



**Fachbereich 07 Wirtschaftswissenschaften**

**Institut für Betriebswirtschaftslehre**

**Fachgebiet Sustainable Finance**

**Seminararbeit:**

**„Führt ein niedrigerer  $CO_2$ -Fußabdruck zu einer  
besseren risikoadjustierten Wertentwicklung?“**

Eingereicht von:

**Moritz Bergdolt**

Friedrich-Ebert-Str. 89  
34119 Kassel  
Matrikel-Nr.: 35740096  
moritz.bergdolt@student.uni-kassel.de  
Studiengang: Nachhaltiges Wirtschaften  
Fachsemester: 3

**Anna Dörge**

Heinrich-Möller-Str. 2  
34266 Niestetal  
Matrikel-Nr.: 35732873  
Uk079731@student.uni-kassel.de  
Studiengang: Business Studies  
Fachsemester: 3

**Therese Nensel**

Hünfelderstr. 2  
36284 Hohenroda  
Matrikel-Nr.: 35256731  
Uk057137@student.uni-kassel.de  
Studiengang: Business Studies  
Fachsemester: 1

**Benedict Rainer Schmitt**

Schlitzer Str. 14a  
36088 Hünfeld  
Matrikel-Nr.: 35227052  
Uk055654@student.uni-kassel.de  
Studiengang: Business Studies  
Fachsemester: 1

Seminar: Sustainable Investment Management  
Dozenten: Maurice Dumrose, M.Sc. & Prof. Dr. Christian Klein  
Semester: Wintersemester 2021 / 2022  
Abgabedatum: 13.03.2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>1. Einleitung: Der Klimawandel und die Rendite von Wertpapieren</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Literaturübersicht und Hypothesenbildung</b> .....	<b>2</b>
2.1 Auswirkungen von CO <sub>2</sub> Emissionen auf zukünftige Cashflows .....	2
2.2 Carbon Risk: Auswirkungen von CO <sub>2</sub> Emissionen auf die erwartete Rendite .....	3
<b>3. Methodisches Vorgehen, Daten und deskriptive Statistik</b> .....	<b>6</b>
3.1 Methodisches Vorgehen .....	6
3.2 Daten und deskriptive Statistik.....	9
<b>4. Ergebnisse</b> .....	<b>11</b>
4.1 Regressionsergebnisse über den Zeitraum 2008 bis 2020 .....	11
4.2 Regressionsergebnisse vor und nach dem Pariser Klimaschutzabkommen .....	12
4.3 Robustness Checks .....	15
<b>5. Fazit</b> .....	<b>15</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>i</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>v</b>
<b>Anhangsverzeichnis</b> .....	<b>vi</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

BaFin:	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
CFP:	Corporate Financial Performance
ECB:	European Central Bank
ESG:	Environmental, Social, Governance
EU-ETS:	EU Emissions Trading Scheme (Emissionshandelssystem)
HML:	High minus Low
IEA:	International Energy Agency
NPV:	Net Present Value
SMB:	Small minus Big
TCFD:	Task Force on climate-related Financial Disclosure
TRI:	Total Return Index
UNFCCC:	United Nations Framework Convention on Climate Change

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Portfoliogröße nach Jahren .....	9
---	---

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: CO <sub>2</sub> -Intensität der Portfolien.....	10
Tabelle 2: CO <sub>2</sub> -Änderungsrate der Portfolien.....	10
Tabelle 3: Stetige Rendite der Portfolien .....	11
Tabelle 4: Differenzportfolien über Zeitraum 2008-2020.....	11
Tabelle 5: Differenzportfolien aufgeteilt vor/nach Pariser Klimaschutzabkommen.....	13

## 1. Einleitung: Der Klimawandel und die Rendite von Wertpapieren

Der Klimawandel, der als zentrale ökologische Herausforderung der Gegenwart zu verstehen ist (vgl. IPCC 2022), und die assoziierten physischen und transitorischen Risiken rücken immer stärker in den Fokus von institutionellen Investoren (vgl. Kruger et al. 2020, sowie IIGCC 2015) und Aufsichtsbehörden (vgl. EU Commission 2018, sowie BaFin 2019, sowie ECB 2019).

Dennoch ist zu beobachten, dass vor allem physische Klimarisiken wohl nur zu Teilen in Kapitalmärkten eingepreist sind (vgl. Hong et al. 2019) und diese aufgrund deren Komplexität von Finanzmarktakteuren eher unterschätzt werden (vgl. Alok et al. 2019). Auf der anderen Seite besteht bei institutionellen Investoren weitgehende Einigkeit über die Existenz von transitorischen Risiken und deren mittel- bis langfristigen Auswirkungen auf die Profitabilität und Bewertung von Wertpapieren (vgl. Kruger et al. 2020). Diese transitorischen Risiken können sich unter anderem als regulatorische Anforderungen oder technologische bzw. Marktentwicklungen manifestieren und sich etwa durch erhöhte Betriebs- und Compliancekosten, notwendige Investitionskosten, einer reduzierten Nachfrage nach  $CO_2$ -intensiven Produkten oder durch die Abschreibungen ganzer Produktionsanlagen/Geschäftszweige negativ auf die Profitabilität von Unternehmen auswirken (vgl. TCFD 2021). Vor allem in der europäischen Union, welche das Ziel verfolgt bis 2050 als erster Kontinent Klimaneutralität zu erreichen und bereits bis 2030 die  $CO_2$ -Emissionen gegenüber dem Basisjahr 1990 um 55% zu reduzieren (vgl. EU Commission 2021), erscheinen die mittel- langfristigen regulatorischen Risiken nahezu greifbar.

Trotz der Einigkeit über die Existenz und Wirkung von transitorischen Risiken, fällt es Investoren schwer diese exakt zu quantifizieren, da transitorische Risiken vor allem von zukünftigen technologischen und regulatorischen Entwicklungen und dem eingeschlagenen Transformationspfad abhängen (vgl. Dietz et al. 2022, sowie IEA 2021). Dem gegenüber stehen kurzfristige Investitionskosten, die von Unternehmen aufgebracht werden müssen, um Emissionen zu reduzieren und die Profitabilität reduzieren können (vgl. Delmas et al. 2015). Aus der Beobachtung dieses Spannungsfeldes stellt sich die Frage wie sich diese gegenläufigen Tendenzen auf die Rentabilität von Aktien auswirken und ob durch eine Integration der  $CO_2$ -Emissionen in die Portfoliobildung eine bessere risikoadjustierte Wertentwicklung generiert werden kann (vgl. In et al. 2019). Diese Frage soll in der folgenden Ausarbeitung im Kontext der EU-27 untersucht werden. Als zentrale Fragen soll dabei untersucht werden, inwiefern sich i) ein geringer relativer  $CO_2$ -Ausstoß und ii) eine Reduktion des  $CO_2$ -

Ausstoßes auf die relative Profitabilität von Aktien auswirkt. Dazu wird i) die  $CO_2$ -Intensität und ii) die Veränderung der  $CO_2$ -Intensität als differenzierendes Merkmal in der Gestaltung eines Long-Short Portfolios unter Verwendung eines Drei Faktor Modells nach Fama und French (1993) integriert. Zur Hypothesenbildung soll zunächst ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand im Kontext der Korrelation der CFP und des  $CO_2$ -Ausstoßes dargestellt werden. Darauffolgend werden die verwendeten Daten präsentiert, die Methode diskutiert sowie das verwendete Modell und die Testverfahren dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse und daraus folgenden Interpretationen formuliert, die Ergebnisse eingeordnet sowie die Limitation der gewählten Methode dargestellt.

## **2. Literaturübersicht und Hypothesenbildung**

Die Frage ob, unter welchen Bedingungen und in welchem Zeitrahmen eine positive Beziehung zwischen der CFP und ESG-Faktoren im Generellen sowie den  $CO_2$ -Emissionen im Speziellen besteht, ist seit Jahrzehnten Gegenstand von theoretischen Debatten und empirischen Untersuchungen (vgl. Hart, Ahuja 1996, sowie Guenther, Hoppe, 2014, Oestreich, Tsiakas 2015, Friede et al. 2015, Busch, Lewandowski 2017, Griffin et al. 2017, Ganda et al. 2018). Da diese Korrelation von der fokussierten ESG-Dimension, dem konkreten Indikator, dem untersuchten Zeitraum, sowie der Operationalisierung der CFP als Buch- oder Marktwert beeinflusst werden kann muss dies für die Hypothesenbildung differenziert betrachtet werden (vgl. Busch, Lewandowski 2017, S.749, sowie Delmas et al. 2015, Schreck 2011).

Zentral für die Hypothesenbildung ist dabei der Ansatz von Campbell und Shiller (1989), welche darstellen, dass die Aktienrenditen vor allem durch Veränderungen von zukünftigen Cashflows und Veränderungen der erwarteten Rendite verursacht werden. Insofern soll in Anlehnung an Oestreich und Tsiakas (2015) die Auswirkungen von i)  $CO_2$ -Emissionen und ii) deren Veränderungsrate auf zukünftige Cashflows und die erwartete Rendite diskutiert werden und daraus Hypothesen entwickelt werden. Im Folgenden sollen zwei zentrale Argumentationsstränge beleuchtet werden, welche im Kontext der Korrelation zwischen  $CO_2$ -Emissionen und der CFP bzw. der Rendite in der Literatur präsent sind (vgl. Busch, Lewandowski 2017, sowie Bergmann 2016, Bolton, Kacperczyk 2021).

### **2.1 Auswirkungen von $CO_2$ Emissionen auf zukünftige Cashflows**

Um darzulegen, inwiefern  $CO_2$ -Emissionen sich auf (zukünftige) Cashflows auswirken können muss zunächst festgestellt werden, dass diese als Nebenprodukte entlang der Wertschöpfungskette durch die Verbrennung fossiler Energieträger oder als Ergebnis chemisch-

industrieller Prozesse anfallen (vgl. Perman et al. 2011, S. 145, sowie Ritchie, Roser 2020, sowie Delmas et al. 2015 S. 377). Zentral für die kommende Untersuchung sind dabei die direkten Emissionen (Scope 1) und Emissionen aus der genutzten Energie (Scope 2), da diese von den Unternehmen direkt beeinflusst werden können (vgl. GHG Protocol 2004). Während kein internationaler Emissionspreis etabliert ist (vgl. World Bank 2020) und somit auf globaler Ebene keine direkten Auswirkungen auf zukünftige Cashflows von  $CO_2$ -Emissionen verursacht werden, wird im theoretischen Überbau der Eco-Efficiency Hypothese (vgl. Ambec, Lanoie 2008, sowie Kuo et al. 2010) argumentiert, dass eine geringe relative  $CO_2$ -Intensität als Indikator für eine energieeffiziente Produktionsweise gesehen werden kann (vgl. In et al. 2019). Wie Busch und Lewandowski (2017) darstellen, können sich somit geringe  $CO_2$ -Emissionen als geringe operative Kosten positiv auf zukünftige Cashflows der Unternehmen auswirken. Zur Realisierung dieser Effizienzgewinne sind jedoch Investitionen notwendig, welche kurz- und mittelfristig die Cashflows reduzieren können. Diese Investitionskosten sind zentral, da wie Delmas et al. (2015) darstellen, davon auszugehen ist, dass Emissionsreduktionsmaßnahmen, bei denen kein Trade-Off zwischen mittelfristiger Gewinnmaximierung und Emissionsreduktion besteht als ‚low-hanging fruit‘ bereits in der Vergangenheit durchgeführt wurden (vgl. Bergmann 2016, sowie Busch und Hofmann 2011). Somit hängen die Auswirkungen auf die Cashflows stark von der Reduzierung der zukünftigen Haftungs- und Compliance Kosten ab, welche in der kurzen Frist schwer zu realisieren sind (vgl. Delmas et al. 2015).

Insofern soll in der folgenden Analyse, wie auch von Busch und Lewandowski (2017) vorgeschlagen, zwischen Unternehmen mit bereits i) geringen  $CO_2$ -Intensitäten und Unternehmen mit ii) sinkenden  $CO_2$ -Intensitäten differenziert werden.

## **2.2 Carbon Risk: Auswirkungen von $CO_2$ Emissionen auf die erwartete Rendite**

Abseits der Auswirkungen auf die zukünftigen Cashflows werden unter dem Schlagwort Carbon Risk die Implikationen von hohen  $CO_2$ -Intensitäten/Emissionen auf die (erwartete) Rendite von Wertpapieren in den vergangenen Jahren vermehrt diskutiert. Während für die oben genannte Überlegungen von Delmas et al. (2015) zentral ist, dass es sich bei  $CO_2$ -Emissionen um aktuell nicht regulierte Emissionen handelt, kann diese Annahme im europäischen Kontext seit der Einführung des EU-ETS Emissionshandels im Jahr 2004 für besonders  $CO_2$ -intensive Sektoren (vgl. Segura et al. 2017) sowie der umfassenden Gesetzgebung auf europäischer Ebene zur Emissionsreduktion in allen Sektoren nur noch bedingt gelten. So stellen Görgen et al. (2020, S. 2) dar, dass die Existenz eines Emissionspreises und die Erwartung der Steigerung des Emissionspreis bei gleichzeitigem Divestment von

$CO_2$ -intensiven Unternehmen zu geringeren Aktienpreisen und höheren erwarteten Renditen bei  $CO_2$ -intensiven Unternehmen führen sollte, als sogenanntes Carbon Premium. Dieses Premium wird notwendig, um Investoren für das erhöhte transitorische Risiko zu kompensieren (vgl. Bolton, Kacperczyk 2021). Abseits der theoretischen Überlegung muss jedoch festgestellt werden, dass die empirischen Ergebnisse zur Existenz dieses Premiums nicht eindeutig sind und stark vom untersuchten Sample, Zeitraum und Emissionsindikator abhängig sind. So stellen zwar Bolton und Kacperczyk (2021) ein statistisch signifikantes Carbon Premium in einem globalen Portfolio über den Zeitraum von 2005-2017 fest, merken jedoch an das sich dies nur bei absoluten Emissionen und nicht bei Emissionsintensitäten materialisiert. Dies wird von der Analyse von Bernardini et al. (2021) unterstrichen, welche im europäischen Utility Sektor im Zeitraum von 2008 bis 2016, entgegen der Analyse von Bolton und Kacperczyk (2021) sowie in Anknüpfung an Oestreich und Tsiakas (2016), sogar ein Low Carbon Premium feststellen. So wiesen im analysierten Zeitraum Unternehmen mit einem relativ geringen Ausstoß an  $CO_2$ -Emissionen pro kWh eine statistisch signifikante Überperformance gegenüber Unternehmen mit hohen  $CO_2$ -Intensitäten auf. Auch In et al. (2019), welche Long-Short Portfolien anhand der  $CO_2$ -Intensitäten von US-Amerikanischen Unternehmen analysieren, stellen im Zeitraum zwischen 2005 und 2015 eine bessere risikoadjustierte Wertentwicklung von Unternehmen mit geringen  $CO_2$ -Intensitäten fest.

Somit werden die Hypothesen auf den Beobachtungen von In et al. (2019), Bernadidi et al. (2019) sowie Görden et al (2020) aufgebaut. Die Beobachtung von Görden et al. (2020), die ein statistisch nicht signifikantes Carbon Premium in einem globalen Portfolio über den Zeitraum von 2010 bis 2017 feststellen, während im gleichen Zeitraum grüne Wertpapiere gegenüber braunen Wertpapieren stärker an Wert gewannen, münden in **H1**.

***H1:** Unternehmen mit einer geringeren  $CO_2$ -Intensität weisen eine bessere risikoadjustierte Rendite gegenüber Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität auf.*

Die formulierte Hypothese **H1** baut auf der Abwesenheit eines Carbon Premiums, v.a. bei der Operationalisierung von Emissionen als  $CO_2$ -Intensitäten, und gleichzeitig, in Relation, stärker steigenden Wertpapierpreisen auf (vgl. Görden et al 2020, sowie Bernadidi et al. 2019, Delmas et al. 2015).

Dem gegenüber wird bei **H2** unter Rückgriff auf Delmas et al. (2015) argumentiert, dass eine abnehmende  $CO_2$ -Intensität, sich zunächst negativ auf die zu erwarteten Cashflows auswirkt, da die erwarteten positiven Cashflows stark von den reduzierten zukünftigen Haftungs- und Compliance Kosten abhängen, welche in der kurzen Frist nicht realisiert werden können.



**H2:** *Unternehmen mit einer abnehmenden CO<sub>2</sub>-Intensität weisen in der kurzen Frist eine schlechtere risikoadjustierte Rendite gegenüber Unternehmen mit einer steigenden CO<sub>2</sub>-Intensität auf.*

Obgleich **H1** und **H2** theoretisch begründet werden muss der betrachtete Zeitraum fokussiert werden, da die transitorischen Risiken für Investoren bekannt und analysierbar sein, um Risiken einzupreisen und Maßnahmen zur Reduktion ggf. zu honorieren (vgl. Monasterolo, Angelis 2020). Das Wissen um die physikalischen Grundlagen und die Auswirkungen des Klimawandels besteht bereits seit den 1970er Jahren und kann seit dem 1. IPCC Bericht 1990 als wissenschaftlicher Konsens gelten, daraus leiteten sich jedoch keine direkten politischen Handlungen ab, die transitorische Risiken signifikant erhöht hätten. Aus diesem Grund soll trotz vorherigen Abkommen, das Pariser Klimaschutzabkommen 2015 als zentraler Wendepunkt gesehen werden (vgl. IIGCC 2015, sowie Monasterolo, Angelis 2020). Da in diesem Abkommen erstmalig verbindliche globale Ziele und die Erreichung der Treibhausgasneutralität bis 2050 beschlossen wurde, rückten transitorische Risiken in den Fokus von Investoren und Unternehmen. Im Rückgriff auf den Ansatz von Görgen et al (2020) kann zwar argumentiert werden, dass spätestens ab diesem Zeitpunkt ein Carbon Premium bestehen müsste, da sich dies jedoch nach Bolton und Kacperzyk (2021) auf absolute Emissionen bezieht wird folgende Hypothese **H3** entwickelt.

**H3:** *Unternehmen mit einer geringeren CO<sub>2</sub> Intensität weisen nach Unterzeichnung des Pariser Klimaschutzabkommens eine bessere risikoadjustierte Rendite, gegenüber Unternehmen mit einer hohen CO<sub>2</sub>-Intensität auf.*

In Bezug auf die Abnahme der CO<sub>2</sub>-Intensität wird kein Unterschied zwischen dem Zeitraum vor und dem Zeitraum nach dem Pariser Klimaschutzabkommen erwartet, da sich in der kurzen Frist die Emissionsreduktionsmaßnahmen auch nach dem Pariser Klimaschutzabkommen negativ auf die Cashflows des Unternehmens auswirken

**H4:** *Unternehmen mit einer abnehmenden CO<sub>2</sub>-Intensität weisen in der kurzen Frist nach dem Pariser Klimaschutzabkommen eine schlechtere risikoadjustierte Rendite gegenüber Unternehmen mit einer steigenden CO<sub>2</sub>Intensität.*

### 3. Methodisches Vorgehen, Daten und deskriptive Statistik

#### 3.1 Methodisches Vorgehen

Zur Testung der Hypothesen wird die Forschungsfrage durch die Konstruktion von Long/Short-Portfolien operationalisiert. Im Kern umfasst die Methode den Leerverkauf von Laggard Unternehmen aus dem Short Portfolio und dem Kauf von Leader Unternehmen aus dem Long Portfolio (analog zur Methodik von In et al. 2019). Die Leader und Laggard Unternehmen werden anhand der  $CO_2$ -Intensität bzw. der  $CO_2$ -Änderungsrate ausgewählt. Die  $CO_2$ -Intensität wird als das Verhältnis der Summe der Scope 1 und 2 Emissionen in Tonnen pro einer Mio. \$ Umsatz gebildet. Dieser Indikator ermöglicht die Analyse eines breiten Portfolios und kann zur Untersuchung des Carbon Risk und der Eco-Efficiency verwendet werden. Es wird ein vollständiger Kapitalmarkt unterstellt, welcher das Nicht-Vorhandensein von Transaktions- und Informationskosten annimmt, sowie Informationseffizienz voraussetzt. Da die reine Rendite des Differenzportfolios aufgrund der fehlenden Risikoadjustierung nicht aussagekräftig ist, wurde im Anschluss eine lineare Regression mithilfe des Drei Faktor Modells nach Fama und French (1993) geschätzt. Zur Reduktion des Marktrisikos wird auf breite Diversifikation geachtet. Zudem wird für den SMB Faktor (Small minus Big) kontrolliert, indem der Faktor bei der Portfoliokonstruktion berücksichtigt wird. Durch die Differenzbildung heben sich die Signifikanzen der Faktoren auf, sodass eine Bestimmung der risikobereinigten Rendite und damit der Prämie möglich ist. Der Intercept, in der Regressionsgleichung als (Jensen-)  $\alpha$  beschrieben, wird anschließend auf Signifikanz getestet (vgl. Jensen 1968). Dabei wird ein möglichst niedriges adjustiertes  $R^2$  angestrebt. Die Faktoren sollen einen möglichst geringen Teil der Renditen erklären können, sodass der potenzielle Erklärungsgehalt des Alphas möglichst groß ist.

Für die Analyse werden gleichgewichtete „Green“ bzw. „Brown“ Portfolien anhand der Höhe der  $CO_2$ -Intensität bestimmt, wobei Unternehmen mit einer niedrigeren  $CO_2$ -Intensität als „Green“ in das Long-Portfolio einsortiert werden. Für weitere Auswertungen werden ebenfalls gleichgewichtete „Decrease“ bzw. „Increase“ Portfolien anhand der Änderungsrate der  $CO_2$ -Intensität gebildet, wobei Unternehmen mit einer niedrigen, möglichst negativen, Änderungsrate als „Decrease“ dem Long-Portfolio zugeordnet werden. Die Bildung der Portfolien erfolgt jeweils unter Berücksichtigung der Sektoren und der Marktkapitalisierung. Die Wertentwicklung der Portfolien wird über den Zeitraum von 2008 bis 2020 sowie vor und nach Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens ausgewertet. Die Diversifikation des Anlageuniversums hinsichtlich der Sektoren erfolgt durch Aufteilung anhand der Industry Classification Benchmark (ICB) von Refinitiv, die 11 verschiedene Branchen

umfasst. Diese gröbere Klassifikation durch die ICB wird bevorzugt, da so das  $CO_2$ -Kriterium bei der Portfoliobildung stärker gewichtet wird. Die Einteilung nach Unternehmensgröße in „*Small*“ und „*Big*“ erfolgt anhand des Wertes der Marktkapitalisierung im Juni, dem letzten Wert vor Beginn des jeweiligen Referenzjahres. Liegt der Wert des jeweiligen Unternehmens unter dem Median (0,5-Quantil) wird es als „*Small*“ klassifiziert, liegt er darüber, erfolgt eine Klassifikation als „*Big*“. Anschließend werden alle Unternehmen deren  $CO_2$ -Intensität bzw. Änderungsrate kleiner als das untere Terzil (1/3-Quantil) ist, dem Long-Portfolio zugeordnet. Alle Unternehmen deren  $CO_2$ -Intensität bzw. Änderungsrate der  $CO_2$ -Intensität größer als das obere Terzil (2/3-Quantil) ist, bilden das Short-Portfolio. Die übrigen Unternehmen werden im jeweilige Referenzjahr in keines der Portfolien integriert. Die Konstruktion der Portfolien erfolgt auf Basis der Terzile um sicherzustellen, dass sich die Portfolien anhand der  $CO_2$ -Kriteriums besonders stark unterscheiden und um zu verhindern, dass Unternehmen mit mittelmäßigen Werten im  $CO_2$ -Kriteriums die Ergebnisse verzerren. Das dauerhafte Gleichgewicht der Portfolien wird durch eine jährliche Neubildung gesichert. Die Stichprobe umfasst alle in der Refinitiv-Datenbank verfügbaren Unternehmen im EU-27-Raum zu denen alle Daten, also Kurszeitreihe, Marktkapitalisierung und  $CO_2$ -Intensität vorliegen. Da fehlende Werte Verzerrungen verursachen und zu Problemen bei der Portfoliokonstruktion führen, werden für das entsprechende Referenzjahr alle Unternehmen ausgeschlossen, bei denen mindestens ein Monatskurs, die  $CO_2$ -Intensität oder die Marktkapitalisierung aus dem Juni vor Beginn des Referenzjahres fehlt. Während aufgrund der Datenverfügbarkeit bei der Analyse von ESG-Daten häufig eine Zeitverschiebung von 18 Monaten zwischen dem Scoring und der Integration in die Portfoliobildung angenommen wird, berücksichtigt die folgende Analyse lediglich eine Zeitverschiebung von 6 Monaten. Diese wird deswegen gewählt, da die Daten die zur Berechnung der  $CO_2$ -Intensität notwendig sind, bereits über den Jahresabschluss veröffentlicht werden. Dies gilt analog für die Änderungsrate der  $CO_2$ -Intensität, die aus der Differenz der  $CO_2$ -Intensität aus dem aktuellen und dem Vorjahr dividiert durch die  $CO_2$ -Intensität des aktuellen Jahres berechnet wird.

Vor Durchführung der Regression wurden die Regressionsannahmen überprüft. Dazu wurde das Vorliegen von Linearität in den Parametern und die Berücksichtigung aller relevanten Variablen mit einem RESET-Test, das Nicht-Vorhandensein von linearen Abhängigkeiten zwischen den exogenen Variablen mit dem Varianz-Inflations-Faktor, Homoskedastizität der Residuen mit dem Breusch-Pagan-White Test sowie Normalverteilung und Unabhängigkeit der Residuen mit dem Shapiro-Wilk und Breusch-Godfrey Test überprüft (vgl. Backhaus et al. 2016, S. 97ff., sowie von Auer 2013, S.317ff.). Es wurden teilweise Verletzungen

der Prämissen festgestellt, die jedoch nicht reduziert werden konnten. Diese werden im Anhang detailliert dargestellt und bei der Interpretation berücksichtigt.

Aus den entstandenen Long und Short Portfolien wird für jedes Referenzjahr je ein Differenzportfolio gebildet. Im Anschluss wird je eine lineare Regression über den gesamten Zeitraum auf die Long-, Short- sowie die Long/Short-Portfolien geschätzt. Die linearen Regressionen werden mithilfe des Drei Faktor Asset Pricing Modells von Fama und French (1993) geschätzt. Die auf unser Forschungsdesign angepasste Regressionsgleichung stellt sich beispielhaft für ein Long/Short-Portfolio wie folgt dar:

$$r_{it}^{L/S} = \alpha + \beta_{1i}Mkt + \beta_{2i}SMB + \beta_{3i}HML + \varepsilon_{it}$$

Dabei beschreibt  $r_{it}^{L/S}$  die Überschussrendite, die sich aus der Differenz zwischen der Rendite des i-ten Monats des Portfolios und dem risikolosen Zinssatz darstellt. Die gegenüberliegende Seite der Gleichung setzt sich aus der Summe von  $\alpha$ ,  $\beta_{1i}Mkt$ ,  $\beta_{2i}SMB$ ,  $\beta_{3i}HML$ , und  $\varepsilon_{it}$  zusammen. Dabei beschreibt  $\alpha$  die Prämie des entsprechenden Nachhaltigkeitsfaktors, den wir als Hauptuntersuchungsgegenstand unserer Arbeit analysieren.  $Mkt$  beschreibt den Teil der Marktrendite, der den risikofreien Zinssatz übersteigt und  $SMB$  (Small minus Big) beschreibt die Differenz der Rendite zwischen Unternehmen mit niedriger und hoher Marktkapitalisierung.  $HML$  (High minus Low) stellt die Differenz der Rendite zwischen Unternehmen mit hohem (sog. Value Stocks) und niedrigen (sog. Growth Stocks) Kurs-Buchwert Verhältnis dar. Mit  $\varepsilon_{it}$  werden Störterme, auch Residuen genannt, bezeichnet (vgl. Glück et al. 2021, S. 4).

Die für die Analyse benötigten Faktorrenditen aus dem Raum der EU-27 wurden aus der Kenneth R. French Library<sup>1</sup> extrahiert. Da die dort zur Verfügung gestellten Faktorrenditen auf Basis eines europäischen Firmenuniversums in Dollar berechnet sind, wurden die Faktorrenditen im Anschluss in Anlehnung an die Vorgehensweise von Glück et al. (2021, S. 7f.) in Euro umgerechnet. Abschließend werden die Portfolien zum 12.12.2015, also anhand des Datums des Abschlusses des Pariser Klimaschutzabkommens aufgeteilt. Das genaue Datum des Abschlusses wurde gewählt, da das Modell Informationseffizienz unterstellt und die Effekte des Abkommens somit spätestens ab diesem Tag vom Markt eingepreist werden. Die zu Grunde liegenden Daten zur Berechnung der Renditen sind jeweils die monatlichen Schlusskurse, sodass sich die Aufteilung so darstellt, dass der Zeitraum vor Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens als letzten Wert den Kurs des Monats November 2015 und der erste Kurs des Zeitraums nach Abschluss des Abkommens den Kurswert des Monats

---

<sup>1</sup> [https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data\\_library.html](https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html)

Dezember 2015 enthält. Zuletzt wird für jedes der entstandenen Portfolios eine weitere lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

### 3.2 Daten und deskriptive Statistik

Die Kurszeitreihen (TRI) sowie die Marktkapitalisierung liegen monatlich vor und reichen von Juni 2005 bis Juni 2020, während die Daten zur  $CO_2$ -Intensität jährlich für die Jahre von 2005 bis 2020 vorliegen. Nach Aufbereitung der Daten reicht der zusammengefügte Datensatz von Juli 2008 bis Juni 2020 und umfasst 144 Monate bzw. 12 Referenzjahre. Durch eine zunehmende verpflichtende Nachhaltigkeitsberichtserstattung sowie eine zunehmende Anzahl an kooperativen Nachhaltigkeitsratings steigt der Zugang zu dieser Art von Informationen zusehends (vgl. EU Commission 2014, sowie CDP 2022). Entsprechend umfassen die konstruierten Portfolios eine mit den Referenzjahren steigende Anzahl von Unternehmen, wie in Abbildung 1 deutlich wird. Während die Stichprobe zu Beginn 59 Unternehmen im Long-Green- und 58 Unternehmen im Short-Brown Portfolio befinden sich im Referenzjahr 2019/2020 bereits 175 Unternehmen im Long-Green und 175 Unternehmen im Short Brown Portfolio. Auch die Anzahl der Unternehmen im Short-Increase und Long-Decrease Portfolio steigt über den Untersuchungszeitraum stark an.

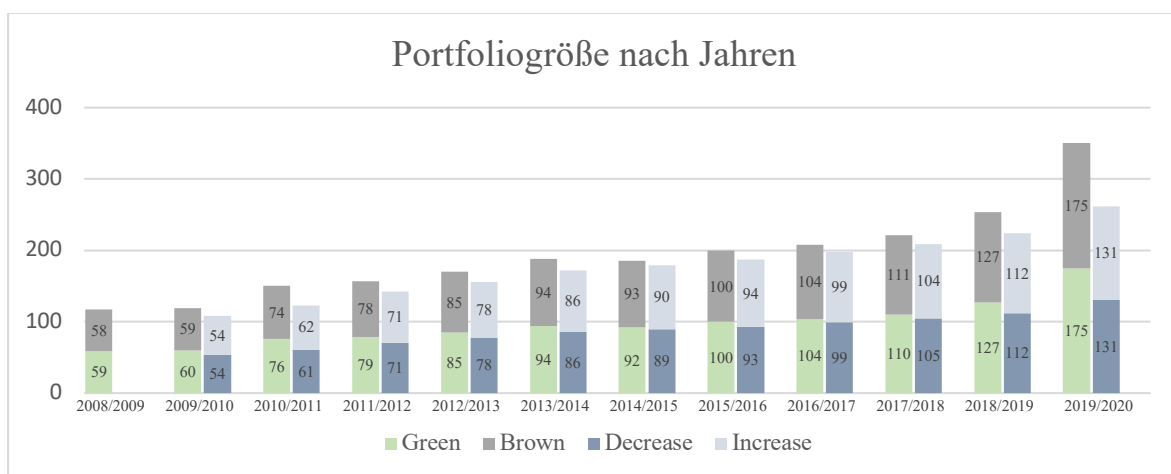


Abbildung 1: Portfoliogröße nach Jahren

Tabelle 1 und 2 geben detailliertere Einblicke in die Portfolios in Bezug auf den jeweiligen Indikator. Tabelle 1 zeigt, dass die  $CO_2$ -Intensität der Short Brown Portfolios, betrachtet über den gesamten Zeitraum, im Mittel ca. achtmal höher ist als die der Long-Green Portfolios. Bei Betrachtung des Zeitraums aufgeteilt in die Zeiträume vor und nach dem Pariser Klimaschutzabkommen, wird deutlich, dass sich der Unterschied im Mittelwert von einer ungefähr sechsmal höheren  $CO_2$ -Intensität hin zu einer ungefähr 13-mal höheren  $CO_2$ -Intensität im Zeitraum nach Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens entwickelt. Der Median und die Standardabweichung des Short-Brown Portfolios weisen allerdings darauf hin,

dass der Mittelwert des Short-Brown Portfolios nach Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens durch Ausreißer verzerrt ist, sodass die Höhe des eigentlichen Unterschieds bei ca. zehnmal liegt. Insgesamt verdeutlicht Tabelle 1, dass zwischen den Portfolien große Unterschiede hinsichtlich der  $CO_2$ -Intensität der enthaltenen Unternehmen bestehen. Im Hinblick auf das Klimaschutzabkommen von Paris zeigt sich, dass Unternehmen die zuvor schon einen niedrige  $CO_2$ -Intensität aufwiesen diese noch weiter senken konnten. Unternehmen die zuvor eine hohe  $CO_2$ -Intensität aufwiesen scheinen, bis auf Ausreißer deren  $CO_2$ -Intensität signifikant höher liegt, ihre  $CO_2$ -Intensität nur minimal geändert zu haben.

Portfolio	$CO_2$ -Intensität in $\frac{\text{Tonnen } CO_2}{\text{Million } \$ \text{ Umsatz}}$		
	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Long Green	73,57628	69,36906	24,61823
Long Green vor Paris	86,90846	76,07734	12,30505
Long Green nach Paris	52,00237	58,65500	20,52478
Short Brown	586,3557	555,3698	185,7787
Short Brown vor Paris	524,3087	552,1420	94,56113
Short Brown nach Paris	686,7590	558,5976	245,3834

Tabelle 1:  $CO_2$ -Intensität der Portfolien

Tabelle 2 weist einen Mittelwert der Änderungsrate der  $CO_2$ -Intensität der Long-Decrease Portfolien über den gesamten Zeitraum von ca. -21% aus. Bei Betrachtung der Zeiträume vor und nach dem Abschluss des Klimaschutzabkommens von Paris wird deutlich, dass sich der Mittelwert von ca. -23,5% auf ungefähr -18% erhöht hat. Im Gegensatz dazu zeigt die Änderungsrate der  $CO_2$ -Intensität der Short-Increase Portfolien über den gesamten Zeitraum, dass die enthaltenen Unternehmen ihre  $CO_2$ -Intensität um ca. 136% erhöht haben. Die Standardabweichung und der Median belegen allerdings, dass der Mittelwert stark verzerrt ist. Der Median weist eine Änderungsrate von gerundet 81% aus. Bei Betrachtung der Mittelwerte vor und nach Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens zeigt sich, dass diese ebenfalls stark verzerrt sind. Der Vergleich des Medians verdeutlicht eine Entwicklung von ca. +81% zu ungefähr +77,5%, was einer Änderung von lediglich -3,5% entspricht. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zwischen den Long und Short Portfolien bei Vergleich des Medians ein gleichbleibender Unterschied von +95 bis +100% besteht. Das Pariser Klimaschutzabkommen scheint auf die Änderungsrate der  $CO_2$ -Intensität, bis auf eine Verringerung der Ausreißer im Short-Increase Portfolio, kaum einen Effekt zu haben.

Portfolio	Änderungsrate der $CO_2$ -Intensität in %		
	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Long Decrease	-21,17494	-20,95278	6,129459
Long Decrease vor Paris	-23,50443	-21,83359	4,292863
Long Decrease nach Paris	-17,91366	-18,44183	6,829006
Short Increase	+135,7832	+80,76244	103,3583
Short Increase vor Paris	+160,4017	+80,76244	115,9585
Short Increase nach Paris	+101,3173	+77,55495	70,12397

Tabelle 2:  $CO_2$ -Änderungsrate der Portfolien

Wie in Tabelle 3 gesehen werden kann, liegt über den gesamten Stichprobenzeitraum der Mittelwert der stetigen Monatsrenditen des Long/Short Green minus Brown Portfolios bei 0,2522%. Wobei die stetige monatliche Rendite des Portfolios vor Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens 0,2297% und danach 0,2888% beträgt. Die Differenz liegt somit bei 0,0591%. Im Gegensatz dazu liegt der Mittelwert der stetigen Monatsrenditen des Long/Short Decrease minus Increase Portfolios bei -0,1108%. Vor Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens weist die stetige monatliche Rendite des Portfolios im Mittel einen Wert von 1,0951%, danach von -0,2531% aus. Damit ergibt sich eine Differenz von 1,348%.

Portfolio	Mittelwert	Stetige Rendite in %	
		Median	Standardabweichung
Long/Short Green minus Brown	0,2522230	0,23306790	1,799623
Long/Short Green minus Brown vor Paris	0,2296463	0,22950120	2,028446
Long/Short Green minus Brown nach Paris	0,2887562	0,28442970	1,367094
Long/Short Decrease minus Increase	-0,1107832	-0,08893646	1,273113
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	-0,0091046	-0,11968700	1,384393
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	-0,2531332	-0,04584567	1,095099

Tabelle 3: Stetige Rendite der Portfolien

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Regressionsergebnisse über den Zeitraum 2008 bis 2020

Zu Beginn werden die Ergebnisse der Differenzportfolios über den Zeitraum von 2008 bis 2020 betrachtet. Die Ergebnisse des Differenzportfolios Long/Short Green minus Brown werden mit Berücksichtigung der Ergebnisse der zugrundeliegenden Long-Green und Short-Brown Portfolios interpretiert. Das adjustierte  $R^2$  der Regression gibt wieder, wie ausgeprägt der Erklärungsgehalt der unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable ist. Bei den Differenzportfolios ist ein möglichst niedriges adjustiertes  $R^2$  optimal, da den unabhängigen Variablen des Modells dann ein geringerer, dem Alpha aber ein potenziell höherer Erklärungsgehalt zuteilwird.

Portfolio	Regressionsergebnisse				
	Intercept	Mkt	SMB	HML	Adj. $R^2$ (%)
Long/Short Green minus Brown	0.001502	-0,033450.	-0,015119	-0,214016***	12,45
Long/Short Decrease minus Increase	-0.001248	-0,016456	-0,024829	-0,077948.	1,45

Signifikanzniveau: 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 . 0,1 ' 1

Tabelle 4: Differenzportfolien über Zeitraum 2008-2020

Wie in Tabelle 4 gesehen werden kann, bemisst sich das adjustierte  $R^2$  im Differenzportfolio Long/Short Green minus Brown auf 12,45%. Demnach ist der mögliche Erklärungsgehalt des Alphas hoch. Das Alpha beträgt bei dieser Regression 0,001502, erweist sich jedoch als nicht signifikant. Demzufolge ist bei dem gebildeten Long/Short Portfolio über den gesamten Zeitraum keine signifikante Über- oder Unterperformance zu erkennen. Das systematische Marktrisiko sowie der SMB-Faktor weisen keine signifikanten Werte auf. Lediglich der HML-Faktor bemisst sich auf einen Wert von -0,214016 auf einem 0,001

Signifikanzniveau. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann demzufolge eine zufällige Korrelation ausgeschlossen werden. Die negative Ladung dieses Faktors deutet darauf hin, dass im gebildeten Differenzportfolio eine Tendenz zu Growth-Stocks, Unternehmen mit niedrigem Markt-Buchwert-Verhältnis, vorliegt. In den zugrundeliegenden Portfolios, Long-Green und Short-Brown, erweist sich das Alpha ebenso als nicht signifikant.

Die Regression der  $CO_2$ -Änderungsrate (Long/Short Decrease minus Increase) wird im Zeitraum 2008-2020 unter Einbezug der einzelnen Regressionen mit den Unternehmen, die eine niedrigere  $CO_2$ -Änderungsrate (Long-Decrease) und denen die eine höhere  $CO_2$ -Änderungsrate (Short-Increase) haben, ausgewertet und interpretiert. Das adjustierte  $R^2$  liegt nahe bei null (1,45 %). Demzufolge ist der Erklärungsgehalt des Alphas hoch. Das Alpha der Long-Short-Regression über die  $CO_2$ -Änderungsrate ist negativ (-0,001248), jedoch nicht signifikant. Ebenfalls ist das systematische Risiko des Marktes, der SMB- und HML-Faktor nicht signifikant. Bei den einzelnen Regressionen, zu den jeweiligen niedrigeren und höheren  $CO_2$ -Änderungsraten, sind die beiden Alphas ebenfalls nicht signifikant.

Insofern wird bei beiden Differenzportfolien, in dem Zeitraum zwischen 2008 und 2020 keine signifikante Über- oder Unterperformance festgestellt. Die Analyse des Long/Short Green minus Brown Portfolio impliziert, dass im betrachteten Zeitraum von Juni 2008 bis Juli 2020 weder eine bessere risikoadjustierte Wertentwicklung von Unternehmen mit einer niedrigen  $CO_2$ -Intensität vorliegt, noch dass Investoren für Investitionen in Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität ein Carbon Premium erhalten. Die Untersuchung des Long/Short-Portfolios auf Basis der  $CO_2$ -Änderungsraten zeigt ebenso keine signifikant besser oder schlechtere risikoadjustierte Wertentwicklung. Dies könnte somit der Beobachtung von Delmas et al (2015) entgegenstehen und die Interpretation der Eco Efficiency Hypothese stützen. Ausschlaggebend dafür könnten neutrale NPV von Investitionen in die Reduktion von  $CO_2$ -Emissionen sein, die keinen Effekt auf den Unternehmenswert haben. Dieser neutrale NPV für Investitionen in Reduktionsmaßnahmen könnte entstehen, wenn die Investitionshöhe der Summe der zukünftigen Cashflows durch die Reduktion von transitorischen Risiken entspricht.

#### **4.2 Regressionsergebnisse vor und nach dem Pariser Klimaschutzabkommen**

Nach der Untersuchung des gesamten Zeitraums wurden die gebildeten Portfolios Long/Short Green minus Brown sowie Long/Short Decrease minus Increase in zwei Zeiträume, vor und nach dem Abschluss des Übereinkommens von Paris vom 12.12.2015, aufgeteilt.



Portfolio	Regressionsergebnisse				
	Intercept	Mkt	SMB	HML	Adj. $R^2$ (%)
Long/Short Green minus Brown vor Paris	0,000049	-0,037390	-0,026550	-0,267280**	15,16
Long/Short Green minus Brown nach Paris	<b>0,005532*</b>	-0,076555	0,014254	-0,096481	5,28
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	-0,000834	-0,017631	-0,137877	-0,171890**	10,99
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	-0,002759	0,004366	0,139566	0,032501	-0,28

Signifikanzniveau: 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 \* 0,1 · 1

Tabelle 5: Differenzportfolien aufgeteilt vor/nach Pariser Klimaschutzabkommen

Wie in Tabelle 5 gesehen werden kann, bemisst sich das adjustierte  $R^2$  des Long/Short Green minus Brown vor Paris Portfolios auf einen Wert von 15,16%. Da der Wert gering ausfällt, verfügt das Modell über einen guten Erklärungsgehalt. Das Alpha der Regression bemisst sich auf 0,000049, ist jedoch nicht signifikant weshalb keine eindeutige Über- oder Unterperformance des Portfolios zu erkennen ist. Während der Faktor des systematischen Marktrisikos und der SMB-Faktor ebenfalls nicht signifikant sind, weist der HML-Faktor einen Wert von -0,267278 auf einem 0,01-Signifikanzniveau auf. In den beiden zugrundeliegenden Portfolios Long-Green und Short-Brown vor Paris ist ebenfalls kein signifikantes Alpha zu erkennen.

Das Differenzportfolio Long/Short Decrease minus Increase vor Paris der  $CO_2$ -Änderungsraten weist das adjustierte  $R^2$  mit 10,99% aus. Da der Wert gering ausfällt, verfügt das Modell über einen guten Erklärungsgehalt. Das Alpha der Auswertung vor dem Abkommen weist einen negativen, nicht signifikanten Wert (-0,000834) auf. Daraus lässt sich keine eindeutige Über- oder Unterperformance des Portfolios ableiten. Der Faktor des systematischen Marktrisikos sowie der SMB-Faktor sind nicht signifikant, der HML-Faktor der Regression vor dem Pariser Klimaabkommen bemisst sich hingegen auf -0,171890 auf einem 0,001-Signifikanzniveau. Im Falle der hier vorliegenden negativen Ladung, existiert innerhalb dieses Portfolios ein Überhang gegenüber Growth Stocks. Die beiden zugrundeliegenden Portfolios zeigen ebenso keine signifikanten Alpha-Werte.

In der Regression für das Long/Short Green minus Brown Portfolio, welches den Zeitraum nach dem Pariser Klimaabkommen integriert, bemisst sich das adjustierte  $R^2$  auf 5,28%. Demnach ist der mögliche Erklärungsgehalt des Alphas besonders hoch. Das Alpha bemisst sich auf 0,005532 und ist auf einem 0,05-Niveau signifikant, so liegt die Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Korrelation bei unter 5 Prozent. Aufgrund der positiven Ladung des Alphas zeigt sich eine Überperformance des Long/Short Portfolios nach Abschluss des Klimaschutzabkommens von Paris. Das systematische Marktrisiko, der SMB- sowie der HML-Faktor weisen keine Signifikanz auf. Während im zugrundeliegenden Long-Green Portfolio im Zeitraum nach dem Abkommen kein signifikantes Alpha festgestellt werden kann, bemisst sich das Alpha im gebildeten Short-Brown Portfolio nach dem Pariser

Klimaabkommen auf  $-0.008792$  auf einem  $0,001$ -Signifikanzniveau. Die negative Ladung des Faktors deutet darauf hin, dass dieses Portfolio im Vergleich zum Markt stark unterperformt. Die festgestellte Signifikanz des Differenzportfolios Long/Short Green minus Brown nach Paris kann demzufolge auf die signifikant deutliche Unterperformance des zugrundeliegenden Short-Brown Portfolios zurückgeführt werden.

Die Regression des Long/Short Decrease minus Increase Portfolios nach Abschluss des Pariser Abkommens verfügt über ein negatives adjustiertes  $R^2$  mit  $-0,28\%$ . Da der Wert sehr gering ausfällt, verfügt das Modell über einen guten Erklärungsgehalt. Das negative adjustierte  $R^2$  ergibt sich, da das Bestimmtheitsmaß durch die Adjustierung für jede unabhängige Variable um einen festen Faktor korrigiert wird (vgl. Backhaus et al. 2016, S.85f.). Das Alpha der Regression bemisst sich auf einen negativen und nicht signifikanten Wert von  $-0,002759$ . Daraus lässt sich erneut keine eindeutige Über- oder Unterperformance des Portfolios ableiten. Der Faktor des systematischen Marktrisikos, der SMB- sowie der HML-Faktor der Regression des Long/Short Portfolios der  $CO_2$ -Änderungsraten für den Zeitraum nach dem Pariser Klimaabkommen erweisen sich als nicht signifikant.

Die signifikante Überrendite des Long/Short Green minus Brown Portfolios bestätigt die Vermutung, dass Unternehmen mit einer geringen  $CO_2$ -Intensität nach Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens eine bessere risikoadjustierte Rendite als Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität aufweisen. Die Feststellung, dass diese Beobachtung vor allem auf die schlechtere Performance von Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität zurückgeführt werden kann, bestätigt unsere Annahme, dass ein Carbon Premium wahrscheinlich nicht existiert. Für Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität ergeben sich also geringer steigende oder sinkende Kursverläufe, die durch reduzierte zukünftige Gewinne, in Folge von höheren transitorischen Kosten, entstehen. Für Investoren gibt es dagegen, als Kompensation dafür, dass sie aufgrund der hohen  $CO_2$ -Intensität ein höheres Risiko tragen, keine höhere Rendite. Das Pariser Klimaschutzabkommen scheint von Investoren als zentraler Wendepunkt der internationalen Klimapolitik erkannt worden zu sein, infolgedessen transitorische Risiken  $CO_2$ -intensiver Unternehmen stärker in den Investorenfokus gerückt sind. Die Beobachtung, dass das Long/Short Decrease minus Increase Portfolio keine signifikante Über- oder Unterrendite aufweist, stützt die Interpretation, dass es sich bei Investitionen in die Reduktion von  $CO_2$  Emissionen vornehmlich um solche mit neutralem NPV handelt. Unternehmen mit hoher  $CO_2$ -Intensität können mit vergleichsweise geringen Investitionen große Änderungen ihrer  $CO_2$ -Intensität bewirken. Für Unternehmen mit geringer  $CO_2$ -Intensität sind bereits kleine Änderungen mit deutlich höheren Investitionen verbunden.

Insgesamt scheinen Unternehmen aus dem Long-Decrease Portfolio vor allem Maßnahmen zur Emissionsreduktion durchgeführt zu haben, bei denen kein Zielkonflikt zwischen Gewinnmaximierung und Emissionsreduktion besteht. Die Durchführung solcher Maßnahmen ist aus ökonomisch rationalen Gründen sinnvoll, sodass in der kurzen Frist kaum positive Effekte auf die zukünftigen Cashflows zu erwarten sind. Investoren beurteilen die beschriebenen Anstrengungen der Unternehmen zur Reduktion der  $CO_2$ -Intensität ähnlich und honorieren sie in der Folge nicht. Auch der Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens scheint an den Anstrengungen der Unternehmen zur Reduktion von  $CO_2$  Emissionen und der Bewertung durch Investoren kaum etwas geändert zu haben.

#### 4.3 Robustness Checks

Um die Ergebnisse auf Robustheit zu testen und um Einschränkungen in unserer Basisanalyse aufzudecken wurden zusätzliche Analysen durchgeführt. Die Erhöhung der Zeitverschiebung zur Berücksichtigung der  $CO_2$ -Daten von 6 auf 18 Monate, konnte unsere Ergebnisse, bis auf eine ausbleibende Signifikanz des Alphas im Long/Short Green minus Brown Portfolios nach Paris, bestätigen. Das gleiche Resultat zeigt sich bei einer Erhöhung der Grenze zur Zuordnung in die Long (Green, Decrease) und Short (Brown, Increase) Portfolios. Die Grenze wurde dabei von Terzilen (1/3 und 2/3-Quantil) auf den Median (0,5-Quantil) erhöht. Eine Analyse unter Berücksichtigung beider Modifikationen konnte zusätzlich die signifikante Überperformance des Long/Short Green minus Brown Portfolios nach Paris, auf einem Signifikanzniveau von 5% (1% in der Basisanalyse), bestätigen.

#### 5. Fazit

Die Frage danach, ob ein niedriger  $CO_2$ -Fußabdruck zu einer besseren risikoadjustierten Rendite führt, steht im Spannungsfeld zwischen Kosten zur Vermeidung von  $CO_2$  Emissionen und der Reduktion von transitorischen Risiken in der langen Frist. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden Long/Short Portfolios anhand der  $CO_2$ -Intensität und ihrer relativen Änderungsrate gebildet. Die Portfolios wurden über den gesamten Zeitraum sowie aufgeteilt in den Zeitraum vor und nach Abschluss des Klimaschutzabkommens von Paris mit einem Drei Faktormodell regressiert und das Alpha auf Signifikanz getestet.

Für den betrachteten Zeitraum von Juni 2008 bis Juli 2020 konnte keine signifikante Überperformance des Long/Short Green minus Brown Portfolios gegenüber dem Markt beobachtet werden. Die Hypothese (**H1**), dass Unternehmen mit einer niedrigen  $CO_2$ -Intensität eine bessere risikoadjustierte Rendite als Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität aufweisen, kann für diesen Zeitraum verworfen werden. Die Analyse des Long/Short Decrease minus

Increase Portfolios zeigt weder eine signifikante Über- noch Unterperformance gegenüber dem Marktportfolio. Die Hypothese (**H2**), dass Unternehmen mit einer abnehmenden  $CO_2$ -Intensität in der kurzen Frist eine schlechtere risikoadjustierte Rendite als Unternehmen mit einer steigenden  $CO_2$ -Intensität aufweisen, kann ebenfalls abgelehnt werden.

Im Gegensatz dazu konnte für den Zeitraum nach Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens eine signifikante Überperformance des Long/Short Portfolios gegenüber dem Markt gezeigt werden. Die Hypothese (**H3**), dass Unternehmen mit einer geringeren  $CO_2$ -Intensität nach Unterzeichnung des Pariser Klimaschutzabkommens eine bessere risikoadjustierte Rendite gegenüber Unternehmen mit hoher  $CO_2$ -Intensität aufweisen, kann somit bestätigt werden. Die Analyse hat gezeigt, dass die Überrendite vor allem auf die schlechtere Performance von Unternehmen mit einer hohen  $CO_2$ -Intensität zurückgeführt werden kann. Weiter kann die Hypothese (**H4**), dass Unternehmen mit einer abnehmenden  $CO_2$ -Intensität nach dem Abschluss des Pariser Klimaschutzabkommens in der kurzen Frist eine schlechtere risikoadjustierte Rendite als Unternehmen mit einer steigenden  $CO_2$ -Intensität aufweisen, ebenfalls verworfen werden.

Unsere Ergebnisse bestätigen die Beobachtungen von Bolton und Kacperczyk (2021), dass kein Carbon Premium für  $CO_2$ -intensive Unternehmen festzustellen ist und andererseits, dass seit dem Abkommen von Paris transitorische Risiken stärker im Fokus der Investoren stehen und sich Unternehmen mit einem hohen  $CO_2$ -Fußabdruck deshalb am Kapitalmarkt schlechter entwickelt haben, wie von Görden et al. (2020) beobachtet. Zudem konnte festgestellt werden, dass Maßnahmen zur Reduktion des  $CO_2$ -Fußabdrucks kurzfristig keinen signifikanten Effekt auf die Wertentwicklung der Unternehmen haben. Dies widerspricht in Teilen der Kritik von Delmas et al. (2015) an der Effizienzhypothese und deutet darauf hin, dass effizienzfokussierte Emissionsreduktionsmaßnahmen weiterhin durchgeführt werden.

Zur Interpretation der Ergebnisse dieser Arbeit sei angemerkt, dass nicht alle Regressionsannahmen für jede der Regressionen gegeben waren und dass die durchgeführten Robustheitstest die Ergebnisse nicht vollumfänglich bestätigen konnten. Daher ist die statistische Aussagekraft der Untersuchung begrenzt. Durch eine fehlende Einzelregression der Sektoren ist zudem unklar, ob einzelne Sektoren die Ergebnisse maßgeblich beeinflusst haben, was aufgrund unterschiedlicher transitorischer Risiken plausibel erscheint. Auch die Verwendung der  $CO_2$ -Intensität kann kritisiert werden, da diese sowohl vom generierten Umsatz beeinflusst werden kann als auch als Proxy für transitorische Risiken nur bedingt geeignet scheint. In Summe stellen die formulierten Ergebnisse einen Beitrag zur Analyse

der Korrelation zwischen  $CO_2$ -Emissionen und der Rendite von Aktien dar, müssen jedoch aus den angeführten Gründen mit Vorsicht interpretiert werden.

## Literaturverzeichnis

- Alok, S., Kumar, N., Wermers, R., 2020. Do Fund Managers Misestimate Climate Disaster Risk?, *Review of Financial Studies*, Forthcoming, verfügbar SSRN: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3427903](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3427903). (Zugriff am 20.01.2022, Erstellung am 02.08.2019).
- Ambec, S., Lanoie, P., 2008. Does It Pay to Be Green? A Systematic Overview., *Academy of Management Perspectives* 22 (4), S. 45-62.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R., 2016. *Multivariate Analysemethoden*, 14. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- BaFin, 2019. Merkblatt zum Umgang mit Nachhaltigkeitsrisiken, verfügbar: [https://www.bafin.de/SharedDocs/Downloads/DE/Merkblatt/dl\\_mb\\_Nachhaltigkeitsrisiken.html](https://www.bafin.de/SharedDocs/Downloads/DE/Merkblatt/dl_mb_Nachhaltigkeitsrisiken.html). (Zugriff am 20.01.2022, Erstellung am 20.12.2019).
- Bergmann, A., 2016. The Link between Corporate Environmental and Corporate Financial Performance-Viewpoints from Practice and Research, *Sustainability*, 8 (12), S. 1-15.
- Bernardini, E., Di Giampaolo, J., Faiella, I., Poli, R., 2019. The impact of carbon risk on stock returns: evidence from the European electric utilities, *Journal of Sustainable Finance & Investment* 11 (1), S. 1-26.
- Bolton, P., Kacperczyk, M., 2021. Do investors care about carbon risk?, *Journal of Financial Economics* 143 (2), S. 517-549.
- Busch, T., Hofmann, V., 2011. How Hot is your Bottom Line ? Linking carbon and Financial Performance, *Business & Society* 50 (2). S. 233-265.
- Busch, T., Lewandowski, S., 2017. Corporate Carbon and Financial Performance: A Meta-analysis, *Journal of Industrial Ecology* 22 (4). S. 745-759.
- Campbell, J., Shiller, R., 1989. The Dividend Price Ratio and Expectations of Future Dividends and Discount Factors, *The Review of Financial Studies*, 1 (3), S. 195-228.
- CDP, 2022. Why Disclose as a Company, verfügbar: [https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/004/718/original/CDP\\_Disclosure\\_brochure\\_2021.pdf](https://cdn.cdp.net/cdp-production/comfy/cms/files/files/000/004/718/original/CDP_Disclosure_brochure_2021.pdf). (Zugriff 12.01.2022, Erstellung n.d.).
- Delmas, M.A., Nairn-Birch, N., Lim, J., 2015. Dynamics of Environmental and Financial Performance: The Case of Greenhouse Gas Emissions, *Organization & Environment* 28 (4), S. 374-393.

- Dietz, S., Bienkowska, B., Jahn, V., Hastreiter, N., Scheer, A., Sullivan, R., 2022. TPI Sectoral Decarbonization Pathways, verfügbar: <https://transitionpathwayinitiative.org/publications/100.pdf?type=Publication>. (Zugriff am 07.03.2022, Erstellung Februar 2022).
- ECB, 2022. ECB Banking Supervision launches 2022 climate risk stress test, verfügbar: <https://www.bankingsupervision.europa.eu/press/pr/date/2022/html/ssm.pr220127~bd20df4d3a.en.html>. (Zugriff am 15.02.2022, Erstellung am 27.01.2022).
- Ekins, P., 2005. Eco-efficiency: Motives, drivers, and economic implications, *Journal of Industrial Ecology* 9 (4), S. 12–14.
- EU Commission, 2014. Non-Financial Reporting Directive verfügbar: (Zugriff am 15.02.2022, Erstellung am 24.05.2018).
- EU Commission, 2018. Commission legislative proposals on sustainable finance, verfügbar: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0095>. (Zugriff am 17.02.2022, Erstellung am 22.10.2014).
- EU Commission, 2019. The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people's health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind, verfügbar: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_19\\_6691](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6691). (Zugriff am 15.02.2022, Erstellung am 11.12.2019).
- Fama, E.F., French K.R., 1993. Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds, *Journal of Financial Economics* 33 (1), S. 3–56.
- Friedmann, M., 1970. A Friedman doctrine - The Social Responsibility of Business is to Increase its profits, verfügbar: <https://www.nytimes.com/1970/09/13/archives/a-friedman-doctrine-the-social-responsibility-of-business-is-to.html>. (Zugriff am 21.02.2022, Erstellung n.d.).
- Ganda, F., Milondzo, K.S., 2018. The Impact of Carbon Emissions on Corporate Financial Performance: Evidence from the South African Firms, *Sustainability* 10 (7), S. 1-22.
- GHG Protocol, 2004. The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard, verfügbar: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. (Zugriff am 01.03.2022, Erstellung am n.d.).

- Glück, M., Hübel, B., Scholz, H., 2021. Currency Conversion of Fama-French Factors: How and Why, *The Journal of Portfolio Management Quantitative Special* 47 (2), S. 157-175.
- Görge, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Riordan, R., Rohleder, M., Wilkens, M., 2020. Carbon Risk, verfügbar SSRN: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2930897](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2930897). (Zugriff am 26.02.2022, Erstellung am 10.05.2017).
- Griffin, P., Lont, D., Sun, E., 2017. The Relevance to Investors of Greenhouse Gas Emissions Disclosures, *Contemporary Accounting Research* 34 (2), S. 1265-1297.
- Guenther, E., Hoppe, H., 2014. Merging limited perspectives: A synopsis of measurement approaches and theories of the relationship between corporate environmental and financial performance, *Journal of Industrial Ecology* 18 (5), S. 689–707.
- Hart, S.L., Ahuja, G., 1996. Does it pay to be green? An empirical examination of the relationship between emission reduction and firm performance, *Business Strategy and the Environment* 5 (1), S. 30–37.
- Hong, H., Li, F., Xu, J., 2019. Climate Risks and market efficiency, *Journal of Econometrics* 208 (1), S. 265-281.
- IEA, 2021. World Energy Model, verfügbar: <https://www.iea.org/reports/world-energy-model>. (Zugriff am 26.02.2022, Erstellung n.d.).
- In, S.Y., Park, K.Y., Monk, A., 2019. Is 'Being Green' Rewarded in the Market?: An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns, *Stanford Global Project Center Working Paper*, verfügbar SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3020304>. (Zugriff am 28.02.2022, Erstellung am 21.08.2017).
- IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, verfügbar: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>. (Zugriff am 24.02.2022, Erstellung n.d.).
- IIGCC, 2015. Institutional Investor Group on Climate Change, A Defining Year for Climate Action, <https://www.iigcc.org/about-us/>. (Zugriff am 07.03.2022, Erstellung n.d.).
- Jensen, M.C., 1968. The Performance of Mutual Funds in the Period 1945–1964, *Journal of Finance* 23 (2), S. 389–416.
- Krueger, P., Sautner, Z., Starks, L., 2020. The Importance of Climate Risks for Institutional Investors, *The Review of Financial Studies*, 33 (3), S. 1067–1111.



- Kuo, L., Huang, S., Wu, Y., 2010. Operational efficiency integrating the evaluation of environmental investment: The case of Japan, *Management Decision* 48 (10), S. 1596–1616.
- Monasterolo, I., Angelis, L., 2020. Blind to carbon Risk? An analysis of stock market reaction to the Paris Agreement, *Ecological Economics* 170 (2020), S. 1-9.
- Oestreich, M., Tsiakas, I., 2015. Carbon emissions and stock returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme, *Journal of Banking and Finance* 58, S. 294-308.
- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., McGilvray, J., 2011. *Natural Resource and Environmental Economics*, 4. Auflage, Pearson Verlag, Harlow.
- Ritchie, H., Roser, M., 2020. CO<sub>2</sub> and Greenhouse Emissions, verfügbar: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>. (Zugriff am 04.03.2022, Erstellung n.d.).
- Schreck, P., 2012. Der Business Case for Corporate Social Responsibility. In: Schneider, A., Schmidpeter, R. (Herausgeber): *Corporate Social Responsibility*, 1. Auflage, Berlin-Heidelberg.
- Segura, S., Ferruz, L., Gargallo, P., Salvador, M., 2018. Environmental versus economic performance in the EU ETS from the point of view of policy makers: A statistical analysis based on copulas, *Journal of Cleaner Production* 176, S. 1111-1132.
- TCFD, 2021. Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures, verfügbar: [https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/07/2021-TCFD-Implementing\\_Guidance.pdf](https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/07/2021-TCFD-Implementing_Guidance.pdf). (Zugriff am 07.02.2022, Erstellung n.d.).
- UFCCC, 2015. Paris Agreement, verfügbar: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). (Zugriff am 26.01.2022, Erstellung 04.11.2016).
- von Auer, L., 2013. *Ökonometrie: Eine Einführung*, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- World Bank, 2020. State and Trend of Carbon Pricing, verfügbar: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>. (Zugriff am 17.01.2022, Erstellung 27.05.2020).

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit bestätigen wir, Moritz Bergdolt (35740096), Anna Dörge (35732873), Therese Nensel (35256731) und Benedict Rainer Schmitt (35227052), dass wir die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Führt ein niedrigerer  $CO_2$ -Fußabdruck zu einer besseren risikoadjustierten Wertentwicklung?“ eigenständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben. Des Weiteren erklären wir, dass wir alle wörtlichen und indirekten Zitate sowie Grafiken, Tabellen und Abbildungen aus den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln korrekt gekennzeichnet haben.

Uns ist bekannt, dass ein Verstoß gegen diese Regelung als Plagiat betrachtet wird. In diesem Fall wird die Arbeit mit „nicht ausreichend“ bewertet. Im Wiederholungsfall hat dies den Ausschluss von weiteren Prüfungen – und damit vom Studium – zur Folge.

Kassel, 13.03.2022



Moritz Bergdolt



Anna Dörge



Therese Nensel



Benedict Rainer Schmitt

## **Anhangsverzeichnis**

Anhang 1: Darstellung aller durchgeführten Regressionen .....	vii
Anhang 2: Testung der Regressionsannahmen .....	viii
Anhang 3: Darstellung durchgeführter Robustness Checks .....	ix
Anhang 4: Darstellung der verwendeten R-Packages .....	x

## Anhang 1: Darstellung aller durchgeführten Regressionen

Portfolio	Regressionsergebnisse				
	Intercept	Mkt	SMB	HML	Adj. R <sup>2</sup> (%)
Long Green	0,002027	1,019612***	0,216256**	0,320011***	96,04
Short Brown	-0,000053	1,068223***	0,232667**	0,531177***	96,19
Long/Short Green minus Brown	0,001502	-0,033450.	-0,015119	-0,214016***	12,45
Long Decrease	-0,002593*	1,104827***	0,161522*	0,330877***	95,22
Short Increase	-0,001579	1,122424***	0,186588*	0,403007***	95,09
Long/Short Decrease minus Increase	-0,001248	-0,016456	-0,024829	-0,077948.	1,45
Long Green vor Paris	0,002059	1,001077***	0,179927.	0,408192***	95,25
Long Green nach Paris	-0,002729	1,106537***	0,307576**	0,155501**	95,31
Short Brown vor Paris	0,001669	1,056765***	0,209214*	0,671196***	96,08
Short Brown nach Paris	-0,008792***	1,191312***	0,293438**	0,248997***	94,97
Long/Short Green minus Brown vor Paris	0,000049	-0,037390	-0,026555	-0,267278**	15,16
Long/Short Green minus Brown nach Paris	<b>0,005532*</b>	-0,076555	0,014254	-0,096481	5,28
Long Decrease vor Paris	-0,000410	1,104137	0,078910	0,381116**	94,17
Long Decrease nach Paris	-0,008743***	1,173168***	0,286616**	0,216864**	94,88
Short Increase vor Paris	0,000162	1,124515***	0,221061*	0,549062***	93,96
Short Increase nach Paris	-0,005902**	1,164022***	0,145844	0,177249**	95,56
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	-0,000834	-0,017631	-0,137877	-0,171890**	10,99
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	-0,002759	0,004366	0,139566	0,032501	-0,28

Signifikanzniveau: 0 '\*\*\*\*' 0,001 '\*\*\*' 0,01 '\*\*' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

## Anhang 2: Testung der Regressionsannahmen

Portfolio	RESET-Test	Varianz-Inflations-Faktor	Testergebnisse		
			Breusch-Pagan Test	Shapiro-Wilk Test	Breusch-Godfrey Test
Long Green	0,001124	< 10	0,001400	0,00003036	0,1987
Short Brown	0,196300	< 10	0,054120	0,00001645	0,6239
Long/Short Green minus Brown	0,018650	< 10	0,380300	0,00002222	0,3623
Long Decrease	0,731700	< 10	0,351300	0,14950000	0,5160
Short Increase	0,643900	< 10	0,421000	0,76250000	0,1921
Long/Short Decrease minus Increase	0,051060	< 10	0,003403	0,14880000	0,3916
Long Green vor Paris	0,001792	< 10	0,024030	0,00164900	0,1406
Long Green nach Paris	0,004249	< 10	0,347400	0,87860000	0,4307
Short Brown vor Paris	0,331500	< 10	0,157700	0,00062080	0,7691
Short Brown nach Paris	0,895000	< 10	0,767400	0,00298900	0,3743
Long/Short Green minus Brown vor Paris	0,048350	< 10	0,583300	0,00009414	0,2767
Long/Short Green minus Brown nach Paris	0,001749	< 10	0,842000	0,58850000	0,1330
Long Decrease vor Paris	0,067340	< 10	0,503100	0,90300000	0,1202
Long Decrease nach Paris	0,201900	< 10	0,958900	0,29500000	0,6333
Short Increase vor Paris	0,655000	< 10	0,544200	0,49720000	0,4309
Short Increase nach Paris	0,299700	< 10	0,229800	0,98270000	0,2186
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	0,946200	< 10	0,029830	0,14630000	0,8060
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	0,962300	< 10	0,450400	0,88910000	0,1360

### Anhang 3: Darstellung durchgeführter Robustness Checks

#### 1. Regressionen bei der Erhöhung des Time Lags zwischen den Daten zur CO<sub>2</sub> Intensität und der Nutzung zur Portfoliogestaltung von 6 auf 18 Monate

Portfolio	Regressionsergebnisse				
	Intercept	Mkt	SMB	HML	Adj. R <sup>2</sup> (%)
Long/Short Green minus Brown	0,0009284	-0,0033089	-0,0094443	-0,2184134***	10,31
Long/Short Green minus Brown vor Paris	0,0009878	0,0087093	0,0007966	-0,2674264***	10,83
Long/Short Green minus Brown nach Paris	0,0039580	-0,0629550	-0,0283850	-0,127186.	8,14
Long/Short Decrease minus Increase	-0,0018150	-0,0013840	0,0595108	-0,081786.	9,53
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	-0,0019340	-0,0108220	-0,0225500	-0,101715	0,99
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	-0,0016650	-0,0068220	0,1944600	-0,050475	0,18

Signifikanzniveau: 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 . 0,1 ' 1

#### 2. Regressionen bei der Erhöhung der Grenzwerte in der Portfoliogestaltung der Leader und Lagger Portfolios auf das 50. Perzentil

Portfolio	Regressionsergebnisse				
	Intercept	Mkt	SMB	HML	Adj. R <sup>2</sup> (%)
Long/Short Green minus Brown	0,0008654	-0,0316749.	-0,0563881	-0,1823641***	13,74
Long/Short Green minus Brown vor Paris	-0,0009505	-0,0422650.	-0,0569411	-0,1952563**	14,55
Long/Short Green minus Brown nach Paris	0,0053870	-0,0802980	-0,0314340	-0,1177560	13,97
Long/Short Decrease minus Increase	-0,0012570	-0,0187280	-0,0560880	-0,0874690	4,94
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	-0,0008634	-0,0239951	-0,1664012	-0,1737440	18,14
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	-0,0031860	0,0113160	0,0953470	0,0130360	-0,75

Signifikanzniveau: 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 . 0,1 ' 1

#### 3. Regressionen bei der Erhöhung des Time Lags auf 18 Monate sowie Erhöhung der Grenzen bei der Portfoliogestaltung (50. Perzentil)

Portfolio	Regressionsergebnisse				
	Intercept	Mkt	SMB	HML	Adj. R <sup>2</sup> (%)
Long/Short Green minus Brown	0,0009646	-0,0007210	-0,0085956	-0,1816398***	9,37
Long/Short Green minus Brown vor Paris	0,0007791	0,0076023	0,0259250	-0,2282041***	10,64
Long/Short Green minus Brown nach Paris	0,0036600.	-0,0447120	-0,0973480	-0,0897200	8,31
Long/Short Decrease minus Increase	-0,0014130	-0,0024540	0,0213520	-0,1368020***	7,28
Long/Short Decrease minus Increase vor Paris	-0,0012570	0,0184130	-0,0188430	-0,1958030**	11,14
Long/Short Decrease minus Increase nach Paris	0,0005960	-0,0487880	0,1288860	-0,0615590	3,25

Signifikanzniveau: 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 . 0,1 ' 1

#### **Anhang 4:** Darstellung der verwendeten R-Packages

Folgende R-Packages wurden für die Durchführung der Analysen verwendet:

- Dplyr
- reshape2
- lmtest
- car