



Hendrik Hilpert (Autor)

**Informationssysteme für die  
Nachhaltigkeitsberichterstattung in Unternehmen**  
Empirische Erkenntnisse und Gestaltungsansätze zur  
Datengrundlage, Erfassung und Berichterstattung von  
Treibhausgasemissionen



**Göttinger Wirtschaftsinformatik**

Herausgeber: J. Biethahn<sup>1</sup> • L. M. Kolbe • M. Schumann

Hendrik Hilpert

**Informationssysteme für die  
Nachhaltigkeitsberichterstattung  
in Unternehmen**

Empirische Erkenntnisse und  
Gestaltungsansätze zur Datengrundlage,  
Erfassung und Berichterstattung von  
Treibhausgasemissionen

**Band 76**



**Cuvillier Verlag Göttingen**

Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6885>

Copyright:

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

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



# 1 Einleitung

*„The first step is to measure whatever can easily be measured.*

*This is OK as far as it goes.*

*The second step is to disregard that which can't be easily measured or give it an arbitrary quantitative value.*

*This is artificial and misleading.*

*The third step is to presume that what can't be measured easily really isn't important.*

*This is blindness.*

*The fourth step is to say that what can't be easily measured really does not exist.*

*This is suicide.”*

*(Handy 1995, S. 219)*

In den folgenden Abschnitten werden die Problemstellung der vorliegenden Arbeit und der daraus folgende Handlungsbedarf dargestellt (Kapitel 1.1). Danach werden die Zielsetzungen formuliert (Kapitel 1.2), die Positionierung der Arbeit und die Forschungsmethodik dargestellt (Kapitel 1.3) sowie abschließend der Gang der Untersuchung skizziert (Kapitel 1.4).

## 1.1 Motivation und Problemstellung

Die fortschreitende Klimaerwärmung der Erde scheint nicht mehr aufhaltbar. Seit dem Jahr 1880 hat die globale Durchschnittstemperatur um 0,8 Grad Celsius zugenommen, neun der zehn wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1880 fanden nach dem Jahr 2000 statt (NOAA 2014). Dem IPCC-Bericht (Intergovernmental Panel on Climate Change) aus dem Jahr 2014 zu Folge sind die Industrialisierung und der damit verbundene, menschenverursachte Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasemissionen die Hauptursache für den globalen Klimawandel (IPCC 2013, S. 13; WWF 2014). Weltweit wurden im Jahr 2010 30,3 Gt (Gigatonnen) Treibhausgasemissionen ausgestoßen, was ~40 % mehr Treibhausgase sind, als weltweit zu Beginn der Industrialisierung (ca. im Jahr 1750) in der Atmosphäre existierten (IPCC 2013, S. 11 ff.). Die globalen Auswirkungen des Klimawandels sind vielfältig: Höhere Durchschnittstemperaturen führen zu extremeren Wetterbedingungen, dem Abschmelzen der Polkappen und zu der Verschiebung von Vegetationszonen. Daraus können der Verlust von Landmasse, eine Lebensmittel-Verknappung und letztlich Flüchtlingsströme in gemäßigte Klimazonen resultieren (IPCC 2013, S. 4 ff.). Seitdem der Menschheit bewusst ist, dass der Klimawandel die Lebensbedingungen aktueller und zukünftiger Generationen in vielfältiger Weise beeinträchtigen kann, gewinnt der Begriff der nachhaltigen Entwicklung aus dem 18. Jahrhundert wieder an Bedeutung. Der Umgang mit der Natur muss so ausgestaltet sein, dass zukünftige Generationen durch das Handeln der heutigen Generation keinen Nachteil haben (WBCED 1987, S. 43). Eine nachhaltige Entwicklung ist nur dann zu erreichen, wenn der Ausstoß von Treibhausgasen reduziert und damit der Klimawandel gestoppt wird. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls haben sich die europäische Gemeinschaft sowie weitere Staaten dazu verpflichtet, dass sie den Ausstoß der klimaschädlichen



Treibhausgasemissionen um 8 % ( $\emptyset$ -Wert in EU-Staaten) bis zum Jahr 2012 reduzieren wollen (Romeo 2012, S. 2). Dennoch zeigen aktuelle Studien, dass die bisherigen Bemühungen zum Reduzieren der Treibhausgasemissionen den Klimawandel nicht umkehren können (Umweltbundesamt 2014b).

Nicht nur politisches, regulatives Handeln versucht das Ziel der Nachhaltigkeit umzusetzen, auch das Interesse der Bevölkerung an dem Thema steigt zunehmend (Chen/Boudreau/Watson 2008, S. 186 ff.). Da insbesondere Unternehmen durch ihre Geschäftstätigkeiten als Hauptverursacher von Umwelteinwirkungen und speziell Treibhausgasemissionen gelten, fordern Anspruchsgruppen dieser Unternehmen Informationen zu den aus Geschäftstätigkeiten entstehenden Umwelteinwirkungen. Dies geschieht seit den 2000er Jahren mit Nachhaltigkeitsberichten, die von mehr als 80 % der weltweit größten 250 Unternehmen publiziert werden (Schlange 2009, S. 306). Nachhaltigkeitsberichte verfolgen dabei nicht nur das Veröffentlichen von Informationen zu Umwelteinwirkungen des Unternehmens; Vielmehr setzen sie die Umwelteinwirkungen in einer integrierten Betrachtung in Relation zu dem ökonomischen Erfolg des Unternehmens sowie zu den sozialen Auswirkungen der Unternehmenstätigkeit (Burschel/Losen/Wiendl 2004, S. 547). Zwar ist das Veröffentlichen von Nachhaltigkeitsberichten freiwillig, dennoch orientieren sich Unternehmen dabei an den GRI-Richtlinien zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, die als internationaler DeFacto-Standard gelten (van Wensen et al. 2010, S. 24). Die GRI-Richtlinien regeln wie bei der Geschäftsberichterstattung (Horvath 2006, S. 319) auch den Inhalt (Standardangaben, Nachhaltigkeitsindikatoren) und die Form der Darstellung durch Berichtsprinzipien. So stellt die GRI heraus, dass nachvollziehbar dargelegt werden soll, woher die Daten zu den Nachhaltigkeitsindikatoren kommen und wie diese erfasst worden sind (GRI 2013a, S. 14 ff.). Während bspw. der Umsatz eines Unternehmens und Mitarbeiterzahlen im Rahmen der Geschäftstätigkeit verfolgbar sind, ist dies für die Datenherkunft und den Erfassungsweg von Ressourcenverbräuchen und Umwelteinwirkungen nicht eindeutig. Daten zu Umwelteinwirkungen sind in Unternehmen typischerweise nicht vorhanden und verursachen daher einen hohen Aufwand in Erfassung und Verarbeitung, wenn nachvollziehbar und umfangreich berichtet werden soll (Melville/Whisnant 2012, S. 29).

Die Wirtschaftsinformatik beschäftigt sich seit den frühen 1990er Jahren mit IT-Systemen für das Erfassen, Verarbeiten und Distribuieren von umweltrelevanten Daten und Kennzahlen (Hilty/Rautenstrauch 1997, S. 160). So genannte Green IS („grüne“ Informationssysteme) oder BUIS (betriebliche Umweltinformationssysteme) werden als wichtige Treiber für eine erfolgreiche Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung eingeschätzt (Baker et al. 2011, S. 500). Dabei werden insbesondere die Informationsbereitstellung sowie die daraus entstehenden Möglichkeiten zur Reduktion von Umwelteinwirkungen in Geschäftsprozessen und Verhaltensänderungen von Individuen und Organisationen als wesentliche Chance von Green IS herausgestellt, um zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen (Loos et al. 2011, S. 250; Chen/Boudreau/Watson 2008, S. 188 ff.). Dennoch wird eine geringe Diffusion von Green IS und BUIS in der Praxis angenommen (Junker/Gomez/Lang 2010, S. 1045), umfangreiche Studien zu dem Erfassen von Umwelteinwirkungen und der IT-Unterstützung in der Praxis fehlen jedoch (Melville/Whisnant 2014, S. 1). Dementsprechend wird die Forschungsdomäne für mangelnde Charakterisierungen und Lösungsansätze kritisiert (Junker 2010, S.



234 f.) und zum Analysieren der bestehenden Situation, der Potenziale sowie dem Schaffen von IT-gestützten Lösungsmöglichkeiten aufgerufen (Melville 2010, S. 9).

Unter Betrachtung der skizzierten Situation in der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Umwelteinwirkungen und dem Potenzialbereich von Green IS bzw. BUIS diesen komplexen Prozess zu unterstützen, lassen sich mehrere Fragen stellen. Zum einen ist unklar, wie Unternehmen, die Nachhaltigkeitsberichte veröffentlichen, in der Praxis Daten zu Umwelteinwirkungen erfassen. Ob und in welcher Form Green IS den Prozess der Nachhaltigkeitsberichterstattung unterstützen ist ebenfalls zu hinterfragen. Wenn solche spezialisierten IT-Systeme in der Unternehmenspraxis nicht eingesetzt werden, ist zu bestimmen, welche Herausforderungen im Prozess der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Umwelteinwirkungen existieren. Dazu ist zu fragen, wie IT-Systeme für das Berichterstellen von Umwelteinwirkungen ausgestaltet werden können, um eine nachhaltige Entwicklung zu unterstützen. Diese Arbeit setzt an der skizzierten Forschungslücke an und adressiert die Fragestellungen im Kontext der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Treibhausgasemissionen als wesentlichster Treiber des Klimawandels.

## 1.2 Zielsetzungen

Die Ziele der vorliegenden Arbeit sind es,

- a. IT-Systeme für die Nachhaltigkeitsberichterstattung und bestehende Forschung in diesem Feld zu charakterisieren und zu systematisieren,
- b. den IST-Stand der Datengrundlage und IT-Systemunterstützung der Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Unternehmenspraxis aufzuzeigen und
- c. Gestaltungshinweise und Handlungsempfehlungen für das Entwickeln von IT-Systemen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung bereitzustellen und konkrete Lösungsansätze für das Erfassen, Verarbeiten und Berichten von Treibhausgasemissionen zu erarbeiten.

Zum Operationalisieren dieser Zielsetzungen werden in dieser Arbeit die folgenden drei Forschungsfragen gestellt:

**Forschungsfrage 1 (F1):** *Wie ist das Forschungsfeld für die IT-gestützte Nachhaltigkeitsberichterstattung zu systematisieren?*

Der erste Schritt dieser Arbeit ist eine Systematisierung des Themenkomplexes IT-Systeme für die Nachhaltigkeitsberichterstattung, da die übergeordneten Forschungsfelder Green IS und betriebliche Umweltinformationssysteme „eine gewisse Unschärfe aufweisen“ (Junker 2010, S. 235). Fehlende Charakterisierungen und Systematisierungen auf der Ebene der Forschungsfelder verdeutlichen die bestehende Unschärfe, was somit auch für IT-Systeme zur Nachhaltigkeitsberichterstattung gilt. Die Systematisierung erfolgt in Kombination mit einer strukturierten Literaturanalyse in Kapitel 3 und nutzt die in Kapitel 2 aufgeführten Grundlagen für den Themenkomplex.



**Forschungsfrage 2 (F2):** *Welche Datengrundlage und IT-Systemunterstützung haben Umwelteinwirkungen in der unternehmerischen Nachhaltigkeitsberichterstattung?*

Der zweite Schritt in dieser Arbeit ist es, die IST-Situation zur Datengrundlage und IT-Unterstützung der Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Unternehmenspraxis empirisch zu untersuchen. Dazu werden in Kapitel 4 Nachhaltigkeitsberichte deutscher Unternehmen anhand von einer Sekundärdatenanalyse auf Angaben zur Datengrundlage und IT-Systemunterstützung des Berichterstattungsprozesses untersucht. Nachfolgend wird eine empirische Befragung von Experten der Unternehmen hinsichtlich der beiden Themenkomplexe durchgeführt. Die Ergebnisse der Sekundärdatenanalyse und der empirischen Befragung dienen damit der Beantwortung der Forschungsfrage F2. Neben der Darstellung des IST-Standes werden in Kapitel 4 Anforderungen an IT-Systeme zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Umwelteinwirkungen erhoben, um gestaltungsorientierte IT-Lösungen, die in Forschungsfrage 3 und den zugehörigen Unterfragen adressiert werden, zu informieren.

**Forschungsfrage 3 (F3):** *Wie müssen IT-Systeme für die unternehmerische Nachhaltigkeitsberichterstattung gestaltet sein?*

Im dritten Schritt werden die bisher in der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse in der Arbeit genutzt, um die Frage zu beantworten, wie IT-Systeme für die Nachhaltigkeitsberichterstattung gestaltet sein müssen. Dazu wird in Kapitel 5 eine Design-Theorie erstellt, die Gestaltungsempfehlungen und Handlungsanweisungen für das Entwickeln von IT-Systemen zur NHB beinhaltet. Die erstellte Design-Theorie beschreibt damit, wie IT-Systeme zur NHB konstruiert werden sollten und unterstützt die Konstruktion von konkreten Lösungsansätzen in den Kapiteln 6 und 7. In diesen Kapiteln werden Lösungsansätze zum Erfassen von Treibhausgasemissionen in Unternehmen (F3.1) und für das Verarbeiten und Berichterstellen von und über Treibhausgasemissionen (F3.2) erstellt. Damit erfolgt in den Unterfragen zu Forschungsfrage 3 eine Einschränkung dieser Arbeit auf den Themenkomplex Umwelteinwirkungen in Form von Treibhausgasemissionen, da diese als Hauptverursacher der Klimaerwärmung gelten.

**Forschungsfrage 3.1 (F3.1):** *Wie können IS/IT das Erfassen von Daten zu Treibhausgasemissionen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung in Unternehmen unterstützen?*

Konkrete IT-gestützte Lösungsansätze zum Erfassen von Treibhausgasemissionen in Unternehmensprozessen werden zur Adressierung der Forschungsfrage F3.1 im Kapitel 6 erarbeitet. Dabei werden drei Artefakte erstellt, die direkt und indirekt entstehende Treibhausgasemissionen in den hauptverursachenden Wirtschaftszweigen durch den Einsatz von IKT (Informations- und Kommunikationstechnologie) erfassen können und das formalisierte Wissen der Design-Theorie aus Kapitel 5 zur Gestaltung nutzen.

**Forschungsfrage 3.2 (F3.2):** *Wie können IS/IT das Verarbeiten und Bereitstellen von Informationen zu Treibhausgasemissionen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung in Unternehmen unterstützen?*



Nachdem Ansätze für das Erfassen von Treibhausgasemissionen in Unternehmensprozessen durch IT-Lösungen erarbeitet wurden, adressiert Forschungsfrage 3.2, wie ein IT-System für das Berichten über Treibhausgasemissionen ausgestaltet sein kann, um den kompletten Prozess der Nachhaltigkeitsberichterstattung zu Treibhausgasemissionen in Unternehmen zu unterstützen. Dazu wird ebenfalls ein IT-System für die Nachhaltigkeitsberichterstattung gestaltungsorientiert erarbeitet, welches auf dem Wissen der Design-Theorie basiert.

Die Beantwortung der gestellten Forschungsfragen leistet damit folgende Beiträge für Wissenschaft und Unternehmenspraxis (Tabelle 1-1):

Beiträge für die Wissenschaft	Beiträge für die Unternehmenspraxis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Systematisierung und Charakterisierung</b> von IT-Systemen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (F1)</li> <li>• Zusammenfassung des <b>Forschungsstands</b> zu IT-Systemen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (F1)</li> <li>• Aufzeigen der <b>IST-Situation der Praxis</b> zur Datengrundlage und zu eingesetzten IT-Systeme für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (F2)</li> <li>• <b>Design-Theorie</b> für IT-Systeme zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (F3)</li> <li>• <b>Gestaltungsorientierte Lösungsansätze</b> zum Erfassen, Verarbeiten und Berichten von THGE (F3.1, F3.2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verwendungsmöglichkeiten</b> von IT-Systemen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (F1)</li> <li>• <b>Markt- und Funktionsüberblick</b> zu vorhandenen IT-Systemen zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (F2)</li> <li>• <b>Best-Practices</b> für das Erfassen, Verarbeiten und Berichten von THGE in der Unternehmenspraxis (F2)</li> <li>• <b>Gestaltungsempfehlungen</b> für IT-Systeme zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (F3)</li> <li>• <b>Handlungsempfehlungen</b> für das Erfassen von THGE in Scope 1, 2 und 3-Geschäftsprozessen (F3.1 &amp; F3.2)</li> </ul>

Tabelle 1-1: Beiträge der Arbeit für Wissenschaft und Praxis

### 1.3 Positionierung und Forschungsmethodik

Mit der genannten Zielsetzung positioniert sich die vorliegende Arbeit inhaltlich in den Domänen der Nachhaltigkeitsberichterstattung sowie den betrieblichen Umweltinformationssystemen, da im Kontext dieser Arbeit ausschließlich Umwelteinwirkungen, speziell Treibhausgasemissionen, betrachtet werden. Betriebliche Umweltinformationssysteme stellen eine Schnittstelle zwischen den Wissenschaftsdisziplinen Umweltinformatik und Wirtschaftsinformatik dar (Isenmann 2008b, S. 1637; Elliot 2007, S. 103).

Insgesamt ist die vorliegende Arbeit dem **gestaltungsorientierten Forschungsparadigma** unterstellt (Gregor/Hevner 2013, S. 377), beinhaltet jedoch auch **verhaltenswissenschaftliche Forschung**. Das übergeordnete Ziel der Arbeit ist es, IT-Systeme für die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Treibhausgasemissionen zu erstellen. Dazu wird in der Arbeit eine Design-Theorie für diese Informationssystemklasse erstellt, die Handlungsempfehlungen und Gestaltungshinweise bietet (Kapitel 5). Um eine solche Design-Theorie zu erstellen (Forschungsfrage F3), wird das Forschungsfeld zunächst systematisiert (Forschungsfrage F1), analysiert und der Stand der Datenerfassung und IT-Systemunterstützung in der Unternehmenspraxis verhaltenswissenschaftlich untersucht (Forschungsfrage F2). Diese Vorarbeiten zu den Forschungsfragen F1 und F2 sind Grundlage für den gestaltungswissenschaftlichen Fokus dieser Arbeit (Beck/Weber/Gregory 2013, S. 642). Auf Basis der Voruntersuchungen und der Design-Theorie werden in den Kapiteln 6 und 7 konkrete Artefakte



gestaltet und implementiert (Forschungsfragen F3.1 und F3.2). Gleichwohl des gestaltungswissenschaftlichen Fokus in den Kapiteln 5, 6 und 7 werden verhaltenswissenschaftliche Methoden und Theorien auch in diesen Kapiteln zur Evaluation der entwickelten IT-Systeme angewendet (Schoder et al. 2012, S. 6).

Die vorliegende Arbeit folgt somit dem **Methodenpluralismus** der Wirtschaftsinformatik-Disziplin (Wilde/Hess 2007, S. 280). In der nachfolgenden Tabelle 1-2 ist zusammengefasst, welche Methoden und Theorien zu Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzt werden.

Forschungsfrage	Paradigma	Verwendete Methoden	Verwendete Theorien
FF 1	Verhaltensorientiert	Systematische Literaturanalyse (Webster/Watson 2002) Argumentativ-deduktives Schließen (Wilde/Hess 2007)	Knowing Organization Theory (Choo 2006)
FF 2		Fallstudienanalyse (Yin 2009) Qualitative-empirische Querschnittsanalyse (Mayring 2010) Quantitative Querschnittsanalyse (Bortz/Döring 2006)	-
FF 3	Gestaltungsorientiert	Design-Theorie (Walls/Widmeyer/El Sawy 1992) Argumentativ-deduktives Schließen (Wilde/Hess 2007)	Akteur-Netzwerk-Theorie (Callon 1986) Knowing Organization Theory (Choo 2006)
FF 3.1		Prototyping (Baskerville/Pries-Heje/Venable 2009) Action Design Research (Sein et al. 2011) Argumentativ-deduktives Schließen (Wilde/Hess 2007) Fallstudienanalyse (Yin 2009)	
FF 3.2		Prototyping (Baskerville/Pries-Heje/Venable 2009) Argumentativ-deduktives Schließen (Wilde/Hess 2007) Fallstudienanalyse (Yin 2009) Qualitative-empirische Querschnittsanalyse (Mayring 2010)	

Tabelle 1-2: Wissenschaftliche Positionierung der Arbeit

## 1.4 Gang der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit ist in acht Kapitel untergliedert (siehe Abbildung 1-1): Nach dieser Einleitung folgen Grundlagen (**Kapitel 2**), welche die Themen Treibhausgasemissionen, Nachhaltigkeitsberichterstattung durch Unternehmen und IT-Systeme, die für die Nachhaltigkeitsberichterstattung eingesetzt werden können, umfassen. Treibhausgasemissionen werden dazu definiert und klassifiziert. Darüber hinaus werden Erfassungsvarianten und die Verursacher von Treibhausgasemissionen aufgezeigt. Das Thema Nachhaltigkeitsberichterstattung wird mit einer Einordnung und Abgrenzung der Begriffe Nachhaltigkeit und nachhaltige Entwicklung begonnen, worauf eine Definition und Charakterisierung der Nachhaltigkeitsberichterstattung erfolgt. Danach werden der Prozess der Nachhaltigkeitsberichterstattung dargestellt und der Berichterstattungsstandard der GRI beschrieben.





**Kapitel 3** zeigt den Forschungsstand der IT-Systemunterstützung der Nachhaltigkeitsberichterstattung mit einer systematischen Literaturanalyse auf. Dazu wird zunächst eine Klassifizierung von IT-Systemen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung vorgenommen, um einen Analyserahmen für die Literaturanalyse zu schaffen. Danach werden die Ergebnisse der Literaturanalyse dargestellt, analysiert und systematisiert, womit die erste Forschungsfrage dieser Arbeit beantwortet wird. Abschließend werden auf Basis der Ergebnisse Forschungslücken aufgezeigt, die im Laufe dieser Arbeit adressiert werden.

**Kapitel 4** beantwortet die zweite Forschungsfrage dieser Arbeit und stellt die empirische Untersuchung der Datengrundlage und IT-Unterstützung der Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Praxis dar. Dazu wird zunächst ein Untersuchungsdesign entwickelt, welches für die empirische Analyse eingesetzt wird. In diesem Rahmen erfolgt eine Einschränkung dieser Arbeit auf Umwelteinwirkungen. Zunächst wird eine Sekundärdatenanalyse der Nachhaltigkeitsberichte deutscher Unternehmen durchgeführt und dient der Strukturierung der empirischen Analyse. Darauf folgen Experteninterviews mit Vertretern deutscher Unternehmen, die Nachhaltigkeitsberichte dem Global Reporting Standard nach veröffentlichen.

Mit **Kapitel 5** erfolgt ein Forschungsparadigmen-Wechsel von der Verhaltensorientierung hin zu der Gestaltungsorientierung. Dazu wird zunächst das Design Science Research-Paradigma dargestellt und ein Framework für den weiteren Verlauf der Arbeit entwickelt. Nach der Rekapitulation der gestaltungsorientierten Probleme in der Domäne der Nachhaltigkeitsberichterstattung erfolgt das Entwickeln einer Design-Theorie für Informationssysteme zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, um die dritte Forschungsfrage der Arbeit zu beantworten. Dazu wird in zwei Schritten vorgegangen. Zunächst erfolgt eine theoriebasierte Erarbeitung einer beschreibenden Design-Theorie, die darauf um die Erkenntnisse der empirischen Studie aus Kapitel 4 zu einer kompletten Design-Theorie erweitert wird.

**Kapitel 6** folgt dem erarbeiteten Framework aus Kapitel 5 und beschreibt die Entwicklung von drei speziellen IT-Artefakten im Kontext der Nachhaltigkeitsberichterstattung. Dabei werden als Umwelteinwirkung nur Treibhausgasemissionen betrachtet und IT-Systeme entwickelt, welche die Erfassung der Emissionen durchführen. Das erste Artefakt dient der Erfassung von direkten Treibhausgasemissionen in Straßengütertransportprozessen, das zweite IT-Artefakt stellt eine Lösung für das Erfassen in chargenorientierten Produktionsprozessen der fleischverarbeitenden Industrie dar. Das dritte Artefakt umfasst eine Lösung für das Erfassen von Treibhausgasemissionen in Lufttransportprozessen. Die drei Artefakte basieren dabei jeweils auf der erarbeiteten Design-Theorie, setzen die Handlungsempfehlungen dieser um und werden nach dem Entwickeln mit verschiedenen Methoden evaluiert. Dieses Kapitel beantwortet damit die Forschungsfrage 3.1.

In **Kapitel 7** wird dem DSR-Framework folgend auf Basis der Design-Theorie aus Kapitel 5 ein übergeordnetes IT-System für die Nachhaltigkeitsberichterstattung entwickelt. Zunächst erfolgt das Ableiten der Empfehlungen der Design-Theorie zu konkreten Anforderungen an das IT-System, dessen Entwicklung im Anschluss beschrieben wird. Danach erfolgt eine Evaluation des IT-Systems mit Experten aus der Unternehmenspraxis, woraus Rückschlüsse auf die Design-Theorie gezogen werden. In diesem Kapitel wird die Forschungsfrage 3.2 beantwortet.



Die Arbeit schließt mit einem Fazit in **Kapitel 8**, wo die zentralen Ergebnisse der Arbeit in Bezug auf die Forschungsfragen beantwortet und zusammengefasst werden. Darüber hinaus werden Implikationen für die Wissenschaft und Praxis gestellt. Im Ausblick der Arbeit werden zukünftige Forschungsderivate aufgezeigt.

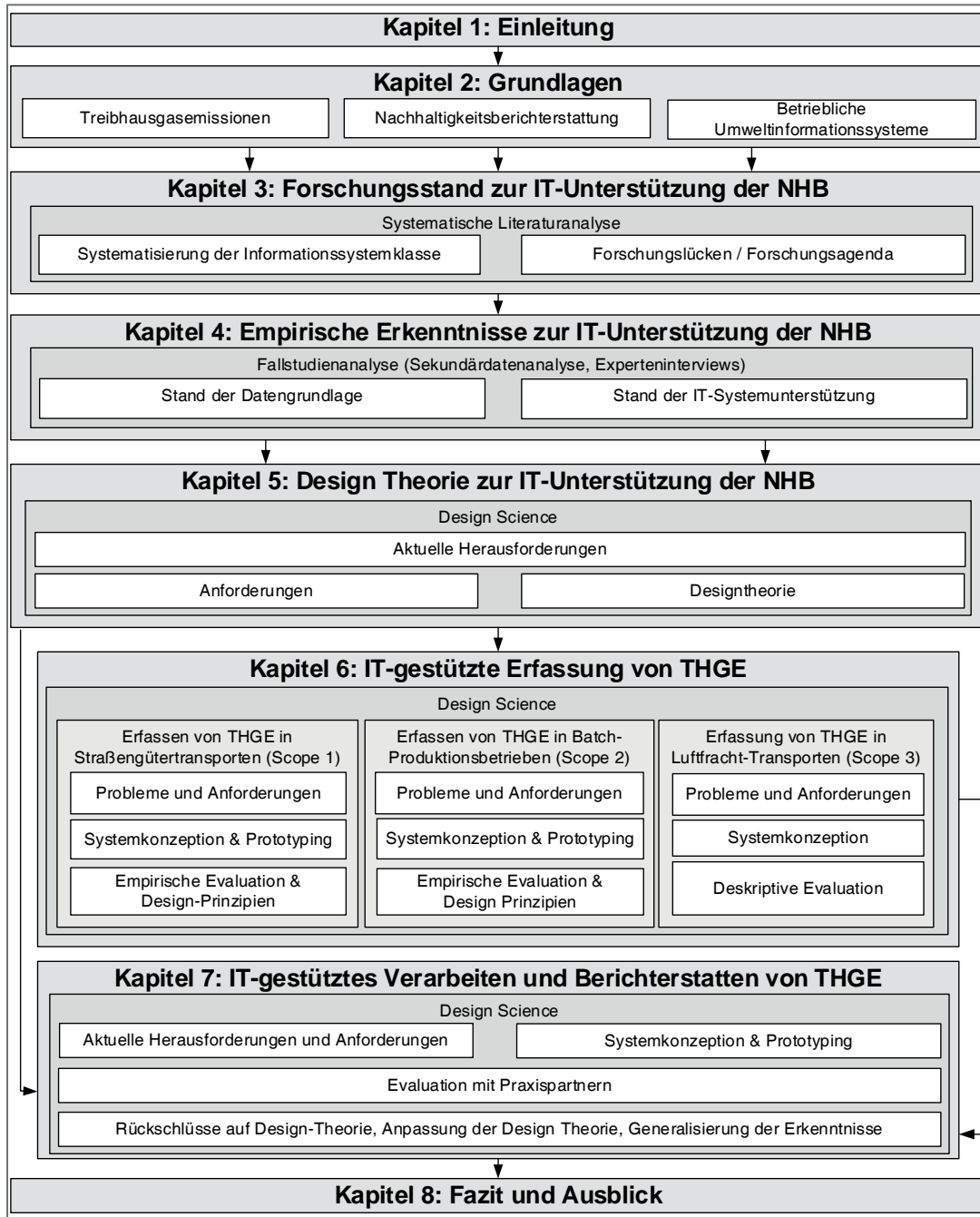


Abbildung 1-1: Gang der Untersuchung



## 2 Grundlagen

Nachfolgend werden die grundlegenden Begriffe der vorliegenden Arbeit, Treibhausgasemissionen (Kapitel 2.1), Nachhaltigkeitsberichterstattung (Kapitel 2.2) und betriebliche Umweltinformationssysteme (Kapitel 2.3), erläutert.

### 2.1 Treibhausgasemissionen

In diesem Kapitel werden der Begriff der Treibhausgasemissionen als spezifische Art der Umwelteinwirkungen definiert (Unterkapitel 2.1.1), die verschiedenen Typen (Unterkapitel 2.1.2) und Erfassungsvarianten von Treibhausgasemissionen erklärt (Unterkapitel 2.1.3) sowie verursachende Entitäten (Unterkapitel 2.1.4) von Treibhausgasemissionen beschrieben.

#### 2.1.1 Definition Treibhausgasemissionen

Treibhausgase sind strahlungsbeeinflussende gasförmige Stoffe in der Luft, die den Treibhauseffekt der Erde verursachen (Roedel 1994, S. 16). Der Treibhauseffekt entsteht, wenn kurzwellige Sonnenstrahlung in die Erdatmosphäre eindringt. Ein Teil der Strahlung wird bei dem Eindringen in die Atmosphäre reflektiert, während der Rest auf die Erdoberfläche trifft. Die Oberfläche absorbiert ca. 70 % der Strahlung und wandelt diese in langwellige infrarote Strahlung um, wodurch Erdoberfläche und Luft erwärmt werden (EU 2009, S. 2 f.). Diese von der Oberfläche ausgehende Wärmestrahlung wird wieder an die Atmosphäre abgegeben (Lucht 2005, S. 1; Archer 2007, S. 23 ff.). Der in Analogie an Gewächshäuser genannte Treibhausgaseneffekt entsteht, wenn gasförmige Stoffe (Treibhausgase) in der Atmosphäre verbleiben und die von der Erde abgegebene Wärmestrahlung in der Atmosphäre absorbieren, reflektieren und damit Erdoberfläche sowie Luft erwärmen (Archer 2007, S. 32 ff.; Bauer 1993, S. 6 ff.; Lange 2005, S. 35 f.). Der Treibhausgaseneffekt ist in Abbildung 2-1 dargestellt.

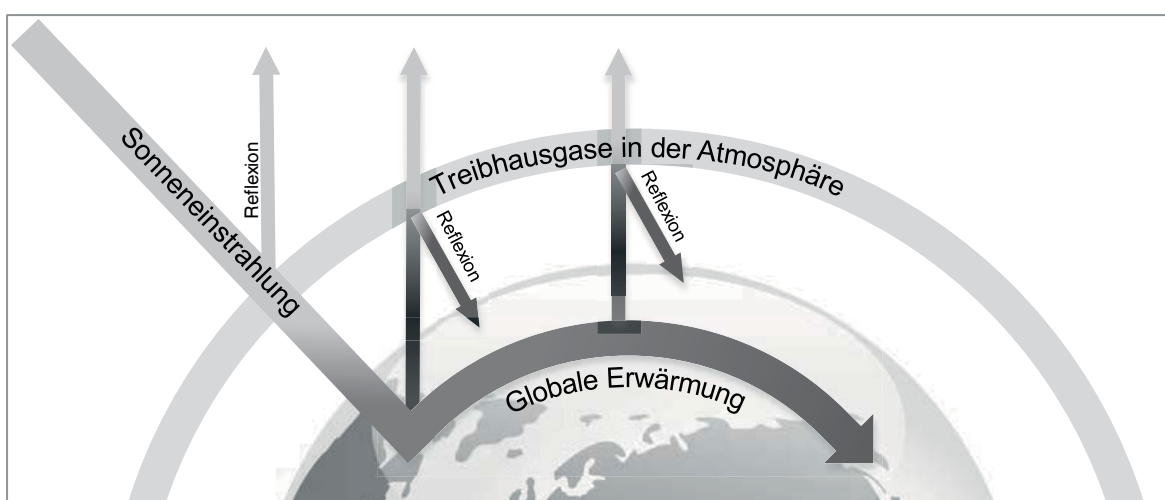


Abbildung 2-1: Der Treibhausgaseneffekt (Archer 2007, S. 23 ff.; Greenpeace 2014)

Treibhausgase lassen sich in Anlehnung an CLAUSEN (2004, S. 43) und FORSTER ET AL. (2007, S. 133 f.) folgendermaßen definieren:



**Treibhausgase** umfassen alle gasförmigen Stoffe, die Einfluss auf die von der Erde abgegebene Wärmestrahlung nehmen, indem sie diese absorbieren oder reflektieren und dadurch die Erdoberfläche erwärmen.

Natürliche Treibhausgase entstehen durch Vorgänge in der Natur, beispielsweise durch den Stoffwechsel von Lebewesen (Bauer 1993, S. 10), und halten die Temperatur auf einem mittleren Niveau, welches Leben auf der Erde ermöglicht (Roedel 1994, S. 16). THGE (Treibhausgasemissionen) anthropogenen Ursprungs hingegen, sind im Wesentlichen Reaktionsprodukte von Kohlenstoff und Sauerstoff, die bei dem Verbrennen von fossilen Ressourcen (z. B. Öl, Kohle oder Erdgas) vornehmlich in industriellen Prozessen entstehen und die Erde über das natürliche Maß hinaus erwärmen (Guderian 2000, S. 62 f.; Burschel/Losen/Wiendl 2004, S. 46 f.). Das Ökosystem der Erde ist in der Lage, einen Teil der Treibhausgase durch Fotosynthese in Form von Biomasse wieder zu binden (Bauer 1993, S. 10). Diese Eigenschaft des Ökosystems wird als Biokapazität bezeichnet und stellt die Fähigkeit des Ökosystems dar, nutzbare Ressourcen zu produzieren und gleichzeitig Abfälle und Emissionen zu absorbieren (Das Gandhi/Selladurai/Santhi 2006, S. 658; Wackernagel et al. 2005, S. 18 ff.). Die natürliche Ressourcennutzung als auch emittierte Treibhausgase übersteigen die Kapazitäten des Ökosystems jedoch deutlich, sodass die Emissionen nicht mehr vollständig gebunden werden können (IPCC 2013, S. 11 ff.; WWF 2010, S. 8). Weltweit wurden im Jahr 2010 30,3 Gt (Gigatonnen) Treibhausgasemissionen ausgestoßen, was mit einer atmosphärischen Konzentration von 391 ppm<sup>1</sup> ca. 40 % mehr Treibhausgase sind, als weltweit zu Beginn der Industrialisierung (ca. im Jahr 1750) in der Atmosphäre existierten (IPCC 2013, S. 11 ff.). Von dem gesamten Anteil an THGE werden 23,8 % von China und 17,7 % von den USA ausgestoßen, welche damit global die beiden größten Verursacher von Treibhausgasemissionen darstellen (IEA 2012, S. 9). Deutschland ist für ca. 3 % der weltweiten THGE verantwortlich und befindet sich damit auf Platz sechs der zehn größten Treibhausgasemittenten weltweit (GeSI 2009, S. 10; IEA 2012, S. 9).

Die globale Erwärmung des Planeten Erde wird als Folge des Treibhauseffekts gesehen. Seit den 1950er Jahren ist eine durchschnittliche Erwärmung der Erde um 0,85° Celsius zu verzeichnen (IPCC 2013, S. 4 ff.; Umweltbundesamt 2012, S. 2). Aufgrund der schädigenden Wirkung von Treibhausgasen für das Ökosystem wurden verschiedene politische Maßnahmen umgesetzt, wie z. B. die aktive Beeinflussung der Energieintensität in der Industrie oder Selbstverpflichtungserklärungen zur Reduktion der Ressourcenverbräuche (Romeo 2012, S. 1). Ebenso wurden im Jahr 1997 über das Kyoto-Protokoll rechtsverbindliche Zusagen der führenden Industriestaaten zur Reduktion ihrer THGE getroffen, durch 150 Staaten ratifiziert und im Jahr 2005 völkerrechtlich verabschiedet (Kyoto-Protokoll 1996; Romeo 2012, S. 2). Trotzdem zeigen aktuelle Studien, dass die bereits eingeleiteten Maßnahmen nicht ausreichen, um den globalen Emissionstrend umzukehren (Romeo 2012, S. 1).

Treibhausgasemissionen zählen zu den Umwelteinwirkungen. Unter Umwelteinwirkungen werden alle Belastungen des Ökosystems verstanden, die durch Ressourcenverbrauch, stoffliche Emissionen oder

<sup>1</sup>: Parts per Million gibt die Konzentration von Molekülen eines Gases in einer Million Molekülen normaler Luft an (IPCC 2013, S. 11).



Flächenbeanspruchungen entstehen (Sturm 2000, S. 106; Clausen 2004, S. 43; Prammer 2009, S. 70 ff.). Dagegen wird von Umweltauswirkungen gesprochen, wenn diese Belastungen über die Pfade Boden, Wasser oder Luft Reaktionen im Ökosystem der Erde auslösen (Clausen 2004, S. 43; Schimikowski 2002, S. 94). Im Fall von Treibhausgasen ist die reine Abgabe der gasförmigen Verbindungen in die Umwelt zunächst nur als Umwelteinwirkung anzusehen. Sobald diese gasförmigen Verbindungen jedoch durch die Abgabe in die Luft zu einer Veränderung der Luftbedingungen und dadurch zur Beeinträchtigung des Ökosystems führen, gelten die Umwelteinwirkungen als Umweltauswirkungen. Das Ausmaß der umweltschädigenden Wirkung hängt dabei nicht nur vom Umfang der Umwelteinwirkungen, sondern auch von der Empfindlichkeit und Vorbelastung des Ökosystems ab (Goebels 2000, S. 40 f.). Resultierende Umweltauswirkungen sind jedoch nicht eindeutig zu bestimmen, da sie auf einer Reihe von Annahmen in Bezug auf die Beeinflussung des Ökosystems basieren und nicht immer direkt auf eine Einwirkung zurückzuführen sind. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden daher ausschließlich Umwelteinwirkungen betrachtet.

### 2.1.2 Typen von Treibhausgasemissionen

Treibhausgasemissionen können in verschiedene Typen unterteilt werden, wobei Kohlenstoffdioxid, Methan, Distickstoffoxid und Fluorverbindungen zu den klimawirksamsten anthropogenen Treibhausgasemissionstypen zählen (Kyoto-Protokoll 1996, S. 28; IPCC 2013, S. 14 ff.). In Deutschland machten im Jahr 2010 CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid) 87,5 %, CH<sub>4</sub> (Methan) 5,3 %, N<sub>2</sub>O (Distickstoffoxid) 5,8 %, FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) 0,9 % und SF<sub>6</sub> (Schwefelhexafluorid) 0,4 % der gesamten Treibhausgasemissionsmenge von 943.791 Mio. Tonnen aus (Umweltbundesamt 2014a; Umweltbundesamt 2013, S. 59 ff.). Die Anteile der Emissionstypen sind in Abbildung 2-2 dargestellt.

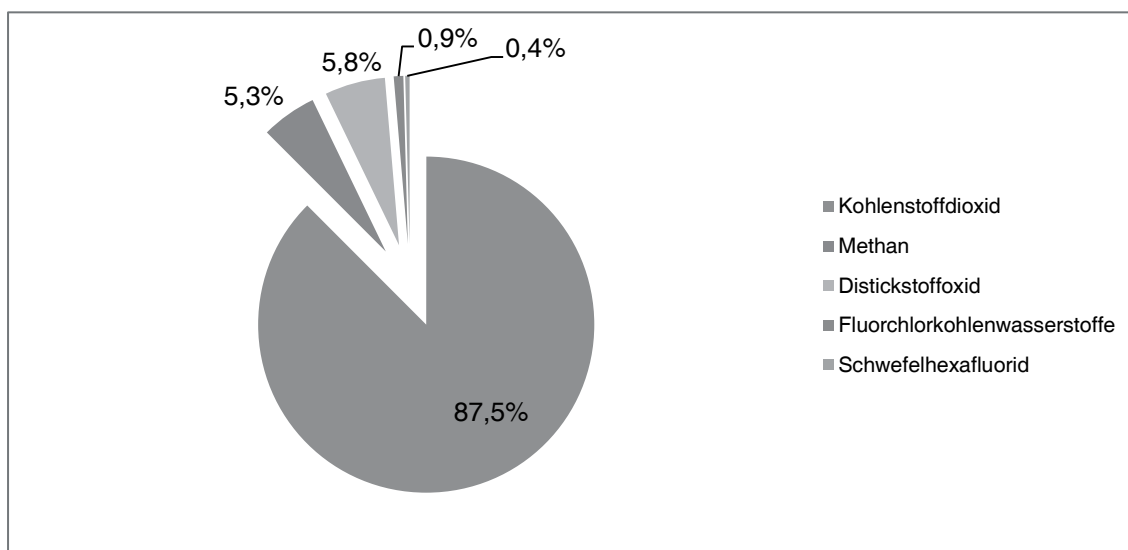


Abbildung 2-2: Die wichtigsten Treibhausgasemissionen (Umweltbundesamt 2014a)

**Kohlenstoffdioxid** ist mit einem Anteil von 87,5 % an den gesamten THGE das am meisten emittierte klimawirksame Gas und entsteht vorrangig bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Objekten in der



Natur oder in industriellen Prozessen (Bauer 1993, S. 10; EPA 2014). Jedoch ist für die klimaschädigende Wirkung eines Gases nicht ausschließlich die Menge sondern auch das Schädigungspotenzial entscheidend (Strogie/Gniffke 2012, S. 56). Dieses Potenzial wird als CO<sub>2</sub>e (Kohlenstoffdioxid-Äquivalent) ausgedrückt (EPA 2014; Umweltbundesamt 2014a). Die Messgröße CO<sub>2</sub>e wurde vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) entwickelt und gibt an, wie lange ein Treibhausgas in der Atmosphäre verbleibt und wie viel Wärmestrahlung von dem Gas absorbiert wird (BSI 2008, S. 2). Dazu wird die klimaschädigende Wirkung des Gases in das Verhältnis zu der schädigenden Wirkung von CO<sub>2</sub> gesetzt, um auch komplexe Gasgemische hinsichtlich ihres Treibhauspotenzials bewerten zu können (Forster et al. 2007, S. 211).

**Distickstoffoxid**, oder auch Lachgas, trägt bspw. mit 5,8 % zum anthropogenen Treibhauseffekt bei, hat aber eine 298-mal höhere klimaschädigende Wirkung (CO<sub>2</sub>e) als CO<sub>2</sub> (Kyoto-Protokoll 1996, S. 28). N<sub>2</sub>O entsteht aus Stickstoffverbindungen, die in Böden durch Düngemittel oder durch chemische Prozesse freigesetzt werden (Lucht 2005, S. 2). **Methan** hat mit 5,3 % den drittgrößten Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland und wirkt 25-mal klimaschädigender als CO<sub>2</sub> (Kyoto-Protokoll 1996, S. 28). Das Gas CH<sub>4</sub> entsteht vorrangig in der Landwirtschaft, beispielsweise bei der Tierhaltung und dem Reisanbau, oder in industriellen Prozessen bei der Erdgas-, Erdölverarbeitung und bei dem Verrotten von organischem Müll (EPA 2014). Methan wird primär durch die Ausscheidungen von Bakterien im Zusammenhang mit Biomasse emittiert (Umweltbundesamt 2013b, S. 1) und lässt sich unter Zufuhr von Sauerstoff energetisch nutzen, wodurch es in CO<sub>2</sub> umgewandelt wird (Bauer 1993, S. 19 ff.). Die beiden letzten Treibhausgastypen sind die Verbindungen **Fluorchlorkohlenwasserstoffe** und **Schwefelhexafluoride**. Diese Schadstoffe werden als fluoriierte Gase (F-Gase) bezeichnet, wobei Kohlenstoff mit Chlor, Brom oder Fluor Verbindungen eingeht. Diese Stoffe sind keine Nebenprodukte der Natur, sondern werden ausschließlich künstlich produziert und anthropogen freigesetzt (Lucht 2005, S. 2; Kramer 2010, S. 10). Dies geschieht vorwiegend bei der Feuerlöscher- oder Treibmittelherstellung sowie der Produktion von Klima- und Kälteanlagen. Aufgrund der hohen Klimawirksamkeit sind diese F-Gase (das CO<sub>2</sub>e von FCKW beträgt 14.800, bei SF<sub>6</sub> 22.800) durch nationale Chemikalien-Klimaschutz-Verordnungen (EG-Nr. 842/2006) und spezielle EU-Gesetze reglementiert. Gegenüber CO<sub>2</sub> wird FCKW nicht vom Ökosystem abgebaut (vgl. Bauer 1993, S. 18). Unabhängig davon wird bis 2050 ein Anstieg der F-Gase von 4 % erwartet, obwohl diese Gas-Gruppe aktuell weniger als 2 % der Gesamtemissionen ausmacht (Umweltbundesamt 2014a).

### 2.1.3 Erfassungsvarianten von Treibhausgasemissionen

Treibhausgasemissionen können direkt am Entstehungsort gemessen, über Input-Output-Analysen der eingesetzten Materialien und Stoffe berechnet oder alternativ geschätzt werden (LfUBW 2000, S. 11 ff.; BMU/UBA 1997, S. 15 ff.). Eine **direkte Messung** am Entstehungsort kann z. B. durch feste oder mobile Sensorsysteme bewerkstelligt werden (WBCSD 2011, S. 51). In betrieblichen Produktionsstätten erfolgt dies bspw. an Verbrennungsöfen, wo eine fest-installierte Sensoreinheit am Schornstein des Ofens die Abluft misst und Grenzwertüberschreitungen, z. B. im Rahmen von Umweltgesetzen, protokolliert (Jahnke 2000, S. 3 ff.). Die direkte Messung liefert exakte THGE-Daten,



ist durch die benötigten Sensoren allerdings mit zusätzlichen Kosten verbunden (Forster et al. 2007, S. 13; TCR 2013, S. 68). Sobald keine Sensorik für eine direkte Messung eingesetzt wird, kann die Menge der THGE durch Berechnungen bestimmt werden. Die **Berechnung** von THGE erfolgt durch das Betrachten von Inputfaktoren, die durch (chemische) Reaktionen in einen oder mehrere Outputfaktoren transformiert werden (BMU/UBA 1997, S. 15 ff.; WBCSD 2004, S. 41 ff.). THGE, als Outputfaktoren, können über Reaktionsgleichungen unter Nutzung von Emissionsfaktoren bestimmt werden (Edwards et al. 2009, S. 103). Ein Emissionsfaktor gibt für einen Transformationsprozess an, welche THGE Output-Menge bei dem Einsatz einer bestimmten stofflichen Input-Menge entsteht (WBCSD 2011, S. 52). Im Rahmen von Emissionsfaktoren kann zwischen spezifischen Emissionsfaktoren und unspezifischen Durchschnittsfaktoren unterschieden werden (WBCSD 2011, S. 52). Bei einem Verbrennungsmotor entstehen bei der Transformation von einem Liter Normal-Benzin (91 Oktan) bspw. 2,87 kg CO<sub>2</sub>e (spezifischer Emissionsfaktor nach IZU 2014). Ein unspezifischer Emissionsfaktor liegt vor, wenn die CO<sub>2</sub>e-Emissionen aus einer Kilowattstunde (kWh) Strom auf einen geografischen Durchschnitt bezogen und nicht speziell für den Energieanbieter berechnet sind (BMU/UBA 1997, S. 12; WBCSD 2004, S. 42; IFEU 2010, S. 3 ff.). THGE können ebenso **geschätzt** werden. Hierbei werden Vergangenheitsdaten aus dem betrachteten Prozess genutzt, um approximativ zu schätzen, welche Menge an THGE entstehen wird. Hier kann bspw. die Stromrechnung des letzten Jahres für eine Schätzung des Stromverbrauchs im aktuellen Jahr genutzt werden. Liegen keine Daten aus der Vergangenheit vor, können Durchschnittswerte aus externen Umweltdatenbanken (Ecolnvent, Gemis o.ä.) genutzt werden, welche sich allerdings nicht direkt auf den betrachteten Prozess beziehen. Unabhängig davon ob die THGE gemessen, berechnet oder geschätzt wurden, wird in Bezug auf die Qualität der erfassten THGE-Daten in zwei Stufen unterschieden. **Primäre Daten** liegen vor, wenn sich die erfassten Daten direkt auf den spezifisch betrachteten Prozess beziehen, wohingegen **sekundäre Daten** vorliegen, wenn kein direkter Bezug zu dem spezifischen Prozess gegeben ist oder ein durchschnittlicher Emissionsfaktor eingesetzt wird (WBCSD 2011, S. 52 ff.). Während somit direkt im Prozess gemessene THGE mit Hilfe von Sensoren zu einer primären Datenqualität führen, stellt der Einsatz von Umweltdatenbanken oder die Nutzung von Herstellerdurchschnittswerten eine sekundäre Datenqualität dar (WBCSD 2011, S. 52 ff.). Die verschiedenen Erfassungsvarianten sowie die resultierende THGE-Datenqualität sind in Abbildung 2-3 dargestellt.

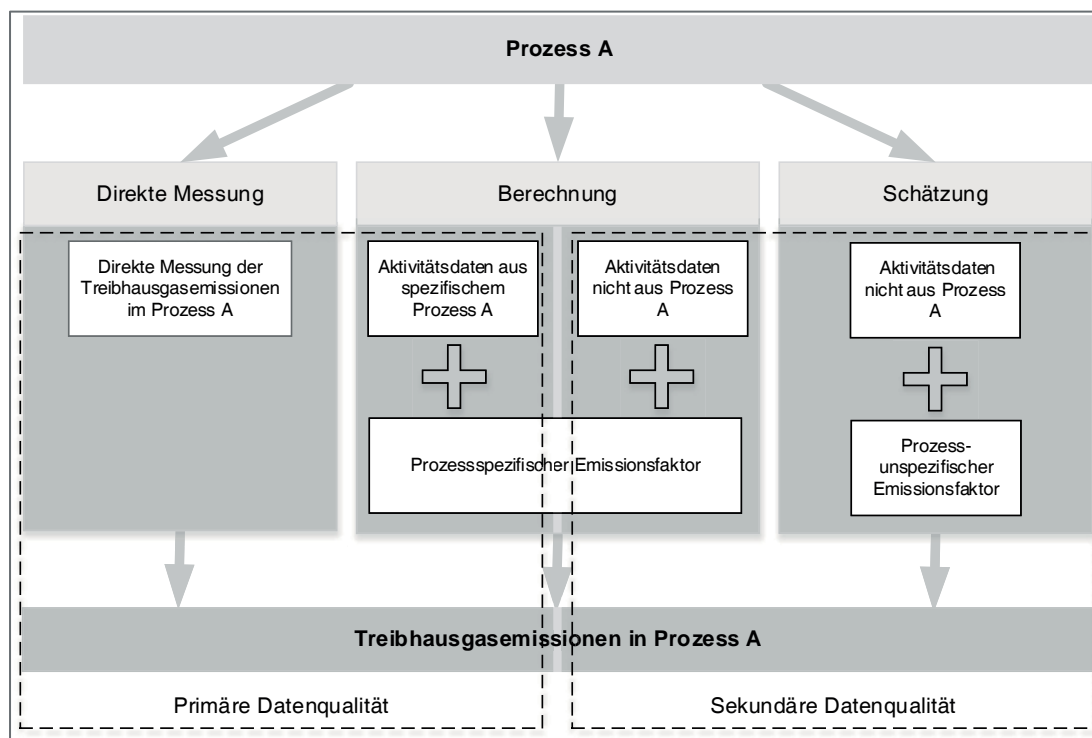


Abbildung 2-3: Erfassungsarten und Datenqualität (WBCSD 2011, S. 54)

### 2.1.4 Verursacher von Treibhausgasemissionen

Die Gesamtmenge an emittierten THGE kann verschiedenen Gruppen und Sektoren zugeordnet werden. In Deutschland waren im Jahr 2007 vor allem die Energiewirtschaft (45,8 %), Industrieunternehmen (20,5 %) und Transportprozesse (18,1 %) die größten Verursacher von THGE, gefolgt von THGE privater Haushalte (10,2 %), der Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsbranchen (4,3 %) sowie sonstigen Verursachern (1,1 %) (EU 2010, S. 14). Diese Aufteilung ist in Abbildung 2-4 dargestellt.



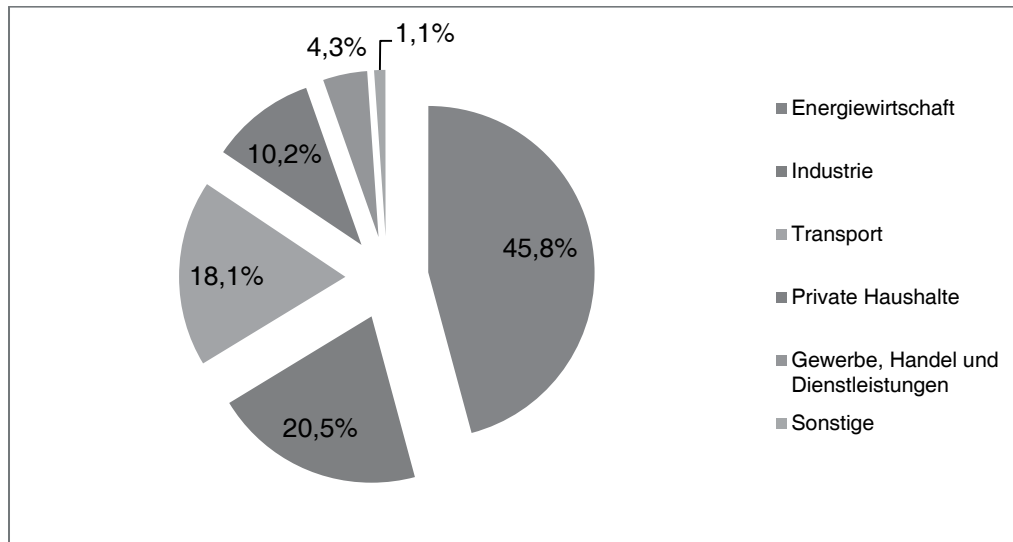


Abbildung 2-4: THGE-Anteile nach Sektoren in Deutschland im Jahr 2007 (EU 2010, S. 14)<sup>2</sup>

Neben dieser allgemeinen Betrachtung können THGE als Umwelteinwirkungen in direkt und indirekt zurechenbare Treibhausgasemissionen untergliedert werden (Goebels 2000, S. 42). Während Umwelteinwirkungen, die unmittelbar von einer Entität in die Umwelt abgegeben werden, als „direkt“ bezeichnet werden (GeSi 2009, S. 11), umfassen indirekte Umwelteinwirkungen jene, die zwar einer betrachteten Entität zurechenbar sind, aber die Abgabe in die Umwelt nicht bei der Entität verortet ist (Braunschweig/Müller-Wenk 1993, S. 30 f.; Goebels 2000, S. 42; BSI 2008, S. 4 f.).

Die generelle Zurechenbarkeit von Treibhausgasemissionen zu einer konkreten Entität sind im Treibhausgasemissionsprotokoll (WBCSD 2004; WBCSD 2011) sowie im PAS 2050 (BSI 2008) geregelt und wird dabei entweder über den **Eigenkapitalanteil-Ansatz** oder über den **Kontroll-Ansatz** umgesetzt. Bei dem Eigenkapitalanteil-Ansatz wird, wie bei internationalen Berichterstattungsstandards, je nach Unternehmensbeteiligungstyp, eine Verrechnung der Treibhausgasemissionen in Höhe der Unternehmensbeteiligung durchgeführt (WBCSD 2004, S. 19). Bei dem Kontroll-Ansatz werden die gesamten Treibhausgasemissionen eines Prozesses hingegen dem Unternehmen zugerechnet, das im Sinne der Stimmrechte die absolut mehrheitliche Kontrolle hat (WBCSD 2004, S. 17 ff.). Da beide Ansätze zu unterschiedlichen Emissionsmengen führen und keine verbindliche Regelung existiert, wird in den Standards vom WBCSD (2004, S. 20 ff.) und BSI (2008, S. 20) gefordert, dass ein gewählter Zurechenbarkeitsansatz

- im Einklang mit den definierten realen handelsrechtlichen Richtlinien sein soll,
- im Zeitverlauf nicht mehr geändert wird und
- bei dem Berichten von THGE offen gelegt werden muss.

Ob Treibhausgasemissionen einer Entität direkt oder indirekt zugerechnet werden, hängt neben der generellen Zurechenbarkeit davon ab, ob eine Entität als Erzeuger und/oder Verursacher der Treibhausgasemissionen gilt. Hierbei wird in direkt durch eine Entität verursachte Emissionen (Scope

<sup>2</sup>: Zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit lagen keine aktuelleren Daten vor.