



Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim

## **Datastory**

# **ResearchGridEU – Eine Datastory über die Forschung der EU**

## **Studiengang Wirtschaftsinformatik**

**Studienrichtung Data Science**

Verfasser:	Yanick Bedel (8424886) Carlo Rinderer (1902925) David Simon (1893552) Niklas Seither (4253802)
Modul:	Projektrealisierung
Kurs:	WWI22DSA
Dozent:	Janett Betz, Enzo Hilzinger
Eingereicht:	11.07.2025

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>ii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Data Story</b>	<b>2</b>
2.1 Aufbau und Methodik . . . . .	2
2.2 Datenquellen . . . . .	3
2.3 Begriffsklärung . . . . .	3
<b>3 Monetäre Förderung</b>	<b>5</b>
3.1 Finanzielle Investitionen und Output . . . . .	5
3.2 Effizienzunterschiede zwischen Ländern . . . . .	6
3.3 Exzellenzeffekt von Elite-Institutionen . . . . .	8
3.4 Zusammenfassung des Abschnittes . . . . .	10
<b>4 Institutionelle Forschungsnetzwerke</b>	<b>11</b>
4.1 Kooperationsgröße steigert Qualität . . . . .	11
4.2 Nationale Kooperationsrate als Erfolgsfaktor . . . . .	13
4.3 Zusammenfassung des Abschnittes . . . . .	14
<b>5 Kooperation von Forschungs-institutionen und Industrie</b>	<b>15</b>
5.1 Industriepartnerschaften für Erfolg auf Länderebene . . . . .	15
5.2 Einfluss von Industrie auf Publikationsqualität . . . . .	16
5.3 Zusammenfassung des Abschnittes . . . . .	17
<b>6 Zusammenfassung</b>	<b>20</b>

# Abbildungsverzeichnis

3.1	Finanzielle Investitionen und Output . . . . .	6
3.2	Effizienzunterschiede zwischen Ländern . . . . .	7
3.3	Exzellenzeffekt von Elite-Institutionen . . . . .	9
4.1	Kooperationsgröße steigert Qualität . . . . .	12
4.2	Nationale Kooperationsrate als Erfolgsfaktor . . . . .	13
5.1	Industriepartnerschaften für Erfolg auf Länderebene . . . . .	18
5.2	Einfluss von Industrie auf Publikationsqualität . . . . .	19

# 1 Einleitung

Die Europäische Union befindet sich in einem intensiveren globalen Wettstreit als je zuvor. Ihr Anteil am weltweiten Bruttoinlandsprodukt lag im Jahr 2021 bei 15,2 Prozent und rangierte damit hinter China und den Vereinigten Staaten. Besonders deutlich wird die kritische wirtschaftliche Lage, wenn der Verlauf des Anteils am weltweiten BIP über die letzten Jahrzehnte betrachtet wird. In diesem Zeitraum hat Europa deutlich an relativer ökonomischer Bedeutung verloren, denn zwischen 1980 und 2014 sank sein Anteil von 31,2 Prozent auf 18,3 Prozent. Diese Entwicklung zeigt sich auch in immer lauterer Warnungen von Wirtschaftsführern, welche Europa im globalen Wettbewerb auf dem Rückzug einordnen. Europa steht vor großen Herausforderungen Angesichts dieses Verlusts an wirtschaftlicher Bedeutung warnt der ehemalige italienische Ministerpräsident Enrico Letta, laut welchem die EU ohne tiefgreifende Reformen weiter an Gewicht verlieren wird.

Fortschritt und echte Neuerungen gelten als Voraussetzung für dauerhaftes Wachstum und steigenden Wohlstand. Innovation führt zu produktiveren Arbeitsplätzen zu neuen Wertschöpfungsketten und zu dauerhaftem Wirtschaftswachstum. Untersuchungen zeigen, dass eine Erhöhung der öffentlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung um einen Prozentpunkt des Bruttoinlandsprodukts zu einer Steigerung des Wirtschaftswachstums um knapp zehn Prozent führt. Diese Erkenntnis bestätigt, dass Investitionen in neue Technologien und Verfahren nicht nur kurzfristige Impulse setzen, sondern langfristig Produktivität und Beschäftigung erhöhen.

Forschung bildet das Fundament für Innovation und damit für künftigen Wohlstand. Im Jahr 2023 investierte die EU 381,4 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung was 2,2 Prozent ihres Bruttoinlandsprodukts entsprach. Als Einheit betrachtet, lagen die Ausgaben der EU damit in etwa bei der Hälfte der Forschungsausgaben der Vereinigten Staaten und Chinas zusammen und verdeutlichen die Notwendigkeit weiterer Anstrengungen. Nur durch eine konsequente Stärkung der Forschungslandschaft kann die Europäische Union ihre Innovationsfähigkeit erhöhen und ihre Wettbewerbsposition in der globalen Wirtschaft sichern.

Wir von ResearchGrid EU haben es uns daher zur Aufgabe gemacht umfassende Datenanalysen durchzuführen, um gezielt Erfolgsfaktoren für die Forschung in der EU zu identifizieren. Dabei ist es unser höchstes Ziel wissenschaftliche und quantitativ gestützte Ergebnisse zu erzeugen, welche es der EU erlauben Einblick in die möglichen Stellschrauben der Zukunft zu erlangen. In dieser Data Story möchten wir nun schließlich unsere überzeugenden Ergebnisse darlegen und sie der Öffentlichkeit zugänglich machen, um das Bewusstsein für die kritische Lage der EU sowie der Notwendigkeit der Forschung für kontinuierlichen Fortschritt und Wohlstand zu vergrößern.

## 2 Grundlagen der Data Story

Das Grundlagenkapitel soll vor Beginn der Data Story einige fundamentale Informationen dieser vermitteln. Dabei werden neben der Darstellung des Aufbaus und der Methodik der Data Story sowie seiner Erarbeitung auch einige Aspekte bezüglich der Datenquellen sowie notwendiger Fachbegriffe, welche in der Data Story verwendet werden, dargestellt.

### 2.1 Aufbau und Methodik

Im Großen und Ganzen ist die Data Story in drei Teilbereiche unterteilt, welche sich mit jeweils unterschiedlichen Bereichen der möglichen Forschungsförderung sowie seiner Erfolgsfaktoren und Stellschrauben beschäftigen. Jeder Teilbereich führt seine eigenen Hypothesen auf, welche als Grundlage der Analyse der Erfolgsfaktoren der Forschung in der EU dienen. Diese werden jeweils durch eine aussagekräftige Visualisierung sowie statistischer Kennzahlen gestützt und interpretiert. Je nach dem Interessensgebiet Ihrerseits, können Sie die jeweiligen Untersuchungen unabhängig voneinander betrachten und Ihren Horizont erweitern.

Der erste Teilbereich dient dabei der Untersuchung der Einflüsse und Nutzung von finanziellen Mitteln auf und in der Forschung der EU, sowie der gezielten Förderung einzelner Forschungseinrichtungen. Dabei soll erarbeitet werden, inwiefern eine rein finanzielle Förderungen bestimmter Bereiche einen wettbewerbsvorteil in der Forschung für die EU mit sich bringen könnte. Diese Untersuchungen werden im Rahmen von drei Hypothesen vorgenommen, welche jeweils eine unterschiedliche Granularität der betrachteten Strukturen aufweisen. Beginnend mit EU-weiten Analysen, übergehend zu Hypothesen mit länderspezifischem und schließlich einrichtungsspezifischem Fokus. Wenn Sie also besonders interessiert an den Auswirkungen und Chancen von finanziellen Forschungsinstitutionen sind, dann starten Sie direkt mit diesem Teilbereich.

Der zweite Teilbereich nimmt es sich dann als Hauptaufgabe zu analysieren, inwiefern sich Kooperationen und Netzwerke zwischen Forschungseinrichtungen auf die Qualität der Forschungsergebnisse dieser sowie deren Heimatländer auswirken. Um diese Effekte beobachten und belegen zu können, werden zwei Hypothesen angeführt, welche erneut zum einen eine generalisierte Sicht auf die Forschung in der gesamten Europäischen Union darstellen und zum anderen eine auf die EU-Mitgliedsstaaten heruntergebrochene Analyse ermöglichen. Wenn Sie also kennenlernen wollen, wie positiv sich akademische Zusammenarbeit im europäischen Raum auf die Leistungsfähigkeit der EU und seiner Mitgliedsstaaten im Bereich der Forschung auswirken kann, dann schauen Sie sich unbedingt diese beiden Hypothesen des zweiten Teilbereichs an.

Der dritte und letzte Teilbereich soll dann abschließend nochmals einen genaueren Blick auf den Einfluss von Beteiligungen von Industrie- und Wirtschaftsunternehmen auf den Forschungserfolg der Europäischen Union werfen. Dabei wird also ergänzend zu den Kooperationseffekten aus dem zweiten Teilbereich der Data Story nochmal speziell der Fokus auf die Auswirkungen von Netzwerken zwischen der Forschung und der Industrie untersucht. Auch hierfür werden wiederum zwei Hypothesen angeführt, welche jeweils länderspezifische und projektspezifische Perspektiven einnehmen, um erneut verschiedene Granularitäten in den Analysen abzudecken. Dieser Teilbereich ist also genau richtig für Sie, wenn Sie mehr darüber erfahren wollen, wie Forschung und Industrie gegenseitig voneinander profitieren können, um gemeinsam für Fortschritt und Wohlstand in der EU zu sorgen.

## 2.2 Datenquellen

Für die Durchführung unserer Analysen haben wir insgesamt drei Datenquellen verwendet. Dabei wurde vor allem auf eine hohe Seriösität und Zuverlässigkeit der Datenquellen geachtet, um wissenschaftlich korrekte Ergebnisse erzeugen zu können. Für finanziellen Kennzahlen was das Forschungsinvestitionsvolumen der EU anbelangt, haben wir EuroStat herangezogen. EuroStat ist das offizielle statistische Amt der Europäischen Union, welches regelmäßig aktuelle Daten über diverse Bereiche mit EU-Bezug liefert.

Unsere Analysen, welche den Forschungserfolg der Europäischen Union betreffen, fußen dabei auf den Daten, welche auf OpenAlex verfügbar sind. Dabei handelt es sich um eine Online Metadatenbank für wissenschaftlichen Arbeiten. Durch die Analyse dieser Daten lassen sich zuverlässig umfangreiche Einblicke in die Quantität und Qualität der europäischen Forschung erlangen. Für unsere Zwecke haben wir die Daten aus dem Zeitraum von 2015 bis 2024 verwendet, um möglichst neue und damit relevante Einblicke in den aktuellen Forschungsstand zu erhalten.

Für die Differenzierung einzelner Forschungseinrichtungen, wie es für die dritte Hypothese des ersten Teilbereiches notwendig ist, wird das THE World University Ranking 2025 verwendet. Dabei handelt es sich um ein global anerkanntes und renommiertes Ranking, welches jährlich veröffentlicht, welche Institutionen aktuell besonders leistungsfähig sind.

## 2.3 Begriffsklärung

Um einen reibungslosen Ablauf der Data Story zu ermöglichen, sollten vorab eine kurze Erklärung einiger Begriffe vorgenommen werden. Beispielsweise werden in der Data Story, welche sich mit der Forschung in der EU und seiner Ergebnisse beschäftigt, häufig der Begriff "Papier" und etwaige Synonyme hierfür verwendet. Hiermit sind jeweils Veröffentlichungen gemeint,

welche im Rahmen eines Forschungsprojektes veröffentlicht wurden, um dessen Ergebnisse wiederzugeben. Eben diese Paper sind essenzieller Bestandteil unserer Analysen, um einen tieferen Einblick in den Erfolg der Forschung der EU zu erhalten und damit ein zentraler Begriff.

Im Allgemeinen wird im Verlauf der Data Story häufig von Institutionen, Einrichtungen und Ähnlichem gesprochen. Hierbei sind jegliche Entitäten gemeint, welche sich an einem Forschungspaper beteiligt haben. Das kann ein dediziertes Forschungsinstitut sein, eine Universität oder ein Industrieunternehmen. In einigen seltenen Fällen wird speziell von Forschungsinstitutionen oder Industrieeinrichtungen gesprochen, welche jeweils eine Einschränkung der Art der Institutionen auf entweder die reine Forschung oder eben Unternehmen aus der Wirtschaft und Industrie vornehmen.

Zudem wird für die Bewertung von Forschungsleistungen, speziell mit Hinblick auf die veröffentlichten Paper, der Field-Weighted Citation Impact-Score (FWCI-Score) verwendet. Dabei handelt es sich um eine in der Wissenschaft etablierten Metrik zur Feststellung des Einflusses und damit implizit der Leistung und des Erfolgs eines Papers. Bei einem höherer FWCI-Score liegt somit augenscheinlich ein Paper mit höherem Forschungserfolg vor. Diese Metrik wird vor allem dann in unseren Analysen verwendet, wenn die Qualität der Forschungsarbeit beurteilt werden soll.

Jede Analyse wird mit statistischen Kennzahlen und Metriken unterstützt, um die Aussagen und Annahmen der Visualisierungen und Interpretationen zu bestätigen. Grundsätzlich werden hierfür lineare Regressionen sowie Korrelationsanalysen angeführt. Wichtig für ein korrektes Verständnis der Inhalte ist, dass es in unserem Fall für das auffinden von Erfolgsfaktoren von Vorteil ist, dass die Metriken möglichst nah an 1 sind. Je größer der Wert, desto stärker der beobachtete Zusammenhang. Für p-values, eine Metrik, welche das Vertrauen in die Korrelationsanalysen quantifiziert, sollten stets Werte kleiner als 0,05 entstehen.

# 3 Monetäre Förderung

Dieser Abschnitt widmet sich der zentralen Frage, wie stark finanzielle Investitionen den wissenschaftlichen Output innerhalb der Europäischen Union beeinflussen. Neben dem Zusammenhang zwischen Ausgaben und Publikationsvolumen wird auch untersucht, wie effizient verschiedene Mitgliedstaaten ihre Forschungsbudgets einsetzen. Abschließend wird analysiert, ob gezielte Investitionen in besonders leistungsstarke Institutionen einen qualitativen Mehrwert erzeugen. Damit soll ein ganzheitliches Verständnis für die Wirkung und Effizienz von Forschungsausgaben in der EU geschaffen werden.

## 3.1 Finanzielle Investitionen und Output

Wie stark hängt der wissenschaftliche Output in der Europäischen Union von den finanziellen Investitionen in die Forschung ab? Diese Frage steht im Zentrum dieser Analyse, die den Zeitraum von 2000 bis 2023 betrachtet. Als Indikator für den quantitativen Output dienen die jährlich veröffentlichten wissenschaftlichen Publikationen. Ihre Rolle als Fundament für künftige Forschung macht sie zu einem wertvollen Maßstab für die Effektivität von Forschungsförderung. Aus den finanziellen Daten sowie den Publikationszahlen wird folglich eine Zeitreihe erstellt, welche einen Einblick in die Abhängigkeit der europäischen Forschung von den eingesetzten finanziellen Mitteln ermöglichen sollen.

Die Visualisierung nun die finale Zeitreihe, in der auf der linken y-Achse die jährlichen Forschungsausgaben der EU in Milliarden Euro abgetragen sind, während die rechte y-Achse die entsprechende Anzahl an wissenschaftlichen Veröffentlichungen im jeweiligen Jahr zeigt. Bereits auf den ersten Blick ist der enge Zusammenhang zwischen den beiden Größen erkennbar. Die Punkte folgen einer klaren, fast geraden Linie. Es lässt sich daher auf den ersten Blick vermuten, dass es einen direkten, linearen Zusammenhang zwischen dem investierten Forschungsvolumen und dem quantitativen Forschungsausput der EU gibt und damit eine finanzielle Förderung dieser für den zukünftigen Forschungserfolg unerlässlich wäre.

Dieser Eindruck wird durch die statistische Analyse untermauert. Eine lineare Regressionsanalyse ergibt einen  $R^2$ -Wert von 0,94, was bedeutet, dass 94 % der Varianz der Publikationszahlen durch die Forschungsausgaben erklärt werden kann. Insgesamt lässt sich zwischen 2000 und 2023 ein durchschnittlicher jährlicher Zuwachs von 9,812 Milliarden Euro an Forschungsausgaben beobachten, dem ein Anstieg von 63.908 wissenschaftlichen Veröffentlichungen pro Jahr gegenübersteht. Pro zusätzlich investierter Milliarde Euro steigen somit die Publikationszahlen im Durchschnitt um 6.279 Paper pro Jahr.



EU Forschungsinvestitionen vs. Publikationsoutput (2000-2023)

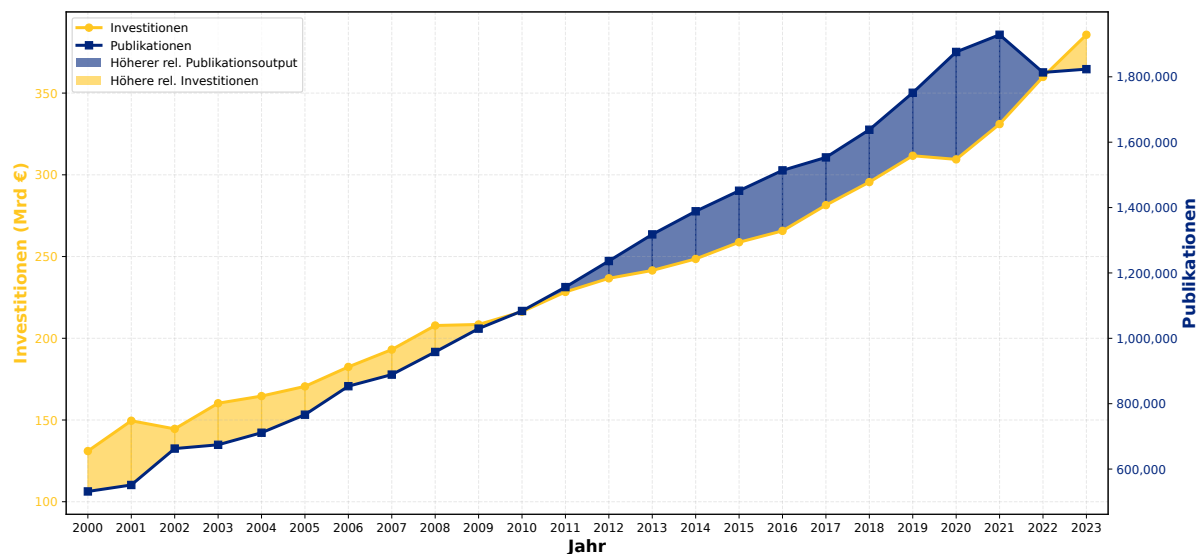


Abbildung 3.1: Zu erkennen ist ein linearer Trend zwischen dem investierten Forschungsvolumen in Milliarden Euro und der Anzahl an Publikationen in der EU für die Jahre 2000-2023

Auch die Korrelationstests bestätigen die enge Beziehung. Der Pearson-Korrelationskoeffizient beträgt  $r = 0,9708$ , der Spearman-Koeffizient liegt sogar bei  $\rho = 0,9896$ . Beide Werte deuten also auf eine extrem starke, positive Korrelation hin. Die zugehörigen P-Werte von 0.00 bestätigen die Signifikanz der Befunde.

Diese Ergebnisse liefern ein klares Bild. Forschungsausgaben in der EU korrelieren stark mit der Anzahl veröffentlichter wissenschaftlicher Arbeiten. Damit lässt sich die Hypothese eindeutig stützen, dass Investitionen in Forschung nicht nur notwendig, sondern auch direkt produktiv sind. Für die europäische Forschungspolitik bedeutet das also, dass jede Milliarde Euro Tausende zusätzliche Publikationen ermöglichen kann und damit Innovationspotenzial, wissenschaftlichen Fortschritt und langfristig auch wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden könnte.

## 3.2 Effizienzunterschiede zwischen Ländern

Wie durch die erste Hypothese dieses Teilbereichs bereits gezeigt werden konnte, sind finanzielle Investitionen in Forschung ein ausschlaggebender Faktor. Doch wie effizient werden die Gelder tatsächlich in wissenschaftlichen Output umgewandelt? Diese Fragestellung ist vor allem dann relevant, wenn zukünftig mit möglichst geringen Mitteln möglichst viel bewegt werden möchte oder ineffiziente Strukturen in der Forschung behoben werden sollen. Daher soll die Analyse dieser Hypothese die Effizienz aller EU-Mitgliedstaaten in Bezug auf ihre

Forschungsleistung untersuchen. Dabei soll die Leitfrage beantwortet werden wie viele wissenschaftliche Publikationen ein Land pro investierter Million Euro erzeugt. Hierfür wird die Anzahl an veröffentlichten Papern jedes Landes in ein relatives Verhältnis mit den hierfür investierten Forschungsgeldern gesetzt und die Ergebnisse mit einer Farbskalierung auf einer Heatmap dargestellt.

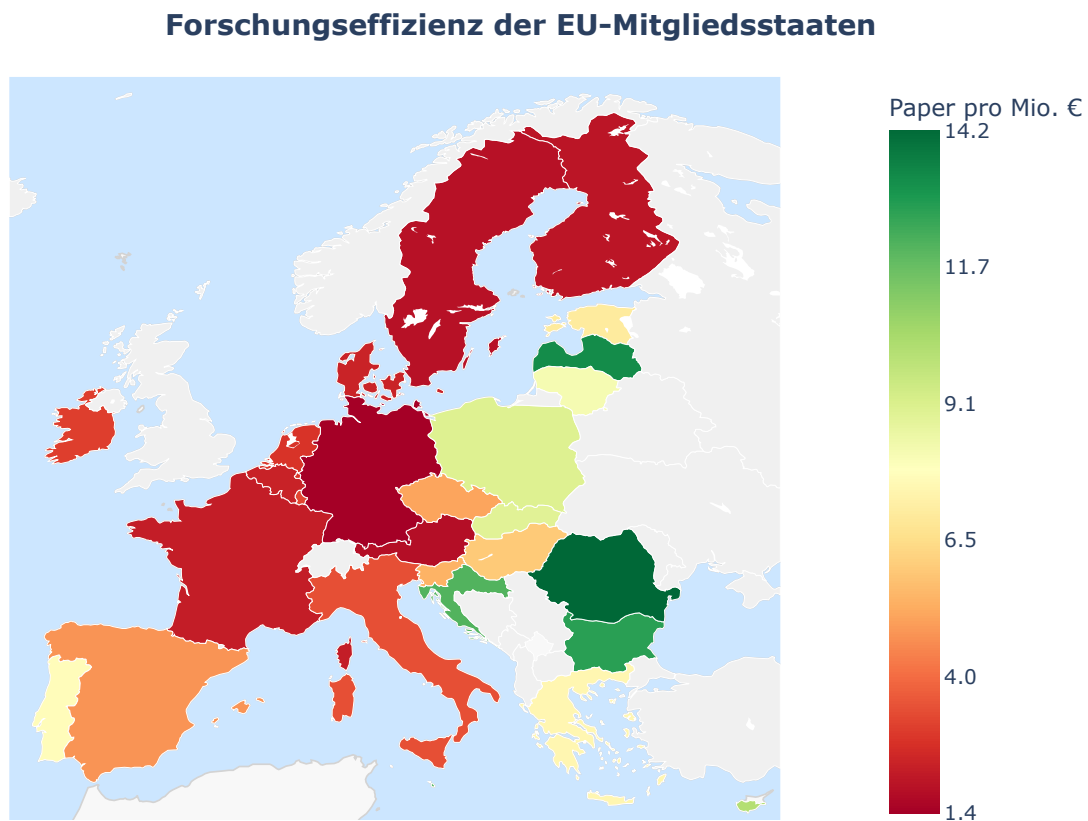


Abbildung 3.2: Auf der Heatmap sind die Länder auf einer Skala je nach ihrer Forschungseffizienzfaktor berechnet aus den Publikationen eines Landes pro Millionen Euro investiertem Forschungsvolumen. Es wird ein Ost-West-Gefälle deutlich, welches sich im Westen nochmals etwas erholt

Die zugrunde liegende Visualisierung zeigt eine Heatmap der EU-Staaten, eingefärbt nach ihrem individuellen Effizienzkoeffizienten, also der Zahl an wissenschaftlichen Publikationen pro Million Euro an Forschungsausgaben. Die Farbskala reicht von Rot, der niedrigsten festgestellten Effizienz unter den EU-Mitgliedsstaaten, bis zu Grün, der höchsten festgestellten Effizienz. Der Unterschied zwischen den Mitgliedsstaaten ist teilweise drastisch. Rumänien sticht mit einer Effizienz von 14,2 Publikationen pro investierter Million Euro als höchster Wert unter allen Ländern hervor. Deutschland hingegen liegt mit nur 1,4 Papern pro Million Euro am unteren Ende der Skala, obwohl es das Land mit 1931,49 Milliarden Euro für 2,684 Millionen Publikationen die höchsten absoluten Forschungsinvestitionen und Publikationen vorweisen kann. Im Vergleich dazu erreichte Rumänien 235.189 Publikationen mit lediglich 16,53 Milliarden Euro. Im Allgemeinen lässt sich ein gewisses Ost-West-Gefälle beobachten, welches sich in Richtung Spanien und Portugal wieder erholt.

Die zentralen statistischen Kennzahlen untermauern diese Heterogenität der beobachteten Werte. Der Median liegt bei 5,4 Publikationen pro Million Euro, was viele der wirtschaftlich stärkeren Länder, insbesondere im Westen Europas, deutlich unterschreiten. Frankreich etwa investierte 1.079,69 Milliarden Euro und produzierte dabei 2,34 Millionen Paper, was lediglich einer Effizienz von ca. 2,2 entspricht. Trotz dieser Unterschiede zeigt sich insgesamt ein klarer Zusammenhang. Ein Pearson-Koeffizient von 0,9125 sowie ein Spearman-Koeffizient von 0,9505, beide mit einem hochsignifikanten P-Wert von 0.00, sprechen für eine starke und verlässliche Beziehung zwischen der Menge an Investitionen und Output.

Was lässt sich daraus ableiten? Die Europäische Union sollte nicht nur die absolute Höhe der Forschungsausgaben betrachten, sondern gezielt auf Effizienz hinsteuern. Best-Practice-Beispiele wie Rumänien zeigen, dass mit vergleichsweise geringen Mitteln beachtliche wissenschaftliche Leistung möglich ist. Gleichzeitig sollten Länder mit geringer Effizienz untersuchen, ob strukturelle, organisatorische oder förderpolitische Hürden ihren Output hemmen. Ein inner-europäischer Wissenstransfer über förderpolitische Erfolgsfaktoren könnte hier der Schlüssel zu einer besseren Forschungsrendite sein.

### 3.3 Exzellenzeffekt von Elite-Institutionen

Nicht nur eine Förderung auf EU- oder Länderebene wie in den beiden vorherigen Hypothesen betrachtet könnte für die Forschung in der EU relevant sein, sondern auch die direkte Unterstützung einzelner Institutionen. Für solche Entscheidungen muss jedoch zunächst festgestellt werden, bei welchen Institutionen eine solche spezifische Förderung sinnvoll wäre. Die Überlegung dieses Abschnittes ist es also gezielt zu untersuchen, ob Elite-Institutionen, welche für ihren guten Ruf in Forschung und Innovation bekannt sind, tatsächlich qualitativere Ergebnisse liefern, als andere Institutionen. Hierfür werden zunächst durch ein Ranking die 50 renommiertesten Institutionen der EU gesammelt und daraufhin die Paper identifiziert, an welchen diese gearbeitet haben. Durch die Aggregation der FWCI-Scores dieser soll dann erfasst werden, ob sich Unterschiede in der Qualität der Elite-Publikationen feststellen lassen.

Wie in der Abbildung zu sehen ist, lassen sich deutliche Unterschiede in den FWCI-Scores der Paper beobachten, an welchen Elite-Institutionen gearbeitet haben. Die durchschnittliche FWCI-Bewertung von Elite-Institutionen liegt bei 2.079 und damit deutlich über dem Wert von 1.266 bei Nicht-Elite-Institutionen. Besonders bemerkenswert ist der höhere Anteil überdurchschnittlicher Publikationen bei Elite-Institutionen. Während fast die Hälfte ihrer Arbeiten einen FWCI über 1.0 erreicht, gelingt dies nur einem Drittel der Publikationen von Nicht-Elite-Institutionen. Noch größer wird der Unterschied bei besonders herausragenden Arbeiten mit einem FWCI über 2.0, wo Elite-Institutionen mit 30.7 % fast doppelt so häufig vertreten sind wie andere Forschungseinrichtungen mit 19.2 %.

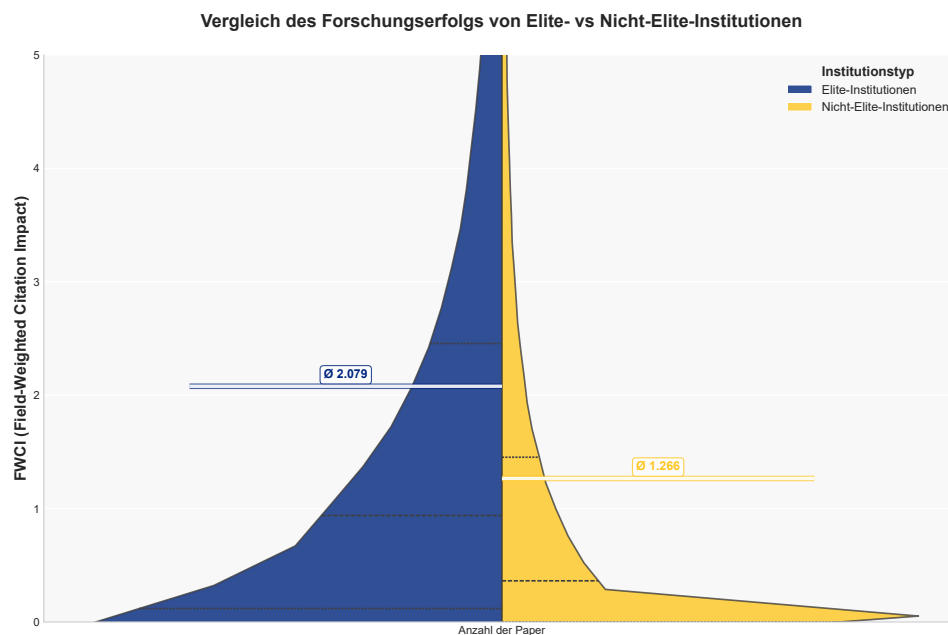


Abbildung 3.3: Es wurde eine Gruppierung der Paper vorgenommen, anhand dessen, ob eine Elite-Institution an diesem gearbeitet hat oder nicht. Die entstehenden Dichteverteilungen sowie Mittelwerte zeigen eine stark erhöhte Qualität der Publikationen von Elite-Institutionen

Die statistische Analyse bestätigt diese Unterschiede mit höchster Signifikanz. Sowohl parametrische als auch nicht-parametrische Tests zeigen p-Werte nahe null, was bedeutet, dass die beobachteten Unterschiede mit äußerster Sicherheit nicht zufällig entstanden sind. Der Student's t-Test ergab eine t-Statistik von 182.742, während der Mann-Whitney-U-Test ebenfalls eine klare Trennung zwischen den Gruppen nachweist.

Diese Erkenntnisse haben wichtige Implikationen für die Forschungsförderung in der Europäischen Union. Die Ergebnisse sprechen dafür, gezielte Investitionen in Elite-Institutionen fortzusetzen, da sie nachweislich besonders wirkungsvolle Forschung produzieren. Gleichzeitig sollten Programme entwickelt werden, die den Wissenstransfer zwischen Elite- und Nicht-Elite-Institutionen fördern, um die allgemeine Forschungsqualität zu heben. Eine differenzierte Förderpolitik könnte zudem besonders leistungsstarke Nicht-Elite-Institutionen identifizieren und gezielt unterstützen, um regionale Forschungslandschaften zu stärken.

Die Daten zeigen klar, dass institutionelle Exzellenz ein entscheidender Faktor für herausragende Forschungsleistungen ist. Eine kluge Forschungsförderung sollte dieses Erkenntnis nutzen, um die europäische Wissenschaftslandschaft insgesamt voranzubringen, ohne dabei die Bedeutung von Diversität und Chancengerechtigkeit aus den Augen zu verlieren. Die gezielte Kombination von Exzellenzförderung und breitenwirksamen Maßnahmen könnte den Weg zu einer noch leistungsfähigeren europäischen Forschungsgemeinschaft ebnen.

### 3.4 Zusammenfassung des Abschnittes

Die Analysen belegen deutlich, dass finanzielle Investitionen ein maßgeblicher Motor für wissenschaftlichen Fortschritt in der Europäischen Union sind. Je mehr Mittel in Forschung fließen, desto größer ist der wissenschaftliche Output. Doch nicht allein die Höhe der Ausgaben ist relevant für die zukünftige Gestaltung der europäischen Forschung, sondern auch ihre Effizienz. Diese variiert erheblich zwischen den Mitgliedstaaten. Einige Länder erzielen mit vergleichsweise geringen Mitteln beachtliche Ergebnisse, während andere trotz hoher Investitionen hinter ihren Möglichkeiten zurückbleiben. Darüber hinaus zeigt sich, dass auch die gezielte Förderung einzelner, besonders leistungsfähiger Institutionen ein wirksamer Hebel ist. Elite-Forschungseinrichtungen liefern nachweislich qualitativ hochwertigere Beiträge. Ihre besondere Rolle in der europäischen Forschungslandschaft sollte daher durch gezielte Unterstützung gefestigt werden, ohne dabei den Wissenstransfer zu anderen Akteuren aus dem Blick zu verlieren.

Insgesamt verdeutlichen die Befunde, dass eine differenzierte und strategische Forschungsförderung nötig ist. Eine Kombination aus mehr Investitionen, höherer Effizienz und intelligenter Schwerpunktsetzung könnte einen ernsthaften Wettbewerbsvorteil für die EU darstellen.

# 4 Institutionelle Forschungsnetzwerke

Forschung ist längst keine rein nationale oder isolierte Aufgabe mehr – vielmehr entfaltet sie ihr volles Potenzial oft erst durch gezielte Kooperationen über institutionelle und nationale Grenzen hinweg. In diesem Kapitel wird untersucht, wie sich die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Ländern auf die Qualität wissenschaftlicher Ergebnisse auswirkt. Der Fokus liegt dabei auf zwei Ebenen: Zunächst wird analysiert, welchen Einfluss die Größe institutioneller Kooperationen auf die Qualität einzelner Publikationen hat. Anschließend wird auf Länderebene betrachtet, wie stark nationale Kooperationsraten mit dem wissenschaftlichen Erfolg verknüpft sind. Ziel ist es, die Rolle wissenschaftlicher Netzwerke für den europäischen Forschungserfolg zu beleuchten und konkrete Potenziale für eine strategisch ausgerichtete Förderpolitik aufzuzeigen.

## 4.1 Kooperationsgröße steigert Qualität

Während sich der erste Teilbereich der Datastory damit beschäftigt hat, wie sich die Förderung individueller Länder oder Institutionen auf den Forschungserfolg auswirken könnte, ist das jedoch nur eine mögliche Perspektive. Eine weitere ist zu untersuchen, ob Institutionen und Länder nicht auch direkt gegenseitig voneinander profitieren können, indem sie in Kollaborationen Wissen austauschen und verstärken können, um stetig hochwertigere Fortschritte zu liefern. Unter diesem Gesichtspunkt soll diese Analyse den Zusammenhang zwischen der Anzahl kooperierender Institutionen an einem Forschungsprojekt und der Qualität der Ergebnissen, gemessen am Field-Weighted Citation Impact, untersucht werden. Dabei werden die entsprechenden Forschungsarbeit in unterschiedlich große Kollaborationen gruppiert und anschließend ihre Qualität analysiert.

Die Visualisierung zeigt sechs Violin-Charts, die die FWCI-Verteilung für unterschiedliche Kooperationsgrößen darstellen. Deutlich erkennbar ist ein positiver Trend. Mit steigender Anzahl beteiligter Institutionen verbessert sich die Forschungsqualität signifikant. Publikation, welche lediglich von einer Institution erarbeitet wurden, erreichen einen Median-FWCI von 0.988, während dieser bereits bei kleinen Kollaborationen mit zwei Institutionen auf 1.101 ansteigt. Dieser Aufwärtstrend setzt sich kontinuierlich fort. Mittlere Kooperationen erreichen 1.245, größere Verbünde 1.462 und sehr große Konsortien 1.866. Die höchste Forschungsqualität zeigen Mega-Kollaborationen mit mindestens 16 Partnern, deren Median-FWCI von 2.800 weit

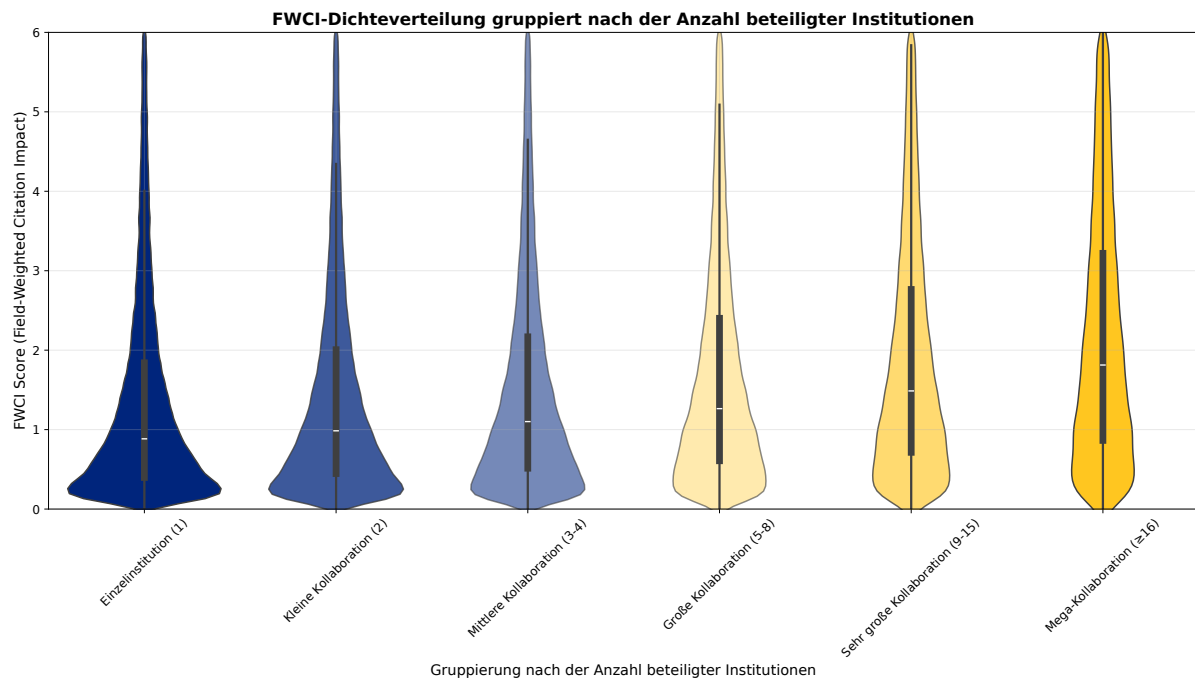


Abbildung 4.1: Durch die Gruppierung der Paper anhand der Anzahl unterschiedlicher beteiligter Institutionen ist ein Trend zu beobachten, welcher eine höhere Qualität bei größeren Kooperationsgruppen nahelegt.

über dem Durchschnitt liegt. Nicht nur die Mediane der Gruppen, sondern auch die Dichteverteilung der FWCI-Scores der Paper zeigen, dass mit zunehmender Kooperationsgröße sich die FWCI-Scores der Paper stetig weiter nach oben verlagern.

Die statistische Trendanalyse bestätigt diesen Zusammenhang mit höchster Signifikanz. Der Spearman-Korrelationskoeffizient der Mittelwerte der FWCI-Verteilung der Gruppen von exakt 1.000 und ein p-Wert von 0.000 belegen einen perfekten monotonen Anstieg des FWCI mit wachsender Kooperationsgröße.

Für die Europäische Union ergeben sich daraus klare Implikationen. Die gezielte Förderung groß angelegter Forschungsk Kooperationen sollte Priorität erhalten, da sie nachweislich hochwertigere Ergebnisse generiert. Konkret könnten spezielle Förderlinien für länderübergreifende Großprojekte etabliert werden, die institutionelle Grenzen überwinden. Gleichzeitig sollten infrastrukturelle Hürden bei der Bildung großer Konsortien abgebaut werden, etwa durch vereinfachte Verwaltungsverfahren oder digitale Kollaborationsplattformen. Besonderes Augenmerk verdient die Unterstützung von Mega-Kollaborationen, die als Qualitätstreiber fungieren und europäische Spitzenforschung international sichtbar machen. Die Erkenntnisse unterstreichen, dass wissenschaftliche Kooperation nicht nur Quantität, sondern vor allem Qualität schafft. Damit könnte dieser Erfolgsfaktor schnell zu einem strategischen Hebel für die europäische Forschungsförderung werden.

## 4.2 Nationale Kooperationsrate als Erfolgsfaktor

Einer der interessantesten Einblicke in die Auswirkungen von Netzwerkeffekten auf den Forschungserfolg entsteht durch die Betrachtung dieser auf Länderebene. Dieser ist für die EU besonders relevant, um ermessen zu können, ob gegenseitige Kollaborationen vorteilhaft für ganzen Regionen sein können, um so großflächig für Fortschritt und Wohlstand zu sorgen. Um diese Ansicht zu ermöglichen wird eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Häufigkeit institutionenübergreifender Kooperationen und dem wissenschaftlichen Erfolg in EU-Mitgliedsstaaten durchgeführt.

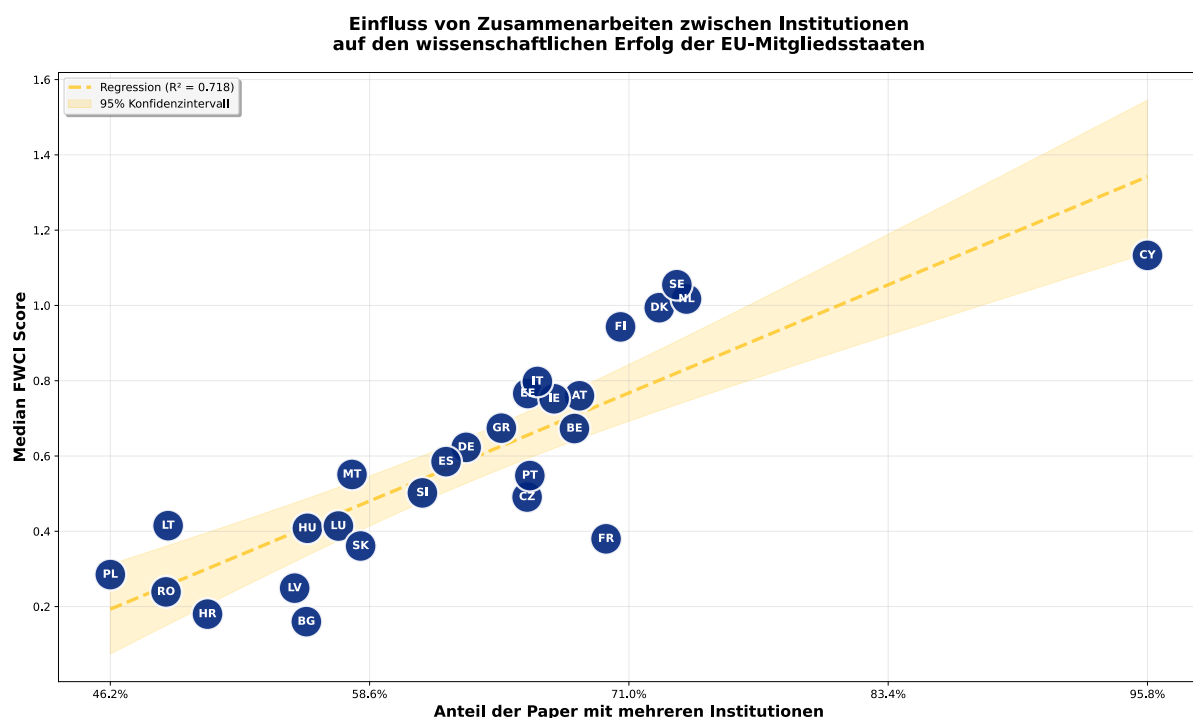


Abbildung 4.2: In der Abbildung ist zu erkennen, dass je größer der Anteil an Publikationen eines Landes ist, welcher in einer Kooperation stattgefunden hat, desto besser sind die Leistungen des Landes generell in der Forschung.

Die Visualisierung bildet den Anteil kollaborativ erstellter Publikationen pro Land gegen den Median des FWCI-Scores ab. Die Streudiagrammpunkte repräsentieren einzelne Länder, während die gestrichelte Regressionslinie den Gesamttrend verdeutlicht. Hierbei wird relativ schnell ein starker positiver Zusammenhang sichtbar. Staaten mit höheren Kooperationsraten, wie beispielsweise Dänemark mit 71.0 % oder die Niederlande mit 83.4 %, weisen deutlich überdurchschnittliche FWCI-Werte auf. Umgekehrt zeigen Länder mit geringerer Zusammenarbeit, beispielsweise Polen mit 46.2 % oder Rumänien mit 58.6 %, unterdurchschnittliche wissenschaftliche Wirkung. Die statistische Analyse bestätigt diese Beobachtung mit einem  $R = 0.847$  und einem  $R^2$  von 0.718. Demnach werden 71.8 % der FWCI-Varianz durch den Kooperationsgrad erklärt. Die Signifikanz mit  $p < 0.001$  unterstreicht die Robustheit dieses Effekts.



Für die EU-Politik ergeben sich konkrete Handlungsimplikationen. Die gezielte Förderung institutionenübergreifender Projekte, insbesondere in strukturschwächeren Regionen, könnte den Forschungserfolg steigern. Maßnahmen wie vereinfachte Förderanträge für Konsortien, länderübergreifende Infrastrukturinitiativen oder Mobilitätsprogramme für Forschende würden Synergien stärken.

### 4.3 Zusammenfassung des Abschnittes

Die Analysen zeigen klar, dass wissenschaftliche Kooperation ein zentraler Treiber für Forschungsqualität ist. Sowohl auf institutioneller als auch auf nationaler Ebene lassen sich die Vorteile für die europäische Forschung nicht von der Hand weisen. Je größer und intensiver die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen, desto höher fällt die Qualität der erzielten Ergebnisse aus. Besonders große Konsortien und länderübergreifende Partnerschaften bringen einen signifikanten Mehrwert und steigern die wissenschaftliche Wirkung spürbar. Für die Europäische Union ergibt sich daraus ein starkes Argument, Kooperationen gezielt zu fördern. Und das nicht nur durch finanzielle Mittel, sondern auch durch den Abbau administrativer Hürden und die Schaffung kollaborativer Infrastrukturen. Gemeinsame Forschung zahlt sich in Exzellenz, Sichtbarkeit und Innovationskraft aus.

# 5 Kooperation von Forschungs-institutionen und Industrie

Forschung geschieht nicht nur in Universitäten und wissenschaftlichen Instituten. Auch Unternehmen leisten einen entscheidenden Beitrag zur Wissensproduktion, insbesondere in praxisnahen und innovationsgetriebenen Bereichen. In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluss die Beteiligung von Industriepartnern auf die Qualität wissenschaftlicher Ergebnisse hat. Dabei wird einerseits untersucht, ob Länder mit einem höheren Anteil an Industriekooperationen insgesamt erfolgreicher forschen. Andererseits wird auf Publikationsebene geprüft, ob Arbeiten mit direkter Beteiligung von Unternehmen auch tatsächlich qualitativ hochwertiger sind. Ziel ist es, die Rolle öffentlich-privater Partnerschaften für den europäischen Forschungserfolg zu beleuchten und daraus gezielte Förderpotenziale abzuleiten.

## 5.1 Industriepartnerschaften für Erfolg auf Länderebene

Auch wenn bei dem Begriff "Forschung" zunächst Universitäten und Institute in den Kopf kommen, sind auch Wirtschafts- und Industrieunternehmen essenziell für die "Forschung", gerade in angewandten und häufig direkt wertbringenden Angelegenheiten. Um also gerade die Wirtschaft und den Wohlstand in der EU zu voranzutreiben, können Beteiligungen dieser Unternehmen sehr wertvoll sein. Ob sich diese Behauptung bewahrheitet und Länder, welche häufiger mit Unternehmen gemeinsam an Forschungsprojekten arbeiten auch bessere Ergebnisse liefern, soll im Rahmen der nachfolgenden Analyse festgestellt werden.

Die Visualisierung zeigt ein Gantt-Chart, in dem die Größe der Länderflächen den prozentualen Anteil an Publikationen mit Industriekooperationen repräsentiert, sortiert von hoher zu niedriger Beteiligung. Ein deutliches Muster zeigt sich im äußeren Farbring, der den Median-FWCI jedes Landes darstellt. Mit abnehmendem Kooperationsanteil sinkt tendenziell auch die Forschungsqualität des Landes. Schweden demonstriert mit 9,9 Prozent Industriepublikationen bei 565,233 Papern eine starke Verknüpfung, während Rumänien mit nur 2,5 Prozent bei 235.189 Arbeiten zurückfällt. Das wird vor allem deutlich bei der Differenz der beiden Mediane der FWCI-Scores von 1.576 für Schweden zu den 0.928 von Rumänien.

Die gelben Verbindungslinien zwischen Ländern illustrieren die absoluten Kooperationsvolumina zwischen Forschungseinrichtungen, während blaue Linien die Industriepartnerschaften eines Landes quantifizieren. Daraus lässt sich zusätzlich ableiten, dass der relative Anteil der Industriekooperationen den Forschungserfolg stärker beeinflusst als absolute Zahlen. Die statistische Analyse bestätigt dies mit einer Pearson-Korrelation von 0,68 und einer Spearman-Korrelation von 0,71, die beide auf einen signifikanten positiven Zusammenhang hindeuten. Der Kendall-Tau-Wert von 0,55 unterstreicht diese monotone Beziehung zusätzlich. Gerade mit Hinblick auf den in Relation geringfügigen Anteil von ca. 5,5 % an der Gesamtmenge an Papern mit Industriebeteiligung, gibt es wahrscheinlich noch einiges an Spielraum für weitere Verbesserungen und Ausbau des Vorsprungs in der Qualität von Industriekollaborationen.

Für die Europäische Union ergeben sich klare Handlungsimpulse. Gezielte Förderung von öffentlich-privaten Partnerschaften in Ländern mit niedrigen Kooperationsraten könnte die wissenschaftliche Leistung steigern. Initiativen sollten besonders auf qualitative Vernetzung statt reiner Quantitätssteigerung abzielen, etwa durch strukturierte Austauschprogramme oder steuerliche Anreize für Industrieprojekte. Diese Maßnahmen würden nicht nur die Wettbewerbsfähigkeit stärken, sondern auch die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in praktische Innovationen beschleunigen.

## 5.2 Einfluss von Industrie auf Publikationsqualität

In der vorangegangenen Hypothese konnte bereits festgestellt werden, dass Länder, deren Forschungseinrichtungen häufiger Kooperationen mit Industrien eingehen, einen größeren Forschungserfolg verzeichnen können. Nun gilt es ergänzend festzustellen, ob die Forschungsergebnisse, welche explizit aus solche Verbindungen entstehen am Ende tatsächlich ebenfalls von höherer Qualität sind. Die hierfür angesetzte Analyse untersucht also, ob wissenschaftliche Publikationen mit Unternehmensbeteiligung eine höhere Forschungsqualität erreichen.

Die Visualisierung vergleicht die Dichteverteilungen des FWCI für zwei Gruppen. Dazu gehören Publikationen mit und ohne Industriepartner. Beide Gruppen zeigen ähnliche Verteilungsmuster mit einer leichten Tendenz zu höheren FWCI-Werten bei industriell kooperierten Arbeiten. Publikationen mit Unternehmensbeteiligung erreichen einen mittleren FWCI von 2.090 bei einem Median von 1.350. Bei Publikationen ohne Industriepartner liegt der Mittelwert bei 2.007 und der Median bei 1.337. Insgesamt kann also nicht behauptet werden, dass sich Beteiligungen von Industriepartner in der breiten Masse positiv oder negativ auf die Qualität der Ergebnisse auswirken. Bestätigt wird diese Aussage auch durch die Betrachtung der Korrelationsanalysen. Die Ergebnisse des Student t-Test liegen mit einem Wert von 4,4556 in einem sehr geringen Bereich und weisen einen p-value von 0,00 auf. Damit belegt dieser die Abwesenheit eines Einflusses durch den Beitrag von Wirtschafts- und Industrieunternehmen, da keine wirkliche Korrelation vorzufinden ist.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Industriekooperationen wissenschaftliche Arbeiten qualitativ leicht begünstigen könnten. Die Europäische Union könnte daher gezielte Förderprogramme entwickeln, um akademisch-industrielle Partnerschaften zu stärken. Besonders vielversprechend wäre die Unterstützung von Kooperationen in Forschungsfeldern mit traditionell niedriger Industriebeteiligung, wo synergistische Effekte noch ungenutzt bleiben. Gleichzeitig sollten weitere Analysen klären, ob der beobachtete Qualitätsvorsprung auf spezifische Kooperationsformen oder Fachdisziplinen zurückgeht.

### 5.3 Zusammenfassung des Abschnittes

Die Analyse unterstreicht die zentrale Rolle industrieller Kooperationen für den Forschungserfolg in der EU. Länder, in denen Forschungsinstitutionen häufiger mit Unternehmen zusammenarbeiten, erzielen tendenziell hochwertigere wissenschaftliche Ergebnisse. Dabei scheint nicht nur die bloße Anzahl solcher Kooperationen relevant, sondern insbesondere ihr relativer Anteil an der Gesamtforschung. Auch auf der Ebene einzelner Publikationen zeigt sich ein qualitativer Vorteil, wenn Unternehmen an der Forschung beteiligt sind. Für die Europäische Union ergibt sich daraus ein klares Potenzial: Durch gezielte Förderung öffentlich-privater Partnerschaften und die Stärkung qualitativ hochwertiger Industriekooperationen kann die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit gezielt gesteigert werden.

Einfluss von Industrie-Kollaborationen auf den Forschungserfolg der EU-Mitgliedsstaaten

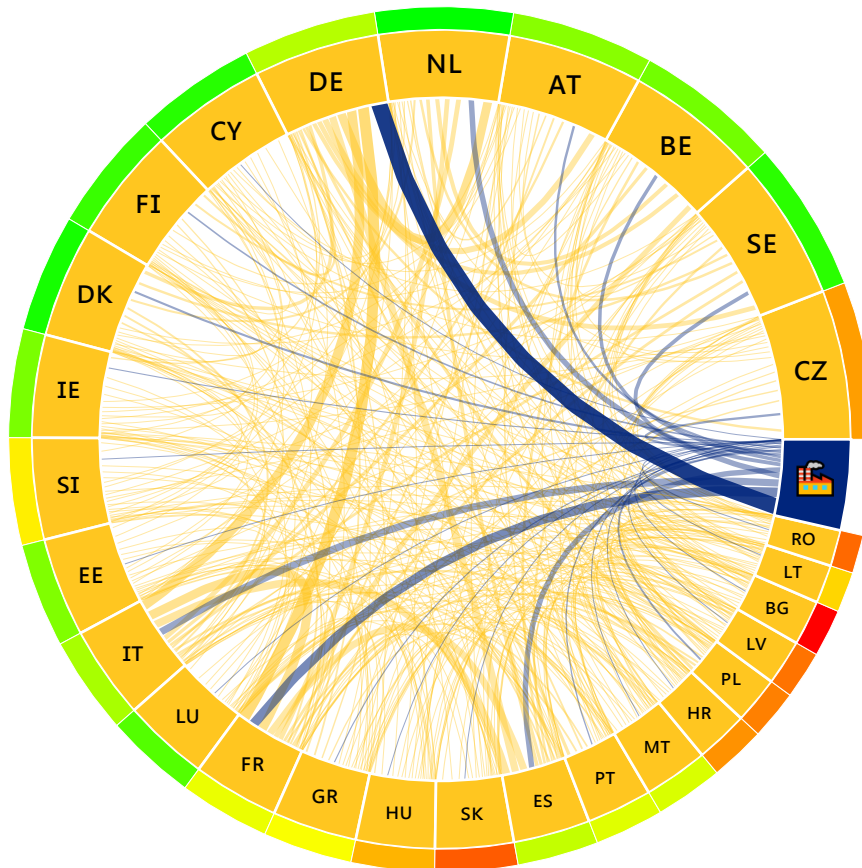


Abbildung 5.1: In der Abbildungen sind die EU-Mitgliedsstaaten anteilig dargestellt. Je größer der Anteil der Länder, desto größer die relative Anzahl an Papern, die mit der Industrie zusammen erarbeitet wurden. Die Länder sind anhand dessen absteigend sortiert. Der farbige Ring zeigt den Median-FWCI eines jeden Landes. So lässt sich identifizieren, dass je größer der relative Anteil, desto erfolgreicher das Land

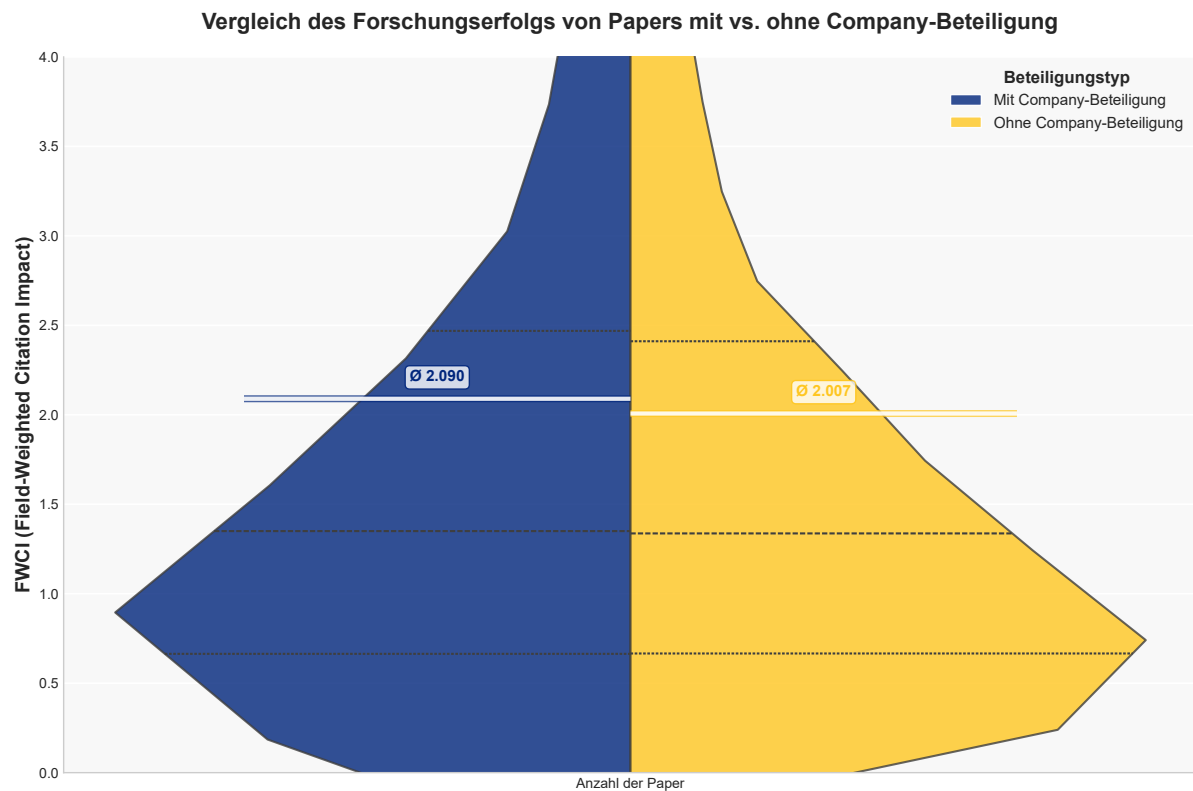


Abbildung 5.2: Durch die Abbildung ist erkennbar, dass durch die Gruppierung der Papers nach dem Faktor, ob sie mit der Industrie zusammen entstanden sind oder nicht, und die damit einhergehenden FWCI-Scores sich keine signifikanter Unterschied in der Qualität feststellen lässt

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegenden Analysen zur Forschung in der Europäischen Union zeigen ein vielschichtiges und aufschlussreiches Bild der aktuellen Lage und liefern zugleich klare Impulse für die Weiterentwicklung europäischer Förderpolitik. Drei zentrale Erkenntnisse treten dabei besonders hervor: Erstens erweist sich finanzielle Investition. Vor allem wenn sie effizient eingesetzt wird – als essenzieller Motor für den wissenschaftlichen Fortschritt. Zweitens ist institutionelle Exzellenz ein Schlüsselfaktor für besonders wirkungsvolle Forschungsergebnisse. Drittens und nicht minder bedeutsam. Kooperation, ob zwischen Institutionen, Ländern oder mit Industriepartnern, steigert signifikant die Qualität wissenschaftlicher Outputs.

Besonders deutlich tritt zutage, dass Elite-Institutionen eine herausragende Rolle für die europäische Forschung einnehmen. Ihre deutlich höheren FWCI-Werte belegen, dass gezielte Investitionen in exzellente Forschungseinrichtungen einen überproportionalen Nutzen für die Wissenschaftsgemeinschaft bringen können. Gleichzeitig darf dies nicht zu einer Vernachlässigung breiterer wissenschaftlicher Teilhabe führen. Eine nachhaltige Förderstrategie sollte sowohl Spitzenforschung absichern als auch den Transfer von Wissen und methodischer Exzellenz zu weniger etablierten Einrichtungen fördern. Der gezielte Aufbau leistungsfähiger Forschungslandschaften in strukturschwächeren Regionen könnte nicht nur zur Angleichung der Leistungsfähigkeit innerhalb Europas beitragen, sondern auch Innovationspotenziale heben, die bislang unter dem Radar bleiben.

Neben der individuellen Exzellenz einzelner Einrichtungen zeigt sich, dass Kooperationen. Insbesondere große, länderübergreifende Konsortien bringen einen erheblichen Qualitätsgewinn mit sich. Je mehr Institutionen an einem Projekt beteiligt sind, desto höher fällt der Field-Weighted Citation Impact der resultierenden Publikationen aus. Dieser Effekt ist statistisch äußerst robust und eröffnet konkrete Handlungsspielräume. Die EU sollte künftig verstärkt auf die Förderung von Großprojekten mit hohem Vernetzungsgrad setzen und gleichzeitig administrative Hürden für deren Umsetzung abbauen. Dies betrifft etwa die Vereinfachung von Antragsprozessen, die Förderung digitaler Kollaborationsplattformen oder gezielte Anreize für grenzüberschreitende Forschungsinfrastrukturen.

Auch Industriekooperationen tragen zum Forschungserfolg bei, wenn auch in differenzierter Weise. Auf nationaler Ebene zeigt sich, dass Länder mit einem höheren Anteil an öffentlich-privaten Partnerschaften durchweg bessere Forschungsleistungen erzielen. Während der Effekt auf Publikationsebene weniger deutlich ausfällt, bleibt der strukturelle Nutzen dieser Verbindungen unbestritten. Der Transfer von wissenschaftlichem Know-how in die Praxis und umgekehrt kann eine enorme Innovationsdynamik freisetzen. Für die EU-Politik bedeutet dies, dass besonders in Ländern mit bisher niedriger Beteiligung Anreize für eine stärkere Vernetzung

zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gesetzt werden sollten, sei es durch steuerliche Förderungen, Austauschformate oder gezielte Programme in technologieintensiven Sektoren.

Zusammenfassend verdeutlichen die Analysen, dass die europäische Forschungslandschaft vor allem dann erfolgreich ist, wenn sie klug investiert, strategisch vernetzt und sektorübergreifend kooperiert. Die Zukunft der europäischen Forschung wird maßgeblich davon abhängen, wie es gelingt, diese Faktoren in einer kohärenten Förderarchitektur zu bündeln. Investitionen in Exzellenz, die Förderung grenzüberschreitender Kooperationen und der Ausbau öffentlich-privater Partnerschaften sind dabei keine konkurrierenden, sondern sich gegenseitig verstärkende Strategien. Nur in ihrer integrativen Umsetzung kann die EU langfristig ihre Position als globaler Innovationsmotor festigen und Forschung zu einem verbindenden Element für Fortschritt, gesellschaftlichen Wohlstand und internationale Sichtbarkeit machen.