

Kapitel 1

Einleitung

Zu Beginn der Arbeit wird zunächst auf die Motivation und die darauf basierende Forschungslücke eingegangen. Aus der Forschungslücke leitet sich das Forschungsziel und die damit verbundene zentrale Forschungsfrage der Arbeit ab. Nach deren Definition erfolgt eine Beschreibung des Forschungsansatzes, bevor abschließend die Arbeit wissenschaftstheoretisch eingeordnet wird.

1.1 Motivation

Die Digitalisierung verändert in einer rasanten Geschwindigkeit nahezu alle Bereiche des alltäglichen Lebens. Sicherlich jedem fallen zahlreiche Beispiele zu diesen Veränderungen ein, sei es aus dem beruflichen oder privaten Kontext. Wohl kaum jemand kann sich heute noch eine Welt ohne E-Mail und Smartphone vorstellen, und mehr als 90 Prozent der deutschen Verbraucher kaufen heutzutage regelmäßig Produkte über das Internet ein [Gro19]. NEUGEBAUER, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, stellt in diesem Zusammenhang fest:

„Es ist gerade zehn Jahre her, als das erste Smartphone auf den Markt kam, und das Leben der Menschen hat sich allein infolgedessen weltweit stark verändert. (...) Das gesamte Arbeits- und Lebensumfeld ist im Umbruch. (...) Wir gewöhnen uns beispielsweise nicht nur an den komfortablen Status Quo, sondern auch an die Dynamik der Entwicklung. Wir erwarten morgen mehr von all dem, was digitalbasierte Produkte und Medien heute bieten.“ ([Neu18], S. 3 f.)

Im Unternehmensumfeld beschleunigt neben der Nutzung zu Optimierungszwecken (vgl. [Gud10], S. 45; [Koe18], S. 73) die rasante Entwicklung von Künstlicher Intelligenz den Bedarf an Daten, da die Algorithmen immense Mengen an Trainingsdaten unterschiedlichster Ausprägung benötigen, um nutzbare Ergebnisse zu erzielen (vgl. [Ert16], S. 195 f.; [Wit19], S. 88; [BS19], S. 169 ff.). So ist es nicht verwunderlich, dass die Verfügbarkeit von Daten als entscheidender Vorteil auf dem Weg zur Technologieführerschaft gesehen wird (vgl. [Wit19], S. 273; [Bün18b], S. 3 f.).

Mit mehr als drei Millionen Beschäftigten und ca. 267 Milliarden Euro Umsatz ist die Logistikbranche nach der Automobilwirtschaft und dem Handel die drittgrößte Branche in Deutschland und damit für den Wirtschaftsstandort überlebenswichtig [Bun19b]. Dennoch zeigt sich, dass es in der Logistik zwar einen Markt und damit Potenziale für Innovationen gibt, die Transformationsgeschwindigkeit jedoch anderen Wirtschaftsbereichen hinterherhinkt [Bun19b]. Dies wird auch bei der digitalen Transformation deutlich: 73 Prozent der Logistikunternehmen sehen in der digitalen Transformation hohe bis sehr hohe Chancen, gleichzeitig besteht jedoch bei der überwiegenden Mehrheit der Unternehmen noch erhebliches Verbesserungspotenzial. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass viele Unternehmen auf erprobte Lösungen warten, anstatt sich selbst an der Entwicklung von Innovationen zu beteiligen ([HMT17], S. 9 u. S. 12 f.). Gestützt wird diese These durch Untersuchungen des Digitalverbands BITKOM aus dem Jahr 2019. Demnach sehen 79 Prozent der befragten Unternehmen die Digitalisierung als eine der größten Herausforderungen im Bereich Logistik an ([Roh19], S. 2).

Im Mittelpunkt des Materialflusses in den (europäischen) Logistiknetzwerken steht die Europalette¹. Auf ihr werden die meisten Güter transportiert und umgeschlagen, wodurch sie maßgeblich zu effizienten Logistiknetzwerken beiträgt. Durch die große Verbreitung mit über 600 Millionen² sich im Umlauf befindlichen Paletten hat sich ihr Grundmaß von 800 mm zu 1.200 mm zu einem Standard in der Logistik entwickelt. Nahezu alle Lager- und Transportsysteme in Europa sind auf dieses Maß abgestimmt [Eur16]. In den Prozessen erzeugt die Europalette jedoch hohen manuellen Aufwand durch Handling und Administration, da viele der existierenden Prozesse immer noch papierbasiert erfolgen (vgl. [HK15], S. 81 f.). Wie in den nachfolgenden Kapiteln gezeigt wird, herrscht dadurch zwischen den Akteuren Intransparenz und Misstrauen, was zu einer Unzufriedenheit mit dem Status quo der Europalette führt. Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass das komplexe Ökosystem der Europalette bislang nicht ausreichend tief untersucht wurde (vgl. Kap. 2). Dies führt dazu, dass bei der Diskussion um Innovationen in diesem Umfeld lediglich einzelne Bereiche herausgegriffen werden, eine ganzheitlich Betrachtung jedoch nicht erfolgt.

Dadurch werden zwar laufend Technologien, wie bspw. RFID oder Sensorik, in Verbindung mit der Europalette diskutiert und erprobt, den breiten Durchbruch hat bislang jedoch keine dieser Technologien geschafft (vgl. u. a. [BJKZ18], S. 274 f.; [HK15], S. 193–204; [KLZ11], S. 104–110).

¹ In dieser Arbeit wird sich bei dem Begriff *Europalette* auf die von der EPAL qualitätsgesicherte (vgl. Kap. 3) und nach DIN EN 13698-1 normierte „800 mm x 1.200 mm Flachpalette aus Holz“ bezogen.

² Schätzung der European Pallet Association e.V. (EPAL), s. Kap. 3.

1.2 Forschungslücke

Wie im vorherigen Abs. 1.1 herausgestellt, steht die seit 1961 nahezu unveränderte Europalette im Mittelpunkt des Materialflusses, liefert jedoch keinerlei Mehrwert zum Informationsfluss. Dies ist verbunden mit hohen operativen und administrativen Aufwänden, welche zu Unzufriedenheit bei den beteiligten Akteure führen (s. insb. Kap. 3). So ist es Konsens, dass eine Europalette mit Technologie das Potenzial besitzt, die heutigen Prozesse der Stakeholder des Ökosystems³ Europalette zu vereinfachen und damit Kosten zu senken sowie Nutzen zu steigern (vgl. u. a. [HK15], S. 193–204; [Hin19], S. 30 f.; [Tho11], S. 52). Dass dieser breite Einsatz bislang nicht erfolgt ist, lässt sich auf eine fehlende Tiefe bei der Untersuchung des Ökosystems Europalette mit seinen einzelnen Stakeholdern und auf die damit verbundene fehlende Möglichkeit zur Bewertung der Auswirkungen von Technologie auf die einzelnen Stakeholder dieses Systems zurückzuführen.

So finden Paletten und die damit einhergehenden Prozesse in den verbreiteten Supply-Chain-Modellen bislang kaum Berücksichtigung (vgl. [Sch07], S. 15 ff. u. S. 783; [SS08], S. 61 ff.; [Sup12], Kap. 1.1). Konkret auf Ladungsträger bezogen, bestehen zwar einzelne Bewertungsansätze, diese konzentrieren sich jedoch lediglich auf die Prozess- und Handlingkosten in der Gegenwart, nicht aber auf weitere Potenziale durch neue Technologien in der Zukunft (vgl. [HK15], S. 56 ff.; [MMS06], S. 107 ff.; [KLZ11]; S. 117 ff.). Darüber hinaus betrachten diese Kostenstudien häufig nur einzelne Unternehmen oder Branchen, nicht aber das gesamte Ökosystem, inklusive der EPAL, Palettenproduzenten, -händlern und -reparateuren. Die reine Konzentration auf die Kosten führt zudem dazu, dass weitere, insb. qualitative Potenziale übersehen werden. So wurden die individuellen Probleme und Wünsche der einzelnen Stakeholder bislang nicht weitreichend untersucht.

Eine ausführliche Betrachtung des aktuellen Stands der Forschung und der sich daraus ergebenden Forschungslücke findet im zweiten Kapitel statt.

1.3 Forschungsziel

Abgeleitet von der zuvor beschriebenen Forschungslücke wird im Rahmen dieser Arbeit mittels eines Modells die Möglichkeit geschaffen, die positiven wie negativen Auswirkungen eines Technologieeinsatzes im Umfeld der Europalette bewertbar zu machen mit dem Ziel, eine faktenbasierte Entscheidungsgrundlage für den Technologieeinsatz im Umfeld der Europalette zu entwickeln. Grundlage für ein solches Modell ist neben der Modellerstellung die detaillierte Analyse des Ökosystems Europalette. Dazu zählt die Untersuchung der Rahmenbedingungen inkl. der relevanten Stakeholder, also auch die bislang wenig beachteten Stakeholder Palettenproduzenten, -reparateure, -händler, sowie die EPAL selbst und die Aufnahme von quantitativen

³ Die Definition des Begriffs Stakeholder erfolgt im nachfolgenden Kapitel.

und qualitativen Daten. Abgeleitet von dieser Zielsetzung lassen sich somit zwei zentrale Forschungsfragen dieser Arbeit formulieren:

Wie ist das Ökosystem Europalette aufgebaut und welche qualitativen und quantitativen Daten sind geeignet, dieses System zu beschreiben?

Wie können die Auswirkungen einer Technologie auf dieses Ökosystem für alle beteiligten Stakeholder bewertet werden, und wie kann so eine fundierte Entscheidung für oder gegen eine Technologieeinführung erfolgen?

Basierend auf diesen zwei zentralen Forschungsfragen leiten sich weitere Teilfragen ab:

Welche Stakeholder existieren im Ökosystem der Europalette?

Welche Bedürfnisse (Prozesse, Herausforderungen und Wünsche) haben sie?

Wie sieht ein Modell zur Technologiebewertung basierend auf diesen Bedürfnissen aus?

Welche Technologien werden im Umfeld der Europalette diskutiert und welche liefert den größten Mehrwert über alle Stakeholder?

Das so in dieser Arbeit geschaffene Modell erhält den Namen B ATP-Modell für *Bewertung der Auswirkungen von Technologien auf das Ökosystem Palette*.

1.4 Forschungsansatz

Zielsetzung der Arbeit ist die Beantwortung der im vorherigen Abschnitt definierten Forschungsfragen. Daher gilt es eine Struktur zu definieren, die geeignet ist, ein Modell zu entwickeln, welches in der Lage ist, basierend auf den Ergebnissen der Analyse des gegenwärtigen Ökosystems zukünftige Potenziale durch Technologie bewertbar zu machen. Zudem muss die Struktur darüber hinaus in der Lage sein, sowohl wissenschaftliche, theoretische Erkenntnisse als auch die Erfahrungen und Herausforderungen aus der logistischen Praxis zu berücksichtigen. Dies geht einher mit dem Verständnis der Ingenieurwissenschaften der ACATECH als eine angewandte Wissenschaft mit einem hohen Praxisbezug (vgl. [Zäh08], S. 47). Daraus leitet sich die Empfehlung ab, dies bei der Bearbeitung der Promotion zu berücksichtigen und darüber hinaus die Zusammenarbeit mit industriellen Partnern in das Umfeld der

Promotion einzubetten. Beide Forderungen werden in dieser Arbeit berücksichtigt. So besteht diese Arbeit sowohl aus wissenschaftlichen als auch aus praktischen Elementen und ist darüber hinaus aus einem gemeinsamen Projekt des Fraunhofer IML mit der European Pallet Association e.V. (EPAL) hervorgegangen. Es finden im weiteren Verlauf praxisnahe Methoden wie Experteninterviews, Workshops und Prozessaufnahmen Anwendung (vgl. insb. Kap. 3). Gleichzeitig wird jedoch auch eine wissenschaftliche Herangehensweise an die Fragestellung gefordert. Beides findet Berücksichtigung im Forschungsdesign der Arbeit (siehe Abb. 1.1).

Der erste Teil der Arbeit dient dazu, die **Grundlagen** für die darauffolgende Bildung des Modells zu liefern. Er setzt sich aus drei Kapiteln zusammen.

In diesem ersten Kapitel *Einleitung* werden zuerst Motivation und Forschungslücke der Arbeit beschrieben. Die Forschungslücke wird durch die Zielsetzung der Arbeit geschlossen, indem ein Bewertungsmodell mit dem Namen BATP-Modell entwickelt wird, welches sich aus den Daten zum heutigen Ökosystem Europalette zusammensetzt und die Auswirkungen einer Technologie auf jeden einzelnen Stakeholder des Ökosystems bewertet. Zur Erreichung dieses Ziels wird der in diesem Abschnitt näher beschriebene Forschungsansatz gewählt, der die Arbeit in drei Teile und sieben Kapitel unterteilt. Abgeschlossen wird dieses Kapitel, indem eine wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit vorgenommen wird.

Das zweite Kapitel *Stand der Forschung und Abgrenzung* untersucht die wissenschaftlichen Grundlagen, auf denen diese Arbeit aufbaut. Dazu wird zuerst der Stand der Forschung im Bereich der beiden Schwerpunkte der Arbeit Europalette als Ladungsträger und Technologiebewertung bzw. Entscheidungstheorie betrachtet. Anschließend werden weitere wichtige Begrifflichkeiten der Arbeit wie bspw. Ökosystem und Stakeholder definiert und im Kontext der Zielsetzung eingeordnet.

Das dritte Kapitel befasst sich mit der *Analyse des Ökosystems Europalette*. Hierzu wird zuerst auf den Aufbau und die Besonderheiten des Ökosystems Europalette eingegangen und dabei neben den technischen Eigenschaften der Europalette auch die Struktur der EPAL als Organisation hinter der Palette beschrieben. Anschließend werden alle relevanten Stakeholder im Umfeld der Europalette (EPAL, Produzenten, Händler und Reparateure) und auf Anwenderseite (Versender, Transportdienstleister, Empfänger) beschrieben. Daraufhin erfolgt die Erhebung der Bedürfnisse dieser Stakeholder, also deren Prozesse, Herausforderungen und Wünsche, im Umgang mit der Europalette. Diese Strukturierung basiert auf der Methodik Value Proposition Design nach OSTERWALDER ET AL. Die Aufnahme erfolgt mittels einer Onlineumfrage, mehrerer Workshops und Vor-Ort-Besuche. Abschließend werden die anfangs ermittelten relevanten Stakeholder und die Bedürfnisse zu einer Matrix kombiniert, die den Namen *Pallet.Chain* trägt und zuordnet, welcher Stakeholder welche Bedürfnisse hat.

Mit dem dritten Kapitel wird der erste Teil der Arbeit abgeschlossen. Im darauffolgenden zweiten Teil **Modellbildung** wird das Modell zur Bewertung der Auswirkungen von Technologien auf das Ökosystem basierend auf den zuvor erarbeiteten Grundlagen erstellt. Dieser Teil der Arbeit setzt sich aus zwei Kapiteln zusammen.

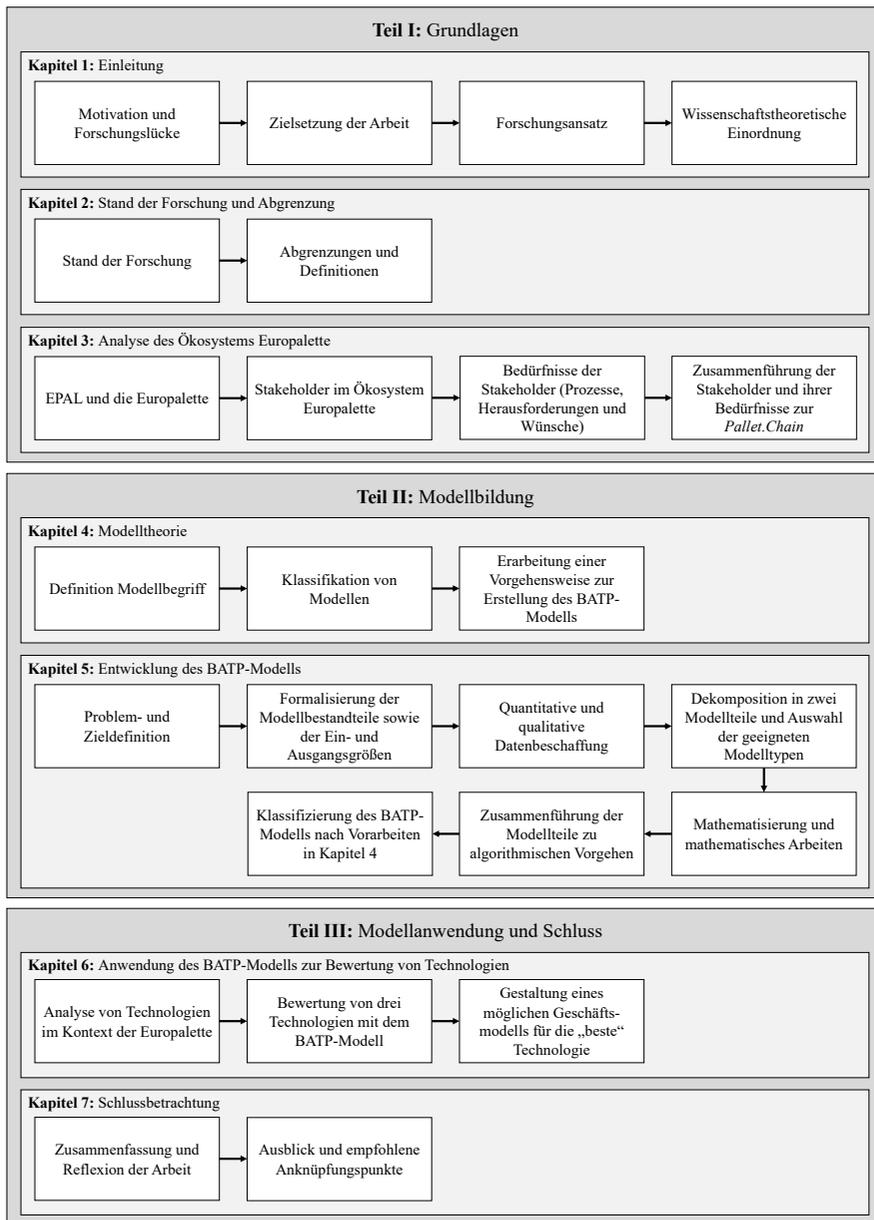


Abb. 1.1 Forschungsdesign der Arbeit (eigene Darstellung)

Das vierte Kapitel *Modelltheorie* befasst sich mit den Grundlagen für die Erstellung von Modellen. Dabei wird zuerst der Modellbegriff definiert. Anschließend erfolgt die Diskussion verbreiteter fachbereichsneutraler, wirtschaftswissenschaft-

licher und ingenieurwissenschaftlicher Klassifikationen von Modellen, welche zu einer Klassifikation für das B ATP-Modell zusammengeführt werden. Damit wird sowohl ein Überblick über verfügbare Modellarten gegeben als auch die Grundlage für die spätere Klassifikation des B ATP-Modells geschaffen. Danach werden gängige Vorgehensweisen für die Erstellung von Modellen in Sozial-, Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften sowie der Mathematik betrachtet. Basierend auf den relevanten Bestandteilen dieser Vorgehensweisen wird abschließend eine Vorgehensweise zur Erstellung des B ATP-Modells abgeleitet.

Auf Basis der im vorherigen Kapitel erstellten Vorgehensweise erfolgt im fünften Kapitel die *Entwicklung des B ATP-Modells*. Dazu wird zuerst die Problemstellung und die Zielsetzung des B ATP-Modells definiert. Hierbei wird auf dem in diesem Kapitel herausgearbeiteten Forschungsziel und den in Kap. 2 vorgenommenen Abgrenzungen aufgebaut. Anschließend werden die Modellbestandteile inkl. der Ein- und Ausgangsgrößen des Modells formalisiert. Hierbei wird z. B. festgelegt, auf welcher Skala das Modell Bewertungsergebnisse liefert. Danach wird eine Recherche nach verfügbaren qualitativen und quantitativen Daten zur Europalette durchgeführt, und fehlende Daten werden mittels geeigneter Methoden aufgenommen. Nach dieser Datensammlung werden die in Kap. 3 aufgenommenen Bedürfnisse der Stakeholder hinsichtlich ihrer Quantifizierbarkeit geprüft und, soweit möglich, getrennt nach Stakeholdern quantifiziert. Aus dieser Quantifizierung ergibt sich eine Dekomposition in einen qualitativen und einen quantitativen Modellteil. Hierfür werden im Anschluss geeignete Modelle in der Literatur diskutiert und anschließend für das B ATP-Modell ausgewählt. Danach erfolgen die Mathematisierung und das mathematische Arbeiten, also die Überführung der Bestandteile des B ATP-Modells in ein mathematisches Modell, basierend auf den zuvor ausgewählten Modellen in der Literatur. Diese Arbeiten werden daraufhin in ein möglichst intuitives algorithmisches Vorgehen zur Bewertung der Auswirkungen von Technologien auf das Ökosystem Europalette überführt. Damit wird die Bewertung Anwendern ermöglicht, ohne jeden einzelnen mathematischen Schritt durchführen zu müssen, und zudem die Grundlage für die spätere Überführung in ein Softwaretool geschaffen. Das Kapitel wird abgeschlossen, indem das nun fertig erstellte B ATP-Modell basierend auf der in Kapitel 4 erarbeiteten Klassifikation eingeordnet wird.

Der dritte Teil der Arbeit **Modellanwendung** nutzt das zuvor geschaffene Modell zur Bewertung konkreter Technologien und schließt die Arbeit mit einer Schlussbetrachtung ab.

Dazu werden in Kapitel 6 *Anwendung des B ATP-Modells zur Bewertung von Technologien* zuerst im Kontext Europalette diskutierte Technologien analysiert. Hierbei werden die Technologien kurz beschrieben. Anschließend werden drei Technologien zur Bewertung durch das B ATP-Modell ausgewählt. Diese drei Technologien durchlaufen daraufhin das algorithmische Vorgehen zur Bewertung, wodurch die Nutzbarkeit und Nützlichkeit des Modells validiert wird. Die sich so ergebenden Bewertungsergebnisse werden anschließend visualisiert und interpretiert. Das Kapitel wird abgeschlossen, indem für die am besten bewertete Technologie das Business Model Canvas nach OSTERWALDER ET AL. gefüllt wird. Damit wird zum einen die

Grundlage für die Umsetzung der Technologie in der Praxis und zum anderen die Verknüpfung der Bewertung mit der Aufnahme der Bedürfnisse der Stakeholder in Kap. 3 nach dem Value Proposition Design geschaffen.

Abgeschlossen wird die Arbeit mit der *Schlussbetrachtung* in Kapitel 7. Hierbei werden die Arbeit und ihre wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und reflektiert. Anschließend wird ein Ausblick gegeben und es werden mögliche Anknüpfungspunkte für weitere Vertiefungen beschrieben.

1.5 Wissenschaftstheoretische Einordnung

Zum Abschluss dieses Kapitels erfolgt eine wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit. In Anlehnung an den Promotionsleitfaden als Bestandteil des am Fraunhofer IML etablierten Vorgehens zur Durchführung eines Promotionsvorhabens findet die Einordnung der Arbeit entlang der Morphologie der wissenschaftlichen Forschung statt. Danach wird eine Arbeit nach den Kategorien Forschungsziel, Forschungsergebnis, Aussagecharakter, Beweisführung, Erkenntnisgewinnung, Zugang zum Forschungsgegenstand und Datenerhebung charakterisiert. Dies stellt sicher, dass die zuvor definierte Zielsetzung der Arbeit und damit ein wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn erreicht wird und zudem ein praktischer Nutzen vorliegt [tOH15].

Das **Forschungsziel** dieser Arbeit besteht in der *Analyse* des Ökosystems Europalette bestehend aus den unterschiedlichen Stakeholdern mit ihren jeweiligen Prozessen, Herausforderungen und Wünschen. Auf der Basis dieser breiten, sowohl theoretischen als auch praktischen Grundlage erfolgt anschließend die *Gestaltung* eines Modells zur Bewertung der quantitativen und qualitativen Auswirkungen einer Technologie auf die einzelnen Stakeholder.

Somit ergibt sich als **Forschungsergebnis** ein mathematisch, algorithmisch beschriebenes *Modell* mit Differenzierung nach Stakeholdern, welches als BATP-Modell bezeichnet wird (s. o.).

Der **Aussagecharakter** kann entweder über eine Mittel-Zweck-Beziehung oder eine Ursache-Wirkungs-Beziehung erfolgen. Das im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde Modell wird sich aus unterschiedlichen Teilbereichen zusammensetzen, um eine Aussage zu den positiven wie negativen Auswirkungen einer Technologie auf das Ökosystem treffen zu können. Dazu wird eine *Mittel-Zweck-Beziehung* als Aussagecharakter gewählt (vgl. ([Hei13], S. 104 f.).

Eine **Beweisführung** erfolgt im wissenschaftlichen Kontext entweder deduktiv oder induktiv. Der geforderte hohe Praxisbezug und die Breite der Einsatzfelder von Europaletten verlangen eine Übertragung von Informationen aus dem realen Umfeld und damit einen vorrangig *induktiven* Ansatz der Beweisführung, also der Schlussfolgerung vom Besonderen auf das Allgemeine. Dennoch folgen Teile der Arbeit, speziell das mathematische Modell, einer *deduktiven* Logik, da selbstverständlich mathematische Grundregeln beachtet werden und somit dort vom Allgemeinen auf das Besondere geschlossen wird (vgl. [FW07], S. 50 f.).

Da die Methode der **Erkenntnisgewinnung** eng mit der Beweisführung verknüpft ist, erfolgt die Untersuchung des Ökosystems mit seinen Stakeholdern analytisch bzw. *logisch* und die Erstellung des mathematischen Modells synthetisch bzw. *empirisch* (vgl. [Grü19], S. 262).

Durch die systematische Untersuchung des Umfeldes für den Einsatz von Paletten und die Überführung in ein mathematisches Modell erfolgt der **Zugang zum Forschungsgegenstand** eindeutig *positivistisch*. Dabei geht der Begriff des Positivismus auf COMTE zurück (vgl. [KB01], S. 256 f.).

Da das Modell die Auswirkungen einer Technologie auf das Ökosystem und dessen Stakeholder sowohl quantitativ als auch qualitativ bewertbar machen soll, muss es bei der **Datenerhebung** auch sowohl *qualitative* als auch *quantitative* Daten erheben.

Zusammenfassend ergibt sich somit die wissenschaftstheoretische Einordnung der Arbeit wie in der nachfolgenden Tab. 1.1 dargestellt.

Tabelle 1.1 Einordnung der Arbeit in die Morphologie der wissenschaftlichen Forschung

Bestandteil	Ausprägung
Forschungsziel	Analyse und Gestaltung
Forschungsergebnis	Modell
Aussagecharakter	Mittel-Zweck-Beziehung
Beweisführung	deduktiv und induktiv
Erkenntnisgewinnung	empirisch und logisch
Zugang zum Forschungsgegenstand	positivistisch
Datenerhebung	quantitativ und qualitativ