Projektbericht

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
FSU – Friedrich-Schiller-Universität Jena
ISG – Institut für Sozialforschung und Gesellschaftspolitik GmbH

Begleitende Evaluation des sechsten zivilen Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo-VI) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Förderzeitraum 2020–2024

Juni 2024

Impressum

Herausgeber:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
Hohenzollernstraße 1–3 | 45128 Essen, Germany

Postanschrift:
Postfach 10 30 54 | 45030 Essen, Germany
Fon: +49 201–81 49-0 | E-Mail: rwi@rwi-essen.de
www.rwi-essen.de

Vorstand
Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt (Präsident)
Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)
Dr. Stefan Rumpf (administrativer Vorstand)

© RWI 2024
Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des RWI gestattet.

RWI Datenbeschreibung

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt
Gestaltung: Magdalena Franke, Claudia Lohkamp, Sarah Rühl

Begleitende Evaluation des sechsten zivilen Luftfahrtforschungsprogramm (LuFo-VI) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Förderzeitraum 2020-2024
Juni 2024

Projektteam
Dr. Michael Rothgang (RWI/Projektleiter), Prof. Dr. Uwe Cantner (FSU),
Dr. Jochen Dehio (RWI), Lukas Dreier (FSU), Anne-Marie Scholz (ISG),
Dr. Katja Seidel (ISG)

Das Projektteam dankt Camille Brinkhof, Nicole Dridiger, Julia Heck, Denise Kleinschmidt, Marvin Liskatin und Loreen Zingler für ihre Unterstützung der Arbeiten am Bericht. Darüber hinaus danken wir Christiane Brüggemann für die redaktionelle Bearbeitung der Berichtsdatei sowie Magdalena Franke und Sarah Rühl für die Erstellung von Schaubildern. Weiterhin gilt unser Dank allen Expertinnen und Experten, die im Rahmen der Expertengespräche und der Fokusgruppen wertvolle Einsichten in die Strukturen und Prozesse von LuFo ermöglichten. Nicht zuletzt danken wir Alexandru Coman vom PT-DLR für die Unterstützung bei der Bereitstellung und Interpretation der PROFI-Daten.

1. Untersuchungsauftrag 10

2. Kontext und Programmlogik 12
2.1 Besonderheiten des Luftfahrtsektors 12
2.2 Marktunvollkommenheiten im Rahmen der Luftfahrtforschung 13
2.3 Programmziele und Programmlinien von LuFo VI 14
2.4 Untersuchungsgegenstand und Kontext der Evaluation 16
2.5 Programmlogik 17

3. Evaluationskonzept 20
3.1 Ausgangslage der Evaluation 20
3.2 Ziele und Fragestellungen 21
3.3 Methodische Grundlagen 23
3.3.1 Methoden zur Ermittlung der Programmergebnisse und -wirkungen 23
3.3.2 Schatten-Controls und Durchführung von Fokusgruppen 25
3.3.3 Technologische Fallstudien und Anwendung des Process Tracing 26
3.3.4 Standardisierte Online-Befragungen 29
3.3.5 Ökonometrische Vergleichsgruppenanalysen 35
3.4 Indikatoren und Datenquellen 36
3.5 Zusammenhang zwischen Untersuchungsmethoden und Evaluationsfragen 38

4. Programmimpuls: Programmverlauf und Förderstrukturen 41
4.1 Kontext 41
4.2 Zeitliche Struktur der Bewilligung der Förderung und Auftragsquoten 41
4.3 Bewilligte Haushaltsmittel sowie Förderquoten 43
4.4 Struktur der Zuwendungsempfänger 44
4.5 Verteilung der Fördermittel nach Bundesländern 47
4.6 Projektstruktur der Förderung 49
4.7 Gründe und Motive für die Beteiligung an LuFo VI 50
4.8 Nicht erfolgreiche Projektskizzen nach Calls 51
4.9 Herausforderungen bei der Programmumsetzung durch COVID-19 53

5. Effekte auf Inputfaktoren bei den Zuwendungsempfängern (FuE-Ausgaben und FuE-Personal) 55
5.1 Vorbemerkungen 55
5.1.1 Kausalanalyse: Hintergrund 55
5.1.2 Herausforderungen Ansatz im Kontext der Evaluation von LuFo VI 56
5.1.3 Herausforderungen bei der Kontrollgruppenanalyse im Kontext der Evaluation von LuFo VI 61
5.2 Ausweitung der FuE-Aktivitäten im Vergleich zwischen LuFo VI-geförderten und nicht-geförderten Unternehmen 62

5.2.1 Matching-Ergebnisse 62
5.2.2 Regressionsergebnisse 63
5.3 Ausweitung der FuE-Aktivitäten im Vergleich zwischen LuFo VI-1-geförderten und nicht-geförderten Unternehmen, die aber eine Skizze in LuFo VI eingereicht haben 65
5.3.1 Matching-Ergebnisse 65
5.3.2 Regressionsergebnisse 67
5.4 Ausweitung der FuE-Aktivitäten im Vergleich zwischen LuFo VI-1-geförderten und nicht-geförderten Unternehmen, die aber eine Skizze in LuFo VI-1 eigenreicht haben 68
5.4.1 Matching-Ergebnisse 68
5.4.2 Regressionsergebnisse 70

6. (Erwartete) Ergebnisse I: Output der Förderung bei den Zuwendungsempfängern 72
6.1 Unsicherheiten bei der Projektumsetzung 72
6.2 Ergebniseffekte in Hinblick auf Netzwerkbildung und Wissenstransfer 74
6.2.1 Kooperations- und Netzwerkeffekte 75
6.2.2 Wissenstransfer und -aufbau 78
6.3 Output von FuE-Aktivitäten 88

7. (Erwartete) Ergebnisse II: Outcome und Impact der Förderung bei den Zuwendungsempfängern 96
7.1 Wirkungen von FuE-Aktivitäten 96
7.2 Erwarteter Beitrag des Programms zur Erzielung zusätzlicher Umsätze und zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen 111
7.2.1 Auswirkungen des Programms auf die Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen 111
7.2.2 Auswirkungen des Programms auf den Erhalt oder die Schaffung von Arbeitsplätzen 116
7.3 Beitrag von LuFo VI zur Treibhausgasminderung 121
7.3.1 Ziele der LuFo-Projekte im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes 122
7.3.2 Beitrag der Projektaktivtäten zur Verringerung von Treibhausgas-Emissionen 126
7.3.3 Potenziale und Herausforderungen zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt insgesamt 127

8. Weitere Ergebnisdimensionen der Förderung bei den Zuwendungsempfängern 131
8.1 Heterogene regionale direkte oder indirekte Ergebnisse und Wirkungen der Förderung 131
8.2 Ergebnisse und Wirkungen in den verschiedenen Programmlinien 145

8.3 Mitnahmeeffekte oder weitere negative Programmergebnisse und -wirkungen 156

9. Ergebnisse und Auswirkungen über die Zuwendungsempfänger hinaus 162

9.1 (Technologie-)Spillovers über die Verbundpartner hinaus 162

9.2 Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb 170

10. Strategische Ausrichtung und Angemessenheit des Programms 175

10.1 Strategische Ausrichtung des Programms 175

10.2 Administrative Ausgestaltung des Programms 178

10.3 Erforderlichkeit 182

10.4 Verhältnismäßigkeit 184

10.5 Angemessenheit 186

10.6 Zielerreichung, Maßnahmenwirkungen und Wirtschaftlichkeit 186

10.7 Positive und negative Programmwirkungen 189

11. Fazit und Handlungsempfehlungen 191

11.1 Fazit 191

11.2 Handlungsempfehlungen 200

Literatur 202

Übersichtsverzeichnis

Übersicht 2.2.1 Marktunvollkommenheiten in der Luftfahrtforschung 13
Übersicht 2.3.1 Disziplinien und Beschreibung der Programmlinien von LuFo VI 14
Übersicht 3.2.1 Fragestellungen der Evaluation und Zuordnung zu den Abschnitten des Berichts 21
Übersicht 3.3.1 Methoden der Wirkungsermittlung neben Vergleichsgruppenanalysen laut Evaluationsplan 24
Übersicht 3.3.2 Mögliche Vergleichskonstellationen laut Evaluationsplan 35
Übersicht 3.4.1 Im Rahmen der Evaluation des LuFo VI zu erfassende Indikatoren 37
Übersicht 3.4.2 Datenquellen im Rahmen der Evaluation von LuFo VI 38
Übersicht 3.5.1 Beantwortung der Untersuchungsfragen mit den eingesetzten Evaluationsmethoden 39
Übersicht 9.1.1 Ergebnisse der Fallstudien: Wissenstransfer über die Zuwendungsempfänger hinaus 167
Übersicht 10.7.1 Positive und negative Wirkungen von LuFo VI 189

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.5.1 Logic chart zum Förderprogramm LuFo VI 19
Abbildung 3.3.1 Prozesslogik im Rahmen der Fallstudien 28
Abbildung 3.3.2 Prozess-Struktur und-Indikatoren für Ergebnisse und Wirkungen 29
Abbildung 4.2.1 Zeitstruktur des Bewilligungsprozesses der drei Calls von LuFo VI 42
Abbildung 4.2.2 Anzahl der Skizzen und Anträge sowie die Auftragsquote bei den drei Calls von LuFo VI 42
Abbildung 4.4.1 Bewilligte Projekte von LuFo VI nach Calls 45
Abbildung 4.4.2 Gesamtmittel der bewilligten Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Zielen und Calls in Euro 46
Abbildung 4.4.3 Anzahl der bewilligten Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Zielen und Calls 47
Abbildung 4.5.1 Anzahl der bewilligten LuFo VI-Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Bundesland 48
Abbildung 4.5.2 Bewilligte Bundesmittel im Rahmen von LuFo VI für gewerbliche Wirtschaft nach Bundesland in Euro 49
Abbildung 4.7.1 Erwartungen an die Verbundzusammenarbeit 51
Abbildung 5.1.1 Übersicht zur Aufbereitung der Datensätze für die Vergleichsgruppenrechnungen 58
Abbildung 5.2.1 Vergleichssituation 1: Wachstumsrate der Zielgrößen (2019 auf 2021) in % 63
Abbildung 5.3.1 Vergleichssituation 2: Wachstumsrate der Zielgrößen (2019 auf 2021) in % 66
Abbildung 5.4.1 Vergleichssituation 3: Wachstumsrate der Zielgrößen (2019 auf 2021) in % 69
Abbildung 6.1.1 Kategorien von Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Programmwirkungen durch die LuFo VI-Projekte 72
Abbildung 6.2.1 Bedeutung der Projektaktivitäten für die Kooperationsbeziehungen 75
Abbildung 6.2.2 Bedeutung der Projektaktivitäten der Kooperationsbeziehungen für Unternehmen 76

Abbildung 6.2.3 Bedeutung der Projektaktivitäten der Kooperationsbeziehungen für Wissenschaftseinrichtungen 77
Abbildung 6.2.4 Anzahl an Mitarbeitenden, die im Rahmen von LuFo VI-Projekten Weiterbildung nutzen 79
Abbildung 6.2.5 Anzahl an Workshops außerhalb des Projektteams 80
Abbildung 6.2.6 Anzahl an entwickelten Qualifizierungsprogrammen, Lernmodulen, Curricula in LuFo VI-Projekten 81
Abbildung 6.2.7 Kontakte zur Wissenschaft und Wissenstransfer Wissenschaft – Wirtschaft von Unternehmen durch LuFo VI 85
Abbildung 6.2.8 Kontakte zur Wissenschaft und Wissenstransfer Wissenschaft – Wirtschaft von Wissenschaftseinrichtungen durch LuFo VI 86
Abbildung 6.3.1 Anmeldung von Patenten und Schutzrechten in LuFo VI-Projekten 91
Abbildung 6.3.2 Wirtschaftliche Nutzung der Projektergebnisse von LuFo VI-Projekten 95
Abbildung 7.1.1 Auswirkungen von LuFo VI-Projektaktivitäten auf das Technologieportfolio von Wissenschaftseinrichtungen 97
Abbildung 7.1.2 Auswirkungen von LuFo VI-Projektaktivitäten auf das Technologieportfolio von Unternehmen 98
Abbildung 7.1.3 Zeithorizont für die Auswirkungen der Projekte auf die Stärkung der technologischen Marktposition und auf den Anstoß von Investitionen 105
Abbildung 7.1.4 Zeithorizont für die Auswirkungen der Projekte auf die Behauptung der Marktposition von Unternehmen und die Steigerung des Unternehmenswertes 107
Abbildung 7.1.5 Zeithorizont für die Auswirkungen der Projekte auf Kostensenkung und Einsparung von Material, Hilfsstoffen und Energie 109
Abbildung 7.1.6 Auswirkungen der LuFo VI-Projektaktivitäten auf Wissenschaftseinrichtungen 110
Abbildung 7.3.1 Ziele im Bereich Umwelt und Klimaschutz der LuFo VI-Projekte 123
Abbildung 7.3.2 Ziele im Bereich Umwelt und Klimaschutz der LuFo VI-Projekte 124
Abbildung 7.3.3 Beitrag der LuFo VI-Projektaktivitäten zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt 126
Abbildung 7.3.4 Potenziale und Herausforderungen zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt 127
Abbildung 8.1.1 Regionale Verteilung der LuFo VI-Projekte nach Art des Zuwendungsempfängers 132
Abbildung 8.1.2 Anzahl der LuFo VI-Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Regionen 133
Abbildung 8.1.3 Regionale Verteilung der Gesamtausgaben und der Bundesmittel für LuFo VI-Projekte 135
Abbildung 8.1.4 Bundesmittel für LuFo-Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Regionen in Euro 136
Abbildung 8.1.5 Regionale Verteilung der LuFo VI-Projekte, durch die Produkt- und Dienst- leistungsinnovationen bereits generiert wurden oder die planen, diese noch anzustoßen 143
Abbildung 9.1.1 Arten von Technologie-Spillovers über die Partner des Projektverbunds hinaus 164

Abbildung 9.1.2 Bereits eingetretene oder geplante Auswirkungen der LuFo VI-Projekte verbunden mit möglichen Spillover-Effekten in % der Projekte....165
Abbildung 10.6.1 Wirkungen der LuFo VI-Förderung aus Perspektive der Unternehmen 188

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.3.1 Befragungsübersicht 32
Tabelle 3.3.2 Stichprobenvergleich Online-Befragung von Projektleitungen 34
Tabelle 4.3.1 Förderung der gewerblichen Wirtschaft aus Bundesmitteln im Rahmen von LuFo VI und KTF nach Haushaltstiteln und Calls in Euro 43
Tabelle 4.3.2 Gesamtmittel, Bundesmittel und Förderquoten der gewerblichen Wirtschaft im Rahmen von LuFo VI, nach Calls 44
Tabelle 4.6.1 Projektstruktur: Aufteilung in Solitärprojekte und Projektverbünde nach Calls....50
Tabelle 4.8.1 Anzahl der eingereichten und bewilligten Skizzen der gewerblichen Wirtschaft nach Calls und Art des Zuwendungsempfängers 52
Tabelle 4.8.2 Verteilung der LuFo VI-Projekte auf die Ziele und Calls 53
Tabelle 5.1.1 Variablenübersicht für die Vergleichsgruppenrechnungen 59
Tabelle 5.1.2 Unternehmensidentifizierung für die Vergleichsgruppenrechnungen 60
Tabelle 5.2.1 Vergleichssituation 1: Matching-Ergebnis 62
Tabelle 5.2.2 Vergleichssituation 1: Regressions-Ergebnisse....64
Tabelle 5.3.1 Vergleichssituation 2: Matching-Ergebnis 66
Tabelle 5.3.2 Vergleichssituation 2: Regressions-Ergebnisse....67
Tabelle 5.4.1 Vergleichssituation 3: Matching-Ergebnis 69
Tabelle 5.4.2 Vergleichssituation 3: Regressions-Ergebnisse....71
Tabelle 6.2.1 Wissenstransfer durch Öffentlichkeitsarbeit....82
Tabelle 6.2.2 Wissenstransfer durch Öffentlichkeitsarbeit differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers....82
Tabelle 6.2.3 Wissenstransfer- und -aufbau durch Lehre und Forschung 83
Tabelle 6.2.4 Wissenstransfer durch Lehre und Forschung differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers....84
Tabelle 6.3.1 Projektstruktur und Finanzvolumen differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers....88
Tabelle 6.3.2 Bereits eingetretene und geplante Projektergebnisse differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers 90
Tabelle 6.3.3: Bereits erfolgte und geplante Patentanmeldungen in LuFo VI-Projekten differenziert nach Akteursgruppen....92
Tabelle 7.1.1 Projekte, aus denen erfolgte und geplante Innovationen hervorgehen, nach Art des Zuwendungsempfängers 99
Tabelle 7.1.2 Bereits erfolgte oder geplante Produkte/Dienstleistungen und Prozesse differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers 100
Tabelle 7.1.3 Realisierte und erwartete Auswirkungen differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers....104
Tabelle 7.2.1 Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Art des Zuwendungsempfängers....111

Tabelle 7.2.2 Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Programmlinien 113
Tabelle 7.2.3 Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Regionen....114
Tabelle 7.2.4 Bedeutung der Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Art des Zuwendungsempfängers 115
Tabelle 7.2.5 Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Art des Zuwendungsempfängers....117
Tabelle 7.2.6 Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Programmlinien....118
Tabelle 7.2.7 Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Regionen....119
Tabelle 7.2.8 Bedeutung des Erhalts und der Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Art des Zuwendungsempfängers 120
Tabelle 8.1.1 Bereits eingetretene, geplante oder nicht eingetretene Umsetzung der Ergebnisse nach Regionen....137
Tabelle 8.1.2 Bereits eingetretene, geplante oder nicht eingetretene Wirkungen der Projekte nach Regionen....139
Tabelle 8.2.1 Projektverteilung differenziert nach Programmlinien und Art des Zuwendungsempfängers....145
Tabelle 8.2.2 Gesamtausgaben differenziert nach Programmlinien....146
Tabelle 8.2.3 Projekte mit bereits eingeführten oder geplanten Produkten/ Dienstleistungen und Prozessen differenziert nach Programmlinien 147
Tabelle 8.2.4 Projektergebnisse differenziert nach Programmlinien 149
Tabelle 8.2.5 Realisierte und erwartete Auswirkungen differenziert nach Programmlinien 152
Tabelle 8.3.1 Realisierung von Projekten ohne LuFo VI-Förderung nach Art des Zuwendungsempfängers....157

1. Untersuchungsauftrag

Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse der Evaluation des sechsten Zivilen Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo VI). Mit LuFo VI fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Förderzeitraum 2020 bis 2024 Forschungsprojekte im Bereich der zivilen Luftfahrt. Ziel ist, die technologische Basis der Luftfahrtforschung in Deutschland zu verbessern. Dafür setzt das Programm an bestehenden Marktunvollkommenheiten an, die sich aus spezifischen Charakteristika des Innovationssystems in der Luftfahrtforschung in Deutschland ergeben. Mit Blick auf die Intensität der Förderung der deutschen Luftfahrtforschung spielt LuFo VI eine zentrale Rolle. Zwar werden Projekte im Luftfahrtbereich auch durch Bundesländer wie Bayern oder Hamburg im Rahmen eigener Luftfahrtprogramme sowie durch andere Bundesprogramme, wie z.B. der von 2007 bis 2017 durchgeführte Spitzencluster-Wettbewerb, gefördert. Diese Maßnahmen sind jedoch in Hinblick auf die Höhe des Fördervolumens nicht mit LuFo VI vergleichbar.

Orientierungspunkt für LuFo VI ist die strategische Forschungsagenda (*Strategic Research and Innovation Agenda* – SRIA) des Rats für Luft- und Raumfahrtforschung (*Advisory Council for Aviation Research Innovation in Europe* – ACARE). Hierin werden die Ziele für den künftigen Luftverkehr in Europa formuliert. Wichtige Eckpunkte setzt darüber hinaus die Luftfahrtstrategie der Bundesregierung. Mit dieser wird ein effizientes und nachhaltiges Luftfahrttransportsystem angestrebt, mit dem Deutschland zum technologischen Vorreiter für ein umweltfreundliches, sicheres, leistungsfähiges, wettbewerbsfähiges und passagierfreundliches Luftverkehrssystem werden soll.[1]

Grundlage der Evaluation ist die Systematik des Evaluationsplans (Cantner und Rothgang 2019), der die im Kommissionspapier zur *Common Methodology for State Aid Evaluation* (European Commission 2014) genannten Inhalte adressiert, sowie die Notifizierung des Programms (European Commission 2020), die Vorgaben in Hinblick auf die zu untersuchenden Programmwirkungen enthält. Das LuFo wurde bereits in der Vergangenheit evaluiert. Dazu gehören eine Ex-Post-Evaluation von LuFo III (2003 bis 2007) sowie eine begleitende Evaluation von LuFo IV (2007 bis 2015) (Groß et al. 2012b). Weiterhin liegt eine Evaluationsstudie zu den volkswirtschaftlichen Aspekten von LuFo IV-4 und LuFo V-1 vor (Rossen et al. 2015), zudem eine begleitende Evaluation von LuFo V-2 und LuFo V-3 in Verbindung mit einer Ex-Post-Evaluation von LuFo IV-1 bis LuFo IV-3 und LuFo V-1 (Wangler et al. 2019).

Im Mittelpunkt der aktuellen Evaluation steht die Ermittlung und Bewertung der bereits eingetretenen oder geplanten Ergebnisse und Wirkungen des LuFo VI-Programms. Dabei wurde ein Evaluationsdesign umgesetzt, das – wo dies zum Zeitpunkt der Evaluation bereits möglich war – ökonometrische Vergleichsgruppenrechnungen mit anderen Verfahren kombiniert, um möglichst abgesicherte Aussagen treffen zu können.

[1] *https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/luftfahrtstrategie-der-bundesregierung.html, Abruf vom 20.12.2022.*

Neben der Durchführung von standardisierten Online-Befragungen von Projektleitungen und Zuwendungsempfängern (Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen) waren dies technologische Fallstudien auf Ebene des Projektverbunds, die sich am Konzept des Process Tracing orientierten, sowie Fokusgruppeninterviews, mit denen die Einschätzungen von Expertinnen und Experten zu den zu erwarteten Programmwirkungen erfragt wurden (Schatten-Controls).

Der vorliegende Abschlussbericht zur Evaluation von LuFo VI ist wie folgt aufgebaut: Zunächst werden der Kontext der Evaluation und die Programmlogik (*Abschnitt 2*) sowie das Evaluationskonzept vorgestellt (*Abschnitt 3*). Danach werden der Programmverlauf und die Förderstrukturen in Hinblick auf die damit einhergehenden Programmimpulse untersucht (*Abschnitt 4*). Die Diskussion der Ergebnisse und Wirkungen orientiert sich an der Logik von Input, Aktivitäten, Output, Outcome und Impact der Förderung:

- Die Abschätzung der Effekte auf die Inputfaktoren bei den Zuwendungsempfängern bezieht sich auf die Aufwendungen und das Personal im Bereich Forschung und Entwicklung (FuE); dies betrifft die Ergebnisse und Wirkungen der Förderung bei den Zuwendungsempfängern im Vergleich zu nicht-geförderten Unternehmen (*Abschnitt 5*).
- *Abschnitt 6* diskutiert den Output der FuE-Aktivitäten sowie die Ergebniseffekte in Hinblick auf Netzwerkbildung und Wissenstransfer. Dabei werden die Ergebnisse und Wirkungen differenziert nach Großunternehmen (GU), kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) und Wissenschaftseinrichtungen (WISS) dargestellt.
- Daraufhin diskutiert *Abschnitt 7* Outcome und Impact der Förderung bei den Zuwendungsempfängern und geht dabei insbesondere auch auf die zukünftigen Wirkungen von FuE-Aktivitäten auf Umsätze, Kosten und Arbeitsplätze sowie den Beitrag der Programmlinien zur Treibhausgasminderung ein.
- Die weiteren Ergebnisse bei den Zuwendungsempfängern betreffen die Wirkungen der Förderung auf die Regionen, der verschiedenen Programmlinien sowie Mitnahmeeffekte und negative Programmwirkungen (*Abschnitt 8*).
- Auswirkungen über die Zuwendungsempfänger hinaus beziehen sich auf Spillover-Effekte sowie die Auswirkungen von LuFo VI auf Handel und Wettbewerb, die in *Abschnitt 9* dargestellt werden.
- Schließlich wird LuFo VI noch in Hinblick auf die strategische Ausrichtung, die administrative Ausgestaltung, die Verhältnismäßigkeit und die Angemessenheit der Förderung untersucht (*Abschnitt 10*).

Im abschließenden *Abschnitt* 11 werden ein Fazit gezogen und die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen diskutiert.

2. Kontext und Programmlogik

2.1 Besonderheiten des Luftfahrtsektors

Maßgeblich für die Evaluation des LuFo VI sind die Ziele des Programms sowie der Anspruch, durch die Realisierung der Programmziele die in der Programmbegründung genannten Marktunvollkommenheiten zu kompensieren. Marktunvollkommenheiten führen im Bereich der zivilen Luftfahrtforschung zu verminderter Innovationstätigkeit und damit auch zu einer verringerten ökonomischen Leistungsfähigkeit. Die Zielsetzungen und das Gesamtkonzept der Evaluation resultieren unmittelbar aus dem Erfordernis, die Frage zu beantworten, inwieweit es durch LuFo VI gelingt, die negativen Effekte von Marktunvollkommenheiten zu adressieren, die sich im Rahmen der Forschung und Technologieentwicklung im zivilen Luftfahrtsektor ergeben, und diese zu kompensieren.

Den Besonderheiten des Luftfahrtsektors wird im Rahmen der Evaluation folglich Rechnung getragen, dass besonders die Zusammensetzung der Gruppe (potenziell) geförderter Akteure sowie die zeitliche Dimension der Förderung beleuchtet werden:

- Die Anzahl der Akteure im Luftfahrtbereich (Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen) ist überschaubar. LuFo ist spezifisch auf diese Branche ausgerichtet (ca. 2.300 Unternehmen im Frühjahr 2016, SCE o. J.: 6), wobei sich alle relevanten forschungsaktiven Großunternehmen der Branche häufig mit mehreren Projekten am Programm beteiligten und gefördert wurden. Die Studie der *Initiative Supply Chain Excellence* ermittelte einen Anteil von ca. 10% an Großunternehmen mit 250 oder mehr Beschäftigten (also etwas über 200 Unternehmen), wobei ein Teil dieser Unternehmen (etwa einige aus dem Bereich Maintenance, Repair, Overhaul) nicht forschungsaktiv waren. Anders sah dies bei den etwa 2.000 KMU aus (SCE o. J.: 9), bei denen eine größere Gruppe nicht regelmäßig am Programm teilnahm.
- Der Luftfahrtsektor zeichnet sich in Hinblick auf die Zeitdimension durch lange Innovationszyklen von zehn bis 20 Jahren für die Entwicklung neuer Flugzeugmodelle aus, was zur Folge hat, dass sich die Effekte der Förderung (sog. Programmeffekte) von den Input-Effekten über den Outcome bis hin zum Impact über einen sehr langen Zeitraum erstrecken. Dieser Zeitraum kann zwischen den verschiedenen Projekten sehr stark variieren. Die damit einhergehenden Prozesscharakteristika erschweren die ökonometrische Ermittlung von kausalen Programmwirkungen.
- Neben den ökonomischen Erfolgsgrößen wie Umsatz, Gewinn oder Zahl der Beschäftigten sind auch öffentliche Güter wie Sicherheitsanforderungen und ökologische Zielsetzungen Ergebnisse der geförderten Projekte, die übergeordnete gesellschaftliche Zielsetzungen ansprechen. Eine Zielerreichung in diesen Dimensionen wird im Rahmen der Evaluation mit jeweils geeigneten Indikatoren abgebildet.

2.2 Marktunvollkommenheiten im Rahmen der Luftfahrtforschung

Übersicht 2.2.1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Marktunvollkommenheiten, die sich identifizieren lassen. Inwiefern das Programm geeignet ist, einen Beitrag zur Kompensation der identifizierten Marktunvollkommenheiten zu leisten, wird insbesondere bei der Gesamtbewertung der LuFo VI-Förderung berücksichtigt.

Übersicht 2.2.1
Marktunvollkommenheiten in der Luftfahrtforschung

Art der Marktunvollkommenheit	Beschreibung
Wissens-Spillover von kooperativen Forschungs-Projekte	Kooperative Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE-Aktivitäten) in der Luftfahrtforschung weisen ohne staatliche Intervention eine suboptimale Höhe auf, da sich Unternehmen den wirtschaftlichen Ertrag durch gemeinsame Forschung aufgrund von Externalitäten beim Wissenstransfer (etwa dem Wissensabfluss zu Kooperationspartnern) nicht vollständig aneignen können.
Innovationshemmnisse speziell bei KMU im Luftfahrtsektor	Ursachen für Innovationshemmnisse sind insbesondere eine mangelnde Ressourcenausstattung und Informationsdefizite bei den auf den hinteren Stufen der Wertschöpfungskette operierenden KMU. Diese bedingen teilweise zu geringe technologische Kompetenzen und organisatorische Defizite sowie Finanzierungshemmnisse. Die verschiedenen Innovationshemmnisse führen zu einem verringerten Ausmaß an FuE-Aktivitäten und verhindern das Erreichen eines optimalen Niveaus an FuE-Aktivitäten.
Risiken innerhalb der FuE-Prozesse	Risiken, die aus FuE-Aufwendungen und langen Innovationszyklen resultieren, können dazu führen, dass Unternehmen die erforderlichen Investitionen in Zukunftstechnologien nicht durchführen.
Gesellschaftliche Zielsetzungen	Gesellschaftliche Zielsetzungen (Sicherheit im Luftverkehr, Minimierung negativer ökologischer Effekte insbesondere in Zusammenhang mit CO_2-Emissionen) sind aus Sicht des Staates teilweise öffentliche Güter, die ohne eine staatliche Förderung nicht in optimalem Umfang bereitgestellt werden. Dies betrifft insbesondere die vorwettbewerbliche grundlagenorientierte Forschung, die gleichzeitig mit hohen Spillover-Effekten verbunden ist.
Mangel an Direktionalität kollektiver FuE-Anstrengungen	Die bei Innovationen in Nachhaltigkeit beteiligten Akteure sind aufgrund von Netzwerk- bzw. Lock-in-Effekten nur bedingt dazu in der Lage, sich selbst in Richtung gesellschaftlich erwünschter Transformationsziele zu koordinieren und kollektiv zu handeln.

Art der Marktunvollkommenheit	Beschreibung
Mangel an Nachfrageartikulation	Wandel zu mehr Nachhaltigkeit kann gebremst werden, wenn aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive wünschenswerte Produkte und Dienstleistungen nicht nachgefragt werden. Potenzielle Anbieter entwickeln dann keine bedarfsgerechten Angebote.

2.3 Programmziele und Programmlinien von LuFo VI

Ausgangspunkt der Förderung im Rahmen von LuFo VI sind die vier Zielsetzungen des Programms: „umweltfreundliche Luftfahrt", „sichere und passagierfreundliche Luftfahrt", „leistungsfähige und effiziente Luftfahrt" und „Gesamtsystemfähigkeit". Um diese Ziele zu erreichen, werden sechs Programmlinien[2] gefördert, in denen unterschiedliche Disziplinen berücksichtigt werden (*Übersicht 2.3.1*). Die LuFo VI-Förderung setzt direkt an den bereits skizzierten Marktunvollkommenheiten als ökonomische Begründung für Markteingriffe an.

Übersicht 2.3.1
Disziplinien und Beschreibung der Programmlinien von LuFo VI

Programmlinie	Disziplin/en	Beschreibung
Disruptive Technologien	- Ökoeffizienz	Es geht um die Grundlagenforschung mit einem langfristigen Zeithorizont (2030 bis 2050) durch Wissenschaftseinrichtungen (der Begriff wird im Folgenden übergreifend für Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen verwendet). Die Ziele einer „emissionsneutralen Luftfahrt" und einer „Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks und der Lärmemissionen" richten sich auf Sachverhalte, die den Charakter von öffentlichen Gütern haben, deren Verfolgung Marktunvollkommenheiten ausgleicht. Dieser Aspekt wird dadurch verstärkt, dass es sich um grundlagenorientierte Forschung handelt und die Umsetzungsperspektive langfristig ist.
KMU	- KMU	Förderung innovativer KMU der Luftfahrtbranche, wobei insbesondere auch Projektverbünde (mit Wissenschaftseinrichtungen) ermöglicht werden und die Projekte einen vorwettbewerblichen Charakter aufweisen. Die Programmlinie

[2] *Die Benennung der Programmlinien weicht zwischen LuFo VI-1 und LuFo VI-3 (Klima) etwas voneinander ab. Der vorliegende Bericht orientiert sich bei der Bezeichnung der Programmlinien an den Benennungen in LuFo VI-3 (Klima).*

Programmlinie	Disziplin/en	Beschreibung
		setzt an mehreren spezifischen Marktunvollkommenheiten an (Finanzierungsengpässe, Förderung von Netzwerkbildung Wirtschaft-Wissenschaft über Projektverbünde).
Basis-technologie	- Antriebe - Flugführung - Flugphysik - Kabine - Struktur - Systeme	Adressaten sind Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen, deren anwendungsorientierte, vorwettbewerbliche Forschung und Technologieentwicklung gefördert werden. Marktunvollkommenheiten finden sich bei der Förderung von Wissensaustausch zwischen den Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen, der Spillover-Effekte ermöglicht und die Bildung von Netzwerken fördert. Auch Risiken in Hinblick auf den zukünftigen Nutzen von Forschungsaufwendungen werden adressiert, da nur über den Marktmechanismus zu wenig FuE durchgeführt wird. Die im Rahmen der Programmlinie geförderten Themen wie umwelt- und ressourcenschonende Fertigungsprozesse besitzen einen hohen sozialen Nutzen.
Digitalisierung und künstliche Intelligenz	- Industrie 4.0 MRO - Künstliche Intelligenz	Förderung neuer Technologien, von deren Einsatz hohe externe Effekte erwartet werden (Industrie 4.0) bzw. die sich in der Vergangenheit durch spezifische Innovationshemmnisse in Marktprozessen noch nicht ausreichend entwickelt haben. Im Bereich MRO haben in der Vergangenheit gerade institutionelle und organisatorische Faktoren in den wenig forschungsintensiven Unternehmen dieses Bereichs zur Folge gehabt, dass die Forschungsaktivitäten zu gering ausfielen. Die Integration des Themas Industrie 4.0 ermöglicht insbesondere Spillover-Effekte aus Anwendungsfeldern, wie dem Automobil- und Maschinenbau.
Wasserstoff-technologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen	- (Hybrid-)elektrisches Fliegen	Ziel ist hier u.a. die Entwicklung von (hybrid-)elektrischen Antriebssystemen als Wegbereiter für disruptive Flugzeugkonfigurationen mit geringem ökologischem Fußabdruck und einem hohen gesellschaftlichen Nutzen.

Technologie-demonstration	- Demonstration	Beseitigung von Marktmängeln, indem in der Systementwicklung die Lücke zwischen industrieller Forschung und Technologieentwicklung und der Produktentwicklung geschlossen wird. Marktmängel liegen u. a. in einer suboptimalen unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit bei der Anwendung entwickelter Technologien, soweit eine Systemintegration erforderlich ist. Die gemeinsame Erstellung eines Systems (wie es ein Flugzeug ist) hat den Charakter eines Kollektivgutes, was dazu führt, dass jeder einzelne Akteur zu wenig in die gemeinsame Systementwicklung investiert.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Programmdokumenten zum Förderprogramm LuFo VI und Informationen des Projektträgers DLR.

2.4 Untersuchungsgegenstand und Kontext der Evaluation

Die Wirkungsanalysen im Rahmen der Evaluation orientieren sich an den Vorgaben der Notifizierung durch die Europäische Kommission (European Commission 2020). Grundlage bildet demnach der Evaluationsplan (Cantner und Rothgang 2019), der eine Liste von 14 Fragen zu direkten und indirekten Auswirkungen der Beihilfe auf die Beihilfeempfänger beinhaltet. Die Liste enthält Fragen zu den Anreizeffekten des Programms auf die Zuwendungsempfänger, zu Input und Aktivitäten sowie zum Output, Outcome und Impact. Die Fragen sollen anhand quantitativer und qualitativer Indikatoren beantwortet werden. Untersucht werden soll außerdem, inwieweit andere Fördermaßnahmen (wie etwa die steuerliche FuE-Förderung) ggf. besser geeignet wären, die Förderziele zu erreichen.

Untersuchungsgegenstand ist die Förderung industrieller Forschung und experimenteller Entwicklungstätigkeiten in der Luftfahrt durch das BMWK im Rahmen von LuFo VI im Zeitraum 2020 bis 2024. Neben LuFo VI werden im Untersuchungszeitraum auch Luftfahrtforschungsprojekte im Rahmen des Klima- und Transformationsfonds (KTF) der Bundesregierung gefördert. Der KTF ist ein Sondervermögen des Bundes, aus dem Maßnahmen finanziert werden, die die Transformation Deutschlands in Hinblick auf die Klimaneutralität vorantreiben sollen. Aus diesem Fonds wird in einem finanziell begrenzten Ausmaß auch die Forschung nach klimaneutralen Antriebstechnologien für die Luftfahrt gefördert (zu den bewilligten Fördersummen vgl. *Abschnitt 4*).[3] Da dieser Fonds in Anschluss an die Notifizierung des Programms aufgelegt wurde, konnte er im Rahmen der Notifizierung noch nicht berücksichtigt werden. Das durchschnittliche Jahresbudget der LuFo- und KTF-Förderung übersteigt jedoch nicht die maximale Summe von 200 Mio. €, für die die FuE-Förderung für den Luftfahrtsektor notifiziert wurde.

[3] *https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Klimaschutz-im-Verkehr/sondervermoegen-klima-und-transformationsfonds-ktf.html, Abruf vom 12.06.2024.*

Um die im Rahmen des Evaluationsplans und auch der Notifizierung aufgeworfenen Fragen beantworten zu können, werden die über den KTF geförderten Projekte im Rahmen dieser Evaluation berücksichtigt. Neben diesen Projekten fördert das BMWK auch Projekte, bei denen Wissenschaftseinrichtungen (i.S.v. Rz. 15 ee des Unionsrahmens Forschung, Entwicklung und Innovationen (Europäische Kommission 2014)) Zuwendungsempfänger sind.[4] Die Durchführung dieser Projekte kann daher beihilfefrei als nicht-wirtschaftliche Aktivität einer Wissenschaftseinrichtung gefördert werden. Auch wenn diese Projekte nicht den Beihilferegeln unterliegen und somit nicht im primären Fokus des Untersuchungsauftrags liegen, ist es aus Perspektive der Evaluation in Hinblick auf die Gesamtsicht auf das Förderfeld sinnvoll, diese in einem erweiterten Untersuchungsrahmen in die Evaluation einzubeziehen.

Weiterhin gibt es für die Untersuchung auf Seite der Projekte zwei Ebenen. Hier sind die geförderten Projekte in Projektverbünde und Solitärprojekte zu unterscheiden. Bei Solitärprojekten ist jeweils ein Akteur (bei Projekten aus dem Kreis der gewerblichen Wirtschaft ein Großunternehmen oder ein KMU) Zuwendungsempfänger. In Projektverbünden, die aus mehreren Projekten bestehen, arbeiten mehrere Zuwendungsempfänger in einem Verbund zusammen. Nur ein kleiner Anteil betrifft Solitärprojekte, die Mehrzahl der Projekte sind in Projektverbünde eingebunden (vgl. *Abschnitt 4.6*). Projektergebnisse, die im Rahmen einzelner Projekte eines Projektverbundes erzielt wurden, sind somit in der Regel jeweils ein Teilaspekt von Ergebnissen im Rahmen eines Projektverbundes.

2.5 Programmlogik

Zur Veranschaulichung der gewünschten bzw. angestrebten Funktionsweise der LuFo VI-Förderung wurde in Anlehnung an das das Logikmodell der W.K. Kellogg Foundation (ebd. 2004) eine detaillierte Programmlogik entwickelt und als Logic chart dargestellt (vgl. *Abbildung 2.5.1*). Sie basiert auf den verfügbaren Dokumenten und Informationen zum LuFo VI-Programm (Bekanntmachung, Förderaufrufe etc.) und knüpft an die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Ziele, Programmlinien und Disziplinen an. Diese Programmlogik stellt Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Inputs/Aktivitäten, Output, Outcome und Impact her (vgl. Giel 2013). Sie ermöglicht es, die Wirksamkeit der durchgeführten Projektaktivitäten zu beurteilen und festzustellen, ob die angestrebten Ziele erreicht wurden. Die Programmlogik bildet hierbei nicht nur die Ursache-Wirkungszusammenhänge programmübergreifend ab, sondern veranschaulicht auch thematische Verschiebungen über die LuFo VI-Calls hinweg. So bildet sie den seit LuFo VI-2 induzierten stärkeren Fokus auf eine klimaneutrale und umweltfreundlichere Luftfahrt ab. Die angepasste Programmausgestaltung manifestiert sich hierbei vor allem in LuFo VI-3 (Klima) mit der Zielsetzung,

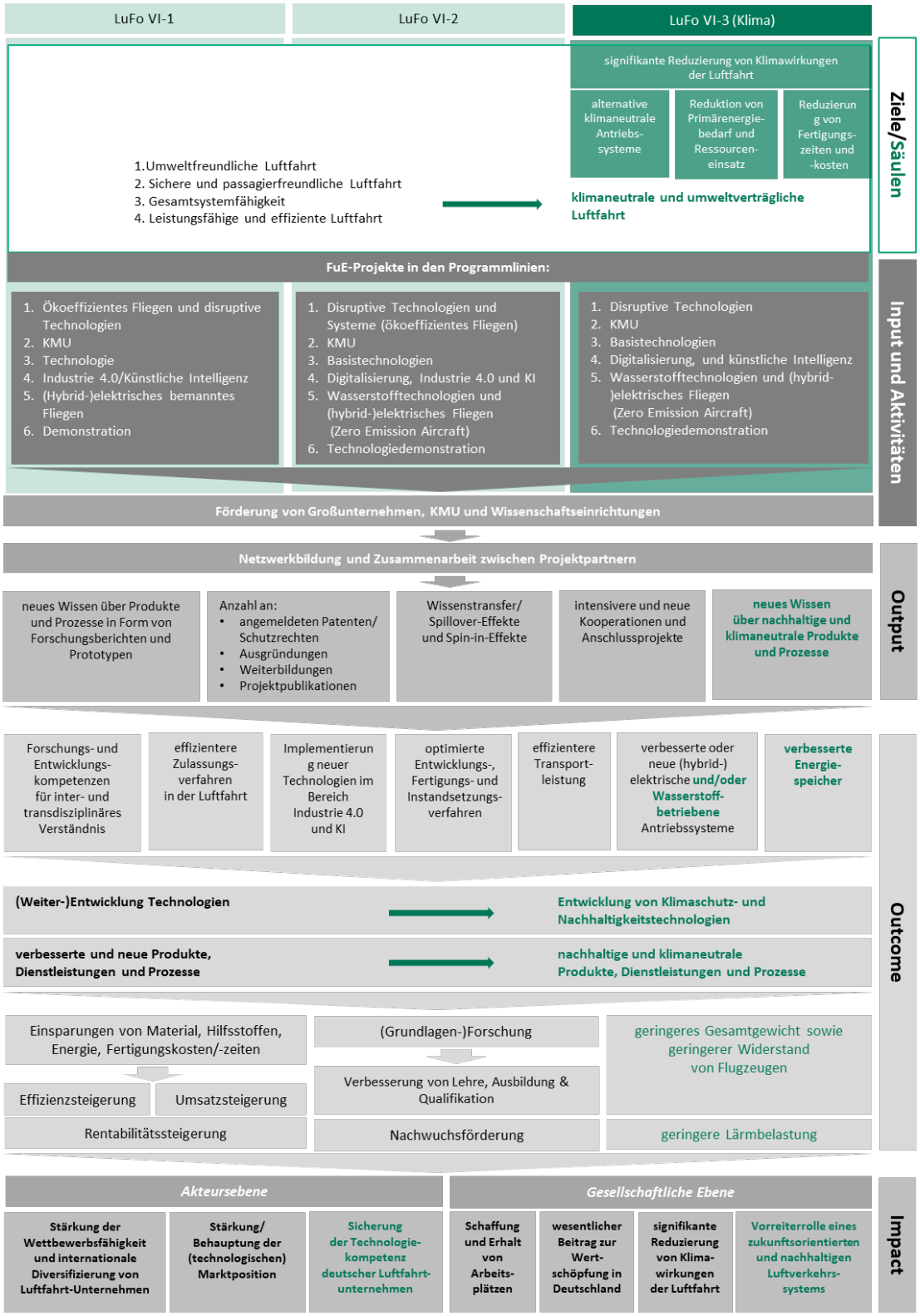
[4] *Diese unter "Wissenschaft" bewilligten Projekte sind als unabhängige und eigenständige FuE im Bereich der Grundlagenforschung, mit dem Wissen und Verständnis der zugrundeliegenden Problemstellungen vertieft werden sollen, den primären, nicht-wirtschaftlichen Tätigkeiten der Wissenschaftseinrichtung zugeordnet (vgl. Rz. 19 a, 2. Spiegelstrich des FuEuI-Unionsrahmens). Bei der Durchführung solcher Projekte findet zudem die Ausbildung qualifizierten, wissenschaftlichen Nachwuchses statt (vgl. Rz. 19 a, 1. und 3. Spiegelstrich).*

einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung von negativen Klimawirkungen in der Luftfahrt zu leisten. Damit einhergehen konkrete Output-, Outcome- und Impactverschiebungen mit einem klaren Bezug zur klimaneutralen Luftfahrt (in *Abbildung 2.5.1* in grüner Schrift hervorgehoben).

Die Vorgehensweise in den *Abschnitten 4 bis 10* in diesem Bericht, in denen die Befunde der Evaluation in Hinblick auf Ergebnisse und Wirkungen der LuFo VI-Programmförderung dargestellt sind, erfolgt entlang dieser Programmlogik. Dabei wird die angestrebte Funktionsweise der LuFo VI-Förderung (Soll) einer empirisch gestützten Prüfung unterzogen (Soll-Ist-Vergleich).

Abbildung 2.5.1

Logic chart zum Förderprogramm LuFo VI



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Programmdokumenten zum Förderprogramm LuFo VI.

3. Evaluationskonzept

3.1 Ausgangslage der Evaluation

In diesem Abschnitt wird das Untersuchungskonzept für die begleitende Evaluation von LuFo VI basierend auf den Vorgaben des Evaluationsplans und der Notifizierung konkretisiert. Dabei wird auch auf Erfahrungen aus der Vergangenheit zurückgegriffen: Für die Durchführung der Evaluationen von LuFo III und LuFo IV wurde ein Evaluationssystem für Ex-Ante-, begleitende und Ex-Post-Evaluationen des Programms entwickelt (Groß et al. 2012a). Das dort verwendete theoriebasierte Wirkungsmodell beinhaltete die Auswertung der Sekundärliteratur, die Analyse von Prozessdaten, schriftliche Befragungen, Interviews, visuelle Roadmappings und strategische Audits. Auf dieser Basis wurde ein umfassendes Indikatorensystem entworfen. Im Rahmen der vorliegenden Evaluation wurde unter Berücksichtigung des Evaluationssystems auf Basis der gegebenen Fragestellungen und des Evaluationsplans ein neues Indikatorensystem entwickelt. Darüber hinaus wurde auch das methodische Instrumentarium basierend auf den Vorgaben des Evaluationsplans (Cantner und Rothgang 2019) weiterentwickelt und konkretisiert.

Bisher gibt es für das LuFo-Programm auf der Mikroebene noch keine analytisch-quantitative Berechnung von Programmeffekten mit Hilfe ökonometrischer Verfahren. Wo dies möglich ist, kommen diese Verfahren daher zum Einsatz, um kausale Effekte der Förderung abschätzen zu können. Derartige Effekte der Förderung werden auch für verschiedene Teilaspekte abgeschätzt (Programmlinien, Unternehmen, Wissenschaftseinrichtungen). Um die Fragen nach den verschiedenen Dimensionen der Programmwirkungen beantworten zu können, stellt die Evaluationsforschung die kontrafaktische Situation in den Mittelpunkt der Analyse. Sie beschreibt, welche Effekte und Entwicklungen ohne die Maßnahme zu beobachten gewesen wären. Durch den Vergleich der Situation mit der Fördermaßnahme (direkt beobachtbar) und der Situation ohne Maßnahme (kontrafaktische Situation) kann der Maßnahmeneffekt geschätzt werden. Idealtypisch erhält man eine direkt beobachtbare Förder- und kontrafaktische Situation bei der Durchführung von zufallsgesteuerten Feldexperimenten, bei denen ein Teil der Akteure gefördert wird und ein anderer Teil der Akteure keine Förderung erhält. Ein derartiges Design kann allerdings bei den üblichen Politikmaßnahmen nicht eingesetzt werden. Entsprechend behilft man sich damit, die Bildung von (generischen) Vergleichsgruppen über den Vergleich zwischen Maßnahmen-Teilnehmenden und Nicht-Teilnehmenden vorzunehmen, anhand derer dann die Ermittlung der Programmeffekte erfolgt.

Das im Evaluationsplan skizzierte Design beruht darauf, dass generische Kontrollgruppenansätze an den Stellen genutzt werden, wo dies möglich ist. Methoden zur Bestimmung generischer Vergleichsgruppen können aber nicht zur Ermittlung aller Maßnahmeneffekte eingesetzt werden, daher kommen im Rahmen der Evaluation von LuFo VI auch andere Verfahren zur Anwendung. Dazu gehören die Bestimmung von Schatten-Controls über die Befragung von Expertinnen und Experten in Fokusgruppen, technologische Fallstudien, sowie standardisierte Online-Befragungen. Dieser Methoden-Mix erlaubt es, die Programmwirkungen in Hinblick auf die verfolgten

Zielsetzungen möglichst umfassend zu eruieren. Darüber hinaus wurden die Erfahrungen von internationalen Programmen zur Förderung der FuE im Luftfahrtsektor insbesondere bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen in den Blick genommen.

3.2 Ziele und Fragestellungen

Um vor dem Hintergrund der Ansatzpunkte und Zielstellungen von LuFo VI zu einer Gesamtbewertung des Programms zu gelangen, sind gemäß dem Evaluationsplan verschiedene Fragen zu beantworten, die im Folgenden aufgeführt sind. Darüber hinaus wurden weitere wichtige Fragestellungen identifiziert, die in der *Übersicht 3.2.1* kursiv dargestellt sind. In der letzten Spalte wird ausgewiesen, in welchem Berichtsabschnitt die Fragen adressiert werden.

Übersicht 3.2.1
Fragestellungen der Evaluation und Zuordnung zu den Abschnitten des Berichts

	Untersuchungsfragen	Abschnitt
1. Auswirkungen der Beihilfe auf die Empfänger	1.1 Wie groß war der Anreizeffekt des Programms auf die Zuwendungsempfänger?	5. bis 8.
	1.2 Inwieweit wurden Input- und Aktivitätsindikatoren (FuE-Aufwendungen und Kooperationsaktivitäten) ausgeweitet?	5.1
	1.3 Haben sich Indikatoren zum Output und Outcome von FuE-Aktivitäten erhöht?	6.2/6.3/ 7.1/7.2
	1.4 Wurde der Innovations-Output ausgeweitet bzw. hat das Förderprogramm zu einer Erhöhung der Patentaktivitäten, aber auch des wissenschaftlichen Outputs geführt?	6.
	1.5 Welche spezifischen Effekte resultieren aus den sechs Programmlinien?	8.2
	1.6 Welche Effekte hatte die Förderung auf KMU, Großunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen (Universitäten bzw. Wissenschaftseinrichtungen)?	6.2/6.3/ 7.1/7.2
	1.7 Wie groß war der unmittelbare Ergebniseffekt?	5.1
	1.8 Welche Anreizeffekte ergeben sich kurzfristig im Vergleich zu nicht-geförderten Unternehmen, in Hinblick auf die mittelfristige Entwicklung des FuE-Budgets und im Vergleich zu anderen Förderprogram-	5.2
	1.9 Wie groß war der mittelbare ökonomische Ergebniseffekt?	6.3
	1.10 Welche zusätzlichen Ergebniseffekte haben sich bei mittelbaren, nicht-monetär erfassbarem Output und Outcome ergeben?	8.

	Untersuchungsfragen	Abschnitt
2. Fragen zu den indirekten Wirkungen	2.1 Sind indirekte Effekte (in Hinblick auf Technologie-Spill-overs in andere Unternehmen, Industrien und Branchen und die Technologieentwicklung dort) zu beobachten?	9.1
	2.2 Hatte die Förderung potenzielle indirekte negative Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb im Luftfahrtsektor oder in anderen Sektoren?	9.2
	2.3 Gibt es Hinweise auf Mitnahmeeffekte bzw. negative Programmwirkungen?	8.3
	2.4 Falls dies der Fall ist, haben die positiven Auswirkungen in Bezug auf die Zielerreichung die möglichen negativen Auswirkungen überwogen?	10.6
	2.5 Lassen sich regional heterogene direkte und indirekte Effekte der Förderung feststellen?	8.1
3. Fragen zur Verhältnismäßigkeit und Angemessenheit der Maßnahme	3.1 Hätten dieselben Wirkungen mit einem geringeren Fördervolumen oder einer anderen Art von Förderung erreicht werden können?	10.3-10.6
	3.2 Wären andere Fördermaßnahmen oder eine andere Ausgestaltung der Förderkonditionen besser geeignet gewesen, um das Ziel der Förderung zu erreichen?	10.3-10.6
	3.3 War die Maßnahme in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und übergeordnete Zielsetzungen wirtschaftlich?	10.7
4. THG-Emissionsminderung	4.1 Welchen Beitrag leistet LuFo VI zur Minderung von Treibhausgas (THG)-Emissionen im Luftverkehr?	7.3
	4.2 Was ist der Beitrag einzelner Programmlinien zur Minderung von THG-Emissionen?	7.3
5. Erhalt/ Schaffung von Arbeitsplätzen	5.1 Welchen Beitrag leistet LuFo VI in Bezug auf den Erhalt oder die Schaffung von Arbeitsplätzen?	7.2
	5.2 Welche zukünftigen Effekte in Hinblick auf Beschäftigung bzw. Umsätze sind zu erwarten?	7.2

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis des Evaluationsplans zum Förderprogramm LuFo VI. Kursiv dargestellt sind Fragen, die nicht Bestandteil des Evalautionsplans waren und vom Evaluationsteam ergänzt wurden.

Im Rahmen eines Gesamtbilds der Förderwirkungen wurde auch die Frage untersucht, inwieweit LuFo VI als Beihilfemaßnahme die Voraussetzungen der Geeignetheit und Angemessenheit erfüllt und, ob das Programm dem adressierten Problemfeld angemessen ist. Diese Fragen ergeben sich aus der Aufgabe der Evaluation,

einen Beitrag zur *Erfolgskontrolle gemäß Verwaltungsvorschrift zu § 7 Bundeshaushaltsordnung* zu leisten. Zweck ist es, festzustellen, (i) in welchem Ausmaß die angestrebten Ziele erreicht werden (Soll-Ist-Vergleich), (ii) ob die Maßnahme geeignet und ursächlich für die Zielsetzung ist (Wirkungskontrolle, wobei auch alle beabsichtigten und unbeabsichtigten Maßnahmenwirkungen ermittelt werden) und (iii) ob die Maßnahme wirtschaftlich ist (in Hinblick auf den Ressourcenverbrauch und die übergeordneten Zielsetzungen). In diesem Rahmen wurde weiterhin untersucht, ob dieselben Wirkungen mit einem geringeren Fördervolumen oder einer anderen Art der Förderung hätten erreicht werden können und ob andere Fördermaßnahmen oder anders ausgestaltete Förderkonditionen besser geeignet wären, um das Ziel der Förderung zu erreichen (vgl. auch European Commission 2014: 7).

3.3 Methodische Grundlagen

3.3.1 Methoden zur Ermittlung der Programmergebnisse und -wirkungen

Aufgrund des Evaluationszeitraums, aber auch wegen der Komplexität der ursächlichen Zusammenhänge bei der Förderung, können mit Hilfe eines Vergleichsgruppenansatzes kausale Effekte der Förderung nur für einen Teil der relevanten Indikatoren ermittelt werden. Um zu einer umfassenden Einschätzung der Programmwirkungen zu kommen, wurde daher ein Vorgehen gewählt, das diese beiden weiteren Elemente enthält:

- Einschätzungen von Expertinnen und Experten im Rahmen von Schatten-Controls, die einen komplementären Ansatz bilden, um Aussagen über verschiedene Dimensionen der Programmwirkungen absichern zu können (Bjurulf et al. 2012).
- Kenntnisse über die Wirkungsmuster der Förderung, wie sie im Rahmen technologischer Fallstudien mit dem Verfahren des Process Tracing untersucht werden (Rothgang und Lageman 2021). Diese bieten wichtige Informationen über die Wirksamkeit des LuFo VI auf der Programmebene.

Daher erwies es sich als sinnvoll, diese weiteren Module in die Evaluation des LuFo VI zu integrieren, die eine komplementäre Ergänzung zu den Vergleichsgruppenrechnungen darstellen (*Übersicht 3.3.1*).

Übersicht 3.3.1
Methoden der Wirkungsermittlung neben Vergleichsgruppenanalysen laut Evaluationsplan

Ansatz	Beschreibung
Schatten-Controls	Vorgehen: Entwicklung der Ergebnisindikatoren auf Projektebene, dann Schätzung der Programmeffekte auf Basis plausibler Angaben von Expertinnen und Experten. Integration der Schatten-Controls einerseits über die Befragung von Projektleitungen und Zuwendungsempfängern und andererseits über Einschätzungen von Expertinnen und Experten im Rahmen der Fokusgruppen. Um die Neutralität bei der Beantwortung der Fragen sicher zu stellen, wurden –soweit möglich – Expertinnen und Experten einbezogen, die nicht-geförderte Akteure im Rahmen von LuFo VI sind.
Technologische Fallstudien	Vorgehen: Nachverfolgung der Transferprozesse über technologische Fallstudien mit der Anwendung der Methode des Process Tracing. Im Rahmen der Untersuchungen stehen im Mittelpunkt: (a) die Bedeutung der Projekte im technologischen und akteursbezogenen Kontext und (b) Impulse, die von diesen innerhalb der beteiligten Akteure (Absorption von Wissen und ausgelöste Effekte) und zwischen den beteiligten Akteuren ausgehen (Spillover-Effekte).

Quelle: Eigene Darstellung.

Ein ursprünglich vorgesehener Vergleich mit internationalen Programmen der Luftfahrtforschung wurde nicht im geplanten Umfang durchgeführt. Der Grund dafür war, dass für solche Programme relativ wenige Informationen verfügbar sind. Die internationalen Erfahrungen wurden dennoch im Rahmen der Fokusgruppen diskutiert und spielten bei den Fallstudien eine Rolle. Diese Erkenntnisse flossen insbesondere bei der Abschätzung der Programmeffekte über die Zuwendungsempfänger hinaus und der Entwicklung von Handlungsempfehlungen mit ein. Dafür wurde in die technologischen Fallstudien ein fünftes Projekt mit aufgenommen, das in Hinblick auf künftige Schwerpunktsetzungen von Luftfahrtforschungsprogrammen eine besondere Bedeutung hat. Darüber hinaus erwies es sich als sinnvoll, die Zahl der Interviews gegenüber den ursprünglichen Planungen auszuweiten.

Auch die Selbsteinschätzungen der handelnden Akteure, wie sie mit Hilfe der durchgeführten Online-Befragungen ermittelt werden konnten, haben im Rahmen der Evaluation einen hohen Stellenwert. Sie sind allerdings aufgrund der direkten Involvierung der Akteure mit einer gewissen Verzerrung verbunden. Dem ist bei der Analyse Rechnung zu tragen. Wo immer es möglich war, sind die Befunde über die Triangulation von Untersuchungselementen abgesichert worden, indem die unterschiedli-

chen Akteursperspektiven, Datenquellen und Analysestrategien (qualitativ und quantitativ) im Evaluationsdesign berücksichtigt und systematisch miteinander verzahnt wurden. Ziel war es, dass mit einer Methode erhobene Befunde abgesichert werden konnten (Wasserstein et al. 2019: 3). Diese Vorgehensweise ermöglichte eine umfangreiche Abbildung der Entwicklung zentraler Indikatoren für den Programmerfolg, während gleichzeitig der bestmögliche Methoden-Mix zur Anwendung kam, um kausale Programmeffekte zu identifizieren. Zum Einsatz kamen die folgenden Erhebungs- und Auswertungsmethoden:

Auswertung vorhandener Dokumente und Daten zur Förderung

Eine systematische Analyse von förderrelevanten Dokumenten (z.B. Bekanntmachungen, Förderrichtlinien, Notifizierung, Projekt- und Sachberichte, Verwendungsnachweise) und Förderdaten (PROFI-Daten) war für die erste Annäherung an den Untersuchungsgegenstand unerlässlich. Hierbei wurde das Material – je nach Ergiebigkeit – systematisch gesichtet und sodann dezidiert statistisch bzw. inhaltsanalytisch ausgewertet. Die zugrundeliegenden PROFI-Daten basieren auf dem Datenstand vom 20.02.2024. Bei der Auswertung der PROFI-Daten nach Art des Zuwendungsempfängers bzw. für die Verteilung der Projekte nach Bundesländern oder Regionen wurde die jeweils ausführende Stelle betrachtet.

Auswertung von sekundärstatistischen Daten und Literatur

Ohne Rückgriff auf sozio-ökonomische Rahmenbedingungen und wissenschaftliche Studien zur Förderung im Rahmen des LuFo VI kann der Kontext der Förderung nicht hinreichend erfasst werden. Ferner fällt eine Einordnung der selbst gewonnenen Ergebnisse ohne eine Kontextualisierung des Untersuchungsgegenstands schwer. Daher wurden im Rahmen der Evaluation auch sozio-ökonomische Daten, einschlägige wissenschaftliche Publikationen sowie die bisherigen Evaluationsstudien zu LuFo herangezogen.

3.3.2 Schatten-Controls und Durchführung von Fokusgruppen

Die Ermittlung von Schatten-Controls ist eine Verfahrensweise, um weitere Erkenntnisse zu kausalen Effekten der Förderung zu erhalten. Dabei wird das Wissen von Expertinnen und Experten genutzt, die aus ihrer professionellen Erfahrung, Einblicke in die Effekte einer Fördermaßnahme erlangt haben (Bjurulf et al. 2012: 59), um (primär qualitative) Indikatoren für zu beobachtende Ergebnisse nach der Förderung zu erheben. Die gewonnenen Expertinnen- und Experteneinschätzungen wurden herangezogen, um Aussagen zu wahrscheinlichen Fördereffekten treffen zu können. Bei der Ermittlung der Schatten-Controls wurde wie folgt vorgegangen, um die Befunde zu den Wirkungsmustern der Förderung abzusichern:

- Im Rahmen der Befragung von Projektleitungen und geförderten Akteuren (Zuwendungsempfängern) wurde neben beobachteten Wirkungen der Förderung auch nach den aus Sicht der Interviewpartnerinnen und Interviewpartner zu erwartenden Wirkungen gefragt.

- Die Ergebnisse wurden einer Einschätzung neutraler Expertinnen und Experten gegenübergestellt, um im Vergleich von internen und von diesen unabhängigen externen Einschätzungen zu einer realistischen Gesamteinschätzung zu gelangen.
- Auch die Ergebnisse des Process Tracing halfen darüber hinaus bei der Bewertung der geäußerten Einschätzungen.

Für die Schatten-Controls wurden Fokusgruppen durchgeführt, um Erkenntnisse zu erhalten, welche möglichen Ergebnisse und Wirkungen aus den durch das LuFo VI geförderten Projekten resultieren können. Teilnehmende dieser Fokusgruppen waren Personen aus Wissenschaft und Wirtschaft, die Expertise in den relevanten thematischen Feldern vorzuweisen haben, aber nicht an den geförderten LuFo VI-Projekten beteiligt waren. Die Ergebnisse der Fokusgruppen tragen zu Einschätzungen von verschiedenen Wirkungsdimensionen des LuFo VI bei. Die Methode der Fokusgruppe eignet sich hierfür gut. Ziel ist es nicht, Übereinstimmungen zwischen den Teilnehmenden der Diskussion zu erzielen, sondern durch die bewusst heterogen gewählte Zusammensetzung von Fokusgruppen möglichst viele unterschiedliche Facetten eines Themas zur Sprache zu bringen (vgl. Littig and Wallace 1997). Aus diesem Grund werden sie oft im Rahmen von Multi-Methods-Designs, z.B. zur Exploration quantitativer Erhebungen, eingesetzt (vgl. Breitenfelder et al. 2004). Es wurden sechs Fokusgruppen mit je fünf Expertinnen und Experten durchgeführt (zwei in Hamburg, vier in Essen) und die Ergebnisse protokolliert. Die insgesamt 15 Teilnehmenden der Fokusgruppen waren an jeweils zwei Fokusgruppen beteiligt.

3.3.3 Technologische Fallstudien und Anwendung des Process Tracing

Fallstudien sind ein formalisiertes und weit verbreitetes Verfahren der qualitativen Forschung. In deren Rahmen steht das Verständnis des einzelnen Falls (case) – im vorliegenden Fall ausgewählter Projektverbünde und die dadurch angestoßenen Entwicklungen zwischen und in den einzelnen Organisationen sowie die Interaktion mit ihrer Umwelt – im Mittelpunkt (Yin 2018). Im Rahmen der Erstellung dieser technologischen Fallstudien kam das Verfahren des Process Tracing zum Einsatz. Hierzu wurden explorativ-qualitative Interviews mit Expertinnen und Experten geführt. Neben einer Einzelerfassung von Projektaktivitäten konnten auf Basis der Interviews vor allem Interdependenzen zwischen verschiedenen Projektaktivitäten und mit externen Akteuren herausgearbeitet und (Wechsel-)Wirkungen sowie indirekte Förderwirkungen identifiziert werden. Auf dieser Grundlage ließen sich vertiefte Aussagen zu den Ergebnissen und möglichen künftigen Wirkungen der Förderung ableiten (s. dazu auch Collier 2011).

Im Rahmen von vier technologischen Fallstudien zur Umsetzung der LuFo VI-Förderung auf Ebene der Projektverbünde wurde das Process Tracing genutzt. Dieses Verfahren eignet sich, um Zusammenhänge zwischen Programmimpuls und späteren erwarteten Wirkungen in Fallstudien näher zu beleuchten. Darauf aufbauend können unter bestimmten Umständen Ergebnisse auf andere Kontexte übertragen werden (Beach and Pedersen 2019). Dabei musste die Vorgehensweise angepasst werden,

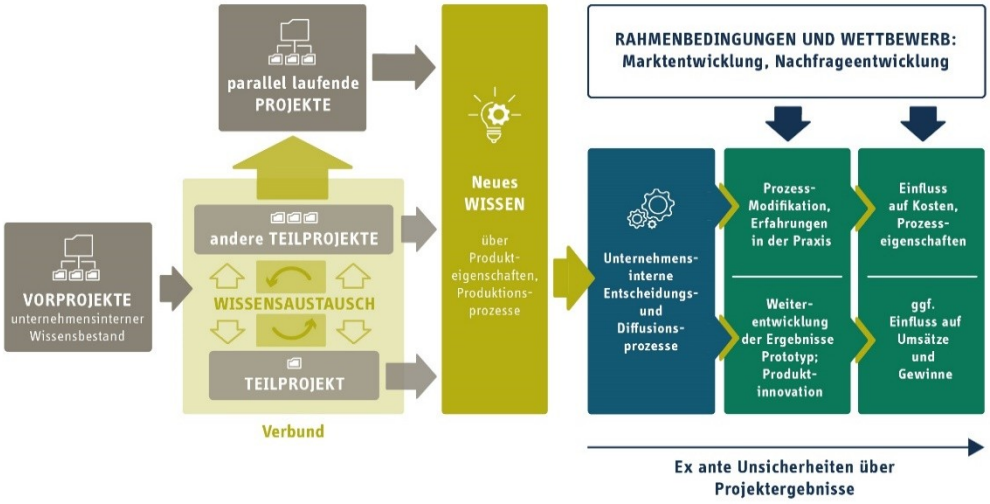
da es bei den im Rahmen dieser Evaluation betrachteten Projektwirkungen zum Großteil um erwartete künftige Wirkungen geht.

Für die Fallstudien wurden die zu untersuchenden Projekte so ausgewählt, dass sie sich auf verschiedene Programmziele verteilen und sowohl Projekte mit Hochschulen und Wissenschaftseinrichtungen als auch solche mit KMU und Großunternehmen umfassen. Darüber hinaus wurde ein fünftes Projekt herangezogen, um speziell die Rolle von LuFo hinsichtlich des Ziels der Erreichung der Klimaneutralität und den damit erforderlichen Anpassungen im Bereich der Turbine näher zu beleuchten (hier wurde nur die Leitung des Projektverbunds befragt). Die ausgewählten Projektverbünde adressieren dabei unterschiedliche Programmziele und Arten des Wissenstransfers. Mittels der technologischen Fallstudien wurden verschiedene Aspekte der Forschungsprojekte beleuchtet und in ihrer Entwicklung nachgezeichnet:

- Zunächst wird nach der technologischen Bedeutung der Projektverbünde und deren Rolle im Kontext des Innovationsgeschehens insgesamt gefragt.
- Der Forschungsprozess selbst innerhalb und zwischen den beteiligten Akteuren wird beleuchtet.
- Gleichzeitig wird die Einbettung in Projektfamilien sowie die Nutzung von Projektergebnissen in verschiedenen Kontexten im Anschluss an das Projektende untersucht (Nachfolgeprojekte, aber auch gegenseitige Befruchtung von laufenden Projekten, Diffusion von Projektergebnissen innerhalb der Unternehmenskontexte).
- Dabei steht insbesondere auch die Wissensdiffusion innerhalb und zwischen den Unternehmen im Mittelpunkt.
- Weiterhin wird die Bedeutung der Projektverbünde und deren Ergebnisse im Rahmen des Gesamtsystems der Luftfahrtforschung untersucht.

Ziel war es, Erkenntnisse über typische Muster der Wirkungen von geförderten Projekten zu erlangen, die einen Beitrag zum Verständnis des Wirkungsmusters von LuFo VI leisten. Die zu untersuchende Projekte wurden sowohl aus bereits laufenden Projekten von LuFo VI als auch aus abgeschlossenen Projekten aus LuFo V gezogen. Es wurden insgesamt 26 explorative Interviews mit Projektleitungen von Projektverbünden und Einzelprojekten geführt. Die Interviews wurden auf Basis von Gesprächsleitfäden strukturiert, wobei bewusst eine Offenheit gewahrt wurde, sodass auch eigene Inhalte und Themen der Interviewpersonen berücksichtigt werden konnten. Sofern die Zustimmung der jeweiligen Personen erteilt wurde, wurden alle Interviews transkribiert und im Anschluss inhalts-analytisch mit Hilfe von MAXQDA ausgewertet. *Abbildung 3.3.1* zeigt die Prozesslogik, die den Fallstudien zugrunde lag.

Abbildung 3.3.1
Prozesslogik im Rahmen der Fallstudien



Quelle: Eigene Darstellung.

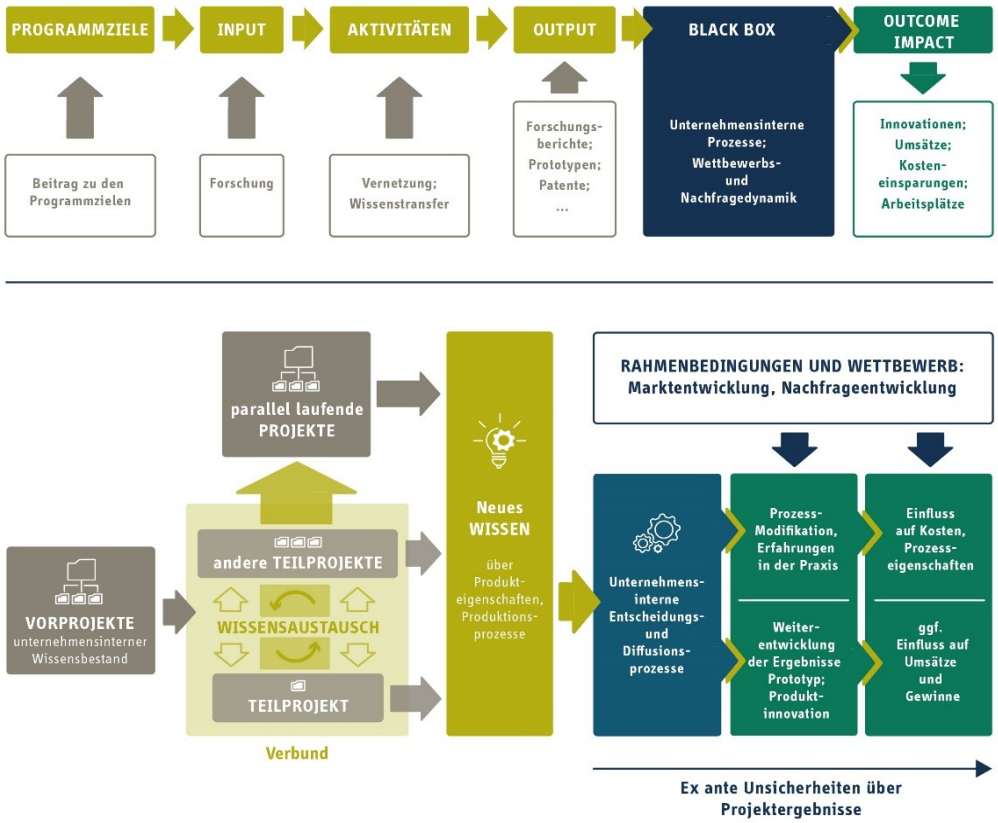
Die Untersuchungen orientierten sich an einem Zeitstrahl, der sich von den häufig vorhandenen Vorprojekten über den Austausch innerhalb der Projektverbünde bis hin zu den Ergebnissen und Wirkungen, die in Anschluss an die Projektdurchführung angestoßen wurden und noch werden, erstreckt. Letztere können in der Regel noch nicht näher betrachtet werden, sie sind aber mitentscheidend für die später zu beobachtenden Ergebnisse. Dazu gehören:

- die Entscheidung über die Durchführung anschließender FuE-Projekte,
- die Entscheidung über die Markteinführung eines Produkts oder die Durchführung einer Verfahrensinnovation,
- die aus diesen Entscheidungen resultierenden Ergebnisse und die zahlreichen Einflussfaktoren, die letztlich die Ergebnisse bestimmen (Marktumfeld, staatliche Entscheidungen, Entwicklungen innerhalb der Wertschöpfungskette etc.) und
- Unsicherheiten verbunden mit den verschiedenen Prozess- und Ereignisstufen.

Abbildung 3.3.2 stellt den Zusammenhang zwischen den gerade skizzierten Prozessen, in die die Forschungsprojekte eingebunden sind, und den Ergebnisindikatoren der Förderung dar. Zunächst zeigt diese Darstellung, dass derzeit viele Projekte im Rahmen von LuFo VI noch laufen, sodass hauptsächlich Indikatoren des Programminputs und der mit der Programmdurchführung verbundenen Aktivitäten aktuell beobachtet werden können. Output-, Outcome- und Impactindikatoren können derzeit zum größten Teil nur für die Zukunft abgeschätzt werden, was auch die Ergebnisse aus den standardisierten Online-Befragungen bestätigen. Gleichzeitig zeigt sich, dass

durch die skizzierten Prozesse im Anschluss an die Projektdurchführung die Sicherheit hinsichtlich der Programmergebnisse auf der Input-, Output- und Aktivitätsebene relativ hoch ist. Auf der Ebene des Outcomes und Impacts müssen die Unsicherheiten in den Blick genommen werden, die bei internen Entscheidungsprozessen der Akteure, bei Prozessen des Wissenstransfers sowie dem Einfluss von Marktmechanismen und der Politik auf Outcome und Impact der Förderung existieren.

Abbildung 3.3.2
Prozess-Struktur und-Indikatoren für Ergebnisse und Wirkungen



Quelle: Eigene Darstellung.

3.3.4 Standardisierte Online-Befragungen

Einen weiteren Erhebungsbaustein bildet die in zwei Modulen durchgeführte Online-Befragung. Das erste Modul auf Ebene der Projektleitungen adressierte Zielsetzungen, Aktivitäten und Output sowie erwartete Outcome und Impact auf Projekteebene. Das zweite Modul adressierte Zuwendungsempfänger (Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen) und diente wiederum der Erhebung zusätzlicher aggregierter Daten zu den bereits beim Projektträger DLR verfügbaren Daten.

Befragungsvorgehen

Für das oben skizzierte Erhebungsziel wurden im Rahmen dieses Erhebungsbausteins insgesamt drei separate Befragungen durchgeführt. So wurden zum einen Projektleitungen um Einschätzungen zu ihren Projektaktivitäten gebeten, zum anderen sollten die Zuwendungsempfänger (Unternehmen oder Wissenschaftseinrichtungen) aggregierte Aussagen zu den Projektauswirkungen treffen.

1. *Befragung von Projektleitungen*

Die erste Befragung zielte darauf ab, Projektleitungen zu ihren spezifischen Projektaktivitäten zu befragen. Konkret sollten die Projektleitungen einerseits zu jedem ihrer Projekte Informationen zum Projektstatus, dem eingesetzten Personal und zur inhaltlichen Ausgestaltung der Projekte liefern. Andererseits wurden die Befragten gebeten, Fragen zu den Projektergebnissen und Auswirkungen zu beantworten; darunter Fragen zu entwickelten Produkten, Dienstleistungen und Prozessen und deren Auswirkungen (u.a. auf Einsparungspotenziale, die - technologische - Marktposition oder die Schaffung von Arbeitsplätzen). Weitere Themenblöcke bildeten Fragen zur Verbund- und Zusammenarbeitsstruktur und Fragen zur Bedeutung von LuFo VI. Darüber hinaus wurde den Projektleitungen in einer abschließenden Frage die Möglichkeit gegeben, Optimierungsvorschläge zu formulieren.

Berücksichtig wurden Projekte aus LuFo VI-1, LuFo VI-2 und LuFo VI-3 (Klima), die zum Datenstand 02.06.2023 in den PROFI-Daten vermerkt waren. Insgesamt lagen Informationen zu 1.101 Projekten vor. Allerdings konnte ein Teil der Projektleitungen nicht über die Kontaktdaten erreicht werden und ein weiterer Teil lehnte die Teilnahme ab oder konnte aufgrund des Projektstatus nicht an der Befragung teilnehmen. Somit wurden schließlich Projektleitungen von 1.078 Projekten zur Befragung eingeladen.

2. *Befragung von Unternehmen*

Die zweite Befragung zielte auf aggregierte Daten zu den Projektwirkungen auf Unternehmensebene ab. In diesem Zusammenhang konnten zum Datenstand 02.06.2023 245 Unternehmen als Zuwendungsempfänger identifiziert werden. 242 konnten wiederum zur Befragung eingeladen werden (bei drei Unternehmen konnte die Mail nicht zugestellt werden). Um den Befragungsaufwand so gering wie möglich zu halten, wurde die Befragung im Vergleich zur Befragung der Projektleitungen wesentlich kompakter gestaltet. In acht Fragen wurden aggregierte Daten zu den Projektauswirkungen auf Unternehmensebene erhoben und Fragen zu den Effekten der Projektaktivitäten auf die Treibhausgas-Emissionen gestellt. Die Fragen zu den Auswirkungen auf Unternehmensebene bezogen sich dabei inhaltlich vor allem auf die Wettbewerbsfähigkeit und verbesserte Rahmenbedingungen im Unternehmen sowie auf den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und entstandene Kooperationsbeziehungen.

3. *Befragung von Wissenschaftseinrichtungen*

Die dritte Befragung zielte auf aggregierte Daten zu den Projektwirkungen in Wissenschaftseinrichtungen ab. In diesem Zusammenhang konnten zum Datenstand 02.06.2023 als Zuwendungsempfänger 219 Wissenschaftseinrichtungen identifiziert

werden. 215 konnten wiederum zur Befragung eingeladen werden (bei vier Wissenschaftseinrichtungen konnte die Mail nicht zugestellt werden). Auch hier sollte der Befragungsaufwand so gering wie möglich gehalten werden. Somit gleicht die inhaltliche Ausgestaltung der Befragung der der Unternehmensbefragung, allerdings wurden spezifische Anpassungen bei der Fragestellung und den Antwort-Items vorgenommen.

Für jede Befragung wurde ein Mix aus geschlossenen, halboffenen und offenen Fragestellungen gewählt. Je nach Fragestellung bzw. Erkenntnisinteresse wurde wiederum die Möglichkeit der Einfachnennungen oder Mehrfachnennungen vorgegeben oder die Einstellung zu Themen über Skalen abgefragt. Während geschlossene Fragestellungen fest definierte Antwortoptionen vorgaben, wurden halboffene Fragestellungen genutzt, um Antwortverweigerungen (Item-Nonresponse) zu vermeiden. So konnten die Befragten ihre Antwort über eine „Sonstige/Weitere“ Option formulieren, wenn ihnen eine Zuordnung, aufgrund fehlender Antwortoptionen nicht möglich war.

Ablauf der Feldphase

Alle identifizierten Akteure erhielten eine Einladungsmail mit der Bitte um Teilnahme an der Befragung. Die Einladungsmails informierte im Wesentlichen über den Forschungsauftrag und über die konkrete Zielsetzung der Befragung. Darüber hinaus klärte die Mail über das datenschutzrechtliche Vorgehen auf. Die Ansprache der ausgewählten Akteure erfolgte über die vom Projektträger DLR zur Verfügung gestellten Kontaktdaten (PROFI-Datenbank).

Da einige Akteure aufgrund ihrer Funktion sowohl zu mehreren Projekten Auskunft geben mussten als auch auf übergeordneter Ebene befragt wurden, wurden die Befragungen zeitlich entzerrt. Die Befragung von Projektleitungen startete am 14.06.2023, während die Unternehmensbefragung und die Befragung von Wissenschaftseinrichtungen am 26.06.2023 bzw. 27.6.2023 starteten. Alle drei Befragungen endeten am 30.09.2023. Ziel war es in allen drei Befragungen eine hohe Rücklaufquote zu erreichen. Infolgedessen wurde in regelmäßigen Abständen per E-Mail an die Befragungen erinnert. Zudem wurde zum Ende des Befragungszeitpunkt telefonisch nachgefasst.

Tabelle 3.3.1 ist zu entnehmen, dass mit Abschluss der Befragungen zu 758 (70%) von 1.078 Projekten Informationen vorlagen. Davon beendeten 710 (66%) Projektleitungen die Befragung, 48 (4%) unterbrachen die Befragung. Bei der Unternehmensbefragung beteiligten sich 139 (58%) der 242 Unternehmen. Davon beendeten 130 – also 54% – die Befragung. Bei der Befragung von Wissenschaftseinrichtungen konnte hingegen eine Beteiligungsquote von 60% (128 von 215) erreicht werden. Die Beendigungsquote liegt bei 56%.

Tabelle 3.3.1
Befragungsübersicht

Befragungszeitpunkt	Status	Häufigkeiten	Anteile
Projektleitungen			
14.06.2023 – 30.09.2023	nicht teilgenommen	320	30%
	unterbrochen	48	4%
	beendet	710	66%
	Gesamt	1.078	100%
Unternehmen			
26.06.2023 – 30.09.2023	nicht teilgenommen	103	43%
	unterbrochen	9	4%
	beendet	130	54%
	Gesamt	242	100%
Wissenschaftseinrichtungen			
27.06.2023 – 30.09.2023	nicht teilgenommen	87	41%
	unterbrochen	8	4%
	beendet	120	56%
	Gesamt	215	100%

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen, Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen 2023.

Datensatzaufbereitung

Mit Schließung der Online-Befragungen startete die Phase der Datenaufbereitung. Diese sah als erstes die Prüfung von (Item-)Nonresponse Verhalten vor. Grundsätzlich wurden Befragte vom Datensatz entfernt, wenn sie den Fragebogen nur durchgeklickt haben. Infolgedessen reduzierte sich der Datensatz der Projektleitungen von 758 auf 751 auswertbare Fälle. Bei der Unternehmensbefragung bzw. der Befragung von Wissenschaftseinrichtungen kam es zu einer Datenreduktion von 139 auf 132 bzw. 128 auf 126 auswertbare Fälle.

Grundsätzlich hatten alle Befragten die Möglichkeit, Fragen oder Fragenitems zu überspringen. Fehlende Angaben wurden nicht umcodiert, sondern als missings im Datensatz markiert. Ein fragen- oder itemspezifisches Antwortverhalten ließ sich nicht beobachten.

Vergleich der Befragungsstichprobe mit der Grundgesamtheit (PROFI-Daten)

Befragung von Projektleitungen

Um valide Schlussfolgerungen in Hinblick auf die Ergebnisse und Wirkungen von LuFo VI zu ziehen, ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Befragten in der

Umfrage so erreicht wurden, dass ihre Zusammensetzung die Verteilung in der Gesamtstichprobe widerspiegelt. Um mögliche Verzerrungen zwischen der Stichprobe der befragten Projektleitungen und der Grundgesamtheit zu identifizieren, wurden vier Merkmale miteinander verglichen:

- LuFo VI-Call
- Programmlinie
- Akteursgruppe
- Bundesland

Zunächst zeigt sich, anhand *Tabelle 3.3.2*, dass es gerade bezogen auf die regionale Verortung der Projektaktivitäten (Bundesländer) und die Verteilungen der Akteure (Großunternehmen, KMU, Wissenschaftseinrichtungen) gut gelungen ist die Projekte entsprechend ihrer Verteilung in der Gesamtstichprobe abzubilden.

Abweichungen sind dagegen bei der Abbildung der Projekte im Hinblick auf die Zuordnung zu Programmlinien und zu LuFo VI-Calls erkennbar. Hier zeigt sich in der Stichprobe eine Überrepräsentativität von LuFo VI-1 (17,2 Prozentpunkte) und LuFo VI-2 (12,5 Prozentpunkte) und eine starke Unterrepräsentativität von LuFo VI-3 (Klima) (-29,7 Prozentpunkte). Da es vor allem in Folge von LuFo VI-3 nochmals eine verstärkte Ausrichtung zu klimarelevanten Themen gab, hat dies zur Folge, dass vor allem die Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" mit fast sechs Prozentpunkten unterrepräsentiert ist und die Projekte der restlichen Programmlinien im Befragungsdatensatz leicht überrepräsentiert sind. Für die Auswertung der Online-Befragung und die Bewertung der Ergebnisse und Auswirkungen bedeutet dies, dass vor allem Vergleiche zwischen Programmlinien aufgrund der Abweichungen in den Stichproben mit Vorsicht interpretiert werden müssen. Allerdings werden die Ergebnisse der Online-Befragung auch immer mit den Aussagen der Expertinnen und Experten aus den Fallstudien (Process Tracing) und den Angaben aus den Fokusgruppen abgeglichen, sodass Aussagen zu Ergebnissen und Wirkungen auf einer breiten Datenbasis getroffen werden können.

Befragung von Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen

Bei den befragten Großunternehmen (GU), KMU und Wissenschaftseinrichtungen (WISS) zeigen sich in Teilen Unterschiede zwischen der Verteilung der Akteure in der Stichprobe und der Grundgesamtheit. Insgesamt entspricht der Anteil an Großunternehmen in der Grundgesamtheit 23%, der von KMU 35% und der Wissenschaftseinrichtungen 43%. In der Stichprobe beläuft sich der Anteil an Großunternehmen auf 22%, bei KMU bzw. Wissenschaftseinrichtungen auf 30% bzw. 49%. Somit entspricht der Anteil an Großunternehmen in der Stichprobe fast dem Anteil in der Gesamtstichprobe, KMU sind hingegen in der Stichprobe mit fünf Prozentpunkten unterrepräsentiert und Wissenschaftseinrichtungen mit sechs Prozentpunkten überrepräsentiert.

Tabelle 3.3.2
Stichprobenvergleich Online-Befragung von Projektleitungen

	PROFI-Daten		Befragungsdaten		Differenz in Prozent-punkten
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	
LuFo VI-Call					
LuFo VI-1	629	39,9%	432	57,1%	17,2%
LuFo VI-2	415	26,3%	294	38,9%	12,5%
LuFo VI-3 (Klima)	531	33,7%	30	4,0%	-29,7%
Programmlinie					
Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen	340	21,9%	121	16,4%	-5,5%
Technologiedemonstration	4	0,3%	4	0,5%	0,3%
Digitalisierung und künstliche Intelligenz	299	19,2%	160	21,6%	2,4%
KMU	224	14,4%	119	16,1%	1,7%
Disruptive Technologien	164	10,5%	83	11,2%	0,7%
Basistechnologien	524	33,7%	253	34,2%	0,5%
Art des Zuwendungsempfängers					
Großunternehmen	502	31,9%	256	33,9%	2,0%
KMU	301	19,1%	129	17,1%	-2,0%
Wissenschaftseinrichtungen	772	49,0%	371	49,1%	0,1%
Bundesland					
Baden-Württemberg	163	10,3%	97	12,8%	2,5%
Bayern	371	23,6%	171	22,6%	-0,9%
Berlin	48	3,0%	16	2,1%	-0,9%
Brandenburg	63	4,0%	33	4,4%	0,4%
Bremen	63	4,0%	34	4,5%	0,5%
Hamburg	244	15,5%	128	16,9%	1,4%
Hessen	80	5,1%	43	5,7%	0,6%
Mecklenburg-Vorpommern	4	0,3%	1	0,1%	-0,1%
Niedersachsen	169	10,7%	82	10,8%	0,1%
Nordrhein-Westfalen	175	11,1%	65	8,6%	-2,5%
Rheinland-Pfalz	38	2,4%	17	2,2%	-0,2%
Saarland	5	0,3%	1	0,1%	-0,2%
Sachsen	115	7,3%	53	7,0%	-0,3%
Sachsen-Anhalt	6	0,4%	3	0,4%	0,0%
Schleswig-Holstein	21	1,3%	9	1,2%	-0,1%
Thüringen	10	0,6%	3	0,4%	-0,2%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=1.575; Stand: 20.02.2024) und eigene Berechnungen auf Basis der Auswertungen der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=751).

3.3.5 Ökonometrische Vergleichsgruppenanalysen

Der Evaluationsplan gibt die Grundzüge für die Durchführung ökonometrischer Vergleichsgruppenanalysen vor, mit denen kausale Programmeffekte ermittelt werden sollen. Diese umfassen unterschiedliche Vergleichsgruppen. Bisherige Untersuchungen zeigen, dass Anreizeffekte der Förderung mit der individuellen Konstellation der Zuwendungsempfänger variieren (Engel et al. 2016, 2019). Daher erweist es sich als sinnvoll, in Hinblick auf die Anreizeffekte zwischen unterschiedlichen Konstellationen zu unterscheiden (vgl. *Übersicht 3.3.2*).

Übersicht 3.3.2
Mögliche Vergleichskonstellationen laut Evaluationsplan

Vergleichs-konstellation	Beschreibung
Vergleichssituation 1	Vergleichsgruppe: Unternehmen, die im Rahmen von LuFo VI keine Förderung erhalten haben. Vorteil: Vergleichsgruppe ermöglicht eine erste und frühe Indikation kurzfristiger Programmeffekte. Herausforderung: Zuwendungsempfänger sind zwar in der Zulieferkette der Luftfahrtindustrie verortet, jedoch zu einem großen Teil (mehr als drei Viertel) anderen Industrien zuzuordnen.[5]
Vergleichssituation 2	Vergleichsgruppe: Unternehmen, die im Rahmen von LuFo VI einen Antrag stellten, damit aber nicht erfolgreich waren. Vorteil: Unternehmen in der Vergleichsgruppe haben nicht aktiv die Entscheidung getroffen, nicht teilzunehmen.[6] Herausforderung: geringe Anzahl an Unternehmen in Vergleichsgruppe.
Verglechssituation 3	Vergleichsgruppe: Unternehmen, die im Rahmen von LuFo VI-1 einen Antrag stellten, damit aber nicht erfolgreich waren Vorteil: Unternehmen in der Vergleichsgruppe haben nicht aktiv die Entscheidung getroffen, nicht teilzunehmen. Herausforderung: sehr geringe Anzahl an Unternehmen in Vergleichsgruppe.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis des Evalautionsplans.

[5] *Eine im Rahmen der Erstellung des Evaluationsplans durchgeführte Auswertung von Daten zu LuFoV hat gezeigt, dass die Zuwendungsempfänger insbesondere aus den Bereichen Herstellung von Chemischen Erzeugnissen (WZ 2008-Code 20) und Kunststoffwaren (22), der Herstellung von Datenverarbeitungsmaschinen und elektrischen Ausrüstungen (26 und 27), dem Maschinenbau (28), dem Softwaresektor (62), Ingenieurbüros (71) und den FuE-Dienstleistungen (72) stammen.*

[6] *Die Unternehmen sollen den Vergleichsgruppen aus Gründen angehören, die keinen Einfluss auf die Ergebnisse haben (European Commission 2014: 21). Grund ist, dass andernfalls der ökonometrisch ermittelte Schätzwert für den Maßnahmeneffekt verzerrt wäre.*

Der gewählte Ansatz war bereits im Rahmen anderer Analysen unter Beteiligung der Auftragnehmer für die Evaluation von Programmwirkungen herangezogen worden (u.a. Engel et al. 2019).

Für die ökonometrischen Vergleichsgruppenanalysen waren insbesondere folgende Arbeiten durchzuführen. *Abschnitt 5* beleuchtet die Aspekte detailliert:

1. Aufbereitung der Daten aus der PROFI-Datenbank, die Informationen über die Zuwendungsempfänger sowie die Höhe der Förderung enthält.
2. Aufbereitung der Daten des Förderkatalogs des Bundes. Dieser enthält Informationen zu weiteren Förderungen des Bundes.
3. Ermitteln eines Identifikators (BvD-ID/Crefo-Nummer) unter Zuhilfenahme der ORBIS-Europe Datenbank.
4. Verknüpfung der gesammelten Daten mit den Daten aus der FuE-Erhebung der SV Wissenschaftsstatistik. Dies wird über die Datenfernverarbeitung und das Forschungsdatenzentrum der SV Wissenschaftsstatistik erfolgen.

Im Rahmen von Vergleichsgruppenuntersuchungen werden quasi-experimentelle Verfahren eingesetzt, um kausale Effekte der Förderung zu schätzen (Heckman et al. 1997). Vergleichsgruppen werden mittels des Propensity-Score-Matching erstellt. Bei den Schätzungen der Maßnahmeneffekte kommen OLS-Regressionen zum Einsatz.

Vor dem Hintergrund des Zeitplans der Evaluation konzentrierten sich die ökonometrischen Wirkungsanalysen auf die Ermittlung von Wirkungen auf der Inputseite. Output, Outcome und Impact von LuFo VI sind dagegen im Zeitraum der Evaluation noch nicht in ausreichendem Maße zu beobachten. Das bedeutet, dass die entsprechenden Analysen erst im Anschluss, also im Rahmen von Ex-Post-Analysen, durchgeführt werden können.

Eine ausführliche Beschreibung der durchgeführten Vergleichsgruppenanalysen findet sich in *Abschnitt 5*.

3.4 Indikatoren und Datenquellen

Der Evaluationsplan zu LuFo VI sieht eine breite Erfassung von Programmwirkungen vor. Hier kommen auch Indikatoren aus dem in der Vergangenheit umgesetzten Evaluationssystem zum Einsatz (Groß et al. 2012a). Aufgabe der begleitenden Evaluation war es, die Indikatoren für die Evaluation so zu wählen, dass die gegebenen Evaluationsfragen bestmöglich beantwortet werden können. Die verwendeten Indikatoren orientieren sich daher zunächst einerseits an den Programmzielen und andererseits an den Untersuchungsfragen. Es wird berücksichtigt, zu welchem Zeitpunkt in Anbetracht des typischen Diffusionsmusters von Programmwirkungen welche Effekte der Förderung erfasst werden können. Dabei kommt prinzipiell eine breite Spanne von Indikatoren zum Einsatz, von Input- über Aktivitäts-, Output-, Outcome- bis hin zu Impact-Indikatoren. Im Wesentlichen stehen die in *Übersicht 3.4.1* aufgeführten Indikatoren und Indikatorkategorien im Mittelpunkt.

Übersicht 3.4.1
Im Rahmen der Evaluation des LuFo VI zu erfassende Indikatoren

Indikatorenkategorie	Beschreibung
Indikatoren zur Programmumsetzung	Zahl der Projekte, Förderzeitraum, Fördervolumen; Indikatoren zum Projekterfolg bzw. zu Ergebnissen auf Akteursebene sowie zu weiteren mittelbaren Wirkungen; Klassifikationsschemata nach Projektarten (z.B. grundlagen- bzw. anwendungsorientiert)
Indikatoren zur Ermittlung von generischen Controls	FuE-Ausgaben und FuE-Personal auf Unternehmensebene als Input-Größen; weitere Indikatoren als Kontrollvariablen (Unternehmensgröße, Teilnahme an anderen Förderprojekten, etc.)
Indikatoren zur Ermittlung von Schatten-Controls und im Rahmen der technologischen Fallstudien	Indikatoren für die Beteiligung von KMU, die Entwicklung der Akteurs-Netzwerke, sowie auch Indikatoren auf Ebene der Wissenschaftseinrichtungen (Informationsflüsse, Publikationen, Nutzung des im Projekt generierten Wissens in anderen Kontexten wie der universitären Ausbildung, Promotionen und Master-Arbeiten)
Indikatoren auf Ebene der Programmlinien bzw. Akteursgruppen	Indikatoren zu Auswirkungen der Förderung auf Ebene der einzelnen Programmlinien (Verfahrensinnovationen für Industrie 4.0, die Beteiligung von KMU für die gleichnamige Programmlinie)

Quelle: Eigene Darstellung.

Im Zeitrahmen von LuFo VI ist es aufgrund der langen Innovationszyklen in der Regel noch nicht möglich, Indikatoren für Outcome und Impact zu betrachten. Daher wurden im Einklang mit dem Evaluationsplan im Rahmen der technologischen Fallstudien neben aktuellen Projekten auch Projekte aus früheren Programmversionen berücksichtigt. Um die Ziele der Evaluation zu erreichen und die forschungsleitenden Fragen zu beantworten, war es erforderlich, Daten aus verschiedenen Quellen zu erheben und auszuwerten. *Übersicht 3.4.2* stellt die zentralen im Rahmen der Untersuchung verwendeten Datenquellen dar. Dabei wurde einerseits auf vorhandene Datenquellen wie Informationen des Projektträgers und Daten aus der Förderdatenbank PROFI zurückgegriffen, andererseits wurden Indikatoren selbst erhoben. Im Kern der quantitativen ökonometrischen Untersuchungen stand das Matching von Daten aus der PROFI-Datenbank und dem Förderkatalog mit den Mikrodaten der SV Wissenschaftsstatistik. Qualitative Informationen wurden über Expertinnen- und Experteneinschätzungen im Rahmen der Ermittlung von Schatten-Controls und im Rahmen von technologischen Fallstudien erhoben.

Übersicht 3.4.2
Datenquellen im Rahmen der Evaluation von LuFo VI

Indikatoren-Quelle	Beschreibung
durch den Projektträger erfasste Indikatoren/ Daten aus dem Förderkatalog/ PROFI-Daten	Projektdaten (Beginn/Ende, Fördervolumen, Eigenmittel); Akteursdaten: u. a. Handelsregisternummer, Umsatz und Zahl der Mitarbeitenden bei Antragsstellung; Abfrage spezifischer Indikatoren zu FuE-Aufwendungen und FuE-Personal der Zuwendungsempfänger; Fördersumme und Art des Projekts (Einzelprojekt vs. Projektverbund); Informationen über Förderung von Unternehmen im Rahmen anderer Programme
Mikrodaten der FuE-Erhebung der SV Wissenschaftsstatistik	Input-Indikatoren (FuE-Personal und FuE-Ausgaben) sowohl für die Programmteilnehmenden als auch insbesondere für die Vergleichsgruppen
Mikro-Unternehmensdaten aus der ORBIS-Europe-Datenbank von Bureau van Dijk (BvD)	Datenbank umfasst Unternehmenskennzahlen wie Größe und Sektor, Finanzdaten wie Bilanzen und Umsätze, aber auch Informationen zu Unternehmensanteilseignern und Niederlassungen; ermöglicht zudem Identifizierung von Unternehmen und Heranspielen eines Identifikators
eigene Erhebungen der Evaluation	Akteursdaten zum Auffüllen von Datenlücken; Indikatoren zu Input und Output sowie Abschätzungen zu erwartetem Outcome und Impact auf Projektebene; Informationen zu erwarteten Fördereffekten (im Zeitablauf, verschiedene Arten von Effekten)
Förderkatalog	abgeschlossene und laufende Förderrojekte des Bundes
Informationen von Expertinnen- und Experten (Schatten-Controls)	Expertinnen-/Experteneinschätzungen zu plausiblen Maßnahmeneffekten (qualitativ, quantitativ; Absicherung der Ergebnisse)
Informationen aus technologischen Fallstudien	Abschätzung längerfristiger und indirekter Programmeffekte; Erkenntnisse über Wirkungsmuster der Förderung
Indikatoren aus vergangenen Evaluationen	Informationen/Daten etwa zu Mustern von Förderwirkungen aus den Evaluationen von LuFo I bis LuFo V (ergänzend)

Quelle: Eigene Darstellung.

3.5 Zusammenhang zwischen Untersuchungsmethoden und Evaluationsfragen

In *Übersicht 3.5.1* ist dargestellt, wie sich die Evaluationsmethoden in einem Mixed Method-Design in Hinblick auf die Beantwortung der Evaluationsfragen (vgl. Abschnitt 3.2) ergänzen. Bei den Programmwirkungen, die sich bereits erfassen lassen und für die quantitative Indikatoren vorliegen, sind die quantitativ-analytischen Verfahren der Vergleichsgruppenanalyse als Instrument der Wirkungsanalyse vorzuziehen.

Übersicht 3.5.1
Beantwortung der Untersuchungsfragen mit den eingesetzten Evaluationsmethoden

Untersuchungs-fragen	Methoden		
	Quantitativ/Analytisch	**Indikatorensystem und Fokusgruppen / Schatten-Controls**	**Process Tracing**
1 Auswirkungen auf Empfänger	Schwerpunkt Erfassung messbarer Programmeffekte, Bildung von Vergleichskonstellationen insbesondere Input-, Aktivitäts-, teilweise Output-Indikatoren Fragen 1.1, 1.2, 1.8 teilweise 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7	Schwerpunkt Ergänzung quantitativ-analytischer Ergebnisse bei Outcome, Impact-Indikatoren, bei denen die Datenlage schlecht ist teilweise Fragen 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7; auch 1.9, 1.10	Schwerpunkt Wichtige ergänzende Befunde bei noch nicht direkt messbaren Programmeffekten Gesamte Indikatorenpalette; insbesondere Fragen 1.9 und 1.10 über die Nachverfolgung der Ergebnis-diffusion
2 indirekte Effekte	Teilweise Schwerpunkt Insbesondere heterogene Programmwirkungen können quantitativ erfasst werden Fragen 2.1; 2.3; 2.4; 2.5	Teilweise Schwerpunkt Bei Grenzen quantitativ-analytischer Erfassung durch schlechte Datenlage Fragen 2.2, 2.3; 2.4 (Expertinnen- und Experteneinschätzungen)	Schwerpunkt Verständnis der Muster von Spillover-Effekten, negativer Auswirkungen und von Mitnahmeeffekten Fragen 2.1 bis 2.5
3 Verhältnis-mäßigkeit	Kein Beitrag zur Wirkungsermittlung	Schwerpunkt Expertinnen- und Experteneinschätzungen auf Basis erhobener Indikatoren Fragen 3.1 bis 3.3	Kein Beitrag zur Wirkungsermittlung
4 THG-Emissions-minderung	Kein Beitrag zur Wirkungsermittlung	Schwerpunkt Expertinnen- und Experteneinschätzungen auf Basis erhobener Indikatoren Fragen 4.1 und 4.2	Kein Beitrag zur Wirkungsermittlung
5 Erhalt/Schaffung von Arbeitsplätzen	Teilweise Schwerpunkt Ermittlung genereller Arbeitsplatz-Wirkungen der LuFo VI-Förderung Frage 5.1	Teilweise Schwerpunkt Abschätzung erwarteter zukünftiger Effekte Frage 5.2	Teilweise Schwerpunkt Abschätzung erwarteter zukünftiger Effekte durch Identifikation genereller Wirkungsmuster Frage 5.2

Wenn keine Vergleichskonstellationen gebildet werden können, sind die Einschätzungen der Expertinnen und Experten (Schatten-Controls) in Kombination mit den erfassten Indikatoren auf Akteursebene geeignet, um Einschätzungen treffen zu können. Das Process Tracing wiederum hat seine Stärken, wenn generelle Wirkungsmuster erkundet werden sollen, die sich auf andere Projektkonstellationen übertragen lassen, oder es um die Absicherung der Befunde und die Erfassung indirekter Programmwirkungen geht.

Ein weiterer zentraler Aspekt der Evaluation von LuFo VI ist, dass die Bedeutung der verschiedenen Wirkungsdimensionen im Programmkontext nur dann umfassend bewertet werden kann, wenn die Einzelwirkungen in ihren Interdependenzen innerhalb des Gesamtsystems betrachtet werden. Dies ist ein generelles Charakteristikum komplexer Förderprogramme, die eine Vielzahl interdependenter Prozesse in und zwischen den Unternehmen anstoßen. Dieser Aspekt betrifft u.a. die Fragen nach den indirekten Wirkungen und der Verhältnismäßigkeit der Förderung, aber auch die Gesamteinschätzung der direkten Wirkungen auf die Zuwendungsempfänger. Zum Verständnis dieser Wirkungsdimensionen trug insbesondere die Ermittlung von Wirkungsmustern im Rahmen der durchgeführten technologischen Fallstudien bei.

4. Programmimpuls: Programmverlauf und Förderstrukturen

4.1 Kontext

Die Darstellung von Programmverlauf und Förderstrukturen, die in diesem Abschnitt dargestellt werden, basieren zum einen auf einer Auswertung der PROFI-Daten für die bewilligten Anträge in den drei LuFo-CallsVI-1, VI-2 und VI-3 (Stand: 20.02.2024), zum anderen auf einer Auswertung der vom Projektträger DLR zur Verfügung gestellten Informationen zu den Projektskizzen (Stand: 06.02.2023). Im Mittelpunkt stand dabei die Dokumentation des Stands der Programmumsetzung und die Analyse der Strukturen der Skizzeneinreichung (einreichender Akteur und inhaltlicher Schwerpunkt der Skizzen) sowie der bewilligten Projekte.

Der Fokus der Evaluation wurde auf die Förderung der gewerblichen Wirtschaft (Großunternehmen und KMU) durch das BMWK gerichtet. Aus dem Grund werden in den folgenden Tabellen und Abbildungen in der Regel die Zahlen für die gewerbliche Wirtschaft gezeigt. Darüber hinaus wurden Informationen zur Förderung der Luftfahrtforschung im Rahmen von Wissenschaftsprojekten durch das BMWK betrachtet, um einen vollständigen Überblick über das Förderfeld zu geben.

Die im Folgenden dargestellten Auswertungen beziehen sich auf einzelne Projekte (als Teil von Projektverbünden) sowie auf Solitärprojekte, die nicht Teil eines Projektverbunds sind. Überblicksartig werden nachfolgend die Anzahl der Anträge und deren finanzielles Volumen (Gesamt-, Eigen- und Bundesmittel) dargestellt, zusätzlich wird eine Differenzierung nach Zielen, Zielgruppen und Bundesländern vorgenommen. Hierbei werden für Ergebnisse auf Basis der bewilligten Projekte dargestellt.

4.2 Zeitliche Struktur der Bewilligung der Förderung und Auftragsquoten

Die zeitliche Struktur der Bewilligung der Fördermittel im Rahmen der drei Calls von LuFo VI geht aus *Abbildung 4.2.1* hervor.

Der 1. Call (LuFo VI-1) startete mit der Bekanntmachung der Förderung am 05.11.2019. Bis Februar 2020 konnten die Skizzen eingereicht werden. Von den Skizzen, die dazu ausgewählt wurden, konnten bis Mitte Juni 2020 Anträge eingereicht werden. Für die Anträge, die in eine Projektförderung mündeten, endete der Bewilligungszeitraum Ende August 2021. Der 2. Call (LuFo VI-2) startete mit der Bekanntmachung der Förderung am 22.09.2020. Skizzen mussten bis Anfang Februar 2021 eingereicht werden, Anträge bis Mai 2021. Der Bewilligungszeitraum endete Mitte Dezember 2022. Der 3. Call (LuFo VI-3) startete mit der Bekanntmachung der Förderung am 25.04.2022. Skizzen mussten bis Mitte Juni 2022 eingereicht werden, Anträge bis November 2022. Der Bewilligungszeitraum wird am 31.12.2024 enden.

Aus *Abbildung 4.2.2* ist die Anzahl der Skizzen und Bewilligungen sowie die Bewilligungsquote für die drei Calls von LuFo VI zu entnehmen, jeweils bezogen auf die Projekte der gewerblichen Wirtschaft. Insgesamt wurden 2.112 Skizzen eingereicht, von denen 36% auf LuFo VI-1, 40% auf LuFo VI-2 und 24% auf LuFo VI-3 (Klima) entfielen. Die Quote derjenigen Projekte, die bewilligt wurden, lag bei durchschnittlich

38% (803 Bewilligungen). Die Bewilligungsquoten unterscheiden sich zwischen den Calls (45% bei LuFo VI-1, 24% bei LuFo VI-2 und 51% bei LuFo VI-3 (Klima)).

Abbildung 4.2.1
Zeitstruktur des Bewilligungsprozesses der drei Calls von LuFo VI

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben des DLR.

Abbildung 4.2.2
Anzahl der Skizzen und Bewilligungen sowie die Bewilligungsquote bei den drei Calls von LuFo VI

Quelle: *Eigene Darstellung und Berechnungen auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803, Stand: 20.02.2024) und Skizzen-Daten (N=2112, Stand: 06.02.2023) sowie weiterer Informationen des Projektträgers DLR.*

4.3 Bewilligte Haushaltsmittel sowie Förderquoten

Tabelle 4.3.1 gibt einen Überblick über die bewilligten Bundesmittel für die Zuwendungsempfänger. Mit Blick auf den aktuellen Bewilligungsstand zeigt sich, dass bis zum Zeitpunkt der Auswertung (Februar 2024) für die gewerbliche Wirtschaft insgesamt 933 Mio. € an Bundesmitteln bewilligt wurden (LuFo- und KTF-Titel zusammen genommen). Davon entfielen 335 Mio. € auf LuFo VI-1, 312 Mio. € auf LuFo VI-2 und 286 Mio. € auf LuFo VI-3 (Klima). Von den gesamten Bundesmitteln, die für Akteure der gewerblichen Wirtschaft im Rahmen von LuFo VI zur Verfügung gestellt werden, werden gemäß dem Bewilligungs- und Antragsstand 85,7% an Großunternehmen vergeben.

Tabelle 4.3.1
Förderung der gewerblichen Wirtschaft aus Bundesmitteln im Rahmen von LuFo VI und KTF nach Haushaltstiteln und Calls in Euro

Bewilligungen	LuFo VI-1	LuFo VI-2	LuFo VI-3 (Klima)	Gesamt
Summe LuFo-Titel	227.994.454	246.863.773	129.030.390	603.888.617
davon GU	169.679.012	230.650.513	107.816.202	508.145.728
davon KMU	58.315.442	16.213.260	21.214.188	95.742.890
Summe KTF-Titel	106.744.401	64.709.619	157.227.158	328.681.178
davon GU	92.548.801	62.462.579	136.104.765	291.116.145
davon KMU	14.195.600	2.247.040	21.122.393	37.565.033
Summe KTF + LuFo	334.738.855	311.573.392	286.257.548	932.569.795
davon GU	262.227.813	293.113.092	243.920.968	799.261.873
davon KMU	72.511.042	18.460.300	42.336.581	133.307.923

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Für die Darstellung des gesamten Förder- und Umsetzungsgeschehens von LuFo VI sind neben der notifizierten Förderung der Forschung in der gewerblichen Wirtschaft auch Projekte von Wissenschaftseinrichtungen zu berücksichtigen. Hierfür wurden Bundesmittel in Höhe von insgesamt 718 Mio. € bewilligt (LuFo- und KTF-Mittel für die drei Calls zusammengenommen). Im Rahmen von LuFo VI-1 wurden 192 Mio. € bewilligt, für LuFo VI-2 238 Mio. €, für LuFo VI-3 (Klima) 228 Mio. €.

Tabelle 4.3.2 wirft einen Blick auf das finanzielle Gesamtvolumen der Projekte, also die Summe aus Fördermitteln und Eigenmitteln der Zuwendungsempfänger. Im Rahmen von LuFo VI werden Projekte zur Förderung der gewerblichen Wirtschaft mit einem Gesamtvolumen von 1,919 Mrd. € durchgeführt. Die Förderquote, also der Anteil der Fördermittel am Gesamtvolumen, die für die Durchführung der Projekte benötigt werden, beläuft sich auf durchschnittlich 50% (49% bei Großunternehmen und 61% bei KMU).

Tabelle 4.3.2
Gesamtmittel, Bundesmittel und Förderquoten der gewerblichen Wirtschaft im Rahmen von LuFo VI, nach Calls

		LuFo VI-1	LuFo VI-2	LuFo VI-3 (Klima)	Gesamt
Unternehmen insgesamt	**Gesamtmittel** in €	658.284.124	628.954.977	632.084.464	1.919.323.565
	Bundesmittel in €	334.738.855	311.573.392	322.705.805	969.018.052
	Förderquote	51%	50%	51%	50%
davon Groß-unternehmen	**Gesamtmittel** in €	538.575.443	598.376.646	551.186.598	1.688.138.686
	Bundesmittel in €	262.227.813	293.113.092	273.250.031	828.590.936
	Förderquote	49%	49%	50%	49%
davon KMU	**Gesamtmittel** in €	119.708.681	30.578.331	80.897.867	231.184.879
	Bundesmittel in €	72.511.042	18.460.300	49.455.774	140.427.116
	Förderquote	61%	60%	61%	61%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

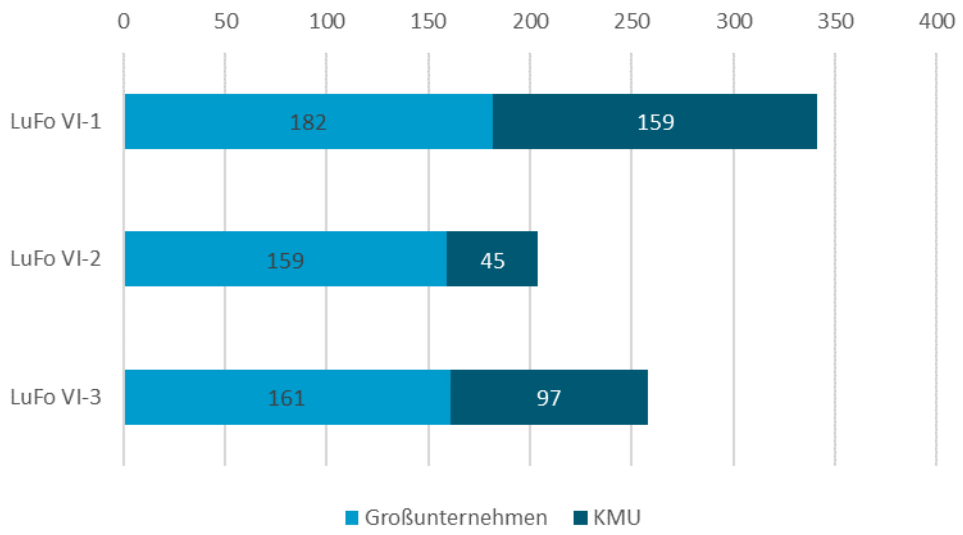
Bei Betrachtung der Projektebene lässt sich feststellen, dass die Akteure der gewerblichen Wirtschaft durchschnittlich je Projekt bewilligte Bundesmittel von rund 1,207 Mio. € erhalten. Die Förderung von FuE- Projekten lag für Großunternehmen bei 1,651 Mio. € und für KMU bei 0,467 Mio. €. Wissenschaftseinrichtungen liegen bei der durchschnittlichen Höhe der Bundesmittel je Projekt mit 0,930 Mio. € unter den Werten für die Großunternehmen, aber über denen der KMU.

4.4 Struktur der Zuwendungsempfänger

Im Hinblick auf die Art der Zuwendungsempfänger werden insgesamt 803 Projekte für die gewerbliche Wirtschaft (Großunternehmen und KMU) gefördert. Mit Blick auf die einzelnen Calls wurden in LuFo VI-1 341 Projekte, in LuFo VI-2 204 Projekte und in LuFo VI-3 (Klima) 258 Projekte von Akteuren der gewerblichen Wirtschaft bewilligt (vgl. *Abbildung 4.4.1*). Es zeigt sich, dass über alle drei Calls hinweg 63% der Projekte der gewerblichen Wirtschaft in Großunternehmen angesiedelt sind, 37% in KMU. KMU treten demnach deutlich seltener als Zuwendungsempfänger in Erscheinung (das gilt Insbesondere für LuFo VI-2).

Darüber hinaus fördert das BMWK 772 Projekte (ca. 49% aller Projekte), die von Wissenschaftseinrichtungen umgesetzt werden und nicht Gegenstand der Beihilferegelungen und damit der Notifizierung sind.

Abbildung 4.4.1
Bewilligte Projekte von LuFo VI nach Calls

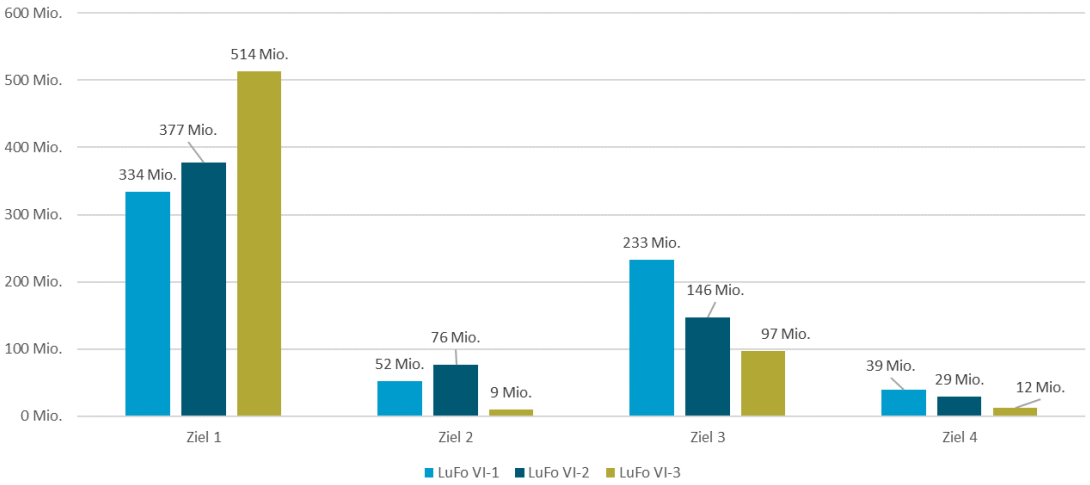


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Differenziert nach Programmzielen zeigt sich, dass der überwiegende Teil der Gesamtmittel für die Umsetzung von FuE der gewerblichen Wirtschaft in Projekte fließt, die einen Beitrag zu Ziel 1 „Umweltfreundliche Luftfahrt“ (1,225 Mrd. €) und Ziel 3 „Leistungsfähige und effiziente Luftfahrt)“ (476 Mio. €) leisten bzw. leisten sollen, wohingegen sowohl das Ziel 2 „Sichere und passagierfreundliche Luftfahrt“ (138 Mio. €) als auch das Ziel 4 „Gesamtsystemfähigkeit“ (80 Mio. €), bezogen auf die Mittelzuweisung in der Gesamtbetrachtung eine eher untergeordnete Rolle spielen. Projekte in LuFo VI-3 (Klima) haben zudem im Ziel 1 an Bedeutung gewonnen, während die Projekte in den Zielen 2, 3 und 4 deutlich an Bedeutung verloren haben (vgl. *Abbildung 4.4.2*). Die Verlagerung zu Ziel 1 spiegelt dabei vor allem die neue Schwerpunktsetzung der Förderung des 3. Calls wider, bei dem ein signifikanter Beitrag zur Reduzierung von Klimawirkungen der Luftfahrt geleistet werden soll.

Ähnlich dazu verhält sich die Verteilung der Gesamtmittel bei den von Wissenschaftseinrichtungen umgesetzten Projekten. Die Mehrheit dieser Mittel fließt in Projekte, die einem Beitrag zum Ziel 1 (444 Mio. €) und Ziel 3 (205 Mio. €) leisten sollen. Im Ziel 2 bzw. 4 werden dagegen Projekte mit einem Mittelvolumen von 34 Mio. € bzw. 38 Mio. € umgesetzt.

Abbildung 4.4.2
Gesamtmittel der bewilligten Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Zielen und Calls in Euro

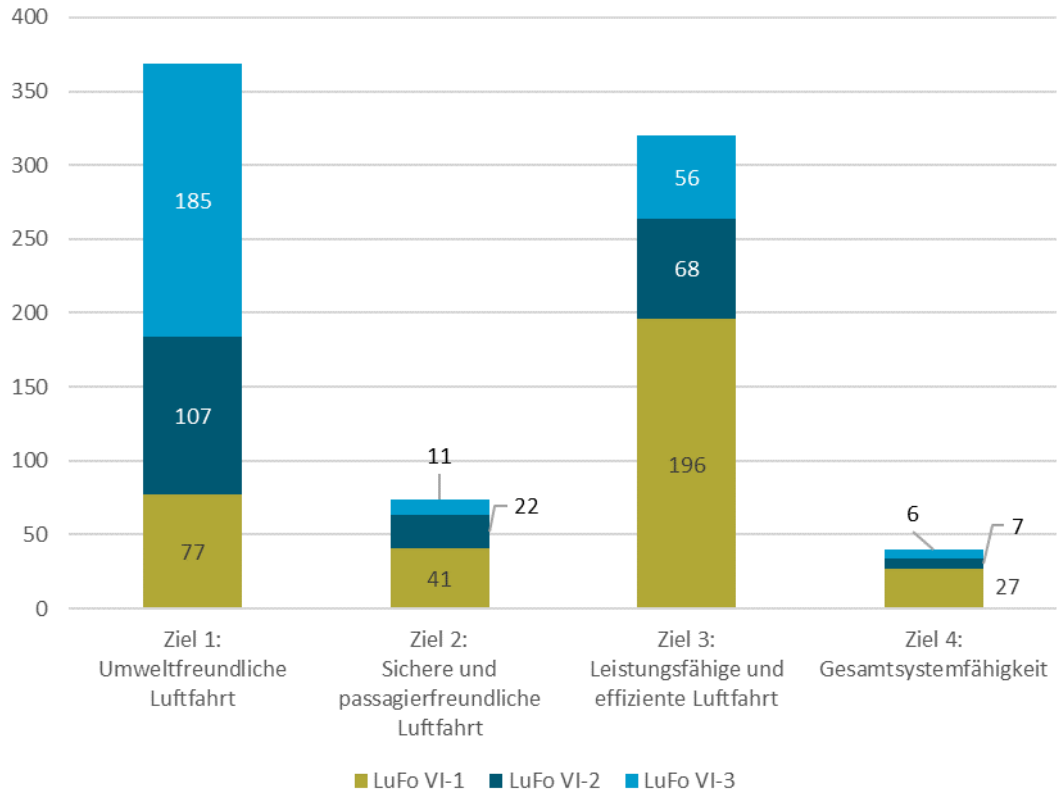


Quelle: Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Spiegelbildlich zeigt sich die Mittelumverteilung auch in der Umverteilung der Projekte (vgl. *Abbildung 4.4.3*). Während die Projekte über alle Calls hinweg im Ziel 1 von 77 Projekte in LuFo VI-1 auf 185 Projekte in LuFo VI-3 (Klima) ansteigen, sinken die Projekte im Ziel 3 von 196 Projekte in LuFo VI-1 auf 56 Projekte in LuFo VI-3 (Klima) bzw. im Ziel 2 von 41 Projekte in LuFo VI-1 auf elf Projekte in LuFo VI-3 (Klima) und im Ziel 4 von 27 Projekte in LuFo VI-1 auf sechs Projekte in LuFo VI-3 (Klima).

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den von Wissenschaftseinrichtungen umgesetzten Projekten. Auch hier wird die Verschiebung zu Projekten mit einem Beitrag zum Ziel 1 ersichtlich. So steigt die Zahl der Projekte im Ziel 1 von 72 Projekten in Lufo VI-1 auf 199 Projekte in LuFo VI-3 (Klima) an, im Ziel 2 bzw. Ziel 3 sinken diese wiederum von 35 auf 14 Projekte bzw. von 147 auf 51 Projekte in LuFo VI-3 (Klima). Im Ziel 4 werden im Vergleich zu LuFo VI-1 in LuFo VI-3 (Klima) 25 Projekte weniger gefördert. Damit sinkt die Anzahl an Projekten, die einen Beitrag zum Ziel 4 leisten auf neun Projekte.

Abbildung 4.4.3
Anzahl der bewilligten Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Zielen und Calls



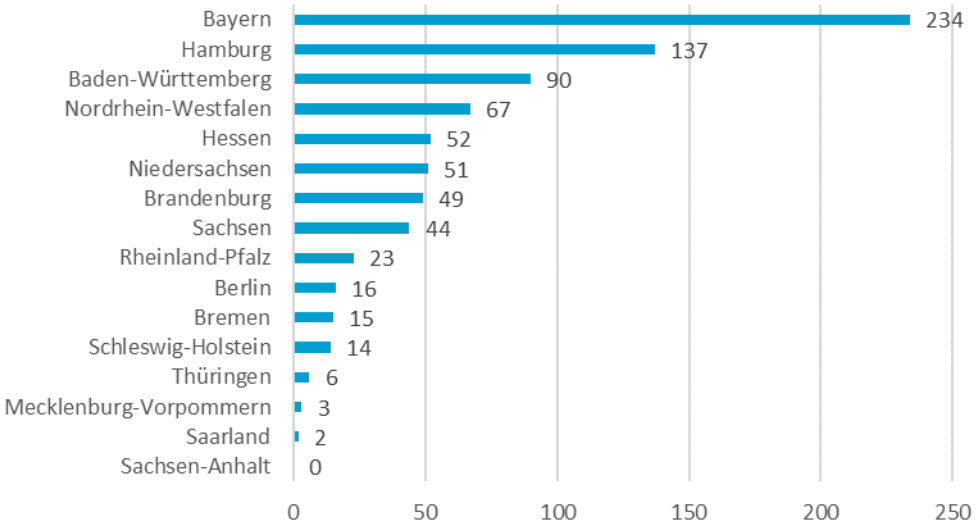
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

4.5 Verteilung der Fördermittel nach Bundesländern

Die geförderten Unternehmen und somit die Forschungsprojekte der Luftfahrtforschungsindustrie sind – mit Ausnahme von Sachsen-Anhalt – in allen Bundesländern Deutschlands zu finden, wobei dennoch eine Konzentration auf einige Bundesländer zu erkennen ist. Die folgende *Abbildung 4.5.1* zeigt die Anzahl der bewilligten Projekte[7] der gewerblichen Wirtschaft nach Bundesländern.

[7] *Skizzen, die in bewilligte Projekte gemündet sind. Die dargestellten Zahlen umfassen Großunternehmen und KMU.*

Abbildung 4.5.1
Anzahl der bewilligten LuFo VI-Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Bundesland



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

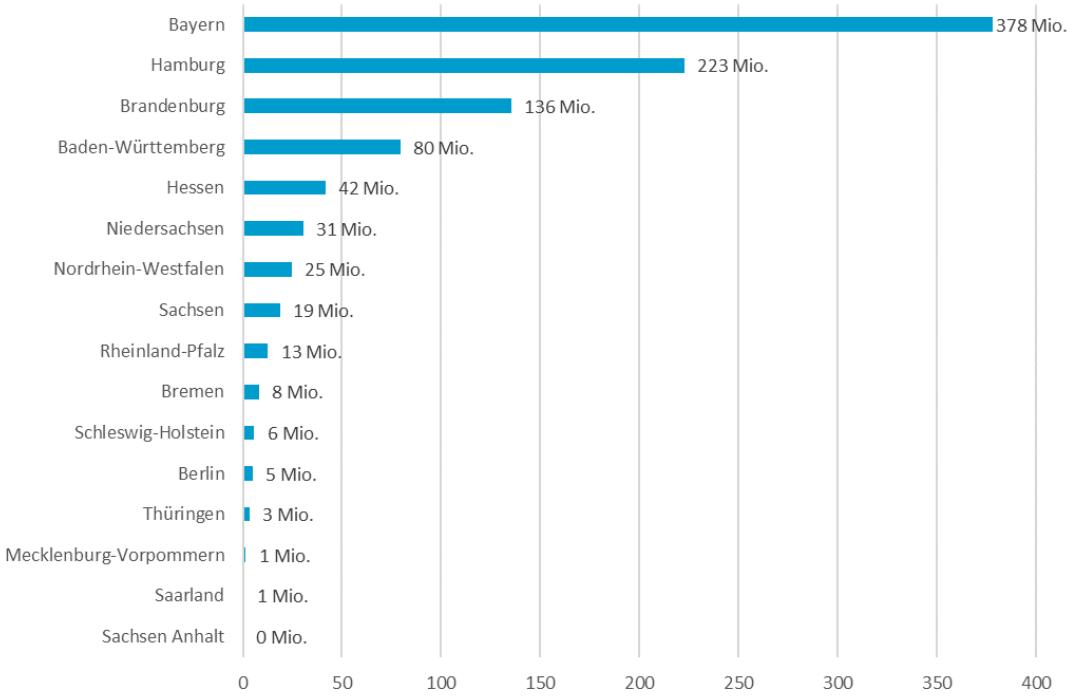
Bei einer Unterscheidung nach Bundesland zeigt sich, dass mit 234 Projekten in Bayern am meisten Projekte genehmigt wurden, gefolgt von Hamburg (137 Projekte), Baden-Württemberg (90 Projekte) und Nordrhein-Westfalen (67 Projekte). Am wenigsten Projekte wurden bzw. werden im Rahmen von LuFo VI in Mecklenburg-Vorpommern (drei Projekte), dem Saarland (zwei Projekte) und Sachsen-Anhalt (keine Projekte) umgesetzt.

Werden diejenigen durch das BMWK geförderten FuE-Projekte im Luftfahrtbereich betrachtet, die von Wissenschaftseinrichtungen durchgeführt werden, so zeigt sich ein ähnliches Bild. Die meisten geförderten Projekte von Wissenschaftseinrichtungen befinden sich in Bayern (137), Niedersachsen (118) und Nordrhein-Westfalen (108), die wenigsten in Thüringen (vier), dem Saarland (drei) und Mecklenburg-Vorpommern (eins).

Die Darstellung der bewilligten Projekte nach Bundesland hat größere Unterschiede aufgezeigt. Diese Ungleichheit kann verschiedene Gründe haben, wie zum Beispiel historische Entwicklungen, wirtschaftliche Gegebenheiten oder infrastrukturelle Unterschiede. Zudem müssen Effekte, die sich aus der LuFo-Förderung ergeben, sich nicht nur auf das Bundesland beschränken, in dem das Projekt durchgeführt wird. Es ist daher sinnvoll, den Bundesländern Regionen – Nord, Ost, Süd, West – zuzuteilen und hierfür entsprechende Auswertungen vorzunehmen (vgl. dazu auch *Abschnitt 8.1*).

Wird die Summe der bewilligten Bundesmittel aller drei LuFo VI-Calls untersucht (vgl. *Abbildung 4.5.2*), so ergibt sich das folgende Bild.

Abbildung 4.5.2
Bewilligte Bundesmittel im Rahmen von LuFo VI für gewerbliche Wirtschaft nach Bundesland in Euro



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Wie zu erwarten, weisen Projekte von Unternehmen aus Bayern mit 378 Mio. € und Hamburg mit 223 Mio. € die höchsten bewilligten Bundesmittel auf. Etwas überraschend folgt Brandenburg mit 136 Mio. € vor Baden-Württemberg mit 80 Mio. €. Die geringsten bewilligten Bundesmittel weisen Thüringen (3,2 Mio. €), Mecklenburg-Vorpommern (1,4 Mio. €) und das Saarland (0,58 Mio. €) auf. Da in Sachsen-Anhalt kein Unternehmen verortet ist, liegt die Summe der Bundesmittel bei 0 €. Werden die Wissenschaftseinrichtungen betrachtet, so fließen mit 131 Mio. € die meisten der bewilligten Bundesmittel nach Niedersachsen, gefolgt von Bayern (128 Mio. €) und NRW (120 Mio. €). Die geringsten Summen wurden für Wissenschaftseinrichtungen in Thüringen (1,6 Mio. €), dem Saarland (1,3 Mio. €) und Mecklenburg-Vorpommern (0,3 Mio. €) bewilligt.

4.6 Projektstruktur der Förderung

Die im Rahmen von LuFo VI geförderten Projekte werden entweder als Solitärprojekte oder als Einzelprojekte im Rahmen von Projektverbünden umgesetzt. Bezogen auf Projekte, die von Akteuren der gewerblichen Wirtschaft und von Wissenschaftseinrichtungen durchgeführt werden, lassen sich die insgesamt 1.575 Projekte, die im Rahmen von LuFo VI gefördert werden, in 1.514 Einzelprojekte und 61 Solitärprojekte aufteilen. (vgl. *Tabelle 4.6.1*).

Tabelle 4.6.1
Projektstruktur: Aufteilung in Solitärprojekte und Projektverbünde nach Calls

	Projekte Gesamt	davon als Solitär-projekte	davon als Einzelprojekte als Teil eines Projektverbunds	Anzahl Projekt-verbünde
LuFo VI-1	629	32	597	161
LuFo VI-2	415	15	400	97
LuFo VI-3 (Klima)	531	14	517	133
Gesamt	1.575	61	1.514	391

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=1575; Stand: 20.02.2024).

Somit lässt sich festhalten, dass mit 4% nur ein geringer Teil der Projekte als Solitärprojekte umgesetzt werden und die überwiegende Mehrzahl der Projekte als Einzelprojekte in Projektverbünden, gemeinsam mit anderen Akteuren aus gewerblicher Wirtschaft und Wissenschaft durchgeführt werden. Im Durchschnitt sind 3,8 Akteure der gewerblichen Wirtschaft und/ oder aus Wissenschaftseinrichtungen an einem Projektverbund beteiligt.

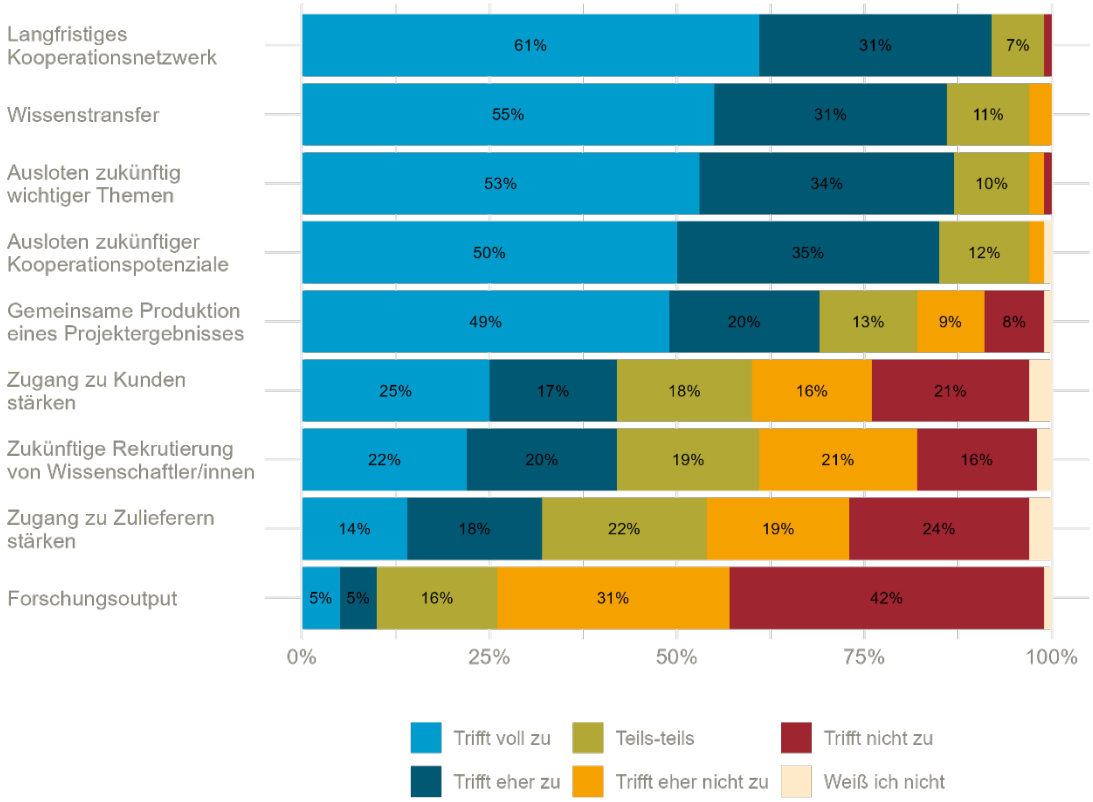
Vor dem Hintergrund des, aufgrund des Wissenstransfers, vermutlich größeren Nutzens der Projektverbünde stellt sich die Frage, ob auch in Zukunft weiterhin Solitärprojekte gefördert werden sollen. Im Fall von wissenschaftlichen Einrichtungen (44% der Solitärprojekte in LuFo VI) gibt es keinen Grund, Solitärprojekte nicht zu fördern, da die Ergebnisse über wissenschaftliche Kanäle (Publikationen) ohnehin verbreitet werden. Eine Begründung für die Förderung von Solitärprojekten von Unternehmen (56% der Solitärprojekte) würde sich ergeben, wenn diese in besonderem Maße externe Effekte adressieren, aber bei Unternehmen gleichzeitig Themen adressieren würden, bei denen Technologien weiterentwickelt werden, für die es aus deren Sicht einen besonderen Schutzbedarf gibt. Zunächst betrifft dies insbesondere Projekte, die Themen zur Nachhaltigkeit und Klimaneutralität adressieren. Dies ist in einem Großteil der Solitärprojekte der Fall. 50% dieser Projekte für Unternehmen in LuFo VI zielen auf eine umweltfreundliche Luftfahrt ab, während dies bei LuFo VI insgesamt nur bei 31% aller Projekte der Fall war.

4.7 Gründe und Motive für die Beteiligung an LuFo VI

Wie bereits dargestellt, wird die überwiegende Mehrzahl der Projekte im Rahmen von Projektverbünden, also in Kooperation mit anderen Akteuren aus gewerblicher Wirtschaft und Wissenschaft durchgeführt. Durchschnittlich sind 3,8 Akteure der gewerblichen Wirtschaft und/ oder aus Wissenschaftseinrichtungen an einem Projektverbund beteiligt. Die Gründe und Motive für die Zusammenarbeit im Verbund lassen sich anhand der Online-Befragung in *Abbildung 4.7.1* gut identifizieren.

Die Erwartungen an die Verbundzusammenarbeit variieren jedoch zwischen den Akteuren (GU: 207, KMU: 107, WISS: 312). Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen streben im Vergleich zu denen aus Unternehmen (GU und KMU) wesentlich häufiger die Entwicklung/ Stärkung des Kooperationsnetzwerks (GU: 52%, KMU: 49%, WISS: 70%), das Ausloten zukünftiger Kooperationspotenziale (GU: 37%, KMU: 38%, WISS: 62%) und Themen (GU: 44%, KMU: 40%, WISS: 63%) sowie die gemeinsame Produktion eines Projektergebnisses (GU: 38%, KMU: 44%, WISS: 58%) an. Im Gegensatz dazu erwarten Projektleitungen aus KMU im Vergleich zu denen aus Großunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen häufiger, dass sie den Zugang zu Kunden stärken können (GU: 26%, KMU: 30%, WISS: 22%).

Abbildung 4.7.1
Erwartungen an die Verbundzusammenarbeit



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 626). Werte kleiner 5% werden nicht dargestellt.

4.8 Nicht erfolgreiche Projektskizzen nach Calls

Essenziell für die Identifikation von kausalen Programmeffekten sind ökonometrische Vergleichsgruppenanalysen, bei denen geförderte Akteure (Zuwendungsempfänger) mit nicht-geförderten Akteuren verglichen werden. Eine Basis für diese generischen Vergleichsgruppen sind Projekte, für die zwar Projektskizzen eingereicht, jedoch nicht gefördert wurden.

Tabelle 4.8.1 zeigt den Anteil der geförderten Skizzen nach Calls auf. Großunternehmen weisen mit 47% eine höhere Erfolgsquote auf als KMU mit 29% (Anteil der bewilligten Projekte an den eingereichten Skizzen). Insgesamt liegt die Erfolgsquote bei 38%. Es ergibt sich somit für jeden Call ein Potenzial an Unternehmen, bei denen die bei LuFo VI eingereichten Skizzen nicht in geförderte Projekte gemündet sind, die als Vergleichsgruppe genutzt werden können. Der Vorteil dieser möglichen Vergleichsgruppe im Rahmen der Vergleichsgruppenanalysen liegt darin, dass sich die Einreichenden nicht erfolgreicher Skizzen in einem zentralen Charakteristikum (Entscheidung zur Skizzeneinreichung) mit den erfolgreichen Antragsstellern gleichen.

Tabelle 4.8.1
Anzahl der eingereichten und bewilligten Skizzen der gewerblichen Wirtschaft nach Calls und Art des Zuwendungsempfängers

Art des Zuwendungsempfängers	eingereichte Skizzen	Skizzen, die in laufende Projekte gemündet sind	Erfolgsquote
Großunternehmen			
LuFo VI-1	384	182	47%
LuFo VI-2	425	159	37%
LuFo VI-3 (Klima)	266	161	61%
Summe	1.075	502	47%
KMU			
LuFo VI-1	369	159	43%
LuFo VI-2	428	45	11%
LuFo VI-3 (Klima)	240	97	23%
Summe	1.037	301	29%
Gesamt	2.112	803	38%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der Skizzen-Daten (N=2.112; Stand: 06.02.2023) und der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

In einem nächsten Schritt wird die Zahl der LuFo VI-Projekte nach Zielen und Calls differenziert (vgl. *Tabelle 4.8.2*). Das Ergebnis zeigt, dass das Ziel 1 („umweltfreundliche Luftfahrt“) insgesamt fast so viele Projekte auf sich vereinigt wie die drei anderen Ziele zusammen. Dies war in LuFo VI-1 allerdings noch nicht der Fall, denn hier wurden weniger als ein Viertel der geförderten Projekte für Ziel 1 vergeben, dafür mehr als die Hälfte für Ziel 3 („leistungsfähige und effiziente Luftfahrt“). In LuFo VI-2 vereinigte Ziel 1 dann bereits mehr Projekte als die drei anderen Ziele auf sich, in LuFo VI-3 (Klima) deutlich mehr als doppelt so viele. Während die Zahl der Ziel 1-Projekte von LuFo VI-1 zu VI-2 mehr als verdoppelt wurde, sank die Zahl der Projekte der anderen Ziele auf etwa ein Drittel des vorherigen Niveaus.

Tabelle 4.8.2
Verteilung der LuFo VI-Projekte auf die Ziele und Calls

	LuFo VI-1	LuFo VI-2	LuFo VI-3 (Klima)	Gesamt
Ziel 1: umweltfreundliche Luftfahrt	149	212	384	745
Ziel 2: sichere und passagier-freundliche Luftfahrt	76	40	25	141
Ziel 3: leistungsfähige und effiziente Luftfahrt	343	143	107	593
Ziel 4: Gesamtsystem-fähigkeit	61	20	15	96
Gesamt	629	415	531	1.575

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=1575; Stand: 20.02.2024).

Die obige Gegenüberstellung bildet eine erste Bestandsaufnahme für eine mögliche Vergleichsgruppe im Rahmen der Vergleichsgruppenanalyse. Um kausale Programmeffekte durch LuFo VI zu identifizieren, werden sowohl Informationen aus den Skizzen und der PROFI-Datenbank als auch von externen Unternehmensdatenbanken genutzt. Jeder Antragsteller, der nicht zum Zuge kommt, erhält eine Antwort, aus der hervorgeht, woran die Ablehnung lag. Die Anträge können dann verbessert und erneut bei LuFo oder einem anderen Programm eingereicht werden.

4.9 Herausforderungen bei der Programmumsetzung durch COVID-19

Hinsichtlich der Rahmenbedingungen für die LuFo VI-Förderung standen mehrere Einflussgrößen auf die Programmumsetzung im Mittelpunkt. Dazu gehörten die verspätete Notifizierung, die Auswirkungen von COVID-19, sowie Verschiebungen in der thematischen Schwerpunktsetzung der Förderung. Ein weiterer Einflussfaktor war die Aufstockung der Bundesmittel vor dem Hintergrund des Klima- und Transformationsfonds (KTF). Diese Faktoren hatten einen Einfluss auf die zeitlichen Struktur der drei LuFo VI-Calls, das Fördervolumen je Projekt und die Variation der Nachfrage nach FuE-Förderung:

- Aufstockung der Bundesmittel: Der auch vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie aufgelegte KTF führte zu einem Aufwuchs der Bundesmittel. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass in LuFo VI-3 (Klima) Antriebsthemen wie (hybrid-)elektrisches Fliegen eine zunehmende Bedeutung erlangten. Diese Themen sind mit höheren Projektvolumina verbunden. Die Ausweitung der Finanzierung durch den KTF in LuFo VI-3 (Klima) erfolgte insbesondere mit dem Ziel, eine schnellere Erreichung der Klimaziele auch mit Hilfe des Luftfahrtsektors zu erreichen. Diese Projekte sind im Einklang mit dem „European Green Deal“, der eine massive Reduktion der Emissionen im Bereich Transport bis 2050 vorsieht (European Commission 2019).

- Zeitstruktur der LuFo VI-Calls: Durch die verspätete Notifizierung ist es zu Verzögerungen insbesondere beim 1. Call gekommen, sodass der Call im Frühjahr 2019 neu ausgeschrieben werden musste.
- Steigende Projektvolumina: Die Projektvolumina stiegen im Zeitablauf an, was insbesondere beim 2. und 3. Call zum Tragen kam. So stieg die durchschnittliche Förderung je Projekte von knapp 2,0 Mio. € in LuFo VI-1 auf jeweils mehr als 2,4 Mio. € in LuFo VI-2 und LuFo VI-3 (Klima) an. Dies hat u.a. mit der geänderten thematischen Ausrichtung des Programms zu tun, da Themen wie (hybrid-)elektrisches Fliegen mit eher großvolumigen Projekte einhergehen. Darüber hinaus ist zu vermuten, dass durch die COVID-19-Strategie die Möglichkeit geschaffen wurde, stärker großvolumige FuE-Projekte zu realisieren.
- Variation der Nachfrage nach FuE-Förderung: Die Nachfrage nach FuE-Förderung hat sich im Zeitablauf verändert. Dies hängt damit zusammen, dass die Unternehmen aufgrund der pandemie-bedingten Maßnahmen und der damit einherggehenden sinkenden Nachfrage verstärkt personelle Ressourcen für FuE-Projekte zur Verfügung hatten. Dies führte somit dazu, dass Mitabeitende vermehrt für FuE-Projekte abgestellt werden konnten. Zum Ausdruck kommt dies beispielsweise darin, dass für LuFo VI-2 mehr Projektskizzen eingereicht wurden bei allerdings gleichzeitig sinkender Bewilligungsquote.

5. Effekte auf Inputfaktoren bei den Zuwendungsempfängern (FuE-Ausgaben und FuE-Personal)

Im vorliegenden Abschnitt werden die Wirkungen der Förderung im Rahmen von LuFo VI auf die Zuwendungsempfänger untersucht. Im Mittelpunkt stehen hier als Inputindikatoren die FuE-Ausgaben der Akteure und das FuE-Personal. Inputindikatoren nehmen in der vorliegenden Untersuchung eine besondere Bedeutung ein, da sie im Rahmen des laufenden Programms als unmittelbare Wirkungen des Programmimpulses direkt erfasst werden können. Zentrale Informationsquelle ist hier der Datensatz der ökonometrischen Vergleichsgruppenanalysen, der durch die Kombination verschiedener Datenquellen mit der FuE-Erhebung der SV Wissenschaftsstatistik gebildet wurde.

5.1 Vorbemerkungen

5.1.1 Kausalanalyse: Hintergrund

Im Fokus der Kausalanalyse steht das Konzept der „kontrafaktischen Situation“. Dieses stellt das hypothetische Ergebnis der Behandlungsgruppe dar, wenn die Intervention, in diesem Falle die Förderung durch LuFo VI, nicht durchgeführt worden wäre. Das Konzept ist entscheidend für das Verständnis der kausalen Wirkung einer Intervention. Da die kontrafaktischen Ergebnisse der Behandlungsgruppe jedoch zwangsläufig nicht beobachtbar sind, werden sie in der Kausalanalyse durch die Ergebnisse geeigneter Referenzeinheiten – der Kontrollgruppe – approximiert (vgl. hier und im Folgenden Büchele et al. 2024).

Den Goldstandard der Kausalanalyse stellen experimentelle Forschungsdesigns dar. Diese experimentellen Forschungsdesigns zeichnen sich in der Evaluation von forschungs- und innovationspolitischen Fördermaßnahmen dadurch aus, dass die Teilnehmenden bzw. Zuwendungsempfänger nach dem Zufallsprinzip einer Behandlungsgruppe (engl. treatment group) oder einer Kontrollgruppe (engl. control group) zugeordnet werden. Die Behandlungsgruppe erhält die zu untersuchende Förderung, während der Kontrollgruppe diese Förderung nicht zukommt. Über die zufällige Zuteilung in eine Behandlungs- oder Kontrollgruppe kann sichergestellt werden, dass sowohl bekannte als auch unbekannte Faktoren, die das Ergebnis der Förderung beeinflussen könnten, gleichmäßig über die Behandlungs- und Kontrollgruppe verteilt sind. Das experimentelle Forschungsdesign und die damit verknüpfte randomisierte Zuteilung in die Behandlungs- und Kontrollgruppe ermöglicht so die Identifizierung des Effekts der Intervention von anderen möglichen Einflüssen. Experimentelle Forschungsdesigns bieten somit ein hohes Maß an Kontrolle über externe Variablen. Diese Designs bieten daher einen robusten Rahmen für die Bestimmung und Schätzung kausaler Effekte von Fördermaßnahmen (DiNardo und Lee 2011).

In der Praxis sind Szenarien mit einer kontrollierten Randomisierung häufig jedoch nicht durchführbar. So ist es dem Evaluationsteam oft nicht möglich, die Zuordnung der Akteure in eine Behandlungs- oder Kontrollgruppe zu kontrollieren. In solchen Fällen kommen häufig quasi-experimentelle Forschungsdesigns zum Einsatz. Diese

greifen dabei auf natürliche oder auch quasi-zufällige Zuteilungen in Behandlungs- und Kontrollgruppen zurück.

Prominente quasi-experimentelle Designs sind Differenz-von-Differenzen-Ansätze, Regressions-Diskontinuitäts-Analysen und Kontrollgruppenansätze. Differenz-von-Differenzen-Ansätze nutzen Daten aus mindestens zwei Zeiträumen, von denen mindestens einer vor und einer nach der Intervention liegen muss, und vergleichen die Veränderungen der Ergebnisse im Zeitverlauf zwischen der Behandlungsgruppe und einer vergleichbaren Kontrollgruppe. Regressions-Diskontinuitäts-Analysen können dann eingesetzt werden, wenn die Zuweisung zur Behandlungsgruppe auf dem Grenzwert einer kontinuierlichen Variable beruht, wie beispielsweise dem Alter eines Akteures oder der Unternehmensgröße. Bei diesem Ansatz werden Einheiten knapp oberhalb und knapp unterhalb des Schwellenwerts verglichen, wobei davon ausgegangen wird, dass die Einheiten in der Nähe des Schwellenwerts statistisch gleich sind und somit nur die Intervention die Behandlungsgruppe von der Kontrollgruppe unterscheidet. Die Kontrollgruppenansätze konstruieren eine Kontrollgruppe, indem Daten aus der Zeit vor der Maßnahme bzw. Intervention von mehreren unbehandelten Einheiten kombinieren, um die Merkmale einer behandelten Einheit zu replizieren. Der Vergleich des Ergebnisses der behandelten Einheit mit dem kontrafaktischen Ergebnis der Kontrollgruppe liefert einen Schätzwert für den Behandlungseffekt.

5.1.2 Herausforderungen Ansatz im Kontext der Evaluation von LuFo VI

Bei der Evaluation von LuFo VI ist ein experimentelles Forschungsdesign zum Zeitpunkt der Evaluation nicht mehr umsetzbar. Um dennoch Aussagen zur Wirkung treffen zu können, wird auf einen Kontrollgruppenansatz zurückgegriffen. Der Fokus der Untersuchung liegt hierbei auf den Akteuren der gewerblichen Wirtschaft (Großunternehmen und KMU).

Hierbei sind Matching-Verfahren weit verbreitet. Diese Verfahren, die auch „statische Zwillingsbildung“ genannt werden, wurden bereits bei ähnlichen Fragestellungen verwendet (z.B. RWI et al. 2014). Für jedes geförderte Unternehmen wird hierbei ein möglichst ähnliches Unternehmen („statistischer Zwilling“) zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt durch eine Reihe von Unternehmenskennzahlen sowie Unternehmenseigenschaften. Im Idealfall unterscheiden sich die durch LuFo VI geförderten Unternehmen von den zugeordneten Unternehmen nur dadurch, dass sie nicht gefördert wurden. Das folgende Vorgehen wurde gewählt:

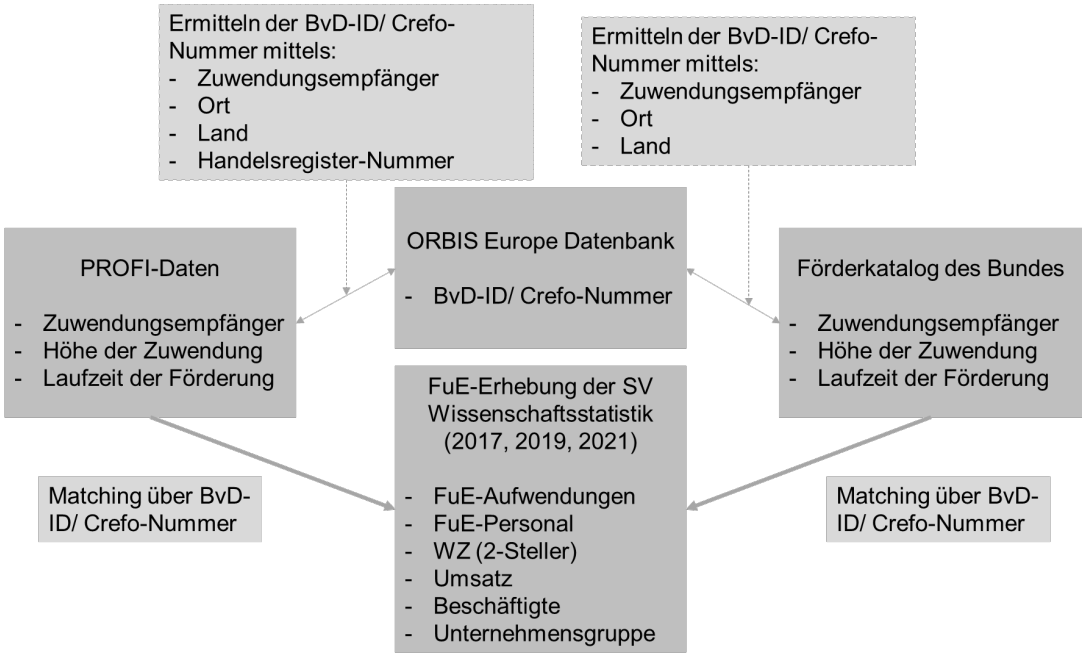
- Untersuchungseinheiten sind diejenigen Unternehmen, die im Rahmen der LuFo VI-1 Förderung finanzielle Förderung erhalten haben. Für die Ermittlung der Wirkungen der Förderung bei den Akteuren der gewerblichen Wirtschaft in den Calls LuFo VI-2 und LuFo VI-3 (Klima) ist der Analysezeitpunkt noch zu früh, da diese Calls zu einer Zeit stattgefunden haben bzw. stattfinden, für die es noch keine messbaren Ergebnisgrößen gibt.
- Letztlich zielt die LuFo VI-Maßnahme darauf ab, über die Förderung von Forschung und Entwicklung und daraus folgend, Innovationen die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu erhöhen. Das sollte dann mittel- und langfristig

die Beschäftigung und Umsätze in den geförderten Unternehmen erhöhen. Diese mittel- bis langfristigen Wirkungen sind allerdings zum aktuellen Zeitpunkt dieser Evaluation noch nicht beobachtbar oder messbar. LuFo VI ist erst vor kurzem gestartet, die Entwicklungszyklen in der Luftfahrtforschung sind lang, Patentierungen benötigen Zeit. Als Ergebnisgrößen werden daher die FuE-Ausgaben (in Euro) sowie das FuE-Personal betrachtet, um festzustellen, ob die LuFo-Förderung zu einer Erhöhung der FuE-Aufwendungen bzw. des FuE-Personals beigetragen hat.

Für die Vergleichsgruppenanalyse werden unterschiedliche Datenquellen genutzt. *Abbildung 5.1.1* stellt dies grafisch dar.

- PROFI-Datenbank: Die PROFI-Datenbank ist das verwaltungsinterne Projektförder-Informationssystem. Die vom Projektträger zur Verfügung gestellte Datenbank umfasst Informationen zur LuFo VI-Förderung auf Akteurslevel wie beispielsweise Fördersummen und Eigenmittel für jedes Projekt sowie Informationen über die Projektlaufzeit und die Art des geförderten Unternehmens. Die PROFI-Datenbank umfasst die LuFo-Calls LuFo V-2, V-3, VI-1, VI-2 und VI-3.
- FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik: Die FuE-Erhebung ermittelt alle zwei Jahre Indikatoren zu FuE-Aufwendungen der Unternehmen nach Mittelverwendung und Finanzierungsquelle, FuE-Personal nach Art der ausgeübten Tätigkeit und Geschlecht, regionale Verteilung der Forschungsstätten und auch Unternehmenseigenschaften wie Größe oder Umsatz.
- Förderkatalog: Der Förderkatalog des Bundes beinhaltet die abgeschlossenen und laufenden Projekte der Projektförderung des Bundes. Die Daten des Förderkatalogs wurden genutzt, um für andere Bundesförderung in dem Zeitraum der LuFo VI-1-Förderung zu kontrollieren. Der Förderkatalog enthält Informationen zu der Förderhöhe sowie dem Förderzeitraum. Für die Analyse wurden die Förderhöhen für die einzelnen Unternehmen aggregiert und um die LuFo-Förderung bereinigt.
- ORBIS-Datenbank: Die ORBIS-Datenbank wird vom Bureau van Dijk (BvD) angeboten und umfasst Unternehmenskennzahlen wie Größe und Sektor, Finanzdaten wie Bilanzen und Umsätze, aber auch Informationen zu Unternehmensanteilseignern und Niederlassungen. Die ORBIS-Datenbank bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Unternehmen zu identifizieren. Um die Unternehmen aus der PROFI-Datenbank sowie die Unternehmen aus dem Förderkatalog mit den Daten der FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik zu verbinden, wurden die Unternehmensnamen der Unternehmen aus der PROFI-Datenbank und dem Förderkatalog zusammen mit Informationen zum Ort und Land und sofern vorhanden mit Informationen aus dem Handelsregister zu diesen Unternehmen hochgeladen und mittels Algorithmen identifiziert. Bei uneindeutigen Zuordnungen wurden die Fälle geprüft und händisch zugeordnet. Die folgende Grafik bildet die Datenquellen ab.

Abbildung 5.1.1
Übersicht zur Aufbereitung der Datensätze für die Vergleichsgruppenrechnungen



Quelle: Eigene Darstellung. BvD-ID = Bureau van Dijk-Identifikationsnummer, Crefo-Nummer = Creditreform-Nummer, WZ = Wirtschaftszweige (Klassifikation durch das Statistische Bundesamt).

Untersucht werden drei Vergleichssituationen: Die durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen werden zum einen mit ähnlichen Unternehmen („statistische Zwillinge“) verglichen, die keine LuFo VI-1-Förderung erhalten haben (Situation 1). Zum anderen werden die im Rahmen von LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit Unternehmen verglichen, die eine Skizze für die Förderung in LuFo VI eingereicht haben (Situation 2). Zusätzlich werden die in LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit denjenigen Unternehmen verglichen, die eine Skizze ebenso in LuFo VI-1 eingereicht haben (Situation 3).

Das Matching, d.h. die Bildung von „statistischen Zwillingen“, erfolgt mittels des so genannten Propensity Score Matching (Rosenbaum und Rubin 1983). Der Propensity Score gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass ein bestimmtes Unternehmen im Rahmen von LuFo VI-1 gefördert wird. Dies wird basierend auf den Ausprägungen in den beobachtbaren Größen

$$\boldsymbol{x}_{i,t-1}$$

ermittelt. Die Wahrscheinlichkeit wird durch ein Probit-Modell geschätzt. Für jedes durch LuFo VI-1 geförderte Unternehmen wird dann ein nicht-gefördertes Unternehmen als „statistischen Zwilling“ festgelegt. Dieser „statistische Zwilling“ ist in Bezug auf den Propensity Score dem geförderten Unternehmen am ähnlichsten („Nearest-Neighbor-Matching“).

Als Matching-Variablen wurden mehrere Unternehmenscharakteristika und Indikatoren zu den FuE-Aktivitäten der Unternehmen verwendet. Konkret wurden die Variablen Beschäftigte 2019 (log), Beschäftigte 2017 (log), FuE-Intensität (2019), FuE-Intensität (2017), Unternehmensgruppe, WZ (2-Steller) verwendet. Den Unternehmen der Behandlungsgruppe wird das in der Matching-Distanz beste Kontrollunternehmen zugeordnet.[8]

Die folgende *Tabelle 5.1.1* stellt die in dieser Berechnung verwendeten Variablen sowie deren Verwendung (Matching oder Wirkungsschätzung) dar.

Tabelle 5.1.1
Variablenübersicht für die Vergleichsgruppenrechnungen

Variable	Beschreibung	Quelle	Verwendung
LuFo VI-1	Dummy Variable: 1=Förderung in LuFo VI-1; 0=keine Förderung in LuFo VI-1	PROFI-Daten	Matching
Beschäftigte 2019 (log)	Anzahl Beschäftigte in 2019 (log)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Matching
Beschäftigte 2017 (log)	Anzahl Beschäftigte in 2017 (log)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Matching
FuE Intensität 2019 (log)	FuE-Ausgaben (2019) / Umsatz (2019) in % (log)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Matching
FuE Intensität 2017 (log)	FuE-Ausgaben (2017) / Umsatz (2017) in % (log)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Matching
Unternehmensgruppe	Dummy Variable: 1=Teil einer Unternehmensgruppe; 0=kein Teil einer Unternehmensgruppe	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Matching
WZ (2-Steller)	Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (2-Steller)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Matching
FuE-Ausgaben (2021) in 1000 Euro (log)	Ausgaben für Forschung und Entwicklung (interne + externe) 2021 in 1000 Euro (log)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Regressions-analyse
FuE-Ausgaben (2019) in 1000 Euro (log)	Ausgaben für Forschung und Entwicklung (interne + externe) 2019 in 1000 Euro (log)	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Regressions-analyse
FuE-Ausgaben (2017) in 1000 Euro (log)	Ausgaben für Forschung und Entwicklung	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Regressions-analyse

[8] *Für die Analysen wurden die Werte logarithmiert (natürlicher Logarithmus) und der Wert 1 ergänzt, sodass nur positive Werte auftreten können.*

Variable	Beschreibung	Quelle	Verwendung
	(interne + externe) 2017 in 1000 Euro (log)		
FuE-Personal (Personal) (2021) (log)	FuE-Personal 2021 (log) in Personen	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Regressions-analyse
FuE-Personal (Personal) (2019) (log)	FuE-Personal 2019 (log) in Personen	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Regressions-analyse
FuE-Personal (Personal) (2017) (log)	FuE-Personal 2017 (log) in Personen	FuE-Erhebung SV-Wissenschafts-statistik	Regressions-analyse
Förderung Förderkatalog vor 2020 (log)	Förderung gemäß Förderkatalog (ohne LuFo) Zeitraum vor 2020 (log) in Euro	Förderkatalog und PROFI-Daten	Regressions-analyse
Förderung Förderkatalog 2020 (log)	Förderung gemäß Förderkatalog (ohne LuFo) 2020 (log) in Euro	Förderkatalog und PROFI-Daten	Regressions-analyse
Förderung Förderkatalog 2021 (log)	Förderung gemäß Förderkatalog (ohne LuFo) 2021 (log) in Euro	Förderkatalog und PROFI-Daten	Regressions-analyse
Förderung LuFo vor 2020 (log)	LuFo-Förderung im Zeitraum vor 2020 (log) in Euro	PROFI-Daten	Regressions-analyse
Förderung LuFo 2020 (log)	LuFo-Förderung 2020 (log) in Euro	PROFI-Daten	Regressions-analyse
Förderung LuFo 2021 (log)	LuFo-Förderung 2021 (log)	PROFI-Daten	Regressions-analyse

Quelle: Eigene Darstellung. Hinweis: Förderkatalog Fördersummen wurden um LuFo-Förderung aus PROFI-Daten reduziert. LuFo-Förderung beinhaltet die LuFo Calls LuFo V-2, V-3, VI.

Die *Tabelle 5.1.2* zeigt, dass von insgesamt 168 geförderten Unternehmen, die aus der PROFI-Datenbank extrahiert werden konnten, 105 Unternehmen in der Datenbank des SV-Wissenschaftsstatistik identifiziert werden konnten.

Tabelle 5.1.2
Unternehmensidentifizierung für die Vergleichsgruppenrechnungen

Abgrenzung der Unternehmenskategorien	Anzahl
Grundgesamtheit geförderter Unternehmen (aus PROFI-Daten)	168
davon identifiziert in FuE-Erhebung des SV-Wissenschaftsstatistik	105
davon mit vollständigen Angaben	76

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs.

Insgesamt konnten 76 Unternehmen identifiziert werden, für die alle notwendigen Variablen vorliegen. Unvollständige Angaben kommen zustande, wenn beispielsweise

ein Unternehmen in der Befragungswelle 2017 und 2019, aber nicht im Jahr 2021 Angaben gemacht hat. Da durch das Matching Angaben aus 2017, 2019 und 2021 vorliegen mussten, sind somit auch nur Unternehmen gematched worden, die mindestens fünf Jahre alt sind.

Um die Anzahl der identifizierten Unternehmen mit vollständigen Angaben zu erhöhen, wurde auch versucht, die Daten von ORBIS Europe (BvD) zu verwenden. Aufgrund häufiger fehlender Nennungen bei Beschäftigung oder Umsatz konnten somit aber nicht mehr Unternehmen mit vollständigen Angaben identifiziert werden. Die Anzahl identifizierter Unternehmen mit vollständigen Angaben ist mit 76 relativ gering. Die Ergebnisse müssen daher vor dieser Einschränkung interpretiert werden.

5.1.3 Herausforderungen bei der Kontrollgruppenanalyse im Kontext der Evaluation von LuFo VI

Im Idealfall müssten unterschiedliche Konstellationen bezogen auf die Förderungsempfänger unterschieden und berücksichtigt werden:

- **Unternehmen, die erstmalig eine LuFo-Förderung erhalten:** Beispielsweise neue Unternehmen am Markt, oder Unternehmen, die sich diversifizieren wollen, kommen im Rahmen von LuFo VI-1 erstmalig mit der LuFo-Förderung in Kontakt. Diese Unternehmen können unter Umständen bereits andere Förderung erhalten haben, aber die Förderung im Rahmen von LuFo erfolgt erstmalig im Call LuFo VI-1. Sofern für die Förderung durch andere Fördermaßnahmen kontrolliert wird, kann die Wirkung auf FuE-Ausgaben und FuE-Personal der LuFo VI-1-Förderung zugeschrieben werden. Die Identifizierung dieser Unternehmen setzt voraus, dass die gesamte Förderhistorie bekannt ist.
- **Unternehmen, die kontinuierlich LuFo-Förderung erhalten:** Einige Unternehmen erhalten kontinuierlich, seit der Einführung der LuFo-Förderung im Jahr 1995 Förderung. Ein positiver Effekt der LuFo-Förderung auf die FuE-Ausgaben und das FuE-Personal der Unternehmen könnte durch die kontinuierliche Förderung durch LuFo aufrechterhalten werden. Für die Isolierung des Effekts wäre es notwendig, die gesamte Förderhistorie zu kennen, um beispielsweise Zuwendungssteigerungen oder -reduzierungen durch neue oder auslaufende LuFo-Projekte zu berücksichtigen.
- **Unternehmen, die nicht kontinuierlich LuFo-Förderung erhalten haben:** Einige Unternehmen erhalten in bestimmten Jahren LuFo-Förderung, und in anderen Jahren wiederum keine Förderung. Sofern beispielsweise die LuFo-Förderung durch das Unternehmen dafür genutzt wird, Personal weiter zu beschäftigen, kann die LuFo-Förderung unter Umständen dazu beitragen, dass das FuE-Personal konstant bleibt. Darüber hinaus eignen sich solche Unternehmen dazu, langfristige Effekte festzustellen. Auch bei diesen Unternehmen, ist für die Berechnung der Wirkungen durch LuFo VI-1 die gesamte Förderhistorie der LuFo-Förderung notwendig.

Unterschiedliche Restriktionen in den Daten führen jedoch dazu, dass eine komplette Nachzeichnung der LuFo-Förderhistorie nicht möglich ist. Aus den PROFI-Daten sind die LuFo-Calls V-2, V-3, VI-1, VI-2 sowie VI-3 ersichtlich. Die Zuwendungen stehen für die Jahre 2020 bis 2028 sowie aggregiert für die Zeiträume vor 2020 und nach 2029 zur Verfügung. Auch überlappen sich teilweise die Förderungszeiträume der LuFo V- und LuFo VI-Förderung. Zusätzlich werden die FuE-Daten der SV-Wissenschaftsstatistik nicht jedes Jahr vollständig erhoben. So bezieht sich die neuste aktuell verfügbare Erhebungswelle zum Zeitpunkt der Evaluation auf das Jahr 2021. Zudem erschwert die kleine Anzahl an Beobachtungen weitere Unterscheidungen oder Analysen von Untergruppen, etwa eine detaillierte Betrachtung von KMU. Für die LuFo VI-Förderung ist daher aktuell nur eine erste Momentaufnahme möglich.

5.2 Ausweitung der FuE-Aktivitäten im Vergleich zwischen LuFo VI-geförderten und nicht-geförderten Unternehmen

Im vorliegenden Abschnitt werden die Wirkungen der Förderung im Rahmen von LuFo VI auf die Zuwendungsempfänger untersucht. In der ersten Vergleichssituation werden die durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit ähnlichen Unternehmen („statistische Zwillinge“) verglichen, die keine LuFo VI-1-Förderung erhalten haben.

5.2.1 Matching-Ergebnisse

Die folgende *Tabelle 5.2.1* zeigt die Mittelwerte der für das Matching verwendeten Variablen für die Behandlungsgruppe vor dem Matching und die Kontrollgruppe vor und nach dem Matching. Für das Matching werden die Variablen Beschäftigte (2019 und 2017), FuE-Intensität (2019 und 2017) sowie die Wirtschaftszweiklassifikation (2-Steller) verwendet. Auf dieser Basis wurde jedem der 76 Unternehmen ein „statistischer Zwilling“ zugeordnet.

Tabelle 5.2.1
Vergleichssituation 1: Matching-Ergebnis

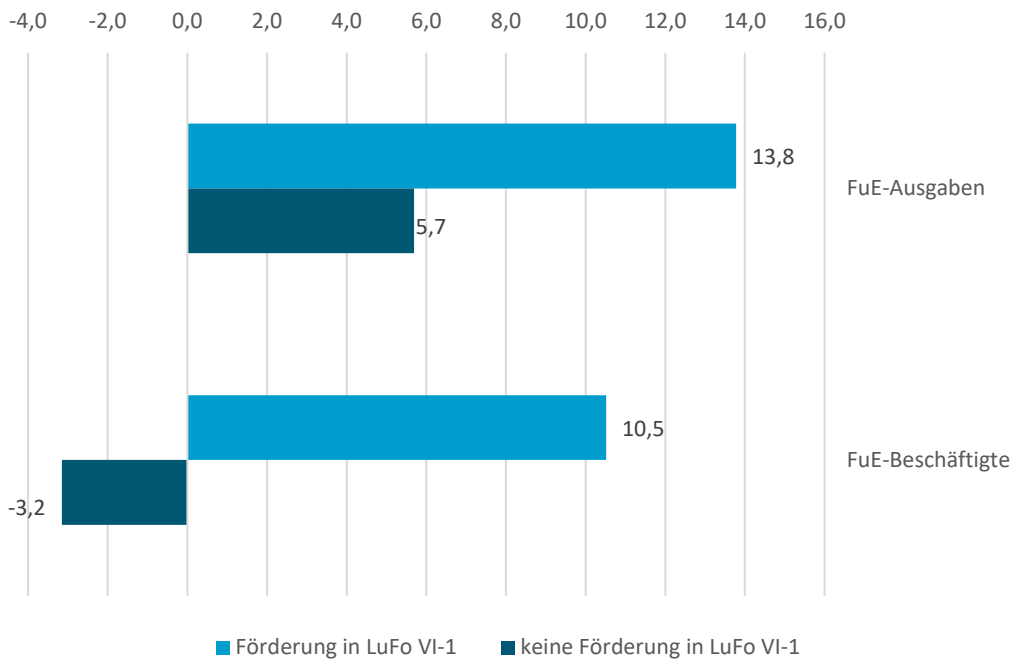
Variable	Mittelwerte		
	LuFo VI-1	Nicht-geförderte Unternehmen (vor Matching)	Nicht-geförderte Unternehmen (nach Matching)
Beschäftigte 2019 (log)	5,4029	4,0188	5,2211
Beschäftigte 2017 (log)	5,2435	3,9837	5,0990
FuE Intensität 2019 (log)	0,1467	0,1177	0,1446
FuE Intensität 2017 (log)	0,1576	0,1090	0,2218
WZ (2-Steller)	-	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs. Die Matching-Ergebnisse zu den Wirtschaftszweigen (2-Steller) werden aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Jedem der 76 durch

LuFo VI-1 geförderten Unternehmen wurde eins der 12.599 übrigen Unternehmen im Datensatz zugeordnet.

Um einen Überblick über die beiden Zielgrößen (FuE-Ausgaben und FuE-Beschäftigte) zu geben, zeigt die folgende *Abbildung 5.2.1* die Mittelwerte dieser Variablen für die Behandlungsgruppe und die Kontrollgruppe nach dem Matching für die Vergleichssituation 1. Sowohl bei den FuE-Ausgaben als auch bei den FuE-Beschäftigten liegt die Wachstumsrate (2019 auf 2021) der durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen (Behandlungsgruppe) mit 13,8% bzw. 10,5% oberhalb der Wachstumsraten der nicht durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen (Kontrollgruppe), die bei 5,7% bzw. -3,2% liegen.

Abbildung 5.2.1
Vergleichssituation 1: Wachstumsrate der Zielgrößen (2019 auf 2021) in %



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen. Die Berechnungen erfolgen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebungen der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs. Ausreißer wurden entfernt.

5.2.2 Regressionsergebnisse

Die folgende *Tabelle 5.2.2* zeigt die Ergebnisse einer OLS-Schätzung der Wirkung der Förderung auf die Zielgrößen. Die jeweils abhängige Variable, FuE-Ausgaben bzw. FuE-Personal, wird dabei von der LuFo-Förderung sowie der weiteren Bundesförderung erklärt.

Eine Interpretation der Effektgröße erscheint aufgrund der kleinen Anzahl an Beobachtungen nicht sinnvoll. Auch, weil zum Zeitpunkt der LuFo-Evaluation noch viele Projekte in der Umsetzungsphase sind. Dennoch zeigen die Ergebnisse: Im ersten Modell werden die FuE-Ausgaben im Jahr 2021 erklärt. Wenig überraschend sind die

FuE-Ausgaben des Jahres 2019 ein starker Prädiktor für die FuE-Ausgaben im Jahr 2021. Ein statistisch signifikanter Effekt durch die LuFo-Förderung kann nicht beobachtet werden.

Im zweiten Modell wird das FuE-Personal im Jahr 2021 erklärt. Ebenfalls wenig überraschend sind hier die im Jahr 2019 im FuE-Bereich beschäftigten Personen ein starker Prädiktor für das Jahr 2021. Darüber hinaus zeigt jedoch auch die LuFo-Förderung im Jahr 2021 einen positiven und statistisch signifikanten Effekt. Eine Erhöhung der LuFo-Förderung im Jahr 2021 führt, sofern alle anderen Einflussfaktoren konstant gehalten werden, zu einer Erhöhung des FuE-Personals im selben Jahr.

Tabelle 5.2.2
Vergleichssituation 1: Regressions-Ergebnisse

	Abhängige Variable	
	FuE-Ausgaben 2021 (log)	FuE-Personal 2021 (log)
	(1)	(2)
FuE-Ausgaben 2019 (log)	1,032***	
	(0,115)	
FuE-Ausgaben 2017 (log)	-0,102	
	(0,112)	
FuE-Personal 2019 (log)		1,111***
		(0,113)
FuE-Personal 2017 (log)		-0,171
		(0,108)
Bundesförderung ohne LuFo vor 2020 (log)	-0,014	-0,004
	(0,012)	(0,008)
Bundesförderung ohne LuFo 2020 (log)	0,030*	0,011
	(0,017)	(0,011)
Bundesförderung ohne LuFo 2021 (log)	0,012	0,009
	(0,016)	(0,010)
LuFo-Förderung vor 2020 (log)	0,005	-0,002
	(0,025)	(0,016)
LuFo-Förderung 2020 (log)	-0,029	-0,014
	(0,030)	(0,019)
LuFo-Förderung 2021 (log)	0,020	0,020*
	(0,019)	(0,012)
Konstante	0,398**	0,031
	(0,191)	(0,083)
Observationen	152	152
R^2	0,926	0,948
Adjusted R^2	0,922	0,945
Residual Std Error (df= 143)	0,781	0,486
F Statistic (df= 8; 143)	223,731***	326,164***

Hinweis: **p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01*

Quelle: Eigene OLS-Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs.

Dass für die FuE-Ausgaben im Jahr 2021 kein statistisch signifikanter Effekt durch die LuFo-Förderung festgestellt werden konnte, kann daran liegen, dass einige Förderzusagen sehr kurzfristig erteilt wurden und die Ausdehnung des FuE-Budgets erst verzögert wirksam geworden ist und daher im Jahr 2021 noch nicht beobachtet werden konnte. FuE-Personal hingegen könnte auch vergleichsweise kurzfristig angeworben worden sein bzw. im Zuge der COVID-19-Pandemie durch die LuFo-Förderung weiterbeschäftigt worden sein.

5.3 Ausweitung der FuE-Aktivitäten im Vergleich zwischen LuFo VI-1-geförderten und nicht-geförderten Unternehmen, die aber eine Skizze in LuFo VI eingereicht haben

Um tiefergehende Aussagen zu den Wirkungen treffen zu können, wird im nächsten Schritt die Vergleichsgruppe eingeschränkt. In dieser zweiten Vergleichssituation werden die in LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit den Unternehmen verglichen, die in einem der Calls LuFo VI-1, VI-2 oder VI-3 eine Skizze eingereicht haben, aber nicht in LuFo VI-1 gefördert wurden. Da die Bewilligungszeiträume von LuFo VI-2 und VI-3 später sind als die Outcome-Variable FuE-Ausgaben 2021 bzw. FuE-Personal 2021, liegt die Annahme zugrunde, dass eine Förderung in einem dieser Calls keine Auswirkungen auf die Outcome-Variablen hat. Daher ist für diese Unternehmen ein Effekt der LuFo-Förderung auch erst nach 2021 zu erwarten. Die Idee ist, dass unbeobachtbare Merkmale, die entscheiden können, ob ein Unternehmen sich überhaupt für die LuFo-Förderung bewirbt, einen Einfluss auf das Ergebnis haben kann. Durch die Einschränkung auf diese Kontrollgruppe wird dies berücksichtigt. Zudem sind so auch nur Unternehmen in der Vergleichsgruppe, die in vergleichbaren Technologiebereichen Forschung betreiben.

5.3.1 Matching-Ergebnisse

Die folgende *Tabelle 5.3.1* zeigt die Mittelwerte der für das Matching verwendeten Variablen für die Behandlungsgruppe vor dem Matching und die Kontrollgruppe vor und nach dem Matching. Insgesamt werden 76 in LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit 190 Unternehmen gematched, die eine Skizze in LuFo VI eingereicht haben, aber nicht in LuFo VI-1 gefördert wurden. Um das Matching zu gestalten, müssen die Matchingvariablen leicht angepasst werden. Da die Gruppe potenzieller Matchingpartner deutlich kleiner ist als in der ersten Vergleichssituation, werden die Variablen Beschäftigung (2019 und 2017), FuE-Intensität (2019) und die Wirtschaftszweigklassifikation für das Matching verwendet.

Um auch in der zweiten Vergleichssituation einen Überblick über die beiden Zielgrößen (FuE-Ausgaben und FuE-Beschäftigte) zu zeigen, stellt die folgende *Abbildung 5.3.1* die Mittelwerte dieser Variablen für die Behandlungsgruppe und die Kontrollgruppe für die zweite Vergleichssituation. Auch hier liegen die Wachstumsraten

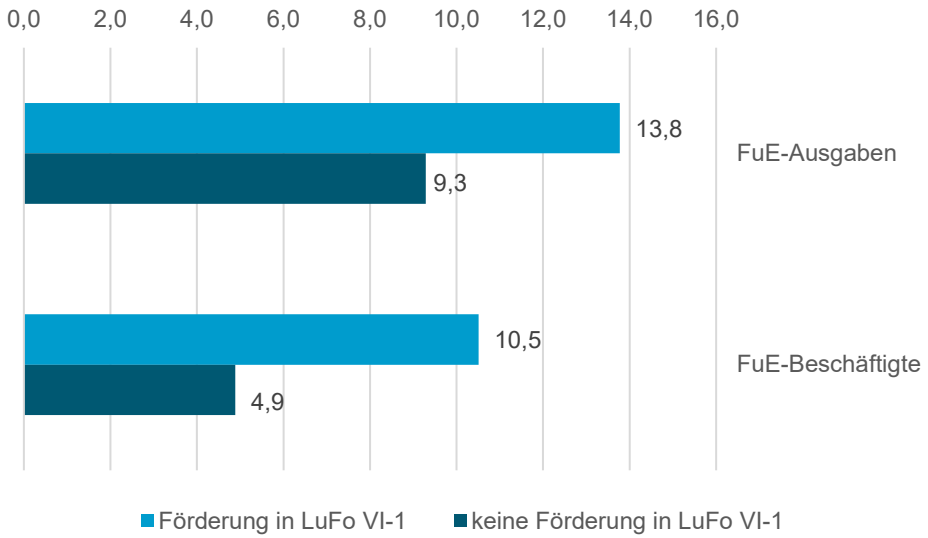
(2019 auf 2021) der FuE-Ausgaben und der FuE-Beschäftigten der Behandlungsgruppe oberhalb der der Kontrollgruppe. Während von 2019 auf 2021 die FuE-Ausgaben der Kontrollgruppe um durchschnittlich 13,8% gestiegen ist, erhöhten sich die FuE-Ausgaben der Kontrollgruppe lediglich um 9,3%. Im gleichen Zeitraum stieg die Anzahl der FuE-Beschäftigten der Behandlungsgruppe um 10,5%, während sich die der Kontrollgruppe lediglich um 4,9% erhöhte.

Tabelle 5.3.1
Vergleichssituation 2: Matching-Ergebnis

Variable	Mittelwerte		
	LuFo VI-1	Nicht-geförderte Unternehmen (vor Matching)	Nicht-geförderte Unternehme (nach Matching)
Beschäftigte 2019 (log)	5,4029	4,6834	4,8826
Beschäftigte 2017 (log)	5,2435	4,5926	4,8387
FuE Intensität 2019 (log)	0,1467	0,1575	0,1755
WZ (2-Steller)	-	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs. Die Matching-Ergebnisse zu den Wirtschaftszweigen (2-Steller) werden aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Jedem der 76 durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen wurde eins der 190 übrigen Unternehmen im Datensatz zugeordnet, die eine Skizze für LuFo VI eingereicht haben.

Abbildung 5.3.1
Vergleichssituation 2: Wachstumsrate der Zielgrößen (2019 auf 2021) in %



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen. Die Berechnungen erfolgen auf Basis der Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs. Ausreißer wurden entfernt.

5.3.2 Regressionsergebnisse

Die folgende *Tabelle 5.3.2* zeigt die Ergebnisse einer OLS-Schätzung. Die jeweils abhängige Variable, FuE-Ausgaben bzw. FuE-Personal, wird dabei von der LuFo-Förderung sowie der weiteren Bundesförderung erklärt.

Die Regressionsergebnisse, deren Effektgröße aufgrund der kleinen Beobachtungszahl und der Betrachtung der Ergebnisse zu einem frühen Zeitpunkt mit Vorsicht betrachtet werden sollten, sind ähnlich den Ergebnissen der Vergleichssituation 1, in der ebenso wie hier kein statistisch signifikanter Zusammenhang der LuFo-Förderung auf die FuE-Ausgaben der Unternehmen gefunden wurde.

Tabelle 5.3.2
Vergleichssituation 2: Regressions-Ergebnisse

	Abhängige Variable	
	FuE-Ausgaben 2021 (log)	FuE-Personal 2021 (log)
	(1)	(2)
FuE-Ausgaben 2019 (log)	1,013***	
	(0,136)	
FuE-Ausgaben 2017 (log)	-0,073	
	(0,132)	
FuE-Personal 2019 (log)		0,994***
		(0,107)
FuE-Personal 2017 (log)		-0,043
		(0,103)
Bundesförderung ohne LuFo vor 2020 (log)	-0,012	-0,003
	(0,012)	(0,007)
Bundesförderung ohne LuFo 2020 (log)	0,017	0,004
	(0,016)	(0,010)
Bundesförderung ohne LuFo 2021 (log)	0,018	0,013
	(0,016)	(0,010)
LuFo-Förderung vor 2020 (log)	0,001	0,0002
	(0,021)	(0,013)
LuFo-Förderung 2020 (log)	-0,028	-0,015
	(0,027)	(0,016)
LuFo-Förderung 2021 (log)	0,022	0,018*
	(0,017)	(0,010)
Konstante	0,361*	0,024
	(0,202)	(0,093)
Observationen	152	152
R^2	0,919	0,948
Adjusted R^2	0,915	0,945
Residual Std Error (df= 143)	0,802	0,480
F Statistic (df= 8; 143)	203,082***	326,594***

*Hinweis: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01*

Quelle: Eigene OLS-Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs.

Jedoch zeigt sich auch hier ein positiver und statistisch signifikanter Effekt der LuFo-Förderung im Jahr 2021 auf die FuE-Beschäftigten im Jahr 2021. Eine Erhöhung der LuFo-Förderung im Jahr 2021 führt, sofern alle anderen Einflussfaktoren konstant gehalten werden, diesem Modell zu Folge zu einer Erhöhung des FuE-Personals im selben Jahr.

Auch hier kann ein Aspekt dafür, dass für die FuE-Ausgaben im Jahr 2021 kein statistisch signifikanter Effekt durch die LuFo-Förderung gefunden wurde, darin begründen, dass einige Förderzusagen sehr kurzfristig erteilt wurden und die Ausdehnung des FuE-Budgets erst verzögert wirksam geworden ist und daher im Jahr 2021 noch nicht beobachtet werden konnte. FuE-Personal hingegen könnte auch vergleichsweise kurzfristig angeworben worden sein bzw. im Zuge der COVID-19-Pandemie durch die LuFo-Förderung weiterbeschäftigt worden sein.

5.4 Ausweitung der FuE-Aktivitäten im Vergleich zwischen LuFo VI-1-geförderten und nicht-geförderten Unternehmen, die aber eine Skizze in LuFo VI-1 eigenreicht haben

In einem dritten Schritt wird die Vergleichsgruppe weiter eingeschränkt. In dieser dritten Vergleichssituation werden die in LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit Unternehmen gematched, die zwar eine Skizze im Call LuFo VI-1 eingereicht haben, aber nicht gefördert wurden.

Eine große Herausforderung in dieser Vergleichssituation ist der Umstand, dass lediglich 141 Unternehmen identifiziert werden konnten, die eine Skizze in LuFo VI-1 eingereicht haben. Von diesen 141 Unternehmen wurden 66 Unternehmen tatächlich gefördert. Die übrigen 75 Unternehmen wurden nicht gefördert. Dies bedeutet, dass die Grundgesamtheit derjenigen Unternehmen, die mit den geförderten Unternehmen gematched werden können und somit „statistische Zwillinge“ bilden können, gering ist.

Um dennoch ein Matching-Verfahren durchführen zu können, wurden als Matchingkriterien der Wirtschaftszweig (2-Steller) sowie die FuE-Intensität (2019) verwendet, wobei die WZ-Klassifikation als exaktes Matchingkriterium gewählt wurde, welches in der Teilnehmer- und Vergleichsgruppe jeweils zwingend gleich sein musste.

5.4.1 Matching-Ergebnisse

Die folgende *Tabelle 5.4.1* zeigt die Mittelwerte der für das Matching verwendeten Variablen für die Teilnehmergruppe vor dem Matching und die Kontrollgruppe vor und nach dem Matching. Da durch die starke Restriktion bereits recht ähnliche Unternehmen in der potenziellen Kontrollgruppe sind, wurde das Matching auf die FuE-Intensität (2019) sowie die exakte Übereinstimmung des Wirtschaftszweigs beschränkt.

Tabelle 5.4.1
Vergleichssituation 3: Matching-Ergebnis

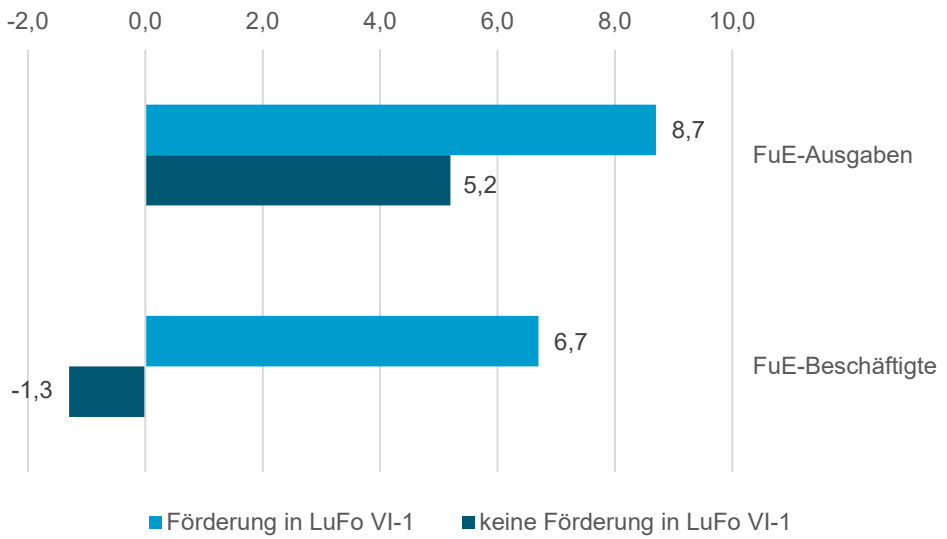
Variable	Mittelwerte			
	LuFo VI-1	Geförderte Unternehmen (nach Matching)	Nicht-geförderte Unternehmen (vor Matching)	Nicht-geförderte Unternehmen (nach Matching)
FuE Intensität 2019 (log)	0,1808	0,2066	0,1536	0,1610
WZ (2-Steller)	-	-	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs. Die Matching-Ergebnisse zu den Wirtschaftszweigen (2-Steller) werden aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Jedem der 66 durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen wurde eins der 75 übrigen Unternehmen im Datensatz zugeordnet, die eine Skizze für LuFo VI-1 eingereicht haben.

Durch die Restriktionen im Matching konnte 43 geförderten Unternehmen ein „statisischer Zwilling“ zugeordnet werden.

Abbildung 5.4.1 stellt für die dritte Vergleichssituation einen Überblick über die Wachstumsraten der beiden Zielgrößen (FuE-Ausgaben und FuE-Beschäftigte) dar, jeweils für die Behandlungsgruppe und die Kontrollgruppe. Während für die Behandlungsgruppe die FuE-Ausgaben von 2019 auf 2021 um 8,7% stiegen, stiegen die FuE-Ausgaben der Kontrollgruppe in diesem Zeitraum um 5,2%. Beim Wachstum der FuE-Beschäftigten zeigt sich, dass auch hier mit 6,7% die Zahl der FuE-Beschäftigten in der Behandlungsgruppe anstieg, während sie in der Vergleichsgruppe von 2019 auf 2021 mit -1,3% leicht zurückging.

Abbildung 5.4.1
Vergleichssituation 3: Wachstumsrate der Zielgrößen (2019 auf 2021) in %



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen. Die Berechnungen erfolgen auf Basis der Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs. Ausreißer wurden entfernt.

5.4.2 Regressionsergebnisse

Tabelle 5.4.2 zeigt die Ergebnisse einer OLS-Schätzung. Die jeweils abhängige Variable, FuE-Ausgaben bzw. FuE-Personal, wird dabei von der LuFo-Förderung sowie der weiteren Bundesförderung erklärt.

Die Regressionsergebnisse der dritten Vergleichssituation zeigen einen statistisch signifikanten Zusammenhang der LuFo-Förderung im Jahr 2020 mit dem FuE-Personal der Unternehmen im Jahr 2021. Auch hier sollte die Effektgröße aufgrund des frühen Evaluationszeitpunkts und der geringen Beobachtungszahlen mit Vorsicht betrachtet werden. Eine Erhöhung der LuFo-Förderung im Jahr 2020 führt, sofern alle anderen Einflussfaktoren konstant gehalten werden, zu einer Erhöhung des-FuE-Personals im nachfolgenden Jahr. Zudem zeigt sich ein statistisch signifikanter negativer Effekt der LuFo-Förderung vor 2020 auf das FuE-Personal in 2021. Dieser Effekt sollte nicht als negative Auswirkung der LuFo-Förderung interpretiert werden. Stattdessen kann dies im Zusammespiel mit dem positiven Effekt der LuFo-Förderung in 2020 so interpretiert werden, dass die Unternehmen ihr gestiegenes Niveau an FuE-Personal aufrechterhalten.

Modellvariationen bestätigen diesen positiven Effekt auf das FuE-Personal sowie zusätzlich einen positiven Effekt der LuFo-Förderung auf die FuE-Ausgaben: Regressionen, in denen die Werte nicht logarithmiert werden, zeigen neben einem statistisch signifikanten Einfluss der LuFo-Förderung im Jahr 2021 auf die FuE-Beschäftigten auch einen statstisch signifikanten Effekt der LuFo-Förderung in 2020 auf die FuE-Ausgaben in 2021.

Im Vergleich zu den vorherigen Vergleichssituationen beinhaltet diese Vergleichssituation die größte Ähnlichkeit zwischen den in LuFo VI-1 geförderten und nicht-geförderten Unternehmen hinsichtlich nicht beobachtbarer Eigenschaften, die zu dem Versuch der Einwerbung einer LuFo-Förderung führen können. Jedoch gilt es auch hier zu beachten, dass die Anzahl der beobachteten Unternehmen relativ gering ist. Darüber hinaus ist der Zeitraum zwischen Förderung und der erwarteten Wirkungsentfaltung gering. Vor diesem Hintergrund sind die Ergebnisse unter Vorsicht zu interpretieren.

Tabelle 5.4.2
Vergleichssituation 3: Regressions-Ergebnisse

	Abhängige Variable	
	FuE-Ausgaben 2021 (log)	FuE-Personal 2021 (log)
	(1)	(2)
FuE-Ausgaben 2019 (log)	0,831***	
	(0,139)	
FuE-Ausgaben 2017 (log)	0,149	
	(0,138)	
FuE-Personal 2019 (log)		0,940***
		(0,124)
FuE-Personal 2017 (log)		0,014
		(0,124)
Bundesförderung ohne LuFo vor 2020 (log)	0,003	-0,001
	(0,009)	(0,006)
Bundesförderung ohne LuFo 2020 (log)	0,012	0,003
	(0,010)	(0,007)
Bundesförderung ohne LuFo 2021 (log)	-0,005	0,007
	(0,011)	(0,007)
LuFo-Förderung vor 2020 (log)	-0,026	-0,029**
	(0,017)	(0,011)
LuFo-Förderung 2020 (log)	0,018	0,028**
	(0,020)	(0,013)
LuFo-Förderung 2021 (log)	0,004	0,006
	(0,011)	(0,007)
Konstante	0,106	0,022
	(0,154)	(0,077)
Observationen	86	86
R^2	0,973	0,979
Adjusted R^2	0,970	0,977
Residual Std Error (df= 143)	0,418	0,272
F Statistic (df= 8; 143)	348,622***	453,807***

Hinweis: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01

Quelle: Eigene OLS-Berechnungen auf Basis der PROFI-Daten, FuE-Erhebung der SV-Wissenschaftsstatistik, ORBIS-Europe und des Förderkatalogs.

6. (Erwartete) Ergebnisse I: Output der Förderung bei den Zuwendungsempfängern

Im Rahmen dieses Abschnitts wird eingangs dargestellt, mit welchen Unsicherheiten die Projektumsetzung verbunden ist, bevor im weiteren Verlauf untersucht wird, welcher Output aus den Projekten im Rahmen von LuFo VI eingetreten bzw. in Zukunft geplant sind. Dieser Output umfasst Ergebnisse, die direkt oder nach Vollziehung eines Zwischenschritts aus den Projekten resultieren. Dazu gehören auf Seiten der Akteure der gewerblichen Wirtschaft (Großunternehmen und KMU) vor allem etwa Patentanmeldungen, Prototypen oder auch Neu- und Ausgründungen. Bei den Hochschulen und Forschungseinrichtungen kommen auch Ergebnispräsentationen und Publikationen von Projektergebnissen dazu.

6.1 Unsicherheiten bei der Projektumsetzung

Ob die zum Start von FuE-Projekten formulierten Ziele, Zielindikatoren und Erfolgsgrößen letztlich auch erreicht werden können und zu tatsächlich beobachtbaren Wirkungen führen, ist häufig vorab nicht kalkulierbar. Ergebnisse und Wirkungen von Projekten sind oftmals mit Unsicherheiten verbunden, da sie von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden. Diese Unsicherheiten betreffen sowohl die internen Vorab-Prognosen der beteiligten Akteure (intern oder in den bei der Antragstellung eingereichten Unterlagen) als auch die Indikatoren, die in Hinblick auf erwartete zukünftige Wirkungen erfasst werden. Aus Sicht der Evaluierung von LuFo VI sind diese Unsicherheiten bei der Abschätzung möglicher zukünftiger Programmwirkungen mit zu berücksichtigen. Diese Unsicherheiten wurden im Rahmen der Fallstudien und der Fokusgruppen näher beleuchtet. *Abbildung 6.1.1* kategorisiert verschiedene Unsicherheiten in Hinblick auf ihre Ursachen:

Abbildung 6.1.1
Kategorien von Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Programmwirkungen durch die LuFo VI-Projekte

Quelle: Eigene Darstellung.

Komplexität und technologische Herausforderungen

Projekte können oft sehr komplex sein, insbesondere wenn sie viele Variablen, Stakeholder und Abhängigkeiten umfassen. Die Interaktion dieser Faktoren kann zu unvorhergesehenen Ergebnissen führen und Unsicherheiten über den Verlauf und das Ergebnis des Projekts schaffen. Zudem kommt es vor, dass technologische Entwicklungen nicht zu den erwarteten Wirkungen führen. Diese Unsicherheiten sind nach Erkenntnissen aus den Fokusgruppen insbesondere bei Forschungsprojekten teilweise sehr hoch (insbesondere, wenn diese einen eher grundlagenorientierten Charakter haben), während die Ergebnisse und Wirkungen für Projekte, die auf Produktentwicklung abzielen, bereits besser kalkulierbar sind. Vor allem Forschungsprojekte bergen oft Unsicherheiten hinsichtlich der Ergebnisse und des Erreichens der Forschungsziele. So könne es vorkommen, dass bestimmte Hypothesen nicht bestätigt werden oder unerwartete Ergebnisse auftreten, was zu Änderungen im Projektverlauf und der Definition von Zielsetzungen führen kann. Nach Ansicht der Expertinnen und Experten handelt es sich bei vielen LuFo-Projektskizzen um Vorhaben, die mit einem hohen technischen Risiko verbunden seien, sodass es auch schon während der Projektphase Unsicherheiten gäbe. Bei diesen Projekten sind gleichzeitig im Fall des Projekterfolgs die zukünftigen Ertragserwartungen höher als bei anderen, weniger risikobehafteten Projekten. Hingegen stellten den Ansichten der Expertinnen und Experten zufolge, Probleme während der Projektdurchführung eher die Ausnahme dar.

Unternehmensinterne Prozesse und Entscheidungen

Nach erfolgreicher Beendigung eines Projekts stellt sich die Frage nach der Durchführung von Nachfolgeprojekten, die entweder ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein Verfahren weiter in Richtung auf die Markteinführung entwickeln, oder hinsichtlich der Initiierung von Projekten, die auf eine weiterführende Forschungsidee ausgerichtet sind. Weiterhin stellt sich ab einem bestimmten Zeitpunkt die Frage, ob eine Markteinführung eines neuen Produkts erfolgt bzw. ein neues Verfahren etabliert werden soll. Diese Entscheidungen fallen in Abhängigkeit von unternehmensinternen Abläufen, bei denen Faktoren, wie die zum Zeitpunkt der Entscheidung abgeschätzten Marktchancen, berücksichtigt werden. Die organisationsinternen Entscheidungen hängen somit eng mit den abgeschätzten Marktrisiken zusammen.

Marktrisiken

Ob das in den LuFo VI-Projekten generierte Wissen letztlich für die Entwicklung neuer Technologien und Produkte genutzt wird, sei auch von der Nachfrage bzw. zukünftigen Luftfahrtprogrammen abhängig, konstatierten Teilnehmende der Fokusgruppen. Ob ein Produkt zur Marktreife weiterentwickelt wird, hängt vor allem davon ab, dass ein Original Equipment Manufacturer (OEM) entsprechende Bedarfe signalisiert. Das Risiko, dass eine Anwendung nicht zum Einsatz komme, wird von Expertinnen und Experten im Durchschnitt auf 20-30% geschätzt. Um das Marktrisiko möglichst klein halten zu können, ist es in aller Regel erforderlich, den OEM bzw. die Kunden in das Projekt einzubinden. Darüber hinaus könne sich – so die Expertinnen und Experten – auch der Markt und damit die erforderlichen Lösungen für die den LuFo VI-Projekten zugrundeliegenden Forschungsfragen verändern. In Unternehmen stelle der Projektstart häufig die Projektidee dar. Bis zum Abschluss des dann geförderten Projekts

kann viel Zeit vergehen, in der sich wiederum der Markt wandeln und somit auch der Erkenntnisbedarf in dieser Zeit verändern könne. In diesem Zusammenhang wurde ferner der Zeitaufwand für die administrativen Prozesse der LuFo VI-Förderung als ein Unsicherheitsfaktor genannt. Nach Aussagen der Expertinnen und Experten können zwischen der Skizzenerstellung und der Antragsbewilligung bis zu zwei Jahre vergehen. In dieser Zeit können wesentliche Veränderungen im Markt stattfinden, welche eine Anpassung der FuE-Aktivitäten erforderlich machen.

Regulatorische Rahmenbedingungen

Die Luftfahrtindustrie ist stark geprägt durch regulatorische Rahmenbedingungen wie bspw. Zulassungs- und Sicherheitsstandards. Die Entwicklung neuer Standards ist häufig von Komplexität gekennzeichnet und erfordert die Kombination unterschiedlicher (technologischer) Kompetenzen. Gerade wenn es sich um grundlegend neue Ansätze in der Luftfahrt handelt, sind diese meist mit einem langem Zeithorizont bis zur Umsetzung verbunden. In den Interviews im Rahmen des Process Tracings wurde geschildert, dass aufgrund der in der Luftfahrt zu erfüllenden Sicherheitsanforderungen, neue Standards und Systeme über einen gewissen Zeitraum etablieren und validiert werden müssen. Bei Projekten, die auf die Entwicklung von Standards abzielen, bestehe zu Projektbeginn ein Risiko darin, ob man genügend Partner zusammenbringen könne. Auch die Frage, ob die Projektergebnisse bei der Weiterentwicklung von Standards einfließen oder der Standard so gewählt wird, dass entwickelte Lösungen umsetzbar sind, sei mit einer Unsicherheit verbunden. Die jeweilig zuständigen Gremien weisen auch eine interne Dynamik und eigene Machtverhältnisse auf, die die letztlich gewählten Lösungen ebenso beeinflussen.

Die genannten Faktoren sind ein Bestandteil des Forschungsprozesses und somit auch nur in Teilen beeinflussbar. Aus Sicht der Evaluation von LuFo VI bedeutet das, dass die Abschätzung der zukünftigen Programmwirkungen wie auch des Innovationserfolgs auf Unternehmensebene mit erheblichen Unsicherheiten verbunden sind und dies bei der Bewertung der möglichen zukünftigen Programmwirkungen zu berücksichtigen ist. Immerhin sind gegenwärtig nur sehr wenige Ergebnisse und Wirkungen (meist auf der Input- und Aktivitätsebene, teilweise auch auf der Outputebene) bereits eingetreten.

6.2 Ergebniseffekte in Hinblick auf Netzwerkbildung und Wissenstransfer

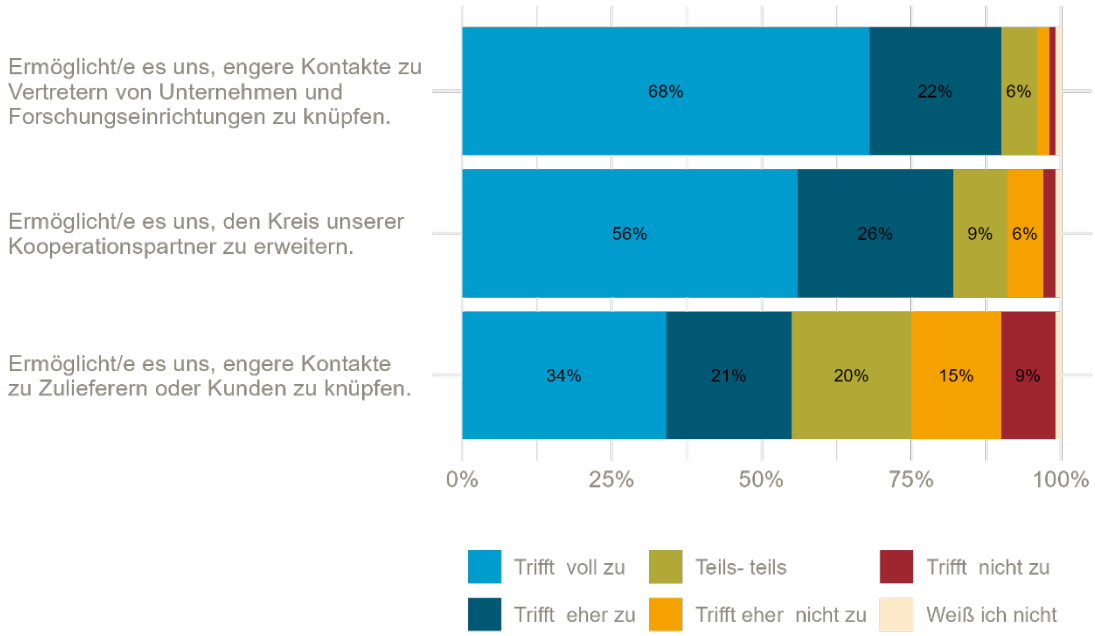
In diesem Abschnitt wird untersucht, welche Ergebniseffekte in Hinblick auf Netzwerkbildung und Wissenstransfer aus den Projekten von LuFo VI hervorgegangen sind. Im Fokus stehen längerfristige Auswirkungen auf Netzwerk- und Kooperationseffekte sowie Wirkungen im Hinblick auf den Wissenstransfer und -aufbau. Zur Analyse dieses Abschnitts werden Erkenntnisse aus der Online-Befragung, den technologischen Fallstudien und den Fokusgruppen herangezogen.

6.2.1 Kooperations- und Netzwerkeffekte

Ein zentraler Bestandteil der LuFo VI-Förderung ist die Durchführung von Projekten im Verbund. Ziel ist es über die Zusammenarbeit Fachwissen unterschiedlicher Bereiche zu kombinieren, um die Entwicklung neuer Technologien und Verfahren durch einen gemeinsamen Wissenstransfer und -aufbau im Verbund effizienter zu gestalten.

Mit Blick auf die erhobenen Daten der Online-Befragung zeigt sich, dass sich die bereits in *Abschnitt 4.7* beschriebenen Erwartungen an die Kooperationsbeziehungen erfüllt haben. Knapp 70% (489 von 716) der befragten Projektleitungen geben an, dass die Projektaktivitäten einen engeren Kontakt zu Vertreterinnen und Vertretern von Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen ermöglich(t)en (*Abbildung 6.2.1*). Darüber hinaus konnten 56% (402 von 716) der Projektleitungen den Kreis an Kooperationspartnern erweitern („trifft voll zu“). Im Vergleich dazu entstanden engere Kontakte zu Zulieferern und Kunden durch die Projektaktivitäten nur bei 34% (244 von 716) der Projekte. Allerdings heben die Expertinnen und Experten in den Fallstudien die Bedeutung von Kontakten zu Zulieferern und Partnern besonders hervor. Demnach konnten wichtige Kontakte zu Zulieferern und Partnern geknüpft werden, die aus der Automobil- in die Luftfahrtbranche wollen.

Abbildung 6.2.1
Bedeutung der Projektaktivitäten für die Kooperationsbeziehungen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=241).

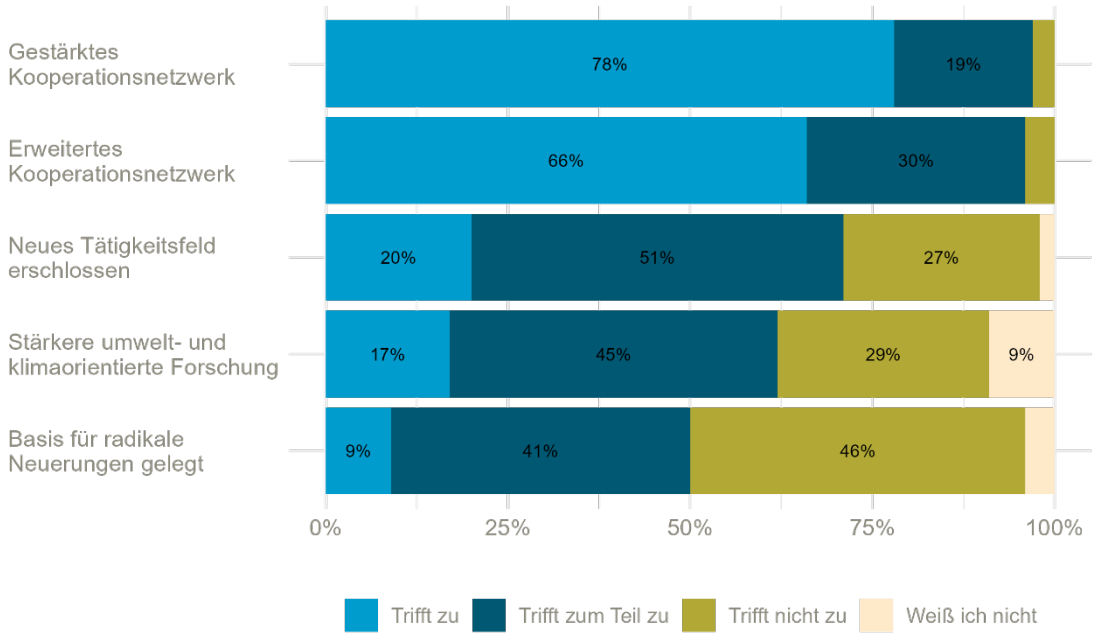
Der Kontakt zu Kunden und insbesondere zu Zulieferern ist für Großunternehmen relevanter. So geben von 241 befragten Projektleitungen, die einem Großunternehmen angehören, 44% (107 von 241) an, dass ein engerer Kontakt mit Zulieferern und Kunden ermöglicht wurde. Bei KMU geben dies dagegen von 118 Projektleitungen

31% (36 von 118) an, gefolgt von einem Anteil von 28% (100 von 357) unter Projektleitungen in Wissenschaftseinrichtungen. Im Vergleich zu KMU trifft es zudem für Projektleitungen von Großunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen häufiger voll zu, dass der Kreis der Kooperationspartner erweitert (GU: 54%, 131 von 241; KMU: 51%, 60 von 118; WISS: 59%, 211 von 357) und auch ein engerer Kontakt zu anderen Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen (GU: 67%, 162 von 241; KMU: 63%, 74 von 118; WISS: 71%, 253 von 357) geknüpft werden konnte.

Die von den Projektleitungen gespiegelten Ergebnisse zu Kooperationseffekten decken sich mit den aggregierten Aussagen auf Unternehmensebene und Ebene der Wissenschaftseinrichtungen. Demzufolge konnten sowohl Unternehmen als auch Wissenschaftseinrichtungen im Zuge der Projektaktivitäten bereits bestehende Kontakte halten und ausbauen (Unternehmen: 61%, 77 von 127; WISS: 60%, 71 von 119), aber auch neue Kontakte durch die Projektaktivitäten knüpfen (Unternehmen: 46%, 55 von 127; WISS: 54%, 54 von 119).

Abbildung 6.2.2 zeigt, dass Projektaktivitäten in der Summe bei Unternehmen zu einem erweiterten (66%, 85 von 128) und gestärkten Kooperationsnetzwerk (78%, 100 von 128) geführt haben. Ein Fünftel (25 von 128) der befragten Unternehmen konnte infolge der Projektaktivitäten zudem neue Tätigkeitsfelder durch die Kooperationsbeziehungen erschließen. Ebenfalls geben 17% (22 von 128) der Unternehmen an, dass sie stärker umwelt- und klimaorientiert forschen konnten. Die Basis für radikale Neuerungen in bestehenden Tätigkeitsfeldern durch neue Kooperationen kann nur von einer Minderheit der Unternehmen (9%, 11 von 128) voll bestätigt werden.

Abbildung 6.2.2
Bedeutung der Projektaktivitäten der Kooperationsbeziehungen für Unternehmen

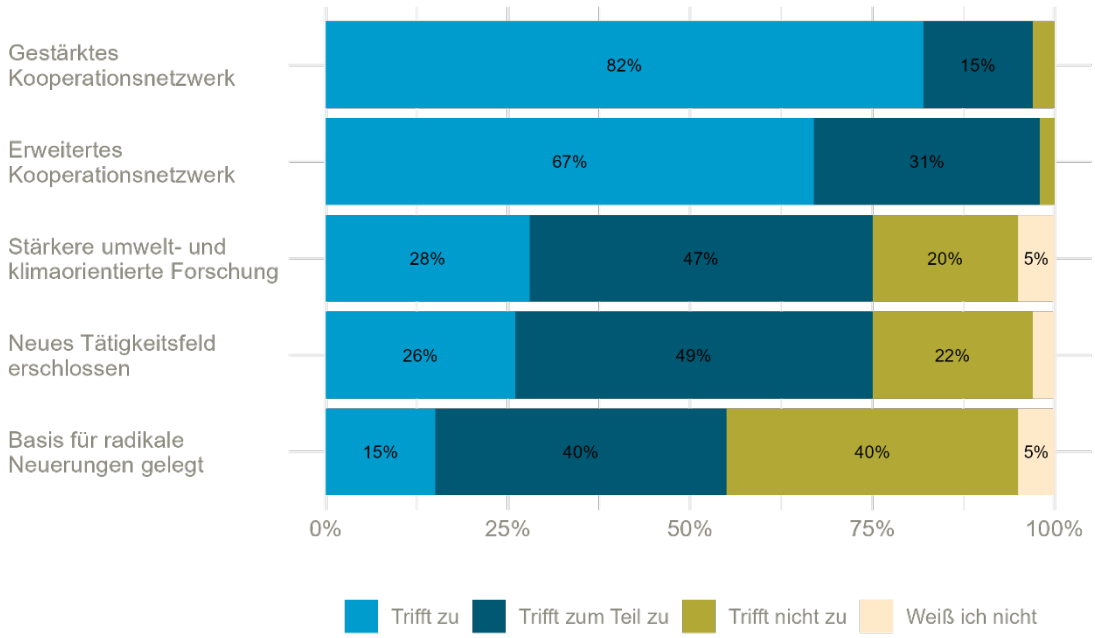


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Unternehmensbefragung 2023 (N= 128).

Hinsichtlich der Kooperationseffekte lassen sich zwischen Großunternehmen (55) und KMU (71) Unterschiede im Antwortverhalten identifizieren. So haben Projektaktivitäten bei Großunternehmen nicht nur häufiger zu einem gestärkten Kooperationsnetzwerk geführt (GU: 89%, 49 von 55; KMU: 72%, 51 von 71), sondern auch häufiger zur Erschließung neuer Tätigkeitsfelder (GU: 27%, 15 von 55; KMU: 14%, 10 von 71) beigetragen und auch eher eine Basis für radikale Neuerungen gelegt (GU: 16%, 9 von 55; KMU: 3%, 2 von 71).

Befragte von Wissenschaftseinrichtungen antworten in diesem Kontext ähnlich (*Abbildung 6.2.3*). Bei 95 von 116 (82%) Wissenschaftseinrichtungen konnte durch die Projektaktivitäten das Kooperationsnetzwerk gestärkt werden. Bei 78 der 116 (67%) Befragten führten die Projektaktivitäten zu einer Erweiterung des Kooperationsnetzwerks. Im Vergleich zu Unternehmen konnten bei Wissenschaftseinrichtungen infolge der Projektaktivitäten häufiger neue Tätigkeitsfelder durch die Kooperationsbeziehungen erschlossen werden und zudem anteilig häufiger stärker klima- und umweltorientiert geforscht werden. Demnach konnten bei 30 von 116 (26%) Wissenschaftseinrichtungen neue Tätigkeitsfelder durch die Projektaktivitäten erschlossen werden und bei 33 von 116 (28%) eine stärkere klima- und umweltorientierte Forschung betrieben. Ähnlich zu Unternehmen konnten Wissenschaftseinrichtungen am seltensten (15%, 17 von 116) durch neue Kooperationen in den bestehenden Tätigkeitsfeldern die Basis für radikale Neuerungen legen.

Abbildung 6.2.3
Bedeutung der Projektaktivitäten der Kooperationsbeziehungen für Wissenschaftseinrichtungen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Wissenschaftseinrichtungen 2023 (N= 116). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

6.2.2 Wissenstransfer und -aufbau

Kooperationsbeziehungen können einen entscheidenden Beitrag zum Wissenstransfer und -aufbau liefern, indem sie zunächst den Wissenstransfer erleichtern. Dabei können Fachkenntnisse der unterschiedlichen Verbundpartner kombiniert werden, Lernprozesse angestoßen werden und sich so positiv auf den Wissenstand auswirken. Im besten Fall können Synergieeffekte den Innovationsprozess somit vorantreiben.

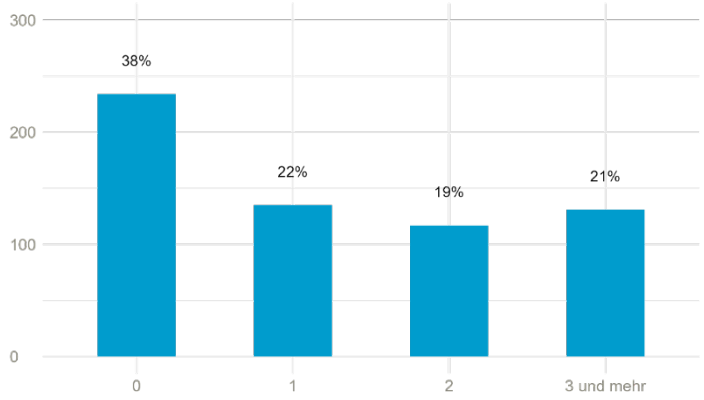
Hinweise hierzu liefern die Befragung von Projektleitungen sowie die Auswertungen der Interviews mit Expertinnen und Experten im Rahmen der Fallstudien und der Fokusgruppen. So konnte Wissen innerhalb der Projekte und Verbünde über die Teilnahme an Weiterbildungen, die Entwicklung von Qualifizierungsprogrammen/ Lernmodulen/ Curricula etc. und über Teilnahmen an Workshops/ Veranstaltungen mit Personen außerhalb des Projektteams generiert und ausgetauscht werden.

Teilnahme von Projektmitarbeitenden an internen und externen Weiterbildungsmaßnahmen

Zum Zeitpunkt der Befragung (Sommer 2023) geben 62% (338 von 617) der Projektleitungen an, dass Projektmitarbeitende an Weiterbildungsmaßnahmen teilgenommen haben (*Abbildung 6.2.4*). Insgesamt nahmen aus 338 Projekten 1.157 Mitarbeitende an Weiterbildungen teil.

135 von 617 (22%) Projektleitungen geben an, dass ein Mitarbeitender im Rahmen der Projektumsetzung die Möglichkeit der Weiterbildung nutzt, bei weiteren 117 Projekten (19%, 117 von 617) erfolgte die Teilnahme bei zwei Mitarbeitenden. Bei den restlichen Projektaktivitäten (21%, 131 von 617) nahmen mindestens drei Mitarbeitende an Weiterbildungsmaßnahmen teil. Auch die interviewten Expertinnen und Experten im Rahmen der Fallstudien berichten von Fortbildungen für die eigenen Mitarbeitenden, darunter bspw. Fortbildungen im Bereich Programmierung und Software-Skills/ Software-Entwicklung.

Abbildung 6.2.4
Anzahl an Mitarbeitenden, die im Rahmen von LuFo VI-Projekten Weiterbildung nutzen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 617).

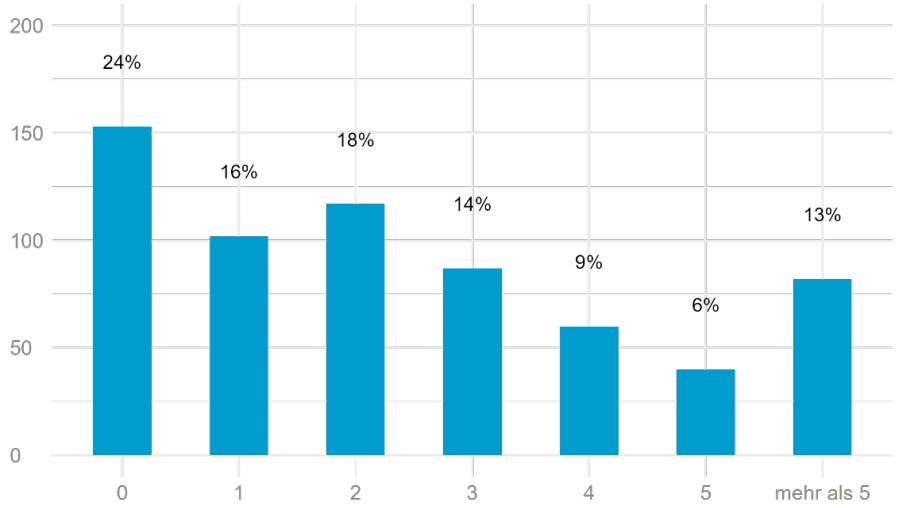
Die 1.157 Projektmitarbeitenden, die an Weiterbildungen teilnahmen, gehören hauptsächlich Großunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen an (GU: 504, KMU: 149, WISS: 504).

Anzahl an Workshops/Veranstaltungen mit Personen außerhalb des Projektteams (auf Verbundebene oder mit anderen Personen)

Für den Wissensaustausch bieten sich verschiedene Formate an, darunter Workshops und Veranstaltungen im Verbund sowie darüber hinaus. Hierbei handelt es sich nicht um regelmäßige Projekttreffen, sondern um fachlich breit aufgestellte Workshops und Veranstaltungen. Dies bietet eine Plattform, auf der Fachleute aus verschiedenen Disziplinen gemeinsam Ideen austauschen können, aber auch gemeinsame neue thematische Herausforderungen problemzentriert angehen können.

Die Online-Befragung zeigt in diesem Zusammenhang eine große Relevanz solcher Veranstaltungen (*Abbildung 6.2.5*). So geben 488 der 641 (76%) Projektleitungen an, dass es dieses Austauschformat gab. Insgesamt wurden im Rahmen der 488 Projektaktivitäten 2.093 Workshops/ Veranstaltungen durchgeführt. Eine knappe Mehrheit gibt in diesem Zusammenhang 1-3 stattgefundene Workshops/ Veranstaltungen pro Projekt an. Diese Veranstaltungen werden hierbei u.a. für den Wissensaustausch genutzt, indem Ergebnisse aus den Projekten präsentiert werden, aber auch aufgetretene Probleme in der Projektumsetzung oder neue Fragestellungen breiter diskutiert werden. Dies können einerseits jährliche Workshops/ Veranstaltungen innerhalb großer Verbünde sein, aber andererseits auch Branchentreffen. Dies geht aus den Interviews mit Expertinnen und Experten im Rahmen der Fallstudien hervor.

Abbildung 6.2.5
Anzahl an Workshops außerhalb des Projektteams



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 641).

Differenziert betrachtet entfallen 910 der 2093 Veranstaltungen/Workshops auf Großunternehmen (43%), 907 (43%) auf Wissenschaftseinrichtungen und 276 (13%) auf KMU.

Regelmäßiger Wissensaustausch innerhalb der Organisation und im Verbund

Hier liefern vor allem die Aussagen aus den Fallstudien Informationen. Alle befragten Expertinnen und Experten schildern einen regen Austausch sowohl innerhalb der Organisation als auch im Verbund. Im Verbund seien dies häufig onlinegestützte Austauschformate, aber auch Treffen in Präsenz. Grundsätzlich wird von einer durchgehenden Kommunikation von Beginn an berichtet, die sich in wöchentlichen, monatlichen, vierteljährlichen oder jährlichen (online) Treffen äußern kann. Die Art und Häufigkeit der Treffen hängt dabei vom Umsetzungsstand, vorhanden Ergebnissen oder Umsetzungsproblematiken ab. Grundsätzlich geht es nach Ansicht der Expertinnen und Experten im Verbund oftmals darum, über Projektstände zu informieren und spannende Themen zu diskutieren. In Teilprojekten tausche man sich hingegen über inhaltliche Details aus.

Hinsichtlich des internen Wissensflusses wird von einem fachlichen Wissensaustausch zwischen einzelnen Abteilungen von Unternehmen berichtet. Auch würden bei der Produktentwicklung die Bereiche Engineering, Marketing und Vertrieb zusammenarbeiten, um Kundenwünsche besser realisieren und präsentieren zu können.

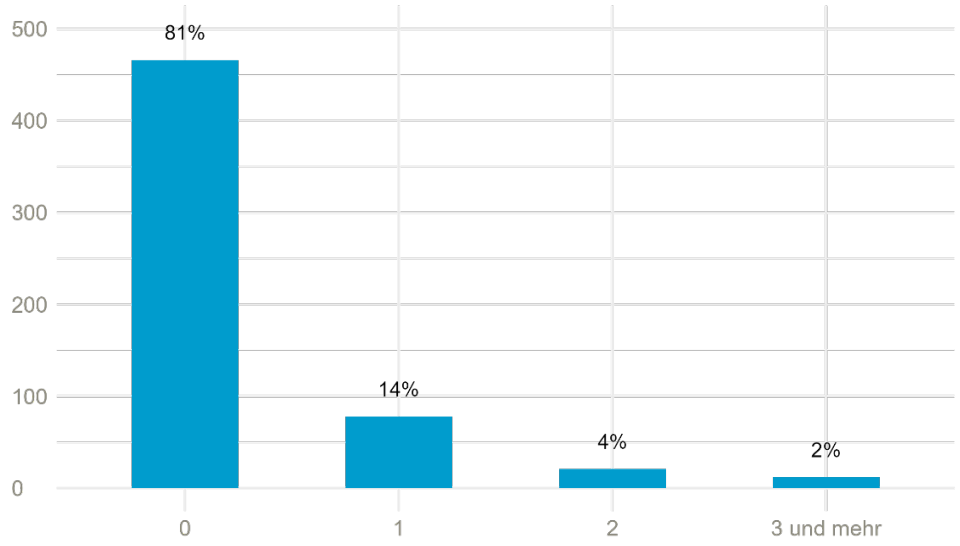
Entwicklung von Qualifizierungsprogrammen/ Lernmodulen/ Curricula etc.

Mit der Entwicklung von Qualifizierungsprogrammen/ Lernmodulen/ Curricula etc. wird gewährleistet, dass Mitarbeitende entsprechend der aktuellen und zukünftigen

Anforderungen qualifiziert sind. Dabei gewähren gerade Qualifizierungsformate/ Lernmodule/ Curricula etc. eine standardisierte und konsistente Ausbildung von Mitarbeitenden und ermöglichen einen homogenen Wissensaufbau und -stand in der Organisation.

Bis zum Befragungszeitpunkt flossen bei 111 Projekten Ergebnisse in Qualifizierungsprogramme/ Lernmodule/ Curricula ein. Das entspricht bei 577 befragten Projektleitungen einem Anteil von 19%. Dabei wurden 168 verschiedene Qualifizierungsprogramme/ Lernmodule/ Curricula entwickelt (Abbildung 6.2.6). Die 168 Qualifizierungsmodule/ Lernmodule/ Curricula etc. wurden in der Mehrheit von Wissenschaftseinrichtungen entwickelt (56%, 94 von 168), die weiteren 43 (26%) bzw. 31 (18%) enfallen auf Großunternehmen und KMU. Darüber hinaus erfolgt der Wissenstransfer und Wissensaufbau im Rahmen der LuFo VI-Förderung nicht nur innerhalb des Projektteams oder des Verbundes, ebenso findet der Wissenstransfer über Öffentlichkeitsarbeit, aber auch durch Lehre und Forschung über die Förderung hinaus statt.

Abbildung 6.2.6
Anzahl an entwickelten Qualifizierungsprogrammen, Lernmodulen, Curricula in LuFo VI-Projekten



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 577).

Öffentlichkeitsarbeit

Öffentlichkeitsarbeit ermöglicht es vor allem Erfolge und Fortschritte von Projekten einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zur stellen und erlaubt die Sensibilisierung für bestimmte gesellschaftliche Themen und Herausforderungen. Darüber hinaus kann es gerade mit Hilfe von Öffentlichkeitsarbeit gelingen, weitere Kooperationspartner für eigene Projekte zu gewinnen und somit Anschlussprojekte erleichtern.

Aus der Online-Befragung geht disebezüglich hervor, dass Pressemitteilungen zu Projektarbeit/ -zielen bei 202 von 588 (34%) Projekten erfolgten. Es gingen von

diesen Projekten 314 Pressmitteilungen aus. Berichte in Medien über das Projekt gaben 129 von 564 (22%) der Projektleitungen an. Ingesamt wurden 216 Berichte in Medien veröffentlicht (*Tabelle 6.2.1*).

Tabelle 6.2.1
Wissenstransfer durch Öffentlichkeitsarbeit

	Projekte mit Output	Output	Projekte Gesamt
Pressemitteilungen des Projekts zu Projektarbeit/-zielen:	202 (34%)	314	588
Berichte in Medien über das Projekt (soweit bekannt):	129 (22%)	216	564

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Unterschiede zwischen den befragten Akteuren lassen sich sowohl bei den veröffentlichten Pressemitteilungen zu Projektarbeit/ -zielen erkennen, aber auch bei Berichten in Medien finden (*Tabelle 6.2.2*). 190 der 314 (61%) Pressemittleiungen wurden von Wissenschaftseinrichtungen veröffentlicht, 69 (22%) von Großunternehmen und 55 (18%) von KMU. Auch die Berichte in Medien über das Projekt stammen mit einer breiten Mehrheit (123 von 216) von Wissenschaftseinrichtungen, knapp ein Viertel (51 von 216) wird von Großunternehmen veröffentlicht, 19% der Berichte lassen sich KMU zuordnen (42 von 216).

Tabelle 6.2.2
Wissenstransfer durch Öffentlichkeitsarbeit differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers

	Output GU	Output KMU	Output WISS	Output Gesamt
Pressemitteilungen des Projekts zu Projektarbeit/-zielen:	69 (22%)	55 (18%)	190 (61%)	314
Berichte in Medien über das Projekt (soweit bekannt):	51 (24%)	42 (19%)	123 (57%)	216

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Lehre und Forschung

Darüber hinaus spielt der Wissenstransfer in Lehre und Forschung eine große Rolle. So werden aus 229 Projekten 491 Bachelorarbeiten angestoßen/beendet. Zudem fließen die Projektergebnisse in 542 Master-, Magister- und Diplomarbeiten (aus 283 Projekten). Ebenso werden infolge der Projektaktivitäten 345 Disserationen (aus 232 Projekten), 14 Habilitationen (aus 6 Projekten) und 17 Monografien (aus 14 Projekten) begonnen oder abgeschlossen/veröffentlicht (*Tabelle 6.2.3*).

Projektpublikationen werden bei 212 von 594 (referierte Zeitschriften) bzw. 129 von 573 (nicht-referierte Zeitschriften) Projekten begonnen oder veröffentlicht. Diese resultieren in 361 bzw. 202 begonnenen oder veröffentlichten Projektpublikationen. Bei mehr als der Hälfte der Projekte (338 von 614) wurden Ergebnisse auf internationalen Konferenzen/ Messen präsentiert. Insgesamt wurden Projektergebnisse 875 mal präsentiert.

Tabelle 6.2.3
Wissenstransfer und -aufbau durch Lehre und Forschung

	Projekte mit Output	Output	Projekte Gesamt
Bachelorarbeiten (begonnen oder abgeschlossen)	229 (39%)	491	593
Master-, Magister- und Diplomarbeiten (begonnen oder abgeschlossen)	283 (47%)	542	600
Dissertationen (begonnen oder abgeschlossen)	232 (39%)	345	593
Habilitationen (begonnen oder abgeschlossen)	6 (1%)	14	565
Monografien/Buchpublikationen (begonnen oder veröffentlicht)	14 (2%)	17	565
Projektpublikationen in referierten Zeitschriften (Peer reviewed) (begonnen oder veröffentlicht)	212 (36%)	361	594
Projektpublikationen in nicht-referierten Zeitschriften (begonnen oder veröffentlicht)	129 (23%)	202	573
Präsentation von Projektergebnissen auf internationalen Konferenzen/ Messen etc.	338 (55%)	875	614

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Nicht verwunderlich ist, dass sich der meiste Output im Bereich Lehre und Forschung Wissenschaftseinrichtungen zuordnen lässt (*Tabelle 6.2.4*). Allerdings stammt ein nicht unerheblicher Teil der Bachelor-, Master-, Magister- und Diplomarbeiten auch aus Projektaktivitäten, die Großunternehmen zugordnet sind (GU: 18%, 187 von 1.033; KMU: 5%, 55 von 1033; WISS: 77%, 791 von 1.033). Ebenso können 15% der Dissertationen Großunternehmen zugeordnet werden (GU: 15%, 51 von 345; KMU: 1%, 4 von 345; WISS: 81%, 280 von 345). Wiederum 15 der 17 (88%) Monografien/ Buchpublikationen resultieren aus Projekten, die von Wissenschaftseinrichtungen umgesetzt werden.

83% (301 von 361) der referierten Projektpublikationen entfallen auf Wissenschaftseinrichtungen, der Rest zu gleichen Teilen auf Großunternehmen und KMU (8%, 30 von 361). Ein ähnliches Bild zeigt sich für nicht-referierte Projektpublikationen. Mit 158 von 202 Publikationen ist auch hier eine deutliche Mehrheit bei Projekten von Wissenschaftseinrichtungen zu verorten (GU: 10%, 21 von 202; KMU: 11%, 23

von 202; WISS: 78%, 158 von 202). Zudem entfallen 625 von 875 (71%) Ergebnispräsentationen auf internationalen Konferenzen auf Wissenschaftseinrichtungen, 142 (16%) auf Großunternehmen und 108 (12%) auf KMU.

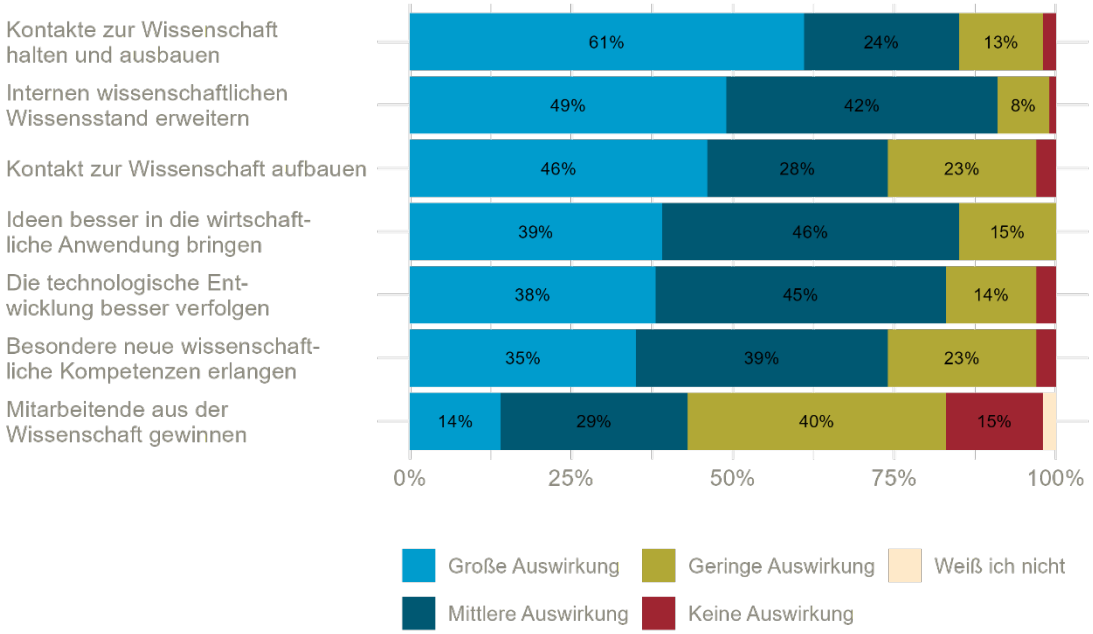
Tabelle 6.2.4
Wissenstransfer durch Lehre und Forschung differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers

	Output GU	Output KMU	Output WISS	Output Gesamt
Bachelorarbeiten (begonnen oder abgeschlossen)	80 (16%)	29 (6%)	382 (78%)	491
Master-, Magister- und Diplomarbeiten (begonnen oder abgeschlossen)	107 (20%)	26 (5%)	409 (75%)	542
Dissertationen (begonnen oder abgeschlossen)	51 (15%)	14 (4%)	280 (81%)	345
Habilitationen (begonnen oder abgeschlossen)	0 (0%)	0 (0%)	14 (100%)	14
Monografien/Buchpublikationen (begonnen oder veröffentlicht)	2 (12%)	0 (0%)	15 (88%)	17
Projektpublikationen in referierten Zeitschriften (Peer reviewed) (begonnen oder veröffentlicht)	30 (8%)	30 (8%)	301 (83%)	361
Projektpublikationen in nicht-referierten Zeitschriften (begonnen oder veröffentlicht)	21 (10%)	23 (11%)	158 (78%)	202
Präsentation von Projektergebnissen auf internationalen Konferenzen/ Messen etc.	142 (16%)	108 (12%)	625 (71%)	875

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Die zuvor auf Projektebene betrachteten Ergebnisse in Hinblick auf den Wissenstransfer und Wissensaufbau führen auf Unternehmensebene und auf Ebene der Wissenschaftseinrichtungen zu folgenden aggregierten Ergebnissen (*Abbildung 6.2.7*): Zum Zeitpunkt der Befragung geben 62 der 127 (49%) befragten Unternehmen an, dass durch die Projektaktivitäten der interne Wissenstand ausgebaut werden konnte („Große Auswirkungen“). Bei 50 von 127 (39%) Unternehmen führte es vor allem dazu, dass Ideen besser in die wirtschaftliche Anwendung gebracht werden konnten, 48 (38%) bzw. 45 von 127 (35%) Unternehmen konnten wiederum mit Hilfe der Projektaktivitäten die technologische Entwicklung besser verfolgen bzw. besondere wissenschaftliche Kompetenzen erlangen. Der Wissensaufbau in Unternehmen durch die Gewinnung von Mitarbeitenden aus der Wissenschaft lässt sich nur bei einer Minderheit beobachten (18 von 127, 14%).

Abbildung 6.2.7
Kontakte zur Wissenschaft und Wissenstransfer Wissenschaft – Wirtschaft von Unternehmen durch LuFo VI

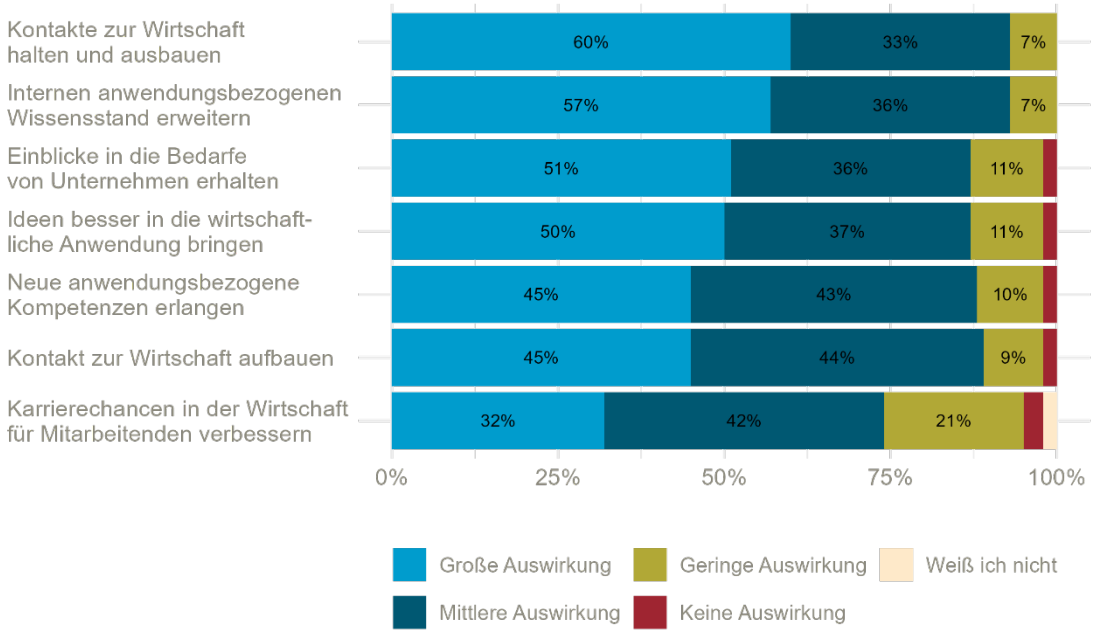


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Unternehmensbefragung 2023 (N= 127). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

Allerdings zeigen sich Unterschiede im Antwortverhalten der Großunternehmen (55) und KMU (70). Großunterunternehmen sind häufiger der Meinung, dass der Wissenstransfer zwischen Wirtschaft und Wissenschaft dazu führt, dass technologische Entwicklungen besser verfolgt (GU: 44%, 24 von 55; KMU: 37%, 26 von 70) und Ideen besser in die wirtschaftliche Anwendung gebracht werden können (GU: 44%, 24 von 55; KMU: 34%, 24 von 70). Darüber hinaus gelingt es Großunternehmen häufiger, Mitarbeitende aus der Wissenschaft zu gewinnen (GU: 18%, 10 von 55; KMU: 11%, 8 von 70). KMU sehen dahingegen anteilig häufiger große Auswirkungen auf die Aneignung besonderer neuer wissenschaftlicher Kompetenzen (GU: 31%, 17 von 55; KMU: 40%, 28 von 70) und dadurch auch häufiger eine Erweiterung des wissenschaftlichen Wissenstands (GU: 45%, 25 von 55; KMU: 53%, 37 von 70).

Für Wissenschaftseinrichtungen zeigt sich im Vergleich zu Unternehmen, dass die Projektaktivitäten anteilig häufiger zu einem erweiterten internen anwendungsbezogenen Wissenstand geführt haben (*Abbildung 6.2.8*). 68 von 119 (57%) der Wissenschaftseinrichtungen sehen hier große Auswirkungen. Ebenso haben 61 (51%) bzw. 59 (50%) der 119 befragten Wissenschaftseinrichtungen bessere Einblicke in die Bedarfe von Unternehmen erhalten bzw. konnten dadurch Ideen besser in die wirtschaftliche Anwendung bringen.

Abbildung 6.2.8
Kontakte zur Wissenschaft und Wissenstransfer Wissenschaft – Wirtschaft von Wissenschaftseinrichtungen durch LuFo VI



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Wissenschaftseinrichtungen 2023 (N= 119). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

Dies deckt sich mit den Aussagen der Expertinnen und Experten aus den Fallstudien. Generell lässt sich auf Grundlage der Interviews ein früher Wissenstransfer zwischen Verbundpartnern ableiten. Die interviewten Expertinnen und Experten berichten in diesem Zusammenhang von einer engen Abstimmung während der Antragstellung. Dabei ginge es darum, Widersprüche zwischen den Projekten zu vermeiden und stringente Argumentationen zu finden. Die enge Zusammenarbeit setzt sich mit Voranschreiten des Projekts zudem fort und äußert sich in regelmäßigen Austauschtreffen zu Projektthemen, Problemen und Ergebnissen und führe zu schnelleren Lösungen.

Die Expertinnen und Experten heben zudem die große Bedeutung des Wissensaustauschs und -transfers im Verbund hervor. Dabei geht es nach Ansicht der Expertinnen und Experten zum Projektstart häufig darum, Arbeitsweisen der unterschiedlichen Verbundpartner zu verstehen, um Projektziele effizienter erreichen und Kundenwünsche besser umsetzen zu können. So ließe man sich z.B. die Arbeitsweise spezifischer Verbundpartner genau erklären, um einerseits Systeme und deren Funktionsweise verstehen zu können, aber andererseits auch die Möglichkeiten der technischen Anwendung konkret klären zu können. Der Austausch sei vor allem wichtig, um die spezifischen Herausforderungen der anderen Partner zu verstehen und Schwierigkeiten bei gemeinsam entwickelten Produkten besser einordnen zu können. So schildert ein Akteur in diesem Zusammenhang, dass luftfahrtspezifische Besonderheiten zwischen allen Verbundpartnern vermittelt worden seien, aber auch „Pain

Points“ der Produkte besprochen wurden, für die mehr Verständnis aufgebaut werden sollte (z.B. Elektronik und Feuchtigkeit in der Küche des Flugzeugs). Exemplarisch berichten zwei weitere Expertinnen und Experten vom Wissensaustausch im Verbund. So habe man einen intensiven Wissensaustausch in den Bereichen Start/Landung, Lärm und Klima geführt, was wiederum geholfen habe, die Themen bei der Produktentwicklung zu integrieren und mitzudenken. Darüber hinaus sei es gelungen, durch die Kontakte zu wichtigen Partnern beim Thema Nachhaltigkeit und Recycling durch den Wissenstransfer Wissen aufzubauen. Generell ermöglicht die Arbeit im Verbund, Einblicke in die Nöte und Anforderung der Kunden zu erhalten. Zudem sind sich die Expertinnen und Experten einig, dass man viele Erfahrungen gesammelt habe, auch wenn Projekte nicht funktionieren würden. Dies könne man auch im Umgang mit neuen Kunden nutzen, sodass auf Grundlage der Erfahrungen mehr Expertise eingebracht werden kann.

Ebenso sei es gelungen sich über die Verbundstruktur besser auf gemeinsame Ziele zu verständigen, um Synergien zu schaffen (z.B. beim Thema Kabine und bei der Digitalisierung).

Von Vorteil sei zudem die Einbindung der Verbundpartner in den kompletten Entwicklungsprozess. Dies führe zu Vorteilen bzw. Wissensvorsprüngen gegenüber Konkurrenten, die nur Einzelprodukte oder einzelne Stufen liefern würden. Ebenso ermöglicht die Arbeit im Verbund die Erprobung unterschiedlicher Verfahren und Materialien (auch aus anderen Branchen) und schaffe neue Standards. Als Beispiel kann hier der Wissenstransfer zwischen der Automobil- und Luftfahrbranche genannt werden. So konnten in Teilen neue Technologien der Automobilbranche exploriert, Konzepte übertragen und Technologiedemonstratoren hergestellt werden. Trotz dieses Aufholprozesses ist die Automobilbranche der Luftfahrtbranche nach Ansicht der Expertinnen und Experten im Bereich Simulation und Automatisierung 10-20 Jahre voraus.

Der Wissenstransfer scheint zudem über Ländergrenzen hinweg stattzufinden. So sind die Projektteams nach Aussagen der Expertinnen und Experten über Deutschland, Frankreich und England verteilt, sodass zwischen Ländern automatisch ein Austausch erfolgen würde.

Die Expertinnen und Experten in den Fokusgruppen knüpfen hier an. Durch die Verbundarbeit kommt ihrer Ansicht nach mehr „kritische Masse“ zusammen. Mehr Akteure würden so zusammengebracht, die an der gleichen Thematik arbeiten. Die Expertinnen und Experten sind sich in diesem Zusammenhang einig, dass KMU ohne die Arbeit im Verbund mehr in sichere Technologieprodukte investieren würden, da dort das Investitionsrisiko niedriger sei. Demnach seien gerade Netzwerkeffekte besonders wichtig, indem sie den Wissenstransfer und den Austauschtransfer über Mitarbeitende aus Wissenschaft und Industrie ermöglichen. Nach Ansicht der Expertinnen und Experten sei dies vor allem für OEM zentral. Der Erprobungscharakter scheint hier entscheidend. So schildern gerade die Expertinnen und Experten aus den Fallstudien, dass zuvor Angedachtes in manchen Fällen nicht wie geplant funktioniere, sich daraus oftmals jedoch andere Ergebnisse ableiten und Neues anstoßen ließe.

Den Wissensaustausch über die Verbünde hinweg sehen die interviewten Expertinnen und Experten der Fallstudien hingegen weniger. Dabei wurde auch angemerkt, dass dies im Zusammenhang mit der zugesicherten Vertraulichkeit im Rahmen des Projektverbunds stünde.

6.3 Output von FuE-Aktivitäten

Im Rahmen dieses Abschnitts wird dargestellt, welcher Output aus den Projekten im Rahmen von LuFo VI eingetreten bzw. in Zukunft geplant ist. Dieser Output umfasst Ergebnisse, die direkt oder in einem Zwischenschritt aus den Projekten resultieren. Dazu gehören etwa Anschlussprojekte, Patentanmeldungen und Erträge aus deren Verkauf oder auch Neu- und Ausgründungen. Da es eine Stärke von LuFo ist, in den Projektverbünden unterschiedliche Akteure der gewerblichen Wirtschaft (Großunternehmen und KMU) und aus Wissenschaftseinrichtungen zusammenzubringen, werden die Projektergebnisse differenziert nach den drei Arten von Zuwendungsempfängern dargestellt. Dadurch lassen sich zentrale Strukturmerkmale der Ergebnisse durch die LuFo-Förderung aufzeigen. Im Mittelpunkt stehen dabei Indikatoren aus den Online-Befragungen, aber auch Befunde aus den Gesprächen im Rahmen der Fallstudien. Die Ergebnisse aus der Beobachtung der Programmumsetzung (u.a. Verteilung der Fördermittel, Struktur der Zuwendungsempfänger) bilden dabei wichtige Ausgangsgrößen für diesen Abschnitt.

Wie oben bereits dargestellt (vgl. *Abschnitt 4*), werden in LuFo VI insgesamt 1.575 Projekte umgesetzt. In *Tabelle 6.3.1* ist die Verteilung nach Akteursgruppen dargestellt.

Tabelle 6.3.1
Projektstruktur und Finanzvolumen differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers

	GU	KMU	WISS	Gesamt
Solitärprojekte	31	3	27	**61**
Einzelprojekte im Projektverbund	471	298	745	**1514**
Gesamt	502	301	772	**1575**
Finanzvolumen				
Bundesmittel	1.374.126.532 €	202.280.856 €	1.017.380.970 €	**2.593.788.358 €**
Eigenmittel	1.452.798.277 €	131.452.343 €	3.447.626 €	**1.587.698.246 €**
Gesamtmittel	2.826.924.810 €	333.810.549 €	1.022.461.730 €	**4.183.197.089 €**

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Demnach entfallen 32% (502 von 1.575) aller Projekte auf Großunternehmen, 19% (301 von 1.575) auf KMU und 49% (772 von 1.575) auf Wissenschaftseinrichtungen.

Diese Projekte werden entweder als Solitärprojekte oder als Einzelprojekte im Rahmen eines Projektverbunds umgesetzt. Bei Betrachtung dieser Projektstruktur zeigt sich, dass die überwiegende Mehrheit der Projekte im Rahmen von Projektverbünden und somit in Zusammenarbeit von unterschiedlichen Akteuren aus Großunternehmen, KMU und Wissenschaftseinrichtungen durchgeführt werden (96%). Solitärprojekte stellen hingegen mit einem Anteil an allen Projekten von 4% (61 von 1.575) eine Minderheit dar; bei KMU beläuft sich dieser Anteil auf unter 1% (3 von 301 Projekten). Neben der Projektstruktur sind auch die Finanzvolumina nach Akteursgruppen abgebildet und geben Aufschluss über die Mittelverteilung. Demnach werden für die Projektumsetzung 68% der Gesamtmittel (Bundesmittel und Eigenmittel) von Großunternehmen verausgabt, für Projekte von KMU beläuft sich der Anteil auf 8% und für Wissenschaftseinrichtungen auf 24%.

Da ein Großteil der Projekte zum Zeitpunkt der Evaluation noch in der Umsetzung war und somit noch keine abschließenden Aussagen zum Output aus den Projektaktivitäten getroffen werden können, wurden die Projektleitungen auch nach zukünftigen bzw. erwarteten Ergebnissen befragt. In der *Tabelle 6.3.2* sind sowohl die bereits eingetretenen als auch die geplanten Projektergebnisse dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass nur ein geringer Teil der Projektergebnisse bis zum Evaluationszeitpunkt eingetreten war.

Anschlussprojekte

Für die Weiterentwicklung des im Rahmen von LuFo VI-Projekten generiertem Wissen oder entwickelten Technologien sind Anschlussprojekte von großer Bedeutung, um den kontinuierlichen Fortschritt in Forschung und Entwicklung zu gewährleisten, bestehende Erkenntnisse zu vertiefen, Technologien zu transferieren und Kooperationen zu stärken. Sie spielen also eine wichtige Rolle bei der Förderung von Innovationen und stellen daher auch die mit Abstand am häufigsten genannte Form der Umsetzung bzw. Weiterentwicklung von Projektergebnissen in Hinblick auf eine Anwendung dar. Zum Zeitpunkt der Befragung (Sommer 2023) sind aus 122 Projekten bereits Nachfolgeprojekte hervorgegangen, in weiteren 424 Projekten sind weiterführende Forschungstätigkeiten geplant. Mit Blick auf bereits erfolgte Nachfolgeprojekte betrifft dies mit 19% und 17% besonders Projekte von Wissenschaftseinrichtungen (63 von 340) und Großunternehmen (39 von 227), jedoch mit 9% nur selten Projekte, die von KMU durchgeführt werden (10 von 116). Im Hinblick auf geplante Nachfolgeprojekte zeigt sich mit 67% ebenfalls ein Schwerpunkt bei Projekten aus Wissenschaftseinrichtungen (227 von 340), während jeweils rund die Hälfte der Projektleitungen aus Großunternehmen und KMU die Weiterführung der FuE-Aktivitäten in Anschlussprojekten planen (GU: 47%, 130 von 277; KMU: 58%, 67 von 116).

Ob die geplanten Anschlussprojekte dann auch tatsächlich zustande kommen, ist dabei von unterschiedlichen Faktoren abhängig. So wurde in den Interviews mit Expertinnen und Experten exemplarisch dargestellt, dass zwar ein Anschlussprojekt vorgesehen war, dies dann aber aufgrund fehlenden Commitments innerhalb des Unternehmens letztlich nicht zustande kam. Die Finanzierung solcher Anschlussprojekte erfolgt nach Interviewaussagen dann entweder aus Eigenmitteln der Unternehmen oder durch weitere Fördermittel aus LuFo oder anderen Förderprogrammen. Nach

Aussagen eines KMU-Vertreters erfolgt eine Weiterentwicklung auf eigene Kosten bei diesen Unternehmen meist dann, wenn die Projektergebnisse schon recht weit vorgeschritten waren und nur noch wenige weitere Forschungs- oder Entwicklungsaktivtäten notwendig sind.

Tabelle 6.3.2
Bereits eingetretene und geplante Projektergebnisse differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers

Projektergebnisse		GU (n=227)	KMU (n=116)	WISS (n=340)	Gesamt (N=683)
Anschluss-projekte	eingetreten	39 (17%)	10 (9%)	63 (19%)	**112 (16%)**
	geplant	130 (57%)	67 (58%)	227 (67%)	**424 (62%)**
	nicht eingetreten oder geplant	33 (15%)	22 (19%)	37 (11%)	**92 (13%)**
Wechsel von Projekt-mitarbeitenden in Unternehmen	eingetreten	19 (8%)	11 (9%)	52 (15%)	**82 (12%)**
	geplant	7 (3%)	2 (2%)	66 (19%)	**75 (11%)**
	nicht eingetreten oder geplant	164 (72%)	88 (76%)	193 (57%)	**445 (65%)**
Wechsel von Projekt-mitarbeitenden in die Forschung	eingetreten	5 (2%)	4 (3%)	13 (4%)	**22 (3%)**
	geplant	9 (4%)	0 (0%)	36 (11%)	**45 (7%)**
	nicht eingetreten oder geplant	170 (75%)	96 (83%)	262 (77%)	**528 (77%)**
Eingang in Richtlinien oder Normen	eingetreten	6 (3%)	3 (3%)	11 (3%)	**20 (3%)**
	geplant	75 (33%)	25 (22%)	71 (21%)	**171 (25%)**
	nicht eingetreten oder geplant	115 (51%)	70 (60%)	225 (66%)	**410 (60%)**
Neu- oder Ausgründungen	eingetreten	1 (0,4%)	1 (1%)	1 (0,3%)	**3 (0,3%)**
	geplant	6 (3%)	2 (2%)	17 (5%)	**25 (4%)**
	nicht eingetreten oder geplant	192 (85%)	101 (87%)	299 (88%)	**592 (87%)**
Erträge aus dem Verkauf von Schutzrechten	eingetreten	0 (0%)	2 (2%)	0 (0%)	**2 (0,3%)**
	geplant	13 (6%)	17 (15%)	45 (13%)	**75 (11%)**
	nicht eingetreten oder geplant	176 (78%)	81 (70%)	269 (79%)	**526 (77%)**

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=683).

Wechsel von Projektmitarbeitenden

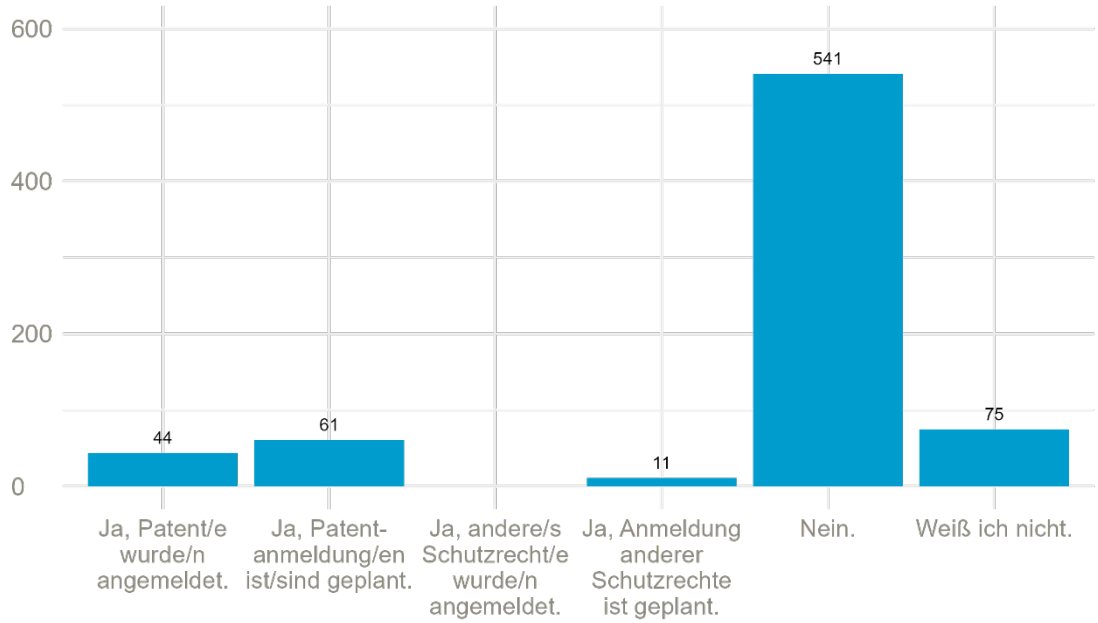
Ein (temporärer) Wechsel von Projektmitarbeitenden in (andere) Unternehmen oder Wissenschaftseinrichtungen kann dazu beitragen, die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Projektpartnern zu stärken, den Wissenstransfer zu verbessern und Innovationen voranzutreiben. Für die LuFo VI-geförderten Projekte stellt ein (temporärer) Wechsel von Mitarbeitenden in andere Unternehmen oder Wissenschaftseinrichtungen das zweithäufigste Projektergebnis dar. Dabei finden die bereits eingetre-

tenen oder geplanten Wechsel vornehmlich in andere Unternehmen statt (bereits eingetreten: 82 von 683; geplant: 75 von 683), selten in (andere) Wissenschaftseinrichtungen (bereits eingetreten: 22 von 683 der Projekte; geplant: 45 von 683). Der Wechsel von Projektpersonal erfolgt dabei bisher und auch künftig überwiegend aus Projekten von Wissenschaftseinrichtungen in Unternehmen oder andere Wissenschaftseinrichtungen. Für KMU hingegen spielt ein Personalwechsel eine geringe Rolle: Nur aus wenigen KMU-Projekten werden Projektmitarbeitende in andere Unternehmen (11 von 116) oder Wissenschaftseinrichtungen (4 von 116) entsendet; nur in Einzelfällen ist ein (temporärer) Wechsel geplant (aus 2 von 116 Projekten in andere Unternehmen; aus keinem Projekt in Wissenschaftseinrichtungen).

Patente und Schutzrechte sowie Erträge aus deren Verkauf

Um das in den LuFo VI-geförderten Projekten generierte Wissen zu schützen, können Patente und Schutzrechte angemeldet werden. Gleichzeitig wird das im Rahmen von Forschungsprojekten generierte Wissen häufig aus verschiedenen Gründen nicht patentiert. So werden Verfahrensinnovationen in vielen Fällen durch Geheimhaltung besser geschützt. Bei Softwareinnovationen ist es häufig schwierig, das Wissen mit Hilfe von Patentierung zu schützen. Wissenschaftseinrichtungen möchten das generierte Wissen häufig publizieren, was einer Patentierung entgegensteht. Für die LuFo VI-geförderten Projekte zeigen die Befragungsergebnisse insgesamt, dass Patente und Schutzrechte keine bedeutende Rolle zukommt (vgl. *Abbildung 6.3.1*).

Abbildung 6.3.1
Anmeldung von Patenten und Schutzrechten in LuFo VI-Projekten



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 724).

So gibt die überwiegende Mehrheit (541 von 724) an, dass die Anmeldung von Patenten oder Schutzrechten weder eingetreten noch geplant ist. Nur wenige Projektleitungen geben an, dass zum Zeitpunkt der Befragung bereits Patente angemeldet wurden (44 von 724) oder eine Anmeldung geplant ist (61 von 724). Auch andere Schutzrechte sind mit keiner bereits eingetretenen und nur wenigen geplanten Anmeldungen (11 von 724) von geringer Relevanz.

Aus denjenigen Projekten, die bereits Patente angemeldet haben (n=40), gehen aus 24 Projekten – und somit mehrheitlich – jeweils eine Patentanmeldung hervor; aus etwa jedem dritten Projekt erfolgt die Anmeldung von zwei oder drei Patenten (12 von 40), aus vier Projekten sind zum Zeitpunkt der Befragung mehr als drei Patentanmeldungen hervorgegangen. Für geplante Patentanmeldungen zeigt sich ein ähnliches Bild: Die Mehrheit der Projektleitungen (35 von 54) plant die Anmeldung von einem Patent, 13 Projektleitungen geben zwei oder drei geplante Patentanmeldungen an, fünf Projekte mehr als drei.

Bei Betrachtung der Summe bisher eingetretener sowie geplanter Patentanmeldungen zeigt sich folgendes Bild (vgl. *Tabelle 6.3.3*): Insgesamt erfolgen bis zum Zeitpunkt der Befragung 76 Patentanmeldungen, wovon fast drei Viertel von Großunternehmen angemeldet werden (55 von 76 Patenten). Nur vereinzelt erfolgen Anmeldungen aus KMU (5%, 4 von 76; WISS: 22%, 17 von 76). Zudem werden insgesamt 89 geplante Patentanmeldungen angegeben, wobei auch hier die Großunternehmen dominieren (66 von 89; KMU: 7%, 7 von 89). Darüber hinaus wurde insgesamt angegeben, dass die Anmeldung von sieben Schutzrechten geplant ist.

Tabelle 6.3.3:
Bereits erfolgte und geplante Patentanmeldungen in LuFo VI-Projekten differenziert nach Akteursgruppen

Patentanmeldungen		GU	KMU	WISS	Gesamt
erfolgt	N	22	4	14	40
	Anzahl	55	4	17	76
geplant	N	32	6	16	54
	Anzahl	66	7	16	89

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=683). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Aufgrund der geringen Anzahl bisher angemeldeter oder geplanter Patente und Schutzrechte und aufgrund des langen Zeitraums bis zur Erteilung eines Patentes (in der Regel 1,5 bis 3 Jahre[9]) verwundert es nicht, dass lediglich zwei Projektleitungen

[9] *Die Dauer von der Patentanmeldung bis zur Erteilung variiert je nach Land und Art des Patents. So wird bspw. vom Europäischen Patentamt eine durchschnittliche Dauer von etwa 3 bis 5 Jahren angegeben (Quelle: https://www.epo.org/de/service-support/faq/anmeldung-eines-patents/das-verfahren/wie-lange-dauert-das-erteilungsverfahren). Vom deutschen Patentamt wird die Dauer für das Patentverfahren mit durchschnittlich 3,3 Jahren (Stand 2021) angegeben. (Quelle: https://www.dpma.de/patente/faq/index.html).*

(2 von 638) angeben, bereits Erträge aus deren Verkauf erzielt zu haben. Weitere 75 Projektleitungen gehen davon aus, entsprechende Erträge zukünftig zu erzielen; dies trifft insbesondere auf Projekte von Wissenschaftseinrichtungen (45 von 75) zu. Die auf Projektebene bezogene Erwartung, zukünftig verstärkt Einnahmen aus Patentverwertungen zu erzielen, bestätigt sich hingegen nicht auf Ebene der Wissenschaftseinrichtungen. Demnach sieht die Mehrheit (59%; 70 von 119) der Befragten keine entsprechende Auswirkung für ihre Wissenschaftseinrichtung. 28% (33 von 119) gehen davon aus, dass sich Verwertungen von Patenten aus den LuFo VI-Projektaktivitäten nur geringfügig auswirken werden.

Eingang in Richtlinien oder Normen

Die Vorbereitung der Erstellung von Richtlinien oder Normen stellt eine wichtige Funktion von LuFo-Projekten dar, von denen die gesamte Luftfahrtbranche in Deutschland und in der EU profitieren kann. Da sich die LuFo VI-Projekte überwiegend noch in der Umsetzung befinden, ist es naheliegend, dass entsprechende Aktivitäten meist noch die Ausnahme darstellen. Nach Angaben der Projektleitungen sind bisher Ergebnisse aus insgesamt 20 Projekten in Richtlinien und Normen eingegangen, etwa die Hälfte davon aus Projekten, die von Wissenschaftseinrichtungen durchgeführt werden (WISS: 11; GU: 6; KMU: 3). Allerdings geben insgesamt 171 Projektleitungen an, dass der Eingang von Projektergebnissen in Normen und Richtlinien geplant ist. Dies trifft insbesondere auf Projekte zu, die von Großunternehmen oder Wissenschaftseinrichtungen durchgeführt werden (GU: 75; WISS: 71), für Projekte von KMU spielt dies hingegen nur eine untergeordnete Rolle (KMU: 25).

Neu- oder Ausgründungen

Neu- und Ausgründungen können wesentlich dazu beitragen, Forschungsergebnisse in die Praxis umzusetzen, Innovationen voranzutreiben, Arbeitsplätze zu schaffen und das Wirtschaftswachstum zu fördern. Die Vorbereitung von Gründungen stellt allerdings keine zentrale Zielsetzung von LuFo VI dar, weshalb auch keine große Zahl an Neu- und Ausgründungen zu erwarten ist. Bis zum Zeitpunkt der Befragung waren lediglich aus drei Projekten Aus- und Neugründungen hervorgegangen, in weiteren 25 Projekten – und hiervon überwiegend in Projekten von Wissenschaftseinrichtungen (WISS: 17; GU: 6; KMU: 2) – sind Neu- oder Ausgründungen geplant.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse aus der Online-Befragung, dass bis zum Befragungszeitpunkt nur wenige Projektergebnisse bereits eingetreten waren, die Mehrzahl der Ergebnisse jedoch noch geplant ist. Dies entspricht den oben im Abschnitt diskutierten Annahmen zur Zeitstruktur der erwarteten Ergebnisse und lässt sich darauf zurückführen, dass sich ein Großteil der Projekte zum Zeitpunkt der Befragung noch in der Umsetzung befand und ein Teil – hier vor allem Projekte aus LuFo VI-3 (Klima) – gerade erst gestartet war. Die in den Interviews befragten Expertinnen und Experten gaben vielfach an, dass in den Projekten die erhofften Ergebnisse erzielt und die Erwartungen teils auch übertroffen würden. Gleichzeitig wird von einigen Interviewpartnern angeführt, dass es immer auch Bereiche gäbe, die nicht erwartungsgemäß verlaufen seien und nicht alles „funktioniert, was man als Vision hatte“. Dies

war aufgrund der mit Forschungsprozessen verbundenen Unsicherheiten auch zu erwarten. Gleichzeitig ergeben sich auch vielfach neue Forschungswege, an die man vor Projektbeginn nicht gedacht hatte.

Um die Ergebnisse aus den Projekten wirtschaftlich nutzen bzw. verwerten zu können, wird es also noch einige Zeit dauern und weitere Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erfordern. Dies bestätigen auch Interviewpartner. Viele Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind nach Projektende noch weit von einer Produkt- oder Verfahrensinnovation entfernt. Dies ist auch aufgrund der Voraussetzungen für die Förderung nicht anders zu erwarten, die vorsehen, dass FuE-Projekte überwiegend bis zu einem technologischen Reifegrad[10] bis TRL 6 gefördert werden können. Somit stellen die Ergebnisse der geförderten Projekte Vorbereitungen für spätere Produktentwicklungen dar. Bis zur Implementierung eines Produkts, die häufig mit vielen Unsicherheiten einherginge, würde es daher noch einige Zeit dauern. Genannt werden in diesem Zusammenhang mindestens sechs Monate bis hin zu mehreren Jahren.

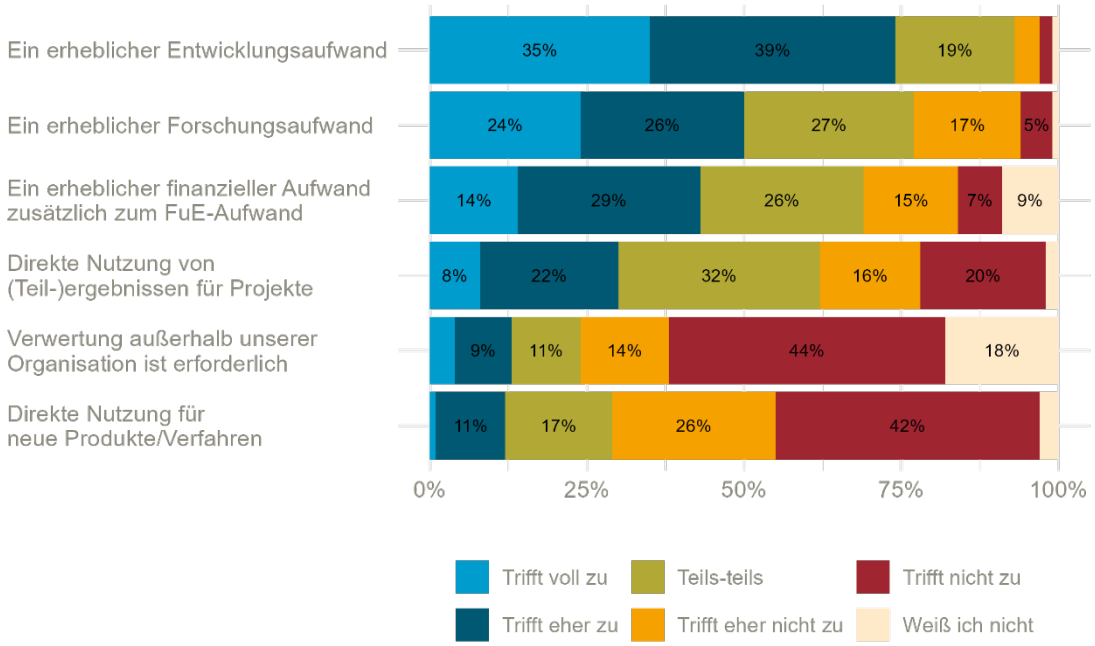
Abbildung 6.3.2 zeigt die Angaben der Projektleitungen, welche weiteren Aktivitäten vor der Nutzung der Projektergebnisse noch erforderlich sind. Das spiegelt damit auch wider, wie sich die Projekte in Hinblick auf ihre Grundlagen- bzw. Anwendungsorientierung unterscheiden. Da ein Großteil der LuFo VI-Projekte einen hohen Anwendungsbezug aufweisen, liegt es nahe, dass nach Projektende weiterer Forschungs- und Entwicklungsaufwand notwendig ist, um die Projektergebnisse wirtschaftlich nutzbar zu machen. Drei Viertel aller Projektleitungen stimmen der Aussage zur Notwendigkeit weiterer Entwicklungsaufwände für ihr Projekt zu (trifft voll oder eher zu: 496 von 672). Besonders häufig wird dies von Projektleitungen aus Großunternehmen angegeben (190 von 230). Insbesondere bei Projekten, die eher auf Grundlagenforschung ausgerichtet sind, ist nach Ende des LuFo-Projekts häufig weiterer Forschungsbedarf notwendig, um die erzielten Ergebnisse in eine wirtschaftliche Nutzung überführen zu können. Von der Hälfte aller Projektleitungen wird ein erheblicher Forschungsaufwand angeführt (trifft voll oder eher zu: 332 von 672). Besonders hohe Zustimmungswerte erfolgen hierbei aus Projekten von Großunternehmen (128 von 230) und von Wissenschaftseinrichtungen (163 von 333). Für KMU-Projekte hingegen sind weitere Forschungsaufwände seltener von Bedeutung, da die Projekte im Durchschnitt näher zur Anwendung liegen (trifft voll oder eher zu: 41 von 109).

Außerdem ergibt sich aus den Ergebnissen der Online-Befragung, dass die wirtschaftliche Nutzung von Projektergebnissen in vielen Fällen einen zum FuE-Aufwand zusätzlichen, erheblichen finanziellen Aufwand erfordert. 43% aller Projektleitungen bestätigen dies (trifft voll oder eher zu: 287 von 672). Bei differenzierter Betrachtung zeigt sich außerdem, dass dies vor allem Projekte aus Großunternehmen und KMU betrifft. Hier bestätigen etwa die Hälfte der Projektleitungen einen erheblichen zusätzlichen Aufwand, während dies auf 35% der Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen zutrifft. Lediglich in Ausnahmefällen – für etwa jedes zehnte Projekt – wird

[10] *Technologischer Reifegrad bzw. Technology Readiness Level (TRL): Mithilfe des TRL kann der Entwicklungsstands von Technologien oder Innovationen in FuE-Projekten bewertet und verglichen werden. Die im Rahmen von LuFo genutzte Skala berücksichtigt dabei 9 Stufen von „TRL 1: Beobachtung des Funktionsprinzips“ bis „TRL 9: Nachweis des erfolgreichen Einsatzes des qualifizierten Systems“.*

von den Projektleitungen angegeben, dass kein weiterer Aufwand erforderlich ist und die Ergebnisse direkt in Form neuer Produkte oder Verfahren genutzt werden können. Die Zustimmungswerte sind für Projekte aus Wissenschaftseinrichtungen mit 16% (trifft voll oder eher zu: 53 von 333) vergleichsweise hoch, für KMU-Projekte mit 5% (trifft voll oder eher zu: 5 von 109) hingegen niedriger. Dabei handelt es sich, wie Ergebnisse aus den Fallstudien zeigen, um unerwartete Ergebnisse, die in der einen oder anderen Form ohne weitere Forschung etwa in der Produktion genutzt werden können.

Abbildung 6.3.2
Wirtschaftliche Nutzung der Projektergebnisse von LuFo VI-Projekten



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 672). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

Aus jedem dritten Projekt können (Teil-)Ergebnisse ohne zusätzliche Aufwände in anderen laufenden oder geplanten Projekten verwendet werden. Diese Synergieeffekte werden mit 43% insbesondere von Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen genannt (trifft voll oder eher zu: 138 von 333), aber nur von 23% der KMU-Projektleitungen (25 von 109) und 17% von Projektleitungen aus Großunternehmen (38 von 230). Eine Ergebnisverwertung außerhalb der eigenen Organisation erachten vor allem Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen für notwendig. Jede vierte Projektleitung bestätigt diese Verwertungsart für sein Projekt, während Projektleitungen aus Großunternehmen und KMU dies für ihre Projektergebnisse überwiegend ablehnen (GU: 180 von 230; KMU: 74 von 109).

7. (Erwartete) Ergebnisse II: Outcome und Impact der Förderung bei den Zuwendungsempfängern

7.1 Wirkungen von FuE-Aktivitäten

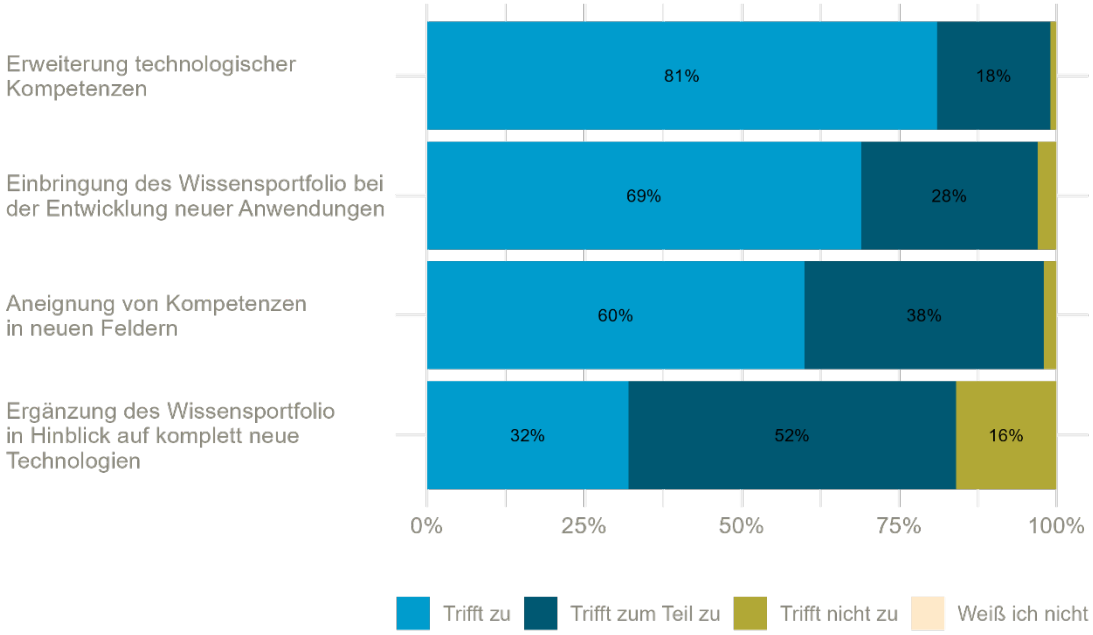
In diesem Abschnitt wird dargestellt, welcher Outcome aus den Projekten im Rahmen von LuFo VI bereits eingetreten oder in Zukunft geplant ist. Dieser Outcome umfasst Auswirkungen, die direkt oder in einem Zwischenschritt aus den Projekten resultieren. Dazu gehören auf Seite der gewerblichen Wirtschaft etwa Produkt- und Prozessinnovationen. Zum Zeitpunkt der Evaluation ist der Outcome nur teilweise bekannt, sodass auch nach zukünftigen bzw. zu erwartenden Ergebnissen gefragt wurde. Darüber hinaus wird dargestellt, welche Auswirkungen von den Innovationen ausgehen können. Datenquellen sind die Online-Befragungen, die Gespräche im Rahmen der Fallstudien sowie die Fokusgruppen.

LuFo VI und Technologieentwicklung

Die (Weiter-)Entwicklung von technologischen Lösungen nimmt eine zentrale Rolle in der LuFo VI-Förderung ein und bildet das Fundament für Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessinnovationen. Sie spielt eine Schlüsselrolle nicht nur bei der Steigerung der Effizienz im Luftfahrtbereich, sondern auch bei der Bewältigung zentraler Herausforderungen wie der Entwicklung hin zu einer klimaneutralen Luftfahrt. Die Entwicklung technologischer Lösungen und die daraus resultierenden Innovationen haben zudem erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen. Sie eröffnen Unternehmen neue Marktchancen und tragen zur Schaffung von Arbeitsplätzen bei. Darüber hinaus bietet die Entwicklung technologischer Lösungen die Möglichkeit das Wissen zu erweitern und damit die Möglichkeiten für zukünftige Forschung zu erweitern und andererseits die Möglichkeit von Ausgründungen aus Wissenschaftseinrichtungen. Durch gezielte Investitionen in Forschung und Entwicklung können Unternehmen somit ihre Wettbewerbsfähigkeit und damit ihre Marktposition halten bzw. stärken.

Die Befragung von Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen zeigt, dass sowohl Unternehmen als auch Wissenschaftseinrichtungen durch die Summe an durchgeführten Projekten ihr Technologieportfolio ausbauen können. Für die Wissenschaftseinrichtungen zeigt das Ergebnis eine insgesamt sehr große Rolle der LuFo-Projektaktivitäten für die Entwicklung des Technologieportfolios. Wissenschaftseinrichtungen konnten zumeist ihre bestehenden technologischen Kompetenzen erweitern (81%, 97 von 120), aber auch in der Mehrheit ihr Wissensportfolio in die Entwicklung neuer Anwendungen einbringen (69%, 83 von 120) und sich Kompetenzen in komplett neuen Feldern aneignen (60%, 72 von 120). Dass die Projektaktivitäten das Wissensportfolio im Hinblick auf komplett neue Technologie ergänzen, konnte hingegen nur knapp ein Drittel (38 von 120) der Wissenschaftseinrichtungen vollständig bestätigen (Angaben „trifft voll zu“ in *Abbildung 7.1.1*). Die Auswertung zeigt aber weiterhin, dass die Projekte das Technologieportfolio in allen beteiligten Wissenschaftseinrichtungen in jeder der gefragten Kategorie zumindest teilweise erweitern.

Abbildung 7.1.1
Auswirkungen von LuFo VI-Projektaktivitäten auf das Technologieportfolio von Wissenschaftseinrichtungen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Wissenschaftseinrichtungen 2023 (N= 120). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

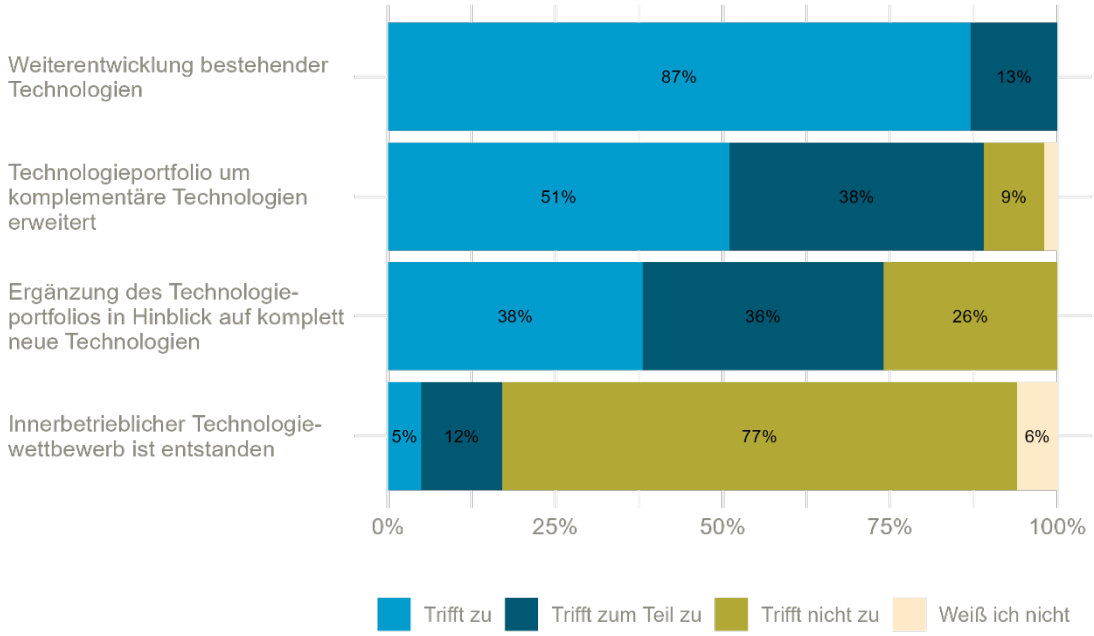
Unternehmen können vor allem ihre technologischen Kompetenzen (87%, 111 von 128) erweitern (*Abbildung 7.1.2*). Darüber hinaus kann die überwiegende Mehrheit der 128 befragten Unternehmen ihr Technologieportfolio mindestens teilweise komplementär ausbauen (trifft zu: 51%; trifft zum Teil zu: 38%). Knapp 40% (48 von 128) schaffen es im Zuge der LuFo VI-Förderung, das Technologieportfolio um komplett neue Technologien zu ergänzen. Ein ähnlicher Anteil (36%, 46 von 128) bestätigt dies teilweise. Ein innerbetrieblicher Technologiewettbewerb ist überwiegend nicht zu beobachten. Hierbei können Großunternehmen im Vergleich zu KMU anteilig häufiger ihr Technologieportfolio um komplementäre Technologien erweitern (GU: 61%, 38 von 56; KMU: 44%, 31 von 70) und wesentlich häufiger ihr Technologieportfolio im Hinblick auf komplett neue Technologien ergänzen (GU: 48%, 27 von 56; KMU: 30%, 21 von 70).

Konkrete Beispiele für technologische Entwicklungen liefern die interviewten Expertinnen und Experten aus den Fallstudien. So konnten neue Standards im Bereich von Testsystemen entwickelt werden, Aufholprozesse der Luftfahrtbranche im Bereich Simulation und Automatisierung angestoßen, aber auch neue Hardwaretechnologie im Bereich der Kabine entwickeltet werden.

Die Aussagen der Expertinnen und Experten aus den Fokusgruppen unterstützen die Ergebnisse der Online-Befragung und aus den Fallstudien hinsichtlich der hohen Bedeutung der LuFo VI-Förderung für die Entwicklung von Technologien. So schätzen

auch sie die Auswirkung der LuFo VI-Förderung auf die Technologieentwicklung als positiv ein. Demnach würde die globale Technologieentwicklung durch die LuFo VI-Förderung vorangetrieben, da die aus der Projektarbeit resultierenden Produkte weltweit Einsatz finden würden.

Abbildung 7.1.2
Auswirkungen von LuFo VI-Projektaktivitäten auf das Technologieportfolio von Unternehmen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Unternehmensbefragung 2023 (N= 128). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

Bereits erfolgte oder geplante Produkt-, Prozess- und Dienstleistungs-innovationen

Mithilfe der LuFo VI-Förderung soll das Innovationspotential gefördert und Forschung unterstützt werden, die in verschiedene Arten von Innovationen mündet. Von allen Projektleitungen (N=719) geben 281 Personen an, dass aus ihren Projekten Produktinnovationen hervorgegangen sind bzw. nach den gegenwärtigen Planungen hervorgehen werden. Zudem gehen aus 128 Projekten Dienstleistungsinnovationen und aus 372 Projekten Prozessinnovationen hervor bzw. sind geplant. Demgegenüber geben 242 Projektleitungen an, dass ihre Projektaktivitäten nicht auf Produktinnovationen abzielen. 222 der befragten Personen verneinen dies im Hinblick auf Prozessinnovationen.

Bei dem Vergleich über die Akteursgruppen hinweg (*Tabelle 7.1.1*) wird deutlich, dass aus Projekten von Großunternehmen mehrheitlich Produktinnovationen resultieren (62%, 150 von 243), während aus KMU-Projekten überwiegend Prozessinnovationen (56%, 68 von 122) hervorgehen. 46% (164 von 354) der Projektleitungen aus Wis-

senschaftseinrichtungen geben an, dass ihre Projekte Prozessinnovationen erzeugen, seltener hingegen Innovationen im Bereich Dienstleistungen (13%, 47 von 354). Berücksichtigt werden muss dabei, dass sich die unterschiedliche Anzahl Innovationen erzeugender Projekte darin begründet, dass sich die Anzahl der Projekte unterschiedlich auf die Akteursgruppen verteilt. Wie in *Abschnitt 6.3* dargestellt, wird die Hälfte aller Projekte von Wissenschaftseinrichtungen durchgeführt (772 von 1.575) und knapp ein Drittel (502 von 1.575) der Projekte von Großunternehmen. Bei jedem fünften Projekt handelt es sich um ein KMU-Projekt (301 von 1.575). Damit erklärt sich auch, dass - absolut gesehen -tendenziell weniger Innovationen aus Projekten von KMU resultieren.

Tabelle 7.1.1
Projekte, aus denen erfolgte und geplante Innovationen hervorgehen, nach Art des Zuwendungsempfängers

	GU (=243)	KMU (n=122)	WISS (n=354)	Gesamt (N=719)
Produktinnovationen	150 (62%)	59 (48%)	72 (20%)	**281 (39%)**
Prozessinnovationen	140 (58%)	68 (56%)	164 (46%)	**372 (52%)**
Dienstleistungs-innovationen	43 (18%)	38 (31%)	47 (13%)	**128 (18%)**

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Welche Anzahl an Innovationen zum Zeitpunkt der Befragung (Sommer 2023) aus den LuFo VI-geförderten Projekten bereits hervorgegangen und welche noch geplant sind, wird in *Tabelle 7.1.2* dargestellt. Bei der folgenden Darstellung zu den Innovationen muss berücksichtigt werden, dass nur solche Antworten von Projektleitungen abgebildet sind, die eine Angabe zur Anzahl der eingeführten bzw. geplanten Innovationen enthalten (n=642).

Insgesamt resultieren aus den Projekten 1.031 Innovationen, von denen allerdings nur ein Bruchteil zum Zeitpunkt der Befragung bereits auf den Markt gebracht bzw. eingeführt wurde (15% bzw. 155). Der überwiegende Teil aller Innovationen (85% bzw. 876) wird, soweit sich die Planungen materialisieren, erst in Zukunft realisiert werden.

Beim Vergleich der Akteursgruppen zeigt sich, dass zum Befragungszeitpunkt Innovationen von einem größeren Anteil an KMU bereits eingeführt oder auf den Markt gebracht wurden (27%, 51 von 192). Für Innovationen von Großunternehmen trifft das hingegen nur selten zu (8%, 38 von 456; WISS: 17%, 66 von 383). Betrachtet man die bereits eingetretenen oder geplanten Innovationen im Verhältnis zu den Projekten, aus denen sie resultieren, wird deutlich, dass aus Projekten von Großunternehmen im Durchschnitt die meisten Innovationen hervorgehen und die wenigsten aus KMU-Projekten (GU: 1,8; KMU: 1,3; WISS: 1,5).

Tabelle 7.1.2
Bereits erfolgte oder geplante Produkte/Dienstleistungen und Prozesse differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers

			GU	KMU	WISS	Gesamt
Produkt-innovationen		*N*	*6*	*10*	*8*	***24***
		eingeführt	10	13	11	**34**
		N	*105*	*41*	*59*	***205***
		geplant	196	56	85	**337**
Dienstleistungs-innovationen		*N*	*1*	*11*	*9*	***21***
		eingeführt	1	14	12	**27**
		N	*32*	*23*	*36*	***91***
		geplant	51	32	55	**138**
Prozessinnovationen	**Fertigungs-verfahren**	*N*	*6*	*12*	*20*	***38***
		eingeführt	19	16	36	**71**
		N	*73*	*32*	*85*	***190***
		geplant	138	39	143	**320**
	Logistische Verfahren	*N*	*0*	*0*	*1*	***1***
		eingeführt	0	0	1	**1**
		N	*7*	*1*	*3*	***11***
		geplant	8	1	3	**12**
	Unterstützende Aktivitäten	*N*	*4*	*6*	*5*	***15***
		eingeführt	8	8	6	**22**
		N	*16*	*8*	*22*	***46***
		geplant	25	13	31	**69**

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Produktinnovationen

Insgesamt geben die 34 Projektleitungen an, dass infolge der Projektaktivitäten neue oder merklich verbesserte Produkte auf den Markt gebracht wurden, weitere 337 Projektleitungen planen Produktinnovationen. Über die Hälfte der geplanten Produktinnovationen entstammt dabei aus Projekten von Großunternehmen (196 von 337), rund jede vierte Innovation von Projekten aus KMU oder Wissenschaftseinrichtungen.

Dienstleistungsinnovationen

Dass die Einführung neuer oder merklich verbesserter Dienstleistungen bereits eingetreten oder geplant ist, wird von 121 Projektleitungen berichtet. Ähnlich wie bei den Produktinnovationen wurde auch hier nur eine geringe Anzahl von 27 Dienstleistungsinnovationen bereits eingeführt. Mit 138 Markteinführungen ist die Mehrzahl noch in Planung. So gehen insbesondere Großunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen davon aus, als Folge ihrer Projektaktivitäten weitere Dienstleistungsinnovationen zukünftig auf den Markt zu bringen (GU: 51; WISS: 55; KMU: 32). Die bereits

erfolgten Dienstleistungsinnovationen (27) verteilen sich dabei knapp hälftig auf KMU und Wissenschaftseinrichtungen (KMU: 14; WISS: 12). Lediglich ein Großunternehmen hat bisher eine neue oder verbesserte Dienstleistung auf den Markt gebracht.

Diejenigen Projektleitungen, die die Einführung von Produkt- oder Dienstleistungsinnovationen noch planen (n=296), wurden ferner gefragt, wann mit deren Einführung voraussichtlich zu rechnen ist. Davon konnten 151 Projektleitungen zum Einführungszeitraum eine Angabe machen. Demnach rechnet zum Zeitpunkt der Befragung jede/r Fünfte mit einer zeitnahen – also noch bis 2025 stattfindenden – Markteinführung (2023: 5; 2024: 27; 2025: 31). 28% der Projektleitungen erwarten die Einführung von Produkt- oder Dienstleistungsinnovationen in den nächsten drei bis fünf Jahren – also zwischen 2026 und 2028 (2026: 23; 2027: 6; 2028: 14). Jede/r fünfte Befragte geht davon, dass die Markteinführung erst ab dem Jahr 2035 erfolgen wird (2030: 5; 2032: 7; 2035 oder später: 33). Diese Differenzierung ist auch in der Hinsicht relevant, dass die Einführung einer neuen Flugzeuggeneration i. d. R. in einem Zeitraum von 10 bis 15 Jahren erfolgt und somit gerade für Innovationen, die auf die nächste Flugzeuggeneration ausgerichtet sind, ein erheblicher Time-Lag zu berücksichtigen ist.

Bis die eingeführten Produkt- und Dienstleistungsinnovationen Auswirkungen auf die Leistungskennzahlen der gewerblichen Wirtschaft haben werden, dauert es häufig nach der Markteinführung noch einige Zeit. Die überwiegende Mehrheit der Projektleitungen kann den Zeitraum für diese Auswirkungen jedoch zum Zeitpunkt der Befragung nicht abschätzen (71%; 243 von 340). Es ist davon auszugehen, dass bei diesen Projekten die Auswirkungen eher weiter in der Zukunft liegen. Von denjenigen Projektleitungen, die einen Auswirkungszeitraum nennen (n=59), erwartet gut die Hälfte, dass sich diese Innovationen innerhalb von 2,5 Jahren (also bis Ende 2025) auf unternehmerische Leistungskennzahlen auswirken (31 von 59). Jede/r Fünfte erwartet die entsprechenden Auswirkungen in den Jahren zwischen 2026 und 2030 (12 von 59), 27% der Projektleitungen dies nach 2030 (16 von 59). Gefragt nach der maximalen Auswirkung der Produkt- und Dienstleistungsinnovationen auf die Leistungskennzahlen des Unternehmens gibt jeweils ein ungefähres Drittel einen Zeitraum bis 2025 (18 von 62) oder zwischen 2026 und 2030 (21 von 62) an. 35% der Projektleitungen sehen für entsprechende Auswirkungen einen Zeithorizont zwischen 2035 und 2040 (14 von 62) oder später (8 von 62).

Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass zwar in einigen Projekten ab 2025 Auswirkungen auf die Leistungskennzahlen vermutet werden, dass sich die Auswirkungen aber über einen Zeitraum von 15 bis 20 Jahren erstrecken werden. Gleichzeitig sind bei einem erheblichen Teil der Projekte derzeit noch keine Aussagen zum Zeitpunkt der Auswirkungen möglich.

Prozessinnovationen

Bei Prozessinnovationen handelt es sich um neue oder merklich verbesserte Prozesse inklusive Verfahren zur Erbringung von Dienstleistungen und zur Auslieferung von Produkten. Gemeint sind damit neben Fertigungsverfahren bzw. Verfahren zur Dienstleistungserbringung und logistischen Verfahren bzw. Auslieferungs-/ Vertriebs-

methoden auch unterstützende Aktivitäten für Prozesse (z.B. Instandhaltung, Buchführung, EDV). Nach Angaben der Projektleitungen resultieren aus 301 Projekten insgesamt 495 Prozessinnovationen. Die Mehrzahl dieser Innovationen (94 von 495) wurde – analog zu den Produkt- und Dienstleistungsinnovationen – allerdings noch nicht eingeführt, sondern ist als Folge der Projektaktivitäten erst noch geplant. Dies betrifft vor allem Prozessinnovationen, die aus Projekten von Großunternehmen (86%, 171 von 198) oder Wissenschaftseinrichtungen hervorgehen (80%, 177 von 220). Aus Projekten, die von KMU umgesetzt werden, wurde dagegen bereits jede dritte Prozessinnovation umgesetzt (31%, 24 von 77; GU: 14%, 27 von 198; WISS: 20%, 43 von 220). Der Anteil an allen Prozessinnovationen ist mit insgesamt 77 Innovationen aus KMU-Projekten vergleichsweise gering (77 von 495), lässt sich jedoch auf den vergleichsweisen geringen Anteil an allen Projekten zurückführen. Die Mehrzahl der Prozessinnovationen stammt hingegen aus Projekten von Wissenschaftseinrichtungen (44%, 220 von 495; GU: 40%, 198 von 495).

Im Hinblick auf die Verteilung der unterschiedlichen Arten von Prozessinnovationen zeigt sich, dass bei LuFo VI die Fertigungsverfahren den Großteil der Prozessinnovationen ausmachen (391 von 495), während logistische Verfahren vergleichsweise selten vorkommen (13 von 495). Deren betriebliche Implementierung ist dabei überwiegend von Großunternehmen geplant (8 von 12). Prozessinnovationen in Form von unterstützenden Aktivitäten wurden zum Zeitpunkt der Befragung in etwa zu gleichen Anteilen von Großunternehmen, KMU und Wissenschaftseinrichtungen bereits im Unternehmen umgesetzt (GU: 8; KMU: 8; WISS: 6 von 22). Zukünftig planen tendenziell häufiger Wissenschaftseinrichtungen weitere Innovationen in Form unterstützender Aktivitäten (31 von 69). Für KMU-Projekte sind derartige Resultate hingegen seltener geplant (13 von 69). Dies erklärt sich daraus, da die Wissenschaftseinrichtungen in der Regel an den Grundlagen für Produkt- und Verfahrensinnovationen für Unternehmen forschen und damit der Fokus der Forschung etwas anders liegt als bei Unternehmen.

Die Projektleitungen, aus deren Projekten bereits neue oder verbesserte Prozesse implementiert wurden oder bei denen dies geplant ist (n=368), wurden dies hingehend gefragt, wann mit der Umsetzung voraussichtlich zu rechnen ist. Von denjenigen Projektleitungen, die eine Angabe zum Umsetzungszeitraum machen konnten (n=149), haben 28% der Befragten angegeben, dass die Implementierung verbesserter Prozesse bereits erfolgt sei. Insgesamt geben 72% der befragten Projektleitungen an, dass dies geplant ist. Die bereits erfolgten Prozessimplementierungen fanden dabei überwiegend im Jahr der Befragung (2023: 19) oder im Jahr davor (2022: 14) statt. Ist die Umsetzung von Prozessinnovationen erst noch geplant, soll dies laut Angaben von dreiviertel der Projektleitungen entweder zeitnah zum Zeitpunkt der Befragung – also noch im Jahr 2023 bzw. in 2024 – oder dann bis 2025 erfolgen. (2023: 11; 2024: 38, 2025: 29). Knapp jede/r vierte Befragte erwartet dies in den nächsten drei bis fünf Jahren – also zwischen 2026 und 2028 (2026: 18; 2027: 5; 2028: 3; nach 2030: 8). Insgesamt gibt allerdings die Mehrheit der Projektleitungen bei der Frage nach dem Zeitpunkt zur Implementierung der Prozessinnovation(en) an, dass dieser nicht abgeschätzt werden kann (56%, 207 von 368). Dies zeigt, dass zwar bei einem kleineren Teil der Projekte die Einführung der Neuerungen sehr schnell erfolgte, dass

sich aber bei vielen Akteuren die Implementierung auf die kommenden Jahre verteilt und gleichzeitig bei einem großen Teil zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht absehbar war, wann die Neuerungen wirksam werden.

Bis die eingeführten Prozessinnovationen Auswirkungen auf die Leistungskennzahlen der gewerblichen Wirtschaft haben, dauert es häufig einige Zeit. Die überwiegende Mehrheit der Projektleitungen kann den Zeitraum für diese Auswirkungen jedoch nicht abschätzen (79%, 294 von 368). Von denjenigen Projektleitungen, die einen Auswirkungszeitraum nennen, erwarten rund zwei Drittel, dass sich die eingeführten Prozessinnovationen innerhalb von 2,5 Jahren (also bis Ende 2025) auf unternehmerische Leistungskennzahlen (29 von 46) auswirken. Knapp jede/r Vierte erwartet die entsprechenden Auswirkungen in den Jahren zwischen 2026 und 2030 (11 von 46) und etwa jede/r Achte nach 2030 (6 von 46). Gefragt nach der maximalen Auswirkung der Prozessinnovationen auf die Leistungskennzahlen des Unternehmens gibt jede dritte Projektleitung einen Zeitraum bis 2025 (13 von 36) an. Jeweils ein weiteres knappes Drittel nennt hierfür einen Zeithorizont zwischen 2026 und 2030 (11 von 36) oder nach 2030 (10 von 36). Dies zeigt, dass eine Bewertung der Wirkungen von Prozessinnovationen frühestens in fünf bis zehn Jahren erfolgen sollte.

Weitere Arten von Innovationen

Neben den bereits dargestellten Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessinnovationen gehen weitere Arten von Innovationen aus den Projekten hervor. So geben 23% (162 von 716) der Projektleitungen an, dass Geschäftsmodellinnovationen aus ihren Projektaktivitäten resultieren. Gemeint sind damit Geschäftsmodelle, die sich auf die Art und Weise der Leistungserstellung inkl. Adressierung neuer Märkte oder Einbeziehung neuer Lieferanten oder Kooperationspartner beziehen. Aus 12% der Projekte gehen organisatorische Innovationen – also neue Methoden zur Organisation von Geschäftsprozessen, Formen der Arbeitsorganisation oder Gestaltung von Außenbeziehungen – hervor (86 von 716). Vereinzelt wird von den Projektleitungen berichtet, dass die Projektaktivitäten die Einführung einer neuen Marketing-, Verkaufsmethode durch ein deutlich verändertes Design, neue Werbetechniken, die Einführung von Marken, neue Vertriebskanäle oder neue Formen der Preispolitik (Marketinginnovationen) zur Folge haben (4%, 30 von 716). Mit Blick auf die Verteilung nach den Akteursgruppen zeigt sich, dass Geschäftsmodellinnovationen tendenziell häufiger aus Projekten von Großunternehmen hervorgehen, während die anderen drei Arten von Innovationen vorwiegend aus Projekten von Wissenschaftseinrichtungen resultieren.

In der folgenden *Tabelle 7.1.3* sind sowohl die bereits eingetretenen als auch die erwarteten Auswirkungen auf Unternehmen dargestellt, die aus der Nutzung der Projektergebnisse resultieren. Insgesamt, wie auch bei einer vergleichenden Betrachtung der aus den LuFo VI-Projekten resultierenden Auswirkungen auf die unterschiedlichen Akteursgruppen, zeigt sich, dass bis zum Zeitpunkt der Befragung erst wenige Effekte eingetreten sind. Der überwiegende Teil der Auswirkungen wird hingegen noch erwartet.

Tabelle 7.1.3
Realisierte und erwartete Auswirkungen differenziert nach Art des Zuwendungsempfängers

		GU (n=209)	KMU (n=105)	WISS (n=318)	Gesamt (N=632)
Stärkung der technologischen Marktposition	eingetreten	26 (12%)	17 (16%)	72 (23%)	**115 (18%)**
	erwartet	174 (83%)	81 (77%)	198 (62%)	**453 (72%)**
	nicht eingetreten/ erwartet	6 (3%)	3 (3%)	25 (8%)	**34 (5%)**
Anstoß für Investitionen	eingetreten	20 (10%)	15 (14%)	41 (13%)	**76 (12%)**
	erwartet	123 (59%)	59 (56%)	155 (49%)	**337 (53%)**
	nicht eingetreten/ erwartet	30 (14%)	18 (17%)	62 (19%)	**110 (17%)**
Behauptung der Marktposition von Unternehmen	eingetreten	12 (6%)	14 (13%)	41 (13%)	**67 (11%)**
	erwartet	177 (85%)	72 (69%)	177 (56%)	**426 (67%)**
	nicht eingetreten/ erwartet	9 (4%)	8 (8%)	37 (12%)	**54 (9%)**
Steigerung des Unternehmens-wertes	eingetreten	6 (3%)	6 (6%)	38 (12%)	**50 (8%)**
	erwartet	125 (60%)	68 (65%)	114 (36%)	**307 (49%)**
	nicht eingetreten/ erwartet	38 (18%)	17 (16%)	83 (26%)	**138 (22%)**
Kostenstruktur in Form von Kostensenkungen	eingetreten	8 (4%)	1 (1%)	11 (3%)	**20 (3%)**
	erwartet	127 (61%)	38 (36%)	145 (46%)	**310 (49%)**
	nicht eingetreten/ erwartet	62(30%)	55 (52%)	128 (40%)	**245 (39%)**
Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie	eingetreten	6 (3%)	3 (3%)	8 (3%)	**17 (3%)**
	erwartet	95 (45%)	32 (30%)	150 (47%)	**277 (44%)**
	nicht eingetreten/ erwartet	91 (44%)	60 (57%)	132 (42%)	**283 (45%)**

Quelle: Onlinebefragung von Projektleitungen 2023.

Stärkung der technologischen Marktposition

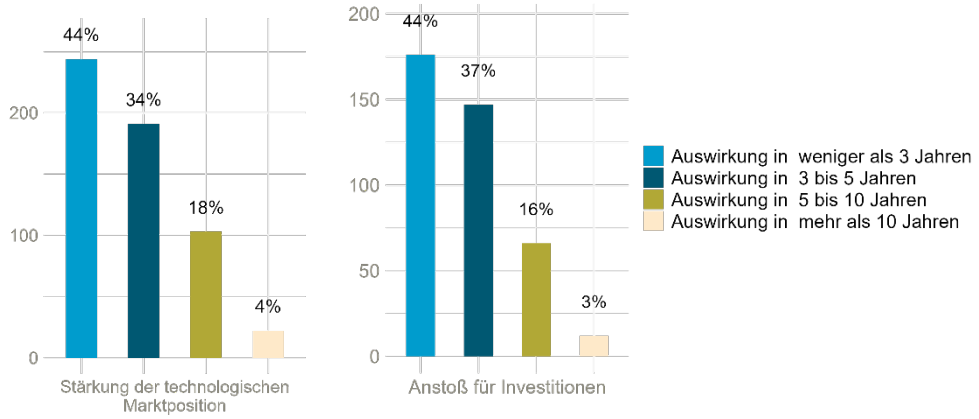
Als Grundlage für Rentabilität, Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit sowie den langfristigen Erfolg eines Unternehmens ist die Stärkung der Marktposition entscheidend und daher vor allem bei Unternehmen ein zentrales Motiv für die Durchführung von Forschungsprojekten. Somit überrascht es nicht, dass ein überwiegender Anteil aller Projektleitungen angab, dass ein positiver Effekt auf die technologische Marktposition bereits erreicht wurde (18%, 115 von 632) bzw. dies erwartet wird (72%, 453 von 632). Zum Zeitpunkt der Befragung sehen mit einem Anteil von 23% Projektleitungen von Wissenschaftseinrichtungen diese Auswirkung besonders häufig als bereits eingetreten an (72 von 115). Hingegen erachten vor allem Projektleitungen von Großunternehmen die Stärkung der technologischen Marktposition als bisher noch nicht erfüllt (12%, 26 von 209), erwarten dies jedoch – ähnlich wie die

Projektleitungen aus KMU – wesentlich häufiger in der Zukunft (GU: 83%, 174 von 209; KMU: 77%, 81 von 105).

Bis sich die Projektaktivitäten positiv auf die technologische Marktposition von Unternehmen auswirken, wird es nach Einschätzung der befragten Projektleitungen nicht lange dauern. So rechnet knapp die Hälfte der Projektleitungen[11] (44%, 244 von 560) mit einer Stärkung der technologischen Marktposition in den nächsten drei Jahren, jede/r Dritte erwartet dies in einem Zeithorizont von drei bis fünf Jahren (*Abbildung 7.1.3 links*). Weiterhin schätzt mit 73% (410 von 561) die Mehrheit der Projektleitungen diese Auswirkung als sehr bedeutsam für die Unternehmen ein. Dabei zeigt sich, dass aus Sicht der Akteure die Stärkung der Marktposition im Durchschnitt einer Auswirkung auf die betrieblichen Kennzahlen vorausgeht.

Neben der projektspezifischen Perspektive wurden auch die Unternehmen danach gefragt, welche Auswirkungen die Akteure aus organisatorischer Perspektive insgesamt aus ihren LuFo VI-Projektaktivitäten erwarten. Die hohe Bedeutung der Stärkung der technologischen Position im Markt aus Sicht der Unternehmen, wird dabei bestätigt. Über die Hälfte der Unternehmen (58%) geht demnach davon aus, dass die LuFo VI-Projektaktivitäten eine große Auswirkung auf die Stärkung der Position des Unternehmens im Technologiewettbewerb haben (werden), und zwar schon heute - zum Zeitpunkt der Befragung – bzw. innerhalb der nächsten drei Jahre (67%).

Abbildung 7.1.3
Zeithorizont für die Auswirkungen der Projekte auf die Stärkung der technologischen Marktposition und auf den Anstoß von Investitionen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Projektleitungen 2023. Stärkung der technologischen Marktposition: N=560; Anstoß für Investitionen: N=401.

[11] *Berücksichtigt sind hier nur die Projektleitungen, die zuvor angegeben haben, dass die Stärkung der technologischen Marktposition als Auswirkung aus den Projektaktivitäten bereits erfolgt ist oder die dies noch erwarten.*

Anstoß von Investitionen

Förderung von FuE kann einen erheblichen Einfluss auf Investitionen haben, indem sie finanzielle Anreize bieten, mit FuE verbundene Risiken reduzieren und die Entwicklung bestimmter Sektoren oder Technologien fördern. Rund zwei Drittel der Projektleitungen gibt an, dass aus den LuFo VI-Projekten entweder ein Anstoß für Investitionen gegeben wurde (12%, 76 von 632) oder dies erwartet wird (53%, 337 von 632). Dass die Projektaktivitäten bereits Investitionen angestoßen haben, bestätigen dabei mit einem Anteil von 14% bzw. 13% am häufigsten Projektleitungen von KMU bzw. Wissenschaftseinrichtungen (15 von 105 bzw. 41 von 318). Weniger oft wurde diese Auswirkung von Projektleitungen aus Großunternehmen genannt (10%, 20 von 209). Für zukünftige Auswirkungen auf Investitionstätigkeiten dreht sich das Bild. Hier erwarten überwiegend Projektleitungen aus Großunternehmen (59%, 123 von 209) sowie aus KMU (56%, 59 von 105) entsprechende Anstoßwirkungen durch die LuFo VI-geförderten Projekte.

Dass sich die Projektaktivitäten positiv auf das Investitionsverhalten von Unternehmen auswirkt, ist für die Hälfte der Projektleitungen[12] (50%, 205 von 409) von großer Bedeutung. 43% (174 von 409) halten dies für mittelmäßig bedeutsam. Mit einer entsprechend positiven Auswirkung der Projektaktivitäten rechnet weniger als die Hälfte der Befragten (44%, 176 von 401) in weniger als drei Jahren (*Abbildung 7.1.3 rechts*). Ein gutes Drittel geht davon aus, dass zusätzliche Investitionen in den nächsten drei bis fünf Jahren angestoßen werden.

Behauptung der Marktposition von Unternehmen

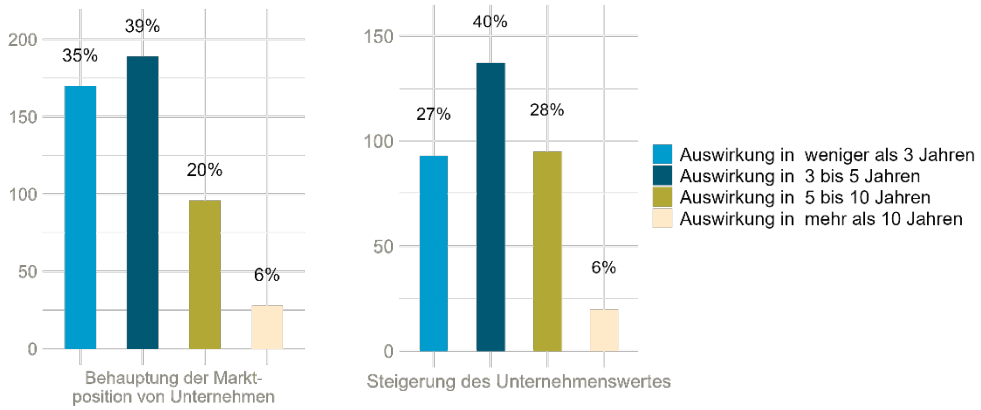
Um langfristigen Erfolg zu erzielen und Wettbewerbsvorteile zu sichern, ist neben der bereits dargestellten Stärkung der technologischen Marktpostion auch die Behauptung einer Marktposition für Unternehmen von entscheidender Bedeutung. 11% aller Projektleitungen bestätigen, dass diese Positionsbehauptung als Auswirkung der LuFo VI-Projektaktivitäten bereits gelingen konnte (11%, 67 von 632). Dies gelang häufiger in KMU und Wissenschaftseinrichtungen (jeweils 13%), als bei Großunternehmen (6%, 12 von 209). Diametral dazu verhält es sich allerdings beim Blick in die Zukunft. So erwarten 85% (177 von 209) der befragten Projektleitungen von Großunternehmen eine Behauptung der Marktposition als Folge der Projektaktivitäten. Über alle Projekte hinweg erwarten 67% (426 von 632) der Projektleitungen, dass aus den LuFo VI-Projekten eine Behauptung der Marktposition von Unternehmen resultiert.

Von denjenigen Projektleitungen, die eine Behauptung der Marktposition bereits beobachtet haben oder in Zukunft erwarten (486), wird dieser Auswirkung auch mehrheitlich (65%, 318 von 486) eine große Bedeutung beigemessen. Im Hinblick auf den Zeitpunkt, zu dem dies bei Unternehmen eintritt, geben 39% (189 von 483) einen Zeithorizont von drei bis fünf Jahren an (*Abbildung 7.1.4 links*). 35% (170 von 483) erwarten positive Effekte auf die Marktpositionierung bereits innerhalb der nächsten drei Jahre.

---

[12] *Berücksichtigt sind hier nur die Projektleitungen, die zuvor angegeben haben, dass der Anstoß von Investitionen als Auswirkung aus den Projektaktivitäten bereits erfolgt ist oder die dies noch erwarten.*

Abbildung 7.1.4
Zeithorizont für die Auswirkungen der Projekte auf die Behauptung der Marktposition von Unternehmen und die Steigerung des Unternehmenswertes



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Projektleitungen 2023. Behauptung der Marktposition von Unternehmen: N=483; Steigerung des Unternehmenswertes: N=345.

Steigerung des Unternehmenswertes

Die Steigerung des Unternehmenswerts kann zur langfristigen Nachhaltigkeit und Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens beitragen. Wenngleich insgesamt nur wenige Projektleitungen eine Steigerung des Unternehmenswertes als Folge der LuFo VI-Projekte zum Zeitpunkt der Befragung bestätigen (8%, 50 von 632), so wird dies von knapp der Hälfte aller Projektleitungen erwartet (49%, 307 von 632). Gut jede/r Fünfte sieht es nicht als gegeben oder erwartbar an, dass durch das jeweilige LuFo VI-Projekt der Wert eines Unternehmens gesteigert werden kann (22%, 138 von 632). Während Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen vergleichsweise häufig bestätigen, dass für Unternehmen eine Wertsteigerung bereits eingetreten ist (12%, 38 von 318; im Durchschnitt: 8%), erwarten dies hingegen vor allem Projektleitungen aus KMU (65%) und Großunternehmen (60%) überproportional häufig als zukünftige Auswirkung (KMU: 68 von 105; GU: 125 von 209; im Durchschnitt: 49%). Dieses Ergebnis zeigt, dass einerseits aus Sicht der Akteure die Projektaktivitäten häufig auch wichtig für den Unternehmenswert ist, gleichzeitig aber ein Teil der Projekte andere Ziele verfolgt.

Von den Projektleitungen, die eine Wertsteigerung des Unternehmens bereits beobachtet haben oder erwarten, messen 46% (164 von 353) einer entsprechend positiven Auswirkungen eine mittlere Bedeutung bei. Ein ähnlich hoher Anteil (41%, 146 von 353) hält dies für sehr bedeutsam. Dabei erwarten 40% (137 von 345) der Befragten, dass die Steigerung des Unternehmenswertes in drei bis fünf Jahren eintreten wird (*Abbildung 7.1.4 rechts*). Jeweils rund jede/r Vierte erwartet entsprechende Auswirkungen bereits in näherer Zukunft (weniger als drei Jahre) bzw. erst in fünf bis zehn Jahren.

Kostenstruktur in Form von Kostensenkungen

Forschungs- und Entwicklungsprojekte können für Unternehmen eine wirksame Methode zur Kostensenkung darstellen, indem die Weiterentwicklung von Produktionsprozessen unterstützt und so eine Effizienzsteigerung erzielt wird. Dass sich die Projektaktivitäten auf die Kostenstruktur auswirken bzw. zu Kostensenkungen beitragen können, bestätigen insgesamt nur wenige Projektleitungen (3%, 20 von 632), allerdings erwartet dies knapp die Hälfte als zukünftige Auswirkung (49%, 310 von 632). Vergleichsweise häufig teilen diese Erwartung Projektleitungen aus Großunternehmen (61%, 127 von 209). Hingegen stellen Kostensenkungen für 40% aller Projektleitungen (245 von 632) – und hiervon überwiegend aus KMU (52%, 55 von 105) – weder zum aktuellen Zeitpunkt noch in Zukunft einen erwarteten Effekt der Projekte dar.

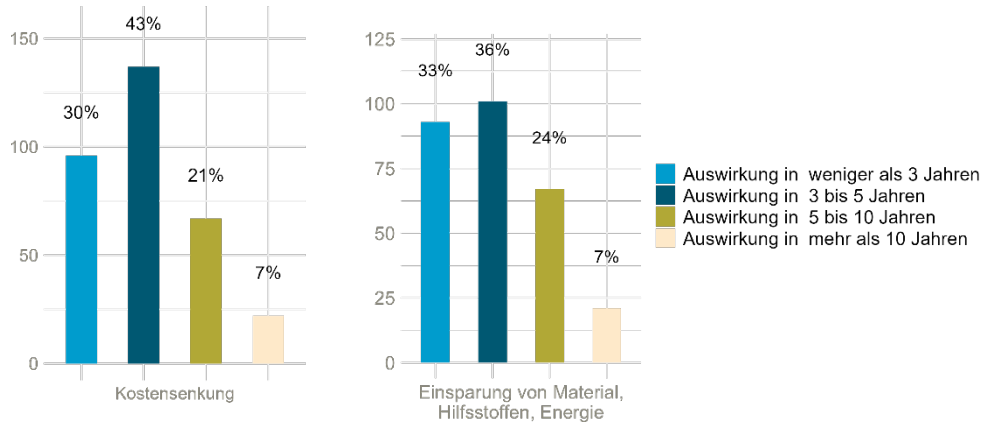
Für die Gruppe von Projektleitungen, die Kostensenkungen als Wirkdimension aus ihren LuFo-Projekten beobachten bzw. erwarten, geht die Mehrheit (43%, 137 von 322) davon aus, dass eine entsprechende Auswirkung auf die Kostenstruktur in drei bis fünf Jahren erfolgen wird (*Abbildung 7.1.5 links*). Jede/r Fünfte erwartet entsprechende Unternehmenseffekte frühestens in fünf Jahren. Gleichzeitig wird von über der Hälfte der Projektleitungen den entsprechenden Kostensenkungen eine große Bedeutung beigemessen.

Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie

Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie sind für Unternehmen bedeutsam, um Kosten zu senken, die Umweltbelastung zu reduzieren, gesetzliche Anforderungen zu erfüllen und Innovationspotenziale zu heben. Bereits erfolgte Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie werden lediglich von 3% der Projektleitungen (17 der 632) angegeben. Insgesamt ist die Gruppe von Projektleitungen, die entsprechende Auswirkungen noch erwarten mit 44% (277 von 642) fast ebenso groß wie diejenige, die keine Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie in Betracht ziehen (45%, 383 von 32). Im Vergleich zwischen den Akteuren erwarten häufiger Projektleitungen aus Großunternehmen und Wissenschaft entsprechende Einsparpotenziale (WISS: 47%, 150 von 318; GU: 45%, 95 von 209), dagegen weitaus seltener Projektleitungen von KMU (30%, 32 von 105).

Von denjenigen Projektleitungen, die Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie bereits beobachtet haben oder erwarten, wird dieser Auswirkung auch mehrheitlich (55%, 160 von 289) eine große Bedeutung beigemessen. Im Hinblick auf den Zeitpunkt, wann dieser Effekt bei Unternehmen „zu Buche schlagen“ wird, geben 36% (101 von 282) einen Zeithorizont von drei bis fünf Jahren an (*Abbildung 7.1.5 rechts*). 33% (93 von 282) erwarten positive Effekte auf Einsparungspotenziale bereits innerhalb der nächsten drei Jahre.

Abbildung 7.1.5
Zeithorizont für die Auswirkungen der Projekte auf Kostensenkung und Einsparung von Material, Hilfsstoffen und Energie



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Projektleitungen 2023. Kostensenkung: N=322; Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie: N=282.

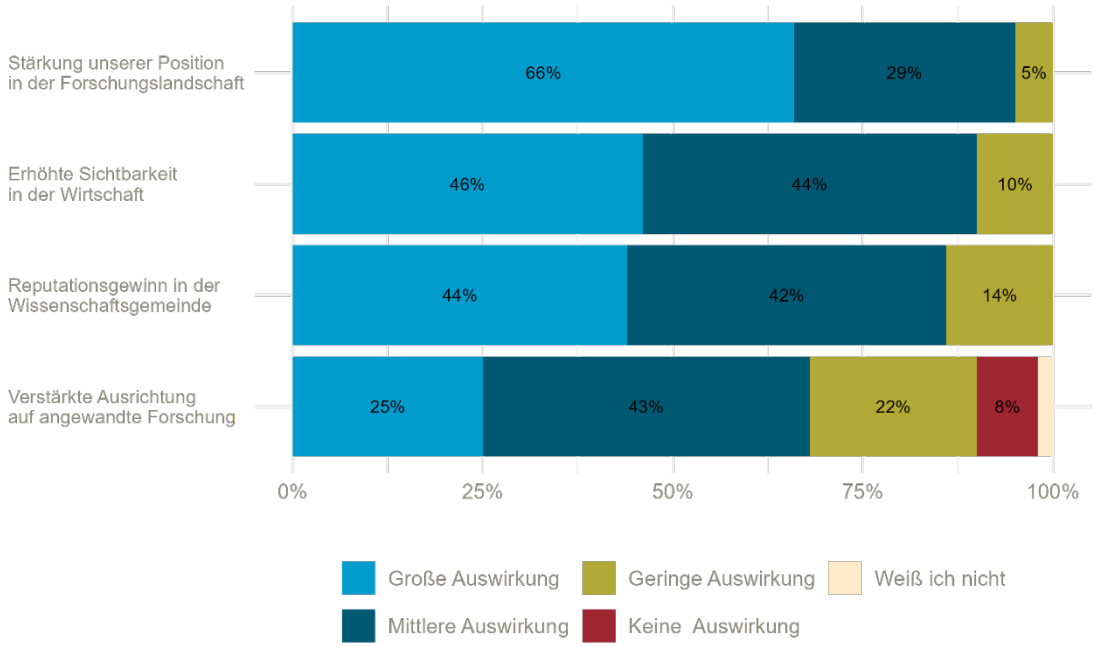
Grundlagenforschung und Lehre

Mit Blick auf die Gespräche in den Fallstudien lässt sich im Bereich Grundlagenforschung folgendes festhalten: Nach Ansicht der Expertinnen und Experten ermöglicht LuFo VI im Allgemeinen die Durchführung von Grundlagenforschung, die mit hohem Risiko behaftet ist, auch dann, wenn die Verwertung von Ergebnissen erst in ferner Zukunft erfolgen kann. Der mit Grundlagenforschung einhergehende Zeithorizont benötige Planbarkeit, die LuFo VI schaffe. So würden viele Projekte gerade im Bereich der Grundlagenforschung nicht stattfinden, wenn es keine geeignete Förderung durch LuFo VI gäbe. Darüber hinaus findet die besonders von Wissenschaftseinrichtungen betriebene Grundlagenforschung Eingang in Forschung und Lehre. Dies lässt sich vor allem aus den im *Abschnitt 6.1.* dargestellten Ergebnissen ableiten. So ist es gelungen, Projektergebnisse als Themen für Bachelor, Master-, Magister- und Diplomarbeiten sowie für Dissertationen und Habilitationen zu nutzen.

Vertreter und Vertreterinnen von Wissenschaftseinrichtungen (n=119) haben darüber hinaus zu weiteren (potenziellen) Auswirkungen, die aus den LuFo VI-Projektaktivitäten resultieren (werden), Auskunft gegeben (*Abbildung 7.1.6)*. Demnach geben zwei Drittel der Befragten Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen an, dass die LuFo VI-Projekte im großen Maße dazu beitragen, die Position der gesamten Wissenschaftseinrichtung in der Forschungslandschaft zu stärken (66%, 79 von 119). Die stärkere Positionierung sehen dabei 42% (48 von 114) von der Befragten bereits als erfolgt an, knapp die Hälfte (48%, 55 von 114) erwartet dies innerhalb von drei Jahren. Weiterhin wird von fast der Hälfte der Wissenschaftsvertreter/innen (46%, 55 von 119) ein großer Effekt durch eine erhöhte Sichtbarkeit in der Wirtschaft beigemessen. Dies lässt sich dabei insbesondere auf Projektverbünde zurückführen, in denen Wissenschaftseinrichtungen mit Unternehmen kooperieren. In den Interviews im Rahmen der Fallstudien wurde ersichtlich, dass es sich dabei zum Teil auch um Unternehmen handelt, zu denen vor LuFo VI noch keine Kooperationsbeziehungen bestanden.

Dass die höhere Sichtbarkeit bereits aus den Projektaktivitäten resultiert ist, bestätigen auch 44% (47 von 107) der befragten Vertreter/ innen der Wissenschaftseinrichtungen.

Abbildung 7.1.6
Auswirkungen der LuFo VI-Projektaktivitäten auf Wissenschaftseinrichtungen



Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Wissenschaftseinrichtungen 2023 (N= 119). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

Fast ebenso viele Befragte (50 von 107) erwarten in den nächsten drei Jahren, dass die LuFo VI-Projekte zu einer gestiegenen Wahrnehmung der Wissenschaftseinrichtung durch Unternehmen führen. Darüber hinaus geben 52 der 119 Befragten (44%) an, dass mit den Forschungsaktivitäten auch ein Reputationsgewinn in der Wissenschaftsgemeinde verbunden ist. Dass die LuFo VI-Projekte zu einem steigenden wissenschaftlichen Ansehen führen, wird von der Mehrheit der Befragten innerhalb von drei Jahren erwartet (55%, 56 von 102). Ein knappes Drittel der Wissenschaftsakteure sieht dies als bereits eingetreten an (31%, 32 von 102). Als weiterer bedeutender Effekt durch die Projektaktivitäten wird von jedem/jeder vierten Befragten eine zukünftig verstärkte Ausrichtung der Wissenschaftseinrichtung auf angewandte Forschung gesehen (25%, 30 von 119). Knapp die Hälfte der Befragten, die die zunehmende Anwendungsorientierung als Resultat erwarten, gehen davon aus, dass dies innerhalb von drei Jahren erreicht wird. Mehr als ein Drittel bestätigt hingegen bereits zum Zeitpunkt der Befragung (im Sommer 2023) eine verstärkte Anwendungsorientierung (35%, 28 von 80).

7.2 Erwarteter Beitrag des Programms zur Erzielung zusätzlicher Umsätze und zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen

Ein zentrales Ziel der Förderung im Rahmen von LuFo VI ist es, durch die erhöhte Wettbewerbsfähigkeit und den Beitrag zur Beschäftigung und zu Umsätzen in den geförderten Unternehmen zu erhöhen. Da dies eine langfristige Auswirkung ist, kann dieser Effekt für LuFo VI noch nicht unmittelbar vollständig beobachtet werden. Daher wurde im Rahmen verschiedener Untersuchungsbausteine auch gefragt, welche zukünftigen Wirkungen in Hinblick auf Umsätze und Beschäftigung zu erwarten sind. Ausgewertet werden hierfür die Online-Befragungen, die Gespräche im Rahmen der Fallstudien und die Fokusgruppen.

7.2.1 Auswirkungen des Programms auf die Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Akteursgruppen

Zum Zeitpunkt der Online-Befragung waren zahlreiche Projekte noch in der Umsetzungsphase. Da zudem die Entwicklungszyklen in der Luftfahrtforschung mitunter sehr lang sind und einige Akteure wie Hochschulen oder rein Grundlagenforschung-orientierte Forschungsinstitute, Umsatzsteigerung nicht als primäres Ziel haben, ist es nicht überraschend, dass nach Angaben der Projektleitungen aller Akteursgruppen (vgl. *Tabelle 7.2.1*) insgesamt mit 30 von 632 Projekten erst 5% der Projekte bereits zu Umsatzsteigerungen oder zusätzlichen Einnahmen geführt haben. Mit insgesamt 377 von 632 Projekten erwarten jedoch 60% der befragten Projektleitungen die Umsatz- bzw. Einnahmensteigerungen als Folge der LuFo VI-Förderung für die Zukunft. Bei insgesamt 22% (139 von 632) berichten die Projektleitungen über keine bereits eingetretenen oder erwarteten Umsatz- oder Einnahmensteigerungen.

Tabelle 7.2.1
Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Art des Zuwendungsempfängers

	GU (n=209)	KMU (n=105)	WISS (n=318)	Gesamt (N=632)
eingetreten	5 (2%)	8 (8%)	17 (5%)	30 (5%)
erwartet	149 (71%)	77 (73%)	151 (47%)	377 (60%)
nicht eingetreten/ erwartet	29 (14%)	12 (11%)	98 (31%)	139 (22%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=632). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Von den befragten Projektleitungen aus der gewerblichen Wirtschaft berichten zum Zeitpunkt der Online-Befragung 2% (5 von 209) der Großunternehmen und 8% (8 von 105) der KMU über bereits eingetretene Umsatz- oder Einnahmensteigerungen. Bei den erwarteten Auswirkungen zeigen die Großunternehmen und KMU eine ähnliche Einschätzung: 71% (149 von 20) bzw. 73% (77 von 105) der befragten Pro-

jektleitungen erwarten durch die LuFo VI-Förderung des Projektes zusätzliche Umsätze bzw. Einnahmen. Keine Auswirkungen auf die Umsätze und Einnahmen erwarten 14% (29 von 209) der Großunternehmen und 11% (12 von 105) der KMU.

Bei den Wissenschaftseinrichtungen, bei denen die Generierung von Umsätzen oder Einnahmen nicht immer ein übergeordnetes Organisationsziel ist, zeigt sich wenig überraschend, dass mit 31%, oder 98 von 318, fast jede dritte Projektleitung keine Auswirkungen auf Umsätze oder Einnahmen erwartet und weitere 16% keine Aussage dazu treffen können. Insgesamt berichten zum Befragungszeitraum jedoch auch 5% (17 von 318) der Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen von bereits eingetretenem Umsatz- bzw. Einnahmensteigerungen durch ihre Projektergebnisse und 47% (151 von 318) erwarten diese in Zukunft.

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Programmlinien

Betrachtet man die Auswirkungen auf die Umsätze bzw. Einnahmen nach Programmlinien (vgl. *Tabelle 7.2.2*), werden Unterschiede zwischen den Einschätzungen der Auswirkungen über die Programmlinien hinweg deutlich, die aber gleichzeitig nicht sehr groß sind. Über alle Programmlinien hinweg konnten 5% (30 von 620) der befragten Projektleitungen bereits Umsatzzuwächse bzw. zusätzliche Einnahmen feststellen. Diese Auswirkung ist in den Programmlinien „Disruptive Technologien" mit 8% (6 von 75) und in der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" mit 6% (6 von 93) überdurchschnittlich hoch ausgeprägt. In den übrigen Programmlinien „und künstliche Intelligenz", „KMU" sowie „Basistechnologien" liegen mit jeweils 4% (6 von 136, 4 von 101, 8 von 211) und in der Programmlinie „Technologiedemonstration" mit 0% diese Werte unterhalb des Durchschnitts. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass in LuFo VI lediglich vier Projekte der Programmlinie „Technologiedemonstration" zugeordnet sind. Die Aussagekraft dieser Zahlen ist für diese Programmlinien somit sehr eingeschränkt.

Während 60% der Projektleitungen über alle Programmlinien hinweg positive Auswirkungen auf die zusätzliche Generierung von Umsätzen oder Einnahmen erwarten, sind es in den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" mit 70% (65 von 93), im Bereich der „Technologiedemonstration" mit 75% (3 von 4), in der Programmlinie „KMU" mit 64% (65 von 75) und in der Programmlinie „Basistechnologien" mit 63% (133 von 211) überdurchschnittlich viele Projektleitungen, die diese Auswirkungen erwarten. Diese Erwartungen sind in den Programmlinien „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" und „Disruptive Technologien" mit 51% (69 von 136) bzw. 45% (34 von 75) unterdurchschnittlich ausgeprägt.

Tabelle 7.2.2
Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Programmlinien

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen	Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen (n=93)	Technologiedemonstration (n=4)	Digitalisierung und künstliche Intelligenz (n=136)	KMU (n=101)	Disruptive Technologien (n=75)	Basistechnologien (n=211)	Gesamt (N=620)
eingetreten	6 (6%)	0 (0%)	6 (4%)	4 (4%)	6 (8%)	8 (4%)	30 (5%)
erwartet	65 (70%)	3 (75%)	69 (51%)	65 (64%)	34 (45%)	133 (63%)	369 (60%)
nicht eingetreten/ erwartet	11 (12%)	1 (25%)	44 (32%)	20 (20%)	22 (29%)	38 (18%)	136 (22%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=620). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Dass keine Auswirkungen auf die Umsätze eintreten oder keine zusätzlichen Einnahmen erzielt werden, wird von 22% (136 von 620) aller befragten Projektleitungen erwartet. Überproportional häufig werden keine Auswirkungen auf Umsätze in den Programmlinien „Digitalisierung und künstliche Intelligenz” mit 32% (44 von 136), „Disruptive Technologien” mit 29% (22 von 75) und „Technologiedemonstration” mit 25% (1 von 4) aller Projekte von den befragten Projektleitungen erwartet. In den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen” (12%, 11 von 93), „KMU“ (12%, 12 vom 101) und „Basistechnologien” (18%, 38 von 211) sind unterproportional häufig keine Auswirkungen eingetreten bzw. diese werden auch nicht erwartet. Das erklärt sich dadurch, dass in den Programmlinien der Anteil der Projekte unterschiedlich ist, die auf andere betriebliche Faktoren wie Kosteneinsparungen abzielen.

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Regionen

Für die regionalspezifischen Auswertungen der Umsätze bzw. Einnahmen werden die 16 Bundesländer vier verschiedenen Regionen zugeordnet:

- **Region Nord**: Hamburg, Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bremen
- **Region Ost**: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen
- **Region Süd**: Bayern, Baden-Württemberg
- **Region West**: Nordrhein-Westfalen, Saarland, Rheinland-Pfalz, Hessen.

Bei der Betrachtung der Auswirkungen der LuFo VI-Förderung auf die Umsätze bzw. Einnahmen der Akteure in den Regionen Nord, Ost, Süd und West zeigt sich (vgl. *Tabelle 7.2.3*), dass die Generierung von Umsätzen bzw. zusätzlichen Einnahmen bei überdurchschnittlich vielen Projektleitungen in den Regionen Ost, Süd und West bereits eingetroffen sind oder erwartet werden. Mit 72% (69 von 96) in der Region Ost, 70% (153 von 218) in Süd und 67% (70 von 105) in West liegen diese drei Regionen oberhalb des Durchschnitts, der bei 64% (407 von 632) liegt. Keine Auswirkungen auf Umsätze bzw. Einnahmen werden durchschnittlich von 22% (139 von 632) aller befragten Projektleitungen erwartet. In Hinblick auf diesen Indikator variieren die Anteile je nach Region zwischen 13% (12 von 96) in der Region Ost, 16% (35 von 218) in der Region Süd, 21% (22 von 105) in der Region West und 33% (70 von 213) in der Region Nord. Diese Unterschiede sind wiederum darauf zurückzuführen, in welchen Feldern der FuE-Aktivitäten (produkt- oder prozessbezogen) die Akteure in den jeweiligen Regionen ihre Schwerpunkte haben.

Tabelle 7.2.3
Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Regionen

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen	Region Nord (n=213)	Region Ost (n=96)	Region Süd (n=218)	Region West (n=105)	Gesamt (N=632)
eingetreten oder erwartet	115 (54%)	69 (72%)	153 (70%)	70 (67%)	407 (64%)
nicht eingetreten/ erwartet	70 (33%)	12 (13%)	35 (16%)	22 (21%)	139 (22%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=632). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Zeithorizont und Bedeutung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen

Relevant ist für die Einordnung der Auswirkung der Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen der Zeithorizont. Um dies einzuschätzen, wurden die 407 Projektleitungen, die Auswirkungen auf Umsätze oder Einnahmen erwarten, gefragt, wann sie damit rechnen würden. Insgesamt machten 399 Projektleitungen hierzu Aussagen. 107 von den 399 (27%) erwarten Auswirkungen in weniger als drei Jahren. 37% (146 von 399) erwarten Auswirkungen in drei bis fünf Jahren und 27% (107 von 399) erwarten Auswirkungen in einem Zeithorizont von fünf bis zehn Jahren. Auswirkungen in erst mehr als zehn Jahren erwarten demnach 10% (39 von 399) der hier befragten Projektleitungen.

Weiterhin wurden die 407 Projektleitungen, die Auswirkungen auf Umsätze oder Einnahmen erwarten, gefragt, welche Bedeutung sie dem zuschreiben würden (vgl. *Tabelle 7.4.2*). Insgesamt haben 401 Projektleitungen eine Einschätzung abgegeben. Die Ergebnisse zeigen, dass 54% (215 von 401) der Generierung zusätzlicher Gewinne oder Umsätze eine große Bedeutung beimessen, wobei der Anteil der Großunternehmen mit 59% (91 von 153) knapp unterhalb dem der KMU liegt (62%, 52 von 84). Eine mittlere Bedeutung schreiben der Umsatzsteigerung insgesamt 40%

(162 von 401) der Projektleitungen zu. Der Anteil der Großunternehmen und KMU ist hierbei mit je 35% gleich. Eine geringe Bedeutung schreiben nur 5% (8 von 153) der Großunternehmen und 4% (3 von 84) der KMU der Umsatzsteigerung zu. Bei den Wissenschaftseinrichtungen schreiben 44% (72 von 164) der befragten Projektleitung der Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. der Generierung zusätzlicher Einnahmen eine große Bedeutung zu. Dieser Anteil ist deutlich kleiner als der der Akteure der gewerblichen Wirtschaft. 48% (79 von 164) weisen der Umsatz bzw. Einnahmensteigerung eine mittlere Bedeutung zu, während 8% (13 von 164) hier nur eine geringe Bedeutung attestieren.

Tabelle 7.2.4
Bedeutung der Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen nach Art des Zuwendungsempfängers

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen	GU (n=153)	KMU (n=84)	WISS (n=164)	Gesamt (N=401)
große Bedeutung	91 (59%)	52 (62%)	72 (44%)	215 (54%)
mittlere Bedeutung	54 (35%)	29 (35%)	79 (48%)	162 (40%)
geringe Bedeutung	8 (5%)	3 (4%)	13 (8%)	24 (6%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=401). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Die dargestellten schon eingetretenen oder erwarteten positiven Wirkungen hinsichtlich der Steigerung des Umsatzes bzw. der Einnahmen konnten von den Expertinnen und Experten im Rahmen von Fokusgruppen bestätigt werden. Ihrer Einschätzung zufolge können sich Unternehmen mit neuen Produkten gut am Markt positionieren, wodurch zum einen das Vertrauen bei anderen Akteuren aus dem Bereich der Luftfahrt und Luftfahrtforschung gewonnen und zum anderen neue Projekte vorangetrieben werden können, sodass sich eine katalytische Wirkung entfalte. Generell wurde von den Expertinnen und Experten die Bedeutung von Nachfolgeprojekten betont. Nachfolgeprojekte seien ein Indiz dafür, dass die behandelten Forschungsthemen relevant seien und erhöhten durch weitere Entwicklungsaktivitäten somit die Wahrscheinlichkeit einer späteren industriellen Umsetzung der Projektergebnisse, was wiederum die Marktposition der Unternehmen verbessern könne.

Neben den Projektleitungen wurden auch Vertreterinnen und Vertreter der Akteure in der Online-Befragung gebeten, Einschätzungen darüber abzugeben, welche Auswirkungen die LuFo VI-Förderung insgesamt auf die Generierung zusätzlicher Umsätze im Zusammenhang mit der Verwertung der LuFo VI-Projektergebnisse hat. 105 Vertreterinnen und Vertreter der gewerblichen Wirtschaft (51 Großunternehmen und 54 KMU) und 119 Vertreterinnen und Vertreter von Wissenschaftseinrichtungen haben hierzu geantwortet.

Insgesamt weisen 35% (37 von 105) dieser Vertreter und Vertreterinnen der gewerblichen Wirtschaft der LuFo VI-Förderung einen großen und 41% (43 von 105) einen mittleren Effekt hinsichtlich der Auswirkungen auf den Umsatz ihres Unternehmens zu. Lediglich 21% (22 von 105) sehen eine geringe, und nur 1% (1 von 105) keine

Auswirkung auf ihr Unternehmen. Bei den Großunternehmen ist der Anteil der Befragten, die eine große Auswirkung erwarten oder feststellen, mit 38% (19 von 51) leicht höher als bei den KMU, bei denen 33% (18 von 54) eine große Auswirkung erwarten oder feststellen. Eine mittlere Auswirkung der LuFo VI-Förderung auf die Umsatzsteigerung haben 40% (20 von 51) der Großunternehmen und 43% (23 von 54) der KMU festgestellt oder erwartet und eine geringe Auswirkung stellen 18% (9 von 51) der Großunternehmen und 15% (8 von 54) der KMU fest oder erwarten dies.

Ein Teil dieser Vertreterinnen und Vertreter (79 von 105) hat zusätzlich noch Einschätzungen zum Zeithorizont gemacht, wann mit dem Eintritt der Auswirkungen durch die LuFo VI-Förderung auf den Umsatz ihres Unternehmens zu rechnen ist. Von denjenigen, die eine Auswirkung auf Umsatzerlöse sehen, berichten 6% (5 von 79), dass diese Effekte zum Zeitpunkt der Online-Befragung (im Sommer 2023) bereits eingetroffen sind. 38% (30 von 79) rechnen mit Effekten innerhalb von drei Jahren, 32% (25 von 79) von Auswirkungen in drei bis fünf Jahren und 22% (17 von 79) erst in fünf bis zehn Jahren. Nur eine Projektleitung rechnet hingegen mit Auswirkungen erst in mehr als zehn Jahren. Gleichzeitig gab nur eine Person an, (derzeit noch) keine Angaben zum Zeitpunkt der Auswirkungen der Förderung auf zusätzlichen Umsatz im Zusammenhang mit der Verwertung der Projektergebnisse machen zu können. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass eine erste Bewertung der Programmauswirkungen in Hinblick auf die Umsatzentwicklung in ca. 5 bis 10 Jahren möglich ist.

7.2.2 Auswirkungen des Programms auf den Erhalt oder die Schaffung von Arbeitsplätzen

Da zum Zeitpunkt der Online-Befragung noch viele Projekte in der Umsetzungsphase waren, ist es nicht überraschend, dass insgesamt mit 58 von 632 Projekten erst 9% der Projekte bereits zu neuen Arbeitsplätzen geführt haben, mit insgesamt 277 Projekten aber 44% der befragten Projektleitungen die Schaffung von Arbeitsplätzen als Folge der LuFo VI-Förderung erwarten. 26% (164 von 632) der befragten Projektleitungen erwarten keine Schaffung von Arbeitsplätzen. Dies hat in den betroffenen Projekten wohl hauptsächlich damit zu tun, dass sie auf Forschungsthemen abzielen, die nicht zu einer Ausweitung der Beschäftigung führen.

Auf Projektebene wurden die Beiträge der LuFo VI-Förderung zur Schaffung neuer Arbeitsplätze abgefragt, auf Akteursebene der Beitrag von LuFo VI auf die Schaffung und den Erhalt von Arbeitsplätzen.

Schaffung von Arbeitsplätzen nach Akteursgruppen

Betrachtet man die Akteure der gewerblichen Wirtschaft, also Großunternehmen und KMU, so zeigt sich in *Tabelle 7.2.5*, dass 5% (11 von 209) aller Projektleitungen von Großunternehmen angeben, dass die LuFo-Förderung bereits neue Arbeitsplätze geschaffen hat. Bei den KMU geben dies mit 11% (12 von 105) anteilig mehr als doppelt so viele befragte Projektleitungen an. Mit 54% (112 von 209) der befragten Projektleitungen der Großunternehmen und 49% (51 von 105) der KMU erwarten mehr als die Hälfte der Akteure der gewerblichen Wirtschaft die Schaffung neuer Arbeitsplätze durch die LuFo-Förderung. 20% (42 von 209) der befragten Projektleitungen der

Großunternehmen und 29% (30 von 105) derjenigen der KMU können zum Zeitpunkt der Online-Befragung keine Auswirkungen auf die Beschäftigung feststellen und erwarten dies auch nicht für die Zukunft. Mit 21% (44 von 209) der befragten Projektleitungen der Großunternehmen und 11% (12 von 105) der befragten Projektleitungen der KMU können mehr als jede fünfte bzw. mehr als jede zehnte befragte Projektleitung der gewerblichen Wirtschaft zum Zeitpunkt der Online-Befragung keine Aussage zu den Auswirkungen auf die Beschäftigung treffen.

Von den befragten Projektleitungen aus Wissenschaftseinrichtungen geben 11% (35 von 318) an, dass bereits Auswirkungen im Zuge der LuFo VI-Förderung eingetreten sind, 36% (114 von 318) erwarten Auswirkungen und 29% (92 von 318) erwarten keine Auswirkungen. Mit 24% (77 von 318) ist sich zum Zeitpunkt der Online-Befragung fast jede vierte Projektleitung einer Wissenschaftseinrichtungen noch unsicher hinsichtlich des erwarteten Beschäftigungseffekts durch die LuFo VI-Förderung.

Tabelle 7.2.5
Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Art des Zuwendungsempfängers

Schaffung neuer Arbeitsplätze	GU (n=209)	KMU (n=105)	WISS (n=318)	Gesamt (N=632)
eingetreten	11 (5%)	12 (11%)	35 (11%)	58 (9%)
erwartet	112 (54%)	51 (49%)	114 (36%)	277 (44%)
nicht eingetreten/ erwartet	42 (20%)	30 (29%)	92 (29%)	164 (26%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=632). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Die dargestellten Ergebnisse wurden dahingehend durch die Fokusgruppen bestätigt, dass Großunternehmen selbst über eine große Anzahl an Mitarbeitenden verfügten und durch die LuFo VI-Förderung möglicherweise entstehenden zusätzlichen Auslastungen durch die vorhandenen Mitarbeitenden abgefedert werden könnten bzw. erst zu einem späteren Zeitpunkt Personal aufbauen müssten. Außerdem würden die im Rahmen der FuE-Projekte entstehenden Innovationen häufig dafür genutzt, um bestehende Arbeitsplätze zu sichern. KMU und gerade auch Start-Ups müssten den Einschätzungen der Expertinnen und Experten zufolge häufiger direkt Mitarbeitende einstellen, um das LuFo-Projekt überhaupt durchführen zu können. Auch Wissenschaftseinrichtungen hielten selten Personal vor, sodass häufig projektbezogenes Personal eingestellt werden müsse. Darüber hinaus könnte den Einschätzungen der Expertinnen und Experten zufolge der Beschäftigungseffekt auch abbilden, dass Wissenschaftseinrichtungen und KMU die LuFo-Förderung auch nutzen, um ihre Forschungs- und/oder Technologiekompetenzen durch Neueinstellungen zu erweitern.

Schaffung von Arbeitsplätzen nach Programmlinien

Betrachtet man die Auswirkungen auf die Beschäftigung nach Programmlinien, zeigen sich Unterschiede zwischen den Einschätzungen der Auswirkungen über die Programmlinien hinweg (vgl. *Tabelle 7.2.6*). Während über alle Programmlinien hinweg

9% (57 von 620) der befragten Projektleitungen bereits positive Beschäftigungsauswirkungen in Form der Schaffung neuer Arbeitsplätze feststellen konnten, sind diese in den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen", „KMU" und „Disruptive Technologien" mit 15% (14 von 93), 10% (10 von 101) bzw. 19% (14 von 75) überdurchschnittlich ausgeprägt. In den Programmlinien „Technologiedemonstration", „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" und „Basistechnologien" mit 0%, 5% (7 von 136) bzw. 6% (12 von 211) ist der Anteil der Projekte, in denen Arbeitsplätze neu geschaffen werden, unterdurchschnittlich ausgeprägt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass in LuFo VI lediglich vier Projekte der Programmlinie „Technologiedemonstration" zugeordnet sind, wodurch die Aussagekraft für diese Programmlinie sehr eingeschränkt ist.

Tabelle 7.2.6
Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Programmlinien

Schaffung neuer Arbeitsplätze	Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen (n=93)	Technologiedemonstration (n=4)	Digitalisierung und künstliche Intelligenz (n=136)	KMU (n=101)	Disruptive Technologien (n=75)	Basistechnologien (n=211)	Gesamt (N=620)
eingetreten	14 (15%)		7 (5%)	10 (10%)	14 (19%)	12 (6%)	57 (9%)
erwartet	49 (53%)	3 (75%)	51 (38%)	40 (40%)	32 (43%)	96 (45%)	271 (44%)
nicht eingetreten/ erwartet	13 (14%)	1 (25%)	50 (37%)	31 (31%)	15 (20%)	52 (25%)	162 (26%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=620). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht" finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Überdurchschnittlich häufig wird die Schaffung neuer Arbeitsplätze mit 53% (49 von 93) in der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen", mit 75% (3 von 4) im Bereich der „Technologiedemonstration" und mit 45% (96 von 211) in der Programmlinie „Basistechnologien" erwartet. In den Programmlinien „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (38%, 51 von 136), „KMU" (40%, 40 von 101) und „Disruptive Technologien" (43%, 32 von 75) sind die positiven Erwartungen unterdurchschnittlich ausgeprägt. Keine Auswirkungen erwarten 26% oder 162 von 620 der befragten Projektleitungen, wobei die Projektleitungen in den Programmlinien „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (37%, 50 von 136) und „KMU" (31%, 31 von 101) überdurchschnittlich häufig keine Schaffung neuer Arbeitsplätze erwarten. Interessant ist darüber hinaus auch, dass gerade bei Technologie-Themen (Programmlinie „Basistechnologien") mit 24% (51 von 211) fast ein Viertel der befragten

Projektleitungen zu dem Zeitpunkt der Online-Befragung noch keine finale Aussage treffen konnten.

Schaffung von Arbeitsplätzen nach Regionen

Bei der regionalen Betrachtung, also einer spezifischen Untersuchung der Beschäftigungseffekte auf die Regionen Nord, Ost, Süd und West zeigt sich, dass besonders die Regionen Ost und Süd profitieren (vgl. *Tabelle 7.2.7*). Betrachtet man die Summe der Projekte, die entweder bereits einen positiven Beschäftigungseffekt in Form von geschaffenen Arbeitsplätzen feststellen konnten oder einen positiven Effekt in der Zukunft erwarten, zeigt sich, dass in den Regionen Ost mit 59% (57 von 218) und Süd mit 57% (124 von 218) deutlich mehr Projektleitungen einen positiven Beschäftigungseffekt erwarten oder wahrgenommen haben als in den Regionen Nord und West mit 50% (107 von 213) bzw. 45% (47 von 105). Gleichzeitig erwarten in den Regionen Nord und West mit 27% (57 von 213) bzw. 37% (39 von 105) überdurchschnittlich viele der befragten Projektleitungen keine Schaffung von Arbeitsplätzen aufgrund der LuFo VI-Förderung.

Tabelle 7.2.7
Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Regionen

Schaffung neuer Arbeitsplätze	Region Nord (n=213)	Region Ost (n=96)	Region Süd (n=218)	Region West (n=105)	Gesamt (N=632)
eingetreten oder erwartet	107 (50%)	57 (59%)	124 (57%)	47 (45%)	335 (53%)
nicht eingetreten/ erwartet	57 (27%)	17 (18%)	51 (23%)	39 (37%)	164 (26%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=632). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Zeithorizont und Bedeutung des Erhalts und der Schaffung von neuen Arbeitsplätzen

Für die Evaluation der Auswirkung des Beschäftigungseffekts ist es relevant, den zeitlichen Horizont der Entfaltung der Auswirkung abzuschätzen. Hierzu wurden diejenigen Projektleitungen, die Auswirkungen auf die Beschäftigung erwarten, nach dem Zeithorizont gefragt. Von den 335 gaben 324 Projektleitungen hierzu eine Einschätzung ab. Rund 43% (139 von 324) dieser Projektleitungen erwarten trotz der langen Entwicklungszyklen bereits innerhalb der nächsten drei Jahre eine Wirkung hinsichtlich der Schaffung von Arbeitsplätzen. Mit 34% (109 von 324) erwarten etwas mehr als ein Drittel Auswirkungen in drei bis fünf Jahren, 19% (63 von 324) erst in fünf bis zehn Jahren und 4% (13 von 324) erst nach über zehn Jahren.

Eine Quantifizierung des Beschäftigungseffekts ist schwierig, da neben unterschiedlichen Arten von Zuwendungsempfängern (Unternehmen, Wissenschaftseinrichtungen) auch unterschiedliche Gruppen gewerblicher Akteure (Großunternehmen und

KMU) mit unterschiedlichen Beschäftigungszahlen befragt wurden. Somit wären konkrete Quantifizierungen nur schwer einschätzbar. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden die Projektleitungen, bei denen ein Beschäftigungseffekt eingetreten ist oder erwartet wird, auch gefragt, welche Bedeutung dieser hat. Von den 335 gaben 331 Projektleitungen hierzu eine Einschätzung ab (vgl. *Tabelle 7.2.8*).

Demnach weisen lediglich 8% (26 von 331) der Befragten der Schaffung neuer Arbeitsplätze eine geringe Bedeutung zu. Die Übrigen messen dem erwarteten Beschäftigungseffekt eine mittlere (43%, 143 von 331) oder hohe (49%, 162 von 331) Bedeutung bei.

Interessant ist, dass mit 47% (57 von 122) mehr Großunternehmen der Schaffung neuer Arbeitsplätze eine große Bedeutung zuweisen als dies mit 35% (22 von 63) KMU tun. Eine mittlere Bedeutung messen 45% (55 von 122) der befragten Projektleitungen von Großunternehmen und 54% (34 von 63) der befragten Projektleitungen von KMU der Schaffung von Arbeitsplätzen bei. Bei Wissenschaftseinrichtungen weisen die befragten Projektleitungen mit 57% (83 von 146) der Schaffung neuer Arbeitsplätze sogar mehrheitlich eine große Bedeutung zu, für weniger als die Hälfte (37%; 54 von 146 bzw. 6%; 9 von 146) ist die Schaffung neuer Arbeitsplätze nur von mittlerer oder geringer Bedeutung.

Tabelle 7.2.8
Bedeutung des Erhalts und der Schaffung neuer Arbeitsplätze nach Art des Zuwendungsempfängers

Schaffung neuer Arbeitsplätze	GU (n=122)	KMU (n=63)	WISS (n=146)	Gesamt (N=331)
Große Bedeutung	57 (47%)	22 (35%)	83 (57%)	162 (49%)
Mittlere Bedeutung	55 (45%)	34 (54%)	54 (37%)	143 (43%)
Geringe Bedeutung	10 (8%)	7 (11%)	9 (6%)	26 (8%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=331). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Darüber hinaus wurden die Projektleitungen in der Online-Befragung gebeten, Einschätzungen nicht nur bezüglich des jeweiligen Einzelprojekts zu machen, sondern auch erwartete Auswirkungen aus sämtlichen LuFo VI-Projektaktivitäten des Unternehmens einzuschätzen. Gefragt wurde nach der Einschätzung der Wirkung der LuFo VI-Förderung hinsichtlich des Erhalts sowie der Schaffung von Arbeitsplätzen. Von den 105 Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft (51 Großunternehmen und 54 KMU) und 119 Wissenschaftseinrichtungen ergeben sich die folgenden Ergebnisse:

Insgesamt weisen 40% (42 von 105) der befragten Projektleitungen der gewerblichen Wirtschaft der LuFo VI-Förderung eine große Auswirkung und 39% (41 von 105) eine

mittlere Auswirkung hinsichtlich des Erhalts und der Schaffung von Arbeitsplätzen auf ihr Unternehmen zu. Lediglich 15% (16 von 105) sehen eine geringe und nur 5% (5 von 105) keine Auswirkung auf ihr Unternehmen. Leichte Unterschiede ergeben sich bei der Unterscheidung zwischen Großunternehmen und KMU. Während 42% (21 von 51) der Großunternehmen eine große Auswirkung der LuFo VI-Förderung auf den Erhalt oder die Schaffung von Arbeitsplätzen in ihrem Unternehmen erwarten, sind es bei KMU 39% (21 von 54). Eine mittlere Auswirkung wird von 34% (17 von 51) der Großunternehmen und 44% (24 von 54) der KMU erwartet. Lediglich geringe Auswirkungen sehen 16% (8 von 51) der Großunternehmen und 15% (8 von 54) der KMU.

Von denjenigen, die eine Auswirkung auf den Erhalt und die Schaffung von Arbeitsplätzen sehen, haben 83 Befragte eine Einschätzung zum Zeithorizont der Auswirkungen getätigt. So berichten 47% (39 von 83) der Projektleitungen von Unternehmen, dass diese Auswirkung bereits zum Zeitpunkt der Online-Befragung eingetroffen ist. 34% (28 von 83) rechnen mit Effekten innerhalb von drei Jahren, 14% (12 von 83) in drei bis fünf Jahren und 4% (3 von 83) erst in fünf bis zehn Jahren.

Bei den Projektleitungen der Wissenschaftseinrichtungen weisen insgesamt 56% (67 von 119) der befragten Projektleitungen der LuFo VI-Förderung eine große Auswirkung hinsichtlich des Erhalts und der Schaffung von Arbeitsplätzen zu. 27% (32 von 119) gehen von einer mittleren und 13% (16 von 119) von einer geringen Auswirkung aus. Lediglich 4% (4 von 119) sehen keine Auswirkungen auf ihre Wissenschaftseinrichtung in Bezug auf den Erhalt und die Schaffung von Arbeitsplätzen. Von denjenigen, die eine entsprechende Auswirkung sehen, haben 99 Projektleitungen der Wissenschaftseinrichtungen Aussagen zum Zeithorizont getätigt. So nehmen bereits 78% (77 von 99) einen positiven Effekt wahr. 18% (18 von 99) erwarten die Auswirkung innerhalb der nächsten drei Jahre und 3% (3 von 99) in drei bis fünf Jahren.

Diese Auswirkung hinsichtlich Erhalts und Schaffung von Arbeitsplätzen wird von den Expertinnen und Experten in Interviews bestätigt. Diese sehen die LuFo-Förderung für die Luftfahrtbranche in Deutschland als absolut essenziell an. Ohne diese Förderung wäre der deutsche Luftfahrtsektor deutlich schwächer aufgestellt und würde seine positive Wirkung auf den europäischen Luftfahrtsektor so nicht entfalten können.

Darüber hinaus zeigen auch die Vergleichsgruppenanalysen, dass die LuFo VI-Förderung einen statistisch signifikanten Effekt auf Personal in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Akteure der gewerblichen Wirtschaft hat.

7.3 Beitrag von LuFo VI zur Treibhausgasminderung

Die Verminderung der Treibhausgasemissionen und die zukünftige Klimaneutralität stellen zentrale Ziele der Bundesregierung wie auch der Europäischen Union dar. Vor diesem Hintergrund kommt der Frage, welchen Beitrag LuFo VI zur Erreichung dieser Ziele leistet, eine besondere Bedeutung zu. Diese Problematik hat mit dem Fokus auf Treibhausgasemissionen in LuFo VI-3 (Klima) noch einmal eine größere Bedeutung erlangt. Vor diesem Hintergrund klärt der vorliegende Abschnitt, inwiefern das

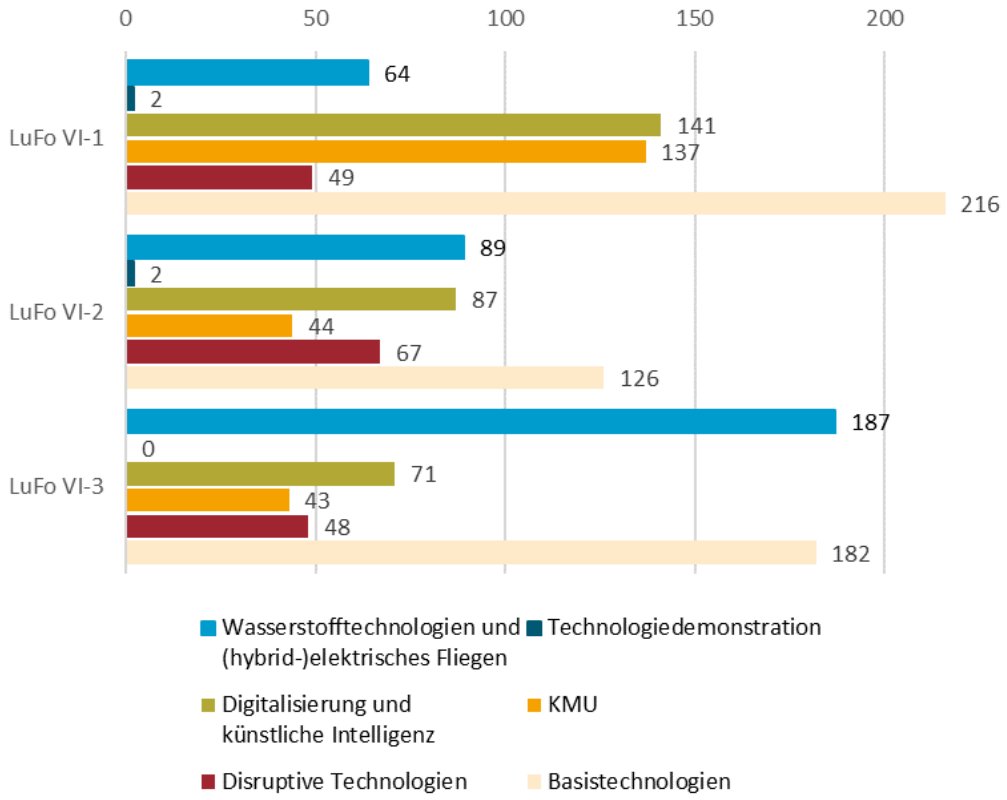
LuFo VI-Programm insgesamt sowie die einzelnen Programmlinien zur Verminderung der Treibhausgasemissionen beitragen. Als Informationsquellen werden die Online-Befragungen, sowie die Ergebnisse aus den Fallstudien und Fokusgruppen genutzt.

7.3.1 Ziele der LuFo-Projekte im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes

Wie in *Abschnitt 4* bereits dargestellt, zeigt sich bei einer differenzierten Betrachtung der Gesamtmittel für Projekte von Akteuren der gewerblichen Wirtschaft nach Programmzielen eine Verschiebung bzw. eine zunehmende Bedeutung hin zum Ziel 1 „Umweltfreundliche Luftfahrt“. Demnach fließen mehr als 80% der Mittel in die Umsetzung von Projekten der gewerblichen Wirtschaft, die dem Ziel 1 zugeordnet sind. In LuFo VI-2 betrug dieser Anteil 60% und in LuFo VI-1 50% der Gesamtmittel. Gleichzeitig verlieren die anderen Ziele – gemessen am jeweiligen Mittelvolumen – an Bedeutung. Diese Verlagerung zu Ziel 1 spiegelt dabei vor allem die neue Schwerpunktsetzung der Förderung des 3. Calls wider, bei dem ein signifikanter Beitrag zur Reduzierung von Klimawirkungen der Luftfahrt geleistet werden soll. Damit einher geht auch eine Verschiebung bei der Anzahl der Projekte. Wurde in LuFo VI-1 noch die Mehrzahl der Projekte als Beitrag zum Ziel 3 „Leistungsfähige und effiziente Luftfahrt“ durchgeführt, können die im Rahmen von LuFo VI-3 (Klima) umgesetzten Projekte überwiegend dem Ziel 3 zugeordnet werden.

Bei Betrachtung der Verteilung aller Projekte auf die sechs Programmlinien nach den drei LuFo VI-Calls (vgl. *Abbildung 7.3.1*) zeigt sich, dass die Programmlinie „Basistechnologien“ sowohl insgesamt mit 524 von 1.575 Projekten als auch in LuFo VI-1 und LuFo VI-2 die dominierende Programmlinie darstellt (216 von 609 bzw. 126 von 415). In LuFo VI-3 (Klima) ist diese Programmlinie nahezu gleichbedeutsam wie die Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“. Für die letztgenannte Programmlinie kann dabei ein Bedeutungssprung festgestellt werden: Wurde in LuFo VI-1 noch jedes zehnte Projekt zum Thema Wasserstofftechnologien und/oder (hybrid-)elektrischem Fliegen durchgeführt, war es in LuFo VI-2 bereits jedes fünfte Projekt und in LuFo VI-3 (Klima) mehr als jedes dritte Projekt. Mit einem Anteil von knapp 23% noch stark vertreten waren KMU-Projekte im ersten LuFo VI-Call. Ihr Anteil reduzierte sich jedoch auf 11% (44 von 415) in LuFo VI-2 und bis auf 8% (43 von 531) in LuFo VI-3 (Klima). Ebenfalls an Bedeutung verloren haben Projekte in der Programmlinie „Digitalisierung und künstliche Intelligenz“. Mit Abstand am wenigsten Projekte werden mit jeweils nur zwei Projekten in LuFo VI-1 und LuFo VI-2 in der Programmlinie „Technologiedemonstration“ umgesetzt.

Abbildung 7.3.1
Ziele im Bereich Umwelt und Klimaschutz der LuFo VI-Projekte



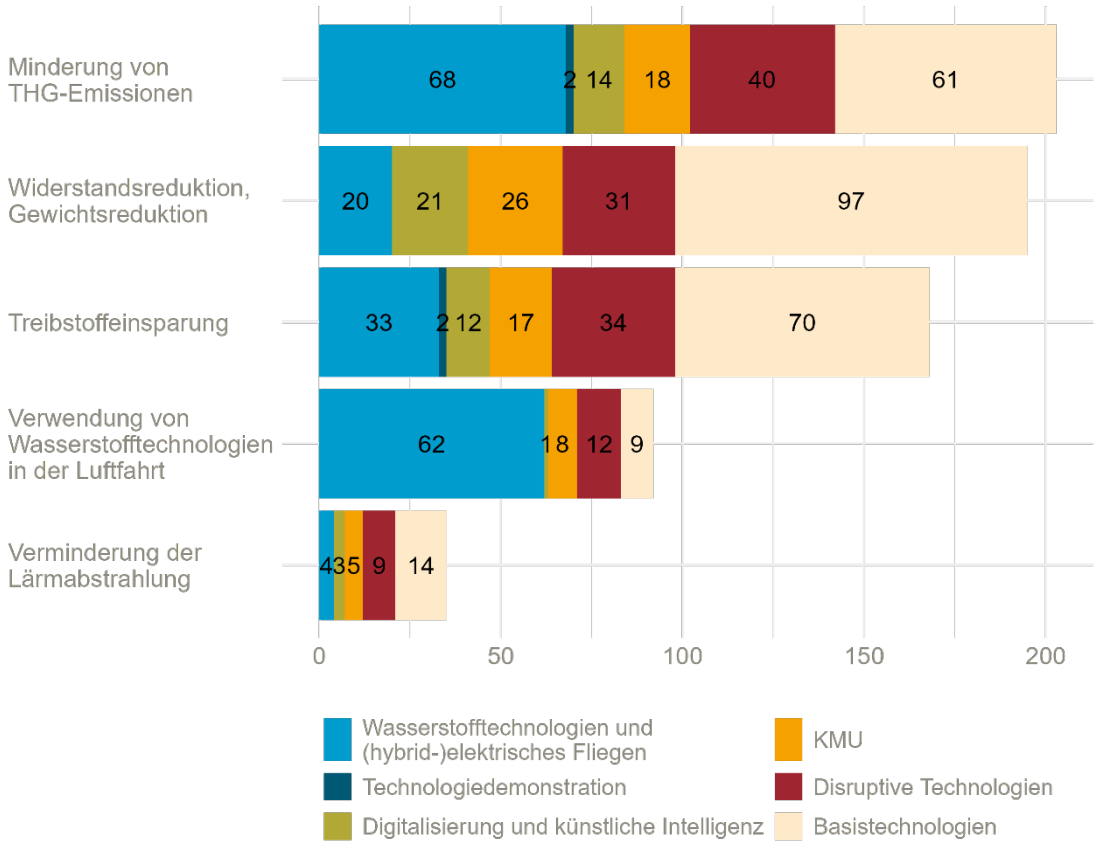
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Projektleitungen 2023. N=1.575. Für 20 Projekte in LuFo VI-1 wurde keine Zuordnung zu den einer Programmlinie vorgenommen.

Aus der Onlinebefragung stehen Informationen darüber zur Verfügung, inwieweit die LuFo VI-Projektaktivitäten auf Umwelt- und Klimaschutz abzielen und wie darüber zur Klimaneutralität beigetragen werden kann. Dabei können die Projektleitungen mehrere Ziele als Hauptziele nennen. Insgesamt zeigt sich, dass viele Projekte hauptsächlich darauf abzielen, einen Beitrag zur Minderung von THG-Emissionen zu leisten. Wie aus *Abbildung 7.3.2* hervorgeht, wird dieses Ziel am häufigsten als Hauptziel der Projektaktivitäten von den Projektleitungen genannt (203 von 597). Die größten Anteile dieser Projekte (68 von 203) entfallen dabei auf die Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ sowie die Programmlinie „Basistechnologien“ (61 von 203). Darüber hinaus zeigt sich zudem die Bedeutung des Ziels der THG-Emissionsminderung in der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“.

Lediglich 10 von 97 Projektleitungen gibt hier an, dass die THG-Emissionsminderung gar kein Ziel darstellt, also rund 10% der Projektleitungen. Im Vergleich dazu trifft das bei der Programmlinie „Basistechnologien“ auf knapp ein Viertel der befragten Projektleitungen zu (50 von 203). Zudem geben 209 von 597 Projektleitungen an, dass die THG-Emissionsminderung ein Nebenziel ihrer Projektaktivitäten darstellt. Vor

dem Hintergrund, dass aufgrund des Zeitpunkts der Online-Befragung nur wenige Projekte aus LuFo VI-3 (Klima) einbezogen werden konnten, zielen also in der Summe die meisten Projekte auf eine Minderung von THG-Emissionen ab. Dies zeigt, dass dieses Ziel unabhängig und schon vor dem Klimafokus in LuFo VI-3 (Klima) eine bedeutende Rolle in den Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen innehatte.

Abbildung 7.3.2
Ziele im Bereich Umwelt und Klimaschutz der LuFo VI-Projekte



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N= 597).

Neben der Minderung von THG-Emissionen kann die Luftfahrt auch noch mit weiteren Zielsetzungen zum Umwelt- und Klimaschutz beitragen. Ein weiteres wichtiges Ziel stellt die Reduktion von Widerstand und/oder Gewicht dar. Insgesamt geben 195 Projektleitungen dies als Hauptziel ihrer Projektaktivitäten an und davon besonders häufig diejenigen, deren Projekte der Programmlinie „Basistechnologien“ zuzuordnen sind (97 von 195). Aber auch Projekte in der Programmlinie „Disruptive Technologien“ bezwecken mit ihren Technologienentwicklungen, Gewicht und/oder Widerstand von Flugzeugkomponenten zu reduzieren.

Treibstoffeinsparungen stellen die drittwichtigste der abgefragten Zielsetzungen dar. So zielen 168 von 597 Projekten in der Hauptsache darauf ab, mittels Treibstoffeinsparungen einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz zu leisten und weitere

230 Projektleitungen geben dies als Nebenziel ihrer Projektaktivtäten an. Auch hier erfolgen die bestätigenden Antworten überwiegend aus Projekten der Programmlinie „Basistechnologien“ (70 von 168). In geringerem, aber jeweils in etwa gleichem Umfang verfolgen auch Projekte der Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ sowie „Disruptive Technologien“ dieses Ziel (34 bzw. 33 von 168).

Deutlich seltener werden hingegen die Verwendung von Wasserstofftechnologien in der Luftfahrt und die Verminderung von Lärmabstrahlungen als Hauptziele der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten von den Projektleitungen genannt (92 bzw. 35 von 597). Hier ist zu vermuten, dass speziell die Wasserstofftechnologien in LuFo VI-3 (Klima) eine wichtigere Rolle spielen. Wenig überraschend wird dabei der Einsatz von Wasserstofftechnologien überwiegend von Projekten der Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ (62 von 92) verfolgt. Insgesamt gibt jedoch die überwiegende Mehrheit der Projektleitungen zu diesen beiden Zielgrößen an, dass sie für ihre Projektaktivitäten kein Ziel darstellen (453 bzw. 468 von 597).

Im Rahmen der Fallstudieninterviews wurde hierzu ausgeführt, dass sich durch die Nutzung von Wasserstoff die Funktionsweise von Triebwerken nicht generell ändern würde. Es würde lediglich ein anderes Treibstoff-Gemisch genutzt werden, das zu steigenden Temperaturen führen und damit andere Anforderungen an Werkstoffe und Dichtungen stellen würde. Um die dafür adäquaten Werkstoffe und Dichtungen zu finden, sind weitere Forschungsaktivitäten notwendig, die insbesondere von Wissenschaftseinrichtungen im Rahmen von Basisuntersuchungen erbracht werden müssten. Darüber hinaus sei für neue Triebwerke auch die Entwicklung neuer Komponenten erforderlich. Deren Markteinführung stelle aufgrund der hohen Sicherheitsanforderungen in der Luftfahrt eine große Herausforderung dar. Weiterhin wurde der Standpunkt vertreten, dass bis zur alleinigen Nutzung von Wasserstoff als alternativer Treibstoff für Flugzeuge noch ein gewisser Entwicklungsweg zurückzulegen sei. Gleichzeitig werden nach Angaben der Gesprächspartner die existierenden Herausforderungen auch mit Hilfe von LuFo-Projekten adressiert und die Unternehmen erwarten, dass die infrastrukturellen Voraussetzungen für die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff in 10 bis 15 Jahren gegeben sein werden. Hier stellten Sustainable Aviation Fuels (SAF) eine gute Übergangslösung dar, deren Potenziale und Einsatzmöglichkeiten bereits gut erforscht seien.

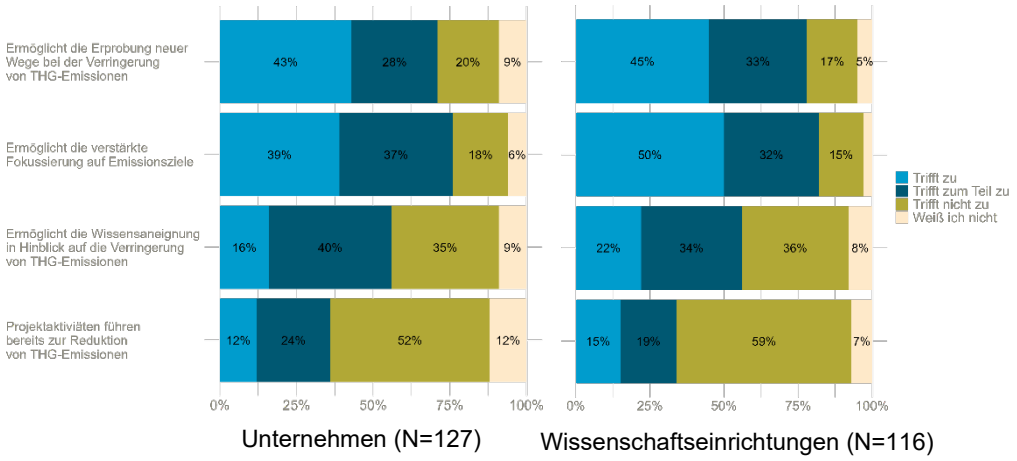
Mit Blick auf die Zielsetzungen der LuFo VI-Projekte im Bereich Umwelt und Klimaschutz kann insgesamt konstatiert werden, dass diese absolut betrachtet überwiegend durch Projekte der Programmlinie „Basistechnologien“ adressiert werden. Allerdings muss die Projektumsetzungsstärke der Programmlinie berücksichtigt werden.

Relativ betrachtet gehen zudem deutliche Impulse von der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ aus. Projekte in den Programmlinien „Digitalisierung und künstliche Intelligenz“ sowie „Technologiedemonstration“ verfolgen hingegen am seltensten Umwelt- und Klimaschutz als Hauptziele.

7.3.2 Beitrag der Projektaktivtäten zur Verringerung von Treibhausgas-Emissionen

Um bewerten zu können, welchen Beitrag die Projektaktivitäten im Rahmen von LuFo VI zur Verringerung der Treibhausgasemissionen in der Luftfahrt leisten können, wurden Verantwortliche aus Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen zu ihren Projektaktivitäten in Gänze befragt. Demnach ergibt sich, dass speziell bezogen auf das LuFo VI-Programm jeweils gut über 50% der Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen vermerken, dass diese Maßnahmen hinsichtlich der Reduktion von Treibhausgas-Emissionen eine entsprechende Wissensaneignung, ein Ausprobieren neuer Wege und eine Fokussierung auf das Thema ermöglichen (vgl. *Abbildung 7.3.3*). Allerdings sieht nur gut ein Drittel der Befragten bereits erste Erfolge bei der Minderung von THG-Emissionen durch ihre Projektaktivitäten. Das ist nicht weiter überraschend, da die hier untersuchten Projektaktivitäten in der Regel noch laufen oder erst vor kurzem abgeschlossen wurden.

Abbildung 7.3.3
Beitrag der LuFo VI-Projektaktivitäten zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Unternehmen (N=127) und Wissenschaftseinrichtungen (N=117) 2023.

Weiterhin wurden die Unternehmen (105) und Wissenschaftseinrichtungen (119) in der Onlinebefragung nach ihrer Einschätzung gefragt, inwieweit ihre eigenen LuFo VI-Projektaktivitäten zu verbesserten Ausgangsbedingungen in Hinblick auf das gesellschaftliche Ziel der Treibhausgas-Neutralität führen würden. 55% (58 von 105) der Unternehmen erwarten hier große bis mittlere Auswirkungen, 39% (41 von 105) hingegen nur geringe bis keine Auswirkungen. Im Vergleich zwischen Großunternehmen (51) und KMU (54) zeigt sich, dass bei den zumindest mittleren Wirkungen, Großunternehmen mit 64% deutlich über den der KMU liegen (47%). Das hängt vermutlich damit zusammen, dass die Bereiche, in denen technologisch in Hinblick auf Klimaneutralität geforscht wird, tendenziell eher bei den Großunternehmen angesiedelt sind (wie etwa zu Triebwerken). Bei der Frage nach dem Zeitpunkt, zu dem mit diesen Verbesserungen zu rechnen sei, geben 39% (22 von 56) der befragten Unternehmen an, die große bis mittlere Auswirkungen sehen, dass dies schon erreicht oder

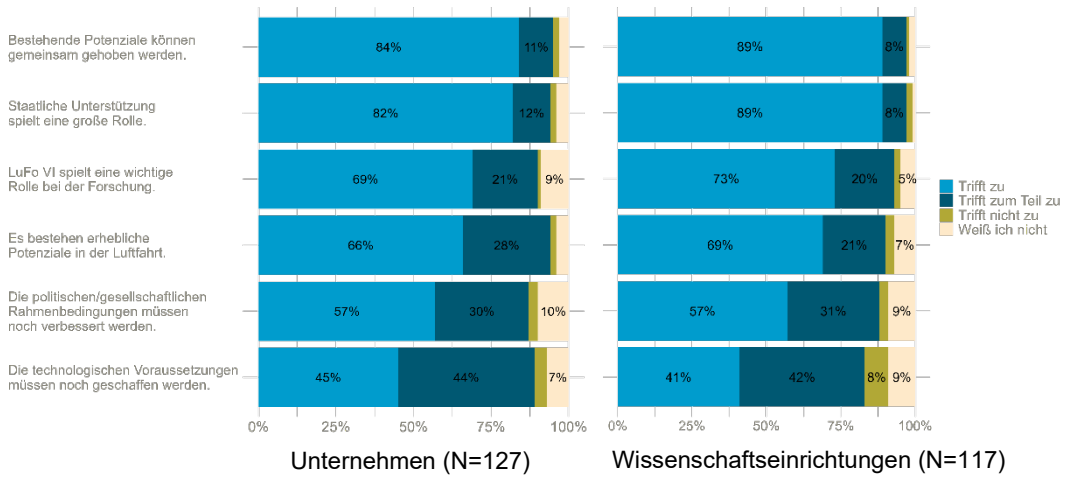
innerhalb von drei Jahren erreichbar sei. 59% (34 von 56) der Unternehmen geben Zeitspannen von mehr als drei bis hin zu zehn Jahren an.

Wissenschaftseinrichtungen zeigen eine leicht höhere Einschätzung der Wirkungen. Das drückt sich in den 68% (80 von 119) der befragten Einrichtungen aus, die eine mittlere bis große Wirkung bekunden (gegenüber 5% bei den Unternehmen). 46% (37 von 80) der Wissenschaftseinrichtungen, die große bis mittlere Auswirkungen sehen, geben eine bereits erfolgte oder in den nächsten 3 Jahren zu erwartende Wirkung an (gegenüber 39% bei den Unternehmen).

7.3.3 Potenziale und Herausforderungen zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt insgesamt

Doch welche Potenziale und Herausforderungen zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen ergeben sich in der Luftfahrt insgesamt? Die Online-Befragung von Verantwortlichen aus Unternehmen (n=127) und Wissenschaftseinrichtungen (n=117) zeigt, dass – unabhängig von den LuFo VI-Projektaktivitäten – für die Luftfahrt insgesamt (*Abbildung 7.3.4*) beide Akteursgruppen mit jeweils über 80% (trifft zu und trifft teilweise zu) hohe Potentiale zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen erkennen, die von Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam gehoben werden können. Gleichermaßen wird mit jeweils über 80% Zustimmung deutlich, dass die technologischen Grundlagen dafür erst noch gelegt werden müssen, wobei forschungsseitig dem LuFo VI-Programm eine hohe Bedeutung zukommt. Ebenso eindeutig wird die Meinung vertreten, dass eine staatliche Unterstützung dieser Aktivitäten notwendig ist, was nicht nur über Subventionen, sondern auch über die Verbesserung der politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen gelingen kann.

Abbildung 7.3.4
Potenziale und Herausforderungen zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Befragung von Unternehmen (N=127) und Wissenschaftseinrichtungen (N=117) 2023.

Die Expertinnen und Experten der Fokusgruppen komplettieren dieses Bild, erlauben aber auch eine kritische Reflexion der Ergebnisse aus der Online-Befragung. Sie betonen in diesem Zusammenhang, dass die Ausschöpfung der Potentiale zur Klimaneutralität in der Luftfahrt kein Selbstläufer sei. Ein umfassend klimaneutrales Fliegen erscheint perspektivisch schwer umsetzbar. Es handelt sich eher um ein Leitkonzept, an dem man sich orientieren sollte, um substanzielle Emissionsreduzierungen zu erreichen. Auch die Gefahr des sogenannten Greenwashings wird von den Expertinnen und Experten nicht ganz ausgeschlossen, was die Wirkungen der Förderung reduzieren würde. Diese Einschätzung steht der Aussage von relevanten Unternehmens-Akteuren gegenüber, die eine klare strategische Zielsetzung hinsichtlich des Angebots an Flugzeugen formulieren, die klimaneutral fliegen können.

Auch stellt sich die Frage nach den Akteuren, die maßgeblich zur Hebung der Emissionsreduzierungspotenziale beitragen können. Die Bedeutung von Großunternehmen in der Breite der gesamten Wertschöpfungskette wird hierbei hervorgehoben. Ebenso werden von den Expertinnen und Experten in den Fokusgruppen auch der internationale Kontext und die Rolle, die Deutschland darin spielen kann, thematisiert. Diese sei sicherlich begrenzt und mache Abstimmungen etwa in Konzernen wie Airbus oder auf globaler Ebene mit großen Emittenten wie den USA oder China notwendig, um positive Gesamteffekte bei der Ausschöpfung der Potentiale erzielen zu können.

Bei der Umsetzung von Innovation zur Klimaneutralität in der Luftfahrt ist laut der Expertinnen und Experten in den Fokusgruppen von längeren Zeithorizonten auszugehen. Das habe insbesondere mit der Nutzungsdauer von Flugzeugen zu tun, die mit bis zu 30 Jahren angegeben wird. Sich daher auf bestimmte Zeiträume oder Zeitpunkte zu verständigen und diese festzulegen, wird als wenig sinnvoll erachtet. Wichtig sei stattdessen, dass entsprechende neue Technologien verfügbar seien und günstige Bedingungen für die Umsetzung geschaffen würden. Sicherheitsaspekte und rechtliche Rahmenbedingungen spielten dabei ohne Zweifel eine wichtige Rolle. Direkt könnten hier aber nach Ansicht der Expertinnen und Experten der Fokusgruppe auch die Programmlinien „KMU“ und „Technologiedemonstration“ substanzielle Beiträge leisten. Um bei der Verringerung der Treibhausgas-Emissionen in der Luftfahrt über die LuFo-Förderung voranzukommen, führen die Expertinnen und Experten der Fokusgruppen wie auch die im Rahmen der Fallstudien interviewten Projektleitungen der Unternehmen und der Wissenschaftseinrichtungen eine Reihe von Punkten und Argumenten an.

Die Diskussion in den Fokusgruppen zur Ausrichtung von Forschung und Entwicklung in Richtung Klimaneutralität zeigt sich vielschichtig. So sollte nach Aussage der Expertinnen und Experten der Dreiklang aus Lärmreduzierung, Sicherheit und Nachhaltigkeit stets gewahrt bleiben und gut ausbalanciert werden. Den Entwicklungen bei den Antriebstechnologien werden die größten zukünftigen positiven Beiträge zugeschrieben, insbesondere wenn es sich um Batterietechnologien, Brennstoffzellen als auch Wasserstofftechnologien allgemein handelt. Dies sollte jedoch nicht als Priorisierung verstanden werden. Technologieoffenheit wird als Grundprinzip der weiteren Entwicklungen und Förderung eingefordert. Große disruptive Sprünge seien so

schnell nicht zu erwarten. Daher müsse man auch daraufsetzen, bestehende Technologien weiterzuentwickeln und diese Technologien Schritt für Schritt um disruptive bzw. Basistechnologien oder auch KI ergänzen.

Die im Rahmen der Fallstudien interviewten Projektleitungen aus Unternehmen argumentieren in ähnlicher Richtung. So sehen sie zwar große Potentiale bei Wasserstoff und E-Antrieben wie auch bei hybriden Antriebsaggregaten, doch reiche der Entwicklungsstand für eine Serienreife noch nicht aus. Notwendige weitere Forschung für ein breiteres Verständnis in diese Richtung wird angesprochen. Zur umfassenden Bestimmung und der daraus folgenden Optimierung von Treibhausgasreduktionen sind die jeweils relevanten Datengrundlagen zu verbessern. Dabei ist einerseits an eine Verbesserung der Datengrundlage zur umfassenden Bestimmung des CO_2-Fußabdrucks der neuen Technologien, insbesondere Antriebsaggregate, zu denken.

Andererseits bestünden noch Informationsdefizite und Unsicherheiten bei den Kontexten, innerhalb derer die neuen Technologien zur Anwendung kommen sollen, wie etwa bei den Wetterdaten (Luftfeuchtigkeit) und in den Vorhersagen von „non-CO_2-Effekten“. Des Weiteren wird ein Nachbesserungsbedarf bei der Regulierung und bei den Anreizen zur Nutzung klimafreundlicher Technologien in der Luftfahrt gesehen. Im Zentrum steht hier der in Hinblick auf Anreizeffekte zu niedrige CO_2-Preis. Dieser begünstige den Kauf und Einsatz etablierter Technologien, die keinen Beitrag zur Treibhausgasminderung leisten – und somit eher das Gegenteil –, gegenüber neuen Technologien, in deren Preis sich die – oft hohen – Kosten zur Erreichung der Treibhausgasminderung niederschlügen. Mit einem CO_2-Preis, der die hohen externen Kosten der Treibhausgas-Emission bei Nutzung alter Technologie adäquat „einpreist“, würde sich dieser Vorteilsvergleich umkehren können. Entsprechend könnten auf diese Weise die Nutzung und Verbreitung neuer, klimafreundlicher Technologien vorangebracht werden. Der aktuelle CO_2-Preis wird hier als zu niedrig angesehen, um diese gewünschte Entwicklung anzustoßen.

Auf Seiten der Projektleitungen der Wissenschaftseinrichtungen werden teilweise dieselben Punkte angeführt wie von den Unternehmen, wie etwa die Notwendigkeit einer global systemischen Beurteilung der CO_2-Minderungspotentiale, die weitere Förderung der Grundlagenforschung sowie die Stärkung des Transfers in die wirtschaftliche Anwendung. Als zusätzlicher Punkt werden Überlegungen zur Wettbewerbsfähigkeit der neuen, klimafreundlicheren Technologie eingebracht, die über den CO_2-Preis hinausgehen. Bei einer (zu) starken Fokussierung der Forschung und Entwicklung auf die Treibhausgasreduktion besteht nach einer Anmerkung aus dem Kreis der Projektleitungen die Gefahr, dass andere Technologien und Entwicklungen vernachlässigt werden, die zur Konkurrenzfähigkeit der deutschen/europäischen Raumfahrt beitragen, wie etwa Avionik, Elektronik und Software. Es gilt darauf zu achten, dass man hier gleichzeitig zur Verfolgung der berechtigten und wichtigen Zielsetzungen in Hinblick auf die klimaneutrale Luftfahrt nicht den internationalen Anschluss in der Luftfahrt verliert. Ökonomische und ökologische Aspekte sollten bei einer Förderung zugrunde gelegt werden. Auch ist darauf zu achten, dass nicht nur in den Technologien selbst – beispielsweise Antriebsaggregate – Potentiale zur Erreichung von Treibhausgasneutralität stecken, sondern auch in den operationellen Verfahren der Produktion

dieser Technologien sowie der Zwischen- und Endprodukte der Luftfahrtindustrie. Die Förderung von Klimaneutralität durch LuFo sollte auch hier ansetzen.

Die Expertinnen und Experten aus den Fokusgruppen heben die Bedeutung des Klimathemas für die Luftfahrt insgesamt deutlich hervor und weisen auf dessen prägenden Charakter für die weitere Forschung in der Luftfahrt hin. Zwei positive Entwicklungen können damit verbunden sein. Zum einen kann Deutschland international in diesem Bereich eine Technologieführerschaft erreichen, was perspektivisch mit wirtschaftlichen Vorteilen verbunden sein wird. Zum anderen kann LuFo ein Taktgeber in Hinblick auf die THG-Reduzierung in Deutschland sein und auf diesem Wege auch international ausstrahlen. Damit beides gelingen kann, muss alles getan werden, dass technologisch sehr hohe Niveau Deutschlands in der Luftfahrtforschung zu halten bzw. noch weiter auszubauen.

8. Weitere Ergebnisdimensionen der Förderung bei den Zuwendungsempfängern

8.1 Heterogene regionale direkte oder indirekte Ergebnisse und Wirkungen der Förderung

In diesem Abschnitt wird dargestellt, inwieweit sich regionale direkte und indirekte Effekte der Förderung im Rahmen der LuFo-Förderung feststellen lassen. Die Luftfahrtforschung in Deutschland wie auch international ist konzentriert auf wenige Regionen. In Deutschland betrifft das insbesondere Regionen im Norden um Hamburg und im Süden um München. Daher ist zu vermuten, dass auch die Auswirkungen der LuFo VI-Förderung regional heterogen ausfallen, weshalb dieser Aspekt im Folgenden näher beleuchtet wird.

Für die regionalspezifischen Auswertungen werden die 16 Bundesländer vier verschiedenen Regionen zugeordnet:

- **Region Nord**: Hamburg, Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bremen
- **Region Ost**: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen
- **Region Süd**: Bayern, Baden-Württemberg
- **Region West**: Nordrhein-Westfalen, Saarland, Rheinland-Pfalz, Hessen.

Die vorgestellten Ergebnisse beruhen auf einer Auswertung von LuFo VI-Programmdaten aus PROFI und der Online-Befragung von Projektleitungen.

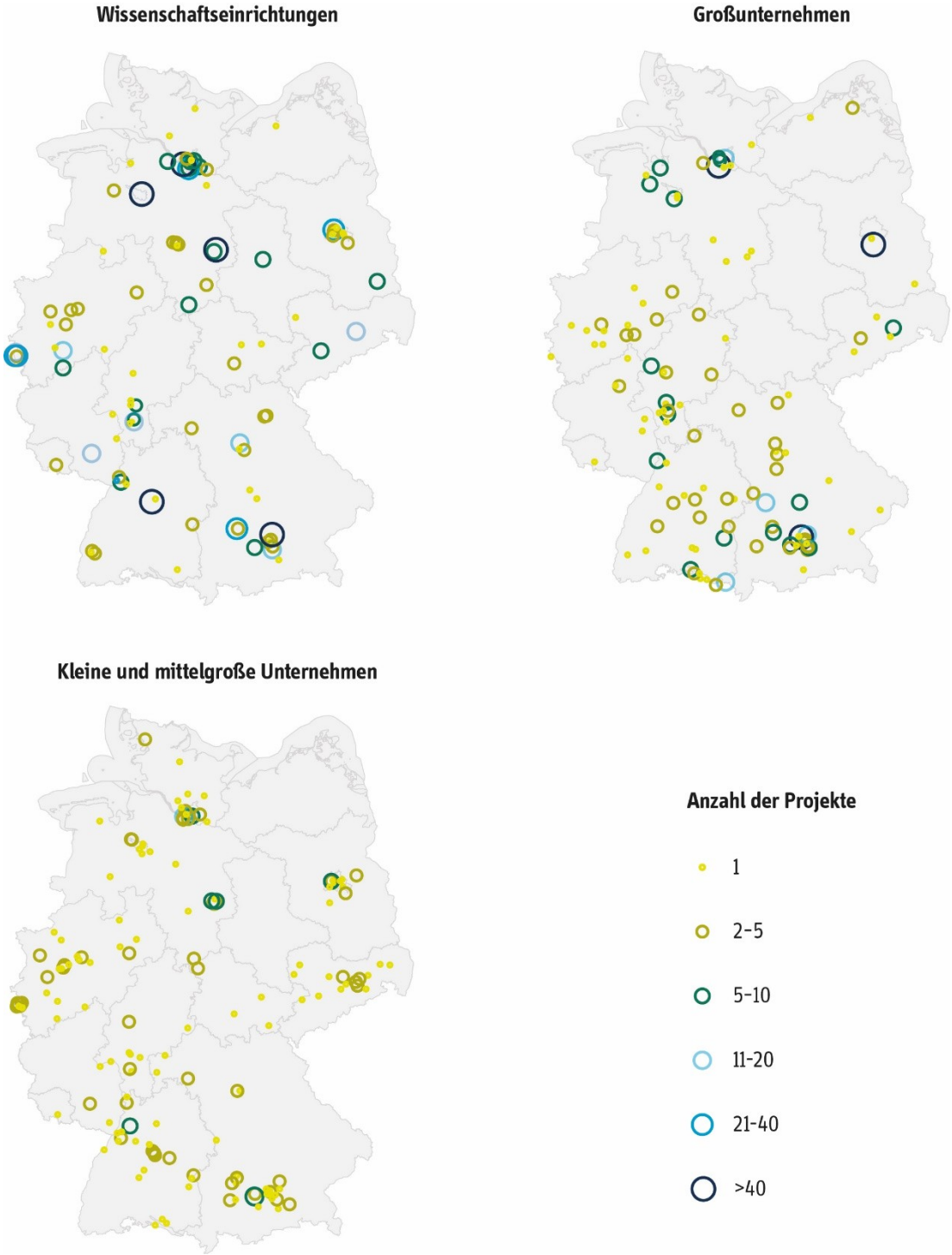
Regionale Verteilung der Anzahl der LuFo VI-Projekte

Die regionale Verteilung der LuFo VI-Projekte geht aus *Abbildung 8.1.1* hervor. Insgesamt werden in LuFo VI 1.575 Projekte durchgeführt, von denen knapp ein Drittel auf Großunternehmen entfallen (32%), knapp ein Fünftel auf KMU (19%) und knapp die Hälfte auf Wissenschaftseinrichtungen (49%). Jeweils rund ein Drittel dieser 1.575 Projekte werden in der Region Nord (32%) und Süd (34%) durchgeführt, 19% in der Region West und 16% in der Region Ost. Von den Bundesländern ragt in der Region Süd Bayern (mit 24% aller Projekte) heraus, in der Region Nord Hamburg (15%), in der Region West Nordrhein-Westfalen (11%) und in der Region Ost Sachsen (7%).

In Bezug auf die auf Großunternehmen entfallenden Projekte, dominiert eindeutig die Region Süd, fast die Hälfte dieser Projekte werden hier durchgeführt (46%). Während in der Region Nord immerhin noch ein Viertel dieser auf Großunternehmen entfallenden Projekte durchgeführt werden, sind die Region West (16%) und die Region Ost (13%) unterrepräsentiert. Von den von KMU durchgeführten Projekte entfallen jeweils 30% auf die Regionen Nord und Süd, auf KMU bezogen weisen die Regionen West (22%) und Ost (18%) im Vergleich zu den von Großunternehmen durchgeführten Projekten etwas höhere Anteile auf.

Abbildung 8.1.1

Regionale Verteilung der LuFo VI-Projekte nach Art des Zuwendungs-empfängers



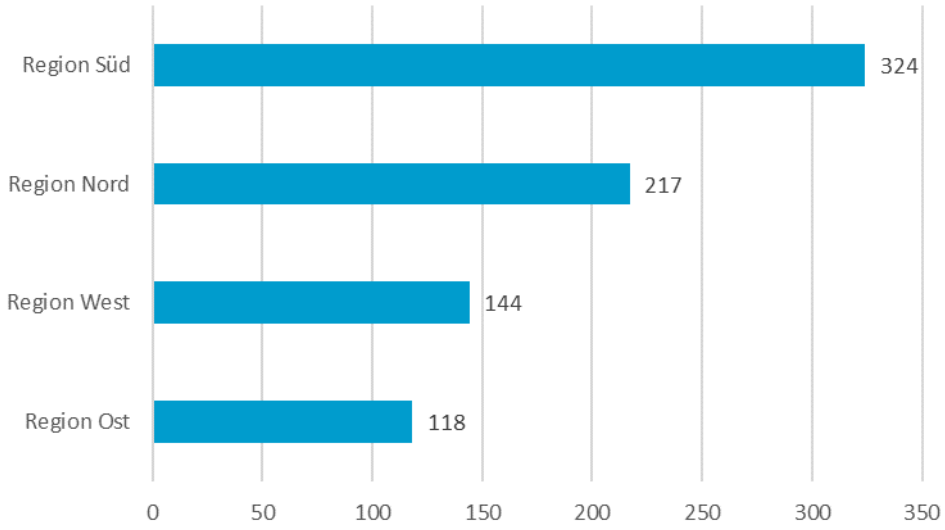
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=1.575; Stand: 20.02.2024).

Die *Abbildung 8.1.1* zeigt die regionale Verteilung der LuFo VI-Projekte nach Art des Zuwendungsempfängers. Die Inhalte sind im Text erläutert.

Hinsichtlich der auf Wissenschaftseinrichtungen entfallenden Projekte ist, anders als bei den Projekten der gewerblichen Wirtschaft, die Region Nord am bedeutendsten. Hier wird mehr als jedes dritte dieser Projekte durchgeführt (36%). Demgegenüber werden in der Region Süd 27% der Projekte durchgeführt, in der Region West 20% und in der Region Ost 17%.

Fasst man die Großunternehmen und KMU zusammen, ergeben sich für die verschiedenen hier ausgewählten Regionen die in *Abbildung 8.1.2* ausgewiesenen absoluten Zahlen für die LuFo VI-Projekte der gewerblichen Wirtschaft.

Abbildung 8.1.2
Anzahl der LuFo VI-Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Regionen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Insgesamt werden von der gewerblichen Wirtschaft (Großunternehmen und KMU) 803 Projekte durchgeführt. Die Region Süd weist mit 324 Projekten die mit Abstand meisten Projekte der gewerblichen Wirtschaft aller Regionen auf, gefolgt von der Region Nord mit 217 Projekten und der Region West mit 144 Projekten. In der Region Ost werden lediglich 118 Projekte der gewerblichen Wirtschaft durchgeführt.

Werden die insgesamt 772 LuFo VI-Projekte von Wissenschaftseinrichtungen betrachtet, weist dagegen die Region Nord mit insgesamt 280 die meisten Projekte auf. Die Region Süd, die bei den Projekten der gewerblichen Wirtschaft die mit Abstand höchste Anzahl an Projekten durchführt, liegt hier mit 210 Projekten recht deutlich hinter der Region Nord. Unverändert bleibt hingegen die Position der Region West, die mit 154 Projekten von Wissenschaftseinrichtungen einen deutlichen Abstand zu den beiden führenden Regionen aufweist, aber noch vor der Region Ost mit insgesamt 128 Projekten liegt.

Aus diesen Zahlen lässt sich bereits das recht deutliche Bild ableiten, wonach die Region Süd bei den Projekten der gewerblichen Wirtschaft und die Region Nord bei den Projekten der Wissenschaftseinrichtungen am bedeutendsten ist. Auch zusammengenommen sind diese beiden Regionen gemessen an der Anzahl der LuFo VI-Projekte eindeutig führend. Es folgt mit bereits deutlichem Abstand die Region West, die somit eine Mittelposition einnimmt, während die Region Ost jeweils die wenigsten LuFo VI-Projekte aufweist.

Regionale Verteilung der Ausgaben

In *Abbildung 8.1.3* ist die regionale Verteilung der Gesamtausgaben sowie der Bundesmittel für LuFo VI-Projekte dargestellt.

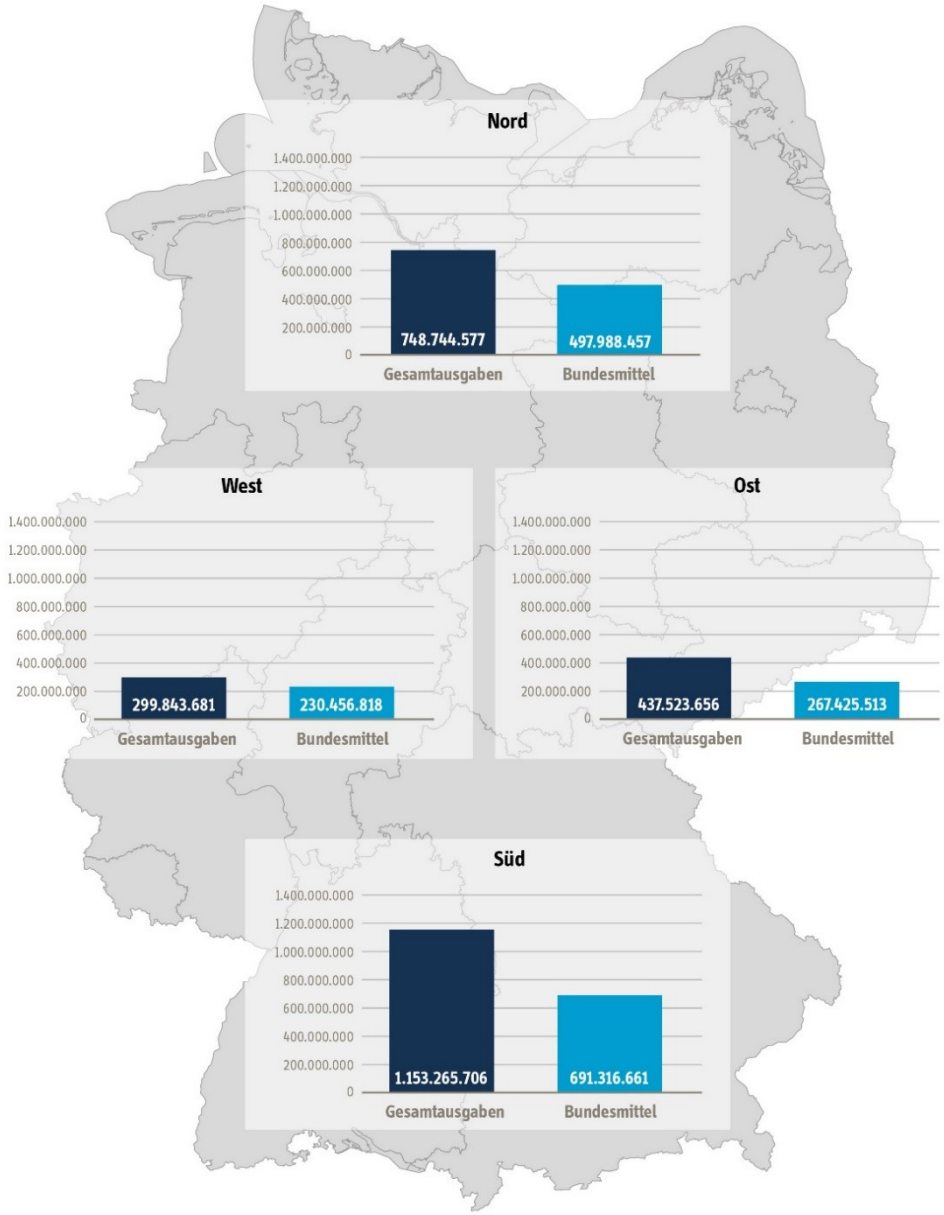
Die Gesamtausgaben für die LuFo VI-Projekte belaufen sich auf insgesamt gut 2,6 Mrd. €, die Bundesmittel auf knapp 1,7 Mrd. €. Da sich die Ausgaben pro Projekt unterscheiden, gibt es Unterschiede zwischen der zuvor aufgezeigten regionalen Verteilung, der Zahl der Projekte und der Ausgaben. Während 34% der Projekte auf die Region Süd entfallen, sind es bei den Gesamtausgaben sogar 44% und bei den Bundesmitteln 41%. Dies hängt damit zusammen, dass die Gesamtausgaben pro Projekt in der Region Süd mit 2,2 Mio. € deutlich höher als im Bundesdurchschnitt (1,7 Mio. €) ausfallen; die Höhe der Bundesmittel liegt mit 1,3 Mio. € ebenfalls über dem Bundesdurchschnitt (1,1 Mio. €).

Umgekehrt stellt sich die Situation dagegen in der Region Nord dar. Während hier der Anteil an den Projekten bei 32% und damit nur etwas unter dem der Region Süd liegt, beträgt der Anteil an den Gesamtausgaben nur 28% und der an den Bundesmitteln 30%. Das lässt sich darauf zurückführen, dass die finanzielle Ausstattung der Projekte mit 1,5 Mio. € bei den Gesamtausgaben und 1,0 Mio. € bei den Bundesmitteln leicht unterdurchschnittlich ausfällt.

Noch stärker fällt dies in der Region West ins Gewicht. Hier liegt der Anteil an der Zahl der Projekte zwar bei 19%, der Anteil an den Gesamtausgaben beträgt aber nur 11% und der an den Bundesmitteln 14%. Ursächlich dafür ist, dass die finanzielle Ausstattung der Projekte mit Gesamtausgaben von 1,0 Mio. € und Bundesmitteln von 0,8 Mio. € unterdurchschnittlicher ausfallen als in der Region Nord. Eine Ursache dafür liegt in der größeren Bedeutung von KMU bei den von Wissenschaftseinrichtungen durchgeführten Projekten, die im Durchschnitt geringere Ausgaben je Projekt aufweisen.

In der Region Ost beläuft sich der Anteil an allen Projekten auf 16%, der Anteil an den Gesamtausgaben beträgt 17% und der an den Bundesmitteln 16%. Dies liegt daran, dass die Höhe der Gesamtausgaben je Projekt mit 1,8 Mio. € etwas über dem Bundesdurchschnitt liegt, während die Bundesmittel mit 1,1 Mio.€ in etwa dem Bundesdurchschnitt entsprechen. Immerhin bedeutet dies aber, dass die Anteile der Region Ost sowohl an den bundesweiten Gesamtausgaben als auch den Bundesmitteln über denen der Region West liegen.

Abbildung 8.1.3
Regionale Verteilung der Gesamtausgaben und der Bundesmittel für LuFo VI-Projekte



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=1.575; Stand: 20.02.2024).

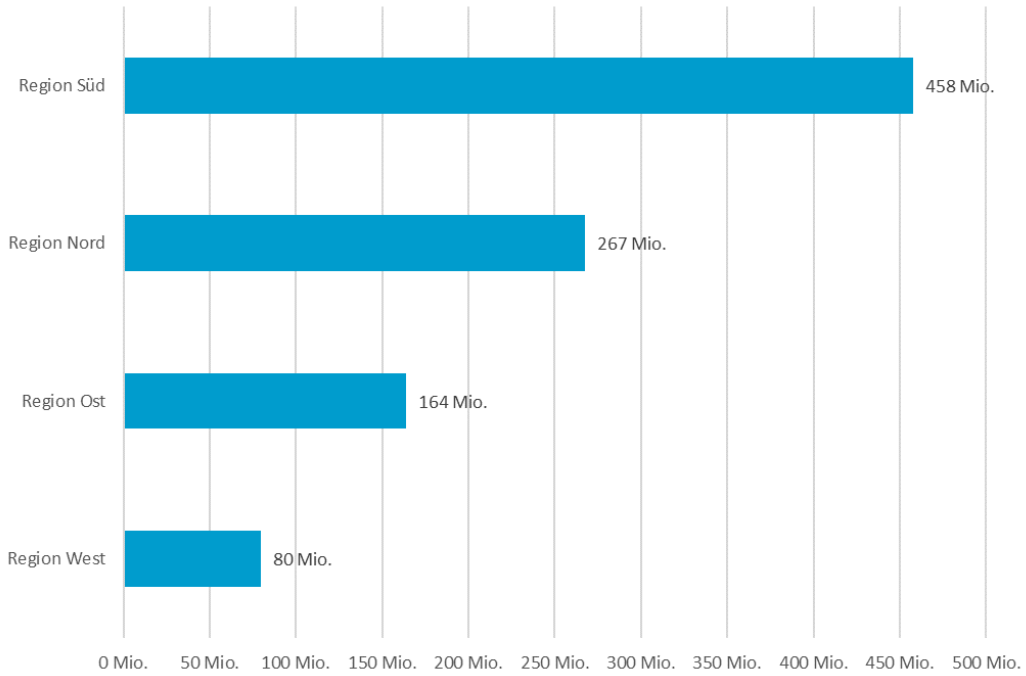
Unterscheidet man auch die Ausstattung mit Bundesmitteln nach gewerblicher Wirtschaft und den Wissenschaftseinrichtungen, zeigen sich für die gewerbliche Wirtschaft die in *Abbildung 8.1.4* ausgewiesen Werte für die betrachteten Regionen. Es zeigt sich, dass mit 458 Mio. € die meisten Bundesmittel für die gewerbliche Wirt-

schaft in die Region Süd fließen, gefolgt von der Region Nord mit 267 Mio. €. Überraschend ist, dass die Region Ost mit 164 Mio. € mehr als doppelt so viele Bundesmittel aufweist wie die Region West mit nur 80 Mio. €. Dies ist insofern überraschend, da die Region West mit 144 Projekten der gewerblichen Wirtschaft hier deutlich mehr Projekte aufweisen kann als die Region Ost mit nur 118 Projekten. Die Projekte in der Region Ost sind somit im Durchschnitt mit mehr Bundesmitteln ausgestattet als die in der Region West.

Auch bei den Bundesmitteln für Wissenschaftseinrichtungen, die im Rahmen von LuFo VI aufgewendet werden bzw. werden sollen, zeigen sich im Vergleich zur Betrachtung der bloßen Anzahl an Projekten Unterschiede. Hier fließen nämlich die meisten Bundesmittel in die Region Süd (233 Mio. €), gefolgt von der Region Nord (231 Mio. €), obwohl diese Region deutlich mehr Projekte von einer Wissenschaftseinrichtung durchführt; in die Region West fließen 151 Mio. € an Bundesmitteln und in die Region Ost 103 Mio. €.

Gemessen an den Bundesmitteln ist somit die Region Süd eindeutig führend (691 Mio. €), gefolgt von der Region Nord (498 Mio. €), der Region Ost (267 Mio. €) und der Region West (231 Mio. €).

Abbildung 8.1.4
Bundesmittel für LuFo-Projekte der gewerblichen Wirtschaft nach Regionen in Euro



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (N=803; Stand: 20.02.2024).

Umsetzung der Ergebnisse (Output der Projekte)

Die Umsetzung der Ergebnisse (bereits eingetreten oder geplant) ist für die verschiedenen Regionen der *Tabelle 8.1.1* zu entnehmen.

Anschlussprojekte

Im Rahmen von Anschlussprojekten wird das generierte Wissen weiterentwickelt. Dies kann z.B. in Hinblick auf eine konkrete Anwendung erfolgen, darüber hinaus kann es auch sein, dass ein im Rahmen eines Projekts entwickelter Technologie- oder Wissensstrang weiterentwickelt wird. Die Initiierung von Anschlussprojekten ist die mit Abstand am häufigsten genannte Form der Umsetzung von Ergebnissen. Dabei kann es sich um LuFo-Projekte, im Rahmen von anderen Förderprogrammen finanzierte Projekte und um selbst finanzierte Weiterentwicklungen handeln. Der Bundesdurchschnitt für realisierte oder bereits eingetretene oder geplante Anschlussprojekte liegt bei 79% (562 von 710). Die Region Ost weist mit 85% (78 von 103) den höchsten Anteil auf, die Region Nord liegt bei 81% (196 von 241), die Region Süd bei 78% (191 von 246) und die Region West bei 73% (87 von 120).

Tabelle 8.1.1
Bereits eingetretene, geplante oder nicht eingetretene Umsetzung der Ergebnisse nach Regionen

Projektergebnisse		Region Nord (n=241)	Region Ost (n=103)	Region Süd (n=246)	Region West (n=120)	Gesamt (N=710)
Anschlussprojekte	eingetreten	46 (19%)	18 (1/%)	47 (19%)	13 (11%)	124 (17%)
	geplant	150 (62%)	70 (68%)	144 (59%)	74 (62%)	438 (62%)
	nicht eingetreten	26 (11%)	9 (9%)	35 (14%)	23 (19%)	93 (13%)
Wechsel von Projektmitarbeitenden in Unternehmen	eingetreten	29 (12%)	16 (16%)	31 (23%)	9 (8%)	85 (12%)
	geplant	22 (9%)	17 (17%)	23 (10%)	19 (16%)	81 (12%)
	nicht eingetreten	145 (61%)	56 (54%)	170 (70%)	80 (67%)	451 (64%)
Wechsel von Projektmitarbeitenden in die Forschung	eingetreten	9 (4%)	6 (6%)	4 (2%)	3 (3%)	22 (3%)
	geplant	16 (7%)	15 (15%)	10 (4%)	6 (5%)	47 (7%)
	nicht eingetreten	173 (73%)	64 (63%)	206 (86%)	95 (81%)	538 (77%)
Erträge aus dem Verkauf von Schutzrechten	eingetreten	1 (0%)	2 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (0%)
	geplant	26 (11%)	17 (17%)	20 (9%)	13 (11%)	76 (11%)
	nicht eingetreten	176 (74%)	74 (72%)	188 (80%)	95 (81%)	533 (77%)

Projektergebnisse		Region Nord (n=241)	Region Ost (n=103)	Region Süd (n=246)	Region West (n=120)	Gesamt (N=710)
Eingang in Richtlinien oder Normen	eingetreten	3 (1%)	3 (3%)	12 (5%)	4 (3%)	22 (3%)
	geplant	55 (23%)	25 (25%)	66 (27%)	30 (25%)	176 (25%)
	nicht eingetreten	146 (62%)	65 (64%)	132 (55%)	72 (61%)	415 (60%)
Neu- oder Ausgründungen	eingetreten	2 (1%)	0 (0%)	2 (0%)	0 (0%)	4 (1%)
	geplant	12 (5%)	4 (4%)	7 (3%)	2 (2%)	25 (4%)
	nicht eingetreten	199 (84%)	86 (85%)	209 (87%)	109 (91%)	603 (86%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=683).

Wechsel von Projektmitarbeitenden

Durch den Wechsel von Projektmitarbeitenden kann innerhalb des Innovationssystems der Luftfahrtforschung ein Wissenstransfer stattfinden, der den Impuls durch die LuFo-Förderung verbreitert. Insgesamt geben 24% der Projektleitungen an (166 von 710), dass Projektmitarbeitende in andere Unternehmen gewechselt sind oder dies planen. 10% (69 von 710) geben an, dass ein Wechsel von Projektmitarbeitenden in Wissenschaftseinrichtungen erfolgt oder geplant ist. Das bedeutet im Umkehrschluss aber auch, dass rund zwei Drittel der Projektleitungen zum Zeitpunkt der Befragung angeben, dass kein Wechsel von Projektmitarbeitenden bereits erfolgt oder geplant ist. Wechsel finden vornehmlich in andere Unternehmen statt. Der Anteil liegt in den Regionen Nord, Süd und West zwischen 22 und 24%, in der Region Ost ist der Anteil mit 32% (33 von 103) signifikant höher. Den geringsten Wechsel in Wissenschaftseinrichtungen verzeichnet die Region Süd mit 6% (14 von 246), während die Region West einen Anteil von 8% (9 von 120) und die Region Nord von 11% (25 von 241) aufweist; mit 20% (21 von 103) liegt der Anteil in der Region Ost auch hier sehr deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 10% (69 von 710).

Erträge aus dem Verkauf von Schutzrechten (z.B. Patent- oder Lizenzerträge)

Der Verkauf von Schutzrechten ermöglicht einen Transfer des im Rahmen von LuFo generierten Wissens. Der Anteil der Projekte, für die Erträge aus dem Verkauf von Schutzrechten bereits eingetreten oder geplant ist, liegt bei durchschnittlich 11% (79 von 710). Mit 18% (19 von 103) ist der Anteil in der Region Ost weit überdurchschnittlich, während er in den Regionen Nord und West mit 11% in der Nähe das Bundesdurchschnitts liegt, nur die Region Süd unterschreitet diesen mit 9% (20 von 246).

Eingang in Richtlinien oder Normen

Eine wichtige Funktion von LuFo-Projekten ist die Vorbereitung der Erstellung von Normen und Richtlinien, von denen dann die gesamte Branche deutschland- und EU-

weit profitiert. Vor dem Hintergrund, dass die Projekte von LuFo VI überwiegend noch laufen, liegt es auf der Hand, dass die bereits erfolgte Umsetzung meist noch die Ausnahme darstellt. Je nach Region sind bereits zwischen 1% und 5% der Ergebnisse von Projekten in Richtlinien und Normen eingegangen, bei einem weiteren Viertel der Projekte ist dies geplant. 32% der Projektleitenden (78 von 276) bejaht in der Region Süd die Frage, ob Ergebnisse Eingang in Richtlinien und Normen gefunden haben oder dies geplant sei, in der Region West sind es 28% (34 von 120), in der Region Ost ebenfalls 28% (28 von 103) und in der Region Nord 24% (58 von 241). Der Bundesdurchschnitt liegt bei gut 28% (198 von 710); die Anteile der Regionen gruppieren sich somit in einer relativ engen Spannweite um diesen Mittelwert. Unterschiede zwischen den Regionen könnten dabei auch auf eine voneinander abweichende inhaltliche Ausrichtung der durchgeführten Projekte zurückzuführen sein.

Neu- oder Ausgründungen

Neu- und Ausgründungen können einen wichtigen Wachstums- und Beschäftigungsimpuls in die betroffenen Regionen geben. Gleichzeitig ist die Vorbereitung von Gründungen keine zentrale Zielsetzung von LuFo VI, sodass keine große Zahl von Gründungen aus den Projekten zu erwarten ist. Dass Neu- oder Ausgründungen bis zum Zeitpunkt der Befragung (Sommer 2023) bereits eingetreten sind, stellt eine Ausnahme dar. So wird dies in den in die Auswertung eingegangenen 710 Projektfragebögen nur für vier Projekte angegeben, für weitere 25 Projekte ist eine Neu- oder Ausgründung geplant. Der Anteil der Projekte, für die eine Neu- bzw. Ausgründung eingetreten oder geplant ist, liegt im Bundedurchschnitt bei gut 4% (29 von 710), in der Region Nord ist er mit 6% (14 von 241) am höchsten, gefolgt von Ost und Süd mit jeweils 4% (4 von 103 bzw. 9 von 246) sowie West mit 2% (2 von 120).

Auswirkungen der Projekte

Während die Umsetzung der Ergebnisse einen unmittelbaren Output darstellt, werden der mit den Projekten verbundene Outcome und Impact unter der Kategorie „Auswirkungen“ zusammengefasst. Die bereits eingetretenen oder geplanten Auswirkungen der Projekte für die verschiedenen Regionen ergibt sich aus *Tabelle 8.1.2*.

Tabelle 8.1.2
Bereits eingetretene, geplante oder nicht eingetretene Wirkungen der Projekte nach Regionen

Projektauswirkungen		Region Nord (n=236)	Region Ost (n=100)	Region Süd (n=246)	Region West (n=118)	Gesamt (N=700)
Einsparung von Material, Hilfsstoffen und Energie	eingetreten	4 (2%)	3 (3%)	10 (4%)	4 (3%)	21 (3%)
	geplant	107 (45%)	47 (47%)	87 (35%)	49 (42%)	290 (41%)
	nicht eingetreten	90 (38%)	40 (40%)	110 (45%)	50 (42%)	290 (41%)

Projektauswirkungen		Region Nord (n=236)	Region Ost (n=100)	Region Süd (n=246)	Region West (n=118)	Gesamt (N=700)
Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen	eingetreten	8 (3%)	8 (8%)	12 (5%)	6 (5%)	34 (5%)
	geplant	121 (51%)	62 (62%)	157 (64%)	71 (60%)	411 (59%)
	nicht eingetreten	71 (30%)	13 (13%)	36 (15%)	23 (19%)	143 (20%)
Kostensenkung	eingetreten	4 (2%)	4 (4%)	8 (3%)	6 (5%)	22 (3%)
	geplant	123 (52%)	53 (53%)	109 (44%)	49 (42%)	334 (48%)
	nicht eingetreten	36 (15%)	31 (31%)	42 (17%)	38 (32%)	147 (21%)
Schaffung neuer Arbeitsplätze	eingetreten	28 (12%)	9 (9%)	22 (9%)	8 (6%)	67 (10%)
	geplant	94 (40%)	49 (49%)	114 (46%)	44 (37%)	301 (43%)
	nicht eingetreten	60 (25%)	18 (18%)	53 (22%)	40 (34%)	171 (24%)
Stärkung der technologischen Marktposition	eingetreten	43 (18%)	19 (19%)	41 (17%)	23 (19%)	126 (18%)
	geplant	165 (70%)	70 (70%)	191 (78%)	82 (69%)	508 (73%)
	nicht eingetreten	17 (7%)	5 (5%)	5 (2%)	7 (6%)	34 (5%)
Steigerung des Unternehmenswertes	eingetreten	22 (10%)	7 (7%)	18 (7%)	7 (6%)	54 (8%)
	geplant	96 (41%)	57 (57%)	114 (46%)	63 (53%)	330 (47%)
	nicht eingetreten	54 (23%)	19 (19%)	48 (20%)	22 (19%)	143 (20%)
Anstoß für Investitionen	eingetreten	30 (13%)	16 (16%)	29 (12%)	10 (8%)	85 (12%)
	geplant	121 (51%)	55 (55%)	122 (50%)	74 (63%)	372 (53%)
	nicht eingetreten	34 (14%)	12 (12%)	50 (20%)	17 (14%)	113 (16%)
Behauptung der Marktposition des Unternehmens	eingetreten	29 (12%)	12 (12%)	22 (9%)	8 (7%)	71 (10%)
	geplant	131 (56%)	71 (71%)	174 (71%)	86 (73%)	462 (66%)
	nicht eingetreten	27 (11%)	7 (7%)	11 (4%)	11 (9%)	56 (8%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=683).

Einsparung von Material, Hilfsstoffen und Energie

Die Einsparung von Material, Hilfsstoffen und Energie ist in zahlreichen Projekten ein Motiv für die Durchführung von FuE-Projekten. Im Bundesdurchschnitt ist in 44% der Projekte (311 von 700) die Einsparung von Material, Hilfsstoffen und Energie teilweise bereits eingetreten, überwiegend aber noch geplant. Die Ausprägungen der entsprechenden Werte für die verschiedenen Regionen liegen eng beieinander: In der Region Ost sind es 50% (50 von 100), in der Region Nord 47% (111 von 236) und in der Region West 45% (53 von 118); in der Region Süd ist diese Auswirkung bei 39% der Projekte (97 von 246) eingetreten oder geplant und damit unterdurchschnittlich.

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen

Ein weiteres zentrales Motiv für die Durchführung von FuE-Projekten ist die Generierung zusätzlicher Einnahmen bzw. Umsätze. Daher überrascht es nicht, dass in fast zwei Dritteln der Projekte die Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen entweder bereits eingetreten oder (in den meisten Fällen) erst noch geplant ist. Auch hier liegen die Werte der Regionen eng zusammen; die Region Ost weist mit 70% (70 von 100) den höchsten Wert auf, gefolgt von der Region Süd mit 69% (169 von 246) und der Region West mit 65% (77 von 118). In der Region Nord ist der Anteil der Projekte, bei denen zusätzliche Umsätze oder Einnahmen im Mittelpunkt stehen, mit 54% (129 von 236) deutlich geringer als in den anderen Regionen. Dort sind offensichtlich stärker Unternehmen vertreten, bei denen aufgrund ihrer Position in der Wertschöpfungskette die Kostensenkung eine wichtigere Rolle spielt.

Kostensenkung

Eng mit der Materialeinsparung zusammen hängt das Motiv, durch die Durchführung von FuE-Projekten eine Materialeinsparung zu realisieren. 51% der Projektverantwortlichen (356 von 700) haben bereits Kostensenkungen realisiert oder erwarten diese. Mit 57% (57 von 100) weist die Region Ost auch hier den höchsten Wert auf, die Region Nord verzeichnet einen Wert von 54% (127 von 236); leicht unterdurchschnittlich sind die Werte für die Regionen Süd und West mit jeweils 47% (117 von 246 bzw. 55 von 118).

Schaffung neuer Arbeitsplätze

In Hinblick auf die volkswirtschaftlichen Wirkungen von LuFo steht insbesondere die Hoffnung im Mittelpunkt, einen Impuls für Beschäftigung und Arbeitsmarkt zu setzen. Mit 53% (368 von 700) liegt der Anteil der Projekte, aus denen heraus neue Arbeitsplätze geschaffen werden oder dies geplant ist, bei über der Hälfte. Mit 58% (58 von 100) weist auch hier die Region Ost den höchsten Anteil auf, gefolgt von 55% (136 von 246) für die Region Süd; während die Region Nord mit 52% (122 von 236) bereits leicht unter dem Bundesdurchschnitt liegt, trifft das mit 44% (52 von 118) in besonders ausgeprägter Weise für die Region West zu.

Stärkung der technologischen Marktposition

Die Stärkung der technologischen Marktposition steht in zahlreichen Projekten im Mittelpunkt, unabhängig davon, ob sie eher auf eine Kostensenkung oder eine Umsatzsteigerung abzielen. Es ist daher wenig überraschend, dass die Stärkung der technologischen Marktposition für den mit Abstand höchsten Anteil der Projekte eine Auswirkung der LuFo-Förderung darstellt, und zwar mit 91% (634 von 700). In der Region Süd trifft das sogar für 95% der Projekte zu (232 von 246), während die anderen Regionen leicht unter dem Bundesdurchschnitt liegen, die Regionen Ost und West mit 89% (89 von 100 bzw. 105 von 118) und die Region Nord mit 88% (208 von 236).

Steigerung des Unternehmenswertes

Den Unternehmenswert zu steigern, ist ein langfristiges Ziel zahlreicher FuE-Projekte. Eine Steigerung des Unternehmenswerts resultiert im Durchschnitt für 55% der Projektverantwortlichen (384 von 700). In der Region Ost gehen davon sogar 64% (64 von 100) und in der Region West 59% (70 von 118), während dieser Aspekt für einen geringeren Anteil von Projektverantwortlichen in den Regionen Süd mit 53% (132 von 246) und Nord mit 50% (118 von 236) eine hohe Bedeutung hat.

Anstoß für Investitionen

Für rund zwei Drittel der Projektverantwortlichen resultiert aus den LuFo-Projekten ein Anstoß für Investitionen. In noch stärkerem Maße ist das für Projekte in den Regionen West und Ost mit jeweilks mit 71% (84 von 118 bzw. 71 von 100) der Fall, während das in der Region Nord mit 64% (151 von 236) und in der Region Süd mit 62% (151 von 246) in etwas geringerem Umfang zu konstatieren ist.

Behauptung der Marktposition von Unternehmen

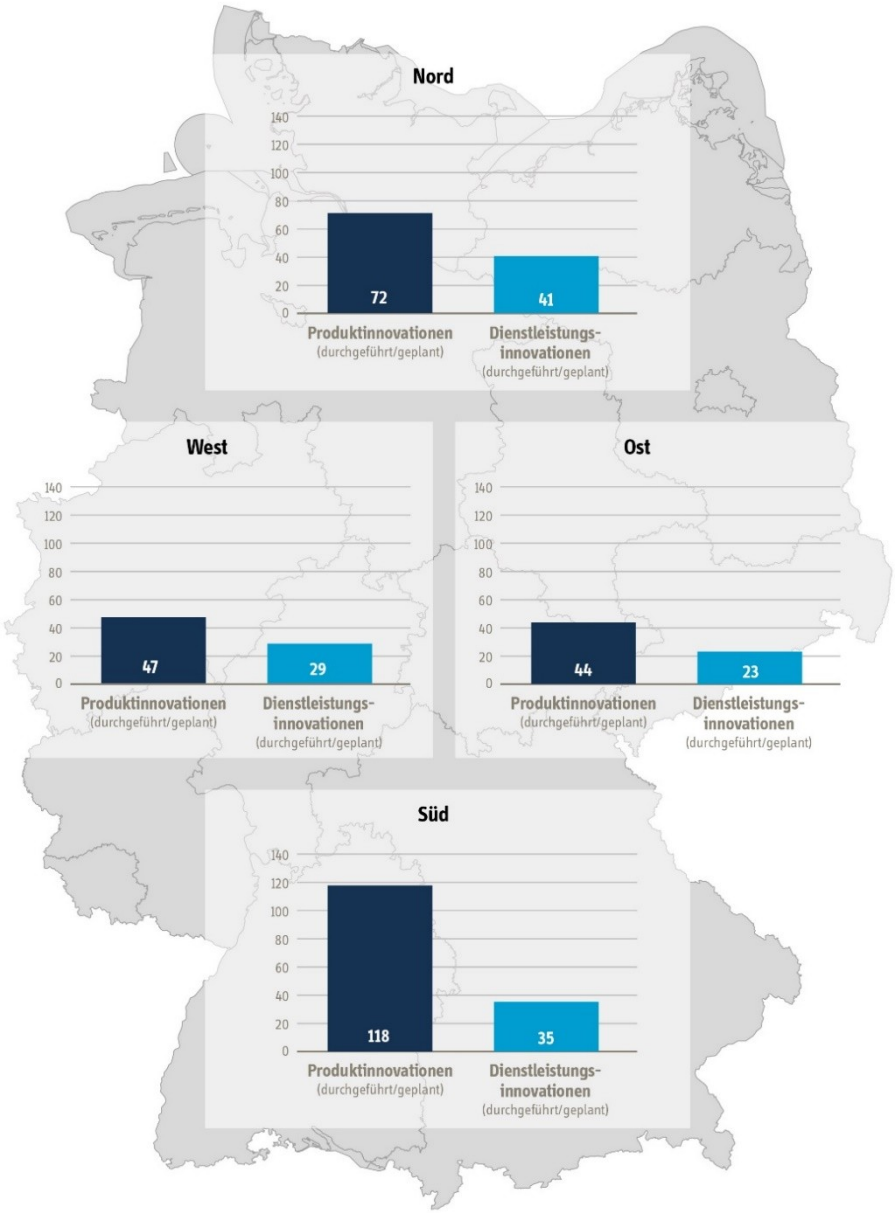
Eine kontinuierliche Weiterentwicklung von Produkten und Produktionsverfahren ist eine Voraussetzung dafür, die Marktposition langfristig zu behaupten. Daher überrascht es nicht, dass für den Großteil der Projektverantwortlichen auch die Behauptung der Marktposition eine zentrale Wirkung der LuFo VI-Projekte darstellt, und zwar für 76% (533 von 700). Das gilt in besonderer Weise für Projekte in der Region Ost mit 83% (83 von 1900) sowie den Regionen Süd und West mit 80% (196 von 246 bzw. 94 von 118), während in der Region Nord nur 68% (160 von 236) der Projektverantworlichen angeben, dass die LuFoProjekte eine zentrale Wirkung auf die Behauptung der Marktposition haben.

Produkt-, Dienstleistungs- und Verfahrensinnovationen

Die regionale Verteilung der absoluten Zahlen der LuFo VI-Projekte, die Produkt- oder Dienstleistungsinnovationen generieren, geht aus *Abbildung 8.1.5* hervor. Dieser Indikator zeigt den regionalen Innovationsimpuls auf, der von LuFo VI ausgeht.

Abbildung 8.1.5

Regionale Verteilung der LuFo VI-Projekte, durch die Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bereits generiert wurden oder die planen, diese noch anzustoßen



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=683).

Wie in *Abschnitt 7.1* bereits dargestellt, sind aus 27 von 719 LuFo VI-Projekten bereits Produktinnovationen resultiert, in 254 Projekten ist dies geplant. Zudem sind aus 23 Projekten Dienstleistungsinnovationen hervorgegangen, in weiteren 105 Projekten ist dies geplant. Von den Projekten mit bereits eingetretenen oder geplanten Innovationen entfallen 37% auf die Region, 28% auf die Region Nord, 19% auf die Region West und 17% auf die Region. Darüber hinaus werden 372 Verfahrensinnovationen angestoßen (in der Abbildung nicht enthalten).

Produktinnovationen

42% der Produktinnovationen (Markteinführung von neuen oder merklich verbesserten Produkten) werden in der Region Süd generiert, 26% in der Region Nord, 17% in der Region West und 16% in der Region Ost. Bezieht man die Projekte mit Produktinnovationen auf die gesamte Zahl der LuFo-Projekte in den jeweiligen Regionen, liegt der Anteil in der Region Süd mit 48% am höchsten, gefolgt von der Region Ost mit 44%, der Region West mit 41% und der Region Nord mit 31%. Zum Vergleich: Der Bundesdurchschnitt liegt bei 40%. Dies entspricht auch dem Befund, dass im Rahmen der Projekte in der Region Nord die Kostensenkung gegenüber der Umsatzsteigerung häufiger im Mittelpunkt steht.

Dienstleistungsinnovationen

Während Produktinnovationen einen überdurchschnittlichen Anteil der im Rahmen von LuFo VI generierten Innovationen ausmachen, spielen auch Dienstleistungsinnovationen eine nicht unerhebliche Rolle. 32% der Projekte, die Dienstleistungsinnovationen hervorbringen (Markteinführung von neuen oder merklich verbesserten Dienstleistungen) werden in der Region Nord durchgeführt, 27% in der Region Süd, 23% in der Region West und 18% in der Region Ost. Bezieht man die Projekte mit Dienstleistungsinnovationen wiederum auf die gesamte Zahl der LuFo VI-Projekte in den jeweiligen Regionen, ist die Region West mit 25% der Projekte, die Dienstleistungsinnovationen anregen, am effektivsten, gefolgt vom der Region Ost mit 23%, der Region Nord mit 17% und der Region Süd mit 14%. Auch hier zum Vergleich: Der Bundesdurchschnitt liegt bei 18%.

Verfahrensinnovationen

34% der LuFo VI-Projekte mit Verfahrensinnovationen (Einführung neuer oder merklich verbesserter Prozesse) werden in der Region Nord durchgeführt, 32% in der Region Süd, 17% in der Region Ost und 16% in der Region West. Bezieht man die Projekte mit Verfahrensinnovationen auch hier auf die gesamte Zahl der LuFo VI-Projekte in den jeweiligen Regionen, ist ie Region Ost mit 68% am effektivsten, gefolgt von den Regionen Nord und West mit jeweils 57% und der Region Süd mit 53%. Auch hier zum Vergleich: Der Bundesdurchschnitt liegt bei 57%.

Insgesamt zeigt die Untersuchung nach verschiedenen Regionen, dass die regionalen Auswirkungen der LuFo VI-Förderung sich zwischen den betrachteten Regionen deutlich unterscheiden, wobei der Hauptunterschied auf die regional unterschiedliche Anzahl an Projekten zurückzuführen ist.

8.2 Ergebnisse und Wirkungen in den verschiedenen Programmlinien

In diesem Abschnitt wird untersucht, inwieweit die Programmergebnisse auf die einzelnen Programmlinien zurückzuführen sind. Dabei liegt der Untersuchungsfokus auf der Auswertung der durchgeführten Online-Befragung, ergänzt durch eine Analyse der Programmdokumente in Hinblick auf die Schwerpunkte der Förderung. Darüber hinaus werden auch die Ergebnisse aus den Fokusgruppen ausgewertet. Zum besseren Verständnis wird in diesem Abschnitt nur auf Unterschiede hinsichtlich der Ergebnisse und Wirkungen in den verschiedenen Programmlinien eingegangen. Zur besseren Einordnung der diskutierten Ergebnisse und Wirkungen enthält *Tabelle 8.2.1* Erläuterungen zur Zielsetzung und zu den Besonderheiten der Programmlinien.

Tabelle 8.2.1
Projektverteilung differenziert nach Programmlinien und Art des Zuwendungsempfängers

Programmlinie	Gewerbliche Wirtschaft		Wissenschaft		Gesamt	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen	194	57%	146	43%	340	22%
Technologiedemonstration	4	100	0	0%	4	0,3%
Digitalisierung und künstliche Intelligenz	167	56%	132	44%	299	19%
KMU	125	56%	99	44%	224	14%
Disruptive Technologien	8	5%	156	95%	164	10%
Basistechnologien	305	56%	239	44%	544	35%
Gesamt	**803**	**51%**	**772**	**49%**	**1.575**	**100**

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (Stand: 06.02.2024).

Mittelverteilung differenziert nach Programmlinien

Die Projektverteilung auf die Programmlinien spiegelt sich in Teilen in der Mittelverteilung wider. So fließen mit 37% und 36% der 2,6 Mrd. € die meisten Gesamtmittel in die Programmlinien „Basistechnologien" und „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen". Die wenigsten Mittel fließen dagegen in die Programmlinien „Technologiedemonstration" (2%), „KMU" (4%) und „Disruptive Technologien" (5%). Die Ausgaben- und Projektverteilung verdeutlicht, dass in der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" häufiger Projekte mit höhere Finanzausstattung umgesetzt werden, wohingegen in der Programmlinie „KMU" Projekte mit vergleichsweise niedrigen Mittelvolumen umgesetzt werden (vgl. *Tabelle 8.2.2*).

Bevor die Ergebnisse und Auswirkungen der Befragung von Projektleitungen differenziert nach Programmlinien dargestellt werden, soll zunächst darauf hingewiesen werden, dass der Programmlinie „Technologiedemonstration" eine besondere Rolle

zukommt, die einen Vergleich der Projektergebnisse zu anderen Programmlinien erschwert. Aus diesem Grund werden Gruppenvergleiche vor allem zwischen den anderen fünf Programmlinien vorgenommen. Zudem muss bei der Interpretation der Ergebnisse und Wirkungen aus der Onlinebefragung berücksichtig werden, dass Projekte aus den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" und „Disruptive Technologien" unterrepräsentiert sind, „KMU", „Basistechnologien" und „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" leicht überrepräsentiert. Das ist vor allem dem Zeitpunkt der Befragung und den zu großen Teilen noch nicht mit einbezogenen Projekten von LuFo VI-3 (Klima) geschuldet (siehe hierzu auch *Abschnitt 3.3*).

Tabelle 8.2.2
Gesamtausgaben differenziert nach Programmlinien

Programmlinie	Gesamtausgaben in Euro	Bundesmittel in Euro	Anteil an Gesamt-ausgaben
Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen	959.669.699	598.305.256	36%
Technologiedemonstration	50.489.322	12.622.331	2%
Digitalisierung und künstliche Intelligenz	410.070.246	258.734.698	16%
KMU	114.273.992	89.625.595	4%
Disruptive Technologien	124.748.135	102.288.185	5%
Basistechnologien	980.126.226	625.611.385	37%
Gesamt	**2.639.377.620**	**1.687.187.450**	**100%**

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis einer Auswertung der PROFI-Daten (Stand: 06.02.2024).

Projektergebnisse differenziert nach Programmlinien

Produktinnovationen, Dienstleistungsinnovationen und Prozessinnovationen

Die Betrachtung der Innovationen nach Programmlinien gibt Hinweise von welcher Programmlinie die stärksten Innovationsimpulse ausgehen. Mithilfe der LuFo VI-Förderung soll das Innovationspotential gefördert und unterschiedliche Arten von Innovationen unterstützt werden. Von allen Projektleitungen (704) geben 279 an, Produktinnovationen hervorgebracht oder geplant zu haben. Zudem gehen aus 126 Projekten Dienstleistungsinnovationen und aus 372 Projekten Prozessinnovationen hervor bzw. sollen hervorgehen.[13] Am häufigsten entfallen die Innovationen auf Projekte der Programmlinie „Basistechnologien" (305), gefolgt von den Programmlinien „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (162), „Wasserstofftechnologien und (hybrid-

[13] *Die genannten Gesamtzahlen weichen marginal von den Gesamtzahlen in der Tabelle 8.2.3 ab. In einigen Fällen konnte keine Zuordnung der Projekte zu den Programmlinien vorgenommen werden.*

)elektrisches Fliegen“ (126), „KMU“ (121), „Disruptive Technologien“ (46) und „Technologiedemonstration“ (6).

Produktinnovationen

Insgesamt geben 275 der befragten Projektleitungen an, dass infolge der Projektaktivitäten neue oder verbesserte Produkte eingeführt wurden oder diese geplant sind (*Tabelle 8.2.3*).

Tabelle 8.2.3
Projekte mit bereits eingeführten oder geplanten Produkten/ Dienstleistungen und Prozessen differenziert nach Programmlinien

	Wasserstofftechnologien und (hybrid-) elektrisches Fliegen (n=126)	Technologie-demonstration (n=6)	Digitalisierung und künstliche Intelligenz (n=162)	KMU (n=121)	Disruptive Technologien (n=46)	Basistechnologien (n=305)	Gesamt (N=766)
Produktinnovationen (N = 704)							
eingeführt	4 (8%)	0 (0%)	4 (7%)	5 (12%)	1 (8%)	12 (11%)	26 (9%)
geplant	49 (92%)	4 (100%)	50 (93%)	37 (88%)	12 (82%)	97 (81%)	249 (91%)
Gesamt	**53 (19%)**	**4 (1%)**	**54 (20%)**	**42 (15%)**	**13 (5%)**	**109 (40%)**	**275 (36%)**
Dienstleitungsinnovationen (N = 704)							
eingeführt	7 (27%)	0	0 (0%)	5 (23%)	0 (0%)	10 (21%)	22 (18%)
geplant	19 (73%)	0	22 (100%)	17 (77%)	7 (100%)	38 (79%)	103 (82%)
Gesamt	**26 (21%)**	**0 (0%)**	**22 (18%)**	**22 (18%)**	**7 (6%)**	**48 (38%)**	**125 (16%)**
Prozessinnovationen (N= 701)							
eingeführt	10 (21%)	0 (0%)	16 (19%)	14 (25%)	7 (27%)	16 (11%)	63 (17%)
geplant	37 (79%)	2 (100%)	70 (81%)	43 (75%)	19 (73%)	132 (89%)	303 (83%)
Gesamt	**47 (13%)**	**2 (1%)**	**86 (23%)**	**57 (16%)**	**26 (7%)**	**148 (40%)**	**366 (48%)**

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Die Programmlinie „Basistechnologien” setzt hierbei die stärksten Impulse. Aus 109 Projekten gehen Produktinnovationen hervor bzw. sind diese geplant (40%). Die wenigsten Impulse gehen hingegen von der Programmlinie „Technologiedemonstration” aus (4), gefolgt von den Programmlinien „Disruptive Technologien” (13), „KMU” (42), „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen” (53), „Digitalisierung und künstliche Intelligenz” (54). Im Gruppenvergleich fällt auf, dass zum Befragungszeitpunkt anteilig häufiger aus Projekten der Programmlinien „KMU” und „Basistechnologien” bereits Produkte eingeführt werden konnten. 12% (5 von 42) der

Projektleitungen von Projekten der Programmlinie gibt an, dass bereits Produktinnovationen eingeführt wurden, bei Projektaktivitäten der Programmlinie „Basistechnologien" geben dies 11% (12 von 109) der Projektleitungen an. Im Durchschnitt trifft dies hingegen auf 9% der Projektleitungen zu. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass gerade Projekte dieser Programmlinie deutlich anwendungsorientierter sind und damit auch dichter an der Umsetzung.

Dienstleistungsinnovationen

Bei den Dienstleistungsinnovationen zeigt sich ein ähnliches Bild. Insgesamt geben hier 125 der gut 700 befragten Projektleitungen an, dass Dienstleistungsinnovationen eingeführt wurden oder dies geplant ist. Auch hier gehen die stärksten Impulse von der Programmlinie „Basistechnologien" aus. Aus 48 von 125 Projekten der Programmlinie „Basistechnologien" resultieren Dienstleistungsinnovationen (38%). Die wenigsten Impulse gehen von der Programmlinie „Technologiedemonstration" aus (0), gefolgt von den Programmlinien „Disruptive Technologien" (7), „KMU" (22), „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (22) und „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" (26). Ebenfalls geben Projektleitungen der Programmlinie „Basistechnologien" absolut betrachtet am häufigsten an, dass neue Dienstleistungen eingeführt wurden ("Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen": 7; „KMU": 5; Rest: 0). Damit ist es bis zum Befragungszeitpunkt anteilig betrachtet häufiger gelungen, Dienstleistungsinnovationen aus Projekten der Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" (27%, 7 von 26) und „Basistechnologien" (21%, 10 von 48) einzuführen.

Prozessinnovationen

Insgesamt geben 366 der befragten Projektleitungen an, dass infolge der Projektaktivitäten neue oder verbesserte Prozesse eingeführt wurden oder dies geplant ist. Die Programmlinie „Basistechnologien" setzt hierbei absolut betrachtet die stärksten Impulse. Aus 148 Projekten gehen Prozessinnovationen hervor oder ist dies geplant (40%). Die wenigsten Impulse gehen hingegen von der Programmlinie „Technologiedemonstration" aus (2), gefolgt von den Programmlinien „Disruptive Technologien" (26), „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" (47), „KMU" (57), „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (86). Tendenziell kommen Prozessinnovationen häufiger aus Projekten der Programmlinien „Disruptive Technologien" (27%, 7 von 26) und „KMU" (25%, 14 von 57).

Anschlussprojekte

Für die Weiterentwicklung des im Rahmen von LuFo VI-Projekten generierte Wissen oder entwickelten Technologien sind Anschlussprojekte von großer Bedeutung. Dies geschieht etwa mit dem Ziel, Ergebnisse in Richtung Produkt- und Verfahrensinnovationen weiterzuentwickeln oder um neu entstandene Forschungsthemen zu vertiefen. Tendenziell spielen Anschlussprojekte über alle Programmlinien hinweg eine große Rolle (vgl. *Tabelle 8.2.4*).

Tabelle 8.2.4
Projektergebnisse differenziert nach Programmlinien

	Wasserstofftechnologien und (hybrid-) elektrisches Fliegen	Technologie-demonstration	Digitalisierung und künstliche Intelligenz	KMU	Disruptive Technologien	Basistechnologien	Gesamt
	(n=103)	(n=4)	(n=143)	(n=109)	(n=80)	(n=230)	(N=669)
Anschlussprojekte							
eingetreten	23 (22%)	0 (0%)	24 (17%)	13 (12%)	19 (24%)	31 (13%)	**110 (16%)**
geplant	64 (62%)	2 (50%)	76 (53%)	73 (67%)	54 (68%)	147 (64%)	**416 (62%)**
nicht eingetreten oder geplant	10 (10%)	2 (50%)	23 (16%)	16 (15%)	7 (9%)	32 (14%)	**90 (13%)**
Wechsel (auch temporär) von Projektmitarbeitenden in (andere) Unternehmen							
eingetreten	10 (10%)	1 (25%)	18 (13%)	10 (9%)	9 (11%)	34 (15%)	**82 (12%)**
geplant	9 (9%)	2 (50%)	13 (9%)	11 (10%)	19 (24%)	23 (10%)	**75 (11%)**
nicht eingetreten oder geplant	74 (72%)	4 (100%)	91 (64%)	75 (69%)	44 (55%)	146 (63%)	**432 (65%)**
Projektergebnisse finden/fanden Eingang in Richtlinien oder Normen							
eingetreten	3 (3%)	0 (0%)	8 (6%)	3 (3%)	0 (0%)	5 (2%)	**19 (3%)**
geplant	29 (28%)	0 (0%)	39 (27%)	18 (17%)	13 (16%)	63 (27%)	**162 (24%)**
nicht eingetreten oder geplant	55 (53%)	4 (100%)	79 (55%)	69 (63%)	59 (74%)	140 (61%)	**406 (61%)**

Quelle: Eigene Darstellung auf einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Zum Befragungszeitpunkt folgten bei 110 von 669 Projekten bereits Anschlussprojekte, für 416 Projekte ist dies noch vorgesehen. Bei 90 der 669 Projekten ist dies weder eingetreten noch geplant. Die meisten Anschlussprojekte erfolgen absolut betrachtet aus den Projektaktivitäten der Programmlinie „Basistechnologien" ("Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen": 28; „Technologiedemonstration": 0; „Digitalisierung und künstliche Intelligenz": 24; „KMU": 13; „Disruptive Tech-

nologien": 19; „Basistechnologien": 31). Darüber hinaus entfällt ein Drittel der geplanten Anschlussprojekte auf die Programmlinie „Basistechnologien" (147), deutlich weniger Anschlussprojekte sind hingegen bei Projekten der Programmlinien „Technologiedemonstration" (2) und „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (54) geplant.

Bei einer Betrachtung der Programmlinien fällt eine tendenziell größere Bedeutung von Anschlussprojekten in der Programmlinie „Disruptive Technologien" auf. 92% (73 von 80) der Projektleitungen geben hier an, dass infolge der Projektergebnisse entweder Anschlussprojekte entstanden oder geplant sind. Mit einem Anteil von 70% (100 von 143) geben im Vergleich dazu Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" am seltensten an, dass infolge der Projektaktivitäten Anschlussprojekte entstanden oder geplant sind.

(Temporärer) Wechsel von Mitarbeitenden in (andere) Unternehmen

Der Wechsel von Mitarbeitenden zwischen Organisationen stellt einen zentralen Aspekt in Hinblick auf den Wissenstransfer im Zusammenhang mit der Förderung dar. Dieser kann dazu beitragen, die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Projektpartnern zu stärken, den Wissenstransfer zu verbessern und Innovationen voranzutreiben. Den Wechsel von Mitarbeitenden in (andere) Unternehmen geben in der Online-Befragung 82 der insgesamt 669 befragten Projektleitungen an, bei weiteren 75 Projekten steht dieser noch bevor. Mehr als 40% (34 von 82) der Mitarbeiterwechsel erfolgen im Rahmen von Projektaktivitäten der Programmlinie „Basistechnologien". Aus den anderen Programmlinien erfolgen hingegen mit Ausnahme der Programmlinie „Technologiedemonstration" (1) jeweils 10-18 Mitarbeiterwechsel in (andere) Unternehmen. Geplante Personalwechsel finden absolut betrachtet vor allem in der Programmlinie „Basistechnologien" (23) und „Disruptive Technologien" (19) statt.

Bei einer Betrachtung der Programmlinien fällt eine tendenziell größere Bedeutung von Personalwechseln in der Programmlinie „Disruptive Technologien" auf. 35% (28 von 80) der Projektleitungen gibt an, dass Mitarbeiterwechsel bereits eingetreten oder geplant sind. Im Durchschnitt über alle Programmlinien hinweg trifft das auf 23% zu (157 von 669).

Eingang in Richtlinien und Normen

Der Eingang von Projektergebnissen in Richtlinien und Normen ist natürlicherweise eher selten ein Charakteristikum von Forschungsprojekten. Dies ist allerdings der Fall, wenn Themen behandelt werden, die für die gesamte Branche oder zumindest ganze Teile der Wertschöpfungskette relevant sind. Somit kommt LuFo VI-Projekten eine Vorbereitungsfunktion bei der Erstellung von Normen und Richtlinien zu, von denen dann die gesamte Branche deutschland- und EU-weit profitiert.

Da sich die LuFo VI-Projekte überwiegend noch in der Umsetzung befinden, ist es naheliegend, dass entsprechende Aktivitäten meist noch die Ausnahme darstellen. Nach Angaben der Projektleitungen sind bisher Ergebnisse aus insgesamt 19 von 669 Projekten in Richtlinien und Normen eingegangen. Die meisten Einführungen fallen auf die Programmlinie „Digitalisierung und künstliche Intelligenz" (8). In den

Programmlinien „Technologiedemonstration” und „Disruptive Technologien" sind bis zum Befragungszeitpunkt noch keine Projektergebnisse in Richtlinien und Normen eingegangen.

Insgesamt geben dagegen 162 von 669 Projektleitungen an, dass der Eingang von Projektergebnissen in Normen und Richtlinien geplant ist. Dies trifft insbesondere auf Projekte zu, die in der Programmlinie „Basistechnologien” umgesetzt werden (“Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen”: 29; „Technologiedemonstration“: 0; „Digitalisierung und künstliche Intelligenz“: 39; “KMU”: 18; „Disruptive Technologien“: 13; „Basistechnologien“: 63).

Den Eingang von Projektergebnissen in Richtlinien und Normen planen anteilig zudem Projektleitungen von Projekten der Programmlinien „Basistechnologien” (27%), „Digitalisierung und künstliche Intelligenz” (27%) und „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen” (28%) vergleichsweise häufiger als Projektleitungen von Projektaktivitäten der anderen Programmlinien (“Technologiedemonstration”: 0%; „KMU”: 17%; „Disruptive Technologien”: 16%).

Projektauswirkungen differenziert nach Programmlinien: Anstoß von Investitionen

Rund zwei Drittel der Projektleitungen gibt an, dass aus den Projekten entweder ein Anstoß für Investitionen gegeben wurde (73 von 620, 12%) oder dies erwartet wird (332 von 620, 54%) (*Tabelle 8.2.5*). Absolut betrachtet resultieren die meisten Anstöße für Investitionen aus Projekten der Programmlinie „Basistechnologien” (18) und werden hier auch am häufigsten erwartet (120). Im Gruppenvergleich gingen anteilig vor allem aus Projektaktivitäten der Programmlinien „Disruptive Technologien” (13 von 75, 17%) und „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen” (15 von 93, 16%) Investitionen hervor. Mit einem Anteil von 44% (60 von 136) sind es vor allem Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Digitalisierung und künstliche Intelligenz”, die am seltensten davon ausgehen, dass ihre Projektaktivitäten einen Anstoß für Investitionen geben werden.

Tabelle 8.2.5
Realisierte und erwartete Auswirkungen differenziert nach Programmlinien

	Wasserstofftechnologien und (hybrid-) elektrisches Fliegen (n=93)	Technologie-demonstration (n=4)	Digitalisierung und künstliche Intelligenz (n=136)	KMU (n=101)	Disruptive Technologien (n=75)	Basistechnologien (n=211)	Gesamt (n=620)
Anstoß von Investitionen							
eingetreten	15 (16%)	0 (0%)	16 (12%)	11 (11%)	13 (17%)	18 (9%)	**73 (12%)**
erwartet	55 (59%)	3	60 (44%)	57 (56%)	37 (49%)	120 (57%)	**332 (54%)**
nicht eingetreten/ erwartet	9 (10%)	1	26 (19%)	19 (19%)	16 (21%)	37 (18%)	**108 (17%)**
Schaffung neuer Arbeitsplätze							
eingetreten	14 (15%)	0 (0%)	7 (5%)	10 (10%)	14 (19%)	12 (6%)	**57 (9%)**
erwartet	49 (53%)	3	51 (38%)	40 (40%)	32 (43%)	96 (45%)	**271 (44%)**
nicht eingetreten/ erwartet	13 (24%)	1	50 (37%)	31 (31%)	15 (20%)	52 (25%)	**162 (26%)**
Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen							
eingetreten	6 (6%)	0 (0%)	6 (4%)	4 (4%)	6 (8%)	8 (4%)	**30 (5%)**
erwartet	65 (70%)	3	69 (51%)	65 (64%)	34 (45%)	133 (63%)	**369 (60%)**
nicht eingetreten/ erwartet	11 (12%)	1	44 (32%)	20 (20%)	22 (29%)	38 (18%)	**136 (22%)**
Kostensenkung							
eingetreten	3 (3%)	0 (0%)	8 (6%)	2 (2%)	1 (1%)	5 (2%)	**19 (3%)**
erwartet	28 (30%)	4	76 (56%)	43 (43%)	29 (39%)	126 (60%)	**306 (49%)**
nicht eingetreten/ erwartet	51 (55%)	0 (0%)	44 (32%)	41 (41%)	35 (47%)	68 (32%)	**239 (39%)**
Einsparung von Material, Hilfsstoffen, Energie							
eingetreten	2 (2%)	0 (0%)	4 (3%)	3 (3%)	3 (4%)	4 (2%)	**16 (3%)**
erwartet	28 (30%)	2	55 (40%)	35 (35%)	38 (51%)	118 (56%)	**276 (45%)**
nicht eingetreten/ erwartet	52 (56%)	1	68 (50%)	50 (50%)	29 (39%)	74 (35%)	**274 (44%)**

Quelle: Eigene Darstellung auf einer Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023.

Schaffung von Arbeitsplätzen

In Hinblick auf die volkswirtschaftlichen Wirkungen von LuFo VI steht insbesondere die Hoffnung im Mittelpunkt, einen Impuls für Beschäftigung und Arbeitsmarkt zu setzen. Die Schaffung von Arbeitsplätzen geben 57 der 620 befragten Projektleitungen (9%) an, deutlich mehr erwarten eine Schaffung von Arbeitsplätzen (271 von 620, 44%). Gut ein Viertel der Befragten (162 von 620) gibt dagegen an, dass dies nicht eingetreten ist oder erwartet wird. Der stärkste absolute Impuls geht zum Befragungszeitpunkt von den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" und „Disruptive Technologien" aus. Bei jeweils 14 Projekten konnten demnach Arbeitsplätze bereits geschaffen werden. Auch im Gruppenvergleich schneiden diese Programmlinien hinsichtlich der bereits eingetretenen Beschäftigungswirkung im Vergleich besser ab. So gehen aus 19% (14 von 75) der Projektaktivitäten in der Programmlinie „Disruptive Technologien" und aus 15% (14 von 93) der Projektaktivitäten in der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" bereits Arbeitsplätze hervor. Im Gegensatz dazu geben mit einem Anteil von 6% (12 von 211) am seltensten Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Basistechnologien" an, dass Arbeitsplätze entstanden sind. Darüber hinaus rechnen Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" mit einem Anteil von 53% (49 von 93) auch in Zukunft häufiger mit der Schaffung von Arbeitsplätzen als alle anderen Projektleitungen (im Durchschnitt 44%, 274 von 620).

Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen

Zusätzliche Umsätze bzw. Einnahmen wurden zum Befragungszeitpunkt bei insgesamt 30 der 620 Projekten generiert. Eine deutliche Mehrheit (369 von 620) erwartet zusätzliche Umsätze bzw. Einnahmen. Absolut betrachtet gehen Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Basistechnologien" am häufigsten von zusätzlichen Umsätzen und Einnahmen (133) aus. Klammert man die Programmlinie „Technologiedemonstration" im Vergleich aus, erwarten Projektleitungen der Programmlinie „Disruptive Technologien" sowohl absolut betrachtet als auch relativ (34 von 75, 45%) am seltensten zusätzliche aus den Projektaktivitäten heraus generierte Umsätze bzw. Einnahmen. Im Gegensatz dazu gehen anteilig häufiger Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" (65 von 93, 70%) von einer zukünftigen Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen als Folge der Projektaktivitäten aus.

Kostensenkungen

Eine Auswirkung auf die Kostenstruktur in Form von Kostensenkungen geben 19 der 620 (3%) Projektenleitungen an, erwartet werden diese von weiteren 306 Projektleitungen (60%). Keine Kostensenkungen (bereits eingetreten oder geplant) geben 136 Projektleitungen an (22%). In der Programmlinie „Basistechnologien" erwarten hierbei nicht nur absolut betrachtet die meisten Projektleitungen eine Kostensenkung als Folge der Projektaktivitäten, sondern auch im Gruppenvergleich wird hier mit einem Anteil von 60% (126 von 211) am häufigsten von Kostensenkungen ausgegan-

gen. Deutlich seltener gehen mit einem Anteil von 30% Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" von Kostensenkungen in der Zukunft aus (28 von 93).

Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie

Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie werden von 16 der 620 befragten Projektleitungen angegeben. Absolute Unterschiede lassen sich in diesem Kontext allerdings nicht finden. Bedeutend mehr Projektleitungen geben dagegen an, dass Auswirkungen im Bereich Material, Hilfsstoffe und Energie erwartet werden (276 von 620). Darüber hinaus geben weitere 274 Projektleitungen an, dass keine Einsparungen eingetreten sind und auch nicht erwartet werden. Mit knapp 43% geben vor allem Projektleitungen aus Projekten der Programmlinie „Basistechnologien" an, dass es zu Einsparungen kommen wird ("Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen": 28; „Technologiedemonstration": 0; „Digitalisierung und künstliche Intelligenz": 55; „KMU": 35; „Disruptive Technologien": 38; „Basistechnologien": 118).

Bei einem direkten Gruppenvergleich lässt sich aus *Tabelle 8.2.5* ableiten, dass allerdings vor allem befragte Projektleitungen von Projekten der Programmlinien „Disruptive Technologien" und „Basistechnologien" anteilig häufiger von Einsparungen ausgehen. 38 von 75 der Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Disruptive Technologien" erwarten Einsparungen im Bereich Material, Hilfsstoffe und Energie, d.h. 51% der Projektleitungen. Bei Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Basistechnologien" sind es 56% (118 von 211). Im Vergleich dazu erwarten dies insgesamt 45% der Projektleitungen (276 von 620).

Wirtschaftliche Nutzbarkeit der Projektergebnisse

Die wirtschaftliche Nutzbarkeit von Projektergebnissen und deren Auswirkungen auf die Organisation variiert mit der inhaltlichen Ausrichtung der Programmlinien (eher anwendungsorientiert gegenüber mehr grundlagenorientiert). Zu beachten ist dabei, dass in jedem Fall zusätzlicher FuE-Aufwand erforderlich ist, bevor die Projektergebnisse für wirtschaftliche Zwecke genutzt werden können.

Insgesamt gibt in diesem Zusammenhang ein Viertel der Projektleitungen (157 von 659) an, dass ein erheblicher Forschungsaufwand erforderlich ist (trifft voll zu). Weitere 253 von 659 sehen zudem einen erheblichen Entwicklungsaufwand. Mit 49 bzw. 80 Projektleitungen geben dies jeweils am häufigsten Projektleitungen der Programmlinie „Basistechnologien" an. Allerdings muss hier die allgemeine Umsetzungsstärke der Programmlinie berücksichtigt werden. Im Vergleich zu allen anderen Programmlinien sind es anteilig vor allem Projektleitungen der Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" und „Disruptive Technologien", die einen erheblichen Forschungs- aber auch Entwicklungsaufwand sehen.

38 von 104 (37%) der befragten Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen" bzw. für 26 von 77 (34%) Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Disruptive Technologien" sehen demnach einen erheblichen Forschungsaufwand ("Trifft voll zu"). Im Vergleich

dazu trifft dies für die Programmlinie „Basistechnologien” nur auf 49 von 225 Projektleitungen zu, d.h. auf einen Anteil von 22%. Einen erheblichen Entwicklungsaufwand sehen zudem 48 von 104 (46%) der Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen” und 32 von 77 (42%) der Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Disruptive Technologien” Projektleitungen. Bei Projektaktivitäten der Programmlinie „Basistechnologien” sehen dagegen 36% (80 von 225) der Projektleitungen einen erheblichen Entwicklungsaufwand. Erklären lässt sich der Unterschied mit der Grundlagenforschung, die vor allem in der Programmlinie „Disruptive Technologien”, aber auch in der Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen” betrieben wird. Die Projektaktivitäten gehen zumeist mit einem langfristigen Zeithorizont einher und sind nur in Teilbereichen nahe an der Umsetzung dran.

Darüber hinaus geben die Projektleitungen von Projekten der Programmlinie „Disruptive Technologien” häufiger an, dass eine Verwertung außerhalb der Organisation/Unternehmen erforderlich ist, um eine Wirkung zu erzielen. Lediglich 27% (21 von 77) der Projektleitungen sind der Ansicht, dass eine Verwertung außerhalb nicht erforderlich ist, während über die Programmlinien hinweg 45% (294 von 659) der Projektleitungen für ihre Projektaktivitäten keine Verwertung außerhalb der Organisation für notwendig halten.

Die Fokusgruppen ordnen die Ergebnisse und Wirkungen der Projektaktivitäten noch einmal differenzierter ein. Im Allgemeinen sehen diese keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Programmlinien im Hinblick auf die grundsätzliche Wirkung. Unterschiedliche Wirkungen seien vielmehr ein Resultat unterschiedlicher Mittelausstattungen. Darüber hinaus sehen sie die Fokussierung auf bestimmte Bereiche/ Programmlinien als potenziell kritisch in Hinblick auf die erwarteten Programmwirkungen nach Programmlinien an. In diesem Zusammenhang wurde die Fokussierung auf das Thema Klima, aber auch auf KI unter den Expertinnen und Experten näher betrachtet. So sind nach deren Ansicht erhebliche Mittel in das elektrische Fliegen und in Wasserstofftechnologien geflossen, sodass in diesen Bereichen auch mit größeren Auswirkungen zu rechnen sei. Als Folge bestehe aber auch die Gefahr, dass andere wichtige Themen in den Hintergrund geraten könnten.

Weitere Vorbehalte haben die Expertinnen und Experten in Hinblick auf künstliche Intelligenz. Dies sei noch Neuland und die Fokussierung in einer Programmlinie führe dazu, dass unterschiedlichste Aspekte unter diesem Thema subsummiert würden. Darüber hinaus dauert es nach Ansicht der Expertinnen und Experten der Fokusgruppen noch relativ lange, bis es relevante Anwendungsfelder gibt, da sicherheitsrelevante Aspekte im Luftfahrtbereich eine besondere Rolle spielen und es schwierig sei, nachzuweisen, dass KI-Anwendungen auch nachhaltig und zuverlässig eingesetzt werden können.

Unterschiede sehen die Expertinnen und Experten der Fokusgruppen eher zwischen disruptiven Innovationen und inkrementellen technologischen Weiterentwicklungen.

Demnach benötigen disruptive Innovationen längere Vorlaufzeiten, können aber langfristig wirtschaftliche Potenziale bergen. Wichtig sei grundsätzlich, dass immer wieder in grundsätzlich neue Technologien investiert werde, auch wenn diese mit höheren Risiken einhergehe.

Für den Erfolg der Projekte ist den Expertinnen und Experten der Fokusgruppen zufolge darüber hinaus die Einbindung von Großunternehmen wichtig, da diese über große Ressourcen und vielfältige Technologien verfügen, die wiederum gezielt durch spezifische Kompetenzen der KMU ergänzt werden können. Aufgrund dessen sei die Programmlinie „KMU" sinnvoll, sie sollte aber nicht zwingend allein auf KMU fokussiert werden. Die Expertinnen und Experten der Fokusgruppe betonen, dass von zentraler Bedeutung für die Wirkungen der Projekte auch die Auswahl der beteiligten Wissenschaftseinrichtungen ist. Es ist entscheidend, wissenschaftliche Kompetenzen an den richtigen Stellen im Projektverbund einzubinden, um maximale Wirkung und Projekterfolge zu erzielen.

8.3 Mitnahmeeffekte oder weitere negative Programmergebnisse und -wirkungen

Die Förderung im Rahmen von LuFo VI kann neben den dargestellten positiven Effekten auch negative Auswirkungen haben. Potenziell negative Wirkungen können beispielsweise auf den Handel und Wettbewerb im Luftfahrtsektor oder anderen Sektoren (etwa vorgelagerten Wirtschaftssektoren) ausgehen (diese Effekte werden im Besonderen in *Abschnitt 9.2* diskutiert). Darüber hinaus können noch weitere unerwünschte negative Programmeffekte auftreten. Dazu gehören Mitnahmeeffekte, die dazu führen, dass Projekte finanziert werden, die auch ohne die Förderung durchgeführt worden wären.

Diese Mitnahmeeffekte können in keinem vergleichbaren Förderprogramm gänzlich verhindert werden, sie sollten sich jedoch im Vergleich zu den positiven Programmwirkungen im Rahmen halten. Weiterhin gilt es zu untersuchen, ob weitere mögliche negative Programmwirkungen beobachtet werden können, etwa ein inhaltlicher Fokus auf Bereiche der Forschung, die nicht gesellschaftlich gewünscht sind. Insgesamt ist zu betrachten, wie die negativen gegenüber den positiven Programmeffekten zu bewerten sind und wie deutlich die negativen von den positiven Effekten der LuFo VI-Förderung überkompensiert werden (vgl. *Abschnitt 10.7*). Die Informations- und Datenquellen dafür sind die Online-Befragungen, die Fokusgruppen und die Analysen im Rahmen der Fallstudien.

Mitnahmeeffekte

Mitnahmeeffekte der LuFo VI-Förderung liegen vor, wenn die geförderten Akteure auch ohne die LuFo VI-Förderung diese Projekte vollständig oder zumindest teilweise umgesetzt hätten. Um die Mitnahmeeffekte zu messen, wurden in der Online-Befragung den Projektleitungen verschiedene Fragen gestellt. *Tabelle 8.3.1* stellt die Antworten auf die Fragen für die jeweiligen Akteursgruppen und über alle Akteursgruppen hinweg gemeinsam dar.

Über alle Akteursgruppen hinweg, geben lediglich 4% (26 von 676) der Projektleitungen an, das Projekt auch ohne LuFo VI-Förderung zu realisieren (die Zustimmung ist unter den Großunternehmen größer (7%, 15 von 227) als bei den KMU (3%, 3 von 113) und bei den Wissenschaftseinrichtungen (2%, 8 von 336)), 76% (515 von 676) dagegen geben an, dass das Projekt dann nicht realisiert werden würde (84% der Wissenschaftseinrichtungen (282 von 336), 66% der Großunternehmen (149 von 227) und 74% der KMU (84 von 113)).

So ist es auch wenig verwunderlich, dass 71% (481 von 676) die Realisierung des Projekts ohne LuFo VI als unwahrscheinlich einschätzen, auch wenn 17% (112 von 676) der befragten Projektleitungen der Meinung sind, dass eine Projektrealisierung auch ohne LuFo VI nicht unwahrscheinlich gewesen wäre. Der Anteil derjenigen Projektleitungen von KMU und Wissenschaftseinrichtungen, die eine Projektrealisierung ohne LuFo VI-Förderung für unwahrscheinlich halten, ist mit 73% (83 von 113) bzw. 76% (257 von 336) größer als bei Großunternehmen, bei denen der Anteil bei 67% (152 von 227) liegt.

Tabelle 8.3.1
Realisierung von Projekten ohne LuFo VI-Förderung nach Art des Zuwendungsempfängers

		GU (n=227)	KMU (n=113)	WISS (n=336)	Gesamt (N=676)
Projektrealisierung auch ohne LuFo VI	trifft zu	15 (7%)	3 (3%)	8 (2%)	26 (4%)
	trifft nicht zu	149 (66%)	84 (74%)	282 (84%)	515 (76%)
Projektrealisierung ohne LuFo VI unwahrscheinlich	trifft zu	152 (67%)	83 (73%)	257 (76%)	481 (71%)
	trifft nicht zu	24 (11%)	16 (14%)	49 (15%)	112 (17%)
Spätere Projektrealisierung mit geringeren Ressourcen	trifft zu	125 (55%)	21 (19%)	44 (13%)	190 (28%)
	trifft nicht zu	51 (22%)	60 (53%)	200 (60%)	311 (46%)
Projektrealisierung durch andere Förderung	trifft zu	141 (62%)	69 (61%)	216 (64%)	437 (65%)
	trifft nicht zu	47 (21%)	14 (12%)	48 (14%)	86 (13%)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung von Projektleitungen 2023 (N=676). Nennungen zur Antwortkategorie „Weiß ich nicht“ finden Berücksichtigung in der Auswertung, werden aber nicht dargestellt.

Über sämtliche Akteursgruppen hinweg geben 28% (190 von 676) der Projektleitungen an, dass sie ohne LuFo-Förderung das Projekt zu einem späteren Zeitpunkt und mit geringeren Ressourcen umgesetzt hätten. 46% (311 von 676) geben an, dies nicht tun zu würden. Mit 55% (125 von 227) ist der Anteil bei den Großunternehmen, die das Projekt zu einem späteren Zeitpunkt und mit geringeren Ressourcen durchführen

würden, deutlich höher als bei KMU und Wissenschaftseinrichtungen, von denen dies nur 19% (21 von 113) bzw. 13% (44 von 336) tun würden. Als nichtzutreffend schätzen dies 22% der Großunternehmen (51 von 227), 53% der KMU (60 von 113) und 60% (200 von 336) der Wissenschaftseinrichtungen ein.

65% (437 vom 676) der befragten Projektleitungen geben zudem an, dass sie versucht hätten, das Projekt mittels anderer Förderung umzusetzen. Nur 13% (86 von 676) würden dies nicht tun. Sehr große Unterschiede zwischen den Akteursgruppen existieren nicht. Während 62% (141 von 227) der Großunternehmen und 61% (69 von 113) der KMU versuchen würden das Projekt durch anderweitige Förderung zu realisieren, würden dies bei Wissenschaftseinrichtungen mit 64% (216 von 336) nur geringfügig mehr tun. Keine anderweitige Projektrealisierung durch andere Förderung würden 21% (47 von 277) der Großunternehmen, 12% (14 von 113) der KMU und 14% (48 von 336) der Wissenschaftseinrichtungen machen.

Diese Befunde aus den Online-Befragungen passen auch zu den Einschätzungen im Rahmen der Fokusgruppen, wonach nur in ganz seltenen Fällen die LuFo VI-Förderung für Forschungsprojekte eingeworben würde, die auch ohne diese Fördermaßnahme durchgeführt würden, oder dass Forschungsergebnisse bereits vor Beginn der LuFo-Förderung bei den Unternehmen intern vorgelegen hätten. Laut den Fokusgruppen können beispielsweise Luftfahrtförderungsprogramme auf Länderebene, die in Brandenburg, Niedersachsen, Bayern, Bremen oder Hamburg zu finden sind,[14] teilweise ebenfalls die in LuFo VI geförderten Aspekte adressieren. So kann es zu Überlappungen und möglicherweise zu einer ineffizienten Ressourcennutzung kommen. In Ausnahmefällen könnte es aber auch dazu kommen, dass ähnliche Forschungsanträge sowohl bei LuFo als auch auf Länderebene gestellt und gefördert werden, wobei der Nutzen der Förderung beider Anträge marginal sein könne.

Geringe Mitnahmeeffekte zeigen sich nach Ansicht der Expertinnen und Experten der Fokusgruppen vereinzelt auch dadurch, dass Mitarbeitende mit Hilfe von LuFo VI-Projekten beschäftigt werden, um Personalkosten zu reduzieren, etwa zur Überbrückung von Auslastungslücken. Gerade diese Praxis konnte während der COVID-19-Pandemie beobachtet werden. Ähnlich verhält es sich bei einigen wenigen Fällen, in denen die Teilnahme an LuFo weniger durch das reine Forschungsinteresse motiviert, sondern vielmehr als Mittel zur Steigerung ihrer Sichtbarkeit und Präsenz in der Luftfahrtforschungslandschaft motiviert ist. Diese Unternehmen nutzen LuFo-Projekte als Plattform, um sich als innovative Akteure zu positionieren und ihre Reichweite zu erhöhen.

Die Einschätzungen aus den Online-Befragungen und Fokusgruppen wurden auch von den Fallstudien bestätigt. Demnach sei LuFo VI meist essenziell, um das jeweilige Forschungsprojekt überhaupt bzw. in dem Ausmaß und zu dem Zeitpunkt durchzuführen. Die Äußerungen aus den Gesprächen im Rahmen der Fallstudien lassen sich wie folgt zusammenfassen: Fast ausnahmslos wird von unterschiedlichen Akteursgruppen geäußert, dass das Forschungsprojekt ohne die LuFo VI-Förderung

[14] *Vgl. https://www.dlr.de/de/pt-lf/foerderprogramme/landesebene*

nicht in diesem Umfang durchgeführt worden wäre. Unternehmen berichten, dass gerade die LuFo-Förderung Freiräume ermöglicht, in denen breit und tief an Technologien geforscht und kooperiert werden kann, ohne dass die Gewinnerzielungszwänge wirken und gerade bei jungen und mit risikobehafteten Technologien unternehmensseitig ansonsten Zurückhaltung geübt worden würde. Für Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen ist die durch LuFo geschaffene Vernetzung wichtig, sodass Projekte ohne den Vernetzungscharakter uninteressanter wären. Wissenschaftseinrichtungen berichten zudem, dass durch die Kooperationen anwendungsnäher geforscht werden könne.

Mögliche Abhängigkeit von LuFo-Förderung

Negative Auswirkungen können sich auch aus dem Umstand ergeben, dass sich aus der wiederholten Förderung von Unternehmen oder Wissenschaftseinrichtungen eine gewisse Abhängigkeit von der LuFo-Förderung ergibt, wenn diese als gegeben angesehen wird und die beantragten Projekte nur noch in geringem Umfang bewilligt oder aufgrund von Priorisierungen auf andere Förderlinien mit geringeren Mitteln ausgestattet werden. Darüber hinaus kann die Abhängigkeit von der LuFo-Förderung auch für Unternehmen mit einem hohen Förderanteil ein Risiko darstellen, da die Finanzierung wegfallen kann, wenn sich staatliche Prioritäten in der Förderung verschieben. Zudem werden der LuFo-Förderung hohe Bewilligungsaussichten zugeschrieben. Die daraus erwachsende hohe Erfolgsaussicht bei der Projektbewilligung kann dazu führen, dass etwa EU-Fördermittel erst gar nicht mehr beantragt werden, was wiederum die Abhängigkeit von der LuFo-Förderung erhöht.

Dieser Möglichkeit stehen die Befunde aus den Fallstudien gegenüber, dass die Projektaktivitäten eben nicht einfach Projekte ersetzen, die sowieso durchgeführt worden wären. Vielmehr führt die Förderung dazu, dass gerade auch in solchen Bereichen Forschung betrieben wird, die sich durch hohe positive Externalitäten auszeichnen. Es kommt also teilweise zu einer Umlenkung der Förderung. Das betrifft auch die Beobachtung, dass die LuFo-Förderung in einigen Fällen dazu führt, dass strategisch relevante Projekte gefördert werden, die sonst im Tagesgeschäft nicht durchführbar wären, aber gleichzeitig im Erfolgsfall einen erheblichen Technologieimpuls versprechen. Die LuFo VI-Förderung führt also nach diesen Erkenntnissen insgesamt gerade nicht dazu, dass sich negative Strukturen verfestigen, sondern gibt vielmehr neue Impulse für die Luftfahrtforschung.

Ungewollte Wissensabflüsse

Ungewollte Wissensabflüsse liegen dann vor, wenn Wissen wie Forschungsergebnisse oder Geschäftsgeheimnisse unbeabsichtigt an eine andere Organisation transferiert werden. Die Gespräche im Rahmen der Fokusgruppen und der Fallstudien ergeben, dass aus Sicht der beteiligten Unternehmen durchaus Risiken von solchen ungewollten Wissensabflüssen bestehen, wenn Wissen etwa mit Verbundpartnern geteilt wird oder Forschungspersonal beispielsweise nach dem Ende der LuFo VI-Projekte das Unternehmen verlässt und die im Rahmen des LuFo VI-Projekts gewonnenen Informationen und Erkenntnisse zu einem konkurrierenden Unternehmen mitnimmt. Weiter werden zwei Beobachtungen gemacht: In einem Teil der untersuchten

Fallstudien sind direkte Wettbewerber vertreten, bei denen die Gefahr als tendenziell besonders hoch eingestuft wird. Diese ergreifen jedoch für ihr Unternehmen entsprechende Maßnahmen (etwa die getrennte Bearbeitung von Teil-Arbeitspaketen), die einen Wissensabfluss verhindern. Gleichzeitig ist aus Sicht der Technologieentwicklung in der Luftfahrt in vielen Fällen Wissenstransfer positiv zu bewerten. Es gibt keine Hinweise darauf, dass im Rahmen von LuFo VI in größerem Maße negative Wirkungen durch Wissensabflüsse zu beobachten wären.

IP-Verwertungsproblematik

Ein negativer Effekt kann aus der LuFo-Förderung resultieren, wenn Uneinigkeit über die Verwertung von geistigem Eigentum wie Patente oder Gebrauchsmuster besteht und es während der LuFo-Projektlaufzeit oder nach Beendigung des LuFo-Projekts unterschiedliche Ansichten und Vorstellungen bezüglich des im Projekt entstandenen geistigen Eigentums gibt. Dieses Thema wurde in den Fallstudien angesprochen. In den untersuchten Fällen wurden jedoch keine Hinweise auf Probleme mit der IP-Verwertung identifiziert. Die Beobachtungen weisen tendenziell darauf hin, dass IP-Fragen durch die beteiligten Akteure im Rahmen getrennter Vereinbarungen insgesamt gut gelöst werden.

Ineffizienzen bei großen Projektverbünden

Einige Projektverbünde weisen eine erhebliche Größe auf, die eine intensive und umfangreiche Projektkoordination erfordert. Dies kann prinzipiell vorteilhaft sein, da damit der breitere Transfer von Wissen befördert wird. Aufgrund dieser Komplexität besteht eine Herausforderung darin, sicherzustellen, dass alle beteiligten Akteure effektiv zusammenarbeiten und ihre jeweiligen Forschungsarbeiten koordiniert werden. Nicht optimal gemanagte Projektkonsortien sind daher möglicherweise nicht in der Lage, ihr volles Potenzial auszuschöpfen. Dies kann sich negativ auf den Gesamterfolg des Projektverbunds auswirken und dazu führen, dass Ziele nicht erreicht werden oder Ressourcen ineffizient genutzt werden. Auch geht aus den Gesprächen mit den Expertinnen und Experten im Rahmen der Fokusgruppen hervor, dass bei einigen Projekten die Tendenz besteht, das Projektmanagement an externe Agenturen auszulagern. Da diese jedoch nicht immer über ausreichendes technisches Wissen verfügen, kann auch dies zum Eintreten von Ineffizienzen führen.

Die Befunde zur Effizienz der größeren Projektkonsortien sind unterschiedlich. So gibt es aus den Verbunden, die im Rahmen der Fallstudien untersucht wurden, keine Hinweise auf negative Auswirkungen der Verbundgröße. Dieses Problem wird jedoch in Einzelfällen in der Online-Befragung genannt. Außerdem wird in Einzelfällen beobachtet, dass innerhalb der Projektkonsortien bestimmte Akteure eher weniger oder nicht direkt kooperieren. Insgesamt erscheint es aber so, dass sich bei den meisten größeren Projektkonsortien in LuFo VI das Auftreten von derartigen Ineffizienzen in Grenzen hält und die Projektverbünde insgesamt gut organisiert werden.

Beeinflussung und Verengung der Forschungsausrichtungen

Die Entscheidungen, welche Forschungsfelder und welche Technologien im Rahmen von LuFo VI gefördert werden, wird vom BMWK getroffen. Diese Entscheidungen haben weitreichende Auswirkungen auf die Forschungslandschaft. Oftmals werden aktuell als wichtig erachtete Forschungsbereiche mit erheblichen Mitteln ausgestattet, während andere potenziell ebenfalls wichtige Themenfelder möglicherweise geringer priorisiert werden. Dies kann dazu führen, dass die Ressourcen ungleich verteilt werden, was zu einer potenziellen Vernachlässigung anderer bedeutender Forschungsansätze führen könnte.

Thematisch wird bei LuFo VI eine Verengung des Themenfelds in zwei Richtungen angesprochen: zum einen die künstliche Intelligenz, zum anderen die Klimaneutralität. Bei der künstlichen Intelligenz wurde im Rahmen der Fokusgruppen die Frage aufgeworfen, welches Potenzial dieses Feld vor dem Hintergrund der Sicherheitsanforderungen der Luftfahrt in diesem Bereich hat. Bei der Frage der Klimaneutralität werden sowohl in den Fokusgruppen als auch in den Fallstudien teilweise die Befürchtung geäußert, dass durch eine zu starke Fokussierung andere wichtige Themen aus dem Blick geraten könnten. Die bisherigen Befunde zeigen eine starke Fokussierung der Förderung in LuFo VI-3 (Klima) auf die Klimaneutralität und Themen in Zusammenhang mit der Nachhaltigkeit, wobei weiterhin auch andere Themenfelder angesprochen werden. Abseits von dieser Beobachtung ist es aber derzeit noch zu früh, um konkrete Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen dieser stärkeren Fokussierungen treffen zu können. Dafür müssten die Wirkungen des Programms zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal betrachtet werden. Gleichzeitig bleibt aber festzuhalten, dass LuFo VI zurecht einen wichtigen Beitrag hinsichtlich der Zielsetzung der Klimaneutralität leisten soll.

Lange Entwicklungszyklen

Aufgrund der langen Entwicklungszyklen in der Luftfahrt liegen zwischen der Projektidee und der tatsächlichen Umsetzung in Form von neuen Produkten häufig mehrere Jahre. Gerade im Bereich der Technologieentwicklung sind solche Entwicklungszyklen mitunter zu lang, da bis zur potenziellen Marktreife schon wieder andere Technologien nachgefragt werden könnten. Eine LuFo-Förderung, die bestimmte Technologien im besonderen Maße fördert, ist hier mit der Gefahr konfrontiert, dass Anreize für bestimmte Technologien gesetzt werden, die bei Marktreife nicht mehr in ausreichendem Maße nachgefragt werden. Diese mögliche negative Wirkung trifft KMU meist stärker als die größeren OEMs, da KMU häufig abhängiger von einer schnellen Umsetzung sind. Dieses Problem tritt in der Hinsicht bei LuFo VI eher nicht auf, da die Förderung in diesem Programm insgesamt durch die breite Definition der verschiedenen Kategorien (wie Ziele und Förderlinien) weitgehend technologieoffen ist. Natürlich kann auch die Wahl einer Technologie, die ein Unternehmen im Bereich der Forschung vornimmt, sich nachträglich als falsch herausstellen, das wäre dann aber nicht LuFo VI anzulasten.

9. Ergebnisse und Auswirkungen über die Zuwendungsempfänger hinaus

Neben den direkten Programmwirkungen werden verschiedene Arten indirekter Programmwirkungen untersucht, die aus den Programmimpulsen resultieren. Dazu gehören Spillover-Effekte, also die Weitergabe von Wissen und Technologie zwischen Akteuren, sowie Auswirkungen auf Wettbewerb und Handel in der Luftfahrtbranche und darüber hinaus. Auch verschiedene Arten von negativen Wirkungen der Förderung können auftreten, die in Hinblick auf die Evaluation den positiven Programmwirkungen gegenübergestellt werden müssen. Diese indirekten Programmwirkungen können die Zuwendungsempfänger betreffen, aber auch über die Zuwendungsempfänger hinausgehen.

9.1 (Technologie-)Spillovers über die Verbundpartner hinaus

Die Initiierung von Spillovers über die Verbundpartner hinaus, also die Initiierung interorganisationaler Lerneffekte durch eine Weitergabe von Wissen an Akteure, ist ein wichtiges Ergebnis der LuFo-Förderung. Neben dem Wissenstransfer zwischen den Verbundpartnern, der Gegenstand von *Abschnitt 6.2* ist, wird in erheblichem Ausmaß auch ein Transfer von Wissen an andere Akteure außerhalb der Projektverbünde realisiert. Relevante Aspekte dieser Spillovers über die Zuwendungsempfänger hinaus werden im Rahmen der Online-Befragungen beleuchtet, können aber insbesondere auch im Rahmen der Process-Tracing- und Fokusgruppen-Analysen beobachtet und diskutiert werden.

Aufgabe von LuFo-Projekten ist es zunächst, eine Projektidee umzusetzen, beispielsweise in Form der Weiterentwicklung einer Technologie, der Entwicklung von Softwarelösungen, der Kreierung von Testinfrastrukturen und Prototypen oder dem Setzen von Standards. Damit verbunden sind verschiedene Auswirkungen, die zunächst in einen Wissenstransfer münden, woraus sich die Generierung von Produkt-, Verfahrens- oder Dienstleistungsinnovationen ergeben kann, verbunden schließlich mit Umsatzsteigerungen, Kostensenkungen und der Schaffung von Beschäftigung. Diese Inventions-, Innovations- und Produktionsprozesse können sich primär innerhalb der Projektpartner der LuFo-Projekte vollziehen, sie können aber auch weit darüber hinausgehen und mehr oder weniger die gesamte Luftfahrtindustrie, ggf. aber auch weitere Branchen und den internationalen Bereich umfassen.

Vor diesem Hintergrund steht hier vornehmlich der über die Zuwendungsempfänger hinausgehende Wissenstransfer im Mittelpunkt der Betrachtung und die Frage, welche Auswirkungen der LuFo VI-Projekte diesen befördern, woraus dann Wissens- und Technologie-Spillovers und in der Folge auch Innovationen und wirtschaftliche Wirkungen bei Akteuren, die keine Zuwendungsempfänger sind, auf Umsatz, Kosten und Beschäftigung hervorrufen können. „Wissens- und Technologie-Spillover sind auch intersektoral zu beobachten und werden dadurch unterstützt, dass beispielsweise Luftfahrtzeugausrüster als Hochtechnologieunternehmen häufig in unterschiedlichen industriellen Kontexten aktiv sind und Schlüsseltechnologien mit hoher volkswirtschaftlicher Relevanz herstellen, die über die Luftfahrtbranche hinausgehen.

Damit hat die Luftfahrtindustrie nicht nur eine sektorspezifische Bedeutung (Luftfahrtunternehmen, Luftverkehrsinfrastruktur), sondern ist übergreifend bedeutender Impulsgeber für die nationalen Innovationssysteme“ (Wangler et al. 2019: 6).

Die Diskussionen in den Fokusgruppen ergaben diverse Hinweise auf einen Wissenstransfer zu Nicht-Zuwendungsempfängern und damit verbundene Wissens- und Technologie-Spillovers. Durch die LuFo-Förderung wird demnach auch Wissen geschaffen, von dem nicht unmittelbar in die Förderung eingebundene Akteure profitieren. Damit verbunden sei die Verbesserung der technologischen Basis der Luftfahrtindustrie, was zusammen mit der engen Abstimmung zwischen den deutschen und europäischen Partnern bedeutsam für die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Deutschland und der EU insgesamt sei, um sich von anderen Wettbewerbern in Nordamerika und Asien abzuheben.

Einige Standorte LuFo-geförderter Unternehmen hätten sich sehr positiv entwickelt – genannt wurden z.B. Rolls Royce, Liebherr Aerospace, Airbus oder die Standorte Hamburg und München (z.B. die MTU). Von dieser Entwicklung partizipieren dann auch die Zulieferer vor Ort. Wichtig sei aber auch eine Zusammenarbeit über Branchen hinweg, um international wettbewerbsfähig zu bleiben. Künftig werde die Luftfahrt auch verstärkt von der Nachhaltigkeitsförderung profitieren (Klima, Treibstoffverbrauch, Lärmminderung usw.).

Auch in Bezug auf die Normung und Standardisierung leiste LuFo immer wieder substanzielle Beiträge, wovon die gesamte Luftfahrtindustrie profitieren könne, auch wenn die Austauschbarkeit von Werkstoffen in der Luftfahrt aufgrund höherer Sicherheits- und Zertifizierungsanforderungen nicht so gegeben sei wie in der Automobilindustrie. Die Robustheit und Sicherheit von neuen Systemen können aber durch LuFo getestet und Erfahrungen aus der Luftfahrt auf andere Bereiche übertragen werden. (z.B. deutlich erhöhte Materialnutzungsgrade bei bestimmten Werkstücken durch neue Fertigungsverfahren). Die Nachhaltigkeit der Produktion wird auch für den Automobilsektor zunehmend wichtiger. Erfahrungen zum Thema KI aus dem Automobilbereich lassen sich wiederum für die Luftfahrt nutzbar machen. Faserverbundwerkstoffe, Wasserstofftechnologien und Werkstoffe haben von LuFo profitiert (Technologieentwicklung), zudem die Themen SAF ("Sustainable Aviation Fuel") und CFK (letzteres wurde auch von der Automobil- (BMW) und Windenergiebranche übernommen).

Grundsätzlich lassen sich vor diesem Hintergrund vier Ebenen des verbundübergreifenden Wissenstransfers unterscheiden, die in *Abbildung 9.1.1* aufgeführt sind. In *Abbildung 9.1.2* sind die Anteile der LuFo VI-Projekte ausgewiesen, für die laut den Projektleitenden in der Online-Befragung Auswirkungen bereits eingetreten oder geplant sind, die also auch für Spillovers über die Akteure der Projektverbünde hinaus relevant sein können.

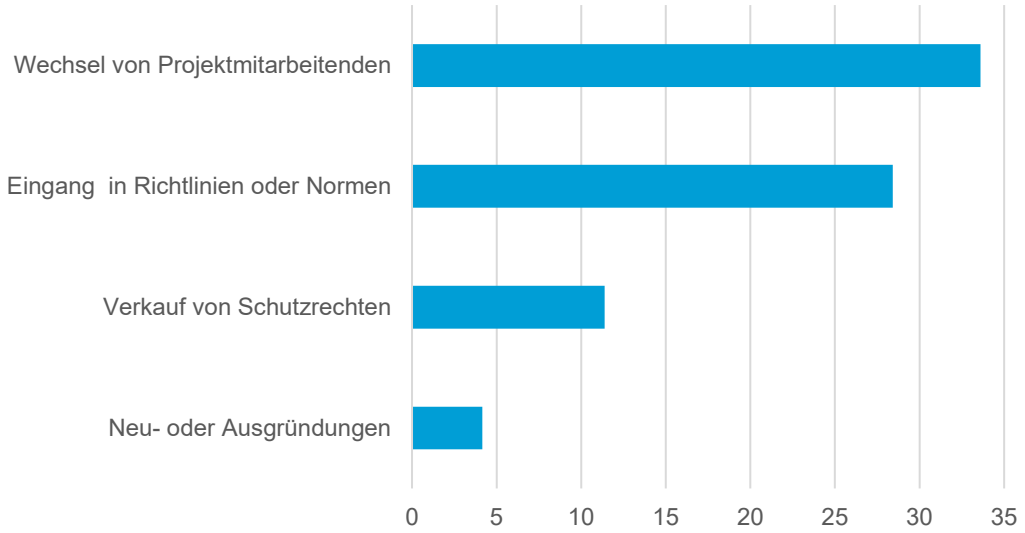
Wissenstransfer 1 entlang der Wertschöpfungskette

Auf dieser Ebene des Wissenstransfers geht es um die Impulse für die Wertschöpfungskette der Luftfahrtindustrie. Der Transfer erfolgt zunächst über bestehende Netzwerke mit Unternehmen, die mit Zuwendungsempfängern der LuFo-Projekte verbundenen sind, indem sie beispielsweise in anderen Kontexten mit diesen kooperieren. Hiervon geht dann mitunter ein weiterer Transfer auf die mit diesen verbundenen Unternehmen aus, sodass sich das Wissen noch weiter ausbreitet. Dabei kann es um unterschiedliche Arten von Wissen gehen, etwa im Zusammenhang mit dem Aufbau von Kommunikationsbeziehungen oder der Entwicklung von Technologien, Prototypen, Softwaretools und dergleichen. Schutzrechte werden vielfach auch entlang der Wertschöpfungskette genutzt. Bei knapp drei Zehnteln der Projekte sollen die Ergebnisse in Richtlinien und Normen eingehen, was zur Folge hat, dass davon große Teile der Luftfahrtindustrie betroffen wären. Mehr als ein Zehntel der Projekte plant, den Verkauf von Schutzrechten bzw. Lizenzen, was ebenfalls zu einem Wissenstransfer führt. Schließlich führen Neu- und Ausgründungen zu einem Wissenstransfer, was aber weniger als 5% der LuFo VI-Projekte betrifft.

Abbildung 9.1.1
Arten von Technologie-Spillovers über die Partner des Projektverbunds hinaus

Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 9.1.2
Bereits eingetretene oder geplante Auswirkungen der LuFo VI-Projekte verbunden mit möglichen Spillover-Effekten in % der Projekte



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Auswertung der Online-Befragung der Projektleitungen (N=710).

Wissenstransfer 2 über das Ausbildungs- und Wissenschaftssystem

Die Mitarbeit im Rahmen von LuFo-Projekten ist mit Qualifizierungs- und Lerneffekten bei den Projektmitarbeitenden verbunden. Dies führt zunächst zu einer Humankapitalakkumulation bei den Zuwendungsempfängern der LuFo-Projekte. Kommt es zu einem Wechsel der Projektmitarbeitenden zu einem anderen Unternehmen oder einer anderen Wissenschaftseinrichtung, führt dies zu einem Wissenstransfer zu denjenigen Akteuren, zu denen die Projektmitarbeitenden wechseln. Ein Wissenstransfer ist zudem mit dem Wechsel von Projektmitarbeitenden verbunden; dies betrifft etwa ein Drittel der LuFo VI-Projekte. Zu beachten ist dabei, dass sich viele dieser Wechsel im Projektverlauf und danach ungeplant vollziehen, sodass hier die Werte ex post noch höher ausfallen werden.

Auch die Neu- oder Ausgründung von Unternehmen ist mit einem entsprechenden Wissenstransfer verbunden, da die neu entstehenden Unternehmen von dem akkumulierten Wissen profitieren, ohne welche eine Gründung häufig gar nicht möglich gewesen wäre. Durch Wissenschaftseinrichtungen kommt es darüber hinaus zu einem Wissenstransfer infolge der Verbreitung des angesammelten Wissens etwa durch Workshops, das Halten von Vorträgen auf Konferenzen, Messen und Branchentreffen oder über andere ähnlich gelagerte Transferkanäle. Ein wichtiger Transferkanal im Wissenschaftssystem sind schließlich auch Publikationen, die mit einem Wissenstransfer an alle Interessierte verbunden sind. Durch LuFo werden in den Wissenschaftseinrichtungen Kompetenzen aufgebaut, auf die auch bei Kooperationen mit anderen Branchen oder Unternehmen zurückgegriffen werden kann (ein Beispiel dafür sind die Fertigungsverfahren beim Fraunhofer IWU).

Wissenstransfer 3 in andere Wertschöpfungsketten

Der Austausch von Wissen muss nicht auf die Akteure der Wertschöpfungsketten im Luftfahrbereich beschränkt bleiben, sondern kann auch auf die Wertschöpfungsketten anderer Wirtschaftssektoren übergreifen. Zahlreiche Anknüpfungspunkte des Luftfahrtsektors bestehen beispielsweise mit den Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen der Automobilindustrie. Dies hängt damit zusammen, dass sich die Automobilindustrie teilweise mit ähnlichen Forschungsfragen beschäftigt wie die Luftfahrtindustrie, wenn es z.B. um die Weiterentwicklung der Antriebstechnologien, die Verringerung der Treibstoffemissionen oder die Nutzung neuer Werkstoffe geht. Ein Wissenstransfer ist beispielsweise über Softwareanwendungen, Testroutinen, neue Materialien und viele andere Bereiche denkbar. Darüber hinaus sind die Etablierung größerer Produktionsserien im Luftfahrtsektor und die Automatisierung der Fertigungsprozesse wichtige Themen.

Wissenstransfer 4 im internationalen Bereich

Mit den LuFo VI-Projekten ist vielfach auch ein Eingang der erzielten Ergebnisse in Richtlinien und Normen verbunden. Die damit einhergehende Definition von Regulierungen oder Standards betrifft dann, wenn sie etwa auf der EU-Ebene vonstattengehen, häufig die gesamte europäische Luftfahrindustrie. Standards bieten dabei den Vorteil, dass die Wertschöpfungskette effizienter gestaltet werden kann, da Abhängigkeiten von bestimmten Herstellern an Bedeutung verlieren. In dieser Hinsicht bergen die umwelt- oder klimarelevanten LuFo-Projekte große Potenziale. Hier kommt es häufig auch zu Kooperationen mit EU-Projekten, was für sich genommen bereits mit einem Wissenstransfer verbunden ist, zudem resultiert hieraus die Möglichkeit, die möglicherweise abweichenden Anforderungen anderer Länder von vornherein adäquat zu berücksichtigen. Ein Wissenstransfer resultiert schließlich auch aus dem Verkauf von Schutz- und Lizenzrechten, da dies anderen Akteuren Zugriff auf Ergebnisse von LuFo-Projekten ermöglicht.

Die *Übersicht 9.1.1* gibt einen Überblick über einige der grundlegenden Erkenntnisse im Zusammenhang mit der Auswertung der Fallstudien im Rahmen des Process Tracing in Bezug auf den Wissenstransfer über die geförderten Akteure hinaus, wobei hierfür sowohl mit den Projektleitungen der befragten fünf Projektverbünde als auch den Leitungen der Einzelprojekte innerhalb der Projektverbünde Expertinnen- und Expertengespräche geführt wurden.

Spillovers durch den LuFo-Projektverbund 1

Der Projektverbund adressiert das LuFo-Ziel 1 (umweltfreundliche Luftfahrt) und den Wissenstransfer 1 (Transfer entlang der Wertschöpfungskette). Zentraler Gegenstand des Projektes ist die Entwicklung einer Prüfinfrastruktur im Antriebsbereich. Hiermit verbunden ist ein Impuls für den Wissenstransfer, da die Prüfinfrastruktur für Bauteilehersteller entlang der Wertschöpfungskette künftig zugänglich gemacht werden soll. Außerdem wird die Abhängigkeit zu einzelnen Herstellern in der Wertschöpfungskette aufgelöst. Standardisierte Schnittstellen in der Prüfinfrastruktur erlauben den Einsatz verschiedener Systeme unterschiedlicher Hersteller. Hierdurch wird wei-

teren Unternehmen, die nicht an den Entwicklungsarbeiten beteiligt waren, der Zugang zu Testlaboren und Prüfständen möglich gemacht. Dies wird zur Folge haben, dass die geprüften Systeme gezielt weiterentwickelt werden können. Die Antriebe sollen künftig primär wasserstoffbetrieben sein, was in Hinblick auf die dafür erforderliche Infrastruktur und die Anforderungen an Materialien besondere Herausforderungen stellt. Gerade in der Luftfahrt müssen die damit verknüpften neuen Technologien ausreichend erforscht sein, um wegen der hohen Sicherheitsanforderungen die Einsatzbereitschaft und -fähigkeit hinreichend sicherzustellen.

Übersicht 9.1.1
Ergebnisse der Fallstudien: Wissenstransfer über die Zuwendungsempfänger hinaus

Projekte/ Ziel	Art des Wissens-transfers	Beschreibung
1/ 1	1	Entwicklung einer Prüfinfrastruktur ermöglicht den künftigen Zugang von weiteren Unternehmen zu Testlaboren und Weiterentwicklung des geprüften Systems Impuls für den Wissenstransfer für Bauteilehersteller entlang der Wertschöpfungskette
2/ 1	2/4	Enger Ergebnisaustausch mit parallellaufendem EU-Projekt, Wissensaustausch erfolgt auch über Publikationen Ergebnisse sollen Eingang in eine europaweite Regelung finden und kommen dadurch Akteuren europaweit zugute
3/ 2	2/4	Fokus auf eine stärkere Etablierung der Digitalisierung im Flugzeug und Entwicklung eines bereits kurzfristig zur Veröffentlichung anstehenden Standards Kooperation mit Testsystemherstellern und einem Flugzeughersteller schon während der Projektlaufzeit zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der entwickelten Systeme
4/ 3	3	Erkenntnisse über Produktionstechniken und die Generierung von Wissen über spezifische Anforderungen bzw. Bedarfe der Luftfahrtindustrie Wissenstransfer mit Unternehmen der automobilen Wertschöpfungskette und hier künftig noch stärkere Verbreitung des Wissens
5/ 4	1	Standardisierte Schnittstelle ermöglicht den Zugang von Zulieferern zur Wertschöpfungskette Wissenstransfer künftig entlang der gesamten Zulieferkette der Luftfahrtindustrie

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung der Fallstudien im Rahmen des Process Tracing.

Spillovers durch den LuFo-Projektverbund 2

Der Projektverbund adressiert ebenfalls das LuFo-Ziel 1 (umweltfreundliche Luftfahrt) und den Wissenstransfer 2 und 4 (Transfer durch das Ausbildungs- und Wissenschaftssystem sowie internationaler Bereich). Eine zentrale Herausforderung ist hier der Datenaustausch zwischen den Projektpartnern, um die Klimawirkung des Fliegens präziser bestimmen und vorhersagen zu können. Die Ergebnisse dieses Projektes sollen letztendlich Eingang in eine europaweite Regelung finden, um dadurch eine sinnvolle Implementierung zu gewährleisten. Langfristig kann durch solche EU-weite Standards ein klimafreundliches Fliegen sichergestellt werden, wovon alle Akteure europaweit profitieren würden. Dazu erfolgte auch ein enger Ergebnisaustausch mit einem EU-Projekt. Die Erkenntnisse aus dem Projekt sollen zudem über wissenschaftliche Publikationen allen Akteuren und Luftraumnutzenden zugutekommen.

Spillovers durch den LuFo-Projektverbund 3

Der Projektverbund adressiert das LuFo-Ziel 2 (sichere und passierfreundliche Luftfahrt) und ebenfalls den Wissenstransfer 2 und 4 (Transfer durch das Ausbildungs- und Wissenschaftssystem sowie internationaler Bereich). Der Fokus dieses Projektes ist zum einen die stärkere Etablierung der Digitalisierung im Flugzeug und zum anderen die Entwicklung eines Standards, was somit allen Luftfahrtakteuren zugutekommen würde. Ziel ist es dabei auch, durch Digitalisierung des Flugzeugs die Abläufe am Boden zeitlich zu optimieren und effizienter zu gestalten. Den Wissenstransfer begünstigt auch der Umstand, dass schon während der Projektlaufzeit eine Kooperation mit nicht direkt am Projekt beteiligten Testsystemherstellern und einem Flugzeughersteller erfolgte, um die Funktionsfähigkeit der entwickelten Systeme sicherzustellen. Mit diesen hat man sich auf gemeinsame Ziele verständigt, um Synergien in Hinblick auf den Umgang mit der Software und der Datensicherheit zu schaffen.

Spillovers durch den LuFo-Projektverbund 4

Der Projektverbund adressiert das LuFo-Ziel 3 (leistungsfähige und effiziente Luftfahrt) und den Wissenstransfer 3 (Transfer in andere Wertschöpfungsketten). Ziel des Projektes ist eine Erhöhung der Effizienz in der Produktion der Luftfahrtbranche durch die Erforschung neuartiger Bauteile und Technologien. Erkenntnisse über neue Umformungstechniken und die Generierung von Wissen über spezifische Anforderungen bzw. Bedarfe der Luftfahrtindustrie sollen den Materialaufwand reduzieren und nachhaltiger gestalten. Die Ergebnisse sind für die gesamte Luftfahrt relevant, aber auch für Teile der Automobilzulieferer, die sich vermehrt in Richtung Luftfahrt orientieren, um das eigene Produktportfolio zu erweitern. Durch eine stärkere Automatisierung der Produktion soll sowohl der Luftfahrt- als auch der Automobilindustrie höhere Produktionsraten und eine Bewältigung des Fachkräftemangels bescheren. Mit dem Wissenstransfer zu Unternehmen der automobilen Wertschöpfungskette und von diesen zur Luftfahrtindustrie wäre die Realisierung von Synergiepotenzialen zum gegenseitigen Vorteil verbunden, was den Standort Deutschland international wettbewerbsfähig machen würde. Die Automatisierungslösungen kommen aber auch für weitere Branchen in Betracht (wie z.B. dem Handwerk).

Spillovers durch den LuFo-Projektverbund 5

Der Projektverbund adressiert das LuFo-Ziel 4 (Gesamtsystemfähigkeit) und den Wissenstransfer 1 (Transfer entlang der Wertschöpfungskette). Bei diesem Projekt ging es um eine Digitalisierung der Arbeitsprozesse und eine europaweite Standardisierung der Software (der Standard wurde auf europäischer Ebene aus einem anderem Forschungsprojekt bereits veröffentlicht). Die großen OEMs wollen sich dabei unabhängig machen von einzelnen Zulieferern der Systeme (Software-Tool), die sich daher auf die Vorgaben der OEMs einstellen und ggf. angepasste Schnittstellen zur Verfügung stellen müssen, wodurch sie sich den Zugang zur Wertschöpfungskette ermöglichen können. Der Wissenstransfer erfolgt daher entlang der gesamten Zulieferkette der Luftfahrtindustrie.

Die dargestellten Ergebnisse der Förderung sind zum Großteil noch nicht eingetreten. Aus der Befragung der Projektleitungen bei den Zuwendungsempfängern sind daher auch keine Aussagen möglich, inwieweit dies noch geschehen wird. Im Rahmen der Expertinnen- und Expertengespräche wurde genauer untersucht, welche Risiken in Hinblick auf das Eintreten der möglichen Auswirkungen bestehen und wie wahrscheinlich deren Eintreten ist. Dabei zeigt sich, dass die erfolgreiche Weiterentwicklung der Prüfinfrastruktur (Projekte 1) sehr wahrscheinlich ist, da die erforderlichen Anpassungen übersichtlich sind und innerhalb des Kontrollbereichs der Projektbeteiligten liegen. Auch eine künftige Nutzung erscheint sehr wahrscheinlich, da die Infrastruktur im entsprechenden Forschungskontext eine große Bedeutung hat.

In Projekt 2 findet ein internationaler Ergebnisaustausch bereits jetzt sehr intensiv statt und die zukünftige Veröffentlichung wissenschaftlicher Projektergebnisse kann als sehr sicher gelten. Würde es in Zukunft in diesem Bereich europäische Vorgaben geben, dann würden diese eine intensive Auswirkung auf den Luftverkehr haben. Gleichzeitig kann dies derzeit noch als unsicher gelten, da durch europäische Vorgaben keine Wettbewerbsnachteile gegenüber asiatischen Fluggesellschaften entstehen dürfen. Ein Grund dafür ist, dass im entsprechenden Bereich auch das wissenschaftliche Grundlagenwissen noch abgesichert werden muss. Ein weiterer Grund liegt in der Dynamik von internationalen Abstimmungsprozessen in diesem Bereich, der im Rahmen der Evaluation von LuFo VI nicht weiter untersucht wurde. Entsprechende internationale Aktivitäten wurden aber bereits initiiert.

Projekt 3 forscht hinsichtlich der Nutzung der Möglichkeiten der Digitalisierung innerhalb des Flugzeugs und des Austausches mit Services außerhalb des Systems. Durch die Identifikation von Problemen wird die Möglichkeit geschaffen, Ansatzpunkte zu identifizieren, die einen Mehrwert versprechen und diese von anderen zu unterscheiden, die aus Sicht der Kunden nicht sinnvoll sind. Damit werden auch hohe zukünftige Kosten vermieden. Welche digitalen Services in Zukunft in das Gesamtsystem integriert werden, ist derzeit noch unklar. Der Nutzen in Form von Kosten- und Zeiteinsparungen für das Gesamtsystem etwa durch die schnellere Abfertigung am Boden wird vermutlich in den nächsten 5 bis 10 Jahren anfallen.

In Projekt 4 wird die Übertragung von Produktionsverfahren und entsprechenden Vorgehensweisen der Großserienfertigung in die Luftfahrtindustrie untersucht, wobei vielversprechende Teile identifiziert und Voraussetzungen für die Übertragung überprüft

werden. Bislang sind die entsprechenden Prozesse noch nicht in der Wertschöpfungskette angekommen, aber es kann davon ausgegangen werden, dass in relativ kurzer Zeitspanne (bis 5 Jahre) Erkenntnisse in der Wertschöpfungskette genutzt werden. Die Forschung hat die Bauteile untersucht und optimiert, es liegt nun an der Industrie, diese künftig einzusetzen. In dieser Zeitspanne kann dann für bestimmte Teile eine entsprechende Kosteneinsparung realisiert werden, was gleichzeitig neue Marktfelder auch für Unternehmen außerhalb der Wertschöpfungskette der Automobilindustrie eröffnet.

In Projekt 5 werden Lösungen zur Umsetzung eines Standards für die Wertschöpfungskette entwickelt, die eine Öffnung der Schnittstelle für andere Unternehmen der Wertschöpfungskette zur Folge haben sollte. Diese Aufgabe wird erfolgreich umgesetzt, sodass die entsprechende Wirkung auf den Wettbewerb bereits eingetreten ist. Welche Auswirkungen auf Wettbewerb und Kosten daraus resultieren, werden die zukünftigen Jahre zeigen.

9.2 Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb

Die Förderung im Rahmen von LuFo VI kann prinzipiell positive oder negative Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb haben. Generell führt die Projektförderung wie bei allen vergleichbaren Programmen dazu, dass die geförderten Unternehmen zunächst einen Wissensvorsprung gegenüber anderen Unternehmen erlangen. Dargestellt wird in diesem Abschnitt, ob darüber hinaus besondere Faktoren vorliegen, die sich negativ auf Handel oder Wettbewerb auswirken oder ob sich sogar Mechanismen identifizieren lassen, die eine positiven Einfluss auf Handel und Wettbewerb haben.

Zunächst kann durch das Ansetzen an Marktunvollkommenheiten der Wettbewerb befördert werden. Gleichzeitig ist zu untersuchen, ob die Förderung indirekte negative Wirkungen auf Handel und Wettbewerb im Luftfahrtsektor oder anderen Sektoren (etwa vorgelagerten Wirtschaftssektoren) hat. Dabei können Auswirkungen im Rahmen des Innovationsprozesses und der Produktmärkte im Mittelpunkt stehen, wie auch Auswirkungen, die sich aus Lokationseffekten ergeben. Insbesondere könnten der Markteintritt bzw. -austritt und die dynamischen Anreize etwa in Hinblick auf Innovationen beeinflusst werden. Es kann aber auch zur Entwicklung und Aufrechterhaltung von Marktmacht kommen.

Für die Ermittlung, inwieweit eine Beihilfe als wettbewerbsverfälschend anzusehen ist, ist grundsätzlich eine Analyse der Beihilfemaßnahme und des Kontexts, in dem sie gewährt wird, erforderlich. In bestimmten Fällen fallen die negativen Auswirkungen deutlich stärker ins Gewicht als die positiven Auswirkungen, sodass die Beihilfe nicht als mit dem Binnenmarkt vereinbar erachtet werden kann (C 198/22 DE Amtsblatt der Europäischen Union 27.6.2014). Nach den allgemeinen Grundsätzen des AEUV können staatliche Beihilfen insbesondere dann nicht als mit dem Binnenmarkt vereinbar erachtet werden, wenn dritte Marktteilnehmende in einem Ausmaß benachteiligt werden, das durch den Beihilfezweck nicht gerechtfertigt wird.

Die Bewertung der entsprechenden Aspekte ergibt sich aus der zusammenfassenden Betrachtung der verschiedenen Programmwirkungen. Die relevanten Aspekte in Bezug auf den Handel und Wettbewerb werden in der Online-Befragung sowie den Fokusgruppen- und Process-Tracing-Analysen aufgegriffen.

Verfälschung von wettbewerblichen Markteintritts- und -austrittsprozessen

Eine mögliche negative Wirkung von Beihilfen für Forschung und Entwicklung ist, dass diese den Marktaustritt ineffizienter Produzenten verzögern können oder andere Unternehmen vom Markteintritt abhalten. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen können allerdings keine derartigen negativen Wirkungen des Programms festgestellt werden. So zeigt sich im Rahmen der Fokusgruppen-Betrachtung ganz klar, dass die LuFo-Förderung den Zugang neuer Unternehmen (insbesondere KMU) in die Forschungsnetzwerke erleichtert. Dies ist beispielsweise für Unternehmen aus der automobilen Wertschöpfungskette, aber auch aus dem Bereich der Softwareentwicklung der Fall. In einem Fall wurde eine Plattform entwickelt, die den Marktzugang für Softwareunternehmen erleichtert und somit Marktzugangsbeschränkungen reduziert.

Die Befunde bestätigen daher die Aussage aus der Notifizierung, dass der Fokus des Programms auf die Unterstützung von KMU und neu gegründete Unternehmen Beeinträchtigungen des Wettbewerbs vorbeugt und somit nicht zu ineffizienten wettbewerblichen Markteintritts- und Marktaustrittsprozessen führt (Europäische Kommission 2020, Randziffer 112). Ein positiver Nebeneffekt der Förderung liegt auch darin, dass ebenfalls Unternehmensneugründungen aufgrund der Förderung zu beobachten waren. Die FuE-Mittel halfen darüber hinaus, in der Zeit der COVID-19-Pandemie, das Niveau der Forschungsanstrengungen aufrechtzuerhalten. Dieser vorübergehend beobachtete Effekt ist aber in Hinblick auf den Wettbewerb positiv zu bewerten, da in dieser Ausnahmesituation grundsätzlich wettbewerbsfähige KMU gestützt werden konnten und die Auswirkungen auf den Wettbewerb somit positiv waren.

Verfälschung dynamischer Investitionsanreize

FuE-Beihilfen können dynamische Investitionsanreize für Wettbewerber der Beihilfeempfänger verfälschen (Europäische Kommission 2020, Randnummern 113 und 114). Demnach kann eine Beihilfe dazu führen, dass der Beihilfeempfänger auf den Produktmärkten stärker präsent wird, während Wettbewerber sich veranlasst sehen könnten, daraufhin ihre ursprünglichen Investitionspläne zu verringern (Verdrängungs- bzw. „Crowding-out“-Effekt). Voraussetzung dafür ist, dass die Beihilfesumme hoch und die Förderung marktnah ist. Aus den Ergebnissen der Evaluation ergeben sich keine Anhaltpunkte dafür, dass dieser Aspekt bei LuFo zutrifft. Zwar ist LuFo grundsätzlich auf die Luftfahrtindustrie ausgerichtet, bei den meisten Projekten ist allerdings zu beobachten, dass die Projektergebnisse nicht zu unmittelbaren industriellen Nutzungen führen. Vielmehr sind im Regelfall Weiterentwicklungen erforderlich, die meist, wenn überhaupt, erst Jahre später in Produkt- oder Prozessinnovationen münden.

Abgesehen davon belegen die Untersuchungen, dass auch Nicht-Zuwendungsempfänger von den LuFo-Projekten profitieren (vgl. *Abschnitt 9.1*). Dies zeigt sich, indem erhebliche Spillover-Effekte über die Zuwendungsempfänger hinaus eintreten. Durch die Setzung von Normen und die Initiierung von Projekten mit Unternehmen anderer Branchen wird das Innovationssystem für neue Unternehmen geöffnet und es werden damit neue Innovationsanreize geschaffen. Es gibt gleichzeitig keine empirische Evidenz dafür, dass nicht-geförderte Wettbewerber in den betreffenden Marktsegmenten ihre FuE- oder Investitionstätigkeiten als Folge der LuFo-Förderung reduzieren. Die Ergebnisse in *Abschnitt 5* zeigen, dass Akteure ihre FuE-Aktivitäten ausweiten, wenn sie eine LuFo-Förderung erhalten. Auch die Fokusgruppenauswertungen ergeben, dass LuFo dazu führt, Forschungsaktivitäten zu entfalten, die es ohne diese Förderung nicht gegeben hätte, weil Unternehmen nicht bereit sind, die Finanzierung und die damit verbundenen Risiken zu übernehmen.

Schaffung bzw. Aufrechterhaltung von Marktmacht

Eine mögliche negative Auswirkung der Förderung im Rahmen von LuFo besteht in der Schaffung oder Aufrechterhaltung von Marktmacht einzelner Beihilfeempfänger, soweit deren Stellung im Markt durch LuFo gestärkt werden würde. Im Rahmen der Evaluation wurden mehrere Hinweise gefunden, dass im Rahmen des Programms keine Schaffung bzw. Stärkung der Marktmacht einzelner Akteure stattfindet:

- So wurden im Rahmen der Fallstudien mehrere Projekte untersucht, bei denen auch Wettbewerber im gleichen Projektverbund gefördert wurden und somit keiner dieser Wettbewerber bevorzugt wurde.
- Ein Fokus des Programms liegt auf der Förderung von mittelständischen Unternehmen und damit der Intensivierung des bestehenden Wettbewerbs, indem vielfach auch neue Unternehmen die Gelegenheit erhalten, von LuFo VI zu profitieren und sich damit der Zugang zur Luftfahrtindustrie öffnet. Dieser positive Wettbewerbseffekt konnte insbesondere im Rahmen der Expertinnen- und Expertengespräche nachvollzogen werden. Auch von der Größenordnung her ist dieser Aspekt sehr relevant: Immerhin sind 284 der 820 Zuwendungsempfänger in LuFo VI KMU, deutlich mehr als die Großunternehmen (184 mit Doppelzählungen).
- Auch der Fokus der Förderung auf FuE von Wissenschaftseinrichtungen wirkt einer Schaffung von Marktmacht auf den Unternehmensmärkten entgegen. Dieser Aspekt ist im Rahmen des Programms von hoher Bedeutung, da 349 der 820 Zuwendungsempfänger (43%) Wissenschaftseinrichtungen sind.
- Eine Schaffung bzw. Aufrechterhaltung von Marktmacht wäre dann wahrscheinlich, wenn die FuE-Projekte einen eher kurzfristigen Charakter hätten. Jedoch zeigt die Untersuchung in *Abschnitt 7*, dass der Schwerpunkt der LuFo-Förderung auf eher langfristigen Effekten und nicht auf kurzfristigen wirtschaftlichen Erfolg ausgerichtet ist. Vor dem Hintergrund der gerade in der Luftfahrtindustrie sehr langen Innovationszyklen, ist die Gefahr gering, dass LuFo zur Herbeiführung oder Untermauerung von Marktmacht führen könnte.

Standorteffekte

Laut der Notifizierung können FuE-Beihilfen den Handel zwischen den Mitgliedstaaten dann beeinträchtigen, wenn sie die Standortwahl eines Förderprojektes beeinflussen (Europäische Kommission 2020, Randziffer 102). Dies ist aber nicht der Fall, wenn ein Programm so ausgestaltet ist, dass eine grenzüberschreitende Forschungszusammenarbeit gefördert wird. Die Evaluation fördert zahlreiche Gründe zutage, dass ein solch negativer Effekt auf die Standortwahl der Unternehmen nicht zu beobachten ist:

- Die Involvierung von global agierenden Unternehmen in LuFo-Projektverbünden wie z.B. Airbus oder Boeing deutet darauf hin, dass es eine intensive Zusammenarbeit mit Akteuren aus dem internationalen Bereich gibt, wovon der Standort Deutschland wie auch Europa insgesamt profitiert.
- Durch die Einbeziehung von internationalen Firmen in die Forschungsprojekte ist sichergestellt, dass die Ergebnisse der LuFo VI-Projekte auch europaweit für die entsprechenden Unternehmen zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse der Process-Tracing-Untersuchungen zeigen einen sehr intensiven Austausch zwischen nationalen und internationalen Unternehmen hinsichtlich der Forschungsergebnisse (in einem Fall auch bei der Demonstration von Ergebnissen unter Realbedingungen).
- Auch durch Wissenschaftseinrichtungen findet über Konferenzbeiträge und Publikationen ein Austausch von Ergebnissen der LuFo-Projekte über die nationalen Grenzen hinaus statt. Gleiches gilt für den Personalwechsel von an LuFo VI-Projekten beteiligten Forscherinnen und Forschern, auch wenn dieser Aspekt in Hinblick auf den internationalen Personalwechsel nicht explizit abgefragt wurde.
- Die Expertinnen- und Expertengespräche förderten zudem zutage, dass bei den Projekten, die eine internationale Dimension aufweisen, eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit sehr erfolgreich betrieben wird. In einem näher untersuchten Projekt fand tatsächlich ein intensiver Austausch zwischen dem entsprechenden LuFo VI-Projekt und einem auf eine ähnliche Zielsetzung ausgerichteten EU-Projekt statt.

Insgesamt zeigen diese Befunde, dass in der Praxis des Programms keine negativen Standorteffekte zu beobachten sind. Das Programm fördert an vielen Stellen die internationale Zusammenarbeit und es gibt bereits jetzt substanzielle Hinweise darauf, dass Ergebnisse aus dem Projekt im gesamten europäischen Währungsraum Verwendung finden.

Offenkundige negative Auswirkungen

Der Unionsrahmen der EU erachtet die Gewährung von Beihilfen in bestimmten Fällen als wettbewerbsverzerrend, da negative Auswirkungen stärker ins Gewicht fallen als positive Wirkungen (Europäische Kommission 2020, Randnummern 119-123). Zu den möglichen Fällen einer offenkundig negativen Auswirkung gehört beispielsweise,

dass die Gewährung an die Bedingung geknüpft ist, dass sich der Hauptsitz des Empfängers im entsprechenden Mitgliedsland befindet oder dass die Möglichkeit des Beihilfeempfängers beschränkt wird, die Ergebnisse in anderen Mitgliedsstaaten zu verwerten. Beide Fälle wurden bereits formal in der Notifizierung als nicht gegeben geprüft (Europäische Kommission 2020).

Auch die Ergebnisse der Evaluation, insbesondere der genaueren Untersuchung im Rahmen der Projektfallstudien, zeigen deutlich, dass einerseits internationale Unternehmen sehr intensiv an den LuFo-Projekten beteiligt sind und andererseits die Ergebnisse der Projekte auch in der Praxis aus derzeitiger Sicht intensiv international genutzt werden (vgl. auch *Abschnitt 9.1*). Dass die FuE-Projekte nur eine Veränderung des Standorts von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten bewirken, ohne Einfluss auf Umfang und Inhalte der Forschung zu bewirken, konnte in keinem der untersuchten Projekte gefunden werden. Somit ist aus Sicht der Evaluation klar, dass keine offensichtlich negativen Auswirkungen von LuFo VI zu beobachten oder in Zukunft zu erwarten sind.

10. Strategische Ausrichtung und Angemessenheit des Programms

Eine Aufgabe dieses Berichts ist es, LuFo VI unter verschiedenen übergreifenden Aspekten zu bewerten. Diese ergeben sich aus dem Untersuchungsauftrag und den Fragen, die sich etwa in Zusammenhang mit der Programmnotifizierung ergeben bzw. auch aus der Aufgabe der Evaluation, einen Beitrag zur *Erfolgskontrolle gemäß Verwaltungsvorschrift zu §7 Bundeshaushaltsordnung* zu leisten. Zentrale Programmaspekte, die im Rahmen dieses Abschnitts diskutiert werden, sind:

- Die Programmstrategie in Hinblick auf die Frage, ob diese geeignet war, bestmöglich die Marktmängel zu adressieren.
- Die Frage danach, wie sich die Programmadministration vor dem Hintergrund der Evaluationsergebnisse darstellt.
- Die Erforderlichkeit der Maßnahme vor dem Hintergrund existierender Marktmängel.
- Die Verhältnismäßigkeit, also die Frage danach, ob dieselbe Wirkung mit einer anderen Art der Förderung hätte erreicht werden können.
- Die Angemessenheit der Förderung, also die Frage, ob die Maßnahme auf das erforderliche Minimum beschränkt war, um die damit verfolgten Zielsetzungen zu erreichen.
- Die Zielerreichung, Maßnahmenwirkungen und Wirtschaftlichkeit, wie sie in §7 der Bundeshaushaltsordnung angesprochen werden.
- Die positiven und negativen Wirkungen der Förderung bezogen auf die Frage, ob die LuFo-Förderung letztlich eine positive Gesamtbilanz aufweist.

Zu berücksichtigen ist, dass sich aufgrund des Zeitpunktes der Evaluation ein Großteil der vorliegenden Befunde auf für die Zukunft geplante Ergebnisse und Wirkungen beziehen. Daher ist davon auszugehen, dass zu den hier analysierten Aspekten zu einem späteren Zeitpunkt noch weitere Erkenntnisse erzielt werden können und die hier diskutierten Befunde in dieser Hinsicht vorläufig sind.

Die genannten Aspekte haben gemeinsam, dass sie die Befunde der Evaluation zu Ergebnissen und Wirkungen für die im nächsten Abschnitt diskutierten Handlungsempfehlungen beleuchten.

10.1 Strategische Ausrichtung des Programms

Die Ergebnisse zur strategischen Ausrichtung von LuFo VI zeigen einerseits, inwieweit diese Ausrichtung die Ergebnisse in Hinblick auf die erwünschten Programmwirkungen gelenkt hat. Andererseits geben diese auch Hinweise zur Ausgestaltung von LuFo VII. Anhaltspunkte zur strategischen Ausrichtung von LuFo VI ergeben sich dabei aus verschiedenen Quellen: Dazu gehören zum einen die Befunde zu den Programmwirkungen auf den unterschiedlichen Ebenen. Zum anderen wird die strategische Programmausrichtung auch im Rahmen der Fokusgruppen diskutiert.

Zunächst zeigen die Ergebnisse der Evaluation, dass LuFo VI insgesamt eine wichtige Funktion im Innovationsgeschehen des Luftfahrtsektors einnimmt und die im Evaluationskonzept angesprochenen Marktmängel erfolgreich adressiert. Besonders hervorzuheben sind folgende Aspekte:

Von herausragender Bedeutung ist die Vernetzung zwischen den Akteuren im Luftfahrtsektor für den Wissenstransfer innerhalb der Wertschöpfungskette und mit der Wissenschaft. Diese Vernetzung ist durch die enge Zusammenarbeit der Unternehmen in der Luftfahrtindustrie entlang der Wertschöpfungskette seit jeher von großer Relevanz. Sie hat eine besondere Bedeutung erlangt durch das Erfordernis einer informationstechnischen Vernetzung und der vermehrten Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien im Flugzeug etwa im Rahmen des Bereichs Maintenance – Repair – Overhaul (MRO). Darüber hinaus führt der Trend hin zu einer Fertigung von größeren Serien dazu, dass auch Methoden aus anderen Fertigungsbereichen, insbesondere dem Automobilbau, stärkeren Eingang in die Wertschöpfungskette gefunden haben.

Die Befunde aus zwei Fallstudien zeigen, dass LuFo VI erfolgreich wichtige Projekte in Hinblick auf Klimaneutralität anstößt und einen zentralen Beitrag dazu leistet, dass die hier existierenden Potenziale in der Grundlagenforschung, aber auch in den unmittelbar relevanten Feldern wie Antriebstechnologien, gehoben werden. Auch durch den Beitrag von LuFo VI können künftig die Voraussetzungen für klimaneutrales Fliegen (etwa bei der Antriebstechnologie) geschaffen werden. Die Ergebnisse weisen weiter darauf hin, dass auch in Zukunft ein weiteres Potenzial zur Forschung in diesem Bereich existiert, wobei in dem untersuchten Bereich keine Hinweise darauf gefunden wurden, dass eine weitere Ausweitung der Antragstellung gegenüber LuFo VI-3 (Klima) erfolgen wird. Darüber hinaus gibt es zumindest Hinweise (dieser Aspekt wurde nicht in der erforderlichen Tiefe untersucht), dass die entscheidenden Faktoren für das zukünftige klimaneutrale Fliegen in der weltweiten Verfügbarkeit der hierfür erforderlichen Infrastruktur und der klimaneutralen Fuels liegen könnten.

Die Erfordernisse, die mit den Herausforderungen der ökologischen Nachhaltigkeit und dem Ziel einer klimaneutralen Luftfahrt verbunden sind, führen zu Forschungsbedarfen, die aufgrund von Marktmängeln nicht über die Märkte allein abgedeckt werden können: Erstens können externe Kosten durch die Akteure nicht internalisiert werden, was im Markt zu einem Vorteil der bisher verwendeten Technologien führt. Zweitens können die üblichen Marktmängel bei FuE-Aktivitäten beobachtet werden. Die Unsicherheiten bezüglich der Forschungsergebnisse werden aufgrund der langen Entwicklungszyklen noch verstärkt. Drittens hat das Ergebnis einer nachhaltigen Luftfahrt den Charakter eines öffentlichen Gutes, sodass die Zahlungsbereitschaft bei den einzelnen Akteuren gering ist und so unterhalb des gesamtgesellschaftlich optimalen Niveaus liegt. Diese Gründe sprechen für die Notwendigkeit einer besonderen staatlichen Unterstützung von Projekten, die auf eine nachhaltige und klimaneutrale Luftfahrt abzielen.

Es könnte zurecht gefragt werden, ob die Luftfahrtforschung langfristig durch staatliche Zuschüsse für vornehmlich kooperative Forschungsprojekte gefördert werden sollte oder die gleichen Effekte nicht im Rahmen einer anderen Förderung erzielt werden könnten. Die Ergebnisse der Vergleichsgruppenanalysen geben hier bereits Hinweise, dass es LuFo gelingt, einen substanziellen Impuls in Hinblick auf Inputfaktoren zu geben. Die Befunde aus den Fokusgruppen und aus den Fallstudien zeigen in die gleiche Richtung. LuFo VI leistet einen wertvollen eigenen Beitrag zur technologischen Weiterentwicklung des Luftfahrtsektors, der nicht etwa durch staatliche steuerliche Forschungsförderung erreicht werden könnte:

- Die Ausgestaltung der LuFo-Förderung ermöglicht es mittelständischen Unternehmen (etwa auch aus anderen Industrien wie der Automobilindustrie), sich in der Wertschöpfungskette der Luftfahrtforschung zu etablieren. Dieser Impuls wäre ohne das Programm nicht möglich gewesen.
- Auch der Impuls aus einer langfristig ausgerichteten Forschung in den Wissenschaftseinrichtungen wird vielfach durch die Förderung erst ermöglicht.
- Das Programm ermöglicht die Durchführung wichtiger Projekte, die aufgrund ihrer Langfristigkeit und der mit ihnen verbundenen Risiken nicht ohne die staatliche LuFo VI-Förderung durchgeführt worden wären. Dies ist insbesondere bei Projekten der Fall, die einen Beitrag zum Ziel der Klimaneutralität leisten. Außerdem ermöglicht die Verbundforschung, Akteure in Konstellationen zusammen zu führen, die ohne die LuFo-Förderung nicht zusammengekommen wären.

Hinsichtlich der stärkeren Fokussierung von LuFo VI auf das Ziel der Klimaneutralität insbesondere beim Call LuFo VI-3 (Klima) wird von den Expertinnen und Experten die Befürchtung geäußert, dass diese Fokussierung zulasten wichtiger Forschungsthemen in anderen Feldern geführt haben könnte. Die Besorgnis war, dass die Fokussierung der Förderung von LuFo VI zu wenig die nationale Wertschöpfung im Bereich der Luftfahrtindustrie in den Blick genommen haben könnte, die insbesondere im Bereich der Kabine liegt. In diesem Zusammenhang wurde auch durch die Expertinnen und Experten konstatiert, dass die klimabezogenen Zielstellungen in LuFo VI-3 (Klima) nicht konkret genug dargestellt sind. Zudem stelle es insbesondere für KMU eine Schwierigkeit dar, den Beitrag ihrer Projekte zur Klimaneutralität darzustellen bzw. nachzuweisen. Demnach sei es nicht einfach abzuschätzen, inwieweit die Projekte tatsächlich zur Emissionsreduzierung beitragen.

Weiterhin wird seitens der Expertinnen und Experte hinterfragt, inwieweit auch das Thema der Digitalisierung eine Priorität in der Förderung behalten hat, wie sie ihrer gesellschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Bedeutung zukommen müsste. Immerhin hat diese Frage in Hinblick auf Effizienz und Kreislaufwirtschaft eine hohe Bedeutung (twin transition). Zu beobachten ist außerdem, dass den Akteuren aus den Fallstudien teilweise die Möglichkeiten einer weiteren Förderung von Projekten in den anderen thematischen Bereichen von LuFo VI-3 (Klima) noch nicht ausreichend bekannt war.

Auch wird von den Expertinnen und Experten angemerkt, dass die aktuelle Ausgestaltung der LuFo-Förderung das Thema des Fachkräftemangels nur unzureichend adressiert. Eine Umfrage hat 2022 ergeben, dass der Fachkräftemangel in der Luftfahrt bereits einen Einfluss auf die Forschungsaktivitäten von KMU hat.[15]

Neben den Projektverbünden werden in LuFo VI auch in einem gewissen Ausmaß Solitärprojekte gefördert; insgesamt betrifft dies 64 Projekte (knapp 4%). Vor dem Hintergrund des vermuteten größeren Nutzens der Projektverbünde durch den entstehenden Wissenstransfer stellt sich die Frage, ob auch in Zukunft weiterhin Solitärprojekte gefördert werden sollten.

- Im Fall von wissenschaftlichen Einrichtungen (45% der Solitärprojekte in LuFo VI) gibt es keinen Grund, Solitärprojekte nicht zu fördern, da die Ergebnisse über wissenschaftliche Kanäle (Publikationen und Vorträge) sowieso verbreitet werden.
- Eine Begründung für die Förderung von Solitärprojekten von Unternehmen (55% der Solitärprojekte) würde sich in folgendem Fall ergeben: Wenn Solitärprojekte in besonderem Maße externe Effekte adressieren, aber bei Unternehmen gleichzeitig Themen adressieren, bei denen Technologien weiterentwickelt werden, für die es aus ihrer Sicht einen besonderen Schutzbedarf gibt. Zunächst betrifft dies insbesondere Projekte, die Umweltschutzthemen und Klimaneutralität adressieren und für die aus Unternehmenssicht ein Schutzbedarf besteht. Dies ist in einem Großteil der Projekte der Fall. 50% der geförderten Solitärprojekte für Unternehmen in LuFo VI zielen auf eine umweltfreundliche Luftfahrt ab, während dies bei LuFo VI insgesamt nur bei 31% aller Projekte der Fall war.

Vor diesem Hintergrund ist zu empfehlen, dass Solitärprojekte weiter ohne grundsätzliche Einschränkungen gefördert werden sollten. Vielmehr sollte sich die Förderung an der Qualität des Forschungsantrags orientieren.

10.2 Administrative Ausgestaltung des Programms

Neben den Handlungsempfehlungen in Hinblick auf die strategische Programmausrichtung wurde im Rahmen der Evaluation auch die operative Ebene von LuFo VI untersucht, um auch hier Empfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung eines Förderinstruments für die Luftfahrtforschung geben zu können.

Insgesamt zeigen die Erhebungen auf Basis der verschiedenen Quellen (insbesondere Fokusgruppen, Fallstudien und Online-Befragungen) in vielen Fällen Zufriedenheit mit der Programmadministration durch den Projektträger und das BMWK. Dabei wird der mit der Projektadministration verbundene Aufwand speziell gegenüber den EU-geförderten Projekten positiv bewertet. Hervorzuheben ist dabei insbesondere:

[15] https://www.kmu-beratung-luftfahrt.de/index.php/umfrage-09-2022/

- Die häufig als reibungslos bewertete Zusammenarbeit mit dem Projektträger;
- Die unbürokratische Hilfe bei auftretenden Fragen;
- Das Interesse auch von Seiten des BMWKs an inhaltlichen Fragen der Projekte.

In Hinblick auf die Flexibilität der Skizzeneinreichung und den Gesamtzeitraum nach Antragstellung werden zwei Vorstellungen geäußert:

- Es wird der Wunsch geäußert, die Intervalle der Skizzeneinreichung insgesamt flexibler zu gestalten und eine kontinuierliche Einreichung zu ermöglichen.
- Auch wurde der Wunsch geäußert, dass der Zeitraum von der Antragseinreichung bis zur Bewilligung verkürzt werden sollte. Teilweise weisen die im Rahmen der Online-Befragung sowie den Interviews befragten Projektleitungen auf die Bearbeitungszeiten für eingereichte Anträge und Skizzen hin. In diesem Zusammenhang wird teils auch erläutert, dass zu spät erteilte Bewilligungen den Projektstart verzögern und so keine Planungssicherheit gewährleistet werden kann. Ebenso gefährdeten unterschiedliche Bewilligungszeitpunkte von Projekten innerhalb eines Verbundes den geplanten Gesamtablauf des Projektverbunds. Dabei wird angemerkt, dass einige der auftretenden Forschungsfragen in Hinblick auf ihre Beantwortung eine schnelle Beantwortung erfordern und dass in anderen, vergleichbaren Programmen in Europa, teilweise eine höhere Flexibilität vorherrsche. Beispielhaft wird auf ein Programm aus Großbritannien mit einem Zeitraum von sechs Monaten von Einreichung des Antrags bis zur Bewilligung verwiesen.

Zu berücksichtigen ist hier, dass die Umsetzung dieser Vorschläge mit der derzeitigen Praxis der Mittelvergabe nicht in Übereinstimmung zu bringen ist. Daher wäre eine geänderte Struktur des Antragsprozesses erforderlich. Diese bringt auch Nachteile mit sich, etwa dass dann die Anträge nicht mehr im Vergleich bewertet werden können und so mitunter nicht die besten Anträge gefördert werden können.

Weiterhin wird angeregt, mehr Zeit zwischen Aufforderung zur Angebotsabgabe und Abgabe des Angebots vorzusehen. Dies widerspricht zunächst der Forderung nach einer Verkürzung des gesamten Antragsprozesses, würde jedoch mehr Zeit für die Abstimmung im Projektverbund ermöglichen. Aus Sicht der Evaluation ist nicht ersichtlich, dass in diesem Fall die Vorteile, die mit der geänderten Zeitstruktur verbundenen Nachteile überwiegen würden.

Einige Verbesserungsvorschläge beziehen sich auf den Zeitraum zwischen Bewilligung und Projektstart:

- Zuwendungsbescheide werden erst kurz vor bzw. teils auch erst nach Projektstart zugestellt. Somit ist eine Vorbereitung des Projektbeginns schlecht möglich und es ist schwierig, ggf. neue Stellen zu besetzen. Dies ist speziell ein Problem für Wissenschaftseinrichtungen, die häufig Schwierigkeiten mit der kurzfristigen Besetzung von Stellen haben.

- Ein Vorschlag wäre ein fixer Zeitraum von Bewilligungsbescheid zum Projektstart, um die Planbarkeit zu erhöhen.
  Zu berücksichtigen ist hierbei, dass es teilweise unterschiedliche Interessen von Wissenschaftseinrichtungen und Unternehmen gibt. Während Unternehmen häufig nach Erhalt des Bewilligungsbescheids zügig mit der Projektumsetzung starten wollen, benötigen Wissenschaftseinrichtungen häufig mehr Zeit, um neue Stellen besetzen zu können.

Die Praxis bei Änderungsanträgen im Projekt erscheint nach Aussagen aus den Fokusgruppen und von Expertinnen und Experten verbesserungsbedürftig. Änderungen des Projekts während der Projektlaufzeit werden teilweise mit Zeitverzug genehmigt. Häufig sind drei bis vier Monate nötig, um Änderungen durch den Projektträger genehmigen zu lassen. Eine Verkürzung dieses Zeitraums wäre für die Projektbearbeitung hilfreich. Auch, um zeitnah auf technologische Entwicklungen oder alternative Möglichkeiten zu reagieren.

Weitere genannte Verbesserungsvorschläge in Hinblick auf die administrative Ausgestaltung des Programms beziehen sich auf den mit der Antragstellung verbundenen Aufwand und die Förderquoten:

- Der Antragsaufwand wird von einigen Akteuren – und hiervon vor allem von KMU – insgesamt als zu hoch erachtet. In anderen Gesprächen wird der insgesamt geringe Aufwand bei der Antragstellung gelobt. Aus Sicht der Evaluation ergeben sich keine Hinweise für einen signifikanten Verbesserungsbedarf.
- Zudem wird von einigen ein hoher administrativer Aufwand im Projekt bemängelt und ein schlankeres Berichtswesen gewünscht. Gekoppelt wird das Empfinden von zu hohen bürokratischen Aufwänden mit dem Wunsch nach mehr Digitalisierung in Bezug auf die Antragsstellung und andere administrative Prozesse.
- In einigen Fällen wird darauf verwiesen, dass die Förderquoten in anderen Ländern (bspw. Großbritannien) und der EU höher ausfallen. Dies kann vom Evaluationsteam insgesamt nur bedingt nachvollzogen werden, da die Förderquoten in LuFo VI überwiegend den EU-weit geltenden Grenzen entsprechen.

Die Ergebnisse zu den administrativen Prozessen zeigen weiterhin, dass das Verständnis über die Bedeutung wesentlicher Beantragungskriterien, wie die Programmlinien, die Definition von TRL-Level etc. bei allen Beteiligten (also Gutachterinnen und Gutachtern, Projektträger, Großunternehmen, KMU, Wissenschaftseinrichtungen) noch verbesserungsfähig ist. Teilweise wird in dem Kontext von Unklarheiten berichtet. Gleiches gilt für die Kriterien zur Einordnung der Projektskizzen zu den Programmlinien, die wohl nicht allen Antragstellern klar waren. So wird es von einigen Akteuren als schwierig erachtet, die Projekte inhaltlich in die Programmlinien einzuordnen.

Gerade KMU sehen sich bei erstmaliger Antragstellung mit der Beantragung über easy-online überfordert, da gerade für kleine Unternehmen, die sich erstmalig um LuFo-Förderung bemühen, die Einordnung des Projekts in Richtungen oder Kategorien eine Herausforderung ist. Eine Vereinfachung des Online-Tools zur Einreichung würde gerade KMU helfen.

In Hinblick auf die Programmdokumentation ergeben sich folgende Verbesserungsmöglichkeiten: Ein Teil der Antragsteller weist auf einen aus ihrer Sicht hohen Dokumentationsaufwand hin. Dies betrifft den Verwendungsnachweis, den Nachweis der Reisekosten sowie die nicht mehr mögliche pauschalierte Abrechnung des Aufwands für Kosten bei KMU. Die jetzt erfolgte Umstellung auf detaillierte Kostennachweise stellt nach Aussage von einigen Projektleitungen gerade für kleine Unternehmen einen deutlichen zusätzlichen Aufwand dar, der die Teilnahme an LuFo in dieser Form zukünftig eher unattraktiver machen könnte. Die Förderung von KMU und deren Engagement im Bereich innovativer, sicherer und ökologischer Luftfahrt, könnte hierdurch reduziert werden. Teilweise wird auch angemerkt, dass die Zwischenberichterstattung noch verschlankt werden könnte. Teilweise wird geäußert, dass die Begründung recht aufwändig wäre, wenn im Rahmen des Projekts andere Ergebnisse als ursprünglich geplant erzielt wurden.

Nach Beobachtungen des Evaluationsteams gibt es noch weitere Ansatzpunkte, um die Kooperation zwischen den Projektverbünden und darüber hinaus zu verbessern. So existiert keine gemeinsame, neutrale und sichere digitale Kollaborationsplattform zum Austausch von Daten. Zudem betreffen die Optimierungsansätze auch den Austausch zwischen unterschiedlichen Projektverbünden in LuFo VI, aber zumindest teilweise auch darüber hinaus in Bezug auf eine innereuropäische Vernetzung. So ergeben die Fallstudien, dass nur eine sehr geringe Vernetzung zwischen den Projektverbünden untereinander zu beobachten ist. In diesem Zusammenhang wird mehrfach angemerkt, dass die thematischen Forschungs- und Entwicklungsfelder anderer Projektverbünde und entsprechende Austauschpotentiale nicht bekannt seien. Der Projektträger hat als eine Maßnahme eine neue Austauschplattform etabliert, wobei jedoch dem Evaluationsteam noch keine Befunde zu deren Nutzung vorliegen.

Weitere Beobachtungen bzw. Hinweise betreffen auch andere Aspekte der Programmförderung wie die Begutachtung und die Ausgestaltung der Programmlinien:

- Die Programmlinie „Technologiedemonstration” könnte attraktiver ausgestaltet werden. KMU bräuchten aufgrund von Marktunvollkommenheiten in der Finanzierung von Technologiedemonstratoren höhere Förderungsquoten. In den Fokusgruppen wurde hierzu diskutiert, dass die in der Förderlinie geltende Förderquote für KMU zu niedrig sei – gerade vor dem Hintergrund des damit verbundenen, hohen administrativen Aufwands. Gleichzeitig erscheint aus Sicht der Evaluation hier das Potenzial in Blick auf EU-Höchstsätze gering.
- Es wird der Wunsch geäußert, dass insbesondere im Rahmen der Förderung von Wasserstofftechnologien präziser formuliert wird, was gefördert wird und was nicht. Bei der Nutzung von Wasserstoff als alternative Energie- und Antriebsquelle sind nach Erkenntnissen aus den Interviews und Fokusgruppen

unterschiedliche Einsatzarten möglich. Demnach ist der Einsatz von Wasserstoff bspw. im Rahmen von Hybridantriebssystemen oder als Energiespeicher für elektrische Antriebe denkbar. Aus den Förderdokumenten ist nicht präzise ersichtlich, für welche Einsatzarten Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten gefördert werden und wo genau die Trennlinien verlaufen.

- In Hinblick auf die Treffen der Gutachterinnen und Gutachter wird angeregt, dass das Protokoll durch den Projektträger und nicht durch die Gutachter geführt wird.
- Von Gutachterinnen und Gutachtern wird der Wunsch formuliert, über den Stand und die erzielten Ergebnisse der zuvor begutachteten Anträge über die Projektlaufzeit hinweg informiert zu bleiben. Da Gutachterinnen und Gutachter häufig in mehreren aufeinanderfolgenden LuFo-Programmen Gutachtertätigkeiten ausüben, würde dies besser ermöglichen, die in den Projekten erreichten technologischen Entwicklungen – gerade auch für die Bewertung von Folgeanträgen – besser nachvollziehen und beurteilen zu können.

10.3 Erforderlichkeit

Ein zentraler Aspekt, der im Rahmen der Evaluation von LuFo VI adressiert werden soll, ist die Frage, ob LuFo VI wesentliche Verbesserungen bewirken kann, die der Markt von alleine nicht herbeiführt (Europäische Kommission 2014, Randnummer 48). Im Rahmen der Programmnotifizierung werden hier insbesondere Probleme mit der Finanzierung von FuE-Projekte genannt, die durch unzureichende Informationen dazu führen, dass in einem suboptimalen Maß FuE-Projekte über die Märkte stattfinden. Besonders KMU sind von den Finanzierungsrestriktionen an den Kapitalmärkten betroffen. Darüber hinaus ist die FuE-Finanzierung auch für FuE-Projekte zur Erreichung von Zielen des öffentlichen Interesses berechtigt, in denen positive externe Effekte generiert werden. Zentrale Aspekte dieser Marktmängel, die im Rahmen der Untersuchungen deutlich werden, bestätigten auch die Befunde aus der letzten Evaluation des Programms (Wangler et al. 2018).

Im Rahmen der Untersuchungen werden einige Sachverhalte identifiziert, bei denen LuFo VI solche Marktversagenstatbestände adressiert und eine Förderung somit erforderlich ist. So zeigt sich im Rahmen der Fokusgruppen, dass eine Förderung der Luftfahrtforschung, aufgrund der Komplexität der Technologien, den mit der Luftfahrt einhergehenden Herausforderungen und deren hoher gesellschaftlicher Relevanz, gerechtfertigt ist. Auch die langfristigen Entwicklungszyklen sowie die mit der Forschung verknüpften Unsicherheiten rechtfertigen nach der Einschätzung der Expertinnen und Experten, die Förderung der Luftfahrtforschung durch den Staat. Auch im Rahmen der Gespräche für die Fallstudien werden zahlreiche Beispiele für die Erforderlichkeit des Programms genannt.

Aus Sicht der Wissenschaftseinrichtungen ergeben sich folgende Vorteile:

- LuFo VI hat die Möglichkeit für eine Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis gestärkt, insbesondere bei relevanten Themenstellungen (wie etwa der Nachhaltigkeit).

- Für Wissenschaftseinrichtungen bietet LuFo VI die Möglichkeit, Innovationen zu demonstrieren, die nachher speziell in KMU genutzt werden (Wangler et al. 2018: 52). Dies wäre in einigen Fällen aufgrund von Finanzrestriktionen bei den mittelständischen Unternehmen ohne das Programm nicht möglich. Insbesondere bei Wissenschaftseinrichtungen und anderen nicht-kommerziellen Organisationen fördert LuFo VI die Praxisorientierung der Ergebnisse.

Mittelständische Luftfahrtunternehmen und Unternehmen aus anderen Feldern wie der Automobilindustrie haben aufgrund der LuFo-Förderung die Möglichkeit, Nachteile auszugleichen, die sich aus Marktunvollkommenheiten ergeben:

- LuFo VI fördert die Integration von KMU (teilweise auch aus anderen Branchen wie der Automobilbranche) in die Forschungsnetzwerke. Diese Unternehmen hätten es ohne die LuFo-Förderung schwer, in bereits etablierte Netzwerkstrukturen zu kommen. Die kleinen und mittelgroßen Unternehmen – aber auch Großunternehmen und Wissenschaftseinrichtungen – lernen im Rahmen der Kooperationen mehr über die Anforderungen auf der Kundenseite, die sonst häufig nicht in dem Maße transportiert würden. Insgesamt fördert LuFo VI die Erweiterung bestehender Unternehmensnetzwerke. KMU nutzen die Projekte auch, um Innovationssprünge in engem Austausch mit ihren Kunden zu machen, was wiederum mit einem Wissenstransfer (was braucht der Kunde? Welche neuen Ideen gibt es?) verbunden ist.

LuFo VI hat einen wichtigen Beitrag zur Technologieentwicklung und zu deren Steuerung in Hinblick auf gesellschaftlich wichtige Themen geleistet:

- Gerade bei der strategischen Technologieentwicklung spielt das Programm eine wichtige Rolle. Projekte, die nicht unmittelbar in neue Produkte oder Verfahren münden und damit nicht kurzfristig marktrelevant sind, können durchgeführt werden. Solche Projekte, die nahe an einer Grundlagenforschung sind, sind in der Regel mit einem vergleichsweise hohen Risiko verbunden und könnten vielfach sonst nicht durchgeführt werden. Dabei bietet das Programm für die Forschungsabteilungen von Großunternehmen die Möglichkeit, neue Technologien auch intern zu bewerben und damit Innovationsimpulse zu setzen. Das Programm ermöglicht es, übergeordnete Themen anzugehen und Standards für die gesamte Branche zu erarbeiten.
- In LuFo VI wird die Gelegenheit genutzt, die Forschung der Unternehmen gezielt in bestimmte Richtungen (etwa Nachhaltigkeit und Klimaneutralität) zu lenken, was ohne die Förderung in dem Ausmaß nicht der Fall gewesen wäre.

Ein zentraler Aspekt der LuFo-Förderung sind Impulse für den Wissenstransfer zwischen den beteiligten Akteuren, die ohne die Förderung nur in erheblich geringerem Maße entstanden wären.

- Der Wissenstransfer zwischen den beteiligten Akteuren führt zu positiven Externalitäten, die ohne LuFo nicht im gleichen Ausmaß realisiert werden könnten. Ohne die staatliche Förderung würden zahlreiche Projekte entweder nicht oder in deutlich kleineren Verbünden realisiert werden. Bei nicht-geförderten

Projekten findet nach Aussage der Gesprächspartner Wissenstransfer in erheblich geringerem Ausmaß statt. Beispiele zeigen, dass der Wissenstransfer über den Projektzeitraum hinaus stattfindet. Durch die Förderung wird auch positiver Druck auf die Unternehmen ausgeübt, sich an Kooperationen zu beteiligen, was wiederum zum Wissenstransfer führt. So beteiligen sich in Einzelfällen auch Wettbewerber in gemeinsamen Projektverbünden, die sonst nicht zusammenarbeiten würden.

- Die im Rahmen dieser Evaluation durchgeführten Untersuchungen zeigen weiterhin, dass das Programm erhebliche Impulse über die Zuwendungsempfänger hinaus etabliert hat. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Beitrag der Forschungsprojekte zur Etablierung von Standards und Normen. Die Ergebnisse aus den Fokusgruppen haben darüber hinaus gezeigt, dass LuFo VI die Möglichkeit bietet, branchenfremdes Wissen etwa aus der Automobilindustrie zu integrieren, um aktuelle Themen besser angehen zu können. Dabei wurde die Möglichkeit geschaffen, neue Lösungen aus anderen Branchen auszuprobieren und zu überprüfen, inwieweit sich diese übertragen lassen. Der Wissenstransfer über Köpfe durch den Wechsel von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern stellt einen weiteren zentralen Aspekt des Wissenstransfers über die Zuwendungsempfänger hinaus dar.

Weitere positive Wirkungen, die die Erfordernisse der LuFo-Förderung unterstreichen, ergaben sich in der COVID-19-Zeit und durch die Unterstützung der Nachwuchsförderung:

- In der Pandemie-Zeit hat LuFo VI die Möglichkeit geschaffen, dass Unternehmen an Projekten arbeiten konnten, für die sonst bei ausgelasteten Produktionskapazitäten keine Zeit geblieben wäre.
- Im Rahmen von LuFo VI wird nach den Beobachtungen des Evaluationsteams über die reine Forschung hinaus über Master- und Doktorarbeiten ein Beitrag für die Ausbildung des Nachwuchses im Bereich Luftfahrt in praxisrelevanten Themenstellungen geleistet.

10.4 Verhältnismäßigkeit

In diesem Abschnitt wird der Frage nachgegangen, ob dieselbe Wirkung mit einer anderen Art der Förderung hätte erreicht werden können. Insbesondere ist zu diskutieren, inwieweit andere Instrumente, die weniger in den Marktmechanismus eingreifen, zu vergleichbaren Effekten geführt hätten. In diesem Kontext wird auch behandelt, inwieweit andere Ausgestaltungsmöglichkeiten der Förderung zu besseren Ergebnissen hätte führen können. Daraufhin wird gefragt, welche alternativen Arten der Förderung möglich gewesen wären und inwieweit diese zu denselben Wirkungen geführt hätten.

Eine mögliche andere Art der Förderung würde in der verstärkten steuerlichen Begünstigung von Forschung und Entwicklung bestehen. Um diesen Aspekt zu beleuchten, werden die Ergebnisse aller Untersuchungselemente zur Wirksamkeit von LuFo

herangezogen. Darüber hinaus werden die Expertinnen- und Experteneinschätzungen aus den Fokusgruppen genutzt, um die vorliegende Untersuchungsfrage zu beantworten.

Die steuerliche FuE-Förderung weist gegenüber der Projektförderung bestimmte Vorteile auf. So ist sie aus Sicht der Unternehmen transparent und hilft dabei, schnell Neuerungen auf den Markt zu bringen. Gleichzeitig erhöht sie die Rentabilität der FuE-Anstrengungen und vermeidet durch ihre Themenoffenheit Marktverzerrungen. Jedoch weist auch die Projektförderung, wie sie im Rahmen von LuFo VI durchgeführt wird, ganz spezifische Vorteile auf, die durch die steuerliche FuE-Förderung nicht realisiert werden könnten. Die Diskussion im Rahmen der Fokusgruppen ergibt daher auch, dass eine steuerliche Förderung die LuFo-Förderung nicht ersetzen könne. Die Förderung der Luftfahrtforschung ist aufgrund der Komplexität der Technologien, der Herausforderungen, der gesellschaftlichen Relevanz, der langfristigen Entwicklungszyklen sowie den mit der Forschung verknüpften Unsicherheiten aus Sicht der Expertinnen und Experten notwendig. Unterstützt wird diese Sichtweise durch die positiven Wirkungen der Förderung, die oben unter dem Aspekt der Erforderlichkeit des Programms erwähnt wurden. Die dort genannten positiven Impulse aus der Förderung würden vielfach nicht aus einer verstärkten steuerlichen Förderung resultieren. Letztere würde zwar zu einer Ausweitung der FuE-Aktivitäten führen, wäre aber in erheblich geringerem Maße mit Wissenstransfer, der strategischen Technologieentwicklung und einer Forschung in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaneutralität verbunden.

Die Expertinnen und Experten haben im Rahmen der Fokusgruppen den Bedarf einer spezifischeren Förderung diskutiert. So wurde der Bedarf an DFG-Sonderforschungsbereichen thematisiert, die bis zu zwölf Jahre an einer bestimmten eher grundlagenorientierten Thematik arbeiten können. Dabei wurde diskutiert, dass der Individualverkehr künftig weiter steigen wird und es einer verstärkten Nutzung des Luftraums und dafür auch entsprechender technischer Lösungen bedarf. Das wird durch LuFo adressiert und sollte nach Ansicht der Expertinnen und Experten aus den Fokusgruppen durch weitere Programme ergänzt werden. Aus der Diskussion zu diesem Themenfeld ergibt sich also kein Argument gegen das Erfordernis von LuFo, sondern die Anregung, LuFo mit anderen eher grundlagenorientierten Förderprogrammen stärker zu vernetzen.

In Hinblick auf die Schwerpunkte der Förderung wurde dabei auch die Frage aufgeworfen, worauf sich das Programm konzentrieren sollte. Hierbei wird betont, dass es wichtig sei, dass LuFo mit anderen Förderprogrammen in der Hinsicht korrespondiert, dass gleichzeitig keine größeren Überschneidungen existieren und es etwa zu anderen Programmen, die Grundlagenforschung fördern, anschlussfähig sei. Gleichzeitig wird pointiert, dass hier in LuFo VI kein Problem existiere. Hinsichtlich der Programmausrichtung wird betont, dass es wichtig sei, bei der Programmausrichtung auch die Situation der OEMs der Branche einzubeziehen. Dies sollte gegenüber den berechtigten gesellschaftlichen Anliegen (Klimaneutralität und Förderung von konkreten Technologien wie KI) berücksichtigt werden. Gerade beim Einsatz von KI im Flugzeug sehen die Expertinnen und Experten noch einen langen Weg, der erforderlich ist, bevor diese neuen Technologien im Flugzeug umgesetzt werden können.

10.5 Angemessenheit

In diesem Abschnitt wird erläutert, ob die Förderung im Rahmen von LuFo VI die Beihilfe auf das Ausmaß beschränkt, das zur Erreichung des Maßnahmenzwecks erforderlich ist. Diese Frage beleuchtet die Verhältnismäßigkeit der Förderung in einem engeren Sinne als dies in *Abschnitt 10.4* der Fall war. Angemessen ist somit eine Maßnahme nach dem FuEuI-Beihilferahmen (Europäische Kommission 2014, Randnummer 72), wenn ihre Höhe auf das für die Durchführung der geförderten Tätigkeit erforderliche Minimum begrenzt ist. Zu diesem Aspekt wurden bereits im Rahmen der Programmnotifizierung, Beihilfehöchstintensitäten und die Kumulierung von Beihilfen überprüft und festgestellt, dass diese mit den entsprechenden Anforderungen des FuEuI-Rahmens in Übereinstimmung stehen (Europäische Kommission 2020, Randnummern 91 bis 103).

Zu diesem Aspekt wurde auch im Rahmen der Fokusgruppen die Frage der Angemessenheit hinsichtlich des Fördervolumens diskutiert. Dabei wurde diese Einschätzung bestätigt. Das Ergebnis der Diskussion ist, dass die Höhe des Mittelvolumens in LuFo VI angemessen sei, da mit weniger Mitteln deutlich geringere Wirkungen in Hinblick auf die gesetzten Ziele erzielt werden würden und gleichzeitig das Restrisiko höher und die Forschungsdauer länger wäre. LuFo VI würde vor diesem Hintergrund eine gute Relation zwischen Aufwand und Ertrag sicherstellen. Als Vergleichswert für die Angemessenheit der Förderung wurden dabei von den Expertinnen und Experten die Forschungskosten der Unternehmen herangezogen.

Maßgebend für die Mittelausstattung des Programms muss letztlich nach Einschätzung der Expertinnen und Experten sein, welche Technologien perspektivisch für die neuen künftigen Flugzeugtypen erforderlich sind. Vor dem Hintergrund der bestehenden Herausforderungen (Nachhaltigkeit des Luftverkehrs) wurde diskutiert, inwieweit das LuFo-Programm sogar noch besser ausgestattet werden müsste, um die ambitionierten Ziele der klimaneutralen Luftfahrt zu erreichen.

10.6 Zielerreichung, Maßnahmenwirkungen und Wirtschaftlichkeit

Die vorliegende Evaluation hat auch die Aufgabe, einen Beitrag zur *Erfolgskontrolle gemäß Verwaltungsvorschrift zu §7 Bundeshaushaltsordnung* zu leisten. Zweck der Erfolgskontrolle ist es, festzustellen, (i) in welchem Ausmaß die angestrebten Ziele erreicht wurden (Soll-Ist-Vergleich), (ii) ob die Maßnahme geeignet und ursächlich für die Zielsetzung war (Wirkungskontrolle, wobei auch alle beabsichtigten und unbeabsichtigten Maßnahmenwirkungen ermittelt werden) und (iii) ob die Maßnahme wirtschaftlich war (in Hinblick auf den Ressourcenverbrauch und die übergeordneten Zielsetzungen).

Zunächst ist bei der Beantwortung der Frage zu bedenken, dass es sich um eine begleitende Evaluation handelt. Somit können keine abschließenden Einschätzungen abgegeben werden. Es ist jedoch möglich, auf Basis des derzeitigen Stands, bereits Einschätzungen zu den genannten Aspekten abzugeben.

Die Zielsetzungen des Programms ergeben sich aus der Programmlogik, die in *Abschnitt 2* dargestellt wurde. Dort ist zu erkennen, dass LuFo VI über eine mehrdimensionale Zielstruktur verfügt. Die Schwerpunkte von LuFo VI verschoben sich dabei

von Call zu Call hin zur Förderung von mehr Nachhaltigkeit und Klimaneutralität (vgl. *Abschnitt 7.3*). Insgesamt zeigt sich vor dem Hintergrund der dargestellten erwarteten Ergebnisse, dass für die Zukunft ein signifikanter Effekt von LuFo VI in Hinblick auf die Programmziele zu erwarten ist. Dies betrifft insbesondere auch den Beitrag des Programms zu den Zielen der nachhaltigen Luftfahrt und der Klimaneutralität.

Die Frage nach der Eignung der Maßnahme wurde bereits in *Abschnitt 10.2* unter dem Aspekt der Verhältnismäßigkeit diskutiert. Aus den dort diskutierten Überlegungen zeigt sich, dass aus der derzeitigen Perspektive die Maßnahme LuFo VI geeignet ist, um die beabsichtigten Wirkungen zu erreichen. Ein Soll-Ist-Vergleich ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt aber noch nicht möglich.

In Hinblick auf die Maßnahmenwirtschaftlichkeit ist zunächst der Programmimpuls in den Blick zu nehmen. Im Rahmen von LuFo VI wurden Gesamtmittel für FuE-Projekte in Höhe von 2,64 Mrd. € verausgabt, wobei die Bundesmittel sich auf 1,687 Mrd. € beliefen. Auf Großunternehmen entfielen 1,69 Mrd. € (Bundesmittel: 829 Mio. €), auf KMU 231 Mio. € (Bundesmittel: 140 Mio. €) und auf Wissenschaftseinrichtungen 720 Mio. € (Bundesmittel 718 Mio. €). Mit diesen Mitteln wurden als Zuwendungsempfänger (mit Doppelzählungen) insgesamt 1.575 Akteure gefördert, darunter 502 Großunternehmen, 301 KMU und 772 Wissenschaftseinrichtungen. Damit bewirkte das Programm einen substanziellen Impuls in das Forschungs- und Innovationsgeschehen des Luftfahrtsektors hinein.

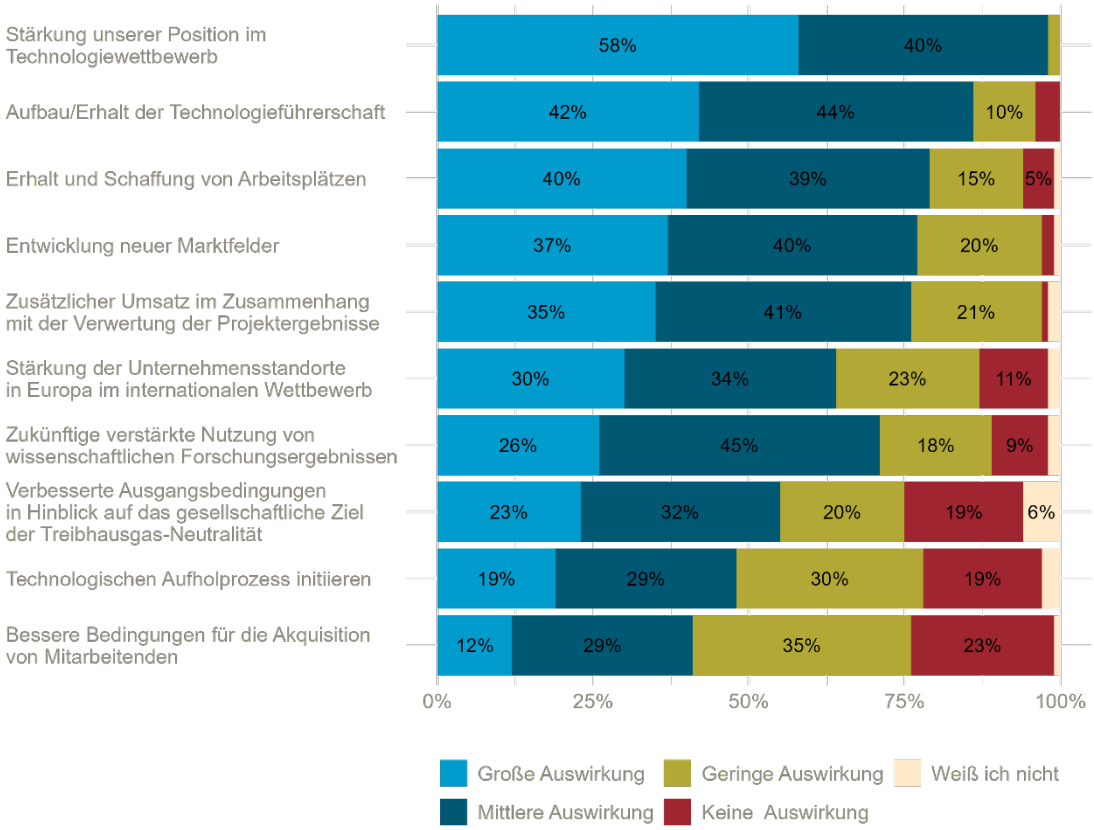
Ein Überblick über die Programmwirkungen, die diesem Impuls gegenüberstehen, führt aus der Perspektive der Unternehmen zu einer sehr positive Einschätzung der Programmwirkungen (*Abbildung 10.6.1*). Hinsichtlich der Technologieentwicklung, der Schaffung und dem Erhalt von Arbeitsplätzen sowie der Entwicklung neuer Marktfelder stellt die überwiegende Zahl der Unternehmen LuFo ein positives oder sehr positives Zeugnis aus. Hier scheint der Impuls durch das Programm am größten zu sein. Auch die Wirkung auf den Umsatz, die Stärkung der Unternehmensstandorte, der Transfer von Forschungsergebnissen aus der Wissenschaft und die Wirkung hinsichtlich des Zieles der Treibhausgas-Neutralität wird durch mehr als die Hälfte der Antwortenden als groß oder mittelgroß angesehen.

Die hohe Bedeutung von LuFo für die technologische Weiterentwicklung in der Luftfahrtforschung in Deutschland wird auch durch die Expertinnen und Experten in den Fokusgruppen hervorgehoben. Die Fallstudien wiederum zeigen, dass die Projekte langfristig sehr relevante technologische Themenstellungen angehen. Diese betreffen sowohl das Ziel der Klimaneutralität als auch Themen wie Impulse für die Weiterentwicklung von Produktionsprozessen oder die interne Vernetzung des Flugzeugs. Dies sind alles Felder, auf denen für eine zukünftige Luftfahrt wichtige Forschungsprobleme zu lösen sind.

Wie bereits beschrieben wurde, zeigt sich bei den Fokusgruppen, dass aus Sicht der befragten Expertinnen und Experten der Umfang des Programms hinsichtlich der Zielsetzungen angemessen ist. Hinterfragt werden könnte, ob die Fokussierung von LuFo VI auf Klimaneutralität und Nachhaltigkeit zulasten der Maßnahmenwirtschaftlichkeit geht. Aus Unternehmensperspektive ist dies abhängig davon, ob letztlich die gefundenen nachhaltigen Lösungen auch auf dem Markt nachgefragt werden. Soweit

die künftigen staatlichen Regulierungen im Luftfahrtsektor europa- und weltweit Klimaneutralität berücksichtigen, erscheint es aber als realistisch, dass insgesamt auch aus Unternehmenssicht die geförderten Projekte zur Reduzierung des CO_2-Fußabdrucks wirtschaftlich sind. Aus Sicht der staatlichen Förderung stellt sich die Maßnahmenwirtschaftlichkeit noch einmal anders dar. Immerhin ist eine Zielsetzung des Programms, die Forschung in Hinblick auf eine staatlich gewünschte Schwerpunktsetzung zu lenken, die durch das Marktversagen z.B. bei der Reduktion des Klimaeffekts begründet ist. Daher stellt sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit hinsichtlich des Austarierens des Klimaziels in Relation zu anderen Programmzielen.

Abbildung 10.6.1
Wirkungen der LuFo VI-Förderung aus Perspektive der Unternehmen



Eigene Darstellung auf Basis einer Auswertung einer Unternehmensbefragung 2023 (N= 105). Werte, die weniger als 5% der Nennungen entsprechen, werden nicht dargestellt.

Die Programmadministration war insgesamt effizient und hat zu einer reibungslosen Programmumsetzung beigetragen. Verschiedene Aspekte der Programmadministration werden in *Abschnitt 10.2* genauer beleuchtet, während Möglichkeiten zur Verbesserung der Programmumsetzung im folgenden *Abschnitt 11* diskutiert werden.

Insgesamt zeigt sich, dass LuFo VI als branchenspezifisches Programm eine hohe Wirtschaftlichkeit aufweist. Einige wichtige Programmwirkungen wie Spillover-Effekte

innerhalb der Projektverbünde und über diese hinaus können mit anderen Maßnahmen (wie einer steuerlichen FuE-Förderung) nicht erreicht werden. Gleichzeitig ermöglicht die Art der Förderung in LuFo VI, FuE-Aktivitäten im Innovationsystem der Luftfahrtforschung in Richtung gesellschaftlich erwünschter Wirkungen zu steuern.

10.7 Positive und negative Programmwirkungen

Hinsichtlich der Wirkungen von LuFo können zunächst die Programmebene und die Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb unterschieden werden. *Übersicht 10.7.1* fasst die Ergebnisse der Evaluation hinsichtlich der positiven und negativen Programmwirkungen zusammen. In Summe ergibt sich ein Bild, bei dem die positiven Effekte die negativen Effekte deutlich übertreffen. Auf Programmebene sind zwar Mitnahmeeffekte vorhanden, diese entsprechen aber denjenigen von vergleichbaren Programmen und halten sich im Rahmen. Die anderen untersuchten negativen Programmwirkungen fallen nach den durchgeführten Untersuchungen insgesamt eher gering aus. Dem stehen auf Programmebene positive Wirkungen insbesondere in Hinblick auf den Programmimpuls, Wissenstransfer und die Verfolgung gesellschaftlicher Zielsetzungen gegenüber. Bei den Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb wiederum sind die positiven internationalen Impulse durch den Austausch mit internationalen Projekten und die Beteiligung von internationalen Unternehmen hervorzuheben.

Übersicht 10.7.1
Positive und negative Wirkungen von LuFo VI

	Positive Wirkungen		Negative Wirkungen	
	Art	**Bewertung**	**Art**	**Bewertung**
Programmebene	Adressierung von Marktsagenstatbeständen	Komplexität der Technologien, gesellschaftliche Relevanz, lange Entwicklungszyklen	Mitnahmeeffekte	überschaubar (ähnlich zu vergleichbaren Programmen)
	Ausweitung der FuE-Aktivitäten	positive Wirkungen auf Inputfaktoren	Nutzung zur Reduktion von Personalkosten	vorübergehend in gewissem Ausmaß (COVID-19-Zeit)
	Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis	Intensivierung, u. a. bei Nachhaltigkeit/ Klimaneutralität	Überlappung mit Programmen auf Länderebene	eher nicht der Fall (Länderprogramme orientieren sich am Bundesprogramm)
	Überwindung von Finanzrestriktionen bei KMU	Adressierung von Marktversagen; Innovationsimpulse	Abhängigkeit von LuFo-Förderung	kein Hinweis auf verfestigte Strukturen

	Positive Wirkungen		Negative Wirkungen	
	Art	**Bewertung**	**Art**	**Bewertung**
Programmebene	Integration von KMU in die Forschungsnetz-werke	Innovationsimpulse im Austausch mit den Kunden	ungewollte Wissensabflüsse	wirksame Verhinderungs-mechanismen
	strategische Technologie-entwicklung	wichtiger Programmimpuls	IP-Verwertungs-problematik	laut Befunden kein größeres Problem
	Lenkung der Forschungs-projekte	Adressierung von Nachhaltigkeit und Klimaneutralität	Ineffizienz bei großen Projekten	Einzelfälle
	Wissenstransfer zwischen den beteiligten Akteuren	intensiver Wissenstransfer	Beeinflussung und Verengung der Forschungs-ausrichtung	nicht der Fall (grundsätzliche Technologieoffenheit)
	Etablierung von Standards und Normen	wichtige Rolle des Programms	lange Entwicklungs-zyklen	kein größeres Problem
	Integration von branchenfrem-dem Wissen	funktionierender Wissenstransfer		
	Ausbildung von zukünftigen Fachkräften	Betreuung von Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten		
Handel & Wettbewerb	Verfälschung wettbewerblicher Markteintritts- und -austritts-prozessen	kKein Hinweis auf negative Wirkungen bzgl. nicht beteiligter Unternehmen; eher positive Effekte durch Erleichterung des Zugangs zu Netzwerken, Schaffung gemeinsamer Standards		
	dynamische Investitions-anreize	weitreichende Spillover-Effekte; Öffnung des Innovations-systems und Schaffung von Innovationsanreizen; Ausweitung der FuE-Aktivitäten		
	Schaffung von Marktmacht	keine Hinweise; Wettbewerber werden im gleichen Projektverbund gefördert; erleichterter Zugang für KMU		
	Standorteffekte	bereits erhebliche internationale Zusammenarbeit; kann in Zukunft noch ausgebaut werden		

Quelle: Eigene Darstellung.

11. Fazit und Handlungsempfehlungen

11.1 Fazit

Gegenstand und Methodik

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der begleitenden Evaluation von LuFo VI zusammengefasst. Die Zusammenfassung beinhaltet die Ergebnisse aus den *Kapiteln 4 bis 9* des Berichts. Das *Kapitel 10* beinhaltet selbst schon eine Diskussion von Ergebnissen aus den vorherigen Kapiteln unter verschiedenen Perspektiven und wird daher hier nicht nochmals aufgegriffen.

Der vorliegende Bericht fragt nach den Ergebnissen und Wirkungen von LuFo VI. Bei der Analyse wurde berücksichtigt, dass zum Zeitpunkt der begleitenden Evaluation lediglich ein Teil der Programmergebnisse und -wirkungen bereits eingetreten war, während der Großteil der Wirkungen für die Zukunft noch erwartet wird. So können zu diesem Zeitpunkt hauptsächlich Ergebnisse und Wirkungen auf Input- und Aktivitätsebene sowie erster Output der geförderten Projekte beobachtet werden. Darüber hinaus wurden mögliche bzw. wahrscheinliche künftige Programmwirkungen untersucht. Zu berücksichtigen ist bei der Bewertung dieser möglichen bzw. wahrscheinlichen Wirkungen, dass ihre Konkretisierung durch ein erhebliches Maß an Unsicherheit gekennzeichnet ist.

Methodisch wurde für die Evaluation eine Kombination aus unterschiedlichen Verfahren gewählt. Wo dies bereits möglich war (d.h. in Hinblick auf die Wirkungen für FuE-Ausgaben und FuE-Personal), wurden ökonometrische Vergleichsgruppenanalysen durchgeführt. Wo dies nicht möglich war, stützt sich die Evaluation hinsichtlich der Ergebnisse und erwarteten Wirkungen des Programms auf eine Kombination verschiedener Verfahren. Zunächst wurden umfangreiche Online-Befragungen von Projektleitungen und Zuwendungsempfängern, darunter Großunternehmen (GU), kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU) und Wissenschaftseinrichtungen (WISS) durchgeführt. Deren Ergebnisse wurden den Befunden aus sechs Fokusgruppen mit Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Luftfahrtforschung gegenübergestellt. Als weiteres Untersuchungsmodul wurden technologische Fallstudien durchgeführt, die konzeptionell nach dem Modell des Process Tracing vorgehen und den gesamten Prozess von den Ausgangsbedingungen (Vorprojekte) über die Projektdurchführung bis hin zur (häufig in der Zukunft liegenden) Umsetzung der Projektergebnisse und der damit verbundene Impact am Markt nachvollziehen.

Programmverlauf und Förderstrukturen

Die Projektförderung im Rahmen von LuFo VI hat einen erheblichen Impuls für das Forschungsgeschehen in der Luftfahrtindustrie gegeben und dieses in Hinblick auf die Adressierung von mittel- bis langfristig relevanten Fragen und einem verstärkten Fokus der Luftfahrtforschung in Richtung auf Klimaneutralität beeinflusst. Insgesamt wurden im Rahmen von LuFo VI durch die gewerbliche Wirtschaft 2.112 Skizzen eingereicht, von denen 36% auf den 1. Call, 40% auf den 2. Call und 24% auf den 3. Call entfielen. Die Quote der Projekte, die bewilligt wurden, lag bei durchschnittlich 38% (803 Bewilligungen). Weitere 772 Projekte wurden für Wissenschaftseinrichtungen

bewilligt. Das finanzielle Gesamtvolumen, also die Summe aus LuFo VI-Bundesmitteln und Eigenmitteln der Zuwendungsempfänger, betrug bei der gewerblichen Wirtschaft 1,919 Mrd. €. An Bundesmittel wurden für die gewerbliche Wirtschaft 933 Mio. € bewilligt (LuFo- und KTF-Titel zusammengenommen). Davon entfielen 335 Mio. € auf LuFo VI-1, 312 Mio. € auf LuFo VI-2 und 286 Mio. € auf LuFo VI-3 (Klima). An Großunternehmen ging der Großteil der Bundesmittel (85,7%). Darüber hinaus wurden für die Wissenschaftseinrichtungen Bundesmittel in Höhe von insgesamt 718 Mio. € bewilligt. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Förderung änderten sich im Programmverlauf: Von LuFo VI-1 bis LuFo VI-3 (Klima) auf Forschungsthemen zur Nachhaltigkeit und Klimaneutralität.

Effekte auf Inputfaktoren bei den Zuwendungsempfängern

Die Regressionsanalyse zu drei untersuchten Vergleichssituationen zeigt insgesamt, dass LuFo VI-1 eine positive Wirkung auf die FuE-Beschäftigten hat. Hinsichtlich der drei Vergleichssituationen sind folgende Designs gewählt worden: Die durch LuFo VI-1 geförderten Unternehmen werden zum einen mit ähnlichen Unternehmen („statistische Zwillinge“) verglichen, die keine LuFo VI-1-Förderung erhalten haben (Situation 1). Zum anderen werden die im Rahmen von LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit Unternehmen verglichen, die eine Skizze für die Förderung in LuFo VI eingereicht haben (Situation 2). Zusätzlich werden die in LuFo VI-1 geförderten Unternehmen mit denjenigen Unternehmen verglichen, die eine Skizze in LuFo VI-1 eingereicht haben (Situation 3).

In allen drei Vergleichssituationen wurde für die Auswirkungen der LuFo-Förderung auf die FuE-Beschäftigten ein statistisch signifikanter Effekt gefunden. Für jede Vergleichssituation zeigt sich, sofern alle anderen Einflussfaktoren konstant gehalten werden, dass eine Erhöhung der LuFo-Förderung im Jahr 2021 bzw. 2020 in Situation 3 zu einer Erhöhung des FuE-Personals im Jahr 2021 führt. Aufgrund der kleinen Beobachtungszahl sollten die Ergebnisse insgesamt jedoch mit Vorsicht interpretiert werden. Darüber hinaus verhindert die kleine Anzahl an Beobachtungen die Bildung von Untergruppenanalysen, etwa nur mit KMU.

Ergebniseffekte in Hinblick auf Netzwerkbildung und Wissenstransfer

Die Förderung im Rahmen von LuFo VI führt zu einem Impuls in Hinblick auf die Vertiefung und den Ausbau von Forschungsnetzwerken in der Luftfahrtforschung und ermöglicht durch die Arbeit im Verbund einen Wissenstransfer und -aufbau bei Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen. Die Mehrheit aller Befragten (Projektleitungen, Unternehmen, Wissenschaftseinrichtungen, Expertinnen und Experten) sieht durch die Förderung den Auf- und Ausbau der Kooperationsnetzwerke. Rund 70% der Projektleitungen geben in diesem Zusammenhang an, dass der Kontakt zu Vertreterinnen und Vertretern von Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen enger geworden sei, knapp 60% der Projektleitungen erweitern den Kreis der Kooperationspartner. Dies deckt sich mit den Angaben auf aggregierter Ebene (Unternehmensbefragung und Befragung von Wissenschaftseinrichtungen). Ca. 70% der Unternehmen bzw. Wissenschaftseinrichtungen geben ein erweitertes und jeweils ca. 80% ein gestärktes Kooperationsnetzwerk an.

Einem Großteil der Unternehmen gelingt es durch die Projektaktivitäten und die damit einhergehende Kooperationsarbeit den eigenen Wissensstand zu erweitern, indem u.a. neue Tätigkeitsfelder (20%) erschlossen werden, aber auch, weil technologische Entwicklungen besser verfolgt (38%) und der wissenschaftliche Kenntnisstand (35%) erweitert werden konnte. Großunternehmen gelingt es dabei häufiger als KMU, durch den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft technologische Entwicklungen besser zu verfolgen oder Ideen besser in die wirtschaftliche Anwendung zu bringen. KMU gelingt dagegen im Vergleich zu Großunternehmen häufiger die Aneignung besonderer neuer wissenschaftlicher Kompetenzen und dadurch auch häufiger eine Erweiterung des wissenschaftlichen bzw. technologischen Wissensstands.

Wissenschaftsakteure profitieren nach den vorliegenden Befunden tendenziell noch häufiger von den Projektaktivitäten in Hinblick auf das Kooperationsnetzwerk sowie den Wissensaufbau und -austausch als Großunternehmen und KMU. Für Wissenschaftseinrichtungen zeigt sich, dass die Projektaktivitäten anteilig häufiger zu einem erweiterten internen anwendungsbezogenen Wissenstand geführt haben (57%) und bessere Einblicke in die Bedarfe von Unternehmen erlaubten (51%) sowie dadurch Ideen besser in die wirtschaftliche Anwendung gebracht werden konnten (50%).

Die Erkenntnisse aus den Fallstudien und Fokusgruppen bestätigen die Ergebnisse der Online-Befragung. Der Wissensaufbau und -transfer gelingt in erster Linie über die gemeinsame Projektarbeit im Verbund. Dies geschieht über eine offene und transparente Kommunikation von Erkenntnissen und Ergebnissen in den Teilprojekten und durch eine lösungsorientierte Zusammenarbeit im Verbund, um so gemeinsame Projektziele zu erreichen. Darüber hinaus erfolgt der Wissenstransfer und -aufbau innerhalb der eigenen Organisationen über die Teilnahme an Weiterbildungen, die Durchführung von Workshops bzw. Veranstaltungen und die Entwicklung von Qualifizierungsprogrammen, Lernmodulen oder Curricula. Ebenso wird Wissen in die gesamte Branche und branchenübergreifend durch die betriebene Öffentlichkeitsarbeit und den Eingang neuer Erkenntnisse in die Lehre und Wissenschaft transferiert.

Output der FuE-Aktivitäten

Mit Blick auf den Output der FuE-Aktivitäten wird in der Gesamtbetrachtung deutlich, dass nur wenige Projektergebnisse bereits realisiert werden konnten, da vor allem die wirtschaftliche Nutzung der Projektergebnisse weitere Investitionen in Forschung und Entwicklung erfordert. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass zum Zeitpunkt der Befragung (Sommer 2023) ein Großteil der Projekte noch nicht abgeschlossen war, während andere gerade erst gestartet wurden. Die mit Abstand am häufigsten genannte Form der Weiterentwicklung von Projektergebnissen in Hinblick auf eine Anwendung stellen Anschlussprojekte dar (erfolgt: in 122 Projekten; geplant: in 424 Projekten). Dabei sind bereits zahlreiche Nachfolgeprojekte aus den LuFo VI-Projekten hervorgegangen, insbesondere bei den Aktivitäten von Wissenschaftseinrichtungen und Großunternehmen. Zusätzlich geben mehr als die Hälfte der Projektleitungen an, weiterführende Forschungstätigkeiten im Rahmen von Anschlussprojekten zu planen. Ob die geplanten Anschlussprojekte dann auch tatsächlich zu-

stande kommen, ist von unterschiedlichen Faktoren wie beispielsweise dem Commitment von unternehmen und Finanzierungsmöglichkeiten abhängig. Das zweithäufigste Projektergebnis stellen (temporäre) Wechsel von Mitarbeitenden in andere Unternehmen oder Wissenschaftseinrichtungen dar (erfolgt: in 104 Projekten; geplant: in 120 Projekten). Dabei finden diese Wechsel vornehmlich in andere Unternehmen statt, selten in (andere) Wissenschaftseinrichtungen. Für KMU ist ein Personalwechsel hingegen nur von geringer Bedeutung.

Patente und Schutzrechte als Output spielen mit bisher insgesamt 76 erfolgten und weiteren 89 geplanten Anmeldungen eine geringere Rolle. Hierbei dominieren Großunternehmen, nur vereinzelt erfolgen Anmeldungen aus KMU. Die Integration von Projektergebnissen in Normen und Richtlinien kommt bisher ebenfalls eher selten vor, ist aber häufig geplant (erfolgt: in 20 Projekten; geplant: in 171 Projekten). Auch sind bisher nur aus drei Projekten Neu- und Ausgründungen resultiert; in weiteren 25 Projekten – und hiervon überwiegend in Projekten von Wissenschaftseinrichtungen – sind entsprechende Gründungsaktivitäten jedoch geplant.

Die wirtschaftliche Nutzung der Projektergebnisse erfordert dann oft weitere Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie erhebliche finanzielle Investitionen. Dies geht aus der Online-Befragung von Projektleitungen hervor und lässt sich auch aus den Fallstudien resümieren. Dennoch zeigen sich bereits Synergieeffekte mit anderen laufenden oder geplanten FuE-Aktivitäten, wobei (Teil-)Ergebnisse in einem Drittel der Projekte direkt in Nachfolgeprojekten verwendet werden können, auch wenn dies weniger häufig bei Projekten von KMU und Großunternehmen der Fall ist.

Die wirtschaftliche Nutzung der Projektergebnisse wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen und erfordert weitere Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Viele Projekte sind nach ihrem Ende noch weit von einer Produkt- oder Verfahrensinnovation entfernt. Dies liegt auch daran, dass die Förderung im Rahmen von LuFo VI meist nur bis zu einem technologischen Reifegrad von TRL 6 erfolgt. Die geförderten Projekte dienen daher als Vorbereitung für spätere Produktentwicklungen. Die Implementierung eines Produkts, die oft mit vielen Unsicherheiten verbunden ist, könnte dann mindestens weitere sechs Monate bis mehrere Jahre dauern.

Outcome der FuE-Aktivitäten

Aus den LuFo VI-Projekten entstehen zahlreiche Innovationen. Das Programm hat somit einen erheblichen Einfluss auf die mittelfristige Technologieentwicklung in der Luftfahrtindustrie. Nach Ergebnissen aus der Online-Befragung gehen insgesamt 1.031 Innovationsideen aus den Projekten hervor, von denen zum Zeitpunkt der Befragung jedoch erst ein geringer Anteil (15%) auf den Markt gebracht bzw. eingeführt wurde. Der überwiegende Teil der Innovationsideen, die sich 495 Prozessinnovationen, 371 Produktinnovationen und 165 Dienstleistungsinnovationen zuordnen lassen, wird erst in Zukunft realisiert werden. Betrachtet man die bereits eingeführten oder geplanten Innovationen im Verhältnis zu den Projekten, aus denen sie resultieren, wird deutlich, dass aus Projekten von Großunternehmen im Durchschnitt am meisten Innovationen hervorgehen, die wenigsten aus KMU-Projekten (GU: 1,8; KMU: 1,3; WISS: 1,5). Somit resultieren zwar verhältnismäßig weniger Innovationen

aus KMU-Projekten, jedoch zeigen die Befunde auch, dass diese Innovationen schneller in den Markt gebracht werden.

Der Beitrag der LuFo VI-Förderung zur Technologieentwicklung zeigt sich daran, dass sowohl Unternehmen als auch Wissenschaftseinrichtungen durch die LuFo VI-geförderten Projekte ihr Technologieportfolio ausbauen konnten. Dabei erweiterten vor allem Großunternehmen im Vergleich zu KMU anteilig häufiger ihr Technologieportfolio um komplementäre Technologien (GU: 61%, KMU: 44%) und ergänzten häufiger ihr Portfolio im Hinblick auf komplett neue Technologien (GU: 48%, KMU: 30%). Die Aussagen der Expertinnen und Experten aus den Fokusgruppen und Fallstudien unterstützen die Ergebnisse der Online-Befragung hinsichtlich der hohen Bedeutung der LuFo VI-Förderung für die technologische Weiterentwicklung in der Luftfahrtforschung in Deutschland.

Für Wissenschaftseinrichtungen ist mit den LuFo VI-Projekten häufig eine Stärkung ihrer Position in der Forschungslandschaft und eine erhöhte Sichtbarkeit in der Wirtschaft verbunden. Letzteres lässt sich insbesondere auf Projektverbünde zurückführen, in denen Wissenschaftseinrichtungen mit Unternehmen kooperieren. Dabei handelt es sich – wie aus den Fallstudieninterviews ersichtlich wird – zum Teil auch um Unternehmen, zu denen vor LuFo VI noch keine Kooperationsbeziehungen bestanden. Hier kann also ein Aktivierungseffekt festgestellt werden. Darüber hinaus wird erwartet, dass die LuFo VI-Projekte zu einem weiter steigenden wissenschaftlichen Ansehen und künftig zu einer stärkeren Ausrichtung der Wissenschaftseinrichtungen auf angewandte Forschung führen.

Insgesamt wird jedoch der überwiegende Teil der Effekte – nicht überraschend – für die Zukunft erwartet. So rechnet die Mehrheit der befragten Projektleitungen, dass die Projektaktivitäten kurzfristig (also bis 2026) zu einer Stärkung der technologischen Marktposition von Unternehmen sowie einem Anstoß von Investitionen beitragen werden. Der bisherige Beitrag der LuFo VI-Projektaktivitäten zur Behauptung der Marktposition, zur Steigerung des Unternehmenswertes, zu Kostensenkungen und zu Einsparungen von Material, Hilfsstoffen und Energie ist zwar bemerkenswert, doch werden von den Projektleitungen stärkere Effekte überwiegend erst in den nächsten Jahren erwartet.

Erwarteter Beitrag des Programms zur Erzielung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen sowie zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen

Mehr als die Hälfte aller befragten Projektleitungen von LuFo VI- Projekten erwartet zusätzliche Umsätze bzw. Einnahmen sowie die Schaffung neuer Arbeitsplätze. Die Generierung zusätzlicher Umsätze bzw. Einnahmen wird von 65% (407 von 632) der befragten Projektleitungen erwartet und ist in 5% (30 von 632) der Fälle bereits eingetreten. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen KMU und Großunternehmen bezüglich ihrer Einschätzungen. In den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“, „Technologiedemonstration“, „KMU“ und „Basistechnologien“ werden überproportional häufig zusätzliche Umsätze oder Einnahmen erwartet oder wurden bereits erzielt. In regionaler Hinsicht zeigen sich Umsatz-

steigerungen verstärkt in den Regionen Ost (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen) und Süd (Bayern, Baden-Württemberg). Mit 72% (69 von 96) in der Region Ost und mit 70% (153 von 218) in der Region Süd berichtet ein deutlich höherer Anteil der Akteure von positiven Auswirkungen oder positiven Entwicklungserwartungen auf die Umsätze bzw. Einnahmen als in den Regionen Nord mit 54% (115 von 213) und West mit 67% (70 von 105).

Über die verschiedenen Akteursgruppen hinweg werden positive Entwicklungen hinsichtlich des Erhalts und Ausbaus der Beschäftigung erwartet. Wenngleich laut den befragten Projektleitungen seltener direkte Auswirkungen auf die Beschäftigung festgestellt wurden als bei Auswirkungen auf die Umsätze oder Einnahmen, rechnen die meisten langfristig mit einem positiven Effekt auf den Erhalt und Ausbau der Beschäftigung. So berichten bereits oder erwarten 53% (335 von 632 Projekten) aller befragten Projektleitungen positive Effekte auf die Schaffung von neuen Arbeitsplätzen. Die eingeschätzte Bedeutung dieser Entwicklung wird ebenfalls von 49% (162 vom 331 Projekten) als groß und von 43% (143 von 331 Projekten) als mittel angesehen. Große Unterschiede zwischen KMU und Großunternehmen sind in Hinblick auf diese Einschätzungen nicht vorhanden, wobei Wissenschaftseinrichtungen etwas seltener die Schaffung neuer Arbeitsplätze aus der LuFo VI-Förderung heraus erwarten oder bereits als eingetreten bewerten (47% (149 von 318 Projekten) im Vergleich zu 59% (123 von 209 Projekten) bei Großunternehmen und 60% (63 von 105 Projekten) bei KMU.

Bei der Analyse der Programmlinien zeigen sich Unterschiede, wobei überproportional häufig Auswirkungen auf die Beschäftigung in den Programmlinien „Wasserstofftechnologien“ und „(hybrid-)elektrisches Fliegen“, „Technologiedemonstration“ und „Disruptive Technologien“ erwartet werden. Ähnlich wie bei der Generierung von Umsätzen bzw. Einnahmen zuvor sind besonders in den Regionen Süd und Ost überproportional häufig positive Entwicklungen in der Beschäftigung festzustellen oder werden erwartet. Hier berichten in der Region Ost 59% (57 von 96 Projekten) und in der Region Süd 57% (124 von 218 Projekten) der Projektleitungen über eine eingetretene oder erwartete Schaffung von Arbeitsplätzen durch die LuFo VI-Förderung. In den Regionen Nord (Hamburg, Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bremen) und West (Nordrhein-Westfalen, Saarland, Rheinland-Pfalz, Hessen) sind es 50% (107 von 213 Projekten) und 45% (47 von 105 Projekten).

Beitrag der einzelnen Programmlinien von LuFo VI zur Treibhausgasminderung

Zusammenfassend zeigt sich im LuFo VI-Programm eine zunehmende Bedeutung hin zum Ziel 1 „Umweltfreundliche Luftfahrt“. Demnach fließen mehr als 80% der Mittel in die Umsetzung der Projekte von Unternehmen, die dem Ziel 1 zugeordnet sind. In LuFo VI-1 betrug dieser noch 50% der Gesamtmittel. Gleichzeitig zeigen auch die Fallstudien, dass in LuFo VI geförderte Projekte einen wichtigen Beitrag zur Realisierung der klimaneutralen Luftfahrt leisten.

Die Minderung von THG-Emissionen, die Widerstands- und Gewichtsreduktion und Treibstoffeinsparung spielen hierbei über alle Projektaktivitäten hinweg eine bedeutende Rolle. Am häufigsten wird von den genannten Klimaschutzzielen die THG-Emissionsminderung verfolgt (203 von 597 Projekte). Die meisten dieser Projekte (68 von 203) entfallen dabei auf die Programmlinie „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ sowie die Programmlinie „Basistechnologien“ (61 von 203). Darauf folgen die Ziele Widerstand-/ Gewichtsreduktion (195 von 597) und Treibstoffeinsparung (168 von 597). Bis zum Zeitpunkt der Befragung (Sommer 2023) konnte im Bereich Umwelt- und Klimaschutz vor allem Wissen auf- und ausgebaut werden. Ein Beitrag zur Verringerung von THG-Emissionen wurde vor dem Hintergrund des bisherigen Projektumsetzungstandes von einem Drittel der Projektleitungen bestätigt.

Die Expertinnen und Experten in den Fokusgruppen und Fallstudien bestätigen dieses Bild, spiegeln allerdings Skepsis in Hinblick auf die starke Fokussierung auf das Thema Klima. Demnach sei ein umfassend klimaneutrales Fliegen perspektivisch schwer umsetzbar. Dieser Aspekt betrifft jedoch nicht die Weiterentwicklung von für die Klimaneutralität erforderlichen Technologien, wie sie in LuFo VI weiterentwickelt werden und die über die Wissens-Spillover auch international diffundieren können, sondern eine international einheitliche Umsetzbarkeit. Zu Bedenken sei die begrenzte Bedeutung Deutschlands in Hinblick auf positive Gesamteffekte auf globaler Ebene.

Grundsätzlich werden die größten Potenziale in Hinblick auf Klimaneutralität im Bereich Wasserstoff und E-Antrieb gesehen. Gleichzeitig sollte nach Ansicht der Expertinnen und Experten aus den Fokusgruppen der Dreiklang aus Lärmreduzierung, Sicherheit und Nachhaltigkeit stets erhalten bleiben.

Heterogene regionale direkte oder indirekte Ergebnisse und Wirkungen der Förderung

Die regionalen Auswirkungen der LuFo VI-Förderung unterscheiden sich zwischen den betrachteten Regionen, wobei der Hauptunterschied auf die regional unterschiedliche Anzahl an Projekten zurückzuführen ist. Jeweils rund ein Drittel der 1.575 Projekte werden in der Region Nord (32%) und der Region Süd (34%) durchgeführt, 19% in der Region West und 16% in der Region Ost. Von den Projekten mit bereits eingetretenen oder geplanten Produktinnovationen entfallen entsprechend 37% auf die Region Süd, 28% auf die Region Nord, 19% auf die Region West und 17% auf die Region Ost. Die starke Stellung der Luftfahrtforschung in den Regionen Süd und Nord hängt vor allem mit der Häufung von Luftfahrtunternehmen und luftfahrtspezifischen Wissenschaftseinrichtungen rund um München und Hamburg zusammen.

Die projektspezifischen Ergebnisse und Wirkungen der LuFo VI-Projekte unterscheiden sich darüber hinaus durch die Art und Ausrichtung der Projekte. Bezieht man die Projekte mit Produktinnovationen auf die gesamte Zahl der LuFo VI-Projekte in den jeweiligen Regionen, liegt der Anteil in der Region Süd mit 48% am höchsten, gefolgt von der Region Ost mit 44%, der Region West mit 41% und der Region Nord mit 31% (zum Vergleich: der Bundesdurchschnitt liegt bei 40%).

Ergebnisse und Wirkungen in den verschiedenen Programmlinien

Grundsätzlich zeigen sich zwischen den Programmlinien teilweise deutliche Unterschiede hinsichtlich der bereits eingetretenen oder geplanten Ergebnisse und Wirkungen. Absolut gesehen generiert die Programmlinie „Basistechnologien“ die meisten Impulse. Wenn jedoch die jeweiligen finanziellen Ressourcen und die langfristigen Entwicklungszeiträume berücksichtigt werden, zeigen sich auch in den Programmlinien „Disruptive Technologien“ und „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ starke relative Impulse. Die Verteilung der Finanzmittel und Projektaktivitäten auf die verschiedenen Programmlinien spielen dabei in Hinblick auf die anhand der Indikatoren erfasste Wirkungskraft der einzelnen Programmlinien eine entscheidende Rolle.

Die meisten Finanzmittel fließen in die Programmlinien „Basistechnologie“ (37% der Gesamtmittel von 2,6 Mrd. € und 544 Projekte) und „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ (36% der Gesamtmittel und 340 Projekte). Gefolgt von den Programmlinien „Digitalisierung, Industrie 4.0/Künstliche Intelligenz (KI)“ (16% der Gesamtmittel und 299 Projekte), „Disruptive Technologien und innovative Systeme (ökoeffizientes Fliegen)“ (5% der Gesamtmittel und 164 Projekte), „KMU“ (4% der Gesamtmittel und 224 Projekte) und „Technologiedemonstration“ (2% der Gesamtmittel und 4 Projekte). Die Programmlinie „Basistechnologie“ leistet somit aufgrund des finanziellen Umfangs und der Projektanzahl einen erheblichen Beitrag zum gesamten Programmeffekt.

Im Vergleich dazu werden in den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ und „Disruptive Technologien“ weitaus weniger Projekte umgesetzt, was ein zentraler Erklärungsfaktor für die geringere Anzahl erfasster Outputgrößen sein kann. Die Ergebnisse der Projektaktivitäten führen im Durchschnitt bei den Programmlinien „Wasserstofftechnologien und (hybrid-)elektrisches Fliegen“ und „Disruptive Technologien“ eher in einem langfristigeren Zeithorizont zu Ergebnissen, bergen aber dafür bei durchschnittlich höheren Risiken große Wirkungspotenziale. Dies zeigen auch die Auswertungen der Online-Befragung und die Aussagen der Expertinnen und Experten der Fokusgruppe.

Mitnahmeeffekte oder weitere negative Programmergebnisse und -wirkungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass sich die Mitnahmeeffekte der LuFo-Förderung in einem angemessenen Rahmen bewegen, der demjenigen anderer vergleichbarer Programme entspricht. Gleichzeitig fielen andere mögliche negative Programmwirkungen sehr gering aus. Lediglich 4% (26 von 676 Projekten) der befragten Projektleitungen gibt an, dass sie das Projekt auch ohne LuFo VI-Förderung realisieren würden. Zudem ergeben die qualitativen Befunde, dass die LuFo VI-Förderung in den meisten der betrachteten Fälle essenziell ist, um das jeweilige Forschungsprojekt überhaupt bzw. in dem Ausmaß und zu dem Zeitpunkt durchzuführen. Weitere potenzielle negative Effekte, die betrachtet wurden, waren eine Abhängigkeit von der LuFo-Förderung, ungewollte Wissensabflüsse, IP-Verwertungsproblematiken, Ineffizienzen

bei großen Projektverbünden, der Beeinflussung bzw. Verengung der Forschungsausrichtung oder die langen Entwicklungszyklen in der Luftfahrtforschung. Insgesamt weisen die qualitativen Befunde jedoch darauf hin, dass diese potenziellen negativen Effekte höchstens in Einzelfällen auftreten bzw. nur vereinzelt relevant sein können.

(Technologie-)Spillovers über die Projektverbünde hinaus

Spillover-Effekte über die Verbundpartner hinaus spielen in Hinblick auf die Effektivität und Wirksamkeit der LuFo-Förderung eine zentrale Rolle. Dies ist das Ergebnis der durchgeführten Fallstudien, wurde in Teilen aber auch in den Fokusgruppen bestätigt. Die Untersuchungen ergaben, dass durch LuFo-Wissen geschaffen wird, von dem in erheblichem Umfang auch nicht unmittelbar in die Förderung eingebundene Akteure profitieren bzw. künftig noch profitieren werden, verbunden mit einer Verbesserung der technologischen Basis der Luftfahrtindustrie und damit verbundenen positiven Wirkungen. Dies betrifft beispielsweise den Eingang von Projektergebnissen in Richtlinien und Normen, den Verkauf von Schutzrechten bzw. Lizenzen oder Neu- und Ausgründungen. Ein Wissenstransfer zu Nicht-Zuwendungsempfängern ist ferner mit einem Wechsel von Projektmitarbeitenden verbunden, die Fähigkeiten im Rahmen von zahlreichen LuFo VI-Projekten erlangen. Schließlich strahlen von den LuFo VI-geförderten Projekten auch Effekte auf andere Branchen und Länder aus, wovon die deutsche Luftfahrtindustrie profitiert.

Auswirkungen auf Handel und Wettbewerb

Die LuFo VI-Förderung kann grundsätzlich in Bezug auf Handel und Wettbewerb sowohl positive als auch negative Auswirkungen mit sich bringen. Aus den Ergebnissen der Evaluation ergeben sich keine Anhaltpunkte für signifikante negative Wirkungen von LuFo VI auf Handel und Wettbewerb. So zeigt sich, dass die LuFo VI-Förderung vielfach den Zugang zu etablierten Netzwerken erleichtert. Darüber hinaus werden in einem erheblichen Teil der Projekte Wettbewerber innerhalb eines Verbunds gefördert, was Wettbewerbsnachteilen auf einer Seite vorbeugt. Auch die wichtige Rolle von Wissenschaftseinrichtungen im Rahmen der Förderung und die Unterstützung längerfristig ausgerichteter Projekte, wirken der Schaffung von Marktmacht entgegen. Negativen Standorteffekten im europäischen Wettbewerb wird durch den Austausch mit europäischen Projekten und der Beteiligung internationaler Unternehmen an LuFo VI-Projekten vorgebeugt.

11.2 Handlungsempfehlungen

Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende Empfehlungen für die Weiterentwicklung des Programms:

- Die strategische Ausrichtung des Programms auf die Nachhaltigkeit und Klimaneutralität des Fliegens sollte weitergeführt werden. Hierzu sollten die klimabezogenen Ziele, die mit LuFo erreicht werden sollen, klar kommuniziert werden. Außerdem sollte nicht nur die Klimaneutralität der Endprodukte, sondern auch die Klimaneutralität im Herstellungsprozess der Flugzeuge (also entlang der gesamten Wertschöpfungskette) im Blick behalten werden.
- Die Förderung von Innovationen im Nachhaltigkeitsbereich darf nicht dazu führen, dass Innovationsaktivitäten in Bereichen, die zur ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit beitragen, zu stark zurückgefahren werden. Daher gilt es, auch Bereiche zu fördern, die nur indirekt (etwa durch klimaneutrale Produktionsprozesse) zum Ziel der Klimaneutralität beitragen – die Schwerpunkte der Wertschöpfung in der Luftfahrtindustrie in Deutschland liegen teilweise in derartigen Bereichen.
- Bemühungen und Initiativen zur Sicherstellung des Angebots von qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sollten im Rahmen zukünftiger LuFo-Programme adressiert und unterstützt werden. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob es Möglichkeiten gibt, auch innerhalb der zukünftigen LuFo-Förderung die Nachwuchsgewinnung zu unterstützen.
- Die Sichtbarkeit von LuFo für KMU sollte erhöht werden, indem beispielsweise Verbände informiert oder Plattformen genutzt werden, da KMU teilweise Schwierigkeiten haben, Zugang zu Förderprogrammen zu finden.

Verbesserungsvorschläge in Hinblick auf die zukünftige administrative Ausgestaltung beinhalten folgende Aspekte:

- In Hinblick auf die **Verkürzung und zeitliche Optimierung des Antragsprozesses** sollte überprüft werden, ob eine Flexibilisierung der Intervalle der Skizzeneinreichung und Verkürzung des Zeitraums von der Einreichung bis zur Bewilligung möglich ist. Es sollten Möglichkeiten geprüft werden, wie zum einen der Zeitraum zwischen Bewilligung und Programmstart flexibler und transparenter gestaltet werden kann und wie zum anderen Änderungsanträge im Projekt schneller genehmigt werden können. Die Klarheit und Verständlichkeit der Beantragungskriterien sollten erhöht werden, um Unklarheiten und Fehleinschätzungen im Beantragungsprozess zu vermeiden.
- Die verbesserte **Kooperation innerhalb und zwischen den Projekten** sollte gezielt unterstützt werden. Zum Austausch von Daten im Verbund würde sich eine gemeinsame, neutrale und sichere Kollaborationsplattform anbieten. Es sollte nach Wegen gesucht werden, die Vernetzung von Forschungsprojekten aus dem Bereich der Luftfahrtforschung zu befördern. Dadurch können die Ergebnisse von LuFo auch zukünftig stärker Eingang in Überlegungen auf EU-Ebene – etwa, wenn es um die Entwicklung gemeinsamer Normen geht – bekommen. Es sollte nach Möglichkeiten gesucht werden, um den Austausch

zwischen Verbünden bzw. zu Best Practice-Beispielen zu verbessern. In diesem Zusammenhang sollte auch geprüft werden, inwieweit die neu etablierte Austauschplattform des Projektträgers eine Verbesserung gebracht hat bzw. wie diese ggf. noch besser genutzt werden kann.

- In Hinblick auf die **Programmdokumentation** sollte überprüft werden, inwieweit Vereinfachungen beim Dokumentationsaufwand vorgenommen werden können. Dies betrifft detaillierte Verwendungs- und Kostennachweise ebenso wie die Zwischenberichterstattung und die Begründung von Änderungen im Arbeitsplan. Einheitliche Templates für die Antragstellung und Dokumentationen sowie eine stärkere Digitalisierung der Prozesse (Reisegenehmigungen, Mittelumwidmungen, Online-Dokumentation, elektronische Unterschriften) würden effizienzsteigernd wirken.

Insgesamt zeigen die genannten Punkte, dass vor dem Hintergrund der insgesamt als sehr positiv eingeschätzten Programmadministration noch einige Verbesserungspotenziale wahrgenommen werden.

Literatur

Beach, D., R.B. Pedersen (2019), Proces Tracing Methods. Foundations and Guidelines. Second Edition. Ann Arbor: University of Michigan Presse.

Bjurulf, S., E. Vedung und C.G. Larsson (2012), A Triangulation Approach to Impact Evaluation. *Evaluation* 19 (1): 56-73.

Breitenfelder, U. C. Hofinger, I. Kaupa und R. Picker (2004), Fokusgruppen im politischen Forschungs- und Beratungsprozess. *Forum Qualitative Sozialforschung* 5 (2): Art. 25. http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0402254.

Büchele, S., Bünstorf, G., Cantner, U., Dreier, L.; Meurer, P. und Neumann, L.P. (2024), Commissioned Project Evaluations of Research and Innovation Policy in Germany: A Review. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

Cantner, U. und M. Rothgang (2019), Zentrale Eckpunkte des Evaluierungsplans für das sechste zivile Luftfahrtforschungsprogramm des BMWi. Jena und Essen: Universität Jena und RWI.

Collier, D. (2011), Understanding Process Tracing. *PS: Political Science and Politics* 44 (4): 823-830.

DiNardo, J. und Lee, D. (2011), Program Evaluation and Research Designs. In: Ashenfelter, O.; Card, D. (Eds.): Handbook of Labor Economics Vol. 4: 463-536. Elsevier

Engel, D., M. Rothgang und V. Eckl (2016), System Aspects of R&D Policy. Subsidies for R&D Collaborations and Their Effects on Private R&D. *Industry and Innovation* 3 (2): 206-222. DOI: 10.1080/13662716.2016.1146127

Engel, D., M. Rothgang und V. Eckl (2019), R&D Funding and Private R&D: Empirical Evidence on the Impact of the Leading-Edge Cluster Competition. *Journal of Technology Transfer*. DOI: 10.1007/s10961-017-9609-5

Europäische Kommission (2020), Staatliche Beihilfe SA.55829 (2019/N), Deutschland – FuE-Förderprogramm der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2014), Mitteilung der Kommission. Unionsrahmen für staatliche Beihilfen zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation. 2014/C 198/01,

European Commission (2019), Communication from The Commission. The European Green Deal, 11.12.2019, COM(2019) 640 final. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf (Abruf vom 28.01.2023).

European Commission (2020), State Aid SA.55829 (2019/N) – Germany. Federal R&D aid scheme for the aeronautics sector. C(2020) 812 final, Brussels.

European Commission (2014), Common Methodology for State Aid Evaluation. Commission Staff Working Document 179. Brussels.

Giel, S. (2013), Theoriebasierte Evaluation. Münster: Waxmann.

Groß, W., C. Kerlen, E.A. Hartmann, O. Pieper, R. Schneider, L. Wangler und C. Brandt (2012a), Das Luftfahrtforschungsprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie – Ergebnisse der Evaluation 2012: Entwicklung eines Evaluationssystems. Berlin: Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation und Technik GmbH.

Groß, W., C. Kerlen, E.A. Hartmann, O. Pieper, R. Schneider, L. Wangler und C. Brandt (2012b), Das Luftfahrtforschungsprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie – Ergebnisse der Evaluation 2012: Zentrale Ergebnisse. Berlin: Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation und Technik GmbH.

Heckman, J., J. Smith und N. Clements (1997), Making the Most Out of Programme Evaluations and Social Experiments: Accounting for Heterogeneity in Programme Impacts. *Review of Economic Studies* 64 (4): 487-535.

W.K. Kellogg Foundation (2004): Logic Model Development Guide. Online verfügbar unter: https://www.nj.gov/state/assets/pdf/ofbi/kellogg-foundation-logic-model-development-guide.pdf

Littig, B., und C. Wallace (1997), Möglichkeiten und Grenzen von Fokus-Gruppendiskussionen für die sozialwissenschaftliche Forschung. (Reihe Soziologie/ Institut für Höhere Studien, Abt. Soziologie, 21). Wien: Institut für Höhere Studien (IHS), Wien. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-222022

Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrica*, 70, 41–55.

Rossen, A., F. Schlitte, S. Schulze und A. Wolf (2015), Volkswirtschaftliche Aspekte des Luftfahrtforschungsprogramms des BMWi. Studie im Auftrag des DLR. Hamburg: Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut Consult GmbH.

Rothgang, M. and B. Lageman (2021), The Unused Potential of Process Tracing as Evaluation Approach: The Case of Cluster Policy Evaluation. *Evaluation* 27 (4): 527-543. DOI: 10.1177/13563890211041676

RWI, ISG, Joanneum Research und Friedrich-Schiller-Universität Jena (2014), Begleitende Evaluierung des Förderinstruments „Spitzencluster-Wettbewerb“ des BMBF – Abschlussbericht. Essen: RWI Projektberichte.

SCE – Initiative Supply Chain Excellence (o.J.), Supply Chain Excellence in der deutschen Luftfahrtindustrie. Status Quo und Perspektiven für den Luftfahrtstandort Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Wangler, L., C. Kerlen, M. Bräuninger, S. Meyer und M.-O. Teuber (2018), Evaluierung des Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo). Abschlussbericht. Berlin: Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation & Technik GmbH.

Wangler, L., C. Kerlen, M. Bräuninger, S. Meyer und M.-O. Teuber (2019), Evaluation des Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo). Zusammenfassung zentraler Ergebnisse und Handlungsempfehlungen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin: Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

Wasserstein, R.L., A.L. Schirm and N.A. Lazar (2019), Moving to a World Beyond "p<0.05". *The American Statistician* 73 (1): 1-19.

Yin, R.K. (2018), Case Study Research and Applications. Design and Methods. 6th edition. Los Angeles, London: Sage.