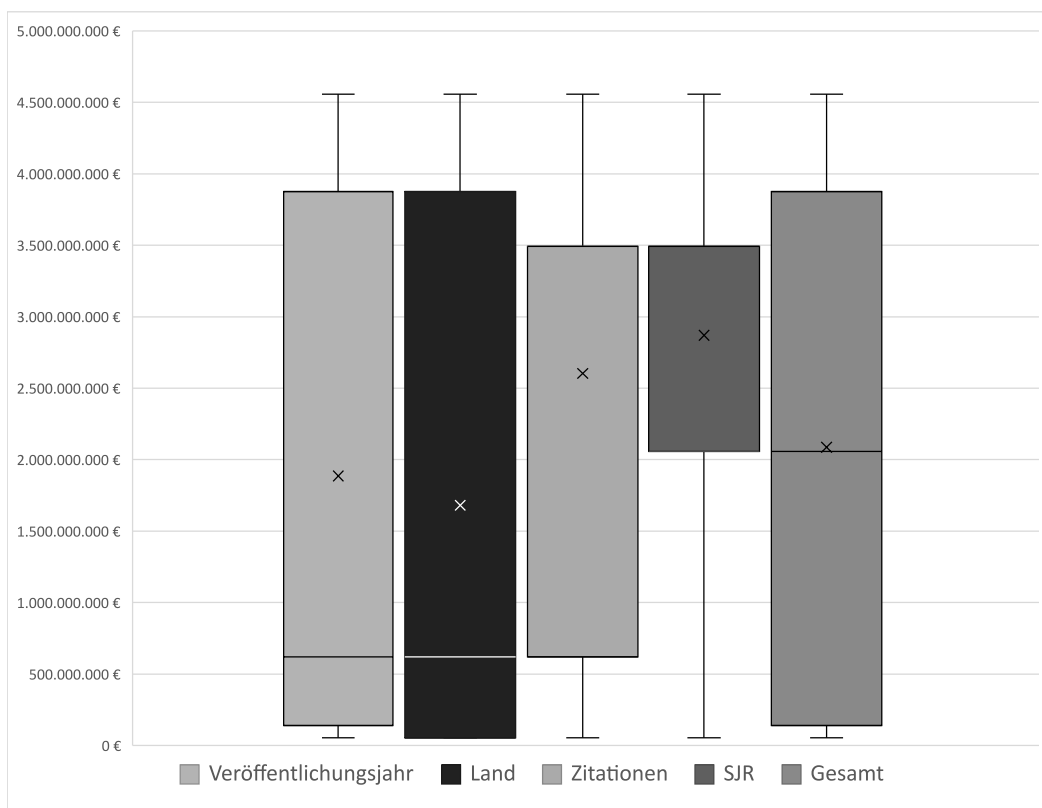


Abbildung 2: Darstellung der Schwankungsbreite der externen Kosten, die durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause entstehen mit Boxplots (x = Mittelwert; Punkte = Ausreißer)

### 3.1.4 Bodenschädigung einschließlich Kohlenstoffverlust im Boden

Bei der Berechnung der Degradation des Bodens wird für Deutschland statt der in Fitzpatrick und Young (2017) angenommenen 220 \$/t CO<sub>2</sub> aus der Studie Moore und Diaz (2015) 180 €/t CO<sub>2</sub> aus der Veröffentlichung von Matthey und Büniger (2019) verwendet.

Insgesamt wurden sechs Studien (Graves et al. 2015; Panagos et al. 2018; Pimentel et al. 1995; European Commission 2010; Nkonya et al. 2016; O'Neill 2007) ausgewertet, die sehr unterschiedliche externe Kosten ausweisen. Der geringste Wert der errechneten externen Kosten aus der Veröffentlichung von Panagos et al. (2018) beträgt 54,74 Millionen €. Der höchste berücksichtigte Wert ist dagegen 4,56 Milliarden € (Graves et al. 2015), was dem 83-fachen des niedrigsten Wertes entspricht. Hier sind auch die unterschiedlichen methodischen Ansätze für diese starke Heterogenität ausschlaggebend. Graves et al. (2015) bewertete die externen Kosten nach dem Schadens- und Wiederherstellungskostenansatz. Panagos et al. (2018) verwendete nur den Schadenskostenansatz und legte hier geringere entstehende Kosten zugrunde.



**Abbildung 3:** Darstellung der Schwankungsbreite der externe Kosten der Bodenschädigung mit Boxplots (x = Mittelwert)

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse (Abbildung 3) fällt auf, dass die Mittelwerte der einzelnen Kategorien stark schwanken. Am stärksten weicht der Mit-

telwert des SJR-Faktors mit 37,50 % vom gleichgewichteten Mittelwert, gefolgt von der Anzahl der jährlichen Zitationen mit 24,73 %, ab. Das Bezugsland der Studie hat auch signifikante Auswirkungen von 19,49 %. Am geringsten beeinträchtigt das Veröffentlichungsjahr den Mittelwert. Hier wird deutlich, dass alle vier Kategorien einen starken Einfluss auf das Ergebnis haben.

### 3.1.5 Biodiversitätsverlust durch die Landwirtschaft Deutschlands

Wie bereits im Abschnitt 2.2 dargestellt und begründet, wird der Biodiversitätsverlust genauer betrachtet. Zur Ermittlung des Biodiversitätsverlusts als Folge der Landwirtschaft werden sechs Studien (Braat und Brink 2008; Sandhu et al. 2008; Nguyen et al. 2016; Tegtmeier und Duffy 2004; Pretty et al. 2000; the Bruyn et al. 2018) aus verschiedenen Ländern berücksichtigt. Speziell für Deutschland sind die monetarisierten Auswirkungen des Verlustes der Biodiversität durch die Landwirtschaft bisher nicht ermittelt. Braat und Brink (2008) geben an, dass es sehr schwierig ist, die Kosten des Biodiversitätsverlustes für einen Quadratmeter Fläche für einen bestimmten Zeitraum festzulegen. Am Anfang hätte der Biodiversitätsverlust noch nicht so große Umweltfolgen wie über die Folgejahre hinweggesehen, wenn dieser weiter zunimmt. Die Autoren geben für das Bezugsjahr 2000 der Studie einen eher geringen Kostenfaktor für den Biodiversitätsverlust an. Sie zeigen jedoch auf, dass dieser über die Jahre deutlich steigen müsste.

Die starken Kostenunterschiede bei der Beurteilung der monetären Auswirkungen des Biodiversitätsverlustes sind vor allem der Anwendung unterschiedlicher Methoden geschuldet. Es zeigt sich, dass vor allem der Biodiversitätsverlust in Neuseeland aufgrund des Anbaus von Lebensmitteln als sehr hoch angesehen wird (Sandhu et al. 2008). Die Studie wurde vor Ort auf Feldern durchgeführt und ein Bottom-Up-Ansatz zur Einschätzung der Schadenskosten verwendet. In der sich auf die Niederlande beziehenden Studie von the Bruyn et al. (2018) wurden die Schattenpreise dagegen deutlich geringer eingeschätzt. Das genaue Vorgehen zur Abschätzung der Preise ist in dieser Studie nicht beschrieben.

Auch bezüglich der Biodiversitätsverluste wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die aufzeigt, dass das Land und der SJR-Faktor den stärksten Einfluss auf eine Abweichung des durchschnittlichen Mittelwerts haben. Der gesamt gewichtete Mittelwert der externen Kosten für die Biodiversität beträgt 13,68 Milliarden € pro Jahr.

### 3.2 Externe Umweltfolgekosten deutscher Lebensmittel

Im Vergleich zu den direkt auf Deutschland übertragenen Ergebnissen nach Fitzpatrick und Young (2017) wird – nach der Berücksichtigung der verschiedenen Studien in den beiden Kategorien Verschlechterung des natürlichen Kapitals sowie des Biodiversitätsverlust – ein deutlich höherer Wert für die in Deutschland im Jahr 2016 verursachten negativen externen Kosten von Lebensmitteln ermittelt.

Fasst man die gleichgewichteten Mittelwerte der verschiedenen Subkategorien für die Kosten der Verschlechterung des natürlichen Kapitals (vgl. Kapitel 3.1) zusammen, lässt sich eine Summe von 69,96 Milliarden € ermitteln (s. Tabelle 4). Die externen Kosten des Biodiversitätsverlustes betragen nun nach der Berücksichtigung der nun zusätzlich einbezogenen Ergebnisse weiterer Studien 13,68 Milliarden € (vgl. Kapitel 3.1.5). Insgesamt liegen die Umweltfolgekosten durch das Einbeziehen weiterer Studienergebnisse bei 83,37 Milliarden €. Dies sind um 72,49 % höhere Kosten im Vergleich zu den Ergebnis-

sen, die sich aus der reinen Übertragung der Studienergebnisse von (Fitzpatrick und Young 2017) auf Deutschland ergeben haben. Konkret bedeutet das, dass pro ausgegebenem Euro für Nahrungsmittel 43 Cent für die negativen externen Umweltfolgen berücksichtigt werden müssten.

**Tabelle 4: Vergleich der Umweltfolgekosten von Lebensmitteln in Deutschland und Darstellung des daraus folgenden Preisaufschlages pro ausgegebenem Euro für Nahrungsmittel (links: Berechnungen nach Fitzpatrick und Young (2017), rechts: nach literaturbasierter Anpassung)**

Externe Kosten der Lebensmittel Deutschlands	Berechnung nach Fitzpatrick und Young (2017) für Deutschland		Berücksichtigung verschiedener Studien (vgl. Kapitel 3.1)	
	Kosten der Kategorie	Kosten pro ausgegebenen Euro für Nahrungsmittel	Kosten der Kategorie	Kosten pro ausgegebenen Euro für Nahrungsmittel
Verschlechterung des natürlichen Kapitals	48.117.881.254,30 €	0,25 €	69.693.044.286,31 €	0,36 €
Biodiversitätsverlust	216.430.537,00 €	~ 0,00 €	13.680.839.634,68 €	0,07 €
Gesamt	48.334.311.791,30 €	0,25 €	83.373.883.920,99 €	0,43 €

### 3.3 Einordnung der Ergebnisse und Vergleich mit der Ausgangsstudie

Durch den Vergleich der einzelnen Kategorien (Abbildung 4) lässt sich feststellen, dass vor allem die externen Kosten im Bereich der Biodiversität deutlich höher ausfallen, nachdem die Ergebnisse verschiedener anderer Studien mitberücksichtigt und die Daten auf Deutschland übertragen worden sind. Ins Gewicht fallen hier vor allem zwei Studien (Sandhu et al. 2008; Nguyen et al. 2016), die beide sehr hohe externe Kosten für die Biodiversität ausweisen und dadurch den gewichteten Mittelwert stark anheben.

Auch die externen Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden können, haben sich deutlich erhöht (36,75 Milliarden €; +125,67 %). Dies liegt, wie in Kapitel 3.1.2 bereits erwähnt, an den von Matthey und Bünge (2019) zum Großteil deutlich höher ausgewiesenen Preisen der Emissionen pro Tonne.

Die Kosten für Lebensmittelabfälle haben sich um +34,22 % erhöht, da in Deutschland mehr Lebensmittelabfälle pro Kopf anfallen. Die Umweltkosten für den Transport eingekaufter Lebensmittel nach Hause sind insgesamt um 53,30 % geringer (941,36 Millionen €), da die Schattenpreise der zusätzlich betrachteten Studien deutlich niedriger sind, als in der von Fitzpatrick und Young (2017) zitierten Studie von Pretty et al. (2005). Die Bodenschädigung einschließlich des Kohlenstoffverlusts durch die Landwirtschaft verursacht Kosten in Höhe von 2,09 Milliarden €. Dies sind 62,19 % weniger als in der ersten Berechnung angenommen. Dies liegt vor allem an der starken Gewichtung der Studie Panagos et al. (2018), die sich als einzige konkret auf Deutschland bezieht, das aktuellste Bezugsjahr aufweist sowie deutlich geringere Kosten angibt als die anderen Studien.



Insgesamt haben die Kosten durch Einbeziehung weiterer Studien in drei der betrachteten Kategorien deutlich zugelegt und in zwei (inkl. der versteckten Nettokosten) abgenommen.

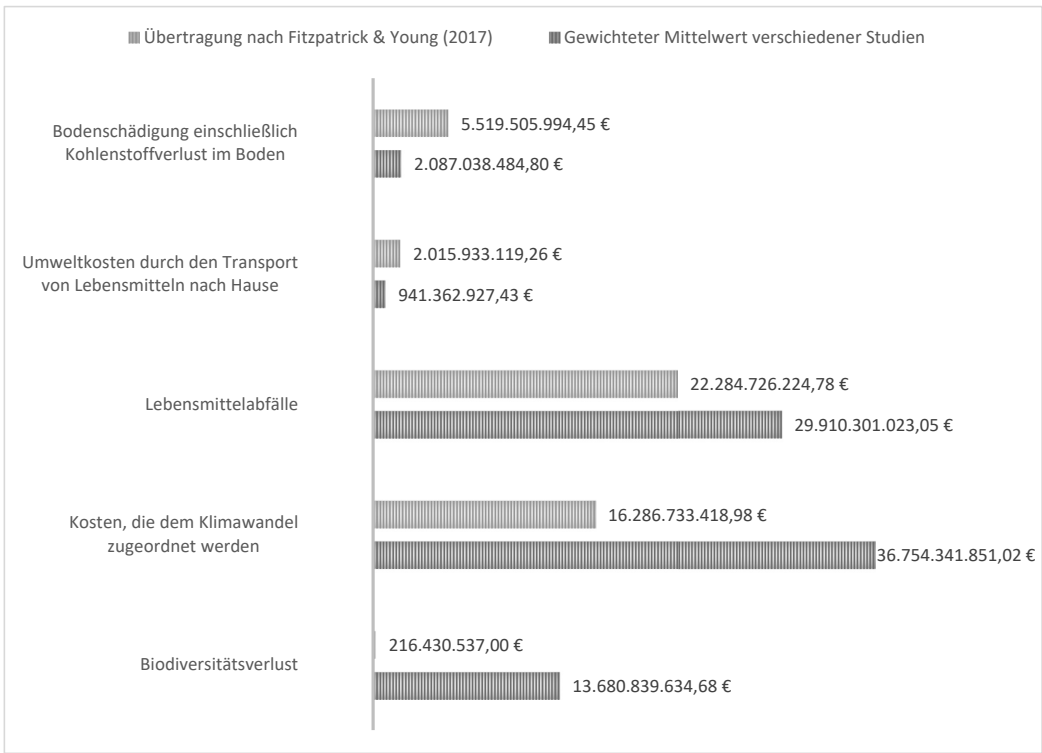


Abbildung 4: Vergleich der Kategorien unter Berücksichtigung der gleichgewichteten Mittelwerte der verschiedenen Studien

Trotz Reduktion der Kosten in zwei Kategorien sind die externen Kosten nach der Auswertung und Gewichtung aller Daten insgesamt gestiegen. Dies wird auf die überproportionale Erhöhung der Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden, sowie dem Biodiversitätsverlust, zurückgeführt. Durch den Einbezug mehrerer verschiedener Studien, die Aktualität der Zahlen (Bezugsjahr 2016) und den direkten Bezug auf Deutschland kommen wir den „wahren Kosten für Lebensmittel“ in Deutschland deutlich näher, da es bisher keine Studie gibt, die dies exklusiv für Deutschland betrachtet hat. Die Verschlechterung des natürlichen Kapitals wird in dieser Arbeit deutlich kostenintensiver angesehen als in vergleichbaren Studien (Pretty et al. 2000; O’Neill 2007; Tegtmeier und Duffy 2004). Dies liegt vor allem an den deutlich höheren Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden; zum einen aufgrund der für Deutschland höher berichteten Emissionswerte, zum anderen wegen den deutlich höheren Schattenpreisen pro Tonne CO<sub>2</sub>eq. Vergleicht man die ermittelten externen Kosten des Biodiversitätsverlust (Gewichteter Mittelwert verschiedener Studien, vgl. Abbildung 4) mit den Ergebnissen von Pretty et al. (2000), zeigt sich, dass die von Pretty et al. (2000) berechneten Kosten um ein vielfaches niedriger

liegen. Sie entsprechen nahezu den zu Beginn der Studie nach Fitzpatrick und Young (2017) überschlagenen Kosten. Dies liegt daran, dass es zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie von Pretty et al. (2000) sehr wenig bis gar keine Literatur zu den externen Kosten der Landwirtschaft gab. Pretty et al. (2000) legten mit ihrer Studie einen Grundstein für die Internalisierung externer Kosten in der Landwirtschaft.

### 3.4 Limitationen

Der Untersuchungsrahmen der vorliegenden Arbeit umfasst die genaue Betrachtung folgender Umweltauswirkungen:

- Lebensmittelabfälle im gesamten deutschen Lebensmittelsystem
- Kosten, die dem Klimawandel zugeordnet werden
- Bodenschädigung einschließlich Kohlenstoffverlust im Boden
- Umweltkosten durch den Transport von Lebensmitteln nach Hause
- Biodiversitätsverlust

Die nachfolgenden Umweltkosten werden für Deutschland nicht näher berücksichtigt, da diese insgesamt weniger als 5 % der Gesamtkosten ausmachen. Dies sind Wasserkosten der Landwirtschaft, externe Kosten, die durch Stickstoffoxid verursacht werden, sowie Kosten, die durch den Ozonabbau entstehen.

Soziale Folgekosten, die entlang der Lebensmittelproduktion und bei der Nahrungsmittelaufnahme durch Menschen verursacht werden, werden in die Berechnungen nicht einbezogen, da der Fokus dieser Arbeit bewusst auf den Umweltauswirkungen liegt. Dies sind zum Beispiel:

- Ernährungsbezogene Gesundheitskosten
  - Herz-Kreislauf-Erkrankungen
  - Mangelernährung
  - Übergewicht und Fettleibigkeit
  - Bluthochdruck
- Produktionsbezogene Gesundheitskosten
  - Antibiotikaresistenzen
  - Lebensmittelvergiftungen
  - Vergiftungserscheinungen durch Organophosphat-Pestizide
  - Darmkrebs auf Grund eines zu hohen Nitratgehalts im Trinkwasser

Würden diese Kosten berücksichtigt, würden ersten Schätzungen nach die Folgekosten von Nahrungsmitteln noch deutlich höher ausfallen. Vor diesem Hintergrund sind die von uns ermittelten Aufschläge als Untergrenzen bzw. Mindestaufschläge zu verstehen.

Wenngleich der Punkt in Bezug auf seine Ergebnis-Auswirkung von untergeordneter Bedeutung erscheint, unterliegt die vorgenommene Umrechnung von Kosten aus Großbritannien auf Deutschland einer gewissen Unschärfe. Unseres Erachtens sind dies jedoch treffbare Annahmen, die dennoch in zukünftigen Forschungsarbeiten detaillierter betrachtet werden sollten.

Wo immer möglich wurden aktuelle Datensätze verwendet. Dennoch sind die Kostensätze monetarisierter externer Effekte aktuell Gegenstand weitläufiger wissenschaftlicher Diskussionen. Dies bedeutet, dass hier eine gewisse, methodeninhärente Unschärfe vorliegt.

Insbesondere bei einer perspektivischen Fortschreibung dieser Studie und einer damit verbundenen weiteren Aktualisierung der Datensätze ist davon auszugehen, dass zumindest graduelle Ergebnis-Unterschiede unvermeidbar sind (vgl. z. B. die Höhe der CO<sub>2</sub>-Äquivalenz-Schadkosten in den Methodenkonventionen 2 und 3 des Umweltbundesamts (Umweltbundesamt, 2012; Matthey & Bünge, 2019)).

#### 4 Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung macht deutlich, dass Zusatzkosten im beträchtlichen Umfang für in Deutschland produzierte Nahrungsmittel durch Auswirkungen auf die Umwelt entstehen. Die aktuell anfallenden und von der Gesellschaft zu tragenden Umweltfolgekosten sind volkswirtschaftlich relevant und betragen nach den durchgeführten Berechnungen 85,38 Milliarden Euro pro Jahr in Deutschland. Der Preis für Lebensmittel müsste durchschnittlich in Deutschland um 43 % steigen, wenn die Folgekosten für die Umwelt verursachergerecht berücksichtigt würden, und ist folglich nicht im Einklang mit den Umweltfolgen. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Kosten tatsächlich noch deutlich höher ausfallen, da noch nicht alle Auswirkungen auf die Umwelt, die durch Lebensmittel verursacht werden, vollständig bekannt sind.

Zusätzlich ist anzunehmen, dass die Umweltfolgekosten in der Zukunft weiter ansteigen werden, da die Gesellschaft bereits jetzt für die Schäden der aktuellen Umweltfolgen aufkommt. Durch die Internalisierung der externen Kosten in die Lebensmittelpreise, könnte die Kaufentscheidung von Verbrauchern beeinflusst werden. Dies kann wiederum wirtschaftliche Anreize für Produzierende schaffen, umweltfreundlichere Herstellungsverfahren anzuwenden. Auch Subventionen, für deren Erhalt auf klimapolitische Ziele geachtet werden muss, könnten die Produzierenden zum Umdenken anregen.

Bisher liegen erst wenige fundierte Studien zur ökonomischen Bewertung von versteckten Kosten der Nahrungsmittelproduktion vor. Die Internalisierung der externen Effekte ist aber zwingend notwendig, um die umweltverträgliche Produktion von Lebensmitteln wettbewerbsfähig zu machen. Voraussetzung für eine fundierte Bewertung der externen Kosten ist eine umfassende Kenntnis der Wechselbeziehungen zwischen Nahrungsmittelproduktion und Umwelt. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Es liegt zwar eine Reihe von Studien vor, die unterschiedliche Einzelaspekte betrachten und Umweltkosten abschätzen, aber diese unterscheiden sich sowohl in den verwendeten Daten als auch in ihren Methoden. Erforderlich sind standardisierte, wissenschaftliche Bewertungsmethoden. Diese müssen transparent und nachvollziehbar sein und sollten auf verschiedene Fälle und Länder übertragbar sein, um Ergebnisse ohne Einschränkungen miteinander vergleichen und bewerten zu können. Hier gibt es ebenfalls weiteren Forschungsbedarf, insbesondere bei der Erhebung validierter Daten, sowie die Notwendigkeit, Methoden weiterzuentwickeln.

Mit Hilfe einer verbreiterten Datenbasis und transparenter Bewertungsmethoden kann die Wissenschaft langfristig zu einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Nahrungsproduktion über deren gesamten Lebenszyklus beitragen. Validierte Kostenschätzungen können darauf basierend zur besseren Entscheidungsfindung genutzt werden. Dies gilt sowohl für die Politik, um einen gesetzlichen Rahmen zu schaffen sowie Förderprogramme zu etablieren, als auch für die Landwirtschaft zur Anwendung von möglichst nachhaltigen landwirtschaftlichen Methoden ebenso wie für Verbraucherinnen und Verbraucher, die mit ihrer Kaufentscheidung die Nachfrage beeinflussen können.

## 5 Literaturverzeichnis

- Allen, Myles R. (2015): Climate change 2014. Synthesis report. [Geneva]: [IPCC, WMO].
- Bickel, Peter; Friedrich, Rainer (1995): Was kostet uns die Mobilität? Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bieler, Cuno; Sutter, Daniel (2019): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland. Straßen-, Schienen-, Luft- und Binnenschiffverkehr 2017. Hg. v. Allianz pro Schiene e. V. Zürich. Online verfügbar unter <https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2019/08/190826-infras-tudie-externe-kosten-verkehr.pdf>, zuletzt geprüft am 01.02.2020.
- Braat, L.; Brink, P. ten (2008): The Cost of Policy Inaction. The case of not meeting the 2010 biodiversity target. Unter Mitarbeit von J. Bakkers, K. Bolt, I. Braeuer, B. ten Brink, A. Chiabai, H. Ding et al. Alterra, Wageningen (Alterra-rapport, 1718). Online verfügbar unter [https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/137ae972-0286-4ae2-a965-5984664ae2f2/copi\\_final\\_report\\_jun.pdf?v=63664509715](https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/137ae972-0286-4ae2-a965-5984664ae2f2/copi_final_report_jun.pdf?v=63664509715), zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (o. J.): Emissionshandel – Was ist das? o. O. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/emissionshandel/emissionshandel-was-ist-das/>, zuletzt geprüft am 17.03.2020.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2014): Wissenschaftliche Grundlagen. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/wissenschaftliche-grundlagen/>, zuletzt geprüft am 19.04.2020.
- Burger, Andreas (2014): Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr. Empfehlungen des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp\\_umweltkosten\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp_umweltkosten_0.pdf), zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- Deiters, Jürgen; Mayr, Alois; Tzschaschel, Sabine; Heinritz, Günter; Wolf, Klaus; Becker, Christoph; Job, Hubert (2000): Die externen Kosten des Verkehrs // Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Freizeit und Tourismus. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Online verfügbar unter [http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art\\_pdf/Band9\\_142-145\\_archiv.pdf](http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art_pdf/Band9_142-145_archiv.pdf), zuletzt geprüft am 01.02.2020.
- dpa (2019): Klimakonferenz in Madrid: Worum geht es? In: *Berliner Morgenpost*, 30.11.2019. Online verfügbar unter <https://www.morgenpost.de/web-wissen/article227791067/Klimakonferenz-in-Madrid-Worum-geht-es.html>, zuletzt geprüft am 17.03.2020.
- Endres, Alfred (2013): Umweltökonomie. 4., aktualisierte und erw. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer.
- Europäische Kommission (o. J.): Ein europäischer Grüner Deal. Erster klimaneutraler Kontinent werden. o. O. Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_de#aktuelles](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de#aktuelles), zuletzt geprüft am 22.04.2020.
- European Commission (2010): Soil – a key resource for the EU. [Luxembourg]: Publications Office. Online verfügbar unter [http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/factsheet\\_2010\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/factsheet_2010_en.pdf), zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- finanzen.net GmbH (o. J.): Währungsrechner. o. O. Online verfügbar unter [https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/us-dollar\\_euro](https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/us-dollar_euro), zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- Fitzpatrick, Ian; Young, Richard (2017): The hidden cost of UK food. Unter Mitarbeit von Megan Perry und Emma Rose. Bristol: The Sustainable Food Trust.
- Gerike, Regine; Seidel, Tina; Becker, Udo J.; Richter, Falk; Schmidt, Wolfram (2016): Auswirkungen einer Internalisierung externer Kosten des Verkehrs in Sachsen. Abschlussbericht. Technische Universität Dresden. Dresden (22–8809.03/03). Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/311111111>

- e.net/profile/Regine\_Gerike/publication/44230691\_Auswirkungen\_einer\_Internalisierung\_externer\_Kosten\_des\_Verkehrs\_in\_Sachsen/links/0deec52a8d4ae712e1000000/Auswirkungen-einer-Internalisierung-externer-Kosten-des-Verkehrs-in-Sachsen.pdf?origin=publication\_detail, zuletzt geprüft am 01.02.2020.
- Graves, A. R.; Morris, J.; Deeks, L. K.; Rickson, R. J.; Kibblewhite, M. G.; Harris, J. A. et al. (2015): The total costs of soil degradation in England and Wales. In: *Ecological Economics* 119, S. 399–413. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2015.07.026.
- Hartridge, Olivia; Pearce, David (2001): Is UK Agriculture Sustainable? Environmentally Adjusted Economic Accounts for UK Agriculture. o. O.
- Hirschfeld, Jesko (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Berlin: IÖW (Schriftenreihe des IÖW, 186).
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (2009): Agriculture at a crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Washington, DC: Island Press.
- Jacobs (2008): Environmental Accounts for Agriculture. Final Report for DEFRA. Scottish Agricultural College; Cranfield University. Online verfügbar unter <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110318163715/http://www.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/envacc/documents/Jacobs-fullreport.pdf>, zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- Klöpffer, Walter; Grahl, Birgit (2009): Ökobilanzen (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf: Wiley-VCH GmbH. ISBN: 3527320431.
- Kranert, M.; Hafner, G.; Barabosz, J.; Schuller, H.; Leverenz, D.; Kölbig, A. et al. (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Universität Stuttgart Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA); Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) Institut für Abfallwirtschaft. Stuttgart. Online verfügbar unter [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie\\_Lebensmittelabfaelle\\_Langfassung.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Langfassung.pdf%3F__blob%3DpublicationFile), zuletzt geprüft am 07.11.2019.
- Matthey, Astrid; Bünger, Björn (2019): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11\\_methodenkonvention-3-0\\_kostensaetze\\_korr.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf), zuletzt geprüft am 20.08.2019.
- Monier, Véronique (2011): Preparatory study on food waste across EU 27. [S.l.]: European Commission (Technical Report, 2010–054).
- Moore, Frances C.; Diaz, Delavane B. (2015): Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy. In: *Nature Clim Change* 5 (2), S. 127–131. DOI: 10.1038/nclimate2481.
- Nguyen, Thu Lan Thi; Laratte, Bertrand; Guillaume, Bertrand; Hua, Anthony (2016): Quantifying environmental externalities with a view to internalizing them in the price of products, using different monetization models. In: *Resources, Conservation and Recycling* 109, S. 13–23. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.01.018.
- Nkonya, Ephraim; Anderson, Weston; Kato, Edward; Koo, Jawoo; Mirzabaev, Alisher; Braun, Joachim von; Meyer, Stefan (2016): Global Cost of Land Degradation. In: Ephraim Nkonya, Alisher Mirzabaev und Joachim von Braun (Hg.): *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*, Bd. 60. Cham: Springer International Publishing, S. 117–165.

- Noleppa, Steffen; Carlsburg, Matti (2015): Das grosse Wegschmeissen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland. Stand Juni 2015. Berlin: WWF Deutschland.
- O'Neill, Dominic (2007): The Total External Environmental Costs and Benefits of Agriculture in the UK. Online verfügbar unter [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328104552/http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Research/costs\\_benefitapr07\\_1749472.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328104552/http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Research/costs_benefitapr07_1749472.pdf), zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- Panagos, Panos; Standardi, Gabriele; Borrelli, Pasquale; Lugato, Emanuele; Montanarella, Luca; Bosello, Francesco (2018): Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union. From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. In: *Land Degrad. Develop.* 29 (3), S. 471–484. DOI: 10.1002/ldr.2879.
- Pieper, M., Michalke, A., & Gaugler, T. (2020). Calculation of external climate costs for food highlights inadequate pricing of animal products. In: *Nature communications*, 11(1), 1–13. DOI: 10.1038/s41467-020-19474-6
- Pimentel, D.; Harvey, C.; Resosudarmo, P.; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M. et al. (1995): Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. In: *Science (New York, N.Y.)* 267 (5201), S. 1117–1123. DOI: 10.1126/science.267.5201.1117.
- Pretty, Jules N.; Ball, A. S.; Lang, T.; Morison, J.I.L.; Pretty, J. N. (2005): Farm costs and food miles // Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. In: *Food policy: economics planning and politics of food and agriculture* 30 (1), S. 1–19. DOI: 10.1016/j.foodpol.2005.02.001.
- Pretty, Jules N.; Brett, C.; Gee, D.; Hine, R. E.; Mason, C. F.; Morison, J.I.L. et al. (2000): An assessment of the total external costs of UK agriculture. In: *Agricultural systems* 65 (2), S. 113–136. DOI: 10.1016/S0308-521X(00)00031-7.
- Sandhu, Harpinder S.; Wratten, Stephen D.; Cullen, Ross; Case, Brad (2008): The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. In: *Ecological Economics* 64 (4), S. 835–848. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.05.007.
- Schmid, Stephan Andreas (2005): Externe Kosten des Verkehrs: Grenz- und Gesamtkosten durch Luftschadstoffe und Lärm in Deutschland. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Online verfügbar unter [https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/1688/1/SSCHMID\\_2005\\_Externe\\_Kosten\\_des\\_Verkehrs\\_Dissertation.pdf](https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/1688/1/SSCHMID_2005_Externe_Kosten_des_Verkehrs_Dissertation.pdf), zuletzt geprüft am 01.02.2020.
- Schmidt, Thomas G.; Schneider, Felicitas; Claupein, Erika (2018): Lebensmittelabfälle in privaten Haushalten in Deutschland: Analyse der Ergebnisse einer repräsentativen Erhebung 2016/2017 von GfK SE. Braunschweig (Thünen Working Paper, 92). Online verfügbar unter [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn059788.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059788.pdf), zuletzt geprüft am 01.02.2020.
- Schroten, Arno; Essen, Hui van; Wijngaarden, Lisanne van; Sutter, Daniel; Andrew, Ella (2019): Sustainable Transport Infrastructure Charging and Internalisation of Transport Externalities: Main Findings. Hg. v. European Commission. Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-study-summary-isbn\\_978-92-76-03076-8.pdf](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-study-summary-isbn_978-92-76-03076-8.pdf), zuletzt geprüft am 01.02.2020.
- SCImago, (o.J.): SJR — SCImago Journal & Country Rank [Portal]. Retrieved Date you Retrieve, from <http://www.scimagojr.com>
- Statistisches Bundesamt (DESTATIS) (Hg.) (o. J.): VGR des Bundes – Konsumausgaben der privaten Haushalte. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online;jsessionid=CB0>



B7EEEAFC34BABB9F85BAD69490B5F.tomcat\_GO\_1\_1?operation=previous&levelindex=3&levelid=1531857381593&step=3, zuletzt geprüft am 12.05.2020.

- Tegtmeier, Erin M.; Duffy, Michael D. (2004): External Costs of Agricultural Production in the United States. In: *International Journal of Agricultural Sustainability* 2 (1), S. 1–20. Online verfügbar unter [https://www.leopold.iastate.edu/files/pubs-and-papers/2004-01-external-costs-agricultural-production-united-states\\_0.pdf](https://www.leopold.iastate.edu/files/pubs-and-papers/2004-01-external-costs-agricultural-production-united-states_0.pdf), zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- the Bruyn, Sanders; Ahdour, Salhia; Bijleveld, Marijn; de Graaff, Lonneke; Sohep, Ellen; Schroten, Arno; Vergeer, Robert (2018): Environmental Prices Handbook 2017. Methods and numbers for valuation of environmental impacts. Unter Mitarbeit von S. deM. Bruyn. Delft: CE Delft. Online verfügbar unter <https://www.ce.nl/publicaties/download/2544>, zuletzt geprüft am 12.05.2020.
- Udo Marx UG (o. J.): Inflationsrechner. o. O. Online verfügbar unter <http://www.lawyerdb.de/Inflationsrechner.aspx>, zuletzt geprüft am 15.07.2018.
- Umweltbundesamt (UBA) (o. J.): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990. Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 – Emissionen ausgewählter Treibhausgase in Deutschland nach Kategorien in Tsd. t Kohlendioxid-Äquivalenten. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/8\\_tab\\_thg-emi-kat\\_2019\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/8_tab_thg-emi-kat_2019_0.pdf), zuletzt aktualisiert am 01/2019, zuletzt geprüft am 07.05.2019.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012). Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten: Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. [https://www.google.com/url?sa=t&rcrt=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjI3qXenqLdAhVIDsAKHVcWA3QQFjABegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.umweltbundesamt.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fmedien%2F378%2Fpublikationen%2Fuba\\_methodenkonvention\\_2.0\\_-\\_2012\\_gesamte.pdf&usq=AovVaw04DxpE3IPefCFMIdQZSDxlUmweltbundesamt](https://www.google.com/url?sa=t&rcrt=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjI3qXenqLdAhVIDsAKHVcWA3QQFjABegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.umweltbundesamt.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fmedien%2F378%2Fpublikationen%2Fuba_methodenkonvention_2.0_-_2012_gesamte.pdf&usq=AovVaw04DxpE3IPefCFMIdQZSDxlUmweltbundesamt) (UBA) (2020): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2018. 1990 – 2018. Dessau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>, zuletzt aktualisiert am 15.01.2020, zuletzt geprüft am 04.02.2020.
- Weinreich, Sigurd (2004): Nachhaltige Entwicklung im Personenverkehr. Eine quantitative Analyse unter Einbezug externer Kosten: Physica-Verlag HD.

**Marie C. Mehrens-Raizner**, M.Sc., ist Projektmitarbeiterin am Lehrstuhl für Nachhaltigkeitswissenschaft und Angewandte Geographie an der Universität Greifswald.

*Anschrift:* Universität Greifswald, Instituts für Geographie und Geologie, Domstraße 11, 17489 Greifswald, Tel.: +49 (0)176 45 92 97 06, E-Mail: mehrens.marie@googlemail.com

**Tobias Gaugler**, Dr., ist Professor für Management in der Ökobranche an der Technischen Hochschule Nürnberg, Standort Neumarkt i.d. Opf.

*Anschrift:* Technische Hochschule Nürnberg, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Deutschland, Tel.: +49 (0)911 5880-3305, E-Mail: tobias.gaugler@th-nuernberg.de