

## **2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte**

### **2.1 Begriffliche Bestimmung des technischen Fortschritts**

Der Begriff des „technischen Fortschritts“ ist durch einen wenig eindeutigen Sprachgebrauch gekennzeichnet. Dies deutet zum einen auf eine vielschichtige Wahrnehmung dieses Phänomens hin. Zum anderen wird der Begriff zur Erklärung vielfältiger Veränderungen der betrieblichen und volkswirtschaftlichen Realität bemüht, gilt somit generell als Auslöser von weitreichenden gesellschaftlichen Veränderungsprozessen.<sup>9</sup> Bei der Analyse von Ursache, Verlauf und Wirkung technischer Fortschritte liegt oftmals der Fokus der Betrachtung auf besonders auffälligen Einzelercheinungen, die als Ergebnis ihrer Analyse i. d. R. verallgemeinert werden. Auch werden häufig nur einzelne technische, ökonomische oder soziale Aspekte des technischen Fortschritts isoliert voneinander betrachtet.<sup>10</sup> Diese Vorgehensweise greift jedoch zu kurz, da die Bereitstellung von Gütern das Ergebnis sowohl technischer als auch ökonomischer Funktionen darstellt. Dabei umfassen die technischen Funktionen die Umformung von Stoffen und Energie in Güter sowie die Organisation dieser Prozesse. Die tatsächliche Realisierung möglicher technischer Umformungsprozesse wird als Ergebnis der ökonomischen Funktionen beschrieben und folgt entsprechend der jeweiligen Nutzenfunktionen.<sup>11</sup>

Der technische Fortschritt kann spätestens seit den Arbeiten von Schumpeter<sup>12</sup> als die treibende Kraft der wirtschaftlichen Entwicklung angesehen werden. Da er sich in seiner Erscheinungsform, wie o. a. sehr vielfältig darstellt, bedarf es, als Grund-

---

<sup>9</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 13.

Der Begriff technischer Fortschritt impliziert grundsätzlich eine Wertung entsprechend einer bestimmten, definierten Zielsetzung. Dementsprechend wird von einigen Autoren der Begriff „technischer Fortschritt“ abgelehnt und durch den Begriff des „technischen Wandels“ ersetzt. So empfiehlt DOLUSCHITZ, den Begriff des „technischen Fortschritts“ durch den wertneutralen Begriff „technischer Wandel“ zu ersetzen. Vgl.: DOLUSCHITZ, R. [Technischer Wandel], S. 10.

Auch SCHUMPETER verzichtet auf die Verwendung des Begriffs „Fortschritt“ mit dem Hinweis auf die mit diesem Ausdruck verbundenen Assoziationen. Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen], S. 94.

<sup>10</sup> Vgl.: HOCKMANN, H. [Technischer Fortschritt], S. 214f.

<sup>11</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 13f.

<sup>12</sup> Siehe hierzu vor allem SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung] sowie SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen], S. 9.

Hier sei auch auf die Arbeiten von KONDRATIEV zur Entstehung von Konjunkturzyklen verwiesen. Vgl.: KONDRATIEV, N. [Cycle] sowie ROSENBERG, N.; FRISCHTAK, C. R. [Long Waves], S. 223-245.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

lage einer wissenschaftlichen Arbeit, einer eindeutigen begrifflichen Bestimmung dieses Phänomens.

Hierzu wird der Definition von OTT, durch die Begriffsbestimmung nach WALTER um einen dritten Punkt entscheidend ergänzt,<sup>13</sup> gefolgt, nach welcher der technische Fortschritt folgende ökonomisch relevanten Tatbestände umfasst:<sup>14</sup>

1. die Herstellung neuer, bisher unbekannter sowie qualitativ verbesserter Produkte;
2. die Nutzung neuer Produktionsverfahren, die eine effizientere Produktion ermöglichen, somit also die Möglichkeit eröffnen, eine gegebene Gütermenge mit geringeren Kosten bzw. eine größere Gütermenge mit gleichen Kosten herzustellen<sup>15</sup> sowie
3. die Entwicklung und Nutzbarmachung neuer Mittel und Wege zur besseren Befriedigung menschlicher Bedürfnisse.

Zur Betrachtung des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft kann hier der Differenzierung von BRINKMANN gefolgt werden, der sowohl in einer steigenden Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen als auch im technischen Fortschritt die Triebfedern zu einer Veränderung der Produktionsintensität im landwirtschaftlichen Betrieb sieht. Demnach wird der technische Fortschritt in drei Arten unterschieden:<sup>16</sup>

- *Mechanisch-technischer Fortschritt*

Der mechanisch-technische Fortschritt drückt sich zum einen in der Einführung neuer und der Verbesserung bereits bekannter Maschinen und Geräte - so etwa Mähdrescher, technischer Milchentzug, aber auch generelle Motori-

---

<sup>13</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 569.

<sup>14</sup> Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 302.

<sup>15</sup> PROSI weist darauf hin, dass die Bezeichnung „Produktionsverfahren“ hier nicht identisch ist mit dem in der Produktionstheorie verwendeten Begriff des Produktionsprozesses. Vielmehr ist der Begriff weiter gefasst, da hier auf Fertigungsmethoden und Arbeitsverfahren, somit auf technische Grundverfahren abgestellt wird. Dem technischen Grundverfahren wird demnach der Prozess als Ausprägung des technischen Prinzips der Produktion in einer bestimmten Faktorkombination entgegengestellt. Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 26f.

<sup>16</sup> BRINKMANN unterscheidet ursprünglich vier relevante Erscheinungsformen des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft. Neben den genannten wird auch der technische Fortschritt in der der Landwirtschaft nachgelagerten Verarbeitungsindustrie genannt. Vgl.: BRINKMANN, TH. [Land- und forstwirtschaftliche Produktion], S. 50.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

sierung - aus.<sup>17</sup> Zum anderen wird unter diesem Begriff die Verbesserung der Gebäudegestaltung, -anordnung und -einrichtung verstanden.<sup>18</sup>

### - *Biologisch-technischer Fortschritt*

In der Tierproduktion tritt der biologisch-technische Fortschritt in den Bereichen der Tierzucht, -ernährung und -hygiene, in der pflanzlichen Erzeugung in den Bereichen der Pflanzenzüchtung und -ernährung sowie im Pflanzenschutz in Erscheinung. Als dessen Ausdruck können die Entwicklungen der Naturalerträge sowie der tierischen Leistungen (Produktivität) angesehen werden.<sup>19</sup> Aber auch die Erstellung eines neuen Produktes ist hier zu nennen.<sup>20</sup>

### - *Organisatorisch-technischer Fortschritt*

Ziel organisatorisch-technischer Fortschritte ist die generelle Verbesserung von wirtschaftlichen Abläufen, so etwa eine intensivere inter- und intrasektorale Arbeitsteilung.<sup>21</sup> Auf den landwirtschaftlichen Betrieb bezogen, bewirken organisatorisch-technische Fortschritte eine Optimierung der Verfahrensabläufe.<sup>22</sup> Dies geschieht vor allem unter der Nutzung von informations- und kommunikationstechnischen Hilfsmitteln, von Konzepten für die Aufbau- und Ablauforganisation von Führungsprozessen sowie unter der Nutzung neuartiger Führungsinstrumente.<sup>23</sup>

Entsprechend von, im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit noch näher zu betrachtenden Gleichgewichtsannahmen, werden technische Fortschritte gemäß der Güterpreisrelationen, was Überlegungen zum erwarteten Grenznutzen in Abhän-

---

<sup>17</sup> Vgl.: SCHÖN, H. [Entwicklungstendenzen], S. 23.

<sup>18</sup> Vgl.: PLATE, R.; BÖCKENHOFF, E. [Agrarmarktpolitik], S. 90.

<sup>19</sup> So erhöhte sich der Ertrag von Winterweizen im Vergleich des Durchschnitts der Jahre 1957-1961 und 1997-2000 auf 237%. Die Milchleistung pro Kuh erhöhte sich im Vergleich der Jahre 1959/1960 und 1999/2000 auf 182%. Vgl.: BMELF/ BMVEL [Statistisches Jahrbuch], verschiedene Jahrgänge.

<sup>20</sup> Vgl.: KLEY, G. [Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau], S. 42-44.

<sup>21</sup> Eine Übersicht über Erscheinungsformen des organisatorisch-technischen Fortschritts in der Landwirtschaft findet sich bei SEUSTER. Vgl.: SEUSTER, H. [Beispiele des organisatorisch-technischen Fortschritts], S. 513-542.

<sup>22</sup> Vgl.: DOLUSCHITZ, R. [Technischer Wandel], S. 9.

<sup>23</sup> Der beschriebene technische Fortschritt geht einher mit einer stärkeren Betonung system- und entscheidungsorientierter Ansätze zu Lasten faktortheoretischer Konzeptionen. Vgl.: KUHLMANN, F. [Entwicklungstendenzen in der Betriebsführung], S. 41.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

gigkeit der Grenzkosten impliziert, wirtschaftlich wirksam.<sup>24</sup> Das Wirksamwerden des technischen Fortschritts in einer - tatsächlich bzw. potentiell relevanten - Innovation ist als Teil des Innovationsprozesses nicht hier, sondern in einem nachstehenden Kapitel der vorliegenden Arbeit Gegenstand der Betrachtungen. An dieser Stelle ist dem ungeachtet ausdrücklich auf die definitorischen Unterschiede zwischen den beiden Begriffen „technischer Fortschritt“ und „Innovation“ zu verweisen.<sup>25</sup>

### **2.2 Abgrenzung technischer Fortschritte im Hinblick auf veränderte Faktorproduktivitäten**

Gleich, ob es das Ziel einer empirischen Untersuchung ist, Hypothesen über die Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts zu testen, oder ob eine Beschreibung von Prozessen auf der Grundlage „bewährter Theorien“ angestrebt wird, sind Indikatoren des technischen Fortschritts festzulegen, die als operationelle Definitionen des technischen Fortschritts aufzufassen und in Abhängigkeit von den aufgeworfenen Fragestellungen zu benennen sind. So lässt sich für die vorliegende Arbeit feststellen, dass sich die hier zu behandelnden und weiter unten zu konkretisierenden Fragestellungen mit dem technischen Fortschritt im Sinne der Effizienzsteigerung eines (landwirtschaftlichen) Herstellungsprozesses mit einem gegebenen Gütersortiment befassen.

Zur Messung des Prozessfortschritts können zahlreiche Indikatoren herangezogen werden, die sich in erster Linie danach voneinander unterscheiden, ob sie die Produktivitätserhöhung in Bezug auf einen expliziten Produktionsfaktoren oder auf mehrere Produktionsfaktoren quantifizieren.<sup>26</sup> Unter dem Begriff der Produktivität kommt die technische Effizienz des Faktoreinsatzes zum Ausdruck, in dem die Produktmenge mit dem Umfang der eingesetzten Faktoren in Beziehung gesetzt

---

<sup>24</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 15.

<sup>25</sup> Gleichwohl findet der Begriff der „Innovation“ bis zu einer weiter unten vorgenommenen, exakten Begriffsbestimmung in seiner allgemeinsten Form, als eine mit technischem, sozialem und wirtschaftlichem Wandel einhergehenden (komplexen) Neuerung, Verwendung. Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 3-7 sowie Kapitel 2.5.1 und Kapitel 2.6.1.

<sup>26</sup> Vgl.: BLATTNER, N. [Messung], S. 78ff.

Zur Geschichte der Produktivitätsmessung vgl.: BOMBACH, G. [Produktivitätsmessung], S. 19–23. WILLER führt an, dass es „[...] nahezu ein unbegrenztes Feld an Möglichkeiten [...]“ gibt, Produktionsquotienten zu bilden. Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 130.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

wird.<sup>27</sup> Die Produktivität stellt dabei einen Begriff der „güterwirtschaftlichen“ Sphäre dar und ist nicht mit den Begriffen der Rentabilität und Wirtschaftlichkeit zu verwechseln, die in den „geldwirtschaftlichen“ Bereich hineingreifen.<sup>28</sup>

Zu unterscheiden ist dabei die in Gleichung (2.1) dargestellte partielle Produktivität (Einzelfaktorproduktivität  $F_P$ ), die Ausdruck der Relation des Produktionsergebnisses ( $Y$ ) auf den Einsatz eines einzelnen Faktors (Faktoreinsatzmenge  $F_i$ ) ist, von der totalen Faktor- oder auch Globalproduktivität ( $F_G$ ) in Gleichung (2.2), bei welcher das Produktionsergebnis auf den gesamten Faktoreinsatz bezogen wird.<sup>29</sup> Partielle Produktivitäten werden hauptsächlich für die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital ermittelt.<sup>30</sup> Der gesamte physische oder monetäre Ertrag wird dem physischen oder wertmäßigen Einsatz eines Faktors zugerechnet. Zu messen ist die Produktivität dabei durch die Bezugnahme von Produktionswert zum Kapitaleinsatz (Wert- oder Kapitalproduktivität,  $F_K$ ) oder zum Arbeitseinsatz (Arbeitsproduktivität,  $F_A$ ).<sup>31</sup>

Die Globalproduktivität kann als eine Messzahl der Effizienz der Produktionsstruktur einer Volkswirtschaft (aber auch von Wirtschaftszweigen und einzelnen Betrieben) herangezogen werden.<sup>32</sup> Dabei müssen die einzelnen Einsatzmengen der heterogenen Faktoren aus Gleichung (2.2), aufgrund ihrer nicht-addierbaren Größen mit ihren Faktorpreisen ( $p_i$ ) bewertet und zum monetären Bruttoinlandsprodukt (mit  $P$  = Preisindex;  $Y$  = reales Bruttoinlandsprodukt), wie in Gleichung (2.3) dargestellt, in Beziehung gesetzt werden.<sup>33</sup>

$$(2.1) \quad F_P = \frac{Y}{F_i}$$

---

<sup>27</sup> Vgl.: MANKIW, N. G. [Volkswirtschaftslehre], S. 560-566.

<sup>28</sup> Vgl.: HANAU, A.; RUSTEMEYER, F. C. [Produktivitätsbegriff], S. 3.

<sup>29</sup> Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 113.

Zum Begriff der Produktivität im Kontext wirtschaftswissenschaftlicher Forschung vgl. weiterführend: BARELL, R.; MASON, G.; O'MAHONY, M. [Introduction], S. 8-14.

<sup>30</sup> Im Bereich der landwirtschaftlichen Urproduktion wird auch häufig der Ertrag bzw. die Leistung auf eine Einzeleinheit bezogen (z. B. dt/ha oder Milchleistung in kg pro Einzeltier und Zeiteinheit). Der gesamte Faktoreinsatz in der Landwirtschaft wird i. d. R. in die drei klassischen Produktionsfaktoren (Aggregate) Boden, Arbeit und Kapital gegliedert. Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 138.

<sup>31</sup> Vgl.: OECD [Produktivitätsmessung], S. 16-19.

<sup>32</sup> Vgl.: MARK, J. A. [Productivity], S. 54ff.

<sup>33</sup> Sollen internationale Effizienzvergleiche durchgeführt werden, ist die Aussagefähigkeit aufgrund eines unterschiedlichen Preisindex und unterschiedlicher Faktorpreise stark eingeschränkt. Vgl.: OECD [Produktivitätsmessung], S. 34-54.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

---

$$(2.2) \quad F_G = \frac{Y}{F(F_1, \dots, F_i)} \quad \Rightarrow \quad (2.3) \quad F_G = \frac{P * Y}{p_1 F_1 + \dots + p_n F_n}$$

Horizontale Produktivitätsvergleiche messen die zu einem Zeitpunkt zwischen verschiedenen Produktionseinheiten bestehenden Unterschiede in der technischen Effizienz des Faktoreinsatzes.<sup>34</sup> Intertemporale Produktivitätsvergleiche geben Aufschluss über Effizienzunterschiede zu verschiedenen Zeitpunkten, so über das Vorliegen des hier betrachteten Phänomens des technischen Fortschritts.<sup>35</sup>

Die Bestimmung der partiellen Produktivitäten weist jedoch den grundlegenden Mangel auf, dass die Veränderungen der betreffenden Quotienten ganz oder teilweise durch Mengenänderungen der nicht betrachteten Faktoren hervorgerufen werden.<sup>36</sup> Dies kann jedoch nur in dem Falle vernachlässigt werden, wenn die übrigen Faktoren in ihren Aufwandsmengen unverändert bleiben oder ihr Effekt aufgrund eines geringen Input-Anteils vernachlässigt werden kann.<sup>37</sup>

Eine bessere Methode zur Messung (Quantifizierung) der Effizienz des Faktoreinsatzes stellt die Bestimmung der Globalproduktivitäten dar.<sup>38</sup> So kann zwischen der globalen Brutto-Produktivität (Bruttoproduktionsmenge/ Bruttoaufwandsmenge) und der globalen Netto-Produktivität (Nettoproduktionsmenge/ Nettoaufwandsmenge)<sup>39</sup> unterschieden werden.<sup>40</sup> Im Gegensatz zur globalen Brutto-Produktivität fokussiert dabei die globale Netto-Produktivität ausschließlich auf die ursprünglich sektoralen Produktionsfaktoren, wodurch im Falle der Landwirtschaft eine Reduktion auf die Faktoren Arbeit und Kapital (einschl. Boden) vorgenommen werden müsste. Der Einfluss anderer Faktoren auf die Input-Output-Beziehung des Produktionsprozes-

---

<sup>34</sup> Zu horizontalen Produktivitätsvergleichen vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 117ff.

<sup>35</sup> STEIL, VICTOR und NELSON unterstreichen zwar die Möglichkeit, technischen Fortschritt mittels der Globalproduktivität (hier als *total factor productivity*, TFP bezeichnet) auszudrücken, weisen jedoch auf die Grenzen dieses Vorgehens hin, das zum einen „[...] the methods and measures that comprise growth accounting are hotly contested [...]“ und zum anderen „[...] the logic growth accounting only holds up for small, relatively isolated changes in technology and other factors of production [...]“. Vgl.: STEIL, B.; VICTOR, G. D.; NELSON, R. R. [Introduction], S. 7f.

<sup>36</sup> So kann z. B. die Beeinflussung der Produktivität des Faktors Arbeit durch eine verbesserte Kapitalausstattung angeführt werden. Vgl.: HANAU, A.; RUSTEMEYER, F. C. [Produktivitätsbegriff], S. 4.

<sup>37</sup> Zur Anwendung partieller Produktivitäten, insbesondere im Hinblick auf die Boden-, Arbeits- und Kapitalproduktivität vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 147-155.

<sup>38</sup> Vgl.: MUNDLAK, Y. [Economic Growth], S. 195.

<sup>39</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit wird dem Begriff der globalen Brutto-Produktivität der bereits eingeführte Terminus der Globalproduktivität (GP) vorgezogen.

<sup>40</sup> Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 117.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

ses bleibt auch bei dieser Vorgehensweise unberücksichtigt.<sup>41</sup>

Die Erläuterungen zeigen, dass die Isolierung der produktivitätsbeeinflussenden Wirkung des technischen Fortschritts prinzipiell nur aufgrund der Betrachtung der globalen Produktivitäten möglich ist. Die Bestimmung globaler Produktionsindizes setzt jedoch die Ermittlung konstanter Preis- und Mengendaten (Erfassung sämtlicher Input- und Outputmengen) über einen längeren Zeitraum hinweg voraus. In der Praxis führt dies, trotz genannter Einschränkungen, verbreitet zur Nutzung partieller Produktivitätsvergleiche bei der Quantifizierung des technischen Fortschritts.<sup>42</sup>

Beide Arten der Produktivität können zum einen als Durchschnitts- und zum anderen als Marginalgröße betrachtet werden. Diese Unterscheidung ist dann von besonderem Interesse, wenn auf der Basis von Produktivitätsanalysen die Messung von Effizienzsteigerungen durchgeführt werden soll. So ist das Problem der Zurechnung von Produktions- und Aufwandsmengen bei der statistischen ex-post Ermittlung von Durchschnittsproduktivitäten nur unzureichend gelöst. Die Betrachtung des Grenzertrages eines Produktionsfaktors oder Faktorbündels bietet hier Vorteile, da bei unterschiedlichem Stand der Technik, jedoch bei einer gleichbleibenden Mengenrelation der klassischen Produktionsfaktoren, die Veränderung der partiellen Grenzproduktivitäten als numerischer Indikator für den technischen Fortschritt dienen kann. Hierzu ist jedoch eine konkrete Vorstellung über die jeweilige Produktionsfunktion unerlässlich, was in der Praxis daher zu einer verbreiteten Betrachtung von Durchschnittsproduktivitätskennziffern führt.<sup>43</sup>

Entsprechend der vorangestellten Ausführungen basiert die hier vorgenommene Analyse der Veränderung der partiellen durchschnittlichen Produktivität aufgrund technischen Fortschritts auf Überlegungen zur neoklassischen Produktionsfunktion des allgemeinen Typs  $Y = f(x_1, \dots, x_n)$ .

Hierbei kann auf das Zweifaktoren-Modell zurückgegriffen werden. Gemäß Abbildung 1(1) drückt sich die (intertemporale) Veränderung der partiellen durchschnittlichen Produktivität in einer Verschiebung der neoklassischen Produktionsfunktion aus. Dabei entspricht die partielle Produktivität des Faktors  $F_i$  dem Tan-

---

<sup>41</sup> Vgl.: HANAU, A.; RUSTEMEYER, F. C. [Produktivitätsbegriff], S. 4.

<sup>42</sup> Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 119f.

<sup>43</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 134f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

gens des Fahrstrahls an dem jeweils realisierten Ertragspunkt  $E_i$  entsprechend der Produktionsfunktion  $f_i$  der Totalertragsfunktion  $TE$ . Die Analyse der aufgezeigten Veränderung zeigt mehrere Erklärungsansätze zur Erhöhung der partiellen Produktivität auf, die dem Tangens des Winkels  $\alpha_i$  entspricht:

1. Verminderung der Einsatzmenge des Faktors  $F_i$  ( $F_{i2} \rightarrow F_{i1}$  sowie  $\tan_{\alpha3} \rightarrow \tan_{\alpha2}$ );
2. Erhöhung der Einsatzmenge anderer Faktoren bei mehrfaktorieller Produktion ( $TEf_1 \rightarrow TEf_2$  sowie  $\tan_{\alpha1} \rightarrow \tan_{\alpha2}$ );
3. Effizienzsteigerung des Faktoreinsatzes durch technischen Fortschritt ( $TEf_1 \rightarrow TEf_2$  sowie  $\tan_{\alpha1} \rightarrow \tan_{\alpha2}$ ).

Die Produktivitätserhöhung kann aufgrund dieser Ausführung als eine allgemeine Erscheinungsform des technischen Fortschritts betrachtet werden. Ist der Verlauf der Produktionsfunktion selbst in allen Parametern bekannt, lassen sich die marginalen Produktivitäten bei einer Verschiebung der Produktionsfunktion vergleichend abbilden (Abbildung 1(2)). Dabei sind hier die neoklassischen produktions- und verteilungstheoretischen Grundprämissen zu beachten. So ist die Produktionsfunktion in den beiden Faktoren Arbeit und Kapital linear-homogen, wodurch Skaleneffekte ausgeschlossen werden. Gleichwohl sind die beiden Faktoren gegenseitig substituierbar. Die Verschiebung der dargestellten Totalertragsfunktion  $Tef_0$  (Produktionsfunktion) verkörpert somit nur in der Bewegung hin zur neuen Totalertragsfunktion  $Tef_1$  einen technischen Fortschritt, da mit einer gegebenen Mengenkombination - und somit konstanter Grenzproduktivität ( $\tan_{\alpha0} = \tan_{\alpha1}$ ) - ein höherer Totalertrag erreicht wird. Scharf abzugrenzen ist daher der Effekt des technischen Fortschritts von Skalen- und Substitutionseffekten.<sup>44</sup>

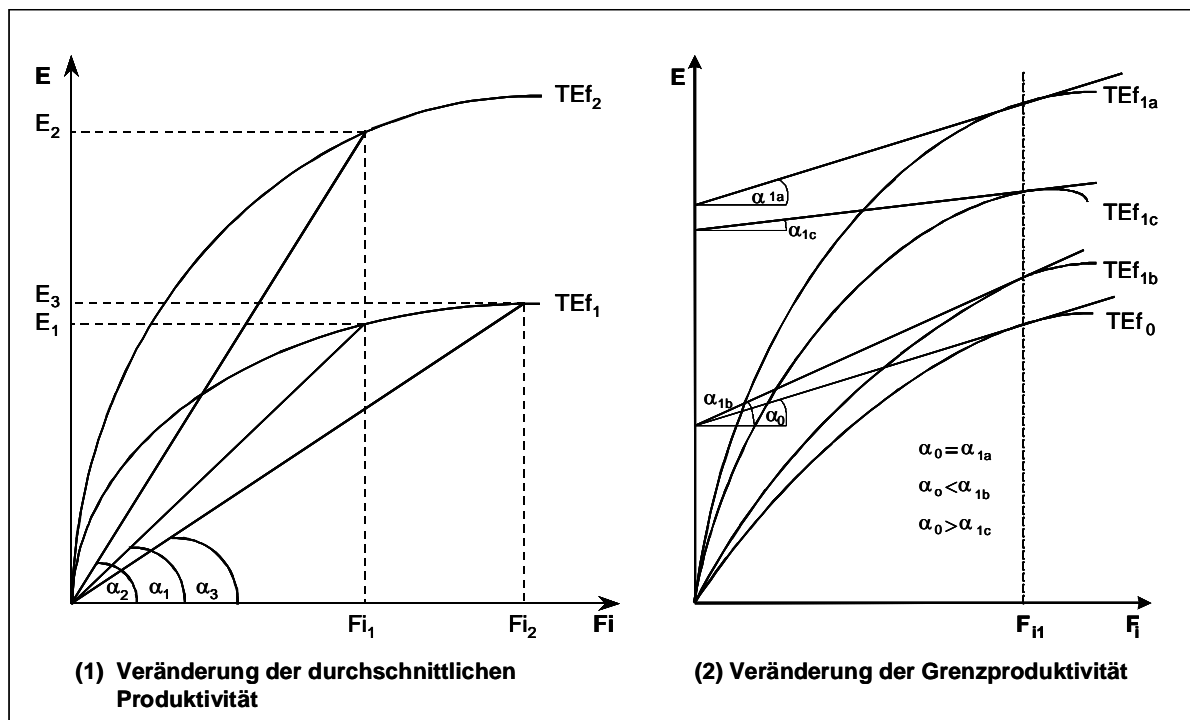
---

<sup>44</sup> OTT weist jedoch darauf hin, dass „[...] der technische Fortschritt im allgemeinen mit einer Substitution verbunden (ist) [...]“, da bei dem Übergang von einem alten zu einem neuen Produktionsverfahren Produktionsfaktoren oder Gruppen von Produktionsfaktoren ersetzt werden. Jedoch ist dies, wie aufgezeigt, keine notwendige Bedingung des technischen Fortschritts, da im Grenzfall ein neues Produkt auch neu entstandene Bedürfnisse befriedigt. Eine Substitution der Produktionsfaktoren liegt folglich nur hinsichtlich der „totalen Konkurrenz“ zwischen allen Produktionsfaktoren grundsätzlich vor. Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 303.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Abbildung 1: Produktivitätsveränderungen bei der Verschiebung der neoklassischen Produktionsfunktion



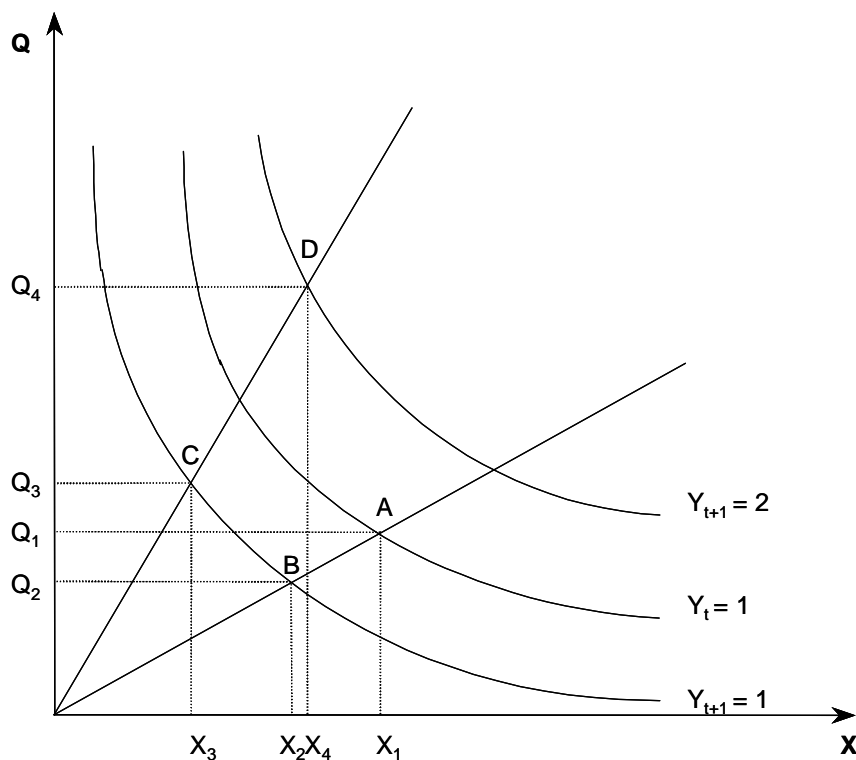
Quelle: Eigene Darstellung und Bearbeitung nach HENRICHSMAYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 113 sowie PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 46.

Der technische Fortschritt drückt sich insgesamt in einer Zunahme der globalen Faktorproduktivität aus und ist als eine Verschiebung der Produktionsfunktion nach oben definiert. Ausdruck findet dieses Phänomen in einer Aufwölbung des Ertragsgebirges über der Faktorebene (zweifaktorielle Produktion) bzw. in der Verschiebung der Isoquante hin zum Ursprung des Koordinatensystems.<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Hierzu wird vorausgesetzt, dass die Produktionsfunktion homogen ist und den Grad 1 besitzt. Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 42.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Abbildung 2: Wachstumseffekte im Isoquantenmodell



Quelle: Eigene Darstellung und Bearbeitung nach WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 576.

Die einzelnen Wachstumseffekte können mithilfe der in Abbildung 2 dargestellten Isoquantenschar aufgezeigt werden.<sup>46</sup> Diese ergibt sich aus der Kombination der beiden Faktoren  $X$  und  $Q$ , welche in einer wachstumstheoretischen Betrachtung mit Arbeitspotential  $X$  (Bevölkerung) und Kapitaleinsatz  $Q$  gleichgesetzt werden können. Im hier zugrunde gelegten neoklassischen Modell unterliegt jedoch der intensivere Einsatz des Faktors Kapital einem abnehmenden Ertragszuwachs. Der Anstieg der Arbeitsproduktivität ist somit hauptsächlich auf den technischen Fortschritt zurückzuführen. Die Wachstumsrate der Totalertragsfunktion bzw. des Sozialprodukts lässt sich folglich als Summe der Fortschrittsrate ( $A \rightarrow B$ ), der Kapitalintensivierungsrate (Substitutionseffekt,  $B \rightarrow C$ ) und der Wachstumsrate der Arbeit (Niveau- oder Skaleneffekt,  $C \rightarrow D$ ) ausdrücken.<sup>47</sup>

<sup>46</sup> Dabei umschreiben die beiden Isoquanten mit dem Ertrag 1 ( $Y_t=1$ ,  $Y_{t+1}=1$ ) das jeweils gleiche Produktionsergebnis. Im Übergang zur Isoquante  $Y_{t+1}=2$  hat sich der Output in der Folgeperiode verdoppelt.

<sup>47</sup> HANAU und RUSTEMEYER nennen mit dem Auftreten von Ernteschwankungen sowie dem Aggregationseffekt (Erhöhung der Globalproduktivität einer Volkswirtschaft aufgrund struktureller Anpassungsprozesse bei gleichzeitiger Beibehaltung der partiellen Produktivitäten) zwei weitere

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Entsprechend dieser Erkenntnisse wird das Phänomen des technischen Fortschritts in der Literatur in einen technischen Fortschritt im engeren Sinn (i. e. S.) und einen im weiteren Sinn (i. w. S.) untergliedert.<sup>48</sup> Dabei umfasst der technische Fortschritt i. e. S. ausschließlich jene Effekte, die eine Verschiebung der Produktionsfunktion in positiver Richtung bewirken.<sup>49</sup> Der technische Fortschritt i. w. S. stellt einen Sammelbegriff verschiedener qualitativer Einflüsse, so Skaleneffekte und Effekte mit Auswirkungen auf die Qualität der Faktoren Arbeit und Kapital, dar, die eine realkostensenkende Wirkung haben.<sup>50</sup> Insgesamt stellen beide Definitionen auf qualitative Faktoren ab und sind etwa von Substitutionseffekten klar abzugrenzen.<sup>51</sup>

Aufgrund der beachtlichen Schwierigkeiten, die Wirkung des technischen Fortschritts (i. e. S.) mittels globaler Produktivitätsindizes ausreichend zu isolieren,<sup>52</sup> wurden in der Vergangenheit eine Vielzahl von partiellen Produktivitätsanalysen für die landwirtschaftlichen Input-Output-Relationen erstellt. Gleichwohl konnten Berechnungen der globalen Produktivität des Sektors für verschiedene Länder vorgelegt werden.<sup>53</sup>

Als einfachster Ansatz zur Index-Bildung wird in der Literatur häufig der Laspeyers-

---

Ursachen zur Veränderung von Produktivitäten. Vgl.: HANAU, A.; RUSTEMEYER, F. C. [Produktivitätsbegriff], S. 5f.

<sup>48</sup> Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 21f.

<sup>49</sup> Diese Charakterisierung des technischen Fortschritts i. e. S. entspricht der Feststellung SCHUMPETERS, dass technischer Fortschritt „die Aufstellung einer neuen Produktionsfunktion“ [im engl. Original: „the setting up of a new production function“] definiert. Innovationen verändern somit die Form der Funktion. Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen], S. 94f und S. 101.

<sup>50</sup> Prinzipiell kann die Gesamtqualität eines Gutes in einer technischen und einer hedonistischen Qualitätskomponente beschrieben werden. Während erstere alle jene Eigenschaften umfasst, die das Gut zur Ausübung bestimmter Funktionen besitzt, beschreibt die hedonistische Produktqualität die Eigenschaften, die vom Käufer bzw. Nutzer rein subjektiv dem Gut zugeordnet werden.

Zur Äquivalenz der Qualität von Gütern gibt LASSMANN eine Definition, wonach Güter in der „[...] Zusammensetzung ihrer Substanz, der äußeren Form und Gestalt, der Art ihrer produktiven Verrichtung, dem Aufenthaltsort und dem Zeitpunkt ihrer Existenz [...]“ übereinstimmen müssen, um als qualitativ identisch angesehen werden zu können. LASSMANN, G. [Produktionsfunktion], S. 89.

<sup>51</sup> Nach der Beurteilung von BOMBACH, G. ist die ökonometrische Trennung von Skalenerträgen, Effizienz-, Verteilungs- und Substitutionsparametern nahezu unmöglich. So verweist er auf den geringen Aussagewert bei einer Trennung in Substitutions- und Fortschrittskomponenten. Vgl.: Bombach, G. [Produktivitätsmessung], S. 49 – 52.

Im folgenden findet hier der Begriff des technischen Fortschritts i. e. S. als Definition des Begriffs „technischer Fortschritt“ Anwendung.

<sup>52</sup> Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 21f.

<sup>53</sup> Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 119-124, MUNDLAK, Y. [Economic Growth], S. 353-389, BARTON, G. T.; LOOMIS, R. A. [Differential Rates], S. 1551-1561 sowie MICHALEK, J. [Technological Progress].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Mengenindex beschrieben, der die Änderungen einer Leontief-Produktionsfunktion wiedergibt. Dies bedeutet, dass bei der Volumenrechnung auf dieser Basis eine Skalanelastizität von eins sowie konstante Grenzproduktivitäten unterstellt werden. Sämtliche Output- und Inputkombinationen gelten somit als technischer Fortschritt.<sup>54</sup>

Als eine realitätsnähere Vorgehensweise zur Volumenbetrachtung erwies sich die Anwendung des Törnquist-Theil-Indexes, dem eine neoklassische Produktionsfunktion mit abnehmender Grenzrate der Substitution zugrunde liegt.<sup>55</sup> Der Index bildet dabei die Veränderungen einer Translog-Produktionsfunktion ab, mit deren Hilfe es aufgrund ihrer flexiblen Form möglich ist, variable Substitutionsmöglichkeiten wiederzugeben.<sup>56</sup>

Hingegen ist die Messung des technischen Fortschritts für neuartige Kapitalgüter unter dem Eindruck der oben getroffenen Aussagen relativ einfach, da die für die Investition in Kapitalgüter maßgeblichen Größen Grenzertrag und Grenzkosten bzw. die Produktivitätsveränderungen messbar und somit vergleichbar sind. So kann unterstellt werden, dass technische Fortschritte entsprechend der messbaren Faktorpreisverhältnisse wirksam werden.<sup>57</sup> Wesentlich schwieriger stellt sich hingegen die Messung des technischen Fortschritts im Falle neuartiger Konsumgüter dar. So kann zwar angenommen werden, dass technischer Fortschritt bei Konsumgütern dann vorliegt, wenn eine Menge an Konsumgütern mit geringerem Faktoreinsatz produziert werden kann als eine nutzenäquivalente Menge alter Konsumgü-

---

<sup>54</sup> Der technische Fortschritt gilt demnach als Hicks-neutral und autonom, was insgesamt als eine wenig realitätsbezogene Implikation anzusehen ist. Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 256 sowie Kapitel 2.3.2.2.

Vorteilhaft in Bezug auf die Erhebungspraxis ist beim Laspeyers-Mengenindex, dass die Gewichtungen über mehrere Perioden hinweg beibehalten werden, weshalb dieser Index gegenüber dem Paasche-Index - bei welchem die Gewichtungen die (hypothetischen) relativen Wertgrößen (Umsätze) darstellen, die durch Multiplikation von aktuellen Preisen mit Mengen der Basiszeit zustande kommen - in der Praxis bevorzugt wird. Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 119-123.

<sup>55</sup> Vgl.: BALL, E. [Productivity], S. 475-486 sowie HOCKMANN, H. [Quantifizierung technischer Fortschritte], S. 111f.

<sup>56</sup> Zur Konstruktion eines Törnquist-Theil-Indexes aus einer allgemeinen Produktionsfunktion sowie zu dessen Anwendung zur Produktivitätsmessung in der Landwirtschaft vgl.: HOCKMANN, H. [Produktivität], S. 393-415 sowie Kapitel 2.3.2.1.

Zur Schätzung des technischen Fortschritts mithilfe der Translog-Funktion für den landwirtschaftlichen Sektor vgl. exemplarisch: BALL, E. [Productivity] sowie MICHALEK, J. [Technological Progress].

<sup>57</sup> Hierbei wird jedoch unterstellt, dass sich Marktpreise frei bilden können und somit die tatsächlichen Knappheitsverhältnisse zum Ausdruck kommen. Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 15f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

ter. Die Bestimmung des Umfangs des technischen Fortschritts ist aufgrund der Durchführung von intertemporalen und interpersonellen Nutzenvergleichen hier jedoch praktisch nicht durchführbar.<sup>58</sup> Aufgrund dieses Sachverhaltes gelingt die Bestimmung eines zukünftigen möglichen Nutzungsumfangs von neuartigen Kapitalgütern wesentlich besser als dies bei Konsumgütern der Fall ist. Eine Abstufung bei der Möglichkeit der Messung des technischen Fortschritts stellen Kapitalgüter dar, bei welchen die Investitionsentscheidung nicht ausschließlich auf der Wahrnehmung der monetären Relation von Grenzertrag und Grenzerlös beruht, sondern zu einem Teil auf Betrachtung des individuellen Nutzens – entsprechend Kapitalgütern – basiert. Infolgedessen formuliert PROSI eine Definition des technischen Fortschritts: „Technischer Fortschritt im ökonomischen Sinne<sup>59</sup> liegt dann vor, wenn ein bestimmter Output durch eine technische Änderung mit geringerem Faktoraufwand erzielt oder wenn mit gleichem Faktoraufwand ein größerer Output erreicht werden kann. Der technische Fortschritt bewirkt dann eine Änderung der Input-Output-Relation im weitesten Sinne, wobei der Output sowohl in neutralen Ertragseinheiten als auch in Nutzengrößen definiert sein kann.“<sup>60</sup>

### **2.3 Klassifikation des technischen Fortschritts**

#### **2.3.1 Zur Klassifikation des technischen Fortschritts**

Bei der hier vertretenen Klassifizierung des technischen Fortschritts wird - im Gegensatz zu seiner Systematisierung, welche die Einordnung des Phänomens nach seiner Entstehung zum Gegenstand hat<sup>61</sup> - explizit auf die Wirkung von Neuerungen abgestellt.<sup>62</sup> Diese Vorgehensweise entspricht sowohl den in der Literatur vorliegenden Ansätzen von Autoren, die eine neoklassische Produktionsfunktion unterstellen, wie auch den Beiträgen, die, ausgehend von einer linearen Kostenfunktio-

---

<sup>58</sup> Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 31f.

<sup>59</sup> Anstelle des Terminus „technischer Fortschritt im ökonomischen Sinne“ empfiehlt PROSI den Begriff „ökonomischer Fortschritt auf technischer Grundlage“, wodurch eine schärfere Abgrenzung hin zum ingenieurwissenschaftlich geprägten Begriff des „technischen Fortschritts“ möglich sein soll. Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 32.

Entgegen dieser Begriffsdefinition findet hier weiterhin der Ausdruck „technischer Fortschritt“ Verwendung, da der Begriff in dem hier gebräuchlichen Sinne in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur gemeinhin verbreitet ist.

<sup>60</sup> PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 31f.

<sup>61</sup> Vgl. Kapitel 2.4.

<sup>62</sup> Hier soll und kann jedoch nur auf die unmittelbaren Wirkungen des technischen Fortschritts eingegangen werden. Die vielfältigen Folgewirkungen technischer Fortschritte können dagegen nur angedeutet werden.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

on, die Wirkung des technischen Fortschritts auf verschiedene Kostenverläufe betrachten.<sup>63</sup> Über diese Vorgehensweise hinaus werden in der Literatur eine Vielzahl von Klassifikationsvorschlägen zu Fortschrittswirkungen unterbreitet, die sich in ihrer Bedeutung teilweise überlappen oder in ihren Begriffen korrespondieren, jedoch in der vorliegenden Arbeit als nicht zielführend angesehen werden.<sup>64</sup>

Unabhängig von der Diskussion um das Auftreten des technischen Fortschritts als exogene bzw. endogene Variable im wirtschaftlichen Prozess wird hier auf die grundsätzliche Wirkung des Phänomens abgestellt. Um die Wirkung technischer Fortschritte in frühen wachstumstheoretischen Modellen zu beschreiben, wurde der technische Fortschritt von verschiedenen Autoren<sup>65</sup> als exogene Größe aufgefasst, d. h., seine Entwicklung wurde im Zeitablauf  $T(t)$  als gegeben akzeptiert. Diese Vorgehensweise findet darin ihre Begründung, dass in der Realität in den Industrieländern ein wirtschaftliches Wachstum beobachtet wurde, dessen Ausprägung und Entstehung sich nicht mehr alleine durch die reine Kapitalakkumulation erklären ließ.<sup>66</sup> Die Modellannahme der Exogenisierung des technischen Fortschritts ist dabei jedoch umso umstrittener und unbefriedigender, je mehr der technische Fortschritt als Hauptfaktor der wirtschaftlichen Entwicklung erkannt wurde. Dennoch sind die Modelle prägend für die wissenschaftliche Betrachtung des technischen Wandels und m. E. hilfreich für die hier notwendige grundlegende Erklärung der Wirkung technischer Fortschritte.<sup>67</sup>

### **2.3.2 Ausgewählte Konzepte zur Verschiebung der Produktionsfunktion<sup>68</sup>**

#### **2.3.2.1 Das Verschiebungskonzept**

Wie bereits im Zusammenhang mit der Abgrenzung technischer Fortschritte im Hinblick auf veränderte Faktorproduktivitäten angedeutet, stellt die Analyse der

---

<sup>63</sup> Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 22f.

<sup>64</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 570.

<sup>65</sup> Hier sind vor allem JOHN RICHARD HICKS, ROY FORBES HARROD und ROBERT MERTON SOLOW zu nennen, deren Klassifikationskonzepte nachfolgend näher vorgestellt werden.

<sup>66</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 249.

<sup>67</sup> Hier sei auf die weiter unten getroffenen Aussagen zum neoklassischen Wachstumsmodell (Kapitel 2.5.2) verwiesen, die eine tiefere Betrachtung des Themas an dieser Stelle nicht notwendig machen.

<sup>68</sup> Die in dieser Arbeit getroffene Auswahl der verschiedenen, nachfolgend vorgestellten Klassifikationen kann in Breite und Tiefe nicht umfassend sein, da sie unter dem Gesichtspunkt der Relevanz der Aussagen der jeweiligen Ansätze in Bezug auf die hier vorliegenden Fragestellungen erfolgte.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Produktionsfunktion, neben der Quantifizierung des technischen Fortschritts mittels Indizes, eine Alternative zur Ermittlung der Produktivitätsentwicklung dar.<sup>69</sup>

Grundüberlegung der hier betrachteten Modelle zum Verschiebungskonzept der Produktionsfunktion ist die Analyse der Wirkung des technischen Fortschritts auf wenige relevante Variablen der Produktionsfunktion, hier Arbeit (A) und Kapital (K).<sup>70</sup> Dabei werden für die Produktionsfunktion folgende Grundprämissen unterstellt:<sup>71</sup>

- (1) Die Produktionsfunktion  $Y = f(A, K; t)$  ist linear-homogen in den Faktoren Arbeit und Kapital und besitzt den Wert  $r=1$ , was somit Skaleneffekte ausschließt.
- (2) Arbeit und Kapital sind gegenseitig mit der Elastizität  $0 < \sigma < +\infty$  substituierbar.
- (3) Für die Faktoren Arbeit (A) und Kapital (K) herrscht eine Entlohnung entsprechend der jeweiligen Grenzproduktivität ( $l$  = Lohnansatz,  $q$  = Zinsansatz).

$$(2.4) \quad f_a = \frac{\Delta Y}{\Delta A} = l; \quad f_k = \frac{\Delta Y}{\Delta K} = q$$

Werden diese Zusammenhänge durch Veränderungen der Produktionsfunktion nicht verändert, so liegt in diesen Modellen grundsätzlich ein (verteilungs) „neutraler“ technischer Fortschritt vor. Nicht-neutraler Fortschritt liegt dementsprechend dann grundsätzlich vor, wenn sich die Faktorstruktur und somit der Isoquanten-Verlauf fortschrittsbedingt verändern.

Die in der Literatur am häufigsten diskutierte Form einer den obigen Bedingungen entsprechenden einfachen substitutionalen Produktionsfunktion stellt die Cobb/Douglas- bzw. die Wickseil-Cobb-Douglas-Produktionsfunktion dar.<sup>72</sup> Die Cobb/Douglas-Funktion (Gleichung (2.5)) hat die Form:

---

<sup>69</sup> Vgl.: Kapitel 2.2.

<sup>70</sup> Als weiterer originärer Produktionsfaktor lässt sich zudem der eingesetzte „Boden“ benennen. Auch sind weitere Produktionsfaktoren denkbar. Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 240.

<sup>71</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 570f.

<sup>72</sup> WICKSELL arbeitete zunächst theoretisch mit dieser Funktionsform, die später von P. H. COBB und CH. W. DOUGLAS empirisch bestätigt wurde. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 70 sowie COBB, P. H.; DOUGLAS, CH. W. [Theory], S. 139-165.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

$$(2.5) \quad Y = A^\alpha K^\beta$$

mit  $Y$  = Produktionsumfang

$A$  = Einsatzumfang Faktor Arbeit

$K$  = Einsatzumfang Faktor Kapital

$$\alpha = \frac{\delta Y}{\delta A} \cdot \frac{A}{Y} \quad (\text{partielle Produktionselastizität der Arbeit})$$

$$\beta = \frac{\delta Y}{\delta K} \cdot \frac{K}{Y} \quad (\text{partielle Produktionselastizität des Kapitals})$$

Bei konstanten Skalenerträgen repräsentiert aufgrund der Grenzproduktivitätsentlohnung der Faktoren Arbeit und Kapital  $\alpha$  gemäß oben angeführter Definition die Lohnquote  $l$ , wodurch entsprechend  $\beta = 1 - \alpha$  die Gewinnquote darstellt. Für den Fall konstanter Skalenerträge besitzt die Funktion die Skalanelastizität  $\varepsilon_{x\lambda} = \alpha + \beta = 1$ , wodurch die Funktion linear-homogen ist (Homogenitätsgrad  $r = 1$ ) und unter Einbeziehung des Niveaus des Faktoreinsatzes ( $\gamma$  = Effizienz- oder Niveauparameter) die folgende Gestalt einnimmt:

$$(2.6) \quad Y = \gamma A^\alpha K^{1-\alpha}$$

Die Substitutionselastizität  $\sigma$  nimmt hierbei konstant den Wert -1 ein. Der technische Fortschritt kann in den Term mit  $t$  eingeführt werden. Werden zudem Verteilungsänderungen durch Fortschrittwirkungen unterstellt (aneutraler technischer Fortschritt), ergibt sich der in Gleichung (2.7) dargestellte unspezifische Fortschrittsterm:

$$(2.7) \quad Y = \gamma(t) A^{\alpha(t)} K^{1-\alpha(t)}$$

Es zeigt sich jedoch, vor allem bei der Annahme nicht-neutraler Fortschrittwirkungen, dass die beschriebene Cobb/Douglas-Funktion - von der allgemeinen Beurteilung der neoklassischen Produktionsfunktion abgesehen<sup>73</sup> - in der Hypothese  $\sigma = -1$  Übertragungsprobleme in die Realität aufweist. Die von ARROW ET AL.<sup>74</sup> vorgestellte „Constant Elasticity of Substitution“ Produktionsfunktion“ (CES-Funktion), welche sich ebenfalls durch konstante Skalenerträge und Substitutionselastizitäten aus-

<sup>73</sup> Vgl.: Kapitel 2.5.2.

<sup>74</sup> Vgl.: ARROW, K. J.: [Substitution], S. 225-250.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

zeichnet (wobei  $\sigma = -1$  keine Grundannahme darstellt), kann als Verallgemeinerung der Cobb/Douglas-Produktionsfunktion verstanden werden.<sup>75</sup> Ihre linear-homogene Schreibweise ist in Gleichung (2.8) dargestellt.

$$(2.8) \quad Y = \gamma * \left[ \delta K^{-\rho} + (1 - \delta) L^{\frac{-1}{\rho}} \right]$$

mit  $\delta$  = Distributionsparameter

$\rho$  = Substitutionsparameter

Der Substitutionsparameter  $\rho$  beschreibt dabei die Krümmung, der Distributionsparameter  $\delta$  die Schiefe der Isoquanten. Bei einer weitergehenden Aufhebung von Definitionskriterien bis hin zur Auflösung der konstanten Substitutionselastizität sind eine Vielzahl weiterer Funktionstypen denkbar.<sup>76</sup> Exemplarisch kann die Translog-Funktion genannt werden, die eine flexiblere und realitätsnähere Produktionsfunktion darstellt. Hier variiert die Skalenelastizität in Abhängigkeit vom Output und der Inputstruktur, die Produktions- und Skalenelastizitäten sind ebenfalls veränderlich.<sup>77</sup>

Zur Erläuterung von Fortschrittswirkungen wird in dem hier vorliegenden Kontext, entsprechend der in der Literatur verbreiteten Vorgehensweise, eine Fokussierung auf die oben dargestellten Funktionsformen (CES-Funktion bzw. Cobb/Douglas-Produktionsfunktion) als zielführend angesehen.<sup>78</sup>

### 2.3.2.2 Der Ansatz von HICKS

Eine der wichtigsten Klassifikationen des technischen Fortschritts stammt von HICKS, der eine Neutralitätsdefinition des technischen Fortschritts in Bezug auf die Einkommensverteilung formulierte.<sup>79</sup>

Der technische Fortschritt ist nach HICKS als neutral zu bezeichnen, wenn bei kon-

---

<sup>75</sup> Weitere Spezialfälle der CES-Produktionsfunktion stellen die lineare Produktionsfunktion ( $\sigma = -\infty$ ;  $\rho = -1$ ) sowie die Leontief-Funktion ( $\sigma = 0$ ;  $\rho = \rightarrow\infty$ ) dar.

<sup>76</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 571.

<sup>77</sup> Die Translog-Funktion besitzt die Form  $\ln q_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln x_{it} + 0,5 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_{it} \ln x_{jt}$  mit  $q$  = Produktionsmenge,  $x_i$  = Menge der Faktoren 1 bis  $n$ ,  $x_j$  = Menge der Faktoren 1 bis  $n$ ,  $\alpha_i$  = Parameter der Faktoren 1 bis  $n$ ,  $\beta_{ij}$  = Parameter aller Faktorkombinationen  $x_i$  mit  $x_j$ . Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 257f.

<sup>78</sup> Vgl.: HENZE, A. [Marktforschung], S. 256.

<sup>79</sup> Vgl. hierzu weiterführend: HICKS, J. R. [Theory].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

stanten Faktorintensitäten alle Grenzproduktivitäten in gleichem Ausmaß steigen. So ist bei gegebenem Faktoreinsatzverhältnis ( $K/A$ ) das Faktorpreisverhältnis und somit die Einkommensverteilung unverändert.<sup>80</sup>

Diese Neutralitätsdefinition des technischen Fortschritts kommt nach Abbildung 3(1) darin zum Ausdruck, dass sich die Isoquanten radial-parallel gegen den Ursprung verschieben. Ihre Neigung auf dem durch den Winkel  $\beta$  gekennzeichneten Fahrstrahl bleibt unverändert, wobei  $\tan\beta$  der unveränderten Lohn-Zins-Relation ( $l/q = \text{const.}$ ) entspricht. Die Steigung der Isoquanten ( $\tan\alpha$  und  $\tan\alpha_{t+1}$ ) in den Punkten  $A_t$  und  $A_{t+1}$ , die beide auf dem gleichen Fahrstrahl liegen, ist gleich, wodurch eine proportionale Erhöhung der Grenzproduktivitäten bzw. der Grenzrate der technischen Substitution (GRTS) vorliegt.<sup>81</sup> Die entsprechende Cobb/Douglas-Funktion eines verteilungskonstanten technischen Fortschritts nach Hicks lässt sich nach Gleichung (2.9) formulieren:

$$(2.9) \quad Y = \gamma(t) * A^\alpha K^{1-\alpha}$$

Der nicht-neutrale technische Fortschritt nach Hicks stellt entsprechend der Abbildung 3(2) eine Verschiebung als auch Neigung der Isoquante dar. Die GRTS fällt hier bei einer konstanten Intensität  $K/A$  ( $\tan\beta = \text{const.}$ ) von  $A_t$  nach  $A_{t+1}$  unter den Wert 1, da die Grenzproduktivität der Arbeit gegenüber der Grenzproduktivität des Kapitals nur unterdurchschnittlich zugenommen hat ( $\Delta A > \Delta K$ ). Entspricht im weiteren Verlauf der Produktionsanpassung aufgrund der Wirkung des technischen Fortschritts wieder die Grenzrate der technischen Substitution dem Faktorpreisverhältnis, wird die Kapitalintensität bei einer konstanten Lohn-Zins-Relation erhöht ( $\tan\beta_t < \tan\beta_{t+1}$ ), was zu einer Verringerung des Einsatzes des Faktors Arbeit im Produktionsprozess führt. Der hier beschriebene aneutrale technische Fortschritt ist somit arbeitssparend, da sich bei gegebener Kapitalintensität die Grenzproduktivität des Kapitals (Realzins) stärker erhöht als die Grenzproduktivität der Arbeit (Reallohn). Entsprechend ist mit dieser Entwicklung ein Absinken der Lohnquote verbun-

<sup>80</sup> Vgl.: Hicks, J. R. [Theory], S. 121ff.

<sup>81</sup> Dabei verhalten sich die Grenzraten der technischen Substitution der Faktoren Arbeit und Kapital

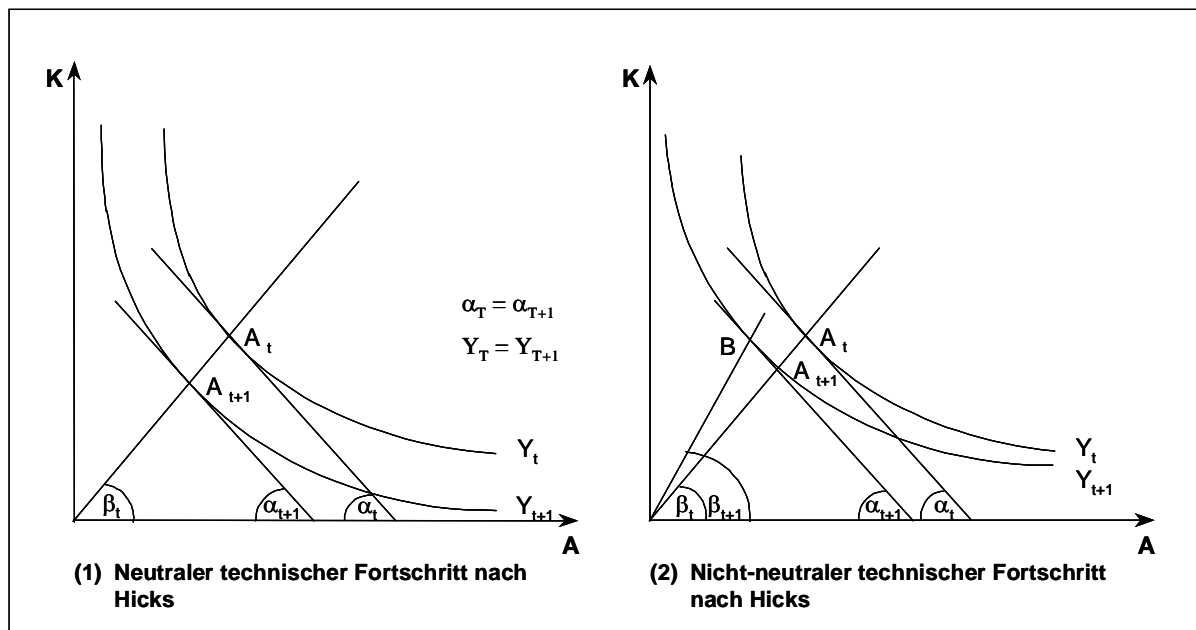
entsprechend der nachstehenden Gleichung:

$$\tan\alpha_t = \frac{\frac{\partial Y_t}{\partial A}}{\frac{\partial Y_t}{\partial K}} = \frac{\frac{\partial Y_{t+1}}{\partial A}}{\frac{\partial Y_{t+1}}{\partial K}} = \tan\alpha_{t+1}$$

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

den. Somit liegt ein kapitalsparender technischer Fortschritt nach HICKS vor, wenn sich die Grenzproduktivität der Arbeit stärker als jene des Kapitals erhöht.<sup>82</sup>

Abbildung 3: Klassifikation nach HICKS



Quelle: Eigene Darstellung und Bearbeitung nach WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 571 sowie HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Band 1], S. 244.

### 2.3.2.3 Die Ansätze von HARROD und SOLOW

Die Neutralitätsdefinitionen nach HARROD und SOLOW analysieren den technischen Fortschritt, im Gegensatz zum zuvor beschriebenen Ansatz von HICKS, nicht nach seinen Verteilungswirkungen, sondern stellen vor allem auf dessen volkswirtschaftliche Wachstumswirkungen ab, wobei SOLOW zunächst keine spezielle Klassifikation der Fortschrittswirkungen beabsichtigt bzw. tatsächlich entwickelt hat.<sup>83</sup>

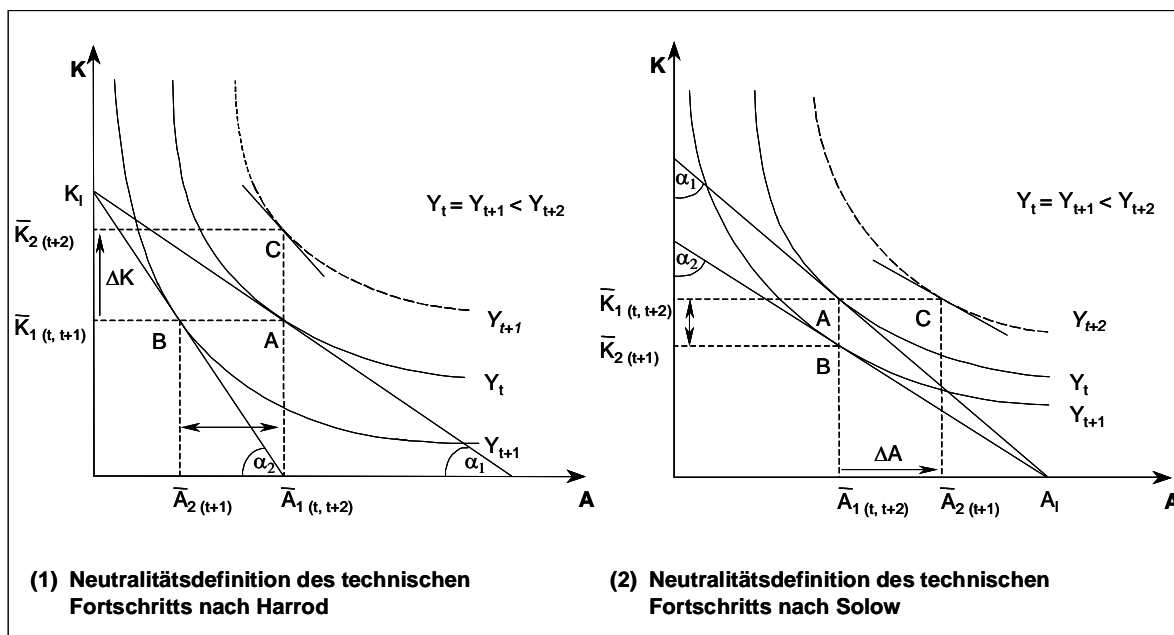
Die in Abbildung 4(1) dargestellte Klassifikation nach HARROD und die später nach SOLOW benannte Klassifikation (2) zeigen, dass beide Klassifikationen jeweils gegenseitig ein exaktes Spiegelbild darstellen.

<sup>82</sup> Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 304.

<sup>83</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 572.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Abbildung 4: Klassifikation nach HARROD und SOLOW



Quelle: Eigene Darstellung und Bearbeitung nach WALTER, H., [Technischer Fortschritt], S. 571 sowie HENZE, A. [Produktionsmittel], S. 26f.

### Der arbeitsvermehrnde technische Fortschritt nach HARROD

Nach HARROD ist der technische Fortschritt als neutral zu bezeichnen, wenn er das dynamische Gleichgewicht einer wachsenden Volkswirtschaft nicht stört. Hierzu ist es erforderlich, dass bei einem konstanten realen Kapitalpreis in  $K_t$  (Zinssatz = Grenzproduktivität des Kapitals) der Kapitalkoeffizient  $\bar{K}$  ( $K/Y$ ) unverändert bleibt.<sup>84</sup> Die Konstanz des Kapitalkoeffizienten impliziert dabei eine proportionale Erhöhung der Kapitalintensität ( $K/A$ ) sowie der Arbeitsproduktivität, was in Abbildung 4(1) in der Bewegung vom Gleichgewichtspunkt A (in  $t_{+1}$ ) hin zum neuen Gleichgewichtspunkt B (in  $t_{+2}$ ) zum Ausdruck kommt. Der neue Gleichgewichtspunkt zeichnet sich durch einen proportional zur Arbeitersparnis erhöhten Lohnsatz ( $\tan \alpha_{t+1} > \tan \alpha_{t1}$ ) aus, was dem Umfang der Arbeitsproduktivitätssteigerung entspricht. Die Betrachtung der in Gleichung (2.10) dargestellten Cobb/Douglas-Funktion des HARROD-neutralen technischen Fortschritts zeigt, dass der Einkommensanteil des Kapitals im hier dargestellten Zweifaktoren-Modell konstant bleibt.<sup>85</sup>

<sup>84</sup> Vgl.: WALTER, H. [Neutraler Technischer Fortschritt], S. 64f.

<sup>85</sup> Vgl.: HEUBES, J. [Harrod], S. 301ff.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

$$(2.10) \quad Y = [\gamma(t)A]^\alpha K^{1-\alpha}$$

Dies bedeutet, dass der Faktorpreis der Arbeit in der Höhe der Fortschrittsrate ansteigt, was in der Drehung der Kostengrade in Punkt  $K_1$  zum Ausdruck kommt. Als Folge dessen wird der Einsatz des Faktors Arbeit reduziert (labour-augmenting). Um wieder den Umfang der Beschäftigung vor Einwirkung des technischen Fortschritts in  $A_t$  bzw.  $t+2$  zu erreichen, ist eine zusätzliche Kapitalakkumulation ( $\Delta K$ ) notwendig. Dieser Schritt führt jedoch zu der Isoquante  $Y_2$ , die ein höheres Output-Niveau darstellt.

Im Falle des arbeitssparenden technischen Fortschritts nach HARROD steigt somit bei konstantem Zinssatz der Kapitalkoeffizient bzw. bei konstantem Kapitalkoeffizient der Zinssatz, was zu einer sinkenden Lohnquote führt.<sup>86</sup> Diese Wirkungen sind bei der HARROD-Neutralität darauf zurückzuführen, dass sich die Wirkungen von technischem Fortschritt und Faktorsubstitution derart ausgleichen, dass Kapitalkoeffizient, Zins und Einkommensverteilung konstant bleiben.<sup>87</sup>

### **Der kapitalvermehrnde technische Fortschritt nach SOLOW**

Die Neutralitätsdefinition nach SOLOW, wonach verteilungsneutrale Fortschrittswirkungen in einer quasi Kapitalvermehrung zum Ausdruck kommen, entstammt aus der Erweiterung des Konzepts des organisatorisch technischen Fortschritts um die Überlegungen zum faktorgebundenen technischen Fortschritt (Embodiment-Konzept).<sup>88</sup> Demnach äußert sich der technische Fortschritt in der Bildung einer neuen, ständig effizienter werdenden Kapitalausrüstung. Analog zur HARROD-Klassifikation bleibt hier bei einem konstanten Reallohnsatz  $A_1$  der Arbeitskoeffizient  $\bar{A}$  in  $t_1$  und  $t_{+1}$  konstant. Aus der in Gleichung (2.11) dargestellten Cobb/Douglas-Funktion des HARROD-neutralen technischen Fortschritts wird ersichtlich, dass, unter Beachtung der oben angeführten Bedingungen, die Lohnquote steigt.

$$(2.11) \quad Y = A^\alpha [\gamma(t)K]^{1-\alpha}$$

Da hier die Kapitalintensität in gleichem Umfang sinkt wie die Kapitalproduktivität steigt, wirkt der technische Fortschritt kapitalvermehrnd. Der Faktorpreis des Kapi-

---

<sup>86</sup> Vgl.: HARROD, R. F. [dynamic Economics] S. 322f.

<sup>87</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 572f.

<sup>88</sup> Vgl.: SOLOW, R. M. [Technical change], S. 312-320 sowie Kapitel 2.4.2.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tals steigt somit in der Höhe der Fortschrittsrate an, was in der Drehung der Kostengrade in Punkt  $A_1$  zum Ausdruck kommt. Parallel zur HARROD-Definition wird nun, aufgrund der höheren Kosten, Kapital zugunsten des Einsatzes des Faktors Arbeit eingespart. Soll die Höhe des Kapitaleinsatzes vor der Einwirkung des technischen Fortschritts in  $\bar{K}_1$  wieder erreicht werden, gelingt dies nur durch den vermehrten Einsatz von Arbeit ( $\Delta A$ ), was in der Bewegung vom Gleichgewichtspunkt B (in  $t_{+1}$ ) zu dem dann neuen Gleichgewichtspunkt C (in  $t_{+2}$ ) auf der Isoquanten  $Y_2$  entspricht.

Die Wirkungen der SOLOW-Neutralität sind äquivalent mit jener der HARROD-Definition, allerdings insgesamt für den Fall einer entwickelten Volkswirtschaft irreführend. Jedoch sind sie auf wenig entwickelte Länder mit einem nahezu unbegrenzten Arbeitskräfteangebot nachvollziehbar anzuwenden.<sup>89</sup>

### **2.3.3 Weitere Klassifikationsansätze**

#### **2.3.3.1 Klassifizierungen nach dem Verlauf der Kostenfunktion**

Eine weitere Möglichkeit der Klassifizierung ergibt sich, wenn die kostensenkenden Wirkungen des technischen Fortschritts in den Vordergrund der Überlegungen gestellt werden. Wird dabei eine Konstanz der Faktorpreise unterstellt, so genügt bereits eine Analyse der Faktornachfrage, um Rückschlüsse auf die Kostenwirkung des technischen Fortschritts zu ziehen.<sup>90</sup>

Die vorangestellten Erläuterungen zu Veränderungen der Produktionsfunktion aufgrund der Einführung technischen Fortschritts führen in ihrem Ergebnis zu einer Veränderung der (betrieblichen) Kostenfunktion. Wird die Veränderung der Kostenfunktion näher beleuchtet, sind verschiedene Konstanzannahmen zu unterstellen, da neben der Veränderung der Produktionsfunktion noch andere Ursachen eine Verschiebung der Kostenfunktion bewirken können. So ist die betriebliche Kostenfunktion neben dem Stand der Technik durch die Preise der Produktionsfaktoren sowie durch mindestens einen fixen Produktionsfaktor bestimmt. Um den Einfluss des technischen Fortschritts auf die Kostenfunktion aufzuzeigen, ist eine Konstanz

---

<sup>89</sup> Damit schließt SOLOW die Lücke zwischen der Neutralitätsdefinition von HICKS und HARROD. Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 571f.

<sup>90</sup> Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 45.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

der beiden Determinanten der betrieblichen Kostenfunktion zu unterstellen.<sup>91</sup> Zur Unterbindung von Skaleneffekten ist ferner eine linear-homogene Produktionsfunktion anzunehmen.<sup>92</sup>

Erfüllt die technische Änderung die Anforderungen der Definition des technischen Fortschritts im ökonomischen Sinn, liegt - unter Berücksichtigung der genannten Konstanzannahmen - eine Verschiebung der Gesamtkostenkurve nach unten vor. Die Gesamtertragsfunktion verschiebt sich dabei reziprok zur Gesamtkostenfunktion. Indem die Verläufe der Grenzkosten, der durchschnittlichen variablen und durchschnittlichen Gesamtkosten (Stückkosten) dabei vom Verlauf der Gesamtkosten abhängig sind, entsprechen die unterschiedlichen Veränderungen der Gesamtertragsfunktion daher bei gegebenem Fixkostensockel unterschiedlichen Verschiebungen der Gesamtkostenfunktion und der daraus abgeleiteten Grenz- und Durchschnittskostenfunktion.<sup>93</sup> Da sich die Funktion der durchschnittlichen Fixkosten (bei gegebenem Fixkostensockel) unter den getroffenen Annahmen nicht verändert, muss sich der Kurvenverlauf der durchschnittlichen variablen Kosten nach unten verschoben haben. Liegt eine technische Änderung im Sinne des oben definierten technischen Fortschritts vor, sinken somit bei gegebenen Fixkosten die Gesamtkosten, die durchschnittlichen variablen Kosten und somit auch die Stückkosten.

Wird die Grenzkostenfunktion als wichtige Entscheidungsgrundlage für die Faktornachfrage von gewinnmaximierenden Unternehmern betrachtet, zeigt sich, dass für die Veränderung des Funktionsverlaufes die Veränderung der Steigung der Gesamtkostenfunktion wesentlich ist. Diese kann bei gegebenen Faktorpreisen aus der Anwendung neuen technischen Wissens abgeleitet werden. Die technische Neuerung kann die Grenzkostenfunktion in unterschiedlicher Weise beeinflussen.

---

<sup>91</sup> Hier sei darauf verwiesen, dass eine Verschiebung der Produktionsfunktion, die aus einer Veränderung der Verhältnisse der konstant gehaltenen Faktoren resultiert, nicht als ein Ergebnis des technischen Fortschritts gewertet werden darf.

<sup>92</sup> Die Kritik an diesem Vorgehen begründet sich in der nur eingeschränkten Abbildung der wirtschaftlichen Realität. So weist PROSI darauf hin, dass „(...) die Annahme eines fixen Produktionsfaktors (..) im Zusammenhang mit technischen Änderungen problematisch [ist], da es zur Anwendung einer neuen Technik meist nötig ist, die technischen Anlagen zu verändern, und außerdem sehr häufig zur Ein- und Durchführung neuer technischer Verfahren Arbeit anderer Qualität eingesetzt werden muss“. Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 49.

<sup>93</sup> Voraussetzung eines technischen Fortschritts ist somit, dass eine technische Änderung bei gegebenen Faktorpreisen zu einer Senkung der Gesamtkosten und somit zu einer Reduzierung der durchschnittlichen Gesamtkosten (Stückkosten) führt.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Dabei ist der Funktionsbereich ökonomisch bedeutsam, in dem die Grenzerträge der fixen und variablen Produktionsfaktoren positiv sind, somit der Bereich zwischen dem Schnittpunkt der Grenzkostenkurve mit der Kurve der durchschnittlichen variablen Kosten und der Kapazitätsgrenze. Hierbei sind drei unterschiedliche Funktionsverläufe voneinander zu unterscheiden.<sup>94</sup>

- (1) Die Grenzertragsfunktion hat sich im relevanten Bereich nach oben verschoben, die Grenzkostenfunktion dementsprechend nach unten.
- (2) Die Grenzertragsfunktion ist im relevanten Bereich gesunken, die Grenzkostenfunktion somit gestiegen. Hierbei muss jedoch die unter (3) aufgeführte Bedingung miterfüllt sein.
- (3) Die Grenzertrags- und somit auch die Grenzkostenfunktion sind im betrachteten Bereich konstant geblieben. Hierbei muss sich, wie auch bei dem unter (2) beschriebenen Fall, die Grenzertragsfunktion in dem davorliegenden Funktionsbereich (vom Schnittpunkt von Abszisse und Ordinate bis hin zum Optimalpunkt) bzw. in einem Teil dieses Bereiches nach oben verschoben haben.

Die unter (1) und (2) aufgeführten Fälle können auch gemischt auftreten. So kann der Grenzertrag in einem Abschnitt des relevanten Bereichs gestiegen (1), die Grenzkosten entsprechend gesunken und in einem anderen Abschnitt der Grenzertrag gesunken (2) und die Grenzkosten entsprechend gestiegen sein.

### **Klassifikation nach LANGE**

Ausgehend von den vorangestellten Überlegungen zum Verlauf der Grenzertrags- und Grenzkostenfunktion, geht OSKAR LANGE unter der Annahme der Gewinnmaximierung davon aus, dass eine technische Neuerung nur dann Anwendung findet, wenn sie „(...) the discounted value of the maximum profit obtainable under existing market conditions (...)“ erhöhen.<sup>95</sup> Bestimmend ist daher zum einen, welche Aus-

---

<sup>94</sup> Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S.

<sup>95</sup> Lange definiert den Begriff des technischen Fortschritts (bzw. den der Innovation) dabei wie folgt: „Innovations are such changes in production functions, i. e. the schedules indicating the relation between the input of factors of production and the output of products, as make it possible for the firm to increase the discounted value of the maximum profit obtainable under existing market conditions. The profit under consideration is the total effective profit (...).“ Lange, O. R. [Price Flexibility], S. 71.

Die hier durch LANGE vorgenommene Einführung einer Risikokomponente in die Definition des technischen Fortschritts führt dazu, dass eine Innovation nicht zwangsläufig zu einer quantitati-



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

wirkungen der technische Fortschritt auf die Grenzkosten der Produktion besitzt. Zum anderen ist die Beeinflussung der Grenzproduktivität der Produktionsfaktoren durch den technischen Fortschritt entscheidend für dessen Anwendung. Bei der Analyse der Wirkung des technischen Fortschritts auf die *Grenzkostenkurve* gelangt LANGE dabei zu folgender Klassifikation:

1. Steigen die Grenzkosten im relevanten Bereich, ist der technische Fortschritt ausbringungsvergrößernd.
2. Im Falle sinkender Grenzkosten im relevanten Bereich ist der technische Fortschritt ausbringungsvermindernd.
3. Bei einer unveränderten Grenzkostenfunktion im relevanten Bereich ist der technische Fortschritt ausbringungsneutral.

Entsprechend der Betrachtung der Output-Seite lässt sich der Faktoreinsatz, bezogen auf die Änderung der *Grenzertragsfunktion*, wie folgt klassifizieren:<sup>96</sup>

1. Erhöht sich die Grenzertragsfunktion im relevanten Bereich, ist der technische Fortschritt faktorbeanspruchend.
2. Verschiebt sich die Grenzertragsfunktion nach unten, ist der technische Fortschritt factorsparend.
3. Verändert sich die Grenzertragsfunktion im relevanten Bereich nicht, liegt Faktorneutralität vor.

Ausgehend von der Überlegung, dass jede Einführung technischen Fortschritts bei gewinnmaximierenden Unternehmen zu einer Veränderung der Produktionsfunktion im Sinne der Maximierung der Gewinnfunktion in

Gleichung 2.12  $dG = p_1 x_1 - p_2 x_2$

führen muss, lässt sich die Gewinnveränderung durch folgende Beziehung abbilden:

Gleichung 2.13  $dG = p_1 dx_1 - p_2 dx_2$ .

---

ven Veränderung der Produktionsfunktion führen muss. Vielmehr kann auch dann von einer Innovation gesprochen werden, wenn durch entsprechende Maßnahmen die „technologische Unsicherheit“ bei gleichbleibender Input-Output-Relation gesenkt und dadurch eine Reduzierung der Risikoprämie ermöglicht wird. Vgl.: Lange, O. R. [Price Flexibility], S. 71ff.

<sup>96</sup> Hier ist darauf zu verweisen, dass dem Modell ein konstanter Faktorpreis zugrunde liegt.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Wird die Klassifikation des technischen Fortschritts nach seiner Ausbringung mit der Einteilung nach seiner Wirkung auf den Faktoreinsatz unter der Bedingung, dass in  $t_{+1} dG > 0$  sein soll, kombiniert, ergeben sich die in Übersicht 1 aufgeführten Kombinationen:<sup>97</sup>

Übersicht 1: Klassifikation nach den Veränderungen der Grenzkosten- und Grenz-  
ertragsfunktion

Fall	Veränderungen der Ausbringung	Veränderungen des Faktoreinsatzes	K'	R'
1	+	+	-	+
2	+	-	-	-
3	+	const.	-	const.
4	const.	-	const.	-
5	-	-	+	-

Quelle: Eigene Darstellung nach PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S.54f sowie OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 306f.

Grundsätzlich ist bei dieser Klassifikation die Nebenbedingung zu beachten, dass die Gesamtkosten einer gegebenen Produktionsmenge gesenkt werden, so dass der diskontierte Wert des maximalen Gewinns in  $t_{+1}$  größer ist als der maximale Gewinn vor Einführung des technischen Fortschritts in  $t$ . Entsprechend muss für den Fall 1 gewährleistet sein, dass der Effekt der Ausbringungsvergrößerung stärker ist als der Effekt des zusätzlichen Faktoreinsatzes sowie im Fall 5 die Faktorerparnis die Verminderung der Ausbringungsmenge übersteigt.

Die Ermittlung der einzelnen Arten des technischen Fortschritts zeigt, dass Fortschritte nicht nur mit einer Erhöhung der Ausbringung, bezogen auf einen oder mehrere fixe Produktionsfaktoren, verbunden sein müssen, sondern auch zu einer Einschränkung der Erzeugung führen können. Maßgeblich hierfür ist die Veränderung der Grenzproduktivität in Relation zur ursprünglichen Faktoreinsatzmenge.

Die Bewertung des Klassifikationsansatzes nach LANGE führt dazu, dass die von OTT als möglich erachteten Kombinationen aus der Veränderung der Grenzkosten-

<sup>97</sup> Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 306f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

und Grenzertragsfunktion dem in dieser Arbeit verwendeten Begriff des technischen Fortschritts nicht entsprechen.<sup>98</sup> So ist es unter der Annahme gegebener Faktorpreise nicht nachvollziehbar, dass sowohl Grenzkosten als auch Grenzertrag des variablen Faktors gleichzeitig sinken. Vielmehr ist ein reziprokes Verhalten der beiden Quotienten zu unterstellen.

Nach PROSI kann die Kombination der Klassifikationen LANGES jedoch eventuell aufrecht erhalten werden, wenn die Faktormengenbeanspruchung auf den fixen Produktionsfaktor bezogen wird. Folglich würde die Änderung des Grenzertrages des fixen Faktors der Klassifizierung der Wirkung des technischen Fortschritts zugrundegelegt und die Ausbringungsveränderung auf den variablen Produktionsfaktor bezogen.<sup>99</sup> Dies würde jedoch eine Abkehr von der Klassifikation LANGES nach den absoluten Änderungen der Grenzproduktivitätsfunktion und der Grenzkostenfunktion bedeuten, wobei dann die Grenzproduktivität des fixen Faktors mit derjenigen des variablen Faktors verbunden würde.

### **Klassifikation nach OTT**

In der Kritik an der Grenzproduktivitätstheorie unterstreicht OTT in seiner Klassifikation des technischen Fortschritts die Möglichkeit der Limitationalität von zwei oder mehreren Produktionsfaktoren „nicht nur als [einen unwahrscheinlichen] Grenzfall.“<sup>100</sup> In der Untersuchung der Wirkung des technischen Fortschritts geht er von einer linearen Kostenfunktion aus und unterstellt die Annahmen, dass in der Periode<sub>t+1</sub> die Ausbringungsmenge  $y$  unverändert bleibt und der Kapitalkostensatz  $q$  als auch der Lohnkostensatz  $l$  konstant sind. Diese Bedingungen dienen dazu, den technischen Fortschritt zu isolieren und durch Faktorpreissenkungen ausgelöste Substitutionsvorgänge zu verhindern. Ist dabei das Minimalkostenprinzip gemäß Gleichung (2.14) erfüllt

$$(2.14) \quad \frac{dK}{dA} = \frac{l}{q},$$

---

<sup>98</sup> Im Gegensatz zu LANGES Begriff der Innovation sei hier auf die oben gegebene Begriffsbestimmung verwiesen, wonach der technische Fortschritt insgesamt in einer Zunahme der globalen Faktorproduktivität zum Ausdruck kommt und als eine Verschiebung der Produktionsfunktion nach oben definiert ist. Vgl.: Kapitel 2.2.

<sup>99</sup> Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S.55.

<sup>100</sup> Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 307.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

und betragen die Gesamtkosten  $K_y$

$$(2.15) \quad K_y = qK + lA,$$

so ist *ceteris paribus* eine Reduktion der Gesamtkosten nur durch eine Änderung des mengenmäßigen Einsatzes der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital möglich. Das totale Differential der Gesamtkostengleichung ermöglicht eine Aussage zur Entwicklung der Grenzkosten:

$$(2.16) \quad dK_y = qdK + ldA.$$

Der Ausdruck in Gleichung (2.16) zeigt auf, dass bei technischem Fortschritt - unter der Bedingung einer konstanten Produktionsmenge -  $dK_y$  negativ sein muss und somit die Gesamtkosten sinken. Aus der Kombination der möglichen Veränderungen von  $dK$  und  $dA$  ergeben sich unter den vorangestellten Bedingungen und der in Übersicht 2 aufgeführten Nebenbedingungen für die Fälle einer positiven Veränderung der Grenzkosten fünf mögliche Kombinationen. Um auch Aussagen über die Fälle machen zu können, in denen beide Faktoren eingespart werden, drückt OTT die Auswirkungen, die von den Veränderungen der Faktoreinsatzmengen auf die Kapitalintensität ( $K/A$ ) ausgehen auf der Basis der mengenmäßigen Veränderung des Einsatzes von Arbeit und Kapital, somit der entsprechenden Veränderung des Kapital- ( $\bar{k}$ ;  $K/Y$ ) und Arbeitskoeffizienten ( $\bar{a}$ ,  $A/Y$ ), aus.<sup>101</sup>

Unter der Bedingung  $dK_y < 0$  ergeben sich somit die sieben in Übersicht 2 zusammengestellten Fälle.

---

<sup>101</sup> Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 308f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Übersicht 2: Klassifikation des technischen Fortschritts nach möglichen Faktormengenänderungen

Fall	$\frac{K}{A}$	$\frac{K}{P}$	$\frac{A}{P}$	Veränderungen von K Nebenbedingungen und A	Art des technischen Fortschritts
1.	+	+	-	$dK +, dA -$ $dK \cdot q < dA \mid$	arbeitssparend bei Kapitalmehr- aufwand
2.	+	const.	-	$dK = 0, dA -$	arbeitssparend bei konstantem Kapitalaufwand
3.	+	-	-	$dK -, dA -$	überwiegend arbeitssparend
4.	const.	-	-	$dK -, dA -$	neutral
5.	-	-		$dK -, dA -$	überwiegend kapitalsparend
6.	-	-	const.	$dK -, dA = 0$	kapitalsparend bei konstantem Arbeitsaufwand
7.	-	-	+	$dK -, dA +$ $dK \cdot q > dA \mid$	kapitalsparend bei Arbeitsmehr- aufwand

Quelle: Eigene Darstellung nach OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 308f.

Bei der Charakterisierung der einzelnen Fälle ist darauf hinzuweisen, dass die Kennzeichnung „arbeitssparend“ lediglich bedeutet, dass das Schwergewicht der Effekte auf der Arbeitersparnis liegt. Der Kapitalbedarf kann dabei ebenfalls absolut abnehmen (Fall 3), jedoch im Vergleich zum Arbeitsbedarf relativ schwächer.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Die dargestellten Wirkungen des technischen Fortschritts können präzisiert werden, indem die Veränderungen der partiellen Grenzproduktivitäten analysiert und deren Bezug hinsichtlich der Verschiebung der Faktorproportionen dargelegt wird.

Bei den beiden Produktionsfaktoren Arbeit (A) und Kapital (K) resultiert aus der Bewegung auf einer Isoquante keine Änderung der totalen Grenzproduktivität, da

$$(2.17) \quad \frac{\partial_y dK}{\partial_K} = -\frac{\partial_y dA}{\partial_A}$$

gilt.

Aus diesem Ausdruck ergibt sich jedoch, dass eine Verringerung des Faktors Arbeit zwangsläufig durch einen (relativen) Mehreinsatz des Faktors Kapital ausgeglichen werden muss. Ist im Falle einer Einsparung eines Faktors allerdings ein zusätzlicher Verbrauch des anderen Faktors erforderlich, so kann die für das Auftreten des technischen Fortschritts notwendige Bedingung der Senkung der Gesamtkosten nur erfüllt werden, wenn - wie in den Fällen 1 und 7 als Nebenbedingung aufgeführt - die wegfallenden Kosten größer sind als die zusätzlich entstehenden.

Unter der Voraussetzung der Minimalkostenkombination ergibt sich bei einem durch technischen Fortschritt bedingten Überwechsel von der Isoquante<sub>t</sub> zur Isoquante<sub>t+1</sub> im Falle einer konstanten Faktormengenrelation eine Parallelverschiebung der Produktionsisoquante hin zum Ursprung - was einer Bewegung des Schnittpunktes der Kostengerade mit der Isoquante auf einem Ursprungsstrahl entspricht. Da in diesem Fall die Grenzproduktivitäten auf beiden Isoquanten gleich sind, ist die Senkung der realen Kosten ausschließlich auf den Fortschrittseffekt zurückzuführen. Ein Substitutionseffekt bleibt hingegen aus, da sich die ursprüngliche und neue Funktion nur hinsichtlich des Niveauparameters unterscheiden.<sup>102</sup>

Liegt eine durch technischen Fortschritt hervorgerufene Verschiebung der partiellen Grenzproduktivitäten der beiden Faktoren auf der neuen Isoquante<sub>t+1</sub> bei der ursprünglichen Faktorproportion vor, so muss zur Erfüllung der Minimalkostenkombination, unter der Bedingung konstanter Faktorpreisrelationen, eine Verschiebung des Faktoreinsatzverhältnisses stattfinden. Hieraus ist zu schließen, dass jeder technische Fortschritt, der eine relativ unterschiedliche Veränderung der partiellen

---

<sup>102</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 46-51.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Grenzproduktivitäten bewirkt, mit einer Faktorsubstitution verbunden ist. Die Kostensenkung setzt sich somit aus Fortschritts- und Substitutionseffekt zusammen.<sup>103</sup>

Bei der Analyse der von OTT vorgelegten Klassifikation zeigt sich, dass diese unabhängig davon ist, ob eine weitergehende Substituierbarkeit der Faktoren Arbeit und Kapital oder Limitationalität angenommen wird. Auch zeigt sich, dass der technische Fortschritt in den Fällen 2 bis 6 unabhängig von der Faktorpreisrelation  $l/q$  immer realisiert wird. Dagegen ist die Einführung des technischen Fortschritts in den Fällen 1 und 7 von der jeweiligen Faktorpreisrelation abhängig, was in der Formulierung der jeweiligen Nebenbedingungen zum Ausdruck kommt. Demnach ist es in den beiden letztgenannten Fällen möglich, dass bei einer Faktorpreisrelation das neue Produktionsverfahren einen Rückschritt, bei einer anderen Faktorpreisrelation hingegen einen technischen Fortschritt darstellen kann.

Wird die Frage nach der praktischen Relevanz der von OTT klassifizierten Fälle des technischen Fortschritts gestellt, so ist es naheliegend, den unter 1 beschriebenen Fall des arbeitssparenden technischen Fortschritts bei Kapitalmehraufwand (steigende Kapitalintensität bei steigendem durchschnittlichen Kapital- und sinkendem durchschnittlichen Arbeitskoeffizienten) als die typischste Form des technischen Fortschritts zu bezeichnen. Den kapitalsparenden technischen Fortschritt bei Arbeitsmehraufwand (Fall 7) bezeichnet OTT selbst, unter dem Eindruck der Resultate der industriellen Revolution, als den Fall mit der geringsten empirischen Relevanz.<sup>104</sup>

### **2.3.3.2 Der technische Fortschritt im linear-limitationalen Modell**

Um die bei fortschreitender Technik auftretende mangelnde Flexibilität des Produktionsapparates besser als in der neoklassischen Lehre abbilden zu können, wurde, ausgehend von der empirischen Analyse der Produktionsprozesse, die vor allem von LEONTIEF weitgehend nachgewiesene Konstanz der Inputfaktoren in der Gestalt der linear-limitationalen Funktionszusammenhänge in die Produktionstheorie über-

---

<sup>103</sup> In Anlehnung der hier formulierten Bedingungen wäre hinsichtlich der realökonomischen Gegebenheiten auch eine Verschiebung der Faktorpreisrelationen denkbar. Dieser Möglichkeit kommt im wirtschaftlichen Geschehen insofern Bedeutung zu, als dass eine eindeutige Trennung zwischen technischem Fortschritt und ökonomischen Anpassungsvorgängen praktisch kaum durchführbar ist. Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S.46.

<sup>104</sup> OTT kommt in seiner Analyse zu dem Schluss, dass die in Übersicht 2 aufgelistete Reihenfolge der einzelnen Fortschrittstypen die empirische Bedeutung der einzelnen Fälle für eine Industriegesellschaft widerspiegelt. Vgl.: OTT, A. [Technischer Fortschritt], S. 310f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tragen.<sup>105</sup>

Im Modellgebäude der Produktionstheorie ist die allgemeine linear-limitationale Produktionsfunktion in die Gruppe der linear-homogenen Funktionen mit dem Homogenitätsgrad  $r=1$  einzuordnen. Im Gegensatz zur linear-homogenen substitutiv-nalen Produktionsfunktion liegt hier jedoch nur ein einziges effizientes Produktionsverfahren zur Generierung einer bestimmten Ausbringungsmenge  $y$  eines Gutes  $Y$  vor.<sup>106</sup>

Für das Verhältnis der Inputfaktoren  $x_1$  und  $x_2$  sowie deren konstanten Produktions- bzw. Inputkoeffizienten  $a_1$  und  $a_2$  (allgemeine Schreibweise  $x_i$ ,  $a_i$  mit  $i = 1, \dots, n$ ) bei einem einfachen, linear-limitationalen Produktionsprozess gilt:<sup>107</sup>

$$(2.18) \quad x_{1j} = a_{1j} y ; x_{2j} = a_{2j} y$$

mit  $0 < a_1, a_2$

$x_{ij}$  = Einsatzmenge des  $i$ -ten Faktors am  $j$ -ten Aggregat zur Produktion von  $y$  ( $j = 1, \dots, m$ )

$a_{ij}$  = Produktionskoeffizient für den  $i$ -ten Faktor am  $j$ -ten Aggregat

mithin

$$(2.19) \quad x_1 = \frac{a_1}{a_2} \cdot x_2$$

Ein derartiger linear-limitationaler Produktionsprozess weist folgende Eigenschaften auf:

- (1) das Verhältnis der Faktoreinsatzmenge ist konstant;
- (2) der Produktionskoeffizient  $a_{ij}$  ist konstant;
- (3) die Leistungsabgabe der Produktionsfaktoren ist konstant - dies gilt insbesondere für die eingesetzten Betriebsmittel;
- (4) die Qualität der Produktionsfaktoren ist konstant.

---

<sup>105</sup> Aufgrund der von Wassily LEONTIEF nachgewiesenen Konstanz der Inputfaktoren wird die linear-limitationale Produktionsfunktion auch als LEONTIEF-Produktionsfunktion bezeichnet. Vgl.: LEONTIEF, W. W. [American Economy] sowie [Input-Output].

<sup>106</sup> Vgl.: SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 129.

<sup>107</sup> Vgl.: SCHUMANN, J.; MEYER, U.; STRÖBELE, W. [Grundzüge], S. 130.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Die vollständige Komplementarität der Faktoren, die durch das jeweilige technische Verfahren bedingt ist, hat zur Folge, dass bei einer Erhöhung des Prozessniveaus die Produktionsverfahren in gleichbleibender Mengenrelation vermehrt werden müssen. Die einzelnen Prozesse unterscheiden sich dabei zum einen durch das Inputverhältnis der Faktoren - im Falle einer verbundenen Produktion zudem durch das Verhältnis der Produkte - sowie zum anderen in ihrer Qualität. Da bei Vorliegen einer linear-limitationalen Produktionsfunktion nur ein einziges Produktionsverfahren - genau eine  $(x_1, x_2)$ -Kombination - ein effizientes Erreichen eines Produktionsergebnisses  $y$  erlaubt, tritt daher an die Stelle der Faktorsubstitution die Prozesssubstitution. Bzgl. des Produktionsprozesses bedeutet dies, dass durch den Faktor, für den das Verhältnis von Inputmenge und Inputkoeffizient minimal ist, das Produktionsniveau entsprechend dem in Gleichung (2.20) dargestellten Optimierungsansatz begrenzt wird (Engpassfaktor).<sup>108</sup>

$$(2.20) \quad y = \min \left( \frac{x_1}{a_1}, \frac{x_2}{a_2} \right)$$

Die Erhöhung der Outputmenge ist nicht mehr möglich, wenn sich die Einsatzmenge des knappen Faktors nicht mehr erhöhen lässt. Im Produktionsprozess liegen somit positive Grenzerträge vor, die sich aber bei Erreichen der Grenze des Engpassfaktors auf Null reduzieren. Wirkt beispielsweise der Faktor  $X_2$  aufgrund einer im Produktionsprozess unveränderlichen Menge restriktiv, wird die maximale Ausbringungsmenge durch den Quotienten  $x_2/a_2$  bestimmt. Als Gesamtgewinn  $G_s$  ergibt sich somit:

$$(2.21) \quad G_s = p_y - p_{x_1} a_1 \cdot \frac{x_2}{a_2}$$

Die von der Produktion unabhängigen Kosten für den Faktor  $X_2$  können bei dieser Betrachtung unberücksichtigt bleiben. Wird zudem in einem weiteren Schritt aus Gleichung (2.21) das Totaldifferenzial nach  $a_1$  und  $a_2$  gebildet, lässt sich erkennen, wie sich Ausbringungsmenge, Faktorbeanspruchung und Gesamtgewinn ändern, wenn in Folge technischer Veränderungen die Inputkoeffizienten variiert und damit andere Produktionsprozesse realisiert werden. So resultiert aus der Senkung des Produktionskoeffizienten, dessen Einsatzfaktor restriktiv wirkt, eine Erhöhung der

---

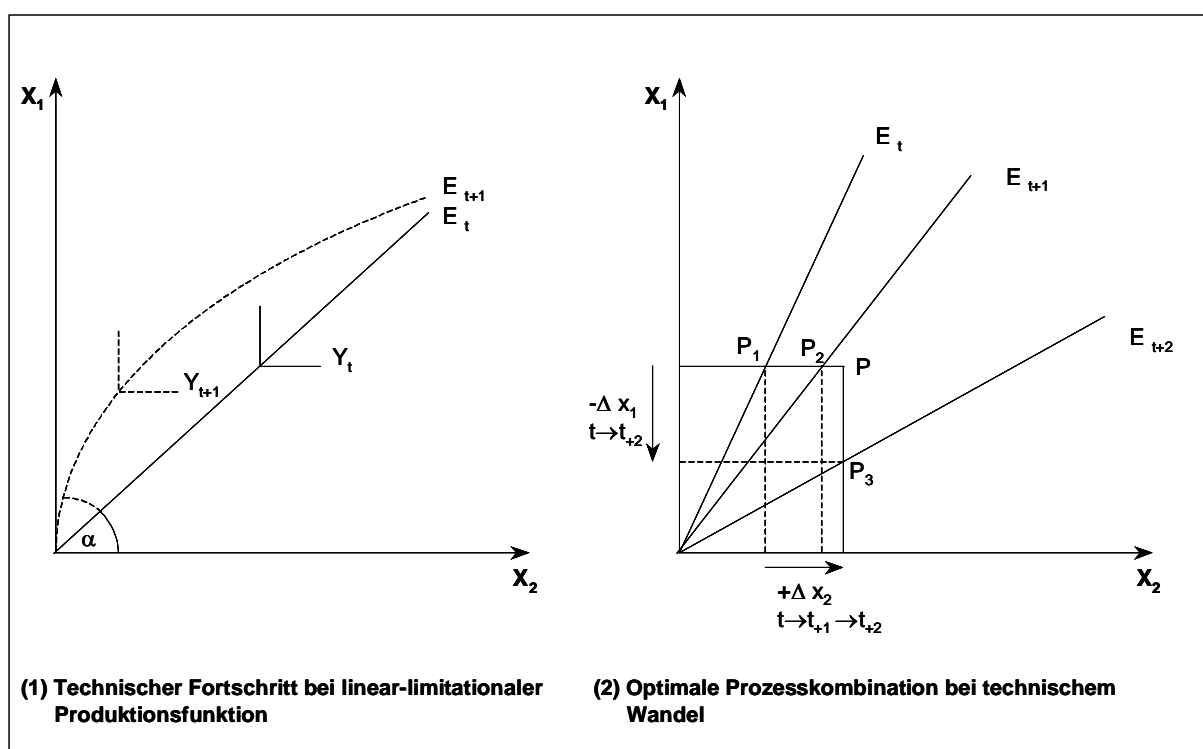
<sup>108</sup> Vgl.: DRZENIEK, M.; NEIMKE, M. [Wassily LEONTIEF], S. 690.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Ausbringungsmenge und eine Steigerung der Einsatzmenge des verfügbaren, variablen Faktors. Ändern sich die Inputkoeffizienten in der Weise, dass quantitative Einsparungen eines oder mehrerer Produktionsfaktoren ohne gleichzeitigen Mehrverbrauch eines oder mehrerer anderer Faktoren ermöglicht werden, so ist c. p. eine Erhöhung des Gewinns zu erwarten.

Charakteristisch für die linear-limitationale oder LEONTIEF-Produktionsfunktion mit den beiden Faktoren  $X_1$  und  $X_2$  sind die rechtwinklig verlaufenden Isoquanten, in deren Schnittpunkt die einzig effiziente Inputkombination zur Erzeugung einer bestimmten Outputmenge liegt (Abbildung 5(1)).

Abbildung 5: Linear-limitationale Produktionsfunktion



Quelle: Eigene Darstellung und Bearbeitung nach PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 71 sowie WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 62.

Vergleichbar zur Klassifizierung des technischen Fortschritts nach der Verschiebung des Substitutionsbereiches bei begrenzt substituierbaren Produktionsfaktoren kann neues technisches Wissen aufgrund der Verschiebung des Expansionspfades  $E$  bzw. der Veränderung des Winkels  $\alpha$  klassifiziert werden. Liegt neutraler technischer Fortschritt vor, bleibt  $\alpha$  und dementsprechend das effiziente Mengenverhältnis (z. B. die Kapitalintensität) unverändert. Bei einer steigenden Kapitalin-

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tensität wirkt der technische Fortschritt arbeitssparend und kapitalbeanspruchend. Analog verhalten sich die Einsatzverhältnisse bei sinkender Kapitalintensität. Eine Kombination von neutralem und nicht-neutralem technischem Fortschritt ist bei linear-limitationalen Faktoren nicht möglich, da dies eine Krümmung des Expansionspfades voraussetzen würde. Das Faktormengenverhältnis in den effizienten Punkten würde sich, mit der Variation des Produktionsniveaus, wie in der Funktion  $E_{t+1}$  in Abbildung 5(1) dargestellt, ändern.<sup>109</sup>

Die Wirkung des technischen Fortschritts bei zwei fixen Inputfaktoren bedarf einer gesonderten Betrachtung und ist für die Perioden  $T_t$  bis  $T_{t+2}$  in Abbildung 5(2) dargestellt. Das optimale Prozessniveau wird in  $T_t$  für die Faktorkombination  $(x_1, x_2)$  im Punkt  $P_1$  bei einer vollständigen Ausnutzung des Engpassfaktors  $X_1$  erreicht. Aufgrund des technischen Fortschritts kann in der Periode  $t+1$  der Prozess  $E_{t+1}$  realisiert werden, wodurch aufgrund des höheren Gesamtgewinns der Prozess  $E_t$  durch den Prozess  $E_{t+1}$  vollständig ersetzt wird. Steht im weiteren zeitlichen Verlauf die Produktionsfunktion  $E_{t+2}$  zur Verfügung, tritt ein Optimierungsproblem zur optimalen Ausnutzung der Faktorkapazitäten  $x_1$  und  $x_2$  zutage. Wird ökonomisch rationales Verhalten vorausgesetzt, wird hier nun der Prozess  $E_t$  nicht wie in der Vorperiode vollständig durch den neuen Prozess  $E_{t+2}$ , sondern durch eine Kombination der alten und neuen Technik ersetzt. Zwar wäre grundsätzlich eine Linearkombination von  $E_{t+1}$  und  $E_{t+2}$  zur vollständigen Ausschöpfung der Faktormengen  $x_1$  und  $x_2$  denkbar. Dieses Vorgehen wäre jedoch nicht effizient, da es immer eine Kombination aus bisheriger und neuer Technik gibt, die den gleichen Gewinn bei einer geringeren Beanspruchung der Produktionsfaktoren ermöglicht.<sup>110</sup>

Ein wesentliches Problem der Leontief-Produktionsfunktion ist in der Limitationalität der Produktionsfaktoren zu sehen, da die Konstanz der Inputkoeffizienten oftmals zu restriktiv angesehen wird.<sup>111</sup>

In der Gesamtbetrachtung der Überlegungen zur linear-limitationalen Produktionstheorie zeigt sich jedoch, dass diese im Vergleich zur neoklassischen Produktionstheorie, die bei einer fortschreitenden Technik eine mangelnde Flexibilität des Produktionsprozesses aufweist, dem Auftreten des technischen Fortschritts besser

---

<sup>109</sup> Vgl.: PROSI, G. [Technischer Fortschritt], S. 70f.

<sup>110</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 62f.

<sup>111</sup> Vgl.: DRZENIEK, M.; NEIMKE, M. [Wassily LEONTIEF], S. 620.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

angepasst ist. So findet zum einen die mangelnde Substitutionalität der Produktionsverfahren aufgrund einer entsprechenden Formulierung der Produktionsverfahren und deren Nebenbedingungen stärkere modelltheoretische Beachtung. Zum anderen wird der in der Praxis meist vorherrschenden, kurzfristigen Beschränkung der Produktionsressourcen besser Rechnung getragen.

### **2.4 Systematisierung des technischen Fortschritts nach dessen Entstehung**

#### **2.4.1 Zur Systematisierung des technischen Fortschritts**

In der in Kapitel 2.2 vorangestellten Betrachtung zur Abgrenzung technischer Fortschritte im Hinblick auf veränderte Faktorproduktivitäten bleibt offen, wodurch die Verschiebung der Produktionsfunktion herbeigeführt wird. Um jedoch den technischen Fortschritt einer Erklärung seiner Existenz zu unterziehen sowie die Ausrichtung des Phänomens zu analysieren, bedarf es einer eingehenden Betrachtung der Ursachen für dessen Auftreten.<sup>112</sup> Die in der Literatur verwendete Trennung der Erklärungshypothesen in einen autonom auftretenden und einen induzierten technischen Fortschritt erfolgt dabei, wie in Abbildung 6 dargestellt, entlang zweier unterschiedlicher Systematisierungsmöglichkeiten.<sup>113</sup>

Stellt man auf Faktorpreisänderungen als Ursache technischen Wandels ab, so wird unter Bezugnahme auf HICKS die Einführung des technischen Fortschritts durch eine Veränderung der Faktorpreisrelationen induziert.<sup>114</sup> Dementsprechend ist die Einführung neuer Prozesse oder Güter, die unabhängig von Faktorpreisänderungen erfolgt, als autonomer technischer Fortschritt zu bezeichnen.

Ein zweiter Ansatz zur Systematisierung des technischen Fortschritts basiert auf

---

<sup>112</sup> Dabei werden hier Ansätze ausgeklammert und an anderer Stelle der vorliegenden Arbeit thematisch eingeordnet, die nicht auf die Ursache des technischen Fortschritts abstellen und somit keine Systematisierung im Sinne der hier geführten Argumentation darstellen. So sei hier exemplarisch auf die bei IHLAU und RALL verwendete Klassifikation verwiesen, die in dem Begriffspaar „potentieller / realisierter“ technischer Fortschritt zum Ausdruck kommt. Dieser Klassifikationsansatz sollte nicht in dem hier verwendeten Sinn, sondern vielmehr zur Beschreibung der Entstehung von *Innovationen* herangezogen werden. Vgl. hierzu die vielfältigen, bei den genannten Autoren aufgeführten Definitionen und Klassifikationen des technischen Fortschritts: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 20-48 sowie Kapitel 2.5.2.

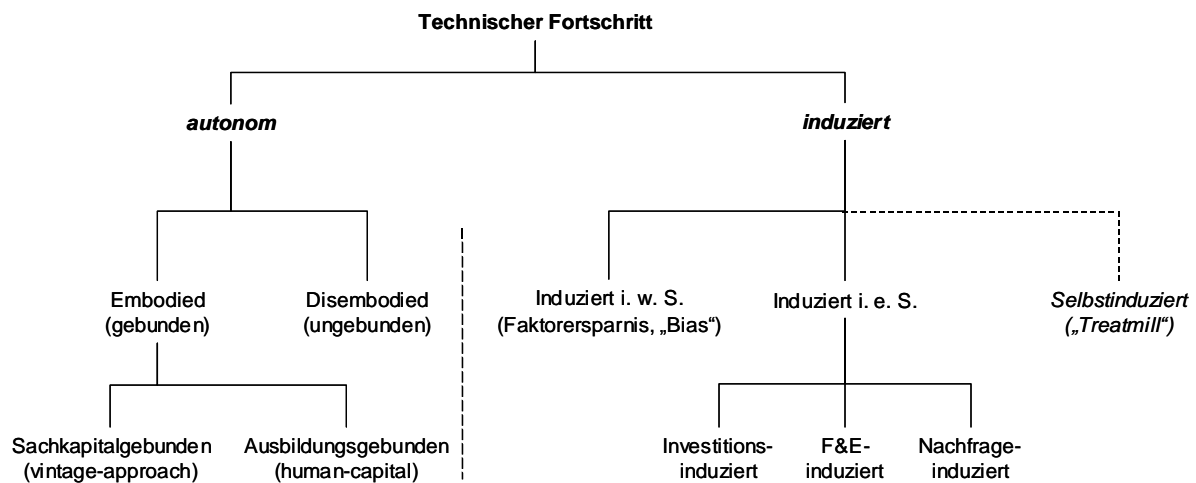
<sup>113</sup> Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 24f.

<sup>114</sup> „The real reason for the predominance of labour-saving inventions is surley that which was hinted at in our discussion of substitution. A change in the relative prices of the factors of production is itself a spur to invention, and to invention of a particular kind-directed to economizing the use of a factor which has become relatively expansive“. HICKS, J. R. [Theory], S. 124f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

der unterschiedlichen Integration des Phänomens in wachstumstheoretische Modelle. Im Rahmen dieser Modelle wird der technische Fortschritt, entsprechend der ökonomischen Interpretation der Entstehung der jeweiligen Neuerung, in einen exogen gegebenen, somit autonomen technischen Fortschritt, sowie in einen system-endogenen, induzierten technischen Fortschritt eingeteilt.<sup>115</sup> Wird der „autonome technische Fortschritt“ in seiner Bedeutung als unabhängig von ökonomischen Variablen verstanden, so ist der „induzierte technische Fortschritt“ als abhängig von ökonomischen Größen zu interpretieren. Dementsprechend ist im modelltheoretischen Rahmen des autonomen technischen Fortschritts - im Gegensatz zum Ansatz des induzierten technischen Fortschritts - der Stand des technischen Wissens zu einem bestimmten Zeitpunkt von jedem planenden Wirtschaftssubjekt als Datum und somit als nicht zu beeinflussende Größe aufzufassen.<sup>116</sup>

Abbildung 6: Systematisierung des technischen Fortschritts



Quelle: Eigene Darstellung und Ergänzung nach WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 569f sowie WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 23-28.

<sup>115</sup> Hierbei ist jedoch in Bezug auf die Darstellung in Abbildung 6 darauf hinzuweisen, dass es sich bei den von SOLOW geprägten Begriffen „embodied“ und „disembodied“ nicht in erster Linie um eine Klassifizierung nach den Bestimmungsgründen und Ursachen des technischen Fortschritts generell handelt, sondern damit die Transformation des technischen Wissens in den Produktionsprozess bezeichnet wird.

<sup>116</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 23-28.

### **2.4.2 Der autonome technische Fortschritt**

#### **2.4.2.1 Einordnung in die ökonomische Theorie**

Um die Wirkung technischer Fortschritte in frühen wachstumstheoretischen Modellen zu beschreiben, wurde der technische Fortschritt von verschiedenen Autoren<sup>117</sup> als exogene Größe aufgefasst, d. h., seine Entwicklung wurde im Zeitablauf als gegeben akzeptiert. Diese Vorgehensweise findet darin ihre Begründung, dass in den Industrieländern zur Mitte des 20. Jahrhunderts ein wirtschaftliches Wachstum beobachtet wurde, dessen Ausprägung und Entstehung sich nicht mehr alleine durch die reine Kapitalakkumulation erklären ließ.<sup>118</sup> So wurde in den empirischen Arbeiten der fünfziger und sechziger Jahre der technische Fortschritt neben Kapital und Arbeit als zum wirtschaftlichen Wachstum entscheidender „dritter Faktor“ herausgestellt.<sup>119</sup>

In dieser modelltheoretischen Betrachtung wird der technische Fortschritt als unabhängig von ökonomischen Variablen verstanden. Der Stand des technischen Wissens zu einem gegebenen Zeitpunkt ist demnach als Datum aufzufassen, das neben anderen Daten von jedem planenden Wirtschaftssubjekt zu berücksichtigen ist. Der technische Fortschritt ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass er als unabhängige („autonome“) Variable in das betrachtete System einfließt.

#### **2.4.2.2 Modelle zum autonomen technischen Fortschritt**

##### **a.) SOLOWS kapitalgebundener technischer Fortschritt**

Einen wesentlichen Beitrag zur Isolation des technischen Fortschritts stammt von SOLOW (1957),<sup>120</sup> indem er den Output  $Y_t$  als Funktion von Kapital  $K_t$  und Arbeit  $A_t$  sowie einer Variablen  $T_t$  darstellt, wodurch der technische Fortschritt Berücksichtigung findet. Hierbei bleibt die Grenzrate der Substitution unbeeinflusst:

$$(2.22) \quad Y_t = T_t f(K_t, A_t)$$

Durch die Analyse von Zeitreihen zur Arbeitsproduktivität, zur Kapitalintensität der

---

<sup>117</sup> Hier sind vor allem JOHN RICHARD HICKS, ROY FORBES HARROD und ROBERT MERTON SOLOW zu nennen, deren Klassifikationskonzepte in Kapitel 2.3.2 näher vorgestellt werden.

<sup>118</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 249.

<sup>119</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 18.

<sup>120</sup> Vgl.: SOLOW, R. M. [Technical change].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Arbeit sowie zur Produktionselastizität des Kapitals lässt sich der technische Fortschritt somit als Restgröße ermitteln.<sup>121</sup> Hierbei ist der technische Fortschritt  $T$  lediglich von der Zeit  $t$  abhängig. Die Wirkung des technischen Fortschritts kann dabei in seiner Wirkung als mengenmäßige Faktorvermehrung, d. h. als faktorvervielfachend (factor-augmenting) definiert werden. Entsprechend der beiden Faktoren Arbeit und Kapital in Gleichung (2.22) können, mit  $T$  als allgemeinem Fortschritts-term, drei Fälle des faktorvervielfachenden Fortschritts voneinander unterschieden werden:<sup>122</sup>

1. Vervielfachung beider Faktoren [ $Y_t = T_t f(K_t, A_t)$ ]
2. ausschließlich arbeitsvervielfachend [ $K_t = const.; Y_t = f(K_t, T_t A_t)$ ]
3. ausschließlich kapitalvervielfachend [ $A_t = const.; Y_t = f(T_t K_t, A_t)$ ].

Die Betrachtung der drei aufgeführten Fälle zeigt im Ergebnis eine Äquivalenz zu den Neutralitätsimplikationen von HICKS, HARROD und SOLOW.<sup>123</sup> Da sich die Variablen  $Y$ ,  $A$  und  $K$  in ihrer Qualität und Menge nicht verändert haben, liegt der technische Fortschritt hier als organisatorische Verbesserung des Produktionsprozesses vor. Die Produktivitätssteigerung ist somit unabhängig vom Faktoreinsatz und folglich von Investitionen. Dieser von SOLOW als disembodied bezeichnete technische Fortschritt basiert jedoch auf der unrealistischen Annahme, dass der technische Fortschritt sowohl in neuen als auch in alten Kapitalausstattungen gleichermaßen zum Tragen kommt.<sup>124</sup>

In einem Alternativkonzept werden von SOLOW Investitionen unter Berücksichtigung des Kapitalstocks und in Abhängigkeit des Investitionsjahres als Vehikel des technischen Fortschritts angesehen. Diese Modellintegration des technischen Fortschritts wird nach SOLOW als „embodied“ (dt. faktorgebunden)<sup>125</sup> bezeichnet und

---

<sup>121</sup> Zur Residualmethode vgl.: BOMBACH, G. [Produktivitätsmessung], S. 42-52 sowie BOMBACH, G.; BLATTNER, N. [Problemstellung], S. 5ff.

<sup>122</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 573.

<sup>123</sup> Vgl.: Kapitel 2.3.2.

<sup>124</sup> Vgl.: SOLOW, R. M. [Investment], S. 91.

<sup>125</sup> Das Begriffspaar „embodied“ und „disembodied technical progress“ wurde im Wesentlichen von SOLOW geprägt und von ihm erstmals verwendet. Im Gegensatz zu früheren Ansätzen von SOLOW, in denen technischer Fortschritt und Investitionen als unabhängig voneinander angesehen wurden und das Kapital als homogener Produktionsfaktor betrachtet wurde, wird hier das inhomogene „Jahrgangskapital“ als Träger des technischen Fortschritts angesehen. Hierzu wie auch zu den folgenden Ausführungen vgl.: SOLOW, R. M. [Investment], S. 84-104.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

kann sowohl die Sachkapitalbindung als auch die Bindung an die Qualität (Ausbildungsstand)<sup>126</sup> des human capital zum Ausdruck bringen.

Im Embodiment-Konzept wird unterstellt, dass das Sachkapital eines Jahrgangs („vintage“) den jeweiligen Stand des Wissens inkorporiert, an den künftigen technischen Fortschritten jedoch nicht weiter teilnimmt. Das Wirksamwerden von Produktivitätssteigerungen ist hier folglich an den Einsatz verbesserter Produktionsfaktoren gebunden. Der Ansatz beruht auf der Annahme, dass Innovationen nur dann in den Produktionsprozess integriert werden können, wenn eine alte Kapitaleinheit durch eine neue ersetzt wird.<sup>127</sup> Neben dem Investitionszeitpunkt als Ausdruck der Leistungsfähigkeit der neuen Kapitaleinheit wird in diesem Modell auch die Verbindung des jeweiligen Kapitalgutes mit dem Einsatz des Inputfaktors Arbeit, abhängig vom Investitionszeitpunkt, betrachtet. Die Zeitpunktabhängigkeit der Input-Relation der beiden bestimmenden Faktoren Arbeit und Kapital kann nach SOLOW grundsätzlich in zwei Fällen, dem „putty-putty“-Modell und dem „clay-clay“-Modell, bzgl. der gegenseitigen Substituierbarkeit beschrieben werden. So ist im ersten Fall die Substituierbarkeit von Kapital- und Arbeitseinsatz vor (ex-post) und nach der Konstruktion einer Maschine (ex-ante) möglich. Im zweiten Fall ist der Produktionsprozess sowohl vor als auch nach der Einführung einer Innovation von fixen Faktorproportionen gekennzeichnet.<sup>128</sup>

Im „putty-putty“-Modell ist das Sachkapital beliebig verformbar („malleable“) sowie der Arbeitsbesatz frei wählbar. Demzufolge ist zu jedem beliebigen Zeitpunkt die jeweils herrschende Minimalkostenkombination realisierbar. So kann die Grenzproduktivität der Arbeit im Falle einer steigenden Faktorpreisrelation einem gestiegenen gesamtwirtschaftlichen Lohnniveau fortlaufend angepasst werden.<sup>129</sup> Entgegen der Annahmen einer konstanten Kapitalintensität und einer unbegrenzten technischen Lebensdauer des Kapitals wird im „clay-clay“-Modell zu jedem Zeitpunkt nur

---

<sup>126</sup> Hier ist vor allem auf den Ausbildungsstand (Wissen) des eingesetzten Humankapitals zu verweisen, da durch eine Niveauveränderung eine Veränderung der Qualität des Faktors Arbeit bedingt wird. So stellen etwa BARELL, MASON und O'MAHONY bzgl. technischem Fortschritt und Produktivität fest, „that the knowledge stock is central to the process of growth“. BARELL, R.; MASON, G.; O'MAHONY, M. [Introduction], S. 32.

<sup>127</sup> IHLAU und RALL weisen darauf hin, dass der technische Fortschritt auch im Falle von Re-Investitionen auftritt, wodurch Brutto-Investitionen in den Vordergrund der Betrachtung rücken. Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 27.

<sup>128</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 30f.

<sup>129</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 578.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

eine einzige Kapitalintensität unterstellt. Aufgrund der ex-ante und ex-post Limitationalität ist hier eine Anpassung der relativen Faktormengen an eine sich verändernde Faktorpreisrelation generell ausgeschlossen.<sup>130</sup>

Beide Modelle verbindet, dass der einheitliche Lohnsatz durch die gesamtwirtschaftliche Grenzproduktivität der Arbeit determiniert ist. Unterschiede treten jedoch in der Betrachtung des Sachkapitals zutage: Während die im „putty-putty“ Modell unterstellte „malleability“ zu einer ständigen Umschichtung der Arbeitskräfte von älteren zu jüngeren Maschinenjahrgängen führt, werden im Falle der ex-ante und ex-post Limitationalität bei steigendem Lohnrend Kapital und Arbeitskräfte gleichzeitig freigesetzt. Das Beschäftigungsgleichgewicht wird durch die Investition in neues Sachkapital wieder hergestellt.<sup>131</sup>

Da sowohl die produktionstheoretische Prämisse einer völligen Substitutionalität als auch die einer völligen Limitationalität außerordentlich unrealistisch ist, wird in einem dritten Ansatz, dem „putty-clay“-Modell eine ex-ante Substitutionalität sowie eine ex-post Limitationalität der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital unterstellt. Aufgrund der Annahme, dass hier die Faktorrelation nur zeitlich vor der Einführung des technischen Fortschritts frei gewählt werden kann und nach dem Investitionszeitpunkt ausschließlich eine limitationale Beziehung zwischen den Inputfaktoren besteht, verändert sich die Entscheidungssituation des Unternehmers erheblich. Die Investitionsentscheidung basiert nun auf einer für die Zukunft erwarteten Faktorpreisrelation, wodurch sich eine bedeutende Unsicherheit für den Investor generiert.<sup>132</sup>

Insgesamt wird im modelltheoretischen Ansatz von SOLOW auch bei der Annahme eines gebundenen technischen Fortschritts dieser als gegeben und somit autonom unterstellt. Zwar wird der technische Fortschritt in der Gestalt neuer Kapitalgüter wirksam, ist jedoch in seiner Höhe nicht von der Höhe der Kapitalbildung abhängig. Da er einzig eine Funktion der Zeit ist, wird auch hier sowohl die Existenz als auch das Wirken des technischen Fortschritts im Wesentlichen auf der Basis der neoklassischen Theorie als externes Element betrachtet.<sup>133</sup>

---

<sup>130</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 21-24.

<sup>131</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 578.

<sup>132</sup> Vgl.: WALTER, H. [Technischer Fortschritt], S. 578f.

<sup>133</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 24f.

### **b.) Lernprozesse bei ARROW und ROSENBERG**

Die neoklassische Theorie, und hier ist die neue Wachstumstheorie mit eingeschlossen, betont die Bedeutung der Verfügbarkeit von Wissen für das wirtschaftliche Wachstum und schreibt dem Humankapital steigende Grenzerträge zu.<sup>134</sup> Im Gegensatz zum faktorungebundenen Wissen stellt Humankapital dabei an die Arbeitskraft gekoppeltes, faktorgebundenes Wissen dar. Der Modellansatz des „embodied technical progress“ ist daher, neben der Berücksichtigung qualitativer Verbesserungen der Kapitalgüter, um die Inkorporation neuen technischen Wissens im eingesetzten Humankapital zu erweitern (Abbildung 6). Sofern das im Faktor Arbeit akkumulierte Wissen, entsprechend der traditionellen Sichtweise, als immobil betrachtet wird, ist es als privates, vollständig ausschließbares, rivalisierendes Gut charakterisiert. Im Zuge der Überlegungen zur Endogenisierung des technischen Fortschritts gehen neuere Modelle zur Humankapitaltheorie hingegen davon aus, dass dieses Kapital als zunehmend mobil zu betrachten ist, wodurch die Ausschließlichkeits-Bedingung teilweise aufgehoben wird.<sup>135</sup>

Im Verständnis der Wachstums- und Innovationstheorie erfolgt die Neubildung von Humankapital, somit die der Qualität des Faktors Arbeit, durch eine organisierte Aus-, Fort- und Weiterbildung. Die Verbesserung der Qualität der eingesetzten Arbeitskräfte kann dabei zum einen auf ein erweitertes Wissen hinsichtlich der Anwendung der Produktionstechnik und der dispositiven Tätigkeit (Prozessorganisation) beruhen.<sup>136</sup> Zum anderen ermöglicht ein Erfahrungszuwachs während des Pro-

---

<sup>134</sup> ROMER weist auf die zentrale Bedeutung des Faktors Wissen hin. In seinem Modell wirkt die Schaffung von Wissen der Tendenz abnehmender Grenzerträge des Kapitals entgegen. Eine Steigerung des Wissens wird von ihm mit einer Vermehrung des Faktors Arbeit gleichgesetzt. Vgl.: ROMER, M. P. [Long-Run Growth], S. 1002ff.

<sup>135</sup> Der Wissens- und Wissenschaftsbindung von Innovationsprozessen wurde in jüngster Zeit in der Literatur erhöhte Beachtung beigemessen. Ein Schwerpunkt der Analysen lag dabei auf der (bedingten) Übertragbarkeit des Produktionsfaktors Wissen, somit auf den spezifischen Faktoreigenschaften im Hinblick auf das Verhältnis von privaten und öffentlichen Grenzerträgen (Externalitäten). In diesem Zusammenhang werden von verschiedenen Autoren die Wirkungen von sog. „Spillover“-Effekten für die wirtschaftliche Entwicklung betont. Vgl. u.a.: GÖCKE, M. [Learning-by-doing], S. 10, GRUPP, H. [Messung], S. 305-349, Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 127-137.

LUCAS betont in seinem Modell die Bedeutung des Faktors Wissen, der im Humankapital verkörpert ist und durch Ausbildung erzeugt („produziert“) werden kann. Die Investitionen in das Humankapital stellen in seinem Gleichgewichtsmodell eine zentrale Basis für ein dauerhaftes Wachstum dar, wobei er insbesondere die externen Effekte (etwa durch Mobilität) von individuellen Bildungsinvestitionen herausstellt. Vgl.: LUCAS, R. E. JR. [Economic Development], S. 19-21.

<sup>136</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 32.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

duktionsprozesses die Erhöhung des Outputs auch bei gegebenem Kapital. So sind im Zeitablauf zunehmende Anwendungserträge zu beobachten, die sich nicht nur auf den Konsumbereich begrenzen,<sup>137</sup> sondern auch im Produktionsprozess auftreten. Die steigenden Anwendungserträge sind dabei jedoch weiter zu fassen als die seit langem in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur eingeführten, steigenden Skalenerträge oder Interdependenz-Effekte.<sup>138</sup>

Wirtschaftssubjekte erwerben sich im Laufe einer Tätigkeit Befähigungen, die sich in nachfolgenden Prozessen in Form einer verbesserten Tätigkeits-Ausübung niederschlagen. Diese Erfahrungsakkumulation stellt somit, im Gegensatz zur zielgerichteten Akkumulation von Wissen bzw. Sachkapital, ein nicht geplantes Neben- bzw. Koppelprodukt der eigentlichen Tätigkeit dar.<sup>139</sup> Die intertemporal positiv wirkenden Lern- und Erfahrungseffekte<sup>140</sup> beziehen sich zunächst lediglich auf die jeweiligen Tätigkeitsfelder eines Individuums. Wird in einem erweiterten Ansatz ein Humankapital-Aggregat betrachtet, so sind auch Erfahrungsübertragungen zwischen einzelnen Erfahrungsträgern, so genannte Erfahrungs-Spillovers möglich.<sup>141</sup>

Die Diskussion um Lern- und Erfahrungsprozesse im Herstellungs- und Nutzungsprozess von Gütern kann für die hier verfolgte Zielsetzung auf die beiden markanten Modelle von KENNETH J. ARROW (1962)<sup>142</sup> und NATHAN ROSENBERG (1982)<sup>143</sup> konzentriert werden. So war es vor allem ARROW, der den wirtschaftswissenschaftlichen Blickwinkel hin zu Erfahrungsprozessen öffnete und somit einen wesentlichen Beitrag zur Erklärung von Innovationsprozessen lieferte. Ungeachtet der, auf der Kritik seines Modells begründeten, wiederholt erfolgten Erweiterungen und Modifikationen des Modellansatzes<sup>144</sup> ist es entsprechend der grundlegenden Bedeu-

---

<sup>137</sup> Bei bestimmten Produkten nimmt mit zunehmender Anwendung der Nutzen für die Anwender zu. So seien insbesondere „Netzwerk-Externalitäten“ bzw. „Spillover-Effekte“ als Form zunehmender Anwendererträge genannt. Hierauf ist bei der Betrachtung von Diffusionsprozessen noch näher einzugehen.

<sup>138</sup> Vgl.: ENGLMANN, F. C. [Technischer Fortschritt], S. 151-159.

<sup>139</sup> Vgl.: ARROW, K. J. [Economic Implications], siehe last chapter, SOLOW, R. M. [Learning], S. 6.

<sup>140</sup> Eine explizite, wie in der Literatur z. T. vorzufindende Trennung zwischen Lernkurven-Modellen (die sich auf die Lohnkosten beziehen) und Erfahrungskosten-Modellen (die sich auf die Stückkosten beziehen) wird hier als nicht relevant angesehen. Insofern werden die beiden Begriffe fortan synonym verwendet. Vgl.: GÖCKE, M. [Learning-by-doing], S. 13.

<sup>141</sup> Vgl.: GÖCKE, M. [Learning-by-doing], S. 10.

<sup>142</sup> Vgl.: ARROW, K. J. [Economic Implications].

<sup>143</sup> Vgl.: Für die nachführenden Ausführungen vgl.: ROSENBERG, N. [Inside].

<sup>144</sup> So sind neben den beiden hier betrachteten Ansätzen noch weitere Modelle von Erfahrungs- und Lernmodellen beschrieben, auf die lediglich verwiesen soll. Vgl.: GÖCKE, M. [Learning-by-

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tung des Lernkurvenkonzeptes für die Weiterentwicklung der ökonomischen Innovationstheorie, insbesondere der Diffusionstheorie sowie der neuen (neoklassischen) Wachstumstheorie, notwendig, ARROWS Konzept in Verbindung mit ROSENBERGS Modell in dem hier notwendigen Rahmen zu diskutieren.<sup>145</sup>

Vor allem ARROW analysierte, unter der Annahme eines Jahrgangskapitalmodells, inwieweit Lernprozesse während des Produktionsprozesses neues technisches Wissen hervorbringen können.<sup>146</sup> Getätigten Bruttoinvestitionen fallen hier zwei ökonomische Effekte zu: neben der gegenwärtigen Produktionskapazität erhöht sich gleichzeitig auch die zukünftige Produktivität aufgrund neuen technologischen Wissens. Das von ARROW eingeführte Modell einer Lernfunktion bezieht sich insofern auf die Akkumulation des Sachkapitals und stellt somit eine Parallele zu SOLOWS Modell des Jahrgangskapitals dar. In dem als „Learning-by-doing“-Modell bezeichneten Ansatz wird unterstellt, dass mit steigendem Produktionsumfang die Produktivität des Faktors Arbeit zunimmt und folglich die Grenzkosten sinken, wodurch sich steigende, dynamische Skalenerträge einstellen.<sup>147</sup> Werden steigende dynamische Skaleneffekte als Lerneffekte aufgefasst, die im Verlauf der Periode  $t$  entstehen, sinken die Durchschnittskosten der Produktion in der Periode  $t+1$ , wenn in der Periode  $t$  eine Mengenausdehnung stattfindet. Hier entsteht die Verbindung zum organisatorisch-technischen Fortschritt, da nicht-kapitalgebundene technische Fortschritte erst dann realisiert werden können, wenn die in der Periode  $t+1$  eingesetzten Arbeitskräfte über ein vergleichbar höheres Wissen verfügen, als die der Periode  $t$ .<sup>148</sup> In ARROWS Konzept beeinflussen sich Produktionsprozess und Wissensstand gegenseitig, wodurch die Produktionsfunktion, im abgegrenzten Rahmen der angewendeten Technik, eine Änderung ihrer selbst generiert.

Mit dem von ARROW eingeführten Modell des Learning-by-doing korrespondiert der maßgeblich von ROSENBERG geprägte Ansatz des Learning-by-using: Wo Learning-by-doing mit Bezug auf ein Gut auf Lernprozesse abstellt, die bei dessen Herstellung auftreten, bezieht sich der „Learning-by-using“-Ansatz auf Erfahrungen, die bei

---

doing], S. 10-13, ROMER, P. M. [Long-Run Growth], S. 1002-1008 sowie SOLOW, R. M. [Learning], S. 1-21.

<sup>145</sup> Zur Diskussion der neuen (neoklassischen) Wachstumstheorie Kapitel 2.5.2.

<sup>146</sup> Vgl.: ARROW, K. J. [Economic Implications], S. 155-173.

<sup>147</sup> Vgl.: GRUPP, H. [Messung], S. 268.

<sup>148</sup> Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 32f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

dessen Nutzung zu verzeichnen sind.<sup>149</sup> „Learning-by-using“-Effekte sind vor allem bei langlebigen Kapitalgütern zu verzeichnen. ROSENBERG zeigt am Beispiel der Luftfahrtindustrie, dass sich aufgrund der hohen Komplexität von Flugzeugen, das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten bei Inbetriebnahme nicht exakt vorherbestimmen lässt. Eine optimale Nutzungs- und Wartungsstrategie ergibt sich sukzessive aufgrund der Lernprozesse während der Nutzung des Gutes mit dem Ziel, den mit dem Kapitalgut zu erzielenden (abdiskontierten) Nettoertragsstrom zu maximieren. Die hohe Komplexität von Kapitalgütern bedingt, dass sich die Leistungsabgabe eines Kapitalgutes im Zeitablauf und somit unter Berücksichtigung des Verlaufs der jeweiligen Lern- bzw. Erfahrungskurve steigern lässt. Diese Erkenntnis ist für Investoren um so bedeutender, je mehr Hochtechnologie-Produkte den Kapitalgütermarkt dominieren.<sup>150</sup> Das Lernen selbst kann dabei in Abhängigkeit davon, ob das betreffende Kapitalgut eine Modifikation erfährt, verkörpert bzw. unverkörpert sein. Im Falle der verkörperten Lernprozesse basiert der „Learning-by-using“-Ansatz auf der Annahme, dass Innovationen bei ihrer Einführung zumeist nicht ausgereift sind, sodass unterstellt werden kann, dass alle am Produktionsprozess Beteiligten nicht an ihrer langfristigen Effizienzgrenze operieren. Um diese Effizienzgrenze zu erreichen, treten Interaktionen zwischen Anbietern (Produzenten) und Nachfragern (Nutzern) auf, die im Zuge von Lernprozessen zu Modifikationen führen. Im Falle von Produktinnovationen kommen diese Veränderungen in Form von verbesserten Eigenschaften des Endprodukts, im Falle von Prozessinnovationen in verbesserten Herstellungsprozessen zum Ausdruck.<sup>151</sup>

Als Grundaussage des Erfahrungskurvenkonzeptes kann festgehalten werden, dass sich die Faktorproduktivität eines Gutes mit der zeitlichen aggregierten Produktionsmenge erhöht, die aus der gewonnenen Erfahrung resultiert. Die Erfahrungskurve ist dabei produktspezifisch ausgerichtet, was sich bei unterschiedlichen Produkten in unterschiedlichen Lernraten niederschlägt. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist jedoch zu beachten, dass gleichzeitig ein Teil des Wissens verfällt, da es zum einen aufgrund neuer Prozesse und Produkte obsolet geworden ist oder als

---

<sup>149</sup> Für die nachfolgenden Ausführungen vgl.: ROSENBERG, N. [Inside], siehe chapter six.

<sup>150</sup> Vgl.: ENGLMANN, F. C. [Technischer Fortschritt], S. 157f.

<sup>151</sup> Vgl.: ENGLMANN, F. C. [Technischer Fortschritt], S. 152f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

faktorgebundenen Humankapital mit seinem Träger untergeht.<sup>152</sup>

Insgesamt bleibt das Konzept der Erfahrungskurve primär objektbezogen.<sup>153</sup> So wird begründet, dass nur neue Produkte und Prozesse neues Lernpotential eröffnen. Hierzu ist jedoch die Investition eines neuen Kapitalstocks erforderlich, was sich in den entsprechenden Modellen darin niederschlägt, dass mit dem Aufbau des Kapitalstocks gleichzeitig die Akkumulation des Erfahrungswertes modelliert wird. Lerneffekte sind demnach an Investitionen gebunden. In Bezug auf die Ausgestaltung der Lernkurve bedeutet dies jedoch, dass der Erfahrungs-Grenzwert bei unveränderter Kapitalausstattung gegen Null tendiert, technische Fortschritte dieser Art mithin nicht mehr auftreten können.<sup>154</sup>

Da sich der technische Fortschritt hier lediglich in objektabhängigen Lernfunktionen widerspiegelt, bleibt das Auftreten des Phänomens im Wesentlichen weiterhin ungeklärt.<sup>155</sup> Diese Kritik an den Konzepten der Erfahrungskurven wird dadurch unterstrichen, dass der technische Fortschritt nur als Nebenprodukt neuer Produkte und Prozesse angesehen wird. Die Erklärung des eigentlichen innovatorischen Handelns bleibt außer Betracht. Auch fußen die dargestellten Ansätze auf der exogen vorgegebenen Wachstumsrate des Faktors Arbeit und des technischen Fortschritts.<sup>156</sup>

Der zentralen Kritik der fixen Beziehung von Arbeit und Kapital sowie der extern gegebenen Rate des technischen Wandels in ARROWS Ansatz konnten sich aber auch andere modellhafte Erfassungen der empirisch zu beobachtenden Erfahrungs- und Lerneffekte, so von DAVID LEVHARI (1966)<sup>157</sup> oder EYTAN SHESHINSKI (1967),<sup>158</sup> nicht entziehen. Neuere Ansätze, die von ROMER als „composite“ bezeichnete gemeinsame Größe von Kapital- und Erfahrungsakkumulation aufzulösen, zeigen sich in dessen eigenem Modell und münden in den Ansätzen der neu-

---

<sup>152</sup> Vgl.: GÖCKE, M. [Learning-by-doing], S. 13.

<sup>153</sup> Vgl.: GRUPP, H. [Messung], S. 318f.

<sup>154</sup> Diese Feststellung lässt sich auf alle faktorgebundenen technischen Fortschritte übertragen. Vgl.: WILLER, H. [Technischer Fortschritt], S. 33.

<sup>155</sup> Zur Diskussion von ARROWS Modell des Learning-by-doing vgl.: SOLOW, R. M. [Learning], insbesondere S. 1-41.

<sup>156</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 32f.

<sup>157</sup> Vgl.: LEVHARI, D. [Extensions], S. 117-131 sowie LEVHARI, D. [Further Implications], S. 31-38.

<sup>158</sup> Vgl.: SHESHINSKI, E. [Accumulation], S. 31-51,

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

en (neoklassischen) Wachstumstheorie.<sup>159</sup> Auch erscheinen Überlegungen, die Erfahrungsakkumulation mittels eines von der Sachkapitalakkumulation unabhängigen „Learning-by-producing“-Prozesses darzustellen, interessant, sehen den Erfahrungsaufbau jedoch weiterhin als Koppelprodukt der Produktionstätigkeit.<sup>160</sup>

Zusammenfassend bleibt für die Modelle des autonomen technischen Fortschritts festzuhalten, dass die Modellannahme der Exogenisierung des technischen Fortschritts umso umstrittener und unbefriedigender ist, je mehr der technische Fortschritt als Hauptfaktor der wirtschaftlichen Entwicklung erkannt wird. Jedoch liefern die Modelle wertvolle Beiträge zur Erklärung von Diffusionsprozessen technischer Fortschritte.<sup>161</sup>

### **2.4.3 Der induzierte technische Fortschritt**

#### **2.4.3.1 Einordnung in die ökonomische Theorie**

Ausgehend von der unzulänglichen Annahme, den technischen Fortschritt als unabhängige, exogene Variable zu definieren, wird im Rahmen des Konzepts des induzierten technischen Fortschritts eine Endogenisierung dieser Variablen mit dem Ziel vorgenommen, Hypothesen für die Existenz und die Ausrichtung des Phänomens zu einem Modellansatz zu verdichten.

Wesentlicher Ausgangspunkt der Überlegungen zur Analyse von Ursache und Wirkungspfad des technischen Fortschritts stellen die Arbeiten von HICKS zum induzierten technischen Fortschritt dar. Er führte erstmals die Theorie der induzierten technischen Fortschritte im Zusammenhang mit der Betrachtung der Verbreitung faktorsparender, in erster Linie arbeitssparender, technischer Fortschritte in die wirtschaftswissenschaftliche Literatur ein. Da hier nicht nur die Ursache der Existenz des Fortschritts, sondern auch die Gründe für seine faktorsparende Wirkung (den sog. „Bias“) - unabhängig von den Entstehungsgründen des technischen Fortschritts - mit in die Betrachtungen einbezogen werden, ist dieser Ansatz als „induzierter technischer Fortschritt i. w. S.“ zu bezeichnen. Demgegenüber werden im „induzierten technischen Fortschritt i. e. S.“ Erklärungshypothesen zur Analyse der

---

<sup>159</sup> Vgl.: ROMER, P. M. [Long-Run Growth], S. 118ff sowie Kapitel 2.5.2.

<sup>160</sup> Hier sei beispielhaft auf den Modellansatz von GÖCKE verwiesen. GÖCKE, M. [Learning-by-doing]. Eine weitere Verfolgung dieser Ansätze wird hier jedoch als nicht relevant angesehen.

<sup>161</sup> Vgl.: ENGLMANN, F. C. [Technischer Fortschritt], S. 160-205.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

verursachenden Kräfte des technischen Fortschritts zusammengefasst.

Ein weiterer Erklärungsansatz zum Auftreten des technischen Fortschritts stellt das Modell von W. W. COCHRANE dar, der am Beispiel des Agrarsektors der Vereinigten Staaten unter bestimmten Bedingungen eine indirekte Selbstinduktion des technischen Fortschritts nachgewiesen hat.<sup>162</sup>

### **2.4.3.2 Faktorpreis-induzierter technischer Fortschritt**

In Anlehnung an HICKS kann angenommen werden, dass die Einführung technischer Fortschritte durch eine Änderung der Faktorpreisrelationen verursacht wird.<sup>163</sup> Ausgangspunkt der Theorie ist die Feststellung, dass eine aufgrund eines gestiegenen Produktionsumfanges erhöhte Faktornachfrage mit einer differentiellen Elastizität der Faktornachfrage verbunden ist. Die unterschiedliche Veränderung der Faktorpreisentlohnung, somit die überproportionale Verteuerung des verstärkt nachgefragten Produktionsfaktors, führt in Folge zu einer Verzerrung der Einkommensverteilung entlang der verschiedenen Faktoreigner. Um den Input des knapperen Faktors relativ zu den anderen Produktionsfaktoren wieder zu reduzieren, wird gemäß der HICKSCHEN Theorie eine Sequenz technischer Fortschritte ausgelöst. Dabei ist unerheblich, ob im Zuge der Veränderungen des Produktionsprozesses erstmals angewandte Produktionsverfahren und -faktoren neu entwickelt wurden oder ob sie einen Rückgriff auf bereits bekannte, jedoch bislang unwirtschaftliche Verfahren darstellen.

HICKS gründet seine Überlegungen zum Faktorpreis-induzierten technischen Fortschritt auf der für Europa und die USA empirisch nachgewiesenen Entwicklung eines absolut sowie in Relation zur Kapitalentlohnung steigenden Lohntrends. Die Verteuerung des Faktors Arbeit führt unter der Zugrundelegung der Gewinnmaximierungshypothese entsprechend den Annahmen seines Modells zur Einführung arbeitsplatzsparender technischer Fortschritte.<sup>164</sup> Das Modell basiert somit auf der zentralen Annahme der negativen Korrelation zwischen dem Faktorpreis- und dem Einsatzverhältnis der Faktoren Arbeit und Kapital. Aufgrund dieser unterstellten ne-

---

<sup>162</sup> Vgl.: COCHRANE, W. W. [Fram Prices], S. 94-107.

<sup>163</sup> Vgl.: HICKS, J. R. [Theory], S. 124f.

<sup>164</sup> „The general tendency to a more rapid increase of capital than labour which has marked European history during the last few centuries has naturally provided a stimulus to labour-saving invention.“ HICKS, J. R. [Theory], S. 124f.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

gativen Korrelation soll die Analyse der Entwicklung der Inputpreise und die Veränderungen der Inputmengen erklärbar sein. Die Veränderung der Preisrelationen der Produktionsfaktoren wird dabei als das Ergebnis gesamtwirtschaftlicher Anpassungsprozesse betrachtet.

Die Kritik an dem Ansatz des lohninduzierten technischen Fortschritts nach HICKS ist vielfältig und bezieht sich im Wesentlichen auf die unzureichende mikroökonomische Fundierung bzgl. des Optimierungsverhaltens von innovierenden Unternehmen. Weitere Kritikpunkte stellen auf die fehlende Berücksichtigung der die Adoption technischer Fortschritte bedingenden Faktoren, insbesondere Schulung und Beratung, Eigenschaften des Betriebs und des Produktionsprozesses, die Situation auf den Faktor- und Produktmärkten, soziökonomische Einordnungsmerkmale der Unternehmer sowie deren Risikoverhalten, ab. Darüber hinaus wird von verschiedenen Autoren, insbesondere SALTER, deutlich darauf verwiesen, dass nicht ein einzelner Produktionsfaktor isoliert von allen anderen der im Produktionsprozess eingesetzten Faktoren betrachtet werden kann. Vielmehr ist es das Bestreben eines Unternehmers, die Gesamtkosten insgesamt zu minimieren. Dabei ist es jedoch zunächst unerheblich, in welcher Weise sich Faktorpreis und -einsatzmenge der einzelnen Faktoren verändern. Diese Kritik steht dabei jedoch nicht im Widerspruch zur Forderung nach der (langfristigen) Entlohnung der Faktoren entsprechend ihrer Grenzproduktivität. So ist die Forderung nach einem zwingend arbeitssparenden Bias entsprechend des HICKSCHEN Modells nicht immer aufrecht zu erhalten, da sich aufgrund der variierenden Qualität des Faktors Arbeit auch dessen Grenzproduktivität, vor allem im Rahmen eines qualitativ und quantitativ modifizierten Produktionsprozesses, verändert.

Ein weiterer zentraler Kritikpunkt ist die angreifbare Trennung zwischen den Effekten der Faktorsubstitution und den Effekten des technischen Fortschritts. Zwar führt eine exogen auftretende Verteuerung des Faktors Arbeit, wie oben bereits dargelegt, c. p. zu einer Substitution von Arbeit durch Kapital. Offen bleibt dabei, ob mit diesem Prozess auch tatsächlich effizienteres Kapital - als notwendiges Merkmal des technischen Fortschritts - zum Einsatz gelangt. Dieser Vorgang ist dabei wiederum als grundsätzlich unabhängig von der Lohnsteigerung anzusehen.

In der Weiterführung des HICKSCHEN Ansatzes des lohninduzierten, arbeitssparenden technischen Fortschritts versuchte insbesondere KENNEDY einen funktionalen

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Zusammenhang zwischen der Wachstumsrate des arbeitsvervielfachenden und des kapitalvervielfachenden technischen Fortschritts nachzuweisen. Der arbeitsparende Bias des technischen Fortschritts wird im Rahmen dieses Modells darauf begründet, dass innerhalb der gesamten Volkswirtschaft die Lohnquote die Kapitalquote übersteigt. Ausdruck finden die Überlegungen KENNEDYS in der Konstatierung einer Fortschrittmöglichkeitenfunktion (innovation possibility function, IPF), in welcher die faktorspezifischen Wachstumsraten für Arbeit und Kapital  $\pi$ ,  $\mu$  in dem funktionalen Zusammenhang  $\mu = f(\pi)$  zueinander stehen und sich somit in Form einer Transformationskurve gegenseitig bedingen.

Die derartige Berücksichtigung der Faktoreffizienz steigernden Wirkung des technischen Fortschritts in der Produktionsfunktion bedingt zum einen, dass die Möglichkeit zur Erreichung einer zunehmenden Arbeitseffizienz mit einem steigenden Verzicht auf eine zusätzliche Kapitaleffizienz erkaufte werden muss (bzw. umgekehrt). Zum anderen wird unterstellt, dass für beide Effizienzraten eine Obergrenze existiert. Die maximale Effizienzsteigerung ist in dem Punkt erreicht, in dem die Grenzrate der Substitution von Kapitaleffizienzrate und Arbeitseffizienzrate dem Verhältnis von Lohn- und Gewinnquote entspricht. Unter der Annahme der neoklassischen Prämisse eines störungsfreien gleichgewichtigen Wachstums muss entsprechend der IPF gefolgert werden, dass der technische Fortschritt langfristig HARROD-neutral und somit arbeitsvervielfachend ist. In der Konsequenz bedeutet dies jedoch, dass das Ergebnis der IPF deren Prämissen entspricht, wodurch der Ansatz von KENNEDY jeglicher empirischer Basis enthoben ist.

Für die Landwirtschaft wurde die Hypothese des durch relative Faktorknappheiten induzierten technischen Fortschritts durch HAYAMI und RUTTAN (1971) weiterentwickelt und für verschiedene Länder und Perioden getestet. Das Modell von HAYAMI und RUTTAN beruht auf den Überlegungen von AHMAD zu einer sogenannten „historischen Innovationsmöglichkeitenkurve“. Unter der Annahme, dass Unternehmen die laufenden Wachstumsraten des technischen Fortschritts maximieren, beschreibt AHMAD eine optimale Konstellation der Wachstumsraten entlang einer invention possibility curve (Innovationsmöglichkeitenkurve, IPC) als umschließende Funktion aller möglichen Isoquanten, die ein Unternehmen mit den zur Verfügung stehenden

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Mitteln zur Innovation erreichen kann<sup>165</sup> Unter der Annahme, dass die alleinige Fokussierung auf das Verhalten von Unternehmen der Erklärung zur Entstehung des technischen Fortschritts nicht gerecht werde, entwickelten HAYAMI und RUTTAN eine eigene IPC, in welcher die Innovationsimpulse des öffentlichen Sektors explizit mit berücksichtigt werden. Grundlage der Überlegungen von HAYAMI und RUTTAN ist die Annahme, dass sich technischer Fortschritt entlang eines Pfads von Preissignalen bewegt. Dabei wird zum einen unterstellt, dass die Marktpreise die tatsächlichen Veränderungen von Angebot und Nachfrage sowohl auf den Produkt- als auch auf den Faktormärkten widerspiegeln. Zum anderen wird ein System von effektiven Interaktionen zwischen Landwirten, staatlichen Forschungseinrichtungen und privaten Betriebsmittel- und Investitionsgüterherstellern angenommen. Aufgrund der Erkenntnis, dass technische Fortschritte nicht in der Landwirtschaft direkt sondern in den ihr vorgelagerten Sektoren entstehen vertreten HAYAMI und RUTTAN daher die Hypothese, dass Landwirte im Falle einer Veränderung der relativen Faktorpreise nach neuen Techniken suchen und infolgedessen technische Fortschritt in den vorgelagerten Sektoren induzieren.<sup>166</sup>

Das Konzept von HAYAMI und RUTTAN ist in mehreren Punkten umstritten.<sup>167</sup> Insbesondere besteht das Problem, dass der faktorsparende technische Fortschritt – und somit die Substitution entlang einer Innovationsmöglichkeitskurve - von der Substitution entlang einer Isoquante empirisch nicht eindeutig zu trennen. Auch wurde, vor allem in der ersten Reaktion auf das Modell, eine nicht ausreichende mikroökonomische Fundierung der Aussagen sowie eine Überbetonung der Marktpreise zu Lasten der Beachtung anderer Faktoren, so etwa von Marktinstitutionen, beanstandet.<sup>168</sup> In einer späteren Arbeiten von HAYAMI und RUTTAN<sup>169</sup> sowie in der von

---

<sup>165</sup> Die Grundannahme der Überlegung besteht darin, dass rational agierende Unternehmen unter Wettbewerbsbedingungen (finanzielle) Mittel ansammeln bzw. nutzen, um technische Fortschritte zu generieren die es ermöglichen, einen im Zeitverlauf sich verteuernenden Produktionsfaktor durch einen günstigeren zu ersetzen. Vgl.: H & R, S. 86.

<sup>166</sup> Druck.

<sup>167</sup> Vgl.: Runge C. F. [Induced Agricultural Innovation], S. 249-258, Machado, F. S. [Induced Innovation Hypothesis], S. 349-360, Rosenberg, N. [Inducement Mechanisms], S. 1-24 sowie in Reaktion auf Rosenberg Hayami, Y.; Ruttan, V. W. [A Comment], S. 352-355.

<sup>168</sup> Auch wird angeführt, dass in empirischen Test kein eindeutiger Beweis für die Gültigkeit der Hypothese des induzierten technischen gelungen sei. Vgl.: Thirtle, C. G.; Schimmelpfennig, D. E.; Townsend, R. F. [Induced Innovation], S. 598-614.

<sup>169</sup> Vgl.: Hayami, Y.; Ruttan, V. W. [Agricultural Development], Ruttan, V. W. [Induced Innovation], S. 41-59

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

BINSWANGER und RUTTAN<sup>170</sup> entwickelten IPC finden diese Punkte jedoch Berücksichtigung, wobei der Hauptkritikpunkt nicht vollständig aufgelöst werden konnte.<sup>171</sup>

Insgesamt kann dem Modell von HAYAMI und RUTTAN - mit den angeführten Einschränkungen - zur Erklärung der langfristigen Tendenz von technischen Fortschritten in der Landwirtschaft gefolgt werden. So betonen HENRICHSMEYER und WITZKE im Rahmen ihrer Bewertung des Modells, dass sich dieser Erklärungsansatz aus Sicht der Agrarökonomie als „(...) sehr fruchtbar erwiesen hat, um (...) die langfristigen Tendenzen agrarsektoraler Entwicklung (...) erklären zu können“.<sup>172</sup>

### **2.4.3.3 Investitionsinduzierter technischer Fortschritt**

Ausgangspunkt des Modells des investitionsinduzierten technischen Fortschritts ist ähnlich dem Embodiment-Konzepts SOLOWS<sup>173</sup> die Annahme, dass technische Neuerungen lediglich aufgrund von Bruttoinvestitionen zum Tragen kommen. Gleichzeitig wird im Zusammenhang mit der Bildung neuen Sachkapitals die These vertreten, dass aufgrund von Lerneffekten die neuen Produktionsfaktoren produktiver zu handhaben sind sowie zukünftig weiter verbesserte Kapitalgüter hergestellt werden können.

Somit stellen die Überlegungen zum investitionsinduzierten technischen Fortschritt eine Alternative zu den Modellen mit einer exogen vorgegebenen Wachstumsrate, wie in den oben beschriebenen Modellen von Solow, Arrow und ROSENBERG, dar. Insbesondere ist hier der Modellansatz von KALDOR zu nennen, der in der Kritik der neoklassischen Wachstumstheorie die Beziehung zwischen der Grenzproduktivität und der Grenzrate der Substitution einerseits und dem Verhältnis von Lohn und Gewinn andererseits aufgibt. In der Erkenntnis, dass durch neues Sachkapital nicht nur eine exogene Technologie erstmalig anwendbar wird, sondern darüber hinaus auch neues Wissen produziert wird, ersetzt KALDOR die neoklassische Produktionsfunktion durch eine technische Fortschrittsfunktion (TFF). Die grundlegende Aussa-

---

<sup>170</sup> Zur Diskussion der Funktion von Binswanger vgl.: Kislev, Y.; Peterson, W. [Induced Innovations], S. 562-565.

<sup>171</sup> Ein weiterer, hier nicht im Fokus stehender Kritikpunkt zielt auf die nicht ausreichende Bewertung der dualistischen Betriebsstruktur in weniger entwickelten Volkswirtschaften im Hinblick auf die Verbreitung von technischen Fortschritten ab. Vgl.: Grabowski, R. [Induced Innovation Model], S. 723-734 sowie in Reaktion Hayami, Y. [Induced Innovation], S. 169-176.

<sup>172</sup> HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 1], S. 247.

<sup>173</sup> Vgl.: Kapitel 2.4.2.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

ge der in Gleichung (2.23) dargestellten Funktion ist der Zusammenhang zwischen der Veränderung der Bruttoinvestition je Arbeitskraft und der Arbeitsproduktivität der neuen Produktionsanlagen.

$$(2.23) \quad \frac{\dot{q}_t}{q_t} = f\left(\frac{\dot{i}_t}{i_t}\right)$$

mit  $f(0) > 0$ ;  $f' > 0$ ;  $f'' < 0$

Die TFF basiert auf einer neoklassischen Produktionsfunktion, die für die Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und technischer Fortschritt sinkende Grenzerträge aufweist. Im Gegensatz zum autonomen technischen Fortschritt liegt aber der technische Fortschritt bei KALDOR als endogene Größe vor. Dies bedeutet, dass KALDOR technischen Fortschritt durch die Hypothese erklärt, dass mit der Kapitalintensivierung der Produktion weiterer technischer Fortschritt induziert wird.

Im Gegensatz zur neoklassischen Produktionstheorie unterstellt KALDOR in seinem Modell, dass die Summe aus der direkten Produktionselastizität des Kapitals und der Rate des durch die zunehmende Kapitalintensivierung induzierten technischen Fortschritts im Zeitverlauf abnimmt.

KALDOR gründet diese Annahmen auf zwei Überlegungen:

1. Entsprechend empirischer Befunde ist zu unterstellen, dass die Lerneffekte, die durch den Umgang mit neuen Maschinen erzielt werden, zunächst stark sind und dann immer mehr abnehmen.
2. Die Unternehmer orientieren sich bei ihrer Investitionsentscheidung an der erwarteten Gewinnentwicklung (insbesondere an der erwarteten Nachfrageentwicklung und der erwarteten Änderung der Verzinsung des eingesetzten Kapitals), wobei die Entscheidungen der Unternehmer von deren Einstellung gegenüber dem Risiko abhängig sind.<sup>174</sup>

Grundsätzlich kann dabei angenommen werden, dass rational handelnde Unternehmer nur bis zu dem Punkt Investitionen vornehmen, an dem die Summe der zu erwartenden Gewinne nach Abzug der vollen Amortisation

---

<sup>174</sup> So ist unter dem Eindruck eines stetigen technischen Fortschritts grundsätzlich festzustellen, dass die Erwartungen für die fernere Zukunft mit einem weitaus höheren Risiko behaftet sind als jene, welche die nahe Zukunft betreffen.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

eine Profitrate ergibt, die mindestens der allgemeinen volkswirtschaftlichen Profitrate neuer Investitionen entspricht.

Im Falle der durch Nachfrageänderungen induzierten Investitionen nimmt KALDOR dabei an, dass die erwartete Nachfrageänderung stets der Wachstumsrate des Sozialprodukts der Vorperiode entspricht. Ebenso wird für die Veränderungsraten der Kapitalproduktivität als auch für die Entlohnung des Faktors Arbeit die Orientierung der Unternehmer an der Vorperiode unterstellt.<sup>175</sup> Im Zusammenspiel mit der Modellannahme, dass die Anlagen betrieblich nur so lange genutzt werden, bis die Gewinne Null erreichen, ergibt sich der in Gleichung (2.24) dargestellte Gleichgewichtsterm.

$$(2.24) \quad \frac{\dot{q}}{q} = \frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{i}}{i} = \frac{\dot{l}}{l}$$

Das Modell KALDORS weist aufgrund der Kombination aus Vergangenheitsorientierung und Profiterwartung eine stabile gleichgewichtige Wachstumsrate auf, wobei aufgrund des sinkenden Grenzertrages des Sachkapitals die Kapitalproduktivität im Gleichgewichtszustand einen konstanten Wert einnimmt. Dies bedeutet, dass sich die Wachstumsraten der Arbeits- und Kapitalproduktivität auf gleicher Höhe annähern. Dabei wird die Wachstumsrate der Produktivität der Anlagegüter einzig durch die Funktion des technischen Fortschritts bestimmt und entspricht der Wachstumsrate der Anlageinvestitionen je Arbeitskraft. Als Folge des Gleichgewichtszustandes indes schrumpfen die Investitionen in Abhängigkeit von der Profiterwartung auf Null.

Mithilfe der TFF gelingt es KALDOR, sowohl den positiven Einfluss eines autonomen als auch induzierten technischen Fortschritts auf die Höhe der gleichgewichtigen Wachstumsrate der Pro-Kopf-Produktion abzubilden. Der technische Fortschritt wird dabei durch die Annahme endogenisiert, dass mit der Kapitalintensivierung der Produktion weiterer technischer Fortschritt induziert wird.

Als wesentlich ist die Einbeziehung des Entwicklungsstandes einer Volkswirtschaft in das Modell zu bewerten. Anders als in den Modellen des autonomen technischen

---

<sup>175</sup> Bzgl. der Kapitalproduktivität stützt KALDOR sich auf die Modellannahme, wonach ein positiver Zusammenhang zwischen der Profitrate und der Kapitalproduktivität besteht, insbesondere bei einer wie hier unterstellten positiven Gewinnquote.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Fortschritts werden in der TFF die Eigenschaften innerhalb einer Volkswirtschaft berücksichtigt, die einen wesentlichen Einfluss auf die Durchsetzung technischer Fortschritte haben (so z. B. Erfolgsmotivation, Erfindergeist, Adoptionsbereitschaft von Neuerungen). Seinen Niederschlag findet dieser sog. „technical dynamism“ in der Lage und Gestalt der technischen Fortschrittsfunktion.

Die Analyse des Modellansatzes von KALDOR zeigt, dass durch die periodenübergreifende Betrachtung sowie durch die Berücksichtigung von Faktoren, welche die Wachstumsrate des technischen Fortschritts in einer Volkswirtschaft bedingen, die Überlegungen an Realitätsnähe gewonnen haben. Dennoch kann mithilfe des Modells die Ursache des technischen Fortschritts nicht erklärt werden.

### **2.5 Modelle zur Erklärung von Innovationen in der ökonomischen Theorie**

#### **2.5.1 Stand der ökonomischen Innovationstheorie**

Der Aufgabe, technische Fortschritte bzw. Innovationen in ihrer Entstehung als Ergebnis individuellen Handelns zu erfassen sowie die Folgen von Innovationsentscheidungen zu beschreiben, sieht sich die Innovationstheorie gegenübergestellt.

Als Ausgangspunkt der Überlegungen zur Innovationstheorie bedarf es jedoch einer klar umschriebenen Definition des Begriffs der „Innovation“. Der Begriff der Innovation ist bereits seit langem vor allem in die Wirtschaftswissenschaften eingeführt. Die Bedeutung des „Innovationsphänomens“ gilt seit den Arbeiten SCHUMPETERS als offengelegt.<sup>176</sup> Dennoch liegt in der Literatur kein geschlossener, allgemeingültiger Innovationsansatz vor.<sup>177</sup> Zwar sind allen Definitionsversuchen die Merkmale Neuheit oder Erneuerung eines Objekts oder einer sozialen Handlungsweise sowie der Prozess der Veränderung gemein.<sup>178</sup> Die Vielzahl der begriff-

---

<sup>176</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J.A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung] sowie SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen].

<sup>177</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 22 sowie CRATZIUS, M. [Innovationsprozesse], S. 3.

STAUDT betont die dem Zeitverlauf unterliegende Rezeption des Begriffs in der Betriebswirtschaftslehre. Vgl.: STAUDT, E. [Management], S. 13.

REICHERT betont, dass das „Innovationsphänomen zu den schlecht-definierten und schlecht-strukturierten Problembereichen“ gehört. REICHERT, L. [Evolution], S. 19.

Auch DAMANPOUR und GOPALAKRISHNAN weisen in ihrer Literaturanalyse zur Innovationsübernahme von Organisationen auf diese Tatsache hin, indem sie die Vielfältigkeit der dargestellten Forschungsansätze betonen. Vgl.: DAMANPOUR, F.; GOPALAKRISHNAN, S. [Organisational adaptation], S. 57.

<sup>178</sup> Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 3-7.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

lichen Abgrenzungsprobleme und die heterogene Begriffsauffassung sind jedoch als Indiz für das Fehlen eines einheitlichen Bezugsrahmens anzusehen, wodurch in Folge dessen das Fehlen einer einheitlichen Innovationstheorie ersichtlich wird.<sup>179</sup> Die Dimension dieser Problematik zeigt sich insbesondere darin, dass die Tradition der Innovationsforschung im Wesentlichen durch acht Wissenschaftsdisziplinen gekennzeichnet ist, welche das Innovationsphänomen lange Zeit eigenständig und somit parallel erforscht haben.<sup>180</sup> Erst die Erkenntnis, dass der Innovationsprozess und speziell hier die Ausbreitung von Neuerungen im Ganzen nur durch interdisziplinäre Forschungsansätze der verschiedenen Wissenschaftstraditionen der Innovationsforschung erklärt werden kann, ließ die Vertreter der Anthropologie, der frühen soziologischen Diffusionsforschung, der Geographie, der Agrarsoziologie, der Erziehungswissenschaften, der medizinischen Soziologie, der Kommunikationswissenschaften, der Konsumgüterforschung sowie der ökonomischen, industriellen Innovationsforschung<sup>181</sup> in einen verstärkten Austausch der Ergebnisse und Methoden treten, worauf im Zuge der Betrachtung des Diffusionsprozesses noch näher einzugehen ist.

Seit den 50er Jahren richtet die wirtschaftswissenschaftliche Forschung ihr Interesse in verstärktem Maße auf Erscheinungen, die sich unter dem Innovationsphänomen allgemein subsumieren lassen. Im Wesentlichen können dabei drei Ansätze zur Definition des Innovationsbegriffs voneinander unterschieden werden. So wird der Begriff „Innovation“ oftmals mit dem Innovationsprozess als solchem, folglich in der praktischen Wahrnehmung mit Technologieförderung gleichgesetzt. In einem anderen Definitionsansatz wird der Begriff aus volks- und betriebswirtschaftlicher Sicht bestimmt. Gesamtwirtschaftlich betrachtet ist eine Innovation die gene-

---

<sup>179</sup> Vgl.: REICHERT, L. [Evolution], S. 16.

<sup>180</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 32.

<sup>181</sup> Vgl.: KATZ, E.; LEVIN, M. L.; HAMILTON, H. [Diffusion], S. 237-240, ROTH, G. [Diffusion], S. 30-37. Zur Geschichte der Diffusionsforschung vgl. ROGERS, E. M. [Diffusion].

Der Schwerpunkt der Innovations- bzw. Diffusionsforschung liegt zweifelsohne im Bereich der Agrarsoziologie. Diese entstand im Wesentlichen aufgrund der Bestrebungen des US-amerikanischen landwirtschaftlichen Beratungsdienstes und hat ihre Anfänge in den 1920er und 1930er Jahren. Einen entscheidenden Impuls erhielt die Diffusionsforschung durch die 1943 von RYAN und GROSS vorgestellte Untersuchung zur Diffusion von Hybrid-Mais in zwei Gemeinden Iowas. ROGERS berichtet 1995, dass ca. 22% der von ihm ausgewerteten 3.890 innovationswissenschaftlichen Arbeiten der agrarsoziologischen Wissenschaftstradition zuzurechnen sind. Vor allem seit 1960 war ein starker Anstieg von Publikationen mit innovationswissenschaftlichem Bezug zu verzeichnen (bis ca. 1975). Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 41-54 sowie RYAN, B.; GROSS, N. C. [Hybrid Seed Corn], S. 15-24 und HOGG, D. [Technological Change], S. 145-174.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

rell erste kommerzielle Anwendung einer (technischen) Entwicklung (Invention).<sup>182</sup> Aus einzelwirtschaftlicher Sicht kann der Definition von ROGERS bzw. ROGERS und SHOEMAKER gefolgt werden, die besagt, dass dann eine Idee, ein Verfahren oder ein Gegenstand als Innovation aufgefasst werden kann, wenn sie von einem Individuum als neu wahrgenommen wird.<sup>183</sup> Im weiteren Verlauf der Arbeit soll dieser Definition gefolgt werden, wobei auf den Innovationsprozess noch näher einzugehen ist.

Analog zum Begriff der Innovation ist auch der Begriff der Innovationsökonomik bislang uneinheitlich abgegrenzt.<sup>184</sup> Als eine treffende Umschreibung des Begriffs kann hier der Definition von Gerybadze gefolgt werden, wonach die ökonomische Theorie der Innovation – entsprechend seines Verständnisses von Innovationen – „(...) als eine Studie der Allokation knapper Ressourcen unter Bedingungen, unter denen sich entweder die Methoden der Allokation (in technischer und organisatorischer Hinsicht), die Ressourcen oder die Bedürfnisse ändern“ aufgefasst werden kann.<sup>185</sup> Die ökonomische Innovationstheorie hat demnach sowohl die Aufgabe, die Existenz, Eindeutigkeit und Stabilität eines Marktgleichgewichts als auch den Pfad der Anpassung an dieses Gleichgewicht zu untersuchen. Die mikroökonomisch ausgerichtete Theorie hat ferner zum Gegenstand aufzuzeigen, wie sich Änderungen der Marktfaktoren (insb. Bedürfnisse, Stand der Technik, Ressourcenausstattung und –verteilung) auf die Preise, auf die Qualität und Quantität der Produkte und auf die Wahl der Produktionsmethoden auswirkt.

Die Konzentration der mikroökonomischen Theorie auf die Analyse von Gleichgewichtszuständen bei einer gleichzeitigen Vernachlässigung der Prozesse zur Erreichung dieser Gleichgewichtszustände ist ein wesentlicher Grund dafür, dass eine konsistente innovationsökonomische Theorie sich bislang nur in Ansätzen entwickeln konnte. Eine weitere Unzulänglichkeit vieler mikroökonomisch ausgerichteter innovationstheoretischer Arbeiten ist die Behandlung der Marktfaktoren als „Daten“ des Wirtschaftsprozesses. Jedoch ändern sich die Marktfaktoren in der Realität

---

<sup>182</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 23.

<sup>183</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 11 und ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication], S. 19.

<sup>184</sup> Ein Überblick zu diesem Thema findet sich bei Freeman. Vgl.: Freeman, C. [Industrial Innovation].

<sup>185</sup> Vgl.: Gerybadze A. [Innovation], S. 35.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

fortlaufend sowohl endogen als auch exogen, sodass einmal angestrebte Gleichgewichte stets durch neue ersetzt werden. Der Wettbewerbsprozess ruft dabei gleichzeitig adaptive Kräfte und Veränderungen in der Richtung des Anpassungsprozesses hervor.<sup>186</sup>

Darüber hinaus besteht das Problem, dass das traditionelle Modell der rationalen Wahl Innovationsentscheidungen nur unzureichend begründen kann.<sup>187</sup> Um diesem Theoriedefizit zu begegnen, hat sich die ökonomische Wachstumstheorie die Aufgabe gestellt, die Wachstumsfaktoren, somit also die Triebkräfte des Wachstums, zu beschreiben und in ihrer Entstehung und Wirkung zu erklären.<sup>188</sup> Einen zentralen Punkt stellt hier die Frage nach dem Gleichgewicht in der wirtschaftlichen Entwicklung dar. So ist jeder Wachstumsprozess mit strukturellen Veränderungen verbunden, die sich insbesondere im regionalen und sektoralen Strukturwandel sowie in veränderten Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitskräfte niederschlagen. Die Realität zeigt, dass nicht alle Mitglieder einer Gesellschaft vom wirtschaftlichen Wachstum profitieren, was einen hemmenden Einfluss auf die Geschwindigkeit des Wachstumsprozesses haben kann.

So haben die Überlegungen von SOLOW zum angestrebten gleichgewichtigen Wachstum dazu geführt, den technischen Fortschritt als unerklärbare Restgröße (Residuum) modellexogen vorzugeben, was jedoch keinen Beitrag zur Beantwortung der Frage nach der Entstehung technischer Fortschritte sowie zu deren individueller Übernahme liefert.<sup>189</sup> Andere mikrobasierte Forschungsansätze versuchen, auf der Grundlage von Kosten-Nutzen-Überlegungen Innovationsentscheidungen zu erklären. Basierend auf einer wahrgenommenen Anpassungsnotwendigkeit wer-

---

<sup>186</sup> Vgl.: Gerybadze A. [Innovation], S. 35-38.

<sup>187</sup> Vgl.: ERDMANN, G. [Evolutorische Innovationstheorie], S. 1.

<sup>188</sup> Trotz einer beträchtlichen Zahl von Forschungsarbeiten kann Innovationsforschung nach UHLMANN die aufzeigten Aufgaben nicht erfüllen. „Die vordringliche Aufgabe der Innovationsforschung kann [es demnach] zur Zeit nicht sein, durch waghalsige Annahmen und Abstrahierungen von der Realität ein Theoriegebäude zu errichten. Vielmehr ist es zuerst dringend erforderlich, durch eine möglichst umfassende und eingehende Beschreibung konkreter Innovationsprozesse die Grundlagen und Bausteine für eine empirisch gesicherte Innovationstheorie zu schaffen“. UHLMANN, L. [Der Innovationsprozess], S. 14f.

<sup>189</sup> Die Wirkungen von technischen Fortschritten wurden in SOLOWS Arbeiten isoliert beschrieben und analysiert. Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 18 sowie Kapitel 2.4.2. SOLOW betrachtete in seinen Ansätzen den technischen Fortschritt im Grunde als exogene Größe. Aufgrund empirischer Studien wies er 1957 nach, dass der überwiegende Teil (über 87%) des Einkommenszuwachses in den USA nicht durch Kapital- und Bevölkerungswachstum zu erklären sei. Vielmehr sei hier ein Residualfaktor verantwortlich, der auf den technischen Fortschritt zurückzuführen sei. Vgl.: SOLOW, R. M. [Technical change], S. 312-320.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

den in diesem Modellansatz Innovationen von außen ausgelöst, sind somit also nicht endogenen Ursprungs. Auch dieser Ansatz führt im Gesamtmarkt zu einer Gleichgewichtslösung. Auf der Grundlage dieser streng rationalen Überlegungen lassen sich jedoch Entstehung und Übernahme von Innovationen, welche sich der Optimierung durch den individuellen Erwartungsnutzen entziehen, nicht erklären.<sup>190</sup> In neueren Modellen wird daher der Innovationsprozess als ein zukunftsöffener Vorgang angesehen. Hier stehen nun traditionelle neoklassische Erklärungsmodelle vor allem evolutionsökonomischen Konzepten gegenüber.<sup>191</sup>

Die verschiedenen methodischen Ansätze der Ökonomie gegeneinander abzugrenzen, stellt eine nicht einfache Herausforderung dar. Diese gestaltet sich um so schwieriger, wenn ein noch recht junger Ansatz, wie die evolutorische Ökonomie ihn darstellt, von der herrschenden Denkschule zu differenzieren ist.<sup>192</sup> Dieses Vorhaben wird durch den Umstand, dass es sich im Falle der evolutorischen Ökonomie noch nicht um ein konsistentes und in seiner Entwicklung abgeschlossenes analytisches Konzept handelt, zusätzlich erschwert.<sup>193</sup> Auch hat sich die neoklassische Lehre z. B. durch die Arbeiten zur neuen Wachstumstheorie weiterentwickelt und sich von ihrer ursprünglichen Konzeption beträchtlich entfernt.<sup>194</sup> Eine sachliche Einordnung der innovationstheoretischen Arbeiten in die Kategorien „neoklassisch“ und „evolutorisch“ ist daher nicht eindeutig möglich. Insgesamt kann die evolutorische Ökonomik nicht als Ersatz des neoklassischen Denkmusters betrachtet werden. Vielmehr sind die Aussagen der evolutorischen Ökonomie als Ergänzung des neoklassischen Modells zu verstehen, da bei der Erforschung von Wirkungen von Innovationen nicht auf die analytischen Vorteile verzichtet werden kann, welche die Neoklassik bei allen Einwänden zweifelsfrei bietet.<sup>195</sup>

So soll und kann in dieser Arbeit kein weiterer Beitrag um die Diskussion ökonomischer Paradigmen geleistet werden. Vielmehr sollen neoklassische und evolutionsökonomische Ansätze, als die beiden wichtigsten Modelle der Innovations- und

---

<sup>190</sup> Vgl.: ERDMANN, G. [Evolutorische Innovationstheorie], S. 2.

<sup>191</sup> Vgl.: GRAUMANN, M. [Wettbewerbstheorie], S. 659-662.

<sup>192</sup> Nach HELMSTEDTER ist die evolutorische Ökonomie noch in der Entwicklungsphase. Vgl.: HELMSTEDTER, E. [Stellenwert des technischen Fortschritts], S. 19.

<sup>193</sup> Vgl.: CANTNER, U., HANUSCH, H. [Evolutorische Ökonomik], S. 776.

<sup>194</sup> Vgl.: ERDMANN, G. [Evolutorische Innovationstheorie], S. 5-7.

<sup>195</sup> So unterstreicht etwa SAVIOTTI, dass beide Forschungstraditionen sich keinesfalls gegenseitig ausschließen und sich nicht als gänzlich alternative Ansätze gegenüberstehen. Vgl.: SAVIOTTI, P. P. [Technological Evolution], S. 205.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Wachstumstheorie, in dem hier notwendigen Umfang dargestellt werden, um die in der Arbeit folgenden Überlegungen begründen und einordnen zu können.

### **2.5.2 Technischer Fortschritt in der neoklassischen Theorie**

#### **a.) Post-keynesianischen Wachstumstheorie**

Aufbauend auf frühen ökonomischen Studien u. a. von SMITH, RICARDO und MILL zur Analyse der Änderungen der Produktionstechnologie sowie zu Veränderungen wirtschaftlichen und sozialen Gegebenheiten sowie insbesondere auf den Arbeiten von CLARK, KNIGHT und SCHUMPETER haben seit den sechziger Jahren sich auch neoklassische Wirtschaftstheoretiker mit den Fragen des technischen Wandels beschäftigt.<sup>196</sup> Erst die Ergebnisse der empirischen Wachstumsmessungen in der Phase nach dem Zweiten Weltkrieg, wonach der überaus größte Teil des Wirtschaftswachstums dem technischen Fortschritt zuzuschreiben sei, haben den entscheidenden Anstoß gegeben ökonomische Modelle zu entwickeln, in denen Forschung und Entwicklung als zentrale Größen zur wirtschaftlichen Entwicklung eine große Bedeutung zukommt. Diese Entwicklung geht einher mit der allgemeinen Entwicklung der neoklassischen Wachstumstheorie, deren Entstehung auf der Kritik der post-keynesianischen Wachstumsmodelle beruht. Die Modelle der post-keynesianischen Wachstumstheorie thematisieren in ihrer ersten Phase das Instabilitätsproblem, wohingegen bei den Autoren der zweiten Phase die Modellierung des Akkumulationsprozesses im Vordergrund steht.<sup>197</sup>

Somit liegt bei den Überlegungen von HARROD und DOMAR (HARROD-DOMAR-Theorie) als Vertreter der ersten Phase das Instabilitätsproblem den Betrachtungen zu Grunde. Ihre Arbeiten können als eine Dynamisierung des keynesianischen Kreislaufsystems interpretiert werden.<sup>198</sup> Zwar führte der Wunsch nach einer theoretischen Durchdringung der Wachstumserscheinungen hier zu einer tieferen Beschäftigung mit den verschiedenen wachstumsbeeinflussenden Größen wie Kapitalkoeffizient, Investitions- und Lohnquote, ließ aber den Faktor „technischer Fort-

---

<sup>196</sup> Zur Entwicklung einer ökonomischen Theorie der Innovation vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 15-19. GRUPP, H. [Messung], S. 49-55 sowie Gerybadze A. [Innovation], S. 39-42.

<sup>197</sup> Vgl.: KROMPHARDT, J.; SCHEIDT, B. [Wachstumstheorie], S. 4263ff.

Die Betonung der Kapitalakkumulation findet sich auch bei den Autoren der klassischen Ökonomie sowie bei MARX und SCHUMPETER. Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 19ff sowie SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 245f.

<sup>198</sup> Vgl.: PASINETTI, L. L. [Economic Growth], S. 35f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

schritt“ außer Betracht.<sup>199</sup> Die Bedingungen eines gleichgewichtigen Wachstums werden in diesen Ansätzen mithilfe des Quotienten aus Investitions- und Sparquote sowie dem Kapitalkoeffizient beschrieben. Die Wachstumsraten des Faktors Arbeit sowie seine Qualitätsverbesserungen sind dabei der Wachstumsrate des Kapitals und dessen Qualitätsverbesserungen angepasst. Der Wachstumsrate des Faktors Arbeit als unabhängige Variable kommt somit kein erklärender Charakter zu. Ein wesentlicher Kritikpunkt an diesem Modell ist, dass kleine Abweichungen vom Gleichgewichtspfad in eine instabile wirtschaftliche Entwicklung führen. Ein weiterer Kritikpunkt des DOMAR-Ansatzes besteht in der zunächst nicht erfolgten Berücksichtigung des Einflusses des technischen Fortschritts sowie des Bevölkerungswachstums auf das Wirtschaftswachstum. Aber auch die Berücksichtigung beider Faktoren im HARROD-Konzept lässt kein stabiles Gleichgewicht zu.<sup>200</sup> Dieser Zustand der Instabilität einer Wirtschaft in der HARROD-DOMAR-Theorie führt schon bei nur geringen Abweichungen wesentlicher Parameter von den Gleichgewichtswerten zu anhaltender Arbeitslosigkeit oder Inflation.<sup>201</sup>

### **b.) Neoklassische Wachstumstheorie**

In den Arbeiten von SOLOW werden die beschriebenen Unzulänglichkeiten der post-keynesianischen kritisiert und zugleich der technische Fortschritt als eine wesentliche Kraft im ökonomischen Wachstumsprozess herausgestellt.<sup>202</sup> Die durch seine Modelle begründete neoklassische Wachstumstheorie fußt auf der Annahme einer linear-homogenen gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion. Hier wird eine Substitutionsmöglichkeit von Arbeit und Kapital unterstellt,<sup>203</sup> wodurch nach SOLOW die Existenz eines wie im HARROD-DOMAR Modell beschriebenen Wachstums auf „Messers Schneide“ entfällt.<sup>204</sup>

---

<sup>199</sup> Vgl.: DOMAR, E. D. [Foreword], S. 7.

<sup>200</sup> Zu dem Modell von HARROD vgl.: HARROD, R. F. [dynamic economics].

<sup>201</sup> Zum HARROD-DOMAR-Modell vgl. weiterführend: SEILER, A. W. [Harrod-Domar-Modell], S. 53-83. REETZ wendet jedoch speziell zum HARROD-Modell ein, dass – je nach Verhalten der Wirtschaftssubjekte im Ungleichgewicht - durchaus stabile Varianten denkbar seien. Vgl.: REETZ, N.: [Konjunktur], S. 53.

<sup>202</sup> Siehe hierzu die beiden grundlegenden Aufsätze von SOLOW aus den Jahren 1956 und 1957. Vgl.: SOLOW, R. M. [Economic Growth] sowie SOLOW, R. M. [Technical change].

<sup>203</sup> Vgl.: REETZ, N.: [Konjunktur], S. 92.

<sup>204</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 242.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Die neoklassische Wachstumstheorie, ist somit dadurch gekennzeichnet, dass sie die Auswirkungen des Arbeitsangebots und des technischen Fortschritts sowohl in Bezug auf das Produktionsergebnis als auch im Hinblick auf die Kapitalakkumulation ausdrücklich berücksichtigt.<sup>205</sup> Dabei kann das Wachstum des Faktors Arbeit exogen vorgegeben werden. Der technische Fortschritt (u. a. in der Gestalt von Forschung und Entwicklung) hingegen wird als sog. „Dritter Faktor“ isoliert, wodurch seine Endogenisierung in den Modellbetrachtungen vorbereitet wird.<sup>206</sup> Zwar stützen sich die Modellansätze der Neoklassik auf den rationalen, gewinnmaximierenden Unternehmer. Allerdings findet neben Preisen und Produktionsmengen auch Forschung und Entwicklung (F&E-Bereich) und somit Wissen als Ressourcen optimierender Unternehmen Berücksichtigung. Insbesondere neuere Ansätze zeichnen sich zudem durch die Modellierung dynamischer Wettbewerbsaspekte zwischen rivalisierenden Unternehmern aus. Die Modelle der neoklassischen Innovationstheorie umfassen somit im Wesentlichen wettbewerbs-, entscheidungs- und spieltheoretische Aspekte.

SOLOW als einer der Wegbereiter der neoklassischen Innovationstheorie zeigt, dass die Wachstumsraten des Sozialprodukts durch die Summe der mit den jeweiligen Produktionselastizitäten gewichteten Wachstumsraten der Inputfaktoren Arbeit und Kapital determiniert sind.<sup>207</sup> Neben SOLOW zählen TOBIN, SWAN und MEADE zu weiteren bedeutenden Vertretern der neoklassischen Wachstumstheorie.<sup>208</sup> Bei diesen Autoren stellt die Existenz einer Produktionsfunktion die wichtigste Modellgrundlage im Versuch dar, dem Problem der Instabilität eines gleichgewichtigen Wachstums entgegenzutreten. Aber auch KALDOR, der in der Literatur vielfach zu den Kritikern dieser Theorie gezählt wird, kann zumindest teilweise in die aufgeführte Reihe ein-

---

<sup>205</sup> Als weitere Merkmale der neoklassischen Wachstumsmodelle sind zu nennen: Vgl.: SEILER, A. W. [Harrod-Domar-Modell], S. 84-90.

1. Es liegt eine Produktionsfunktion mit dem exogenen Faktor Arbeit und dem endogenen Faktor Kapital vor;
2. Beide Faktoren besitzen eine abnehmende partielle Grenzproduktivität und sind gegenseitig substituierbar;
3. Die Faktorpreise bilden sich entsprechend der relativen Knappheit auf vollkommenen Faktormärkten;
4. Die Entlohnung der Faktoren entspricht ihrer Grenzproduktivität;
5. Aufgrund der Lohn-Zins-Relation sowie der Faktorpreisrelation wird eine vollständige Nutzung der Faktoren erreicht;
6. Unternehmer richten ihr Handeln auf Gewinnmaximierung aus.

<sup>206</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 18f.

<sup>207</sup> Vgl.: REETZ, N.: [Konjunktur], S. 92ff.

<sup>208</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 25.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

geordnet werden.<sup>209</sup> Zwar verließ er das Konzept der Produktionsfunktion und ersetzte es durch eine technische Fortschrittsfunktion.<sup>210</sup> Dieses Konzept führt in seinen Ergebnissen jedoch wieder, wie in Kapitel 2.4.3 aufgezeigt werden konnte, auf die neoklassische Theorie zurück, da sich aus einer Produktionsfunktion im allgemeinen eine Funktion des technischen Fortschritts ableiten lässt, wodurch KALDORS Funktion allgemeiner als der ursprünglich neoklassische Ansatz ist. Aufgrund der Betonung der Verbindung von Kapitalakkumulation und technischen Fortschritt können KALDOR, aber auch ROBINSON, in dessen Modell die investierenden Unternehmen das Gesamtwachstum vorantreiben, als Vertreter der zweiten Phase der post-keynesianischen Wachstumstheorie angesehen werden.<sup>211</sup>

Von ARROW stammt ein weiterer früher Beitrag zur neoklassischen Innovationstheorie. Er zeigt, gestützt auf die Analyse der Marktstruktur, dass ein vollkommener Wettbewerb größere Innovationsanreize erzeugt als monopolistisch geprägte Märkte. Sein Modellansatz stützt sich dabei im Wesentlichen auf das Vorkommen handelbarer Prozessinnovationen. In der treffenden Darstellung des Zusammenhangs zwischen Marktstruktur und Innovationsanreiz wird allerdings das Auftreten von Produktinnovationen ausgeblendet, sodass das ARROWSCHE Wettbewerbsmodell in der neoklassischen Tradition lediglich auf die Variablen Menge und Preis beschränkt bleibt. Realistischer als das ARROW-Modell sind entscheidungstheoretische Überlegungen, die eine Fortführung der neoklassischen Ansätze zur Innovationstheorie darstellen. Die Modellation des Innovationsgeschehens berücksichtigt hier die für Innovationsgeschehen typischen Phänomene Unsicherheit, Dynamik und Externalität. Exemplarisch kann das von KAMIEN und SCHWATZ vorgestellte Modell zum Entscheidungsverhalten eines risikoneutralen und gewinnmaximierenden Unternehmers im Innovationsmodell angeführt werden, das allerdings die Wechselwirkungen zwischen Unternehmen nicht berücksichtigt. Da die Entscheidungen der Unternehmen im Modell als unabhängig voneinander betrachtet werden, ist vor allem die fehlende Konkurrenz bei innovationsorientierten Entscheidungen in diesem Ansatz zu bemängeln. Die Erwartung eines Unternehmers, dass ein Wettbe-

---

<sup>209</sup> BOLLMANN betont, dass dieser Modellansatz nicht im eigentlichen Sinne als neoklassisch zu bezeichnen sei, da hier keine Beziehung zwischen der Grenzproduktivität und der Grenzrate der Substitution einerseits sowie Lohn und Gewinn andererseits unterstellt werde. Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 25f.

<sup>210</sup> Vgl.: KALDOR, N. [Economic Growth], S. 591-624.

<sup>211</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 298.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

werber ebenfalls innoviert bzw. imitiert, stützt sich auf eine Wahrscheinlichkeitsbetrachtung, die von der Wettbewerbsintensität, dem Zinssatz und der Zeit abhängig ist. Insgesamt ergeben sich aus dem entscheidungstheoretischen Ansatz deutliche Parallelen zu dem in Kapitel 2.5.3 diskutierten Wettbewerbsmodell von SCHUMPETER.

Der dritte wesentlich Beitrag zur neoklassischen Innovationstheorie stellen spieltheoretische Modelle dar. Im Rahmen der Spieltheorie wird das rationale Entscheidungsverhalten sich gegenseitig beeinflussender Akteure in Konfliktsituationen analysiert, in denen der Erfolg des einzelnen Akteurs nicht ausschließlich vom eigenen Handeln, sondern wesentlich von den Aktionen anderer Beteiligter abhängig ist.

Aus innovationstheoretischer Sicht können spieltheoretische Ansätze als Fortführung der entscheidungstheoretischen Modelle angesehen werden, da es nun möglich ist, u. a. Wechselwirkungen zwischen dem Innovationsverhalten der einzelnen Wirtschaftsbeteiligten - so zum Beispiel betreffend die Forschungs- und Entwicklungsentscheidungen von Unternehmen - abzubilden.<sup>212</sup> Charakteristisch für ökonomische Spiele, etwa die Modellierung des Verhaltens von Mitgliedern eines Oligopols, ist zum einen die Beschreibung der Präferenzen und Strategien der Akteure. Zum anderen werden die Resultate jeder möglichen Strategiekombination sowie die Definition einer optimalen Lösung aufgezeigt.

Mit ihrer Untersuchung der Wirkungen von Verhandlungen und Koalitionen im wirtschaftlichen Geschehen begründeten v. NEUMANN und MORGENSTERN (1944) die kooperative Spieltheorie, indem sie endliche Zwei- und Mehr-Personen-Nullsummenspiele ausführlich diskutieren.<sup>213</sup> Nach dem Modell der beiden Autoren hat jedes endliche Zwei-Personen-Nullsummenspiel ein eindeutiges Minimax-Gleichgewicht, selbst bei unvollkommener Information.<sup>214</sup> Die Konzentration auf

---

<sup>212</sup> SÖLLNER schlägt als Beschreibung von Gegenstand und Aussage der Spieltheorie daher den Begriff der „interaktiven Entscheidungstheorie“ vor. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 317.

<sup>213</sup> Vgl.: NEUMANN, J. v.; MORGENSTERN, O. [THEORY OF GAMES]. Die beiden Autoren können als die Begründer der kooperativen Spieltheorie angesehen werden. Der erste der Spieltheorie zuzuordnende Beitrag stammt von ZERMELO (1913), wobei die Ursprünge spieltheoretischer Überlegungen bis COURNOT und EDGEWORTH zurückreichen. Die Literatur zur Spieltheorie ist vielfältig. Einen Überblick vermitteln HOLLER und ILLING. Vgl.: HOLLER, M. J.; ILLING, G. [Spieltheorie].

<sup>214</sup> In einem Minimax-Gleichgewicht wählt jeder Spieler seine Sicherheitsstrategie, wobei, diese gleichzeitig die bestmögliche Reaktion auf die Sicherheitsstrategien der anderen Akteure darstellt. Bei Erfolg gewährleistet die eigene Sicherheitsstrategie die beste Auszahlung gegenüber



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Nullsummenspiele bei gleichzeitigem Fehlen eines Lösungsvorschlages für Nicht-Nullsummenspiele ist jedoch als eine bedeutende Schwäche des Konzeptes von V. NEUMANN und MORGENSTERN zu werten. So sind, nicht zuletzt aus der Sicht der ökonomischen Innovationstheorie, viele ökonomische Entscheidungssituationen dadurch gekennzeichnet, dass alle an einer Interaktion beteiligten Wirtschaftssubjekte ihren Nutzen erhöhen können, obwohl Interessensgegensätze zu anderen bestehen. NASH löste dieses Problem für den Fall der nichtkooperativen Spiele<sup>215</sup> mit der Einführung des strategischen Gleichgewichts (sog. Nash-Gleichgewicht) auf.<sup>216</sup> NASH konnte unter sehr allgemeinen Bedingungen beweisen, dass für endliche Spiele mindestens ein Gleichgewicht existiert, welches als eine Kombination von reinen oder gemischten Strategie definiert ist. Dabei gilt, dass jeder Akteur seinen Nutzen durch ein Abweichen von seiner Gleichgewichtsstrategie nicht weiter erhöhen kann, falls alle anderen Akteure ihre eigene Gleichgewichtsstrategie verfolgen. Im Nash-Gleichgewicht werden daher die Erwartungen aller Spieler erfüllt, womit sich die Strategie Wahl als optimal erwiesen hat. Somit kommt NASH zum grundsätzlich gleichen Ergebnis wie COURNOT oder STACKELBERG. Dessen ungeachtet wird jedoch deutlich, dass diese Oligopol-Lösungen lediglich Sonderfälle darstellen, da mit Hilfe der Spieltheorie Interaktionen zwischen den Oligopolisten ausführlicher analysiert und Faktoren wie Drohungen und Markteintrittsbarrieren ausdrücklich berücksichtigt werden können.<sup>217</sup>

Insbesondere in der Analyse von strategischen Interaktionen bei oligopolistischen Marktstrukturen hat sich der Ansatz von NASH als hilfreich erwiesen. Das Lösungskonzept von NASH stellt dabei die Grundlage für neuere spieltheoretische Arbeiten dar, die das Nash-Gleichgewicht weiterentwickelten und ergänzten. So konnte SELTEN den Ansatz von NASH entscheidend verbessern, in dem er die Eindeutigkeit von Gleichgewichts-Lösung durch das Konzept der Teilspielperfektheit gewährleis-

---

allen anderen (minimalen) Sicherheitsstrategien. Das Minimax-Gleichgewicht basiert somit auf der Annahme von sehr risikoaversen Spielern. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 318.

<sup>215</sup> Die allgemeine Unterscheidung zwischen kooperativer und nichtkooperativer Spieltheorie ist auf HARSANYI zurückzuführen. Im Falle kooperativer Spielstrategien sind im Gegensatz zu nichtkooperativen Spielstrategien bindende Vereinbarung zwischen den Spielern zugelassen. Vgl.: HARSANYI, J. C. [General theory], S. 613-634.

Das prominenteste nichtkooperative Spiel stellt das sog. „Gefangenen-Dilemma“ dar. Hierbei verfügen die beiden teilnehmenden Spieler über jeweils zwei Strategien.

<sup>216</sup> Vgl.: NASH, J. F. [Non-Cooperative Games], S. 286-295.

<sup>217</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 321f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tet, da in seinem Modell nur vollkommen rationale Strategien zugelassen werden.<sup>218</sup> Durch die Unterscheidung der Gleichgewichtsstrategien jedes Teilspiels nach ihrer Rationalität ist es in diesem Modell möglich, auch mehrstufige nichtkooperative Spiele zu analysieren. Eine weitere Unzulässigkeit in NASHS Modell, das der unvollständigen Information der Akteure, konnte durch HARSANYI mittels der Einführung eines allgemeinen Spielers aufgelöst werden.<sup>219</sup>

Ausgehend von den Erkenntnissen des Nash-Gleichgewichts ist aus Sicht der Innovationsökonomie vor allem der modelltheoretische Ansatz von DASGUPTA und STIGLITZ von besonderem Interesse.<sup>220</sup> Auf der Basis eines nichtkooperativen Innovationsspiels entwickelten beide Autoren eine Theorie des oligopolistischen Innovationswettbewerbs, bei dem die ex-post Marktstruktur endogen bestimmt wird. Der Innovationserfolg besteht dabei entsprechend der Modell-Annahmen in einem Patent, das für unbestimmte Zeit gewährt wird. Aufgrund der im Modell ausgeschlossenen Möglichkeit für Wettbewerber das Patent zu imitieren, sind daher Imitationsgewinne unmöglich, was im Ergebnis zu einem beliebig langen Monopolvorsprung des erfolgreichen Unternehmens führt. In Reaktion auf den Innovationserfolg eines Wettbewerbers werden im Gegenzug alle anderen Unternehmen, aufgrund der Annahme einer rationalen Strategiewahl, dazu veranlasst, ihre eigenen Innovationsbemühungen sofort einzustellen. In einer dynamisierten Betrachtung des Innovationsprozesses finden somit Patent-Wettrennen der verschiedenen Wettbewerber statt.<sup>221</sup> Die Analyse für einen mit identischen Unternehmen besetzten Markt mit symmetrischem Innovationswettbewerb findet sich neben DASGUPTA und STIGLITZ auch bei LOURY<sup>222</sup> sowie bei LEE und WILDE.<sup>223</sup> Die von LEE und WILDE gewählten Gleichgewichtsannahmen führen dabei zu Ergebnissen, nach denen eine hohe Marktkonzentration innovationshemmend ist. Hingegen kommt das Modell von

---

<sup>218</sup> Teilspielperfekte Gleichgewichtsspiele erfüllen die Gleichgewichtsbedingung nicht nur für das Gesamtspiel, sondern auch für jedes Teilspiel. Vgl.: SELTEN, R. [Spieltheoretische Behandlung], S. 301-324 und S. 667-689 sowie SELTEN, R. [Extensive Games], S. 25-55.

<sup>219</sup> Entsprechend des Vorschlags von HARSANYI kann ein bestehendes Informationsdefizit durch die Einbeziehung eines fiktiven Zufallszugs in stochastische Unsicherheit transformiert werden, dessen Ergebnis die subjektiven Erwartungen der nicht informierten Spieler widerspiegeln. Vgl.: HARSANYI, J. C. [Games], S. 159-182, S. 320-334 und S. 486-502 sowie HARSANYI, J. C.; SELTEN, R. [Nash solution], S. 80-106.

<sup>220</sup> Vgl.: DASGUPTA, P.; STIGLITZ, J. [Uncertainty], S. 1-28.

<sup>221</sup> Vgl.: GRUPP, H. [Messung], S. 63.

<sup>222</sup> Vgl.: LOURY, G. C. [Market Structure], S. 395-410.

<sup>223</sup> Vgl.: LEE, T. K.; WILDE, L.L. [Market Structure], S. 429-436.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

LOURY, in dem nur die fixen, nicht aber variablen Forschungs- und Entwicklungskosten innovationswirksam sind zu dem Ergebnis, dass Innovationsaufwendungen und Marktkonzentration positiv korreliert sind.

Für den aus innovationstheoretischer Betrachtung bedeutenden Fall eines asymmetrischen Innovationswettbewerbs bei Unsicherheit, der auf einer bereits bestehenden Monopolsituation im Produktmarkt basiert, konnten GILBERT und NEWBERY ein strategisches Nash-Gleichgewicht für die Innovationsaufwendungen von Unternehmen modellieren.<sup>224</sup> Beide Autoren konnten u. a. zeigen, dass die Existenz eines Herausforderers den etablierten Monopolisten dazu veranlasst, mehr in die Entwicklung von Innovationen zu investieren als er dies in einer reinen Monopolsituation getan hätte. Einschränkungen zu dem Modell ergeben sich dabei zum einen aufgrund der Modellannahmen, wonach in Vorperioden sowohl bereits erlangte Innovationserfahrung als auch aufgebaute Forschungs- und Entwicklungskapazitäten unberücksichtigt bleiben als auch Spill-over-Effekte in Forschung und Entwicklung ausgeschlossen sind. Darüber hinaus ergibt die Analyse des Modells keine eindeutige Aussage, wer im Nash-Gleichgewicht tatsächlich mehr Innovationsausgaben tätigt und deshalb mit größerer Wahrscheinlichkeit Sieger im Innovationswettbewerb wird. Im Rahmen der Erörterung der Schumpeter-Hypothese ist dieser Punkt noch weiter zu vertiefen.

In einer Gesamtbewertung bleibt festzuhalten, dass die Spieltheorie, bei aller Vorteilhaftigkeit der Analyse, Schwachstellen aufweist. Hier ist insbesondere die Existenz vieler Gleichgewichte zu nennen, so dass die Auswahl eines bestimmten strategischen Gleichgewichts zur Prognose des Spiels entweder nicht oder nur unter Herabziehung modellfremder Faktoren möglich ist. Des weiteren müssen aufgrund der Modellannahmen meist sehr hohe und mit der Realität oft nicht zu vereinbarende Anforderungen an die Rationalität der Spieler gestellt werden.<sup>225</sup> Insgesamt lässt

---

<sup>224</sup> Vgl.: GILBERT, R. J.; NEWBERY, D. M. G. [Preemptive Patenting], S. 605-625.

Der Innovationswettbewerb nimmt dabei die Gestalt an, dass jedes Unternehmen die Innovationsaufwendungen anstrebt, die den Gegenwartswert seines erwarteten Gewinnstroms für gegebene, erwartete Innovationsaufwendungen des Wettbewerbsunternehmens maximiert. Dies führt zu verschiedenen Reaktionsgraden der Unternehmen. Im Schnittpunkt der Reaktionsgraden liegt das Nash-Gleichgewicht des Innovationswettbewerbs für die jeweils optimalen Innovationsaufwendungen. Zur Ermittlung des Nash-Gleichgewichts ist es dabei erforderlich, die (abdiskontierten) Gegenwartswerte der erwarteten Gewinnströme des etablierten Unternehmens und des Herausforderers zu definieren. Unter der Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeiten, mit denen die alternativen Annahmen über einen früheren Innovationszeitpunkt eintreffen ist es dann möglich, den Verlauf der jeweiligen Reaktionskurve (Steigung) zu bestimmen.

<sup>225</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 321.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

sich die Spieltheorie, aufgrund der Annahme rationalen, d. h. nutzenmaximierenden Verhaltens, als Verallgemeinerung der neoklassischen Theorie interpretieren.

### **c.) Neue Neoklassische Wachstumstheorie**

Im Vergleich der neoklassischen zu der post-keynesianischen Wachstumstheorie ist festzustellen, dass der Wachstumsprozess in den post-keynesianischen Modellen durch aktive, planende und erwartungsbildende Unternehmer determiniert ist.<sup>226</sup> Beiden Modellansätzen ist jedoch gemein, dass der technische Fortschritt im Wesentlichen modellexogenen Charakter besitzt und somit als Hauptfaktor der wirtschaftlichen Entwicklung unerklärt bleibt.

In der Kritik der traditionellen neoklassischen wie auch der post-keynesianischen Wachstumstheorie versuchen die Protagonisten der neuen<sup>227</sup> (neoklassischen) Wachstumstheorie, Humankapital und technischen Fortschritt als Hauptdeterminanten der Produktivitätszunahme von Arbeit und Kapital und somit wirtschaftlichem Wachstum zu beschreiben sowie technologische Externalitäten als Erklärung für steigende Skalenerträge in der aggregierten Produktionsfunktion in die Modelle zu integrieren.<sup>228</sup> Dabei wird versucht, durch die Endogenisierung des technischen Fortschritts Innovationen im dynamischen allgemeinen Gleichgewichtsmodell zu integrieren.<sup>229</sup> Ausgehend von den Arbeiten von ROMER und LUCAS<sup>230</sup> kann die neue Wachstumstheorie in einen Externalitäten-Ansatz, einen Kapitalakkumulations-Ansatz sowie einen Innovationsansatz untergliedert werden. Insbesondere der Innovationsansatz wird in der Literatur als der bedeutsamste angesehen, da hier ausdrücklich auf technische Innovationen und Innovationen in Forschung und Entwicklung - somit Wissen - abgestellt wird, um unternehmerische Wettbewerbsvorteile zu erlangen.<sup>231</sup> Diese Aussage impliziert, dass Unternehmen aktiv Innovationen

---

<sup>226</sup> Vgl.: KROMPHARDT, J.; SCHEIDT, B. [Wachstumstheorie], S. 4263.

<sup>227</sup> SÖLLNER spricht in diesem Zusammenhang auch von der „endogenen“ Wachstumstheorie, da der technische Fortschritt hier eine Endogenisierung erfahren hat. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 250f.

<sup>228</sup> Vgl.: GICK, W. [Innovationspolitik], S. 165.

<sup>229</sup> Vgl.: AGHION, P.; HOWITT, P. [Endogenous Growth], S. 3.

<sup>230</sup> Die beiden richtungweisenden Arbeiten von ROMER (1986) und LUCAS (1988) stellen den Beginn der Überlegungen zur neuen Wachstumstheorie dar. Vgl.: ROMER, M. P. [Long-Run Growth], S. 1002-1037 sowie LUCAS, R. E. JR. [Economic Development], S. 3-42.

<sup>231</sup> Zu den einzelnen Ansätzen der neuen Wachstumstheorie vgl. weiterführend: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 250 – 259.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

erzeugen, um ein prozessuales (temporäres) Monopol zu erlangen, wodurch ein unvollkommener Wettbewerb gegeben ist.<sup>232</sup> Die temporären Monopolsituationen ergeben sich aus der Existenz exklusiver Rechte (Patente) für die Nutzung von durch technisches Kapital und Humankapital erzeugten Innovationen. Dabei können, je nach Modell, patentierbare Innovationen sowohl zur Erhöhung der Produktvielfalt aufgrund neuer Produkte (ROMER)<sup>233</sup> als auch zu einer Verbesserung der Produktqualität (GROSSMAN UND HELPMAN)<sup>234</sup> führen. Vor allem ROMER weist darauf hin, dass das wirtschaftliche Wachstum entscheidend durch die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten und somit durch den Einsatz von Humankapital getragen wird, da zum einen von der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit positive Externalitäten ausgehen und zum anderen für den Humankapitaleinsatz bei der Generierung von Innovationen gleichbleibende Grenzproduktivitäten anzunehmen sind.<sup>235</sup>

Als wesentliche Grundlage zur Generierung neuen Wissens und somit von Humankapital basieren die Modelle der neuen Wachstumstheorie auf der Erfassung von Erfahrungs- bzw. Lerneffekten. So ist hier vor allem auf ROMERS Wachstumsmodell abzustellen, das in der Kritik insbesondere zu ARROWS Ansatz bei einer Endogenisierung des technischen Fortschritts eine wachsende Grenzproduktivität des Faktors Wissen ausweist.<sup>236</sup> Dazu nimmt ROMER die Trennung des „composite“-Kapitalstocks vor und führt somit die eigenständige Erfahrungsakkumulation in das neoklassische Wachstumsmodell ein.<sup>237</sup>

---

<sup>232</sup> Vgl. hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 2.5.3.1 zum Wettbewerbsprozess nach SCHUMPETER.

<sup>233</sup> Vgl.: ROMER, P. M. [Technological Change], S. 73-88.

<sup>234</sup> Vgl.: GROSSMAN, G. M.; HELPMAN, E. [Theory of Growth], S. 43 – 61 sowie GROSSMAN, G. M.; HELPMAN, E. [Innovation], S. 84 – 111.

<sup>235</sup> Da für den Fall des wirtschaftlichen Gleichgewichts von Unterinvestitionen im Bereich der privat-finanzierten, anwendungsorientierten Forschung ausgegangen werden kann, liegt in dieser Situation sowohl eine starke Abweichung vom Allokationsoptimum als auch eine Nichterfüllung der Koordinationsfunktionen des Marktes (Marktversagen) vor. Dies führt in der wirtschaftspolitischen Konsequenz zu der Forderung der Subventionierung von Forschungsaktivitäten. Vgl.: ROMER, P. M. [Technological Change], S. S90-S98 sowie EICKHOF, N.; STRECKER, D. [Neue Wachstumstheorie], S. 239.

<sup>236</sup> Trotz der Kritik der Vertreter der neuen (neoklassischen) Wachstumstheorie an ARROW stellt dessen Ansatz des „Learning-by-doing“ eine wesentliche theoretische Grundlage zur Entwicklung dieser Strömung dar. Vgl.: SOLOW, R. M. [Learning], S. 1-21.

<sup>237</sup> Vgl.: ROMER, M. P. [Long-Run Growth], S. 1002-1037 sowie Kapitel 2.4.2.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Da sich die neue Wachstumstheorie als noch relativ junger modelltheoretischer Ansatz erst in der Phase der Entwicklung hin zu einem konsistenten Gesamtbild befindet (sofern dies überhaupt erreichbar ist),<sup>238</sup> stellt sich folglich dessen Rezeption sehr unterschiedlich dar. So unterstreicht SÖLLNER<sup>239</sup> in einer Gesamtbetrachtung der neuen Wachstumstheorie, aufgrund der Abkehr vom Leitbild des vollkommenen Wettbewerbs sowie der Berücksichtigung institutioneller Faktoren, die realitätsnahe Darstellung des Unternehmers, was von EICKHOF und STRECKER jedoch nicht geteilt wird.<sup>240</sup> Diese Autoren betonen, dass die neue Wachstumstheorie aufgrund der Ermittlung gleichgewichtiger Entwicklungspfade eindeutig in die Tradition der Neoklassik einzuordnen sei.<sup>241</sup> SOLOW stellt speziell für ROMER die Vielzahl von in ihrer tatsächlichen Ausprägung letztlich unbekanntem Annahmen heraus, da dies zu Modellkonstruktionen führe, die in ihrer Aussagekraft kritisch bewertet werden müssten.<sup>242</sup> Die Interpretation des gleichgewichtigen Wachstumspfad führt jedoch auch in Teilen der neueren Literatur zur Erkenntnis, hier nicht mehr die Fortführung konstanter Strukturen (steady state) anzunehmen, sondern die fortlaufenden Veränderungen der grundlegenden Größen der Volkswirtschaft, verbunden mit der Veränderung ihrer strukturellen Zusammensetzung, im Modell zu betonen.<sup>243</sup> Dabei werden die dynamischen Veränderungen der Produktivität, des Arbeitsangebots und der Nachfragestruktur als Merkmale dynamischer Volkswirtschaften begriffen, wodurch die Probleme des Strukturwandels und der technologisch bedingten Arbeitslosigkeit Berücksichtigung finden. So soll dem empirisch nachgewiesenen Sachverhalt zwischen der Veränderung des Pro-Kopf-Einkommens und dem sektoralen Strukturwandel, somit der engen Verbindung zwischen technischem Fortschritt und Strukturwandel, entsprochen werden.

---

<sup>238</sup> So stellt SÖLLNER hier noch ein großes Potential zur Weiterentwicklung fest. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 258f.

<sup>239</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 258.

<sup>240</sup> Vor allem das hohe Aggregationsniveau wird hier als Einschränkung hin zu einer realitätsnahen Abbildung des Unternehmerverhaltens angesehen. Vgl.: EICKHOF, N.; STRECKER, D. [Neue Wachstumstheorie], S. 238. Auch KROMHARDT UND SCHEIDT unterstellen der neuen Wachstumstheorie „zum Teil kühne Annahmen“ bzgl. der Produktionselastizitäten der Faktoren. Vgl.: KROMPHARDT, J.; SCHEIDT, B. [Wachstumstheorie], S. 4275.

<sup>241</sup> Vgl.: EICKHOF, N.; STRECKER, D. [Neue Wachstumstheorie], S. 238.

<sup>242</sup> Vgl.: SOLOW, R. M. [New Directions], S. 3 - 16.

<sup>243</sup> Siehe hierzu die Analyse von PASINETTI bei HAGEMANN. Vgl.: HAGEMANN, H. [Strukturwandel und Beschäftigung], S. 55-58.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Entsprechend dem neoklassischen Paradigma des rational handelnden Individuums (*homo oeconomicus*)<sup>244</sup> unterliegt auch das Innovationsverhalten in der neoklassischen Theorie der Maximierung des individuellen Erwartungsnutzens. Somit werden innovationsbezogene Entscheidungen weitgehend auf der Basis von Überlegungen zur Allokation knapper Ressourcen betrachtet. Folglich konzentriert sich die neoklassische Innovationstheorie auf die Bestimmung der optimalen Höhe der Inputfaktoren. Sie ergibt sich als Gleichgewichtslösung eines ökonomischen innovationstheoretischen Modells, wobei strategische Interaktionen auf dem Markt ausgeblendet werden. Stimmen die individuellen Grenznutzen und Grenzkosten einer Innovation überein, ist das Allokationsoptimum erreicht. Eine weitere wesentliche Modellvoraussetzung der neoklassischen Analyse ist ein eindeutiger und dem Entscheidungsträger transparenter Zusammenhang zwischen den mit einer Innovation verbundenen Nutzen und Kosten, die Annahme einer vollständigen Konkurrenz sowie die beliebige Teilbarkeit der Produktionsfaktoren.

Insgesamt kann für die neoklassische Lehre festgehalten werden, dass Innovationen und qualitative Änderungen für sie unzugänglich bleiben, da sich ihre Modelle stark an der klassischen Mechanik und somit an der statischen Gleichgewichtskonzeption orientieren und die Analyse auf die Verwendung gegebener Mittel zur Realisierung gegebener Ziele beschränkt bleibt.<sup>245</sup>

### **2.5.3 Bewertung der neoklassischen Modelle im Kontext einer evolutorischen Innovationstheorie**

#### **2.5.3.1 Evolutorische Ansätze in der Innovationsforschung**

##### **a.) Grundannahmen der evolutorischen Innovationstheorie**

Die evolutorische Ökonomik betrachtet und analysiert ökonomische Prozesse unter dem Blickwinkel ständiger Veränderungen in ihrer Intensität, ihrer Struktur sowie ihrer Qualität.<sup>246</sup> Dabei wird auf die in der Biologie zu beobachtenden Phänomene

---

<sup>244</sup> Zur wirtschaftswissenschaftlichen Analyse menschlichen Verhaltens vgl. weiterführend: MCKENZIE, R. B.; TULLOCK, G. [*Homo oeconomicus*].

<sup>245</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [*Geschichte des ökonomischen Denkens*], S. 305.  
Zur Entwicklung der evolutorischen Ökonomie vgl.: BOULDING, K. E. [*evolutionary economics*], S. 9-17.

<sup>246</sup> So fordert MARSHALL, dass „economists have much to learn from the recent experiences of biology“. MARSHALL, A. [*Principles*], S. 50. So stellte MARSHALL im Vorwort der 8. Ausgabe der *Principles of Economics* fest: „The Mecca of the economics lies biology rather than in economic dynamics“. MARSHALL, A. [*Principles*], S. xiv.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

der Evolution und der Mutation sowie deren Durchsetzung, der Selektion zurückgegriffen. Im Gegensatz zur Biologie stellt jedoch hier die Mutation ein oftmals zielgerichtetes Handeln ökonomischer Akteure im Rahmen von Neuerungstätigkeiten dar und ist dabei Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit an eine sich verändernde Umwelt und damit an exogene Schocks.<sup>247</sup> Umfang und Tiefe der Rezeption der in der Biologie aufgestellten Gesetzmäßigkeiten ist bei den einzelnen Vertretern der evolutorischen Ökonomie indes sehr unterschiedlich ausgebildet und reicht von dem oberflächigen Bemühen von Metaphern, über biologische Analogien bis hin zur weitgehenden Übertragung biologischer Konzepte auf die Ökonomie im biologischen Reduktionismus. Allen Ansätzen gemein ist dabei der Bezug zur Evolutionstheorie, mit deren Hilfe vor allem die Schwächen der „alten“ neoklassischen Theorie aufgezeigt werden sollen.<sup>248</sup>

Dieser Ansatz ist für sich betrachtet nicht neu. Schon früh forderte MARSHALL die Berücksichtigung biologischer Erkenntnisse in der ökonomischen Theorie.<sup>249</sup> Jedoch ließen sich statische Analyse und evolutorische Grundannahmen nicht in einem schlüssigen Modell miteinander vereinen. VEBLEN beschrieb die ökonomischen Entwicklungen als Evolutionsprozess und nutzte biologische Metaphern, um die Unzulänglichkeiten der neoklassischen Theorie herauszuarbeiten. Die institutionellen und kulturellen Faktoren, entsprechend den Genen in der Biologie, unterliegen in seiner Analyse Vorgängen der Mutation und Selektion.<sup>250</sup>

---

<sup>247</sup> Vor allem unter dem Eindruck der zu jener Zeit publizierten Arbeiten von CHARLES DARWIN sowie den Erkenntnissen von JEAN BAPTISTE LAMARCK zur biologischen Abstammungs- und Evolutionstheorie wurden mechanisch, physikalische Gesetzmäßigkeiten der statischen Mechanik zur Erklärung des wirtschaftlichen Geschehens verstärkt abgelehnt. Die wirtschaftswissenschaftliche Neuorientierung basierte daher auf biologischen Analogien und Metaphern zu Evolutions-, Anpassungs- und Überlebensprozessen, die als Grundlage neuer Erklärungsmodelle in die ökonomische Theorie Eingang fanden. Vgl.: FABER, M., PROOPS, J. (Evolution), S. 58-87; MANI, G. (Biological Evolution), S. 31-57.

<sup>248</sup> Dabei ist der Unterschied zwischen Metaphern und Analogien nicht immer eindeutig zu bestimmen. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 304-311.

<sup>249</sup> Vgl.: SAVIOTTI, P.; METCLAFE, J. [Evolutionary Economics], S. 1.

<sup>250</sup> Vgl. hierzu das Werk: VEBLEN, T. [Leisure Class].

SÖLLNER bezeichnet THORSTEIN BUNDE VEBLEN als den eigentlichen Begründer der evolutorischen Ökonomie. VEBLEN griff in seinem Werk auf darwinistische Konzepte zurück, hinterließ jedoch kein einheitlich geschlossenes theoretisches Gebäude. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 305 sowie SOWELL, T. [Veblen], S. 127-150.

Zur Entwicklung der evolutorischen Ökonomie vgl.: LANGLOIS, R. N.; EVERETT, M. J. [Evolutionary Economics], S. 11 – 47.



### **b.) Schumpeters Wettbewerbsmodell**

Die wichtigsten Impulse zur Entwicklung einer evolutorischen Ökonomik gingen jedoch von der österreichischen Schule aus. So hat SCHUMPETER, einer ihrer bedeutendsten Vertreter, eine Theorie zur technologischen Entwicklung von Volkswirtschaften erarbeitet, welche evolutorische Überlegungen zur wirtschaftlichen Entwicklung beinhaltet.<sup>251</sup> Seine Analyse des Zusammenhangs von Wettbewerb und Innovation stellt die Grundlage der modernen Innovationsforschung dar.<sup>252</sup> Hier ist vor allem die Beschreibung des Innovationsprozesses als einen evolutorischen Vorgang zu nennen, der als Paradigma der evolutionären Innovationsforschung bezeichnet werden kann.<sup>253</sup> SCHUMPETERS Arbeit gründet auf der Annahme, dass Wettbewerb nicht als ein gleichgewichtiger Zustand anzusehen ist, sondern als ein Prozess, bei dem seitherige Gleichgewichte durch qualitative Wettbewerbsprozesse zerstört und durch Arbitrageprozesse wieder neue gleichgewichtige Zustände erreicht werden. Der wirtschaftliche Wandel ist demnach als innovativer Wettbewerb zu interpretieren, in dem neue Produkte, Produktions- oder Organisationsverfahren im Mittelpunkt stehen.<sup>254</sup> Infolgedessen bewirkt der technische Wandel eine ständige Umstrukturierung des Wirtschaftssystems.<sup>255</sup>

---

<sup>251</sup> Vgl.: MAGNUSSON, L. [Economics], S. 1-8 sowie SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung].

SCHUMPETERS Theorie dabei als „biologisch“ oder gar als „darwinistisch“ zu bezeichnen, wäre eine Fehlinterpretation seiner Aussagen. Er selbst lehnt in einem späteren Werk selbst die Verwendung von aus der Biologie bekannter Konzepte in der Ökonomie ausdrücklich ab. Vgl.: SCHUMPETER, J. A.: [History], S. 789. So kann auch dem Urteil von HODGSON über KELM, welcher darstellt, dass eine herausragende Leistung SCHUMPETERS die Betonung der „(...) usefulness of Darwinian theory for economics“ sei, gefolgt werden, der diesem eine Fehlinterpretation SCHUMPETERS unterstellt. Dabei geht HODGSON noch einen Schritt weiter, indem er darlegt, dass „Schumpeter misunderstood Darwinism“. Vgl.: KELM, M. [Darwinian interpretation], S. 106-127 und HODGSON, G. M. [non-Darwinian economics], S. 140-145.

<sup>252</sup> Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 19.

Dies ist insofern bemerkenswert, dass das hauptsächliche Untersuchungsziel SCHUMPETERS nicht in der Erklärung der Entstehung von Innovationen bestand, sondern vielmehr die Beschreibung konjunktureller Modelle (Konjunkturzyklen) zum Gegenstand hatte. Dies kommt unter anderem im Vorwort zur ersten Auflage seines grundlegenden Werkes „Zur Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ zum Ausdruck. Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. VIIIff.

BOLLMANN betont, dass SCHUMPETERS Überlegungen zu evolutorischen Veränderungen im wirtschaftlichen Prozess, die durch Innovationen hervorgerufen werden, die Grundlage vieler moderner modelltheoretischer Ansätze bilden. Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 43.

<sup>253</sup> Vgl. hierzu vor allem die Ausführungen SCHUMPETERS zum „... Grundphänomen der wirtschaftlichen Entwicklung“. SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. 88 – 139.

<sup>254</sup> Vgl.: Kapitel 2.1.

Hier sei auf die zwei Aspekte in SCHUMPETERS Werk verwiesen: Zum einen beschreibt der Autor die Dynamik im Prozess der wirtschaftlichen Entwicklung und legt somit die Grundlage für evolutionsökonomische Analysen, zum anderen jedoch verläuft der von ihm beschriebene Ent-

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Da, nach SCHUMPETERS Überzeugung, Änderungsprozesse nicht vom Konsumenten ausgehen, somit also nicht nachfragebedingt sondern angebotsinduziert sind, stellt der innovative Unternehmer den zentralen Punkt des wirtschaftlichen Geschehens dar. Durch sein wirtschaftliches Handeln, welches nicht nur durch die Gewinnerzielungsabsicht, sondern durch den Willen zu Macht, Prestigebedürfnis und Arbeitsfreude geprägt ist, können neue Kombinationen in der Volkswirtschaft durchgesetzt werden. Hierfür bedarf es nicht des kreativen „Inventors“ oder gar Erfinders als Unternehmenslenker, sondern eines charismatischen „Führertypuses“.<sup>256</sup> Ihm kommt im wirtschaftlichen Entwicklungsprozess die Aufgabe zu, Hindernisse für solche Unternehmer zu beseitigen, die SCHUMPETERS idealtypischer Unternehmerfigur nur eingeschränkt entsprechen. Barrieren zur Marktakzeptanz von Innovationen können demnach im Neuen per se, im Widerstand bedrohter Gruppen und in der Nicht-Akzeptanz durch die Konsumenten gesehen werden, welche ihre Präferenzstruktur zu Gunsten der Neuerung ändern müssen. Werden die Aspekte, die einen Gegendruck auf die Markteinführung von Innovationen erzeugen, beseitigt, gelingt es, den Pionieren-Unternehmen nachfolgend, „scharenweise“ die neue Kombination am Markt zu platzieren. Die Entwicklung endet mit dem Markteintritt (Innovationsübernahme) des Grenzanbieters. Der Bogen der Unternehmerpersönlichkeiten spannt sich somit vom Innovator hin zum Imitator, wobei

---

wicklungsprozess in Brüchen. In der Annahme von Sprüngen in der von Pionierunternehmern getriebenen wirtschaftlichen Entwicklung unterscheidet sich SCHUMPETER von MARSHALL, der zu Beginn des Werkes *Principles of Economics* feststellt: „Natura non facit saltum“. MARSHALL, A. [*Principles*], S. iii.

<sup>255</sup> SCHUMPETER selbst fasst seine Theorie wie folgt zusammen: „Wirkung des (...) massenweisen Auftretens neuer Unternehmungen“ (was hier mit der Realisierung neuer „Kombinationen“, somit von Innovationen gleichzusetzen ist) „auf die Lebensbedingungen der alten und auf den eingelebten Zustand der Volkswirtschaft, unter Berücksichtigung der (...) begründeten Tatsache, dass das Neue in der Regel nicht aus dem Alten herauswächst, sondern neben das Alte tritt und es niederkonkurriert und alle Verhältnisse so ändert, dass ein besonderer Einordnungsprozess nötig wird“. SCHUMPETER, J. A. [*Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*], S. 322. Weiterführende gesellschafts- und geschichtstheoretische Begründungen des Wirtschaftsprozesses finden sich bei SCHUMPETER in seinem Werk über „Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie“, welches nach WECKWERTH einen „ (...) eindeutigen Einfluss der Rezeption des Marxs Werkes erkennen (...)“ lässt. Vgl.: WECKWERTH, J. [*Innovationstheorie*], S. 20. Auch erscheinen die Überlegungen von MARX und jene SCHUMPETERS in der Annahme von radikalen Brüchen in der wirtschaftlichen Entwicklung, bei allen Unterschieden im Ergebnis der jeweiligen Analyse, in einer fundamentalen Annahme deckungsgleich. MARX kann demnach neben der österreichischen Schule als zweite wesentliche geistige Quelle SCHUMPETERS angesehen werden. Vgl.: SCHUMPETER, J. A.: [*Kapitalismus*] sowie WECKWERTH, J. [*Innovationstheorie*], S. 19f. SCHUMPETER selbst bezeichnet MARX, vor allem im Hinblick auf seine nationalökonomischen Arbeiten, als „Genie und einen Propheten“. SCHUMPETER, J. A.: [*Kapitalismus*], S. 43ff.

<sup>256</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [*Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*], S. 126 – 131.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

eine Normalverteilung unterstellt wird.<sup>257</sup> Der innovierende Unternehmer erlangt in diesem Prozess einen qualitativen Vorsprung, der ihm eine temporäre Monopolstellung (prozessuales Monopol) einräumt.<sup>258</sup> Dies wiederum führt zu einem Anpassungsprozess, infolgedessen der Innovator die erlangte Monopolstellung wieder verliert.<sup>259</sup> Ein gewinnloser Zustand ist im zeitlichen Ablauf des Wettbewerbsprozesses im Isopol gegeben (Abbildung 7). Demgemäß kann gefolgert werden, dass Monopole nicht die Ursache, sondern vielmehr die Wirkung von Innovationen, also eines Differenzierungsprozesses, darstellen.<sup>260</sup> Hier zeigt sich, dass neben dem tatsächlichen auch potentielle Wettbewerber existieren, welche in einen Markt mit hoher Renditeerwartung eintreten möchten. Wettbewerb ist daher, entgegen der neoklassischen Annahme, nicht durch das tatsächliche Güterangebot gekennzeichnet, sondern auch durch potentielle Marktteilnehmer.<sup>261</sup> Unternehmen wie Industriezweige, die diesem Wettbewerbsprozess nicht folgen können, werden durch andere Unternehmen und Industrien ersetzt, die mit der Möglichkeit der Realisierung neuer Kombinationen neu entstanden sind. Dieser Prozess der Zerstörung alter und Schöpfung neuer Kombinationen führt jedoch nicht zwangsläufig, entsprechend der neoklassischen Lehre, zu einer Erhöhung des Sozialprodukts, sondern zu einer qualitativen Verbesserung der Volkswirtschaft.<sup>262</sup>

---

<sup>257</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. 334 – 342.

<sup>258</sup> Vgl.: HEGNER, S. ; SCHECHLER, J. M. [Internet-Ökonomie], S. 496-499.

<sup>259</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. 209 – 213.

<sup>260</sup> Die Diskussion um die sog. Neo-SCHUMPETER-Hypothesen zur Innovationstätigkeit von Großunternehmen bzw. von Neuerungsaktivitäten auf hoch konzentrierten Märkten soll hier nicht geführt werden. Vgl. hierzu: LINDE, R.; ALTENBURG, L. [Monopol], S. 68-74 sowie PFÄHLER, W.; WIESE, H. [Innovationswettbewerb], S. 1031-1038.

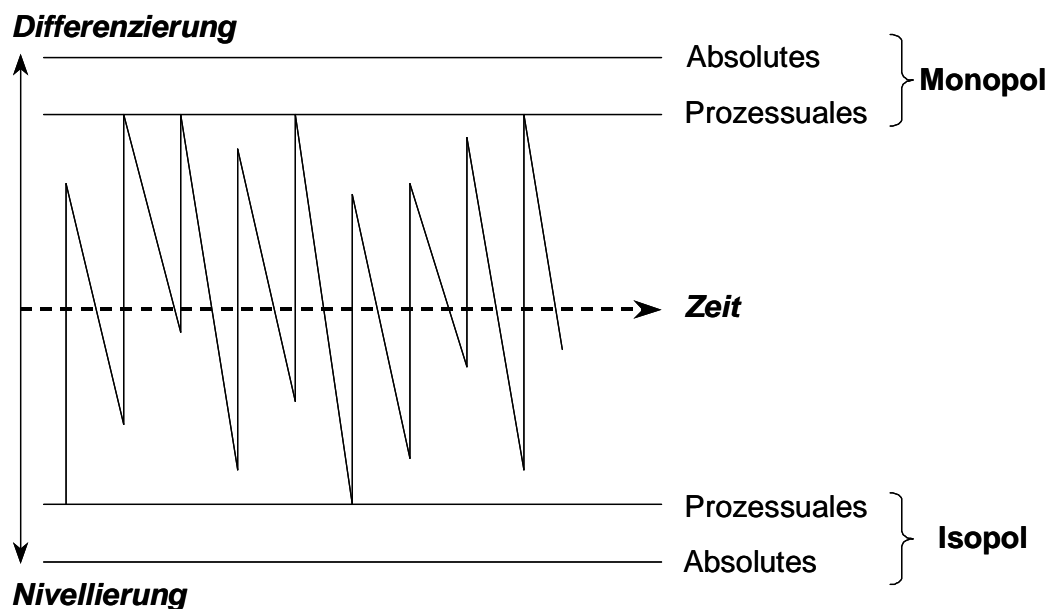
<sup>261</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 44.

<sup>262</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. 96.

SCHUMPETER selbst bezeichnet diesen (ewigen) Vorgang der Verdrängungen bisheriger Unternehmen bzw. Industrien durch neue Unternehmen bzw. Industrien als Prozess der „schöpferischen Zerstörung“. Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Kapitalismus], S. 134ff. Er führt aus, dass die Eröffnung neuer Märkte sowie organisatorischer Entwicklungen im Produktionsprozess die Wirtschaftsstruktur unaufhörlich „(...) von innen heraus revolutioniert unaufhörlich die alte Struktur zerstört und unaufhörlich eine neue schafft.“ Dieser Prozess der „schöpferischen Zerstörung“ ist das für den Kapitalismus wesentliche Faktum. SCHUMPETER, J. A.: [Kapitalismus], S. 137f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Abbildung 7: Schema des Wettbewerbsprozesses



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an HERDZINA [Mikroökonomik], S. 170.

Auslöser eines neuen konjunkturellen Zyklus ist ein statischer, gleichgewichtiger und demnach gewinnloser Zustand, der das vermehrte Auftreten von Innovationen bedingt. Wirtschaftsprozesse sind folglich nach SCHUMPETER als Innovationsprozesse zu betrachten.<sup>263</sup> Die Änderungsprozesse können dabei plötzlich auftreten, indem alte Gleichgewichte verlassen werden und kontinuierlich verlaufen, wenn neue Gleichgewichte angestrebt werden.<sup>264</sup> Der zyklische Verlauf des wirtschaftlichen Geschehens lässt kein längerfristiges gleichgewichtiges Wachstum zu, was ein weiterer wesentlicher Unterschied der Theorie nach SCHUMPETER zur neoklassischen Lehre darstellt.<sup>265</sup>

Wesentliche Kritikpunkte an SCHUMPETERS Theorien stellen die Unter- bzw. Falschbewertung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, die Konzentration auf die Anbieterseite, die Fokussierung auf radikale und damit einhergehend die Vernachlässigung inkrementeller Innovationen, die Überbetonung des Kredit- und Kapital-

<sup>263</sup> Vor allem hierin zeigt sich nach ROSENBERG die Betonung der Pfadabhängigkeit ökonomischer Prozesse in SCHUMPETERS Werk. Vgl.: ROSENBERG, N. [Exploring], S. 60.

<sup>264</sup> Dieser monokausale Zusammenhang zwischen technischem Fortschritt und konjunktureller Entwicklung stellt eine Schwäche der Theorie dar, da noch andere Ursachen der wirtschaftlichen Entwicklung zu Grunde liegen. Hierzu wird weiterführend auf die Erörterung des konjunkturtheoretischen Aspekts der Theorie bei WECKWERTH verwiesen. Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 26f.

<sup>265</sup> Vgl.: BOLLMANN, P. [Technischer Fortschritt], S. 49f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

marktes sowie die damit zunächst verbundene Behandlung des Unternehmerrisikos dar. Weiterhin wird die überaus starke Bedeutung des Unternehmens in SCHUMPETERS Theorie kritisiert.<sup>266</sup>

### **Exkurs: Die Neo-Schumpeter-Hypothese**

Ausgehend von Überlegungen SCHUMPETERS zur Bereitstellung von Innovationen durch Unternehmen,<sup>267</sup> wurden von einigen Autoren Zusammenhänge zwischen der absoluten bzw. relativen Unternehmensgröße und der Rate des technischen Fortschritts unterstellt.<sup>268</sup>

Wie gezeigt werden konnte, ist die Entwicklung von Industrien bei SCHUMPETER einerseits durch die bisherige Entwicklung der etablierten Unternehmen sowie andererseits vom spontanen Verhalten der Unternehmer selbst abhängig, die in Form neuer Unternehmen Innovationen realisieren.<sup>269</sup> Beide Unternehmens-Typen weisen dabei hinsichtlich der Einführung von Innovationen sowohl Vor- als auch Nachteile auf. Während neue bzw. kleinere Unternehmen flexibel auf Markteinflüsse reagieren können, verfügen große, etablierte Unternehmen u. a. über bessere Möglichkeiten, die Entwicklung von Innovationen zu finanzieren.<sup>270</sup> Die Durchführung von Innovationsprozessen hängt dabei entscheidend von der Verfügbarkeit von Krediten, der Existenz von innovationsbereiten Unternehmerpersönlichkeiten (Pionieren) sowie von Entdeckungen als Grundlage für die Entwicklung von Neuerungen ab. In seinen frühen Arbeiten unterstellt SCHUMPETER, dass alle drei genannten Voraussetzungen für die Überlegenheit neuer Unternehmen grundsätzlich gegeben seien.<sup>271</sup> Wichtigste Bedingung dabei ist die Verfügbarkeit von Entdeckungen. Hier vertritt SCHUMPETER in seinen frühen Arbeiten die Auffassung, dass stets ein aus-

---

<sup>266</sup> Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 22–32.

<sup>267</sup> Die innovationstheoretische Einordnung und weiterführende Bewertung des Modells ist in die Diskussion um den technischen Fortschritt in der neoklassischen Theorie eingebettet und erfolgt dementsprechend in Kapitel 2.5.2.

<sup>268</sup> Hier ist insbesondere auf GALBRAITHS Wettbewerbsanalyse (1956) zu verweisen. Vgl.: GALBRAITH, J. K. [Capitalism].

<sup>269</sup> Die Bezeichnung „neu“ und „alt“ in der Beschreibung von Unternehmen stellt dabei nicht ursächlich auf das tatsächliche Alter der Unternehmen ab, sondern ist vielmehr ein Ausdruck dafür, ob Unternehmen in der Lage sind sich mittels Innovationen fortlaufend zu erneuern. Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen], S.102f.

<sup>270</sup> Zum Verhältnis von Unternehmensgröße und Innovationsverhalten vgl.: WICHER, H. [Innovationsverhalten], S. 237-242.

<sup>271</sup> Diese Ansichten SCHUMPETERS finden sich vor allem in der „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ (1934) und in seiner Arbeit zu „Konjunkturzyklen“ (1939). Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung] sowie SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

reichend großes Angebot an Entdeckungen exogen zur Verfügung steht, auf das Unternehmer zur Generierung von Innovationen allzeit zurückgreifen können (Pool an Entdeckungen). Diese Annahme führt dementsprechend zu der These, dass Unternehmen unabhängig von ihrer Größe die gleiche Möglichkeit haben, sich Zugang zu den notwendigen neuen Entdeckungen zu verschaffen. In seiner Analyse kommt SCHUMPETER zunächst zu dem Schluss, dass neue Unternehmen eher in der Lage sind, neue Entwicklungen aufzugreifen und in Form innovativer Produkte am Markt zu platzieren. Die Folge dieser Entwicklung ist eine veränderte Marktstruktur. Zum einen erfolgt ein direkter Struktur-Effekt durch den Zutritt neuer Wettbewerber in den Markt. Eine weitere Veränderung der Marktstruktur resultiert zum anderen aus der verbesserten Wettbewerbsfähigkeit der innovierenden Unternehmen, wodurch es diesen möglich ist, nicht innovierende Unternehmen am Markt zurück zu drängen.<sup>272</sup>

Wird eine der oben getroffenen Grundannahmen nicht erfüllt, schwindet die Bedeutung von neuen, d. h. kleinen Unternehmen im Markt. Wird insbesondere unterstellt, dass neue technische Entwicklungen nicht exogen verfügbar sind, sind die Aussagen zur Beziehung von technischem Fortschritt und Marktstruktur zu revidieren. Unter der Annahme, dass der Erwerb von neuem technischen Wissen mit hohen Kosten verbunden ist und Kredite für risikoreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte schwer zu erhalten sind, werden es vorrangig etablierte, d. h. alte und i. d. R. größere bis monopolistische Unternehmen mit spezialisierten Forschungs- und Entwicklungseinheiten sein, die die technische Entwicklung mittels Innovationen vorantreiben. Je kostenaufwendiger aber diese Suchprozesse nach Innovationen sind, desto eher haben große Unternehmen Vorteile im Wettbewerb.<sup>273</sup> Mit der These der Endogenisierung des technischen Fortschritts revidiert SCHUMPETER seine früheren Aussagen und unterstellt nun, dass große Unternehmen - sind ihre Innovationen erfolgreich - umso stärker wachsen können, je mehr finanzielle Mittel sie zur Generierung von Innovationen bereitstellen. Im Hinblick auf die Bewertung von Monopolgewinnen ergibt sich daraus, dass diese nicht nur direkt sondern auch, aufgrund der Steuerung der wissenschaftlich-technischen Entwicklung, indirekt die Marktstruktur beeinflussen. Obgleich SCHUMPETER in seinen späteren Arbeiten gro-

---

<sup>272</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Konjunkturzyklen], S. 102f.

<sup>273</sup> Vgl.: GERYBADZE A. [Innovation], S. 100ff.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

ße Unternehmen bei der Durchsetzung von Innovationen im Vorteil sieht, wird von ihm dennoch nicht die These aufgestellt, dass Innovationen nur noch auf große Unternehmen beschränkt seien bzw. ausschließlich von Monopol-Unternehmen hervorgebracht werden.<sup>274</sup> Die in der Literatur verstreut vorliegende und nicht stringent geführte Argumentation SCHUMPETERS wurde jedoch von seinen Interpreten, insbesondere von GALBRAITH,<sup>275</sup> verzerrt und zu Hypothesen zusammengefasst, die fälschlicherweise SCHUMPETER zugeschrieben werden.<sup>276</sup>

In der sogenannten Neo-Schumpeter-Hypothese I wird ausgehend von der Grundannahme der Endogenisierung des technischen Fortschritts die These formuliert, dass die Effektivität von Forschung und Entwicklung mit der absoluten Unternehmensgröße steigt, da Großunternehmen eher über die notwendigen finanziellen Ressourcen für risikoreiche Innovationen verfügen. Zudem könnten Großunternehmen mehrere Innovations-Projekte gleichzeitig betreiben, was zu einer Risikominimierung führe. Insgesamt wäre in größeren Unternehmen eine bessere Auslastung der Forschungsanlagen gegeben, so dass „economies of scale“ bzw. „scope“ bei der Produktion von Innovationen realisiert werden würden.<sup>277</sup> In empirischen Tests konnte jedoch keine eindeutige Bestätigung eines Zusammenhangs zwischen absoluter Unternehmensgröße und Innovationsrate gefunden werden. So ergaben die Untersuchungen des Forschungsinputs (Ausgaben für Forschung und Entwicklung) und des Forschungsausputs (Zahl der Patente), dass mithilfe dieser Variablen nur ein geringer Teil der Varianz der Forschungsaufwendungen durch die Unternehmensgröße erklärt werden kann.<sup>278</sup> Wird die Beurteilung der relativen Innovationsbereitschaft von Unternehmen unterschiedlicher Größenklassen anhand

---

<sup>274</sup> Die Gedanken zu dieser jüngeren Sichtweise SCHUMPETERS finden sich u.a. in der Arbeit zum Wettbewerb im Kapitalismus (1950). Vgl.: SCHUMPETER, J. A.: [Kapitalismus].

<sup>275</sup> GALBRAITH lehnt das Konzept des vollkommenen Wettbewerbs als unrealistisch ab. So vertritt er die Auffassung, dass Märkte mit unvollkommenem Wettbewerb, und nicht Polypole, grundsätzlich die höchsten Wachstums- und Innovationsraten aufweisen. Daher sieht er auch Vorteile in einer durch Marktkonzentration hervorgerufenen Position der Marktmacht, sofern sie aufgrund der Organisation der Interessen der Marktgegenseite neutralisiert wird. Zur Förderung des technischen Fortschritts fordert Galbraith ferner eine enge Kooperation zwischen Großunternehmen und Staat. Vgl. weiterführend: GALBRAITH, J. K. [Capitalism] sowie GALBRAITH, J. K. [New Industrial State].

<sup>276</sup> Einen Überblick zur Entstehung der Neo-Schumpeter-Hypothese gibt GERYBADZE. Vgl.: GERYBADZE, A. [Innovation], S. 99-114.  
Zur Einordnung der Arbeiten von GALBRAITH vgl.: MEIER, B. [Galbraith].

<sup>277</sup> Vgl.: GERYBADZE, A. [Innovation], S. 99 sowie BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 109.

<sup>278</sup> Vgl.: HOCKMANN, H. [Technischer Fortschritt], S. 217.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

des Umfanges des Forschungs- und Entwicklungsaufwandes bzw. der -intensität unter Einbeziehung der Unternehmensgröße (Umsatz- und Vermögenshöhe, Beschäftigtenzahl) durchgeführt, lässt sich sowohl ein positiver, ein unterproportional-positiver als auch ein inverser Zusammenhang zwischen den beiden Größen feststellen.<sup>279</sup> So finden sich Hinweise, dass der relative Innovationsaufwand bzw. die Innovationsintensität mit zunehmender Unternehmensgröße ansteigt, dann konstant bleibt und schließlich wieder abfällt. Diese Beobachtung legt zum einen die, in der Literatur umstrittene, Existenz einer Mindestgröße für eine effiziente Innovationsstätigkeit in Unternehmen nahe. Zum anderen kann eine organisatorische Wachstumsschwelle angenommen werden, nach deren Überschreiten keine Notwendigkeit mehr für die Erhöhung des Forschungsinputs vorhanden ist.<sup>280</sup> Zur Begründung des Vorliegens einer doppelt geknickten Funktion des Innovationsertrages und einer nur gering ausgeprägten Korrelation zwischen Unternehmensgröße und Innovationsintensität lassen sich neben einer nicht adäquaten Definition der exogenen Variablen auch die steigenden Transaktionskosten in großen Unternehmen („diseconomies of scale“) anführen.<sup>281</sup>

Im Gegensatz zur Neo-Schumpeter-Hypothese I, in welcher auf die absolute Unternehmensgröße abgestellt wird, wird in der Neo-Schumpeter-Hypothese II ein Zusammenhang zwischen den Innovationsaktivitäten und der relativen Unternehmensgröße im Vergleich zum Marktvolumen unterstellt. Danach müssen Unternehmen ex ante über Marktmacht und die Aussicht auf ein zeitlich begrenztes Monopol mit Pioniergewinnen verfügen, um die für Innovationen notwendigen Mittel anzusammeln sowie sich vor raschen Marktzutritten Dritter schützen zu können. Entsprechend dieser Theorie weisen Unternehmen in monopolistischen bzw. oligopolistischen Märkten einen höheren Anreiz zur Innovation auf als Unternehmen, die im vollständigen Wettbewerb miteinander stehen und sich durch eine patentgeschützte Innovation einen Vorteil erkämpfen müssen.<sup>282</sup> Auch für diese These kann

---

<sup>279</sup> Vgl.: WICHER, H. [Innovationsverhalten], S. 239.

<sup>280</sup> Im Hinblick auf die Existenz von Mindestschwellen bzgl. der Unternehmensgröße für die Durchführung von wirtschaftlich sinnvollen Forschungs- und Entwicklungsprojekten führt BROCKHOFF an, dass in einigen Branchen entsprechende Schwellen nicht nachweisbar seien. Zudem würde ein verstärkter Trend zu Forschungsk Kooperationen evtl. bestehenden Forschungsschwellen entgegenwirken. BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 110f.

<sup>281</sup> Vgl.: HOCKMANN, H. [Technischer Fortschritt], S. 217.

<sup>282</sup> So sieht vor allem GALBRAITH in oligopolistischen Märkten einen hohen Anreiz zur Schaffung von Innovationen. Vgl.: GALBRAITH, J. K. [Capitalism].



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

auf der Basis empirischer Befunde kein eindeutiger Beweis angetreten werden.<sup>283</sup> So ist hier die von ARROW formulierte Kritik als Ausgangspunkt einer intensiven Hypothesendiskussion zu Marktstruktur und Innovationsrate anzuführen, wonach in der Situation des vollständigen Wettbewerbs ein größerer Wettbewerbs- bzw. Innovationsanreiz besteht als im Monopol.<sup>284</sup>

Eine Berücksichtigung von SCHUMPETERS Ideen findet sich bei PHILIPPS, der auf der Basis von empirischen Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen Marktstruktur und Innovation formuliert.<sup>285</sup> PHILLIPS wie auch MANSFIELD unterstellen, dass für jede Branche spezielle exogene wissenschaftlich-technische Rahmenbedingungen existieren, von denen der unternehmensinterne Suchprozess nach Innovationen abhängig ist.<sup>286</sup> Herrschen dabei im Markt große Unsicherheiten betreffend der zukünftigen technischen Entwicklung, ergibt sich ein weites Spektrum zwischen erfolgreichen und erfolglosen Unternehmen. So ist es einzelnen Unternehmen möglich, aufgrund der Einführung einer erfolgreichen Innovation hohe Gewinne zu erzielen und somit schneller als der Wettbewerb zu wachsen. Hierdurch wird es erfolgreichen Unternehmen möglich, zusätzliche Mittel zur Generierung von Innovationen einzusetzen und ihren Vorsprung weiter auszubauen. Aufgrund der aufgezeigten Zusammenhänge zwischen Innovationen und Marktstruktur ist die Marktkonzentration um so höher,

- (1) je schneller sich die (exogenen) wissenschaftlich-technischen Rahmenbedingungen verändern,
- (2) je unsicherer das Ergebnis des Innovationsprozesses ist,
- (3) je restriktiver die Zugangsbeschränkungen sind,
- (4) je höher der Anteil der Innovationsaufwendungen des Gewinns ist und

---

<sup>283</sup> Vgl.: GRUPP, H. [Messung], S. 58.

<sup>284</sup> ARROW verkehrt die Neo-Schumpeter-Hypothese in ihr Gegenteil, indem er nachweist, dass in Märkten mit einem vollständigen Wettbewerb ein größerer Innovationsanreiz besteht als in einer hochkonzentrierten, monopolistischen Marktstruktur. Vgl.: Arrow, K. [Economic Welfare], S. 605-625.

ARROWS Überlegungen bleiben jedoch nicht unumstritten, da hier vor allem die interdependenten Beziehungen zwischen der Entstehung von Innovationen und der Marktstruktur unberücksichtigt bleiben. Vgl.: MÜLLER, D. [Innovation], S. 15ff.

<sup>285</sup> Vgl.: PHILLIPS, A. [Technology].

<sup>286</sup> Vgl.: MANSFIELD, E. [Technological Chance], S. 80f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

(5) je schwieriger die Imitation von Neuerungen ist.<sup>287</sup>

Die hohe Konzentration innerhalb einer Industrie ist daher weder eine notwendige noch eine hinreichende Bedingung für einen schnellen technischen Wandel.<sup>288</sup> Daher kann gefolgert werden, dass Monopole nicht die Ursache sondern vielmehr die Wirkung von Innovationen sind.<sup>289</sup>

Wird die zeitliche Dimension des Innovationsprozesses in die Analyse mit einbezogen, ist der Frage nach dem optimalen Innovationszeitpunkt nachzugehen. Im Entscheidungskalkül sowohl des etablierten Monopolisten als auch des potentiellen Wettbewerbers ist dabei die Höhe des jeweiligen finanziellen Innovationsanreizes von zentraler Bedeutung. Das Ergebnis des Innovationswettbewerbs kann dabei mit Hilfe des Nash-Gleichgewichts modelliert werden, indem die verschiedenen Reaktionsgeraden der Unternehmen für die jeweils optimalen Innovationsaufwendungen bestimmt werden. Da die theoretische Analyse, wie in Kapitel 2.5.2 gezeigt, für sich gestellt jedoch keine eindeutige Aussage darüber ermöglicht, wer aus dem Innovationswettbewerb als Sieger hervorgeht, sind weitere Variablen in die Analyse mit einzubeziehen.<sup>290</sup>

Werden die möglichen Gewinnströme des Monopolisten denen des Herausforderers für den Zeitpunkt nach der Innovation gegenübergestellt zeigt sich, dass ein hoher „replacement effect“<sup>291</sup> aus Sicht des neuen Wettbewerbers die Innovationsanstrengungen stimuliert und die Anstrengungen des Etablierten hemmt bzw. verzögert. Die verzögernde Wirkung fällt umso höher aus, je höher der ursprüngliche Monopolgewinn ist. Hierbei gilt die Prämisse, dass entweder der Etablierte oder der Herausforderer jeweils ausschließlich über die patentierte Technologie verfügen kann. Befinden sich beide Unternehmen jedoch (noch) nicht im Besitz eines neuen technischen Wissens zur Generierung einer Innovation und müssen dieses Wissens zukaufen bzw. selbst entwickeln, ändert sich das Innovationskalkül. Der nun

---

<sup>287</sup> Vgl.: GERYBADZE, A. [Innovation], S. 113.

<sup>288</sup> Vgl.: MANSFIELD, E. [Technological Chance], S. 68–71 sowie 93f.

<sup>289</sup> Vgl.: PFÄHLER, W.; WIESE, H. [Innovationswettbewerb], S. 1031.

<sup>290</sup> Vgl.: Kapitel.

<sup>291</sup> Der „replacement effect“ beruht auf dem Vergleich der finanziellen Innovationsgewinne des Herausforderers und des etablierten Monopolisten. In einem hohen „replacement effect“ kommt zum Ausdruck, dass der Innovationsgewinn für den Herausforderer höher ist als für den etablierten Monopolisten, da der Etablierte sich lediglich selbst ersetzt, während dessen der Herausforderer durch Innovation selbst zum dominierenden Unternehmen bzw. zum Monopolisten werden kann. Vgl. hierzu weiterführend: ARROW, K. J. [Economic Welfare].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

relevante „efficiency effect“,<sup>292</sup> der durch den Monopolgewinn bzw. die Duopolgewinne nach der Innovation bestimmt wird, bewirkt dabei eine dem „replacement effect“ gegensätzliche Reaktion. Im Falle einer nicht drastischen Innovation, bei der der Cournot-Monopolpreis nach Innovation über den alten Stückkosten liegt, realisiert der Herausforderer einen Duopolgewinn. Fällt hingegen der Cournot-Monopolpreis nach Innovation unter die alten Stückkosten, ist es dem Herausforderer möglich, selbst eine Monopolstellung zu erlangen. Würde hingegen der Monopolist schneller eine Prozessinnovation hervorbringen und durch Patente absichern, könnte der Markteintritt potentieller Wettbewerber verhindert sowie die Monopolrente gesichert und ab dem Innovationszeitpunkt weiter ausgebaut werden. Der finanzielle Innovationsanreiz wird daher für den Etablierten, auch im Vergleich zum Herausforderer, umso höher ausfallen, je größer der Monopolgewinn und je kleiner der Duopolgewinn vermutet wird. Insbesondere für den Fall, dass der Innovationsprozess durch eine große Unsicherheit gekennzeichnet ist, veranlasst die Existenz eines Herausforderers das etablierte Unternehmen dazu die Innovationsanstrengungen zu erhöhen.<sup>293</sup>

Die tatsächliche Dominanz des innovationsbeschleunigenden „efficiency effect“ bzw. des innovationsverzögernden „replacement effect“ kann jedoch nicht a priori vorherbestimmt werden und hängt entscheidend von dem kostensenkenden Effekt der Innovation bzw. der Höhe des Innovationsbudgets ab. Das Entstehen einer Innovation ist dabei für den Fall, dass der Monopolist den Patent-Wettbewerb gewinnt, jedoch nicht unbedingt gegeben, da er die Neuerung nicht notwendigerweise am Markt einführen muss und das Patent auch ruhen lassen kann.<sup>294</sup>

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die SCHUMPETER zugeschriebenen Hypothesen über den Zusammenhang zwischen Innovation, Unternehmensgröße und Marktstruktur nicht zwingend aus dessen Arbeiten abgeleitet werden können. Einzig die

---

<sup>292</sup> Zum „efficiency effect“ vgl. weiterführend: GILBERT, R. J.; NEWBERY, D. M. G. [Preemptive Patenting], S. 605-625.

<sup>293</sup> Die Aussagen gelten grundsätzlich sowohl für Märkte im Bertrand- als auch in Cournot-Wettbewerb. Jedoch ist die Zahlungsbereitschaft für den Herausforderer bei einem kollusiven Duopol (BERTRAND) Null, für den Monopolisten positiv. Im Falle eines nicht-kollusiven Duopols (COURNOT) besteht für jeden Wettbewerber eine positive Zahlungsbereitschaft, wobei die des Monopolisten diejenige des Herausforderers übersteigt.

<sup>294</sup> Nach GILBERT und NEWBERY kann dieses Verhalten von Unternehmen im Rahmen ihrer Patent-Politik als „patent shelving“ oder „sleeping patents“ bezeichnet werden. Vgl.: GILBERT, R. J.; NEWBERY, D. M. G. [Preemptive Patenting], S. 605-625.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Behauptung eines abnehmenden Innovationsrisikos unter dem Einfluss von Marktmacht kann auf das Werk SCHUMPETERS zurückgeführt werden.<sup>295</sup> Nicht zuletzt die Arbeiten von PHILIPPS, MANSFIELD und ARROW<sup>296</sup> haben gezeigt, dass die Neo-Schumpeter-Hypothesen weder theoretisch begründet noch empirisch abgesichert sind.

### **c.) Weiterentwicklung und neuere Forschungsansätze**

Aus Sicht der evolutorischen Theorie bleiben die Überlegungen SCHUMPETERS unvollständig, da keine schlüssigen Aussagen zur Entstehung von Innovationen getroffen werden. Gleiches gilt für den Ablauf des Selektionsprozesses. Dennoch beeinflusste die Lehre SCHUMPETERS wesentlich die Forschungsansätze der evolutorischen Ökonomik.<sup>297</sup> So beruhen die in erster Linie durch die Arbeiten von ARNDT<sup>298</sup> und HEUß begründeten Forschungsansätze zu Marktevolution bzw. Produktlebenszyklen und die auf biologische Analogien basierenden Theorien von ALCHIAN<sup>299</sup> so-

---

<sup>295</sup> Vgl.: GRUPP, H. [Messung], S. 58.

<sup>296</sup> GRUPP vertritt hier einen gegenteiligen Standpunkt. Zwar würdigt er die treffende Analyse der Zusammenhänge zwischen in Arrows Ansatz, bemängelt aber zugleich, dass das Modell den Wettbewerb durch Innovationen und neuen Produkten und Qualitäten nicht erfasst, wodurch das Modell in neoklassischer Tradition auf die Parameter Menge und Preis beschränkt bleibe. Vgl.: GRUPP, H. [Messung], S. 59.

In der hieraus abgeleiteten Aussage, dass somit von einer Widerlegung der Schumpeter-Hypothese nicht gesprochen werden kann irrt m. E. GRUPP, da die Kernaussage der Schumpeter-Hypothese, nämlich die positive Korrelation zwischen Marktkonzentration und Innovation, von ARROW widerlegt werden konnte.

<sup>297</sup> In diesem Zusammenhang sei auf die Arbeiten von HAYEKS und KIRZNERS als Vertreter der späten österreichischen Schule nach SCHUMPETER verwiesen.

In seinen Arbeiten lehnt VON HAYEK die Erklärung und Prognose von sozioökonomischen Entwicklungen mittels der Innovationstheorie ab. VON HAYEK versucht, die Evolutionstheorie der Biologie und die Entwicklung der Sozialwissenschaften - und somit auch der Gesellschaft - miteinander zu verbinden. Vgl.: VON HAYEK, F. A. V. [Werte], S. 38-70 sowie HENNECKE, H. J. [Hayek], S. 361-382.

Die von VON HAYEK beschriebene Gruppenselektion stellt eine biologische Metapher dar, ist aber nach SÖLLNER in einem im ganzen inkonsistenten Theoriegebäude eingegliedert. VON HAYEKS Überlegungen finden ihre Weiterentwicklung in der evolutorischen Spieltheorie. Vgl.: SÖLLNER, F. [Geschichte des ökonomischen Denkens], S. 307.

Auch KIRZNERS Modell zum monopolistischen Wettbewerb, dem eine besondere Betonung der Unvollkommenheit von Information zu Grunde liegt, misst der Rolle von Innovationen keine herausragende Bedeutung zu. Vgl.: KIRZNER, I. M. [Market Theory], S. 112-116 und 258f, KIRZNER, I. M. [Competition], S. 88-134 sowie WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 36 – 38.

Die Rezeption der Ergebnisse der österreichischen Schule, vor allem der Gedanken von VON HAYEKS und KIRZNERS, münden in erster Linie in der Kritik der mit dem geringen Formalisierungsgrad verbundenen schlechten Überprüfbarkeit der Modelle sowie in dem nur in Ansätzen geleisteten Beitrag zur langfristigen Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung. Vgl.: HODGSON, G. M. [Economic Theory], S. 112f.

<sup>298</sup> Vgl.: ARNDT, H. [Schöpferischer Wettbewerb].

<sup>299</sup> Vgl.: ALCHIAN, A. A. [Uncertainty], S. 211-221.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

wie NELSON und WINTER<sup>300</sup> auf den von SCHUMPETER beschriebenen dynamischen Aspekten der ökonomischen Entwicklung. HEUß differenziert, aufbauend auf der Theorie der Marktevolution von ARNDT sowie den Beiträgen von ABRAMOVITZ<sup>301</sup> zu Konjunktur- und Branchenzyklen, als Ergebnis seiner Überlegungen zum Lebenszyklus von Produkten das SCHUMPETERISCHE Modell der Unternehmercharaktere entsprechend der zeitlichen Marktentwicklung von Produkten in seinem Marktentwicklungsmodell in vier Phasen (Abbildung 8) als „Spiegelbild zu dem in ihm wirkenden Unternehmen“.<sup>302</sup> Der Markt-Einführungsphase, die durch Pionierunternehmer geprägt ist, folgt demnach die Expansionsphase, welche hohe Wachstumsraten sowie eine hohe Wettbewerbsintensität aufweist. Spontan imitierende Unternehmen führen in dieser Phase Produkte ein und sind durch Rationalisierungsmaßnahmen gekennzeichnet. In der zeitlichen Ausreifungsphase stehen den auf den Markt hinzutretenden, unter Druck reagierenden Unternehmen bei nunmehr rückläufigen Wachstumsraten kleine Handlungsspielräume zur Verfügung. In der Stagnations- und Rückbildungsphase verdrängen neue Produkte die alten. Pionierunternehmen haben sich neuen Produkten bzw. Märkten zugewandt, während immobile Unternehmen weiterhin im Markt verharren.<sup>303</sup> Die jeweilige Marktphase ist ursächlich für Wettbewerbsintensität und demzufolge für die Höhe der Markteintrittsbarrieren.<sup>304</sup> Insofern stellt die Arbeit von HEUß eine Erweiterung der Theorie SCHUMPETERS vor allem um Diffusionsaspekte dar, indem er den Unternehmerbegriff SCHUMPETERS wesentlich weiter differenziert.

Die HEUßSCHE verhaltensorientierte Unternehmer-Typologie führt folgerichtig zur psychologischen Theorie des Unternehmers. So hebt FEHL in einer auf den Arbeiten von HEUß und RÖPKE basierenden Analyse über Unternehmertypen und Marktanalyse auf die individuellen Handlungsstrukturen von Unternehmerpersönlichkeiten ab, die von personalen Eigenschaften motiviert sind. In seiner Betrachtung be-

---

<sup>300</sup> NELSON und WINTER verfassten mit ihrem 1982 erschienenen Werk „An evolutionary theory of economic change“ einen heftig diskutierten Beitrag, der jedoch gleichsam den Durchbruch der evolutionären Ökonomie darstellt. Neben der Arbeit von HERBERT SIMON wird von beiden vor allem die Theorie SCHUMPETERS als Grundlage ihrer Überlegungen herausgestellt. Vgl.: NELSON, R., WINTER, S. [Evolutionary theorie], S. ix.

<sup>301</sup> Vgl.: Abramovitz, M. [Trends], S. 5-23.

<sup>302</sup> Vgl.: HEUß, E. [Markttheorie], S. 14.

<sup>303</sup> Vgl.: HEUß, E. [Markttheorie], S. 30-85.

<sup>304</sup> Vgl.: GRAUMANN, M. [Wettbewerbstheorie], S. 660.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tont er zum einen die Kompetenz<sup>305</sup> des Individuums, Handlungsmöglichkeiten in der Auseinandersetzung mit der Umwelt zu entdecken. Zum anderen weist er auf die individuelle Motivation, somit auf die Art und Weise hin, wie Kompetenzen zur Realisierung von gewählten Zielen mobilisiert werden.<sup>306</sup>

Bei leistungs- bzw. erfolgsorientiertem Individualverhalten lässt sich eine Kausalbeziehung zwischen eigener Anstrengung und Handlungserfolg herstellen (Leistungsmotivation), welche zu einer spezifischen Auswahl von Handlungsmöglichkeiten führt. Leistungsmotivierte Personen mit einer außerordentlich hohen Kompetenz können somit als Pionierunternehmer und solche mit einer eher überdurchschnittlichen Kompetenz als spontan imitierende Unternehmer identifiziert werden.<sup>307</sup> Entscheidend für die am unterschiedlichen Niveau der Kompetenz sich orientierenden Typenbildung ist daher der Gesichtspunkt, dass sich Unternehmer unterschiedlicher Kompetenz unterschiedlich schwierigen Aufgaben am Markt stellen.<sup>308</sup>

---

<sup>305</sup> Hierbei wird unter dem Begriff der Kompetenz in erster Linie nicht „Intelligenz“, sondern Vorstellungsvermögen, Phantasie, Intuition, Durchsetzungsvermögen u. ä. verstanden. Vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 26.

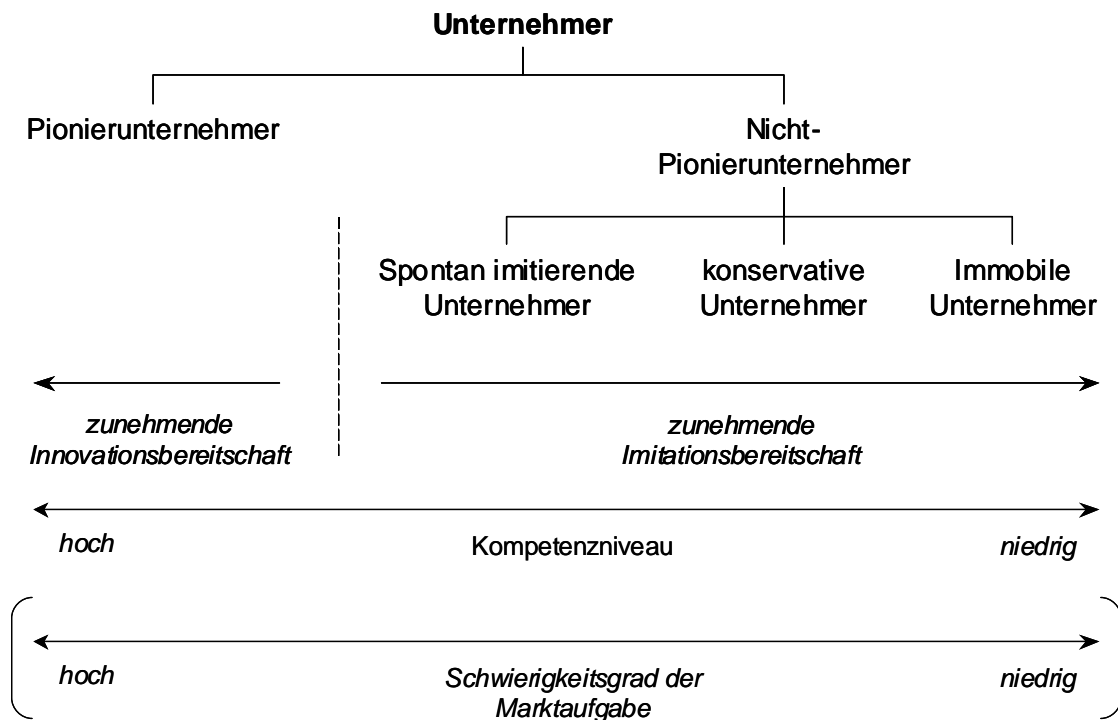
<sup>306</sup> Vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 20.

<sup>307</sup> Vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 25-27.

<sup>308</sup> In der Realität kann hier das Problem der Zuordnung von Grenzfällen bestehen. Dies vor allem vor dem Hintergrund, dass die Bildung diskreter Typen auf der Basis eines Kontinuums des Kompetenzniveaus definitorischer Natur ist und sich an analytischen Zweckmäßigkeiten orientieren muss.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Abbildung 8: Unternehmertypen



Quelle: Eigene Darstellung nach HEUß, E. [Markttheorie], S. 9-14 sowie FEHL, U. [Unternehmertheorie], S. 17-37.

Die in Abbildung 8 aufgezeigte Zuordnung darf nicht zu starr interpretiert werden.<sup>309</sup> So kann das Kompetenz-Niveau einer Person (eines Unternehmens), aus der Motivationstheorie heraus erklärt, aufgrund von Erfahrungen im Zeitablauf nicht als konstant angesehen werden.<sup>310</sup> Diese zeitpunktbezogene Betrachtung entspricht der Unternehmer-Typologisierung von HEUß, welcher einen Wandel des Unternehmer-Typus im Laufe der Marktentwicklung unterstellt. So kann derselbe Unternehmer, je nach seiner individuellen Erfolgsentwicklung, zu verschiedenen Zeitpunkten einem unterschiedlichen Unternehmer-Typus zugeordnet werden.<sup>311</sup> Aufgrund dieser Zeitpunkt-Betrachtung zeigt sich, dass die HEUßSCHE Unternehmer-Typologie aus der Leistungsmotivationstheorie heraus entwickelt werden kann und sich infolgedessen unabhängig von der Marktphasen-Theorie formulieren lässt.<sup>312</sup> Diese

<sup>309</sup> Auch ist hier keine allgemeingültige Typologie beschrieben. Die Analyse beschränkt sich ausschließlich auf die Untersuchung der Beziehung zwischen Unternehmer und Markt, somit auf Marktprozesse. Vgl.: Heuß, E. [Markttheorie], S. 10.

<sup>310</sup> Vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 22-25.

<sup>311</sup> Vgl.: HEUß, E. [Markttheorie], S. 10ff sowie vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 28ff.

<sup>312</sup> Vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 30ff.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Nicht-Kausalität gilt auch für den retrograden Fall, da die Marktphasen von der Nachfrageseite bestimmt werden. Dennoch spricht einiges dafür, dass die unterschiedlichen Marktphasen bei einem jeweils einheitlichen Kompetenzniveau der Unternehmer von einem vorherrschenden Unternehmer-Typus geprägt sind.<sup>313</sup>

Voraussetzung für die Ableitung dieser unterstellten Beziehung ist dabei die Annahme, dass eine tendenzielle Abnahme des Aufgabenschwierigkeitsgrades im Zeitablauf der Marktentwicklung vorliegt. Diese grundsätzliche Abnahme des Schwierigkeitsgrades der Marktaufgabe kann jedoch durch den Markteintritt initiativer Unternehmer unterbrochen bzw. wieder in eine zeitweilige Erhöhung des Schwierigkeitsgrades umgeformt werden.

Die von HEUß propagierte verhaltensorientierte Unternehmer-Typologie führt in der von ALCHIAN evolutorisch begründeten gewinnmaximierenden Verhaltensannahme von Unternehmen zu einem deutlich stärkeren Analogieschluss zwischen Biologie und Ökonomie als bei HEUß. In der von ihm entworfenen Theorie handeln Unternehmen unter dem Eindruck unvollkommener Information, wodurch gewinnmaximales Verhalten nicht möglich bzw. rein zufällig sei. Das Verhalten der Unternehmen folgt einem evolutorischen Prozess, indem erfolgreiche Verhaltensweisen imitiert werden und sich somit durchsetzen. Innovationen entstehen nach dieser Erklärung des wirtschaftlichen Geschehens durch Ausprobieren oder fehlerhafte Imitation.<sup>314</sup>

Das Fehlen einer die Entwicklung stabilisierenden Verhaltensweise, somit einer Verhaltenskonstanz (Gene) in ALCHIANS Modell wird von NELSON und WINTER kritisiert. Sie zeigen ein behavioristisches Verhaltensmodell auf, bei welchem organisatorische Routinen das Verhalten eines Unternehmens charakterisieren. Dabei setzen sich erfolgreiche Routinen, welche in Folge eines ständigen Überprüfens (Mutation) der Umwelt angepasst werden, durch. Explizit stellen NELSON und WINTER in der Analyse der Wettbewerbsmechanismen auf den von SCHUMPETER beschriebenen dynamischen Innovationswettbewerb ab.<sup>315</sup>

Die evolutorische Ökonomie wird von ihren Protagonisten, vor allem aus der österreichischen Schule, als ein Gegenentwurf zur technisch-physikalisch geprägten neoklassischen Ökonomie verstanden. Dabei wird die neoklassische Theorie nicht

---

<sup>313</sup> Vgl.: FEHL, U. [Unternehmenstheorie], S. 32ff.

<sup>314</sup> Vgl.: ALCHIAN, A. A. [Uncertainty], S. 220 sowie weiterführend: ALCHIAN, A. A.; ALLEN, W. R. [Exchange and Production].

<sup>315</sup> Vgl.: NELSON, R.; WINTER, S. [Evolutionary theorie], S. 273–351.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

von allen Vertretern der evolutorischen Ökonomik prinzipiell abgelehnt. So etwa integrieren NELSON und WINTER orthodoxe, neoklassische Aussagen in ihre Überlegungen, halten sie aber im Ganzen dennoch für unrealistisch.<sup>316</sup> Auch wird im Begriff der „spontanen Ordnung“ von VON HAYEK<sup>317</sup> in der Literatur der Ausgangspunkt der Zusammenführung von neoklassischer und evolutorischer Ökonomik gesehen.<sup>318</sup>

### **2.5.3.2 Eigenschaften evolutorischer Modelle in der Ökonomie**

Für die auf den vorangestellten Überlegungen zur evolutorischen Ökonomik basierenden evolutionsökonomischen Modelle können insgesamt folgende grundlegende Eigenschaften aufgeführt werden, wobei nachfolgend der Schwerpunkt der Betrachtung auf der behavioristischen Evolutionstheorie nach NELSON und WINTER liegt.<sup>319</sup>

#### *1. Dynamisches Lernen*

Ziel evolutorischer Modellansätze ist es, ein Phänomen mithilfe seiner zeitlichen Entwicklung zu erklären. Der Ansatz ist ausdrücklich dynamisch und ergebnisoffen, wobei die betrachtete Dynamik nicht als ein bloßer Anpassungsvorgang an exogene Veränderungen zu verstehen ist, sondern endogen generiert wird.<sup>320</sup> Hierzu werden Übergangswahrscheinlichkeiten stochastischer Prozesse betrachtet. Zufall und zielgerichtetes Handeln können eine Variation in den betrachteten Variablen hervorrufen. Dies bedeutet, dass hier Prozesse des nicht-optimalen fehlerbehafteten Lernens und Entdeckens sowie Selektionsmechanismen unterstellt werden.<sup>321</sup> Dabei passt sich das Modell in einem Versuchs-Irrtums-Prozess der Realität an.

#### *2. Mikroökonomische Fundierung*

Die evolutorische Ökonomik ist mikroökonomisch fundiert und basiert demzufolge auf den Entscheidungen und dem Verhalten von einzelnen Unternehmern.<sup>322</sup> Die Heterogenität der Ideen und Verhaltensweisen der einzelnen Akteure stellt folglich,

---

<sup>316</sup> Vgl.: NELSON, R.; WINTER, S. [Evolutionary theorie], S. 399ff.

<sup>317</sup> Vgl.: HAYEK, F. A. v. [Ordnung], S. 102-113 sowie HAYEK, F. A. v. [Phänomene], S. 281-306.

<sup>318</sup> Vgl.: ERDMANN, G. [Evolutorische Innovationstheorie], S. 6.

<sup>319</sup> Vgl.: NELSON, R.; WINTER, S. [Evolutionary theorie], S. 6-11.

<sup>320</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Ökonomisches Denken], S. 305-306.

<sup>321</sup> Vgl.: DOSI, G.; ORSENIGO, L. [Coordination and transformation], S. 25-27.

<sup>322</sup> Vgl.: LUNDVALL, B.-A. [Innovation], S. 348-359.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

im Gegensatz zu Modellansätzen mit der Betrachtung repräsentativer Unternehmer, ein wesentliches Merkmal der evolutorischen Ökonomik dar. Folglich lässt sich begründen, dass keine Aussagen über generelle Motivationen und Handlungsweisen getroffen werden können.<sup>323</sup> Diese nicht aggregierte Betrachtung einzelner Unternehmer macht eine umfangreiche empirische Fundierung der Modelle unabdingbar.<sup>324</sup>

Für den betrachteten Akteur wird das Konstrukt des homo oeconomicus, der uneingeschränkt rational und mit vollkommener Information ausgestattet ist, abgelehnt.<sup>325</sup> Aus dieser Kritik heraus stützt sich die evolutorische Ökonomik auf das Modell eines durch eine nur beschränkte Rationalität gekennzeichneten Akteurs, der unter Unsicherheit handelt.<sup>326</sup> Dieser versucht die Beschränkungen, denen sein wirtschaftliches Handeln unterliegt, zu verändern, um so für sich bessere Lösungen zu erzielen. Das individuelle Verhalten stellt einen Such- und Lernprozess dar, bei dem eine Optimierung nicht mehr möglich ist. Als Suchfunktion entwickeln hier die ökonomischen Akteure sogenannte Routinen.<sup>327</sup> Diese werden im zeitlichen Ablauf erst dann verändert, wenn ihr ökonomischer Erfolg unter ein bestimmtes Anforderungsniveau sinkt. Auf diese Weise wird die Einkommens- oder Gewinnmaximierung des homo oeconomicus durch das Prinzip des satisfying ersetzt, also einem Konzept, das auf ein bestimmtes Zufriedenheitsniveau abzielt.<sup>328</sup> So kann RIZZELLO gefolgt werden, der bzgl. der Mikrofundierung einen deutlichen Subjektivismus sowie eine psychologische Komponente herausstellt.<sup>329</sup>

---

<sup>323</sup> Vgl.: LIPPI, M. [On the dynamics of aggregate macroequations], S. 170-175.

<sup>324</sup> Überlegungen zur empirischen nicht aggregierten Wachstumstheorie fanden bereits in den zwanziger und dreißiger Jahren statt und wurden unter anderem von SCHUMPETER vertreten. Mit der Hinwendung zu makro-basierten Modellen im Zuge der „Keynsianischen-Revolution“ wurden jedoch diese Ansätze zurückgedrängt. Vgl.: METCALFE, J. S. [Knowledge of growth], S. 10.

<sup>325</sup> Dies bedeutet in Bezug auf den technischen Fortschritt, dass eine Berechnung von optimalen Innovationsstrategien aus den ex ante ungewissen Entstehungen von Innovationen unmöglich ist. Vgl.: DOSI, G. [innovative process], S. 222.

<sup>326</sup> Vgl.: NELSON, R.; WINTER, S. [Evolutionary theorie], S. 35.

<sup>327</sup> Es handelt sich hierbei um Verhaltensweisen, die sich im Zeitablauf kaum verändern, die einfach konstruiert sind und in denen sich die kumulierte Erfahrung der Vergangenheit widerspiegelt. Vgl. NELSON, R.; WINTER, S. [Evolutionary theory], S. 96-99. DE PAY lehnt in ihrer Arbeit zum Informationsmanagement von Innovationen in Unternehmen evolutionsökonomische Ansätze ab, da sich Kundenimpulse für Innovationsprozesse nicht routinisieren lassen. Vgl.: DE PAY (Informationsmanagement), S. 15.

<sup>328</sup> Vgl.: CORICELLI, F.; DOSI, G. [economic change], S. 124-129.

<sup>329</sup> Vgl.: RIZZELLO, S. [Microfoundations], S. 104 – 112.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

### *3. Pfadabhängige Strukturbildung und Innovationsentscheidungen*

Auf der Grundlage der beschriebenen Heterogenität treten im zeitlichen Prozess Handlungsalternativen in Beziehung. Diese können zum einen nebeneinander bestehen oder sich gegenseitig verdrängen. Hierbei kann ein irreversibler Selektionsprozess angenommen werden, wie er im Rahmen der Diffusion von neuen Produkten auftritt. Die analytische Grundlage dieses Selektionsmechanismus bildet die sogenannte Replikatordynamik.<sup>330</sup> Veränderungen sind demnach abhängig von der Fitness eines Replikators gegenüber der Fitness konkurrierender Replikatoren. Fitness kann dabei durch die Kosten der Produktion, durch Qualitätsmerkmale des Angebots oder die Häufigkeit der Adoption bestimmt sein. Die Höhe der Replikatordynamik ist somit ein Ausdruck für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens und gibt daher Auskunft über die Überlebensfähigkeit im Selektionsprozess aufgrund einer im Vergleich höheren Effizienz. Der Replikatormechanismus kann aber nicht garantieren, dass der Selektionsprozess auch zu einer effizienten Lösung führt. Vielmehr hängt dies vom Startpunkt und damit von der Ausgangssituation beziehungsweise von Zufallseinflüssen ab. Als Ergebnis kann sich eine stabile Marktaufteilung finden, in welcher sich ein Strukturgleichgewicht einstellt. Hierbei sind Prozesse relevant, die zielgerichtet ablaufen.<sup>331</sup> Auch ohne den Eingriff des Experimentators können somit Strukturen aufgebaut werden.

Innovationen sind in evolutorischen Modellen neben dem Zufall auf das zielgerichtete Handeln von Akteuren zurückzuführen. Innovationsaktivitäten werden im Erklärungsmodell des *satisfying behaviour* dann entfaltet, wenn der gegenwärtige Zustand keinen zufriedenstellenden Erfolg mehr aufweist. Entsprechende Routinen werden dann geändert oder gar verworfen und durch neue ersetzt.<sup>332</sup> Hierbei spielen Erfahrungen aus der Vergangenheit sowie die Beobachtung der eigenen Umwelt und damit die Imitation und das Lernen eine Rolle, wodurch die zukünftigen Neuerungsaktivitäten in die Entscheidungsfindung einfließen. Fortschritt muss

---

<sup>330</sup> Ein Replikator stellt ein elementares, im Ausbreitungszusammenhang auftretendes Muster (Strategie) einer evolutorischen Entwicklung dar. Die Konkurrenz unterschiedlicher Strategien (Replikatoren) kann als Spiel (Evolution) verstanden werden und findet in der Replikatorgleichung ihren Ausdruck. Vgl.: WEIBULL, J. [Evolutionary game theory], S. 69.

<sup>331</sup> Vgl.: SÖLLNER, F. [Ökonomisches Denken], S. 326-328.

<sup>332</sup> Vgl.: Erdmann, G. [Evolutionäre Innovationstheorie], S. 122-123.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

demnach als endogener Faktor verstanden werden. Das Prinzip der Pfadabhängigkeit bestimmt hier die Entwicklungen.<sup>333</sup>

Je nachdem, ob nun Unternehmen technologischen Fortschritt durchführen, nimmt die Heterogenität innerhalb des Sektors zu beziehungsweise ab. Darüber hinaus ist eine Zunahme der Heterogenität auch durch den Zutritt neuer Unternehmen - und so neuer Produktionstechnologien - vorstellbar. In dem Maße wie die erzielten Profite dann das diesbezügliche Anspruchsniveau der Unternehmen übersteigen, lassen Neuerungs-Aktivitäten nach. Zusätzlich kann man auch feststellen, dass in dem Maße, wie sich die technologischen Opportunitäten einer Basisinnovation erschöpfen, die Innovationserfolge immer weniger wahrscheinlich werden.<sup>334</sup>

Die hier diskutierten modelltheoretischen Anforderungen sind in anwendungsorientierten Ansätzen jedoch nicht immer in gleicher und befriedigender Weise umzusetzen.

### **2.6 Ausbreitung und Übernahme von Neuerungen**

#### **2.6.1 Der Innovationsbegriff**

Die Behandlung des Innovationsbegriffs in der innovationstheoretischen Literatur ist, wie in Kapitel 2.5.1 bereits aufgezeigt, weder von einer klar umschriebenen Definition geleitet noch liegt eine allgemein akzeptierte Begriffsdefinition vor.<sup>335</sup> Es zeigt sich, dass das Phänomen der Innovation Forschungsgegenstand unterschiedlichster wissenschaftlicher Disziplinen ist, aufgrund dessen, je nach Standpunkt und Fragestellung, dabei ökonomische, technologische, organisatorische, soziologische oder psychologische Aspekte im Vordergrund der Betrachtung stehen. So ist, ausgehend von den oben dargelegten definitorischen Ansätzen, der Innovationsbegriff entsprechend der Breite seiner wissenschaftlichen Betrachtung präzise zu bestimmen.

SCHUMPETER spricht zunächst von der Durchsetzung neuer Kombinationen, wo-

---

<sup>333</sup> Vgl.: DE ARAUJO, J. [Technology diffusion], S. 89-91.

Zur Pfadabhängigkeit von technischem Fortschritt und wirtschaftlicher Entwicklung vgl.: ROSENBERG, N. [Exploring], S. 9-23.

Zu evolutorischer Ökonomie und Pfadabhängigkeit vgl.: MAGNUSSON, L.; OTTOSSON, J. [Introduction], S. 1-9.

<sup>334</sup> Vgl.: SAVIOTTI, P. [Variety], S. 172-208. Mit einer ähnlichen Begründung lassen sich auch Produkt- und Industrielebenszyklen interpretieren.

<sup>335</sup> Vgl.: Kapitel 2.5.1.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

durch die folgenden fünf Fälle abdeckt werden.<sup>336</sup>

- (1) Herstellung eines neuen, d. h. dem Konsumentenkreis noch nicht vertrauten Gutes oder einer neuen Qualität eines Gutes.
- (2) Einführung einer neuen, d. h. dem betreffenden Industriezweig noch nicht praktisch bekannten Produktionsmethode, die keineswegs auf einer wissenschaftlich neuen Entdeckung beruhen muss.
- (3) Erschließung eines neuen Absatzmarktes, d. h. eines Marktes.
- (4) Eroberung einer neuen Bezugsquelle von Rohstoffen oder Halbfabrikaten.
- (5) Durchführung einer Neuorganisation, wie Schaffung einer Monopolstellung (z. B. durch Vertrustung) oder Durchbrechen eines Monopols.

In der nach-SCHUMPETERISCHEN Literatur werden die genannten fünf Varianten „neuer Kombinationen“ in den beiden Kategorien Prozessinnovationen und Produktinnovationen zusammengefasst.<sup>337</sup> Eine klare Trennung zwischen beiden Innovationsformen ist dabei jedoch nicht möglich, da durch eine verbesserte Technologie auch die Produktqualität steigt.

Prozessinnovationen stellen neuartige Faktorkombinationen dar, durch welche es möglich ist, die Produktion eines bestimmten Gutes kostengünstiger, qualitativ hochwertiger und schneller zu gestalten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Begriff der Prozessinnovation mit dem Begriffsinhalt des in Abbildung 9 dargestellten Innovationsprozesses gleichzusetzen ist.<sup>338</sup> Prozessinnovationen verbessern die Technologie einer Unternehmung und somit die Kostenstruktur. Aus der dadurch nach rechts verschobenen Angebotskurve resultiert eine Verbesserung im Ange-

---

<sup>336</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. 100ff.

<sup>337</sup> Vgl.: Europäische Kommission [Grünbuch], S. 12f.

Eine klare Trennung zwischen beiden Innovationsformen ist dabei jedoch nicht möglich, da durch eine verbesserte Technologie auch die Produktqualität steigt. Vgl.: VOSSKAMP, R. [Innovationen], S. 54.

<sup>338</sup> Diese Darstellung der Innovation als komplexe Aktivität zur Generierung von Innovation wird von MOHR zurecht als „unbrauchbar“ abgetan, obgleich dieser Innovationsansatz in der Literatur zum Innovationsmanagement immer wieder aufgegriffen wird. Vgl. exemplarisch: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 6, THELER, C. [Innovationsmanagement], S. 6f. sowie VOSSKAMP, R. [Innovationen], S. 52f.

In der Literatur wird in diesem Zusammenhang eine Unterscheidung zwischen Innovation im engeren Sinne (Produkt- und Prozessinnovationen, sog. „objektbezogener Innovationsbegriff“) und Innovationen im weiteren Sinne (Innovationsprozess, sog. „prozessualer Innovationsbegriff“) unterschieden. Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 35-47 sowie MEISNER, W. [Innovation], S. 16-21.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

botsverhalten.<sup>339</sup>

Produktinnovationen können grundsätzlich in unterschiedlichen Varianten auftreten. Zum einen können Produktinnovationen neue Märkte schaffen (Theorie der Marktevolution nach HEUß).<sup>340</sup> Zum anderen kann es sich bei Produktinnovationen um Qualitätsverbesserungen handeln.<sup>341</sup> Durch Produktinnovationen wird nicht der Kombinationsprozess der einzelnen Produktionsfaktoren, sondern vielmehr der Verwertungsprozess am Markt berührt. Hier werden dem Nachfrager neuartige Leistungen angeboten, die es erlauben, neue Bedürfnisse zu erfüllen bzw. bekannte Bedürfnisse auf neuartige Weise zu erfüllen. Im Vergleich zu Prozessinnovationen, die in der Regel nur einen innerbetrieblichen Aspekt verfolgen und sich hier durchsetzen müssen (sofern das Vertreiben von Prozessen nicht zum Leistungszweck der Unternehmung gehört), müssen sich Produktinnovationen am Markt durchsetzen.<sup>342</sup>

Im Rückgriff auf den Ansatz SCHUMPETERS bzw. auf die Kategorisierung in Prozess- und Produktinnovationen sind in der Literatur verschiedenste Definitionen zum Innovationsbegriff entwickelt worden. Einen allgemeinen Überblick über die verwendeten definitorischen Ansätze gibt HAUSCHILDT.<sup>343</sup> Demnach können Innovationen zweckmäßig nach dem Ausmaß der Neuartigkeit (u. a. BARNETT), der Wahrnehmung der Neuigkeit (u. a. ROGERS), der Erstmaligkeit der Neuigkeit (u. a. SCHMOOKLER 1966), der Erstmaligkeit einer Ziel-Mittel-Kombination (PFEIFFER/STAUDT) und nach dem Verwertungsbezug (u. a. BROCKHOFF) eingeordnet werden.<sup>344</sup>

HAUSCHILDT erarbeitet hieraus vier Dimensionen zur Bestimmung des Innovationsbegriffs bzw. des Innovationsgehaltes einzelbetrieblicher Entscheidungs- und

---

<sup>339</sup> Vgl.: VOßKAMP, R. [Innovationen], S. 54f.

<sup>340</sup> Vgl.: HEUß, E. [Markttheorie] sowie Kapitel 2.5.3.1.

<sup>341</sup> Nach VOßKAMP handelt es sich bei den meisten Produktinnovationen „lediglich“ um Qualitätsverbesserungen. Vgl.: VOßKAMP, R. [Innovationen], S. 54f.

<sup>342</sup> Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 9.

<sup>343</sup> Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 5f.

<sup>344</sup> Vgl.: BARNETT, H. G. [Innovation], ROGERS, E. M. [Diffusion] und ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication], SCHMOOKLER, J. [Invention], PFEIFFER, W.; STAUDT, E [Innovation] sowie BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung].

Eine auch von HAUSCHILDT angeführte Einordnung nach dem Prozessaspekt (Gleichsetzung von Innovation und Innovationsprozess) soll hier der Vollständigkeit halber erwähnt werden, obgleich dieser Ansatz vom Autor als nicht geeignet angesehen wird. Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 6.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Durchsetzungsprobleme:<sup>345</sup>

- (1) Die inhaltliche Dimension: Was ist neu?
- (2) Die prozessuale Dimension: Wo beginnt und wo endet die Neuerung?
- (3) Die subjektive Dimension: Neu für wen?
- (4) Die normative Dimension: Ist neu gleich erfolgreich?

Die ersten drei Kategorien stellen dabei auf die inhaltliche bzw. die räumlich-zeitliche Abgrenzung des Innovationsbegriffs ab und spiegeln so die bereits angeführten Definitionsansätze wider.

Hingegen greift die vierte Kategorie die Wirkungen von Innovationen auf und nimmt somit implizit Bezug auf ein Zielsystem des Verwenders. In der Literatur wird teilweise vorgeschlagen, den Begriff der Innovation nur für solche Produkte und Verfahren zu verwenden, die eine messbare Verbesserung gegenüber dem Status vor Einführung der Innovation ermöglichen. Demnach muss der Zielerfüllungsgrad der neuen Produkte und Verfahren höher sein als jener der zuvor verwendeten. Somit wird unterstellt, dass der Anwender ein definitives Zielsystem besitzt und das daraus ein Werturteil über die Verbesserung durch die Innovation abgeleitet werden kann.<sup>346</sup> Die Erforschung von Zielen hat gezeigt, dass in innovativen Situationen diese schwer bestimmbar sind, nicht generalisiert werden können und unterschiedlich gewichtet sind. Demnach ist das, was eine Verbesserung ist, je nach Zielsystem des Betrachters sehr unterschiedlich.<sup>347</sup> Wird dementsprechend auf die einzelbetriebliche Betrachtung von Innovationen abgestellt, können Produktivitätskennzahlen, im weiteren Sinne also erzielte Zusatzgewinne, zur Beurteilung einer Neuerung herangezogen werden.<sup>348</sup> Innovationen in der Vergangenheit können auf diese Weise ex post beurteilt werden. Die Beurteilung des zukünftig erwarteten Innovationserfolges hängt jedoch maßgeblich von der Einschätzung der für die Umsetzung einer Innovation zuständigen Entscheider ab.<sup>349</sup>

---

<sup>345</sup> Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 7.

<sup>346</sup> Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 19f.

<sup>347</sup> Hier sei auf die Innovations-Beispiele Atomenergie und Anti-Baby-Pille verwiesen. Diese Produkte werden im Zielsystem verschiedener Interessengruppen sehr unterschiedlich bewertet und stehen im Spannungsfeld unterschiedlicher Weltanschauungen.

<sup>348</sup> Vgl.: Kapitel 2.2.

<sup>349</sup> Hier sei auf die verschiedenen Unsicherheiten im Innovationsprozess verwiesen, durch die ein Innovationsprozess gekennzeichnet ist. Vgl.: VOSKAMP, R. [Innovationen], S. 55f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Es zeigt sich, dass aufgrund der Vielfalt der Bemessungsprobleme eine generelle, normative Abgrenzung des Innovationsbegriffs auf der Basis absoluter Erfolgsparameter ex ante an enge Grenzen stößt. Die Frage, ob eine Innovation erfolgreich werden wird, hängt letztendlich von den individuellen Nutzungsbedingungen sowie der Einschätzung des Erwartungsnutzens ab.

### **2.6.2 Der Innovationsprozess**

Wird eine Erklärung des Innovationsphänomens angestrebt, ist eine Analyse des Innovationsprozesses erforderlich. Die Verwendung des Begriffes „Innovationsprozess“ geschieht in der Literatur dabei ähnlich kontrovers wie die begriffliche Verwendung der Innovation.<sup>350</sup>

Der Innovationsprozess lässt sich, unter Zugrundelegung einer betriebswirtschaftlichen und projektbezogenen Sichtweise, generell als der „befristete Raum verstehen, innerhalb dessen die zur Genese einer Produktinnovation erforderlichen Arbeitsschritte in einer idealtypisch logischen Reihenfolge durchzuführen und abzuschließen sind“.<sup>351</sup> Die Darstellung des Innovationsprozesses kann sich zum einen an dessen äußerem Erscheinungsbild orientieren oder zum anderen an der inneren Struktur des Prozessablaufes ausgerichtet sein. Dabei bezieht sich das äußere Erscheinungsbild in erster Linie auf die Merkmale, nach denen der Gesamtprozess in einzelne Teilschritte, somit Prozessphasen unterteilt werden kann. Der innere Aufbau stellt hingegen auf die Transformationsbeziehungen zwischen den Input- und Outputvariablen ab. Beiden Klassifikationsmethoden ist dabei das Problem der Abgrenzung zu anderen Gebieten, die Frage nach Beginn und Ende des Innovationsprozesses sowie die Schwierigkeit der möglichst trennscharfen Abgrenzung der definierten Phasen gemein.<sup>352</sup> Ferner ist es möglich, dass die Initiative und die Durchführung der einzelnen Innovations-Aktivitäten nicht bei einer einzigen Organisation verbleibt. So ist vor allem bei Investitionsgütern zwischen nutzerdominierten und herstellerdominierten Innovationsprozessen zu unterscheiden.<sup>353</sup>

In der Literatur ist ein breites definitorisches Spektrum an Phasenmodellen vorzufinden, die nach Gliederung, Gliederungstiefe und Bezeichnung der einzelnen Pha-

---

<sup>350</sup> Vgl.: STUDINKA, C. [Integratives Management], S. 20.

<sup>351</sup> Vgl.: CRATZIUS, M. [Innovationsprozesse], S. 5.

<sup>352</sup> Vgl.: REICHERT, L. [Evolution], S. 30f.

<sup>353</sup> Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 38f.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

sen zum Teil erheblich differieren. Neben hochdifferenzierten Gliederungen werden Modelle mit nur wenigen, bis hin zu lediglich zwei Prozessphasen beschrieben.<sup>354</sup> Alle Modelle basieren auf der Strukturierung des zeitlichen Ablaufs des Innovationsprozesses, die aus dem jeweiligen Untersuchungszweck abgeleitet wird. Dabei wird stets eine deskriptive und eine explorative Zielsetzung verfolgt. Auch orientiert sich eine Vielzahl von Modellen an Schemata zur Strukturierung von Planungs- und Entscheidungsprozessen, wodurch nach REICHERT die Fülle von vertikal und horizontal gegliederten Teilprozessen, die überwiegend simultan ablaufen und untereinander verflochten sind, nicht adäquat abgebildet werden kann. Daneben stellt dieser Autor in seiner Kritik gegenüber den in der Literatur beschriebenen Modellen auf den mangelnden, für die Bildung einer Theorie notwendigen Grad an Allgemeingültigkeit ab.<sup>355</sup> Entsprechend den Anforderungen von REICHERT sollen Phasenmodelle erklären, wie Aktivitäten, indem sie auf (Innovations)Objekte einwirken, Ergebnisse generieren.<sup>356</sup>

Dieser Anforderung entspricht die auf die Terminologie von SCHUMPETER zurückzuführende, gebräuchlichste Einteilung des Innovationsprozesses,<sup>357</sup> obgleich auch diese in der Literatur einer kritischen Diskussion entsprechend der allgemeinen Kritik an Phasenmodellen unterworfen ist.<sup>358</sup> Der Innovationsprozess lässt sich nach diesem Modell, bezogen auf die Durchsetzung neuer Technologien, in einer zeitlichen Abfolge in drei Phasen abbilden, welche die Inventionsphase, die Innovationsphase und die Diffusionsphase umfasst.<sup>359</sup>

Dieses Phasen-Modell ist hier, wie in Abbildung 9 dargestellt, um die Aspekte der Kognition und Imitation auf ein vier Phasen umfassendes Modell erweitert, wobei die Imitation unter dem Gesichtspunkt der Marktdiffusion nicht zwingend als eigenständige Phase im Innovationsprozess aufgefasst wird. Dabei ist die Kognition nicht immer zwingend dem Innovationsprozess vorangestellt bzw. dessen notwendiger Ausgangspunkt. Die Kognition umschreibt die Entdeckung natürlicher Phänome-

---

<sup>354</sup> Vgl.: REICHERT, L. [Evolution], S. 31ff sowie CRATZIUS, M. [Innovationsprozesse], S. 7.

<sup>355</sup> Vgl.: REICHERT, L. [Evolution], S. 33.

<sup>356</sup> Vgl.: REICHERT, L. [Evolution], S. 34.

An dieser Stelle sei betont, dass die sich auf das Innovationsobjekt und den -prozess beziehenden Systematisierungsversuche – somit die diskutierten Phasenmodelle – keinen Erklärungsgehalt im Bezug auf die Entstehung des Innovationsphänomens als solches besitzen.

<sup>357</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 25f.

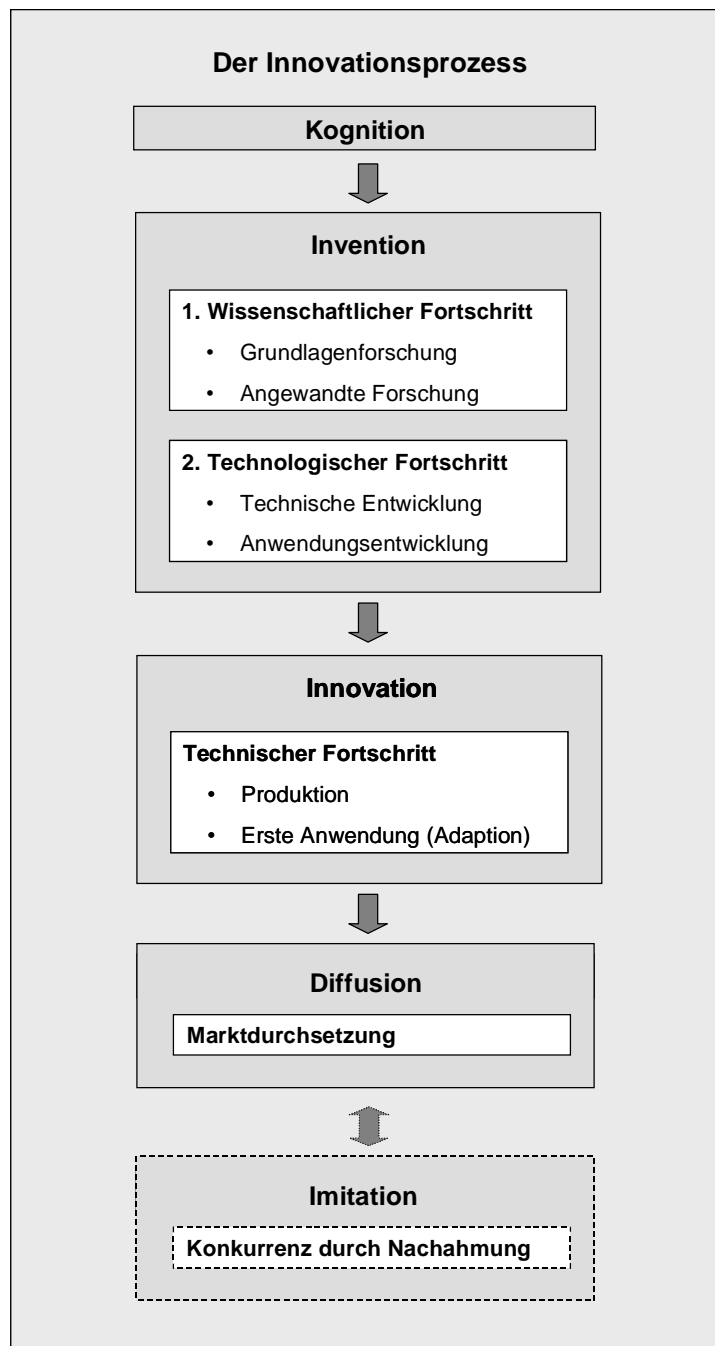
<sup>358</sup> Vgl.: REICHERT, L. [Evolution], S. 31.

<sup>359</sup> Vgl.: SCHUMPETER, J. A. [Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung], S. 100f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

ne<sup>360</sup> als Auslöser der Grundlagenforschung.

Abbildung 9: Allgemeines Phasen-Schema des Innovationsprozesses



Quelle: Eigene Darstellung nach MOHR, H.-W. [Technologien], S. 26, ROPOHL, G. [Systemtheorie], S. 273 sowie BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 38.

<sup>360</sup> So etwa die Zusammensetzung des Lichtes aus Spektralfarben.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Im Schema des Innovationsprozesses stellen Invention, Innovation und Diffusion (incl. der Imitation) das Ergebnis der jeweiligen Innovationsaktivitäten dar.<sup>361</sup>

### (a) Inventionsphase

Die Inventionsphase umfasst sowohl den wissenschaftlichen als auch den technologischen Fortschritt und somit den Zeitraum der Forschung und Entwicklung im Innovationsprozess.<sup>362</sup> Überwiegend verbreitet ist die Aufteilung der Forschung und Entwicklung in die drei Teilaktivitäten Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung (technische Entwicklung und Anwendungsentwicklung).<sup>363</sup> Die zunächst zweckfreie Grundlagenforschung<sup>364</sup> generiert bei einem erfolgreichen Verlauf, neue wissenschaftliche Erkenntnisse. Da ihre Ergebnisse meist als öffentliches Gut vorliegen und damit nicht schutzfähig sind, werden diese Forschungsaktivitäten von der öffentlichen Hand i. d. R. zumindest kofinanziert.<sup>365</sup> Die angewandte Forschung hingegen soll zu neuen „entwicklungsreifen“ Erkenntnissen führen. Der Übergang zum technologischen Fortschritt ist durch die Phase der technischen Entwicklung gekennzeichnet, die durch die Schaffung eines technischen Prototyps ihren Abschluss findet. Die darauf folgende Anwendungsentwicklung hat die Entstehung eines anwendungsreifen Prototyps zum Ziel.<sup>366</sup>

Die Probleme der Phasen-Modelle zur Darstellung der Innovationsgenerierung treten vor allem bei der Analyse des Inventionsprozesses zutage. So suggeriert die Gliederung der Begriffe einen notwendigen zeitlichen Ablauf,

---

<sup>361</sup> Die Imitation von Neuerungen wird hier ebenfalls als eine Innovationsaktivität aufgefasst, da vielfach das Imitationsmanagement als Kleinholz - Bestandteil eines umfassenden Innovationsmanagements verstanden wird. Vgl.: HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 47.

<sup>362</sup> Zur begrifflichen Definition vgl.: HEUER, G. C. [Forschung], S. 18.

<sup>363</sup> Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 51. Die Aufgliederung der Forschungs- und Entwicklungsphase entspricht auch der von der OECD im Frascati-Handbuch angewandten Begriffsbestimmung. Vgl.: OECD [Frascati Manual 1993], S. 68ff.

<sup>364</sup> Im Gegensatz hierzu steht die von der Industrie mitgetragene „zweckorientierte Grundlagenforschung“. Vgl.: BÜRCEL, H. D.; HALLER, C.; BINDER, M. [F&E-Management], S. 10.

<sup>365</sup> Vgl.: HÜBNER, H. [Innovations- und Technologiemanagement], S. 1546f. Zur Diskussion um Möglichkeiten und Grenzen staatlicher Innovationsförderung vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 115-136 sowie BÖTTGER, J. [Innovationsförderung], S. 209-219.

<sup>366</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 27f.

IHLAU und RALL bezeichnen die in der Inventionsphase generierten Erkenntnisse als potentiellen technischen Fortschritt, da sich dieser, im Gegensatz zum realisierten technischen Fortschritt, der mit dem Begriff der „Innovation“ gleichgesetzt wird, der „statistischen Erfassung“ entzieht. Vgl.: IHLAU, T.; RALL, L. [Messung], S. 23.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

was zwar häufig, jedoch nicht für alle Fälle durch empirische Befunde belegt werden kann.<sup>367</sup> Vor allem die Beurteilung der Stellung der Grundlagenforschung im Innovationsprozess wird in der Literatur intensiv betrachtet. Insbesondere vor dem Hintergrund langer Forschungsperioden birgt die reine, zweckfreie Grundlagenforschung ohne Beziehung auf ein neues Produkt Unsicherheiten im unternehmerischen Entscheidungsprozess. Auch werden die entsprechenden Begriffe nicht immer identisch verwendet oder sind nur unzureichend untereinander abgegrenzt.<sup>368</sup>

### (b) Innovationsphase

Die Innovationsphase hat die Produktion und die erstmalige Markteinführung der Innovation als marktfähige Problemlösung zum Gegenstand.<sup>369</sup> Der Innovationsphase kommt daher im gesamten Innovationsprozess eine herausragende Bedeutung zu, da die hier zusammengefassten Aktivitäten letztlich für eine erfolgreiche Markteinführung und spätere Marktdiffusion der Innovation bestimmend sind. Der Abschluss der Innovationsphase, in welcher erstmals potentieller technischer Fortschritt, wenn auch zunächst nur im Umfang einer Erstinnovation, in tatsächlichen technischen Fortschritt überführt wird, stellt zugleich den Beginn der Diffusionsphase dar.<sup>370</sup> So ist der Vorgang des technischen Fortschritts dann beendet, wenn die Innovation in allen möglichen Anwendungsbereichen durch Erstnutzer (Pioniere) voll adaptiert ist.<sup>371</sup>

Die mit der Realisierung einer Innovation einhergehenden Risiken können durch das Verhältnis von technisch durchführbaren und wirtschaftlich erfolgreichen Innovationen verdeutlicht werden. So berichtet BERTH die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung unter deutschen Unternehmen, wonach von neun Basiskonzepten lediglich eines als erfolgreiche Innovation am

---

<sup>367</sup> BROCKHOFF berichtet von Ergebnissen, wonach das Schwergewicht der Grundlagenforschung etwa 25 Jahre vor der auf ihrer Grundlage generierten Innovation liegt, während die angewandte Forschung sowie die Entwicklung auf das Jahrzehnt vor der Innovationsentstehung konzentriert ist. Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 53f.

<sup>368</sup> Einen Überblick zur Definition unterschiedlicher Teilbereiche gibt BROCKHOFF. Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 52f.

<sup>369</sup> Vgl.: STUDINKA, C. [Integratives Management], S. 20.

<sup>370</sup> Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 35ff.

<sup>371</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 27f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Markt platziert werden konnte. Die Analyse der Erfolgsaussichten von Innovationsprojekten zeigt demnach, dass von 100% der Projektideen lediglich 11,7% als Produkte am Markt lanciert wurden. Davon waren 11,1%, oder 1,3% der Basisideen, als Innovation erfolgreich.<sup>372</sup> Von ähnlichen Ergebnissen berichtet DREWS, wonach elf schriftlich fixierte Erstideen benötigt werden, um eine Innovation am Markt zu lancieren.<sup>373</sup> Insgesamt bindet die eigentliche Realisierung der Innovation deren Implementierung im Unternehmen und am Markt den größten Kostenanteil im gesamten Innovationsprozess.<sup>374</sup>

### (c) Diffusions- und Imitationsphase

Ist von Innovatoren (Pionieren) aufgrund einer erfolgreichen Nutzung die Verwendung einer Innovation bewiesen worden, setzt die Durchdringung des Marktes ein.<sup>375</sup> Dabei ist die Diffusionsgeschwindigkeit der Innovation vom Übernahmeverhalten der dem Pionierunternehmer folgenden Unternehmer-Typen (spontan imitierende Unternehmer, konservative Unternehmer und immobile Unternehmer) abhängig.<sup>376</sup> Im Idealfall erfolgt im Zeitverlauf eine 100% - Übernahme der Innovation im Markt.<sup>377</sup>

Werden Wettbewerber des die Innovation herstellenden Unternehmens durch die Wahrnehmung eines erfolgreichen Diffusionsverlaufes dazu veranlasst, die Neuerung durch Imitation nachzuahmen, kann der Diffusionsprozess der ursprünglichen Neuerung u. U. erheblich beeinflusst werden.<sup>378</sup>

Dieses in der Literatur als „horizontale Diffusion“ bezeichnete Phänomen ist nach HAUSCHILDT schwieriger zu bestimmen und zu erklären als die eigentliche Innovation.<sup>379</sup> Diffusion und Imitation stellen in der Entwicklung der

---

<sup>372</sup> Als erfolgreiche Innovation wurde definiert: Produkte die 1. vom Markt sehr gut aufgenommen werden und deren Absatzzahlen über denen des jeweils aufgestellten Umsatzplanes liegen; 2. nach spätestens vier Jahren den Break-even-Punkt erreichen und 3. eine Rendite über der Durchschnittsrendite des lancierenden Unternehmens aufweisen. Vgl.: BERTH, R. [Innovationen], S. 33.

<sup>373</sup> Vgl.: DREWS, M. [Produkt- und Verfahrensinnovation], S. 254.

<sup>374</sup> Vgl.: SCHEUTEN, W. K. [Einführung], S. 556.

<sup>375</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 29f.

<sup>376</sup> Vgl.: Kapitel 2.5.3.1.

<sup>377</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 10f.

<sup>378</sup> Vgl.: BROCKHOFF, K. [Forschung und Entwicklung], S. 37.

<sup>379</sup> Vgl.: STUDINKA, C. [Integratives Management], S. 20 und HAUSCHILDT, J. [Innovationsmanagement], S. 46f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Marktphasen sich gegenseitig z. T. erheblich beeinflussende Teilaspekte im Prozess der Marktdurchdringung von Neuerungen dar.<sup>380</sup> Aufgrund dessen können beide Phänomene in der Diffusionsphase zusammengefasst werden, die damit den eigentlichen Abschluss des Phasen-Schemas darstellt.

### **2.6.3 Adoption**

Der gesamte Übernahmeprozess von Innovationen durch eine Anzahl von Personen oder Unternehmen besteht aus zwei voneinander abhängiger Prozesse: Dem individuellen Adoptionsprozess und dem Diffusionsprozess innerhalb der betrachteten Personen- oder Unternehmensgruppe.<sup>381</sup>

Die Übernahme einer Innovation durch ein Individuum oder eine Gruppe von Individuen wird in der Innovations- und Diffusionsforschung als Adoption bezeichnet.<sup>382</sup> Der individuelle Adoptionsprozess kann dabei als geistiger Prozess aufgefasst werden, den eine Einzelperson vom ersten Gewahrwerden bis zu der Übernahme der Innovation durchläuft. Die Dauer der Adoptionsperiode ist die Grundlage mehrerer Maße, anhand derer das Übernahmeverhalten von Personen und Gruppen quantifiziert werden kann. Das in der Literatur am häufigsten verwendete Übernahmemaß ist die auf der „innovativeness-scale“ von ROGERS basierende Adopterkategorisierung.<sup>383</sup> In ihr kommt der relative Zeitpunkt der Übernahme einer Innovation durch ein Individuum, im Vergleich zu dem zeitbezogenen Übernahmeverhalten der übrigen Individuen des beobachteten sozialen Systems, zum Ausdruck. Aufgrund der in empirischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnis, dass die zeitliche Verteilung der Innovations-Übernahme um den Mittelwert der Gesamtheit aller Übernahmen in einem sozialen System in etwa einer Normalverteilung folgt, kann die relative Zeit der Übernahme in Maßeinheiten der Normalverteilung (Standard Scores) ausgedrückt werden.<sup>384</sup> Die normalverteilte Häufigkeitsverteilung der Adoption in Abhängigkeit der Zeit wird dabei vor allem auf die normalverteilte Verbreitung von Informationen betreffend die Neuerung und die Normalverteilung von Lernef-

---

<sup>380</sup> Ein allgemeines Konzept zu Markteintrittsbarrieren gibt PORTER, einen speziellen Überblick zum Imitationsverhalten SCHEWE. Vgl.: PORTER, M. E. [Wettbewerbsvorteile] sowie SCHEWE, G. [Imitationsmanagement].

<sup>381</sup> Vgl.: ALBRECHT, H. [Adoption-Forschung], S. 326.

<sup>382</sup> Vgl.: PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 342.

<sup>383</sup> Vgl.: THELER, C. [Innovationsmanagement], S. 12.

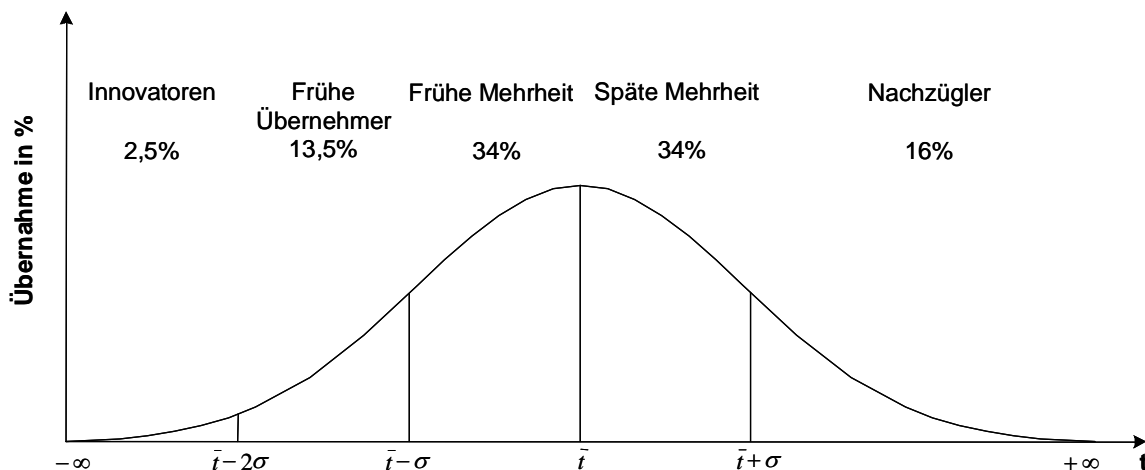
<sup>384</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Categorizing] sowie BEAL, G. M.; ROGERS, E. M. [Adoption].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

fechten bei den Anwendern der Neuerung sowie auf die damit verbundene normalverteilte Reduktion der Unsicherheit im Verlauf des Diffusionsprozesses zurückgeführt.<sup>385</sup>

Mittels der von ROGERS vorgenommenen Unterteilung der Gesamtverteilung in gleich große Zeitabschnitte ist es möglich, die einzelnen Übernehmer entsprechend ihrer Übernahme-Rangfolge den Zeitabschnitten im Zahlenverhältnis einer Normalverteilung zuzuordnen. Das Verhältnis der Summe der ermittelten Übernahmezeitpunkte der verschiedenen Innovationen zur Zahl der Innovationen gibt dabei das Ausmaß an, um das ein Individuum relativ früher als andere Mitglieder des betrachteten sozialen Systems Innovationen übernimmt. Das so gewonnene Maß ist von der spezifischen Innovation unabhängig und dient der Kategorisierung der Übernehmer entsprechend ihrer Platzierung auf der Normalverteilung. Entsprechend empirischer Untersuchungen kann die Gesamtverteilung – im Falle eines idealtypischen Diffusionsverlaufs - in verschiedene Abschnitte eingeteilt und fünf Unternehmertypen entsprechend ihres relativen Übernahmezeitpunktes zugeordnet werden (Abbildung 10).<sup>386</sup>

Abbildung 10: Normale Häufigkeitsverteilung von Innovationen



Quelle: Eigene Darstellung nach ROGERS, E. M. [Categorizing], S. 51.

<sup>385</sup> Vgl.: DURTH, R. [Diffusion], S. 1625.

Die Charakterisierung verschiedener Adopterkategorien geht auf die Ergebnisse der von RYAN und GROSS durchgeführten Untersuchung über die Ausbreitung von Hybridsaatgut in Iowa zurück. Vgl.: RYAN, B.; GROSS, N. C. [Hybrid Seed Corn], S. 15-24.

<sup>386</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Adopterkategorisierung findet sich bei ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication], S. 174-191 sowie bei ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 252-280.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Der in Abbildung 10 für die Übernahme des Wuchsstoff-Herbizides 2,4-D in Iowa beispielhaft aufgezeigten Verteilungsfunktion des zeitlichen Verlaufs einer stetigen Zufallsvariablen liegt eine Dichtefunktion von glockenförmigem Charakter zu Grunde. Diese Glockenkurve besitzt Wendepunkte bei den Abszissen  $t+\sigma$  bzw.  $t-\sigma$ . Die Fläche unter der glockenförmigen Funktion entspricht definitionsgemäß dem Umfang aller Stichproben, repräsentiert somit 100% der Messwerte. Für eine t-normalverteilte Zufallsvariable  $N$  gelten folgende gerundete (Flächen)Werte:

$$W = \{\bar{t} - \sigma \leq N \leq \bar{t} + \sigma\} = 68,27\% \text{ der Fläche}$$

$$W = \{\bar{t} - 2\sigma \leq N \leq \bar{t} + 2\sigma\} = 95,45\% \text{ der Fläche}$$

$$W = \{\bar{t} - 3\sigma \leq N \leq \bar{t} + 3\sigma\} = 99,73\% \text{ der Fläche.}$$

Die Adopterkategorisierung und die ihr zugrunde liegenden Verfahren der Innovativeness-Skalierung von ROGERS fußen auf der Annahme einer vollständigen Übernahme bei einer fortlaufenden Anwendung der Neuerung, wobei Diskontinuitäten nicht erfasst werden.

Ein bedeutender Vorteil der Adopterkategorisierung liegt in der einfachen und effizienten Unterscheidung von Individuen in Abhängigkeit ihres Neuerungsverhaltens. Auch ermöglichen Übernahmemaße, die wie die Adopterkategorisierung von ROGERS auf mehrere Innovationen bezogen sind (sog. multipractice adoption behavior) - im Gegensatz zu „singlepractice adoption behavior“ Maßen, die lediglich den Übernahmestatus zum Untersuchungszeitpunkt bezogen auf eine Innovation dokumentieren - eine weniger zufallsabhängige Aussage über das Adoptionsverhalten eines Individuums.<sup>387</sup> Die ausschließliche Verwendung von Multipractice-Maßen kann jedoch dazu führen, dass Differenzierungen des Übernahmeverhaltens erschwert wahrgenommen werden. Auch verleitet die Anwendung der Adopterkategorisierung zu der in der Realität widerlegten Annahme, dass die Zugehörigkeit zu einer Kategorie eine ständige Eigenschaft des betreffenden Individuums sei.<sup>388</sup> Es zeigt sich daher, dass eine Betrachtung der mit dem Multipractice-Maß korrelierten Faktoren nicht ausreicht um die Ursachen zur Übernahme von Innovationen zu analysieren.

---

<sup>387</sup> Vgl.: ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 34ff.

<sup>388</sup> So ist es möglich, dass die Kategorisierung einer Person bereits nach einigen Jahren stark von der Ausgangssituation differieren kann.



### **2.6.4 Diffusion**

#### **2.6.4.1 Die Nachfrager-Perspektive**

Die Diffusion ist der Prozess der zeitlichen Ausbreitung einer Innovation in einem sozial-räumlichen System. Jede einzelne Adoption durch eine Übernahmeeinheit stellt dabei einen Schritt im Diffusionsprozess der betrachteten Innovation dar.

Eine grundlegende (kommunikationsbezogene) Definition des Begriffs stammt von ROGERS, wonach Diffusion eine Entwicklung darstellt, in welcher eine Innovation im Zeitverlauf zu den verschiedenen Mitgliedern (Individuen) eines sozialen Systems kommuniziert wird.<sup>389</sup> Der Diffusionsprozess ist nach ROGERS durch die vier Elemente Innovation, Kommunikation bzw. die genutzten Kommunikationskanäle, die Zeit sowie das soziale System charakterisiert.<sup>390</sup> In Kritik der einzelindividuellen Betrachtung definieren KATZ, LEVIN UND HAMILTON abweichend zu ROGERS als weitere bedeutende Vertreter der agrarsoziologischen Diffusionsforschung die Übernahme einer Innovation im Zeitablauf durch Individuen, Gruppen aber auch andere Übernahmeeinheiten, verbunden mit spezifischen Kommunikationskanälen, einer sozialen Struktur und einem gegebenen Wertesystem bzw. einer Kultur.<sup>391</sup> Dabei werden neben der spezifischen Innovation die Übernahmeeinheit, die spezifischen Kommunikationswege sowie das geltende Wertesystem als wesentliche Determinanten des Diffusionsprozesses hervorgehoben, was zu einer differenzierteren Begriffsbestimmung als bei ROGERS führt.<sup>392</sup>

Zur Quantifizierung der Ausbreitung von Innovationen wird neben verschiedenen Zustands- und Prozessmaßen, für deren Vor- und Nachteile grundsätzlich dieselben Argumente gelten wie bei den angeführten Adoptionsmaßen und daher hier nicht weiter beschrieben werden sollen, insbesondere ein u. a. auf WINDHORST zurückzuführendes Phasen-Konzept zur räumlich Ausbreitung von Neuerungen he-

---

<sup>389</sup> Dabei betont er, dass hier ein spezieller Typ von Kommunikation in sofern unterstellt wird, dass die ausgetauschten Botschaften sich mit neuen Ideen bzw. Innovationen befassen. Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 5.

<sup>390</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 10.

<sup>391</sup> Vgl.: KATZ, E.; LEVIN, M. L.; HAMILTON, H. [Diffusion], S. 237-251.

Zur weiteren Einordnung der Definitionen von KATZ, LEVIN und HAMILTON sowie der von ROGERS vgl.: KATZ, E.; LEVIN, M. L.; HAMILTON, H. [Diffusion], ROGERS, E. M. [Diffusion] sowie ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse].

<sup>392</sup> Vgl.: PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 345.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

rangezogen.<sup>393</sup> In Anlehnung an das Lebenszyklusmodell kann zur Beschreibung des Diffusionsgrades der Diffusionsprozess in die vier Phasen Initial-, Expansions-, Verdichtungs- und Sättigungsphase gegliedert werden. Die Einteilung kann dabei mit jener der Adopterkategorien überlagert werden, wobei in der Expansionsphase die Adopterkategorien „frühe Übernehmer“ und „frühe Mehrheit“ zusammengefasst werden können. Mittels der Parallelisierung der Diffusionsphasen mit den Adopterkategorien ROGERS lässt sich zeigen, dass die Adopterkategorien durch die Aufnahme einer Innovation zu verschiedenen Zeitpunkten und mit unterschiedlicher Durchsetzungskraft raumwirksam werden. Die Adopterkategorien können demzufolge als sozialgeografische Gruppen charakterisiert werden.

Empirisch konnte für die kumulierte Übernahme einer Innovation vielfach ein S-förmiger Funktionsverlauf (Summenkurve der Rate der Übernahme) nachgewiesen werden,<sup>394</sup> der sich in der grafischen Darstellung dadurch ergibt, dass die Übernahmezeit auf der Abszisse und die kumulierte Zahl der Adopter auf der Ordinate abgetragen wird (Abbildung 11).<sup>395</sup>

---

<sup>393</sup> Vgl.: WINDHORST, H.-W. [Agrartechnologische Innovationen], S. 10ff.

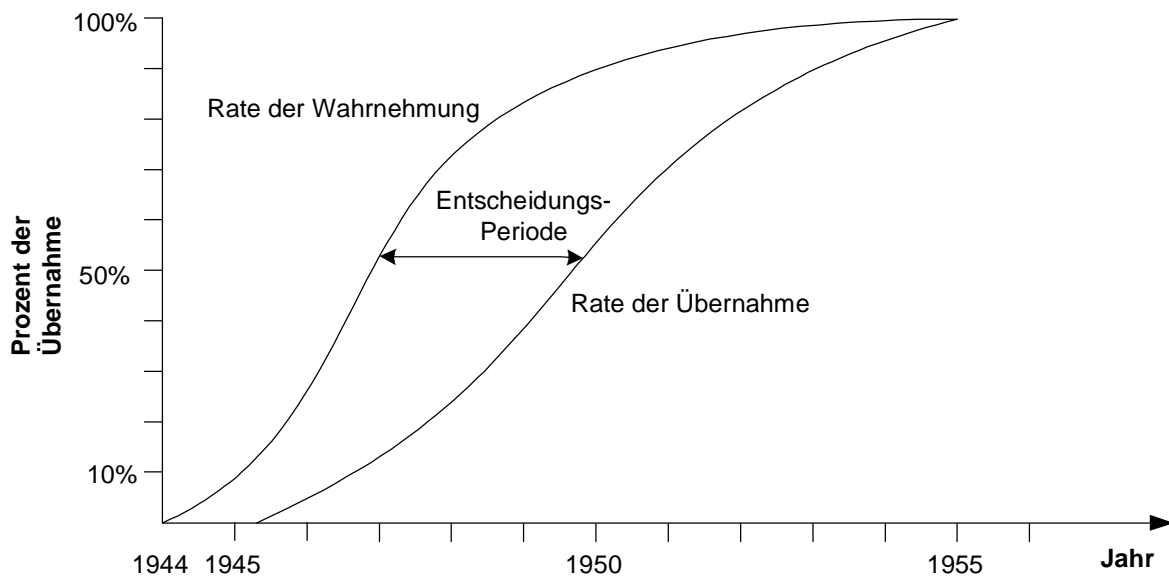
<sup>394</sup> Vgl.: DURTH, R. [Diffusion], S. 1625.

Einer der ersten empirischen Nachweise eines S-förmigen Diffusionsverlaufs gelang RYAN und GROSS für die Ausbreitung von Hybridsaatgut in Iowa. Vgl.: RYAN, B.; GROSS, N. C. [Hybrid Seed Corn], S. 15-24.

<sup>395</sup> ROGERS gibt jedoch zu bedenken, dass die S-förmige Verteilungsfunktion lediglich den idealen Übernahmeverlauf im Falle einer erfolgreichen Innovation darstellt. Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 257-261.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Abbildung 11: Kumulierte Übernahmerate einer Faktorinnovation (Wachstumsstoff-Herbizid 2,4-D in Iowa)



Quelle: Eigene Darstellung nach ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 200.

Der Funktionsverlauf lässt sich durch zwei, als komplementär anzusehende Theorien erklären.

### **a.) Die S-Kurve als kumulierte Nachfragefunktion**

Die S-Kurve kann als kumulierte Nachfrageverteilungsfunktion angesehen werden. Die Gestalt der Übernahmefunktion lässt sich aus dem Verlauf der Funktion der Wahrnehmungsrate sowie der Länge der individuellen Entscheidungs-Periode erklären und basiert im Idealfall auf einer Normalverteilung der Innovationsnachfrage (Abbildung 10). Die theoretische Erklärung hierfür ist, dass zur Adoption ein individueller Entscheidungsprozess durchlaufen sowie eine gewisse Resistenz gegenüber der Innovation überwunden werden muss. Die Länge der Entscheidungs-Periode variiert dabei erheblich zwischen der Gruppe der Innovatoren und der Gruppe der Nachzügler.<sup>396</sup>

Die Entscheidung eines Individuums, erstmalig ein neues innovatives Produkt oder Verfahren zu übernehmen, vollzieht sich in mehreren Schritten. Bereits RYAN und GROSS konnten in ihrer Analyse zur Ausbreitung von „hybrid seed corn“ in Iowa

<sup>396</sup> Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 338.

“Knowledge proceeds at a more rapid rate than does adoption, a finding that suggests that relatively later adopters have a longer average innovation-decision period than earlier adopters.”  
ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 200f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

nachweisen, dass der Entscheidungsprozess eines einzelnen Landwirts zur Übernahme einer Innovation in den Phasen Wahrnehmung, Versuch und Übernahme verläuft.<sup>397</sup> Als Ursache des sozialen Wandels identifizierten beide Autoren soziale Faktoren und nicht ökonomische Beweggründe. Die unterschiedliche zeitliche Adoption der einzelnen Farmer wird von ihnen dadurch erklärt, dass unterschiedliche Individuen zu unterschiedlichen Zeitpunkten von der Innovation mittels verschiedener Kommunikationskanäle erfahren. Neben der Beschreibung der S-Kurve für idealtypische Diffusionsverläufe und einer grundlegenden Charakterisierung verschiedener Adopterkategorien, legen RYAN und GROSS im Rahmen ihrer Untersuchung auch eine Analyse der relativen Wichtigkeit der verschiedenen Kommunikationskanäle für die Verbreitung von Innovationen vor. Dabei kommen beide Autoren zu dem Schluss, dass insbesondere die Nutzung der interpersonellen Kommunikation einen entscheidenden Einfluss auf die Adoption von Innovationen hat.<sup>398</sup>

Ein weiterer, insbesondere für die agrarsoziologische Innovationsforschung wegweisender Ansatz zur Strukturierung des Übernahmeprozesses von Innovationen stammt von WILKENING (1953).<sup>399</sup> Ausgehend von den Erkenntnissen von RYAN und GROSS, konnte WILKENING als Ergebnis seiner Untersuchung des Innovations- und Kommunikationsverhaltens von Milchviehhaltern in Wisconsin eine Bestätigung der These finden, dass die unterschiedliche Wahrnehmung von Innovationen auf die differierende Nutzung von Informationsquellen zurückzuführen ist. Er konnte insbesondere er zeigen, dass Landwirte erste Informationen betreffend die Existenz einer Innovation über andere Kommunikationskanäle, insbesondere über Massenmedien, erhalten als die zu einem späteren Zeitpunkt des Adoptionsprozesses benötigten Informationen zur Anwendung der entsprechenden Neuerung. WILKENING formulierte den Übernahmeprozess somit als zeitliche Abfolge eines Prozesses der Informationsbeschaffung, den er in drei Phasen gliederte:<sup>400</sup>

---

<sup>397</sup> Vgl.: RYAN, B.; GROSS, N. C. [Hybrid Seed Corn], S. 15-24.

<sup>398</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 53-55.

<sup>399</sup> Vgl.: WILKENING, E. A. [Farm practices].

<sup>400</sup> Vgl.: WILKENING, E. A. [Communicating agents], S. 361-367.

Vgl. Zum Informationsverhalten von Landwirten auch: COPP, J. H.; SILL, M. L.; BROWN, E. J. [Information Sources], S. 146-157.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

1. Wahrnehmung: Informationen über die Existenz einer Innovation;
2. Entscheidung: Informationen, die die Entscheidungsfindung zur Übernahme oder Ablehnung einer Innovation unterstützen;
3. Handeln: Informationen über die Anwendung der Innovation.

WILKENINGS Untersuchungen stellen den Beginn der intensiven Analyse der Verbindung zwischen der Nutzung von Informationsquellen und den einzelnen Phasen des Entscheidungsprozesses dar.<sup>401</sup> Die von ihm unterschiedenen Stadien des Übernahmeprozesses bilden in der Folge die Grundlage für die von verschiedenen Agrarsoziologen vorgenommene Formulierung des „klassischen“ Phasenmodells von Adoptionsprozessen (Übersicht 3).<sup>402</sup> Nach dem in Übersicht 3 dargestellten Phasenmodell durchläuft ein Individuum fünf Stufen der Informationssuche und –verarbeitung, bevor es sich zur Übernahme einer Neuerung entscheidet. Grundlage des Konzepts ist dabei die Annahme der logischen Rationalität des Entscheidungsprozesses, der schließlich zur – rational begründeten - Übernahme einer Innovation führt. Der Diffusionsverlauf wird dabei einzig über die zeitliche Verbreitung von Informationen mittels verschiedener Kommunikationskanäle definiert.

---

<sup>401</sup> Die Begriffe „Phasen“ und „Stadien“ werden in der Literatur synonym für die einzelnen Stufen des Entscheidungsprozesses verwendet. In der englischsprachigen Literatur hat sich hierzu der Begriff „stages“ durchgesetzt.

<sup>402</sup> Das in der kommunikations- und sozialwissenschaftlichen Tradition als „klassisches“ Adoptionsmodell bezeichnete Phasenmodell der Innovationsübernahme wurde von Agrarsoziologen in den frühen 1950-Jahren entwickelt und im Rahmen des NORTH CENTRAL RURAL SOCIOLOGY SUBCOMMITTEE FOR THE STUDY OF DIFFUSION OF FARM PRACTICES unter der Federführung von BEAL und BOHLEN veröffentlicht. Vgl.: NORTH CENTRAL RURAL SOCIOLOGY SUBCOMMITTEE FOR THE STUDY OF DIFFUSION OF FARM PRACTICES [Farm people].

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

### Übersicht 3: Phasenmodell des Adoptionsprozesses

Phase	Individualverhalten
1. Wahrnehmungsphase ( <i>awareness stage</i> )	Das Individuum erfährt von der Existenz einer Neuerung. Es kennt noch keine Details und hat auch nicht das Bedürfnis nach genaueren Informationen.
2. Interessensphase ( <i>interest stage</i> )	Das Individuum beginnt sich für die Neuerung zu interessieren und bemüht sich um nähere Informationen.
3. Bewertungsphase ( <i>evaluation stage</i> )	Das Individuum bewertet die persönlichen Vor- und Nachteile einer möglichen Übernahme der Neuerung. Als Ergebnis der Bewertung entschließt sich die betrachtete Person, einen Übernahmeversuch vorzunehmen oder weitere Aktivitäten zu unterlassen.
4. Versuchsphase ( <i>trial stage</i> )	Zur Erlangung eigener Anwendungserfahrungen wird die Neuerung in begrenztem Umfang versuchsweise eingesetzt. Zudem sucht das Individuum weitergehende Informationen zur Anwendung der Neuerung.
5. Übernahmephase ( <i>adoption stage</i> )	Das Individuum übernimmt die Neuerung zur fortlaufenden Anwendung.

Quelle: NORTH CENTRAL RURAL SOCIOLOGY SUBCOMMITTEE FOR THE STUDY OF DIFFUSION OF FARM PRACTICES [Farm people], S. 3f sowie ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 36.

Die Gültigkeit und Zweckmäßigkeit des Phasenkonzepts wurde sowohl von theoretischer als auch empirischer Seite immer wieder in Frage gestellt.<sup>403</sup> Besonders führt die mit der einseitigen Fokussierung auf ein rationales Adoptionsverhalten verbundene mangelnde Realitätsnähe zu einer intensiven Kritik des Konzepts.<sup>404</sup> So wird als Kritik angeführt, dass das „natürliche Ergebnis“ rationaler Erwägungen nicht unweigerlich die Übernahme einer Neuerung darstellt. Vielmehr kann rationales Verhalten auch zur Ablehnung einer Innovation führen. Auch die sequenzielle Abfolge der Phasen selbst wird von den Kritikern des Modells als unzweckmäßig abgelehnt. Insbesondere das einseitig auf die Übernahme einer Neuerung ausgerichtete, lineare Ablaufschema berücksichtigt nicht, dass eine Neuerung in jeder

<sup>403</sup> Vgl.: ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication].

<sup>404</sup> Vgl.: ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 40-47.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Phase des Entscheidungsprozesses zurückgewiesen oder nach anfänglicher Adoption verworfen werden kann.<sup>405</sup> So hat ROGERS darauf hingewiesen, dass die Entscheidung zur Übernahme oder Ablehnung einer Neuerung nicht das Endstadium in der Auseinandersetzung mit Innovationen darstellen muss.<sup>406</sup> In die gleiche Richtung zielt auch die Kritik, dass die Bewertung von Neuerungen den gesamten Übernahmeprozess begleitet und nicht einer bestimmten Stelle in der Entscheidungssequenz zuzuordnen sei. Auch wird angeführt, dass die bloße Wahrnehmung einer Neuerung kein hinreichendes Ausgangskriterium für die Erklärung des Beginns von Übernahmeprozessen darstelle. Im Hinblick auf die Bedeutung von Informationen über eine Neuerung im Übernahmeprozess wendet HASSINGER ein, dass die Informationswahrnehmung durch ein Individuum keinen passiven Vorgang darstelle und das Wissen um eine Neuerung nur in Verbindung mit den individuellen Nutzensvorstellungen (Bedürfnissen) des jeweiligen Entscheiders einen Innovationsprozess initialisiert.<sup>407</sup> CAMPBELL bestätigt diese Kritik HASSINGERS und verweist darauf, dass der Prozess der Auseinandersetzung mit einer Neuerung das individuelle Erleben einer Problemsituation voraussetzt.<sup>408</sup>

Ausgehend von den vorgebrachten Kritikpunkten entwickelten einige Autoren Abwandlungen des Phasenkonzeptes bzw. betrieben dessen Weiterentwicklung. Dabei wurde versucht, die Gültigkeit des Phasen-Konzept sowohl direkt als auch indirekt nachzuweisen sowie die Abhängigkeit des Adoptionsprozesse von der Nutzung einzelner Informationsquellen weiter zu belegen.<sup>409</sup>

Eine bedeutende Weiterentwicklung des Phasen-Konzepts stammt von Rogers, der in einem ersten Schritt (ROGERS und SHOEMAKER, 1971) ein vier Phasen umfassendes Konzept formuliert, in dem er die fünf Phasen des klassischen Phasen-

---

<sup>405</sup> Vgl.: PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 343.

<sup>406</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 180.

<sup>407</sup> Vgl.: HASSINGER, E. [adoption process] S. 52.

In Erwiderung der Kritik HASSINGERS wirft ROGERS die - letztendlich aus seiner Sicht nicht zu klärende - Frage auf, ob individuelle Bedürfnisse die Wahrnehmung von Innovationen bedingen, oder ob aus dem Wissen um die Existenz einer Neuerung nicht selbst neue Bedürfnisse und Anwendungsideen hervorgehen. So könnte die Wissenschaft keine Antwort auf die Frage liefern, ob die Wahrnehmung eines Bedürfnisse oder die Wahrnehmung einer Innovation den Beginn eines Entscheidungsprozesses darstelle. ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 165.

<sup>408</sup> Vgl.: CAMPBELL, R. R. [adoption process], S. 5.

<sup>409</sup> In der Literatur sind verschiedene Ansätze zur Strukturierung des Prozesses der Innovationsübernahme beschrieben. Dabei variieren die Zahl wie auch die verwendeten Bezeichnungen der Phasen zwischen den verschiedenen Modellen z. T. erheblich. Vgl.: ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication], S. 100f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Konzeptes umbenennet und der Übernahme-Phase die Bestätigungs-Phase nachstellt.<sup>410</sup> Mit der später erfolgten Einfügung (ROGERS, 1985) der Einführungs-Phase zwischen die Entscheidungs- und Bestätigungs-Phase beschreibt ROGERS den Entscheidungsprozess zur Übernahme von Innovationen (innovation-decision process) als fünfphasiges Entscheidungsmodell bestehend aus den Phasen Wissen, Überzeugung, Entscheidung, Einführung und Bestätigung.<sup>411</sup> Durch die Aufnahme der Einführungs-Phase berücksichtigt ROGERS explizit auch das Auftreten von Re-Inventionsprozessen während der Einführung einer Innovation in seinem Modell.<sup>412</sup> In Verbindung mit den Überlegungen zur Bestätigungs-Phase gelang es ROGERS damit – bei der grundsätzlichen Unterstützung von Phasenmodellen zur Erklärung von Entscheidungsprozessen - einen ergebnisoffenen Entscheidungsprozess abzubilden, der zeitlich über die Entscheidung zur Einführung einer Innovation hinausreicht.<sup>413</sup>

Der Entscheidungsprozess wird nach der Auffassung ROGERS wesentlich durch die bisherige Anwendungspraxis, die individuell erkannten Probleme bzw. das Verlangen nach einer Neuerung, die individuelle Innovationsneigung des Entscheiders sowie das den Entscheider umgebende soziale System beeinflusst.<sup>414</sup> Eine wichtige Weiterentwicklung des Phasenkonzepts stellt nach Rogers die Berücksichtigung der Erkenntnis dar, dass menschliches Entscheidungsverhalten, entsprechend der Dissonanztheorie von FESTINGER,<sup>415</sup> von einem inneren Ungleichgewicht geprägt ist, dass durch die Suche nach Veränderung reduziert oder beseitigt werden kann. Diese Erkenntnis eines kontinuierlichen Suchprozesses führt in ROGERS Modell zur

---

<sup>410</sup> Vgl.: ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication].

<sup>411</sup> In der englischen Originalquelle verwendet ROGERS die Phasenbezeichnungen knowledge stage, persuasion stage, decision stage, implementation stage und confirmation stage. Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 162f.

„The innovation-decision process is the process through which an individual (or other decision-making unit) passes from first knowledge of an innovation, to forming an attitude toward the innovation, to a decision to adopt or reject, to implementation of the new idea, and to confirmation of this decision.“ ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 202f.

<sup>412</sup> ROGERS definiert den Begriff Re-Invention als „(...) the degree to which an innovation is changed or modified by a user in the process of its adoption or implementation.“ ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 175.

<sup>413</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 173.

<sup>414</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 163.

<sup>415</sup> Vgl.: FESTINGER, L. [Cognitive Dissonance].

Rogers fokussiert im Hinblick auf den Entscheidungsprozess zur Übernahme von Innovationen auf drei Bereiche, um Dissonanzen zu reduzieren: Wissen, Innovations-Einstellung und Innovations-Verhalten. Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 181-186.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Annahme, das auch mit Ablauf der Bestätigungs-Phase der Entscheidungsprozess nicht zwingend als abgeschlossen betrachtet werden kann.<sup>416</sup> Insgesamt stellt der Entscheidungsprozess nach ROGERS einen Prozess der Informationssuche- und -verarbeitung dar, in welchem der Entscheidungsträger bemüht ist, bestehende Unsicherheiten betreffend der Vor- und Nachteile einer Neuerung möglichst aufzulösen. Rogers begreift den Innovationsprozess daher in erster Linie als Kommunikationsprozess.<sup>417</sup>

Eine wesentliche Erweiterung des Phasenmodells stammt von CAMPBELL, dessen Modell wesentliche Kritikpunkte am klassischen Phasenmodell aufgreift. Als Grundprämissen seines Ansatzes formuliert CAMPBELL:<sup>418</sup>

- (1) Der Übernahmeprozess kann nur durch die Wahrnehmung eines Problems ausgelöst werden. Die Wahrnehmung kann dabei direkt aus einer Problemsituation heraus resultieren (sowie der daraus resultierenden Suche nach entsprechenden Lösungsmöglichkeiten), oder aber durch die Wahrnehmung von Neuerungen, die die gegenwärtige Situation als Problem erscheinen lassen, ausgelöst werden.
- (2) Nachdem das Individuum einen rationalen oder irrationalen Problemlösungsprozess durchlaufen hat, kann es die Entscheidung treffen, eine Neuerung anzunehmen oder zu verwerfen. Als rational ist dabei ein Prozess zu bezeichnen, in dem die möglichen Alternativen und Konsequenzen erwogen werden, bevor man handelt.<sup>419</sup>

Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen gelangt CAMPBELL zu einer Weiterentwicklung des Phasenmodells, in dem er es auf sieben Stufen erweitert sowie zusätzlich vier Entscheidungsprozess-Typen einführt (Übersicht 4).

---

<sup>416</sup> Da das Entscheidungsverhalten bzgl. Innovationen nach der Auffassung von ROGERS sowohl von Dissonanzen als auch von Diskontinuitäten (Ablehnung einer Innovation nach erfolgter Adoption) geprägt ist, ist die Übernahme einer Innovation auch nicht als Endpunkt eines linearen Entscheidungsprozesses zu betrachten.

„Confirmation occurs, when an individual (or some other decision-making unit) seeks reinforcement of an innovation decision already made, or reverses a previous decision to adopt or reject the innovation if exposed to conflicting messages about the innovation.“ ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 162.

<sup>417</sup> „This is a social process, involving talking with others.“ ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 165.

<sup>418</sup> Vgl.: CAMPBELL, R. R. [adoption process], S. 5ff.

<sup>419</sup> Weiterhin unterstellt Campbell, dass sowohl das rationale wie auch das irrationale Handeln jeweils zur Übernahme als auch zur Ablehnung einer Neuerung führen kann. Vgl.: CAMPBELL, R. R. [adoption process], S. 5ff.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Die von CAMPBELL beschriebenen rationalen Entscheidungstypen I und II dieses Schemas entsprechen dem Entscheidungsablauf des klassischen Phasenmodells, wobei für den Typ I die Problemwahrnehmung als wesentliche Modellerweiterung der Wahrnehmung einer Neuerung vorangestellt wird.<sup>420</sup> Bei den nichtrationalen Typen III und IV entfällt die Bewertungsstufe. Zudem sind diese beiden Typen dadurch gekennzeichnet, dass die Phase des „Sich-interessieren“ zeitlich der eigentlichen Innovationshandlung nachgelagert ist. Insgesamt wird die Problemwahrnehmung im Falle der rationalen Typen entweder durch die rationale Situationswahrnehmung (Typ I) oder das rationale Wahrnehmen von Neuerungen (Typ II) ausgelöst. Hingegen zeichnen sich die nichtrationalen Typen durch eine nichtrationale Situationswahrnehmung (Typ III) bzw. durch die nichtrationale Wahrnehmung möglicher innovationsbedingter Veränderungen (Typ IV) aus. Die Erklärung für die Verlagerung der Interessensphase an das Ende des Übernahmeproganges im Falle der nichtrationalen Entscheidungsprozeß-Typen findet sich - wie auch bei ROGERS - in der Dissonanztheorie von FESTINGER: Individuen, die ohne die vorherige Abwägung von Alternativen und Konsequenzen handeln, sind bemüht, nachträglich eine rationale Begründung für ihre Entscheidung zu finden.<sup>421</sup> Der Prozess der nachträglichen Rationalisierung von Handlungen kann auch auf die nachträgliche Beurteilung des Adoptionsprozesses durch die Adopter übertragen werden. Entsprechend lässt das in Adoptionsstudien mittels ex-post Befragungen gewonnene Bild den Übernahmeprozess rationaler erscheinen, als er tatsächlich verlaufen ist.<sup>422</sup>

---

<sup>420</sup> Vgl.: ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 48.

<sup>421</sup> Vgl.: FESTINGER, L. [Cognitive Dissonance], S. 123-176.

<sup>422</sup> Landwirte geben häufig bei den im Rahmen von Adoptionsstudien üblichen ex-post Befragungen rationalisierte Antworten im Sinne des Phasenkonzeptes an, wodurch eine rationale Übernahme suggeriert wird. Vgl.: PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 344.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

### Übersicht 4: Entscheidungsprozeß-Typen nach Campbell

Entscheidungsvorgänge / Phasen	Rationale Typen		Nichtrationale Typen	
	Typ I	Typ II	Typ III	Typ IV
Wahrnehmen eines Problems	+	-	+	-
Sich interessieren	+	+	-	-
Gewahrwerden von Neuerungen	+	+	+	+
Bewerten von Neuerungen	+	+	-	-
Ablehnen oder Erproben	+	+	-	-
Ablehnen oder Übernehmen	+	+	+	+
Sich interessieren	-	-	+	+

Erläuterungen: + Vorgang findet statt; - Vorgang entfällt.

Quelle: CAMPBELL, R. R. [adoption process], S. 18 und PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 344.

Das Modell von CAMPBELL führt dabei konzeptionell wesentlich über das rationale Stadienkonzept hinaus. So fokussiert es insbesondere auf die Frage nach dem Start von Entscheidungsprozessen. Des weiteren berücksichtigt es die Tatsache, dass Entscheidungen sowohl rational als auch nichtrational getroffen werden und dass als Ergebnis beider Entscheidungsprozesse sowohl die Übernahme als auch die Ablehnung von Neuerungen stehen kann. Zusammenfassend betrachtet vernachlässigen die hier vorgestellten Schematisierungen die Einbeziehung wesentlicher entscheidungsbedingender Faktoren, so die spezifischen Innovationseigenschaften, externe markt- und einsatzbeeinflussende Variablen sowie die Unternehmens- und Anwender-Merkmale, die die Übernahme bzw. Ablehnung von Innovationen maßgeblich bestimmen.<sup>423</sup> So ist für die weiterführende Forschung festzuhalten, dass neben dem Kommunikationsprozess als Basis der Entscheidungsphasen-Modelle auch andere Faktoren für die Analyse des Adoptionsprozesses heranzuziehen sind.

### **b.) Die S-Kurve als logistische Verteilungsfunktion**

Neben der Erklärung der S-Kurve als kumulierte Nachfragefunktion kann die S-Kurve auch als logistische Verteilungsfunktion der Übernahme aufgefasst wer-

<sup>423</sup> Vgl.: Kapitel 2.6.5.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

den.<sup>424</sup> Die grundlegende Gestalt einer Übernahmefunktion ist dabei abhängig von der Art der Kommunikation betreffend die Innovation. Die nachfolgend diskutierten Grundmodelle unterstellen eine ausschließliche Imitatoren- bzw. Innovatorennachfrage als Sonderfälle einer Gesamtnachfragefunktion, die sich aus Imitatoren- und Innovatorennachfrage (S-Verteilung) zusammensetzt. Die dargestellten Verteilungsfunktionen stellen Entwicklungsprognosen auf der Basis der Variablen Zeit dar, wobei in der zugrundeliegenden Modell-Hypothese unterstellt wird, dass sich die Innovationsnachfrage ausschließlich aus der Informationsweitergabe betreffend die Neuerung ableiten lässt.

### Imitatorennachfrage

Die Diffusion wird bei ausschließlicher Imitatorennachfrage als Imitationsprozess interpretiert, der durch das Wissen um die Innovation determiniert ist. Es wird angenommen, dass zum Einführungszeitpunkt  $t$  mindestens ein autonomer Unternehmer vorhanden sein muss, damit der Imitationsprozess initiiert werden kann. Die Kommunikation zwischen den bisherigen und den potentiellen Unternehmern erfolgt dabei durch persönliche Kontakte. Eine Massenkommunikation wird ausgeschlossen. Der Prozess lässt sich durch ein mathematisches Epidemiemodell beschreiben, da die Wissensweitergabe als Ansteckungsprozess interpretiert wird. Sei  $\bar{N}$  das Sättigungsniveau des Marktes, so wird unterstellt, dass alle bisherigen Unternehmer  $N_{(t)}$  mit allen verbleibenden potentiellen Unternehmern  $[\bar{N} - N_{(t)}]$  in Berührung kommen. Die Zahl der Neuübernahmen in  $t$  ist ein konstanter Prozentsatz  $b$  dieser Kontakte. Der Koeffizient  $b$  repräsentiert dabei den Anteil der Kontakte, die zu einer Adoption führen. Er wird für alle Käufer gleich groß angenommen, was eine homogene Käuferschaft unterstellt. Somit gilt:

$$(2.25) \quad dN_{(t)}/dt = bN_{(t)}[\bar{N} - N_{(t)}].$$

Die Gleichung (2.25) entspricht daher einer logistischen Funktion, die bis zum Wendepunkt mit zunehmenden, dann mit abnehmenden Zuwachsraten monoton steigt und sich asymptotisch dem Sättigungsniveau annähert. Für folgende Fälle der ausschließlichen Imitatorennachfrage wird das logistische Modell in der Litera-

---

<sup>424</sup> Vgl.: WINDHORST, H.-W. [Agrartechnologische Innovationen], S. 9ff.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

tur als geeignet angesehen.<sup>425</sup>

- (1) Die Neuerung ist komplex und sozial auffällig;
- (2) Das Marktpotential ist relativ gering und homogen;
- (3) Es besteht ein Bedarf nach zuverlässigen Informationen, der mittels Massenkommunikation nicht gedeckt werden kann.

### Innovatorennachfrage

Entgegen der in Gleichung (2.25) dargestellten Funktion sind Diffusionskurven empirisch jedoch meist positiv schief. Im Extremfall ergibt sich eine konkave Funktion, die sich als Exponentialfunktion interpretieren lässt. Exponentielle Diffusionsmodelle basieren auf der Annahme, dass der Diffusionsprozess lediglich durch externe Einflussfaktoren vorangetrieben wird und der Markt demnach definitionsgemäß ausschließlich aus Innovatoren besteht. Da hier eine Imitatorennachfrage ausgeschlossen wird, erfolgt die Diffusion nicht aufgrund der interpersonellen Kommunikation sondern durch Kontakt mit einer externen Quelle, also durch Massenkommunikation.<sup>426</sup> Für die Diffusionsrate bzw. die Diffusionsgeschwindigkeit gilt dabei:<sup>427</sup>

$$(2.26) \quad dN_{(t)}/dt = a[\bar{N} - N_{(t)}].$$

Der Koeffizient  $a$  wird als für alle potentiellen Übernehmer gleich groß unterstellt, was auch hier der Annahme einer homogenen Käuferschicht entspricht. Die kumulierte Diffusionsrate verläuft degressiv steigend, d. h. das Marktvolumen  $N_{(t)}$  steigt monoton, jedoch mit abnehmenden Zuwachsraten und nähert sich asymptotisch dem Sättigungsgrad  $\bar{N}$ .<sup>428</sup> Ungeachtet der engen Prämisse einer reinen Innovatorennachfrage kann das exponentielle Ausbreitungsmodell für folgende Innovationsfälle unterstellt werden:<sup>429</sup>

- (1) In der Einführungsphase besteht eine geringe Resistenz der potentiellen Übernehmer gegenüber der Innovation;
- (2) Die potentiellen Übernehmer sind voneinander isoliert;
- (3) Die Neuerung ist aus Sicht der potentiellen Übernehmer unbedeutend.

---

<sup>425</sup> Vgl.: FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. [Diffusion], S. 41.

<sup>426</sup> Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 339.

<sup>427</sup> Vgl.: FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. [Diffusion], S. 37ff.

<sup>428</sup> In jeder Zeiteinheit wird dabei ein konstanter Bruchteil der noch nicht Informierten erreicht.

<sup>429</sup> Vgl.: FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. [Diffusion], S. 39.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

### Imitatoren- und Innovatorennachfrage

Wird unterstellt, dass sich die Gesamtnachfrage sowohl aus Innovatoren als auch aus Imitatoren zusammensetzt, gilt für die Diffusionsrate die Gleichung<sup>430</sup>

$$\text{Gleichung (2.27)} \quad dN_{(t)}/dt = [a + bN_t][\bar{N} - N_{(t)}].$$

Das Modell setzt sich additiv aus der exponentiellen und der logistischen Diffusionsfunktion zusammen, wobei diese beiden Modelle als Sonderfälle der Funktion in Gleichung (2.27) interpretiert werden können. Die Diffusionskurve verläuft bei Modellen mit gleichzeitiger Innovatoren- und Imitatorennachfrage s-förmig und ist symmetrisch zum Wendepunkt.

Die Gültigkeit der besprochenen Grundmodelle ist in der Literatur umstritten. Zwar vereinfachen die Modelle den Diffusionsverlauf erheblich, basieren jedoch gleichzeitig auf Prämissen, die den Anwendungsspielraum der Modelle stark einschränken.<sup>431</sup> Entsprechend der Übersicht von FANTAPIÉ ALTOBELLI können die Prämissen wie folgt beurteilt werden.<sup>432</sup>

- (1) Die im klassischen Entscheidungsmodell der Adoptionsentscheidung vorangehenden Phasen Wahrnehmung, Interesse, Bewertung und Versuch finden in den drei dargestellten Grundmodellen keine Berücksichtigung.
- (2) Der den Umfang der zwischen den aktuellen und den potentiellen Übernehmern stattfindenden Kontakte repräsentierenden Term  $N_{(t)}[\bar{N} - N_{(t)}]$  impliziert ausschließlich eine vollständige und paarweise Interaktion zwischen den beiden Gruppen. Außerdem wird die realitätsferne Annahme unterstellt, dass die persönliche Kommunikation die Adoptionsentscheidung ausschließlich positiv beeinflussen kann.

Auch ist einzuwenden, dass die Kommunikation zwischen Individuen nicht rein zufällig verläuft. Vielmehr ist es realistisch, dass der Diffusionsprozess als Ergebnis einer sozial strukturierten Kommunikation zu betrachten ist.<sup>433</sup> Empirisch konnte nachgewiesen werden, dass insbesondere Meinungsführer, soge-

---

<sup>430</sup> Vgl.: FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. [Diffusion], S. 42ff.

<sup>431</sup> Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 339.

<sup>432</sup> Vgl.: FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. [Diffusion], S. 44f.

<sup>433</sup> Vgl.: PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 345f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

- nannte „change agents“, wesentliche Informationsträger betreffend einer Innovation sind.<sup>434</sup>
- (3) Eine Komplementaritäts- und Substitutionsbeziehung mit anderen Produkten bleibt in den Modellen unberücksichtigt.
  - (4) Ein weiterer Kritikpunkt an den beschriebenen Diffusionsmodellen ist die Fokussierung auf die Darstellung der Ausbreitung einer Produktklasse bzw. die Annahme von Monopolmärkten.
  - (5) Auch führt die Annahme, dass es sich bei der jeweils betrachteten Innovation um ein im Zeitverlauf homogenes Gut handelt, im Ergebnis zu verzerrten Aussagen betreffend den Diffusionsverlauf sowie das Marktpotential. Tatsächlich sind Gebrauchsgüter wie auch Produktionsverfahren zum Zeitpunkt ihrer Einführung i. d. R. nicht ausgereift und werden im Zeitverlauf fortlaufend weiterentwickelt.<sup>435</sup>
  - (6) Ebenso kann die Annahme eines im Zeitablauf konstanten Marktpotentials nicht aufrecht erhalten werden. Vielmehr ist die Annahme plausibel, dass das Marktpotential zum Einführungszeitpunkt geringer als in späteren Perioden ausfällt, da es sich u. a. aufgrund veränderter Faktor- und Produktpreisrelationen, aufgrund von institutionellen Regelungen sowie Kommunikationsmaßnahmen des Herstellers erheblich verändern kann. Aber auch eine Verringerung des Marktpotentials während des Diffusionsprozesses kann in der Realität vorliegen. Die bisherigen Ansätze, die Dynamik des Marktpotentials im Zeitverlauf autonom als auch in Abhängigkeit externer Faktoren abzubilden, haben dabei noch keine ausreichende Realitätsnähe erreichen können.
  - (7) Der nach FANTAPIÉ ALTOBELLI zentrale Kritikpunkt der Grundmodelle ist, dass – einzig auf der Basis der Variablen Zeit - lediglich Entwicklungsprognosen dargestellt werden.<sup>436</sup> Selbst die zugrundeliegenden Hypothesen betreffend die Massenkommunikation bzw. die persönliche Kommunikation werden nur unzureichend mittels konstanter Diffusionskoeffizienten abgebildet. Weiterführende Modelle, in welchen die Diffusionskoeffizienten als exogene bzw. als endogene Variablen berücksichtigt werden, konnten bisher keine befriedigenden Lösungswege aufzeigen. Selbst wenn es gelingt, in den Modellannahmen eine

---

<sup>434</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 335-370.

<sup>435</sup> Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 339.

<sup>436</sup> Vgl.: FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. [Diffusion], S. 45.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

realitätsnahe Abbildung der Kommunikation zu erreichen, ist die implizite Annahme, die Adoption erfolge auf das Wissen sowohl automatisch als auch mit konstanter Verzögerung („time lag“), als sehr umstritten anzusehen.<sup>437</sup>

Auch lässt die einseitige Erklärung des Diffusionsverlaufs in Abhängigkeit der Merkmale der potentiellen Adopter sowie ihres jeweiligen Kommunikationsverhaltens ökonomische Ursachen für den Diffusionsverlauf, insbesondere die Analyse des Verhaltens von Anbietern und Nachfragern nach innovativen Gütern, vollständig außer Betracht. GERYBADZE hat aufgezeigt, dass ein s-förmiger Diffusionsverlauf aufgrund endogener Marktprozesse ökonomisch erklärbar ist, ohne dass zusätzliche Annahmen über die Wissensdiffusion vorausgesetzt werden müssen.<sup>438</sup>

So kann zum einen der s-förmige Funktionsverlauf - eine lineare Angebotsfunktion vorausgesetzt - aus der glockenförmigen Gestalt der Funktion der potentiellen Nachfrage heraus abgeleitet werden, die im zeitlichen Verlauf des Gewinnstroms, und damit der Wettbewerbsfähigkeit der Adopter, begründet ist. Wird hingegen der Einfluss der Angebotsstruktur auf den Diffusionsverlauf betrachtet, kann eine S-Kurve der Übernahme mit einem zunächst fallenden, ab einer bestimmten Höhe des Angebots jedoch wieder mit einem steigenden Funktionsverlauf erklärt werden. Hat die Angebotsfunktion jedoch eine anfangs konkave und später konvexe Gestalt, ergibt sich ein s-förmiger Diffusionsverlauf auch dann, wenn die potentielle Nachfrage mit einer gleichbleibenden Rate zunimmt. Werden zudem variable Preisgrenzen mit in die Modellbetrachtung aufgenommen, kann ein s-förmiger Diffusionsverlauf überdies durch die Wettbewerbsbedingungen auf der Angebots- und Nachfrageseite von Innovationen erklärt werden, die durch sinkende Endproduktpreise oder durch verbesserte und verbilligte Substitute zu einer Veränderung der relativen Profitabilität des innovativen Gutes führen und so das Übernahmeverhalten der Anwender prägen.

Für das Epidemiemodell insgesamt ist festzuhalten, dass es zwar als anschaulich zu bewerten, aufgrund der restriktiven Annahmen jedoch eingeschränkt in seiner Aussagekraft ist. So zeichnen sich die traditionellen Diffusionsmodelle, denen auch das Epidemiemodell (somit auch die S-Verteilung) zuzurechnen ist, durch einen

---

<sup>437</sup> Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 339.

<sup>438</sup> Vgl.: GERYBADZE, A. [Innovation], S. 280-286.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

deskriptiven Charakter aus.<sup>439</sup> Für die Entscheidungsfindung wird, ähnlich den evolutionistischen Modellen, ein institutionalisiertes Verhalten unterstellt und nicht ein Optimierungskalkül, wie es bei den neoklassischen Diffusionsmodellen und der Diffusionsmodelle mit wachsenden Skalenerträgen der Fall. Auch wird in traditionellen Diffusionsmodellen implizit ein Gleichgewichtszustand, d. h. die Verteilung der Neuerung über die gesamte Population, angestrebt. Die Tatsache, dass sich dieses Gleichgewicht nicht sofort, sondern mit einem gewissen zeitlichen Verzug einstellt, wird vor allem auf Informationsmängel sowie unterschiedliche Reaktions- und Implementierungszeiten zurückgeführt. Zudem wird die Möglichkeit einer abgebrochenen oder gar rückläufigen Diffusion weitgehend ignoriert.

Insgesamt sind in der Literatur eine Vielzahl von Ansätzen beschrieben, den Diffusionsverlauf von Innovationen zu erklären: Die Modelle reichen von s-förmigen Diffusionsverläufen, über abgebrochene S-Kurven und J-Kurven bis hin zu rückläufigen Diffusionsverläufen.<sup>440</sup> Die S-Kurve stellt neben anderen Modellen somit lediglich den Idealfall eines wellenförmig verlaufenden Diffusionsprozesses dar.<sup>441</sup>

### **2.6.4.2 Die Anbieter-Perspektive**

Ein wesentlicher Kritikpunkt besonders an den in der Tradition SCHUMPETERS stehenden Modellen ist die strikte Trennung zwischen den Inventions- und Innovationsvorgängen einerseits und der Marktdiffusion andererseits. Dabei werden die Vorgänge zur Generierung einer Innovation im wesentlichen als durch die Angebotsseite determiniert beschrieben, während der Diffusionsprozess meist als ausschließliches Nachfragephänomen aufgefasst wird. So erklären die Modelle der Adoptionsperspektive, u.a. der Ansatz ROGERS, die Diffusion vorwiegend durch die Struktur der Nachfrage: Der Hersteller einer Innovation kann den Diffusionsprozess zwar prognostizieren, jedoch nicht verändern. Soll jedoch die gegenseitige Abhängigkeit von Anbieter- und Nachfragerverhalten analysiert werden ist es hingegen notwendig, auch die Anbieterseite in die Analyse zu integrieren. Insbesondere sind hier die Marktmodelle zu nennen, bei denen die Anbieter-Perspektive in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt wird.<sup>442</sup> Bei den Diffusionsmodellen mit expliziter

---

<sup>439</sup> Vgl.: DURTH, R. [Diffusion], S. 1625.

<sup>440</sup> Vgl.: PLANCK, U.; ZICHE, J. [Agrarsoziologie], S. 345.

<sup>441</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 257-261.

<sup>442</sup> BROWN differenziert nach vier „Perspektiven der Diffusionsforschung, so nach der Development

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Marktperspektive wird die Adoptionsentscheidung gegenüber den nachfrageorientierten Adoptionsmodellen weniger soziologisch und mehr ökonomisch motiviert aufgefasst. Die Modelle mit Marktperspektive dienen dabei sowohl als Erklärungsmodelle zur Diffusion von Innovationen als auch als Entscheidungsmodelle für die Anbieter einer Neuerung.<sup>443</sup>

Wesentlicher Bestandteil des Entscheidungsmodells eines innovierenden Unternehmers ist dabei das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer Innovationsstrategie. Wird die Gewinnmaximierung als wichtigster Zielinhalt und somit als Handlungsmaxime von Unternehmen unterstellt, so wird ein Unternehmen nur dann ein Produkt entwickeln und am Markt anbieten, wenn damit eine Verbesserung der Gewinnsituation gegenüber dem Zeitpunkt vor der Innovation erwartet wird.<sup>444</sup> Da der Gewinn für ein bestimmtes Gut aus dem jeweiligen Einnahmen-Ausgaben-Überschuss resultiert, ist demzufolge neben den erwarteten Herstellungskosten die antizipierte Zahlungsbereitschaft der potentiellen Nachfrager ein entscheidender Faktor bei der Innovationsentscheidung des Unternehmers. Die Realisierung der für Anbieter und Nachfrager günstigsten Innovationsentscheidung wird jedoch durch das Vorhandensein von switching costs behindert. Diese Kosten treten bei Nachfragern im Rahmen der Adoption neuer Güter auf, entstehen aber auch dem Produzenten beim Wechsel seines Produktionsprogramms. Die bei den Produzenten von Neuerungen auftretenden switching costs können dabei wie folgt erklärt werden.<sup>445</sup>

- (1) Das Produktionsverfahren zur Herstellung des innovativen Gutes kann erheblich von dem bisherigen Produktionsmittelbestand abweichen. Die Höhe der Kosten der Produktionsumstellung ist daher vom Grad der Kompatibilität der Innovation mit der zur Verfügung stehenden Ausstattung an Produktionsmitteln

---

Perspective (Entwicklungsperspektive), der Adoption Perspective (Adoptionsperspektive), der Market and Infrastructure Perspective (Marktperspektive) sowie nach der Economic History Perspective (Adoptionsperspektive). Vgl.: BROWN, L. A. [Innovation], S. 3ff.

<sup>443</sup> Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 339.

<sup>444</sup> Immer wieder wird der Gewinn als wichtigster Zielinhalt von Unternehmen in Frage gestellt. Jedoch muss festgestellt werden, dass unter den Wettbewerbsbedingungen eines marktwirtschaftlichen Systems der Unternehmenserhalt nur mittels Gewinne nachhaltig sichergestellt werden kann. Dennoch ist es nicht ganz unproblematisch, bei von großen Unsicherheiten geprägten Innovationsvorgängen eine genaue Risikoabschätzung und somit Gewinnprognose als Entscheidungsgrundlage unternehmerischen Handelns vorzunehmen. Dies sollte bei aller Kritik an der Unvollkommenheit der zur Verfügung stehenden Informationen und trotz der Bedeutung anderer Unternehmensziele nicht dazu führen, die Gewinnmaximierungsannahme vollständig zu verwerfen. Vgl.: Kapitel 2.5.3.2.

<sup>445</sup> Die Ursachen des Auftretens von switching costs bei den Produzenten lassen sich analog auch auf die Adopter von Innovationen übertragen. Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 116.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

abhängig. Des Weiteren kann die Umstellung der Produktion organisatorische Kosten implizieren.

- (2) Es sind Aufwendungen zu tätigen, um sowohl das neue Produkt mit den gewünschten Eigenschaften auszustatten als auch entsprechende Produktionstechniken zu entwickeln.
- (3) Im Hinblick auf den Erfolg der Entwicklung, der Produktion und der Einführung von Neuerungen können Unsicherheiten bestehen, die neben dem technischen Risiko auch in Zeit- und Kostenrisiken zum Ausdruck kommen.
- (4) Auch können neue Güter veränderte Lieferbeziehungen, Vertriebswege und Kundenbeziehungen erfordern, wodurch zusätzliche Transaktionskosten auftreten.
- (5) Ein wesentlicher Risikofaktor besteht letztendlich in der Einschätzung der tatsächlichen Präferenzen der Nachfrager. Das Verwertungsrisiko der Innovation ist somit darin begründet, dass die bei den Nutzern des neuen Gutes auftretenden switching costs nicht mindestens kompensiert werden.

Die Höhe der switching costs hängt im wesentlichen von den Parametern Neuigkeitsgrad und Komplexität der Produkt- und Produktionstechnik sowie der produzierten Stückzahl ab. Die Entscheidung eines Unternehmers innovativ tätig zu werden ist demnach in der Höhe des Innovationsgewinns  $G_I$  begründet, der als Differenz von non switching costs  $K_{I\,nsw}$  und switching costs  $K_{I\,sw}$  zum Ausdruck kommt.<sup>446</sup>

$$\text{Gleichung (2.28)} \quad G_I = K_{I\,nsw} - K_{I\,sw} > 0$$

Aus der Gleichung (2.28) lässt sich weiter ableiten, dass beim Vorhandensein von switching costs nicht zwingend das innovative Gut mit den bestmöglichen Eigenschaften am günstigsten ist. Vielmehr ist für den innovierenden Unternehmer das Gut am vorteilhaftesten, das von seinen Eigenschaften den besten Kompromiss zwischen dem optimalen und dem aktuellen Gut darstellt. Dieses vorteilhafteste Gut ist dadurch gekennzeichnet, dass sich die Indifferenzkurven der Produzenten und Nutzer der Innovation tangieren. Insgesamt ist zu erkennen, dass bei dem Vorhandensein von switching costs Effekte auftreten können, die den Innovations- bzw. den Diffusionsverlauf hemmen können. Eine Steigerung des Diffusionsprozesses

---

<sup>446</sup> Vgl.: WECKWERTH, J. [Innovationstheorie], S. 119.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

bzw. des Marktpotentials kann dabei mittels des Einsatzes von absatzpolitischen Instrumenten, so der Veränderung der Güterpreise und Kommunikationsaufwendungen, erreicht werden.<sup>447</sup>

### **2.6.5 Der Übernahme-Prozess**

#### **2.6.5.1 Bestimmungsgründe für die Übernahme von Innovationen**

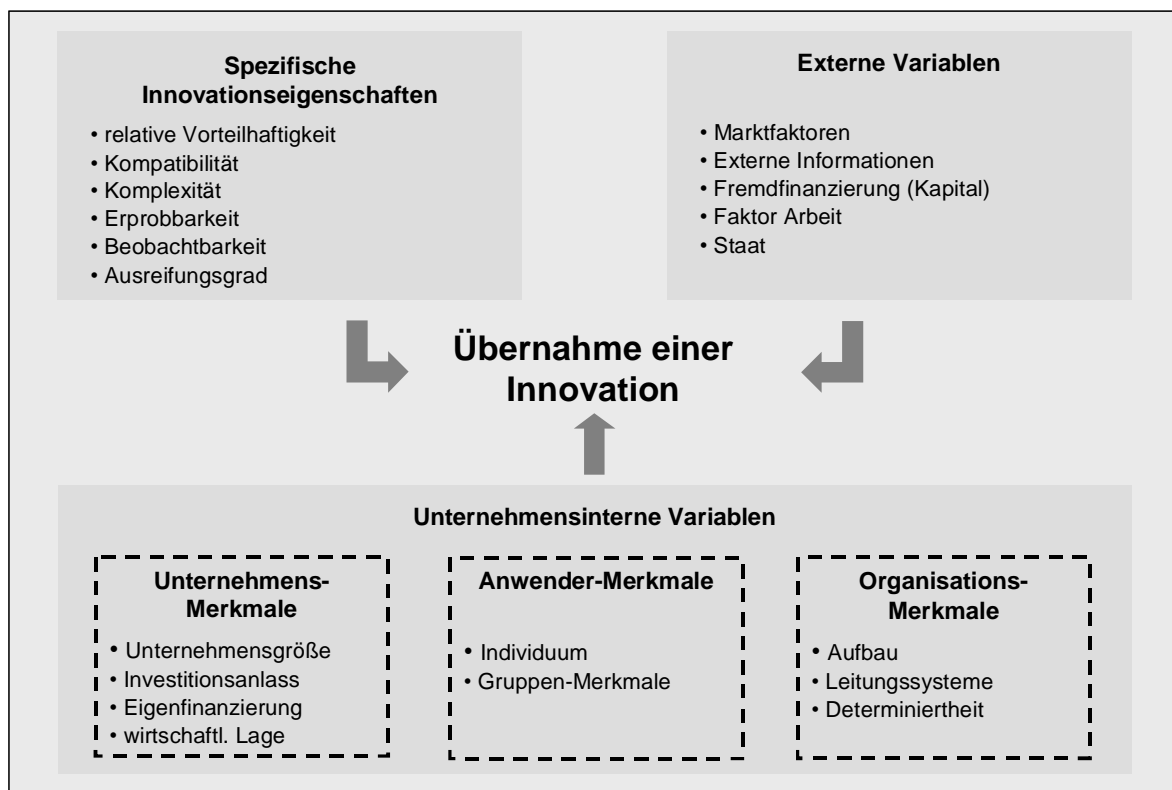
Aufgrund der hohen Komplexität und der Interdependenzen der den Diffusionsprozess beeinflussenden Größen kann nur - wie bereits oben gezeigt – ein multidisziplinärer Forschungsansatz der Analyse des Innovationsgeschehens gerecht werden.<sup>448</sup> Ein Modell zur Übernahme von Innovationen stellt daher eine Kombination der verschiedenen Faktoren dar, die einen Einfluss auf die Übernahme von Innovationen haben, wobei die unidisziplinären Erkenntnisse in einem übergreifenden Ansatz zusammengeführt werden. Die dabei wesentlichen Einflussfaktoren können, wie in Abbildung 12 dargestellt, in drei Variablenblöcken zusammengefasst werden.

---

<sup>447</sup> Die Diffusionsmodelle der Marktperspektive stellen somit eine Synthese aus den Modellen der Adoptionsperspektive und makroanalytischen Marketing-Mix-Modellen dar, die auf der konzeptionellen Basis des Produktlebenszyklus basieren. Vgl.: KLEINHOLZ, R. [Diffusion], S. 339.

<sup>448</sup> Eine derartige Vorgehensweise ist auch aufgrund der Komplexität des landwirtschaftlichen Unternehmens als „sozio-technisches System“ unumgänglich. Vgl.: STEFFEN, G.; BORN, D. [Betriebs- und Unternehmensführung], S. 91ff.

Abbildung 12: Variablen zur Übernahme einer Innovation



Quelle: Eigene Darstellung nach MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 43.

### 2.6.5.2 Spezifische Innovationseigenschaften

In Bezug auf die Bewertung der diffusionsrelevanten Eigenschaften von Innovationen stehen sich grundsätzlich zwei Theorien gegenüber.<sup>449</sup> Zum einen können alle Neuerungen in ihrer Art als gleichwertig angesehen werden, wobei eine Erklärung der Diffusion vorwiegend mittels persönlicher und situativer Faktoren erfolgt. Jedoch bestehen beträchtliche Zweifel an der Gültigkeit derartiger verallgemeinernder Messungen, da dieses Vorgehen im Hinblick auf die Realität eine unzulässige Vereinfachung des Innovationsgeschehens darstellen würde.<sup>450</sup> Die dieser Auffassung entgegenstehende Betrachtungsweise, alle Innovationen als im wesentlichen einzigartig anzusehen, verhindert dagegen von vorneherein die Möglichkeit, generalisierende Aussagen über die Verbreitung von Innovationen im Hinblick auf die un-

<sup>449</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 44f.

<sup>450</sup> Da die Innovationen in der Realität keine gleichwertigen Einheiten darstellen, verbleiben beträchtliche Zweifel an der Gültigkeit dieser Annahmen. Vgl.: ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication], S. 135f.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

terschiedlichen Eigenschaften zu treffen. Daher stellt der Ansatz, eine generalisierte Aussage zum Diffusionsprozess von Innovationen aufgrund der sie charakterisierenden spezifischen Eigenschaften zu treffen, eine Kombination der beiden Auffassungen dar.<sup>451</sup> Insbesondere in der Agrarsoziologie wird bereits seit längerem die Auffassung vertreten, dass die Diffusion von Neuerungen wesentlich durch die spezifischen Eigenschaften der Innovationen selbst beeinflusst wird und dass diese demzufolge in die Analyse der Bestimmungsgründe zur Erklärung des Diffusionsprozesses mit einzubeziehen sind.<sup>452</sup> So legten FLIEGEL und KIVLIN eine Untersuchung zur systematischen Abschätzung des Einflusses von 11 verschiedenen spezifischen Eigenschaften einer Innovation auf den Verbreitungsprozess vor.<sup>453</sup> Diese lassen sich auf fünf Kerneigenschaften aggregieren, die um eine weitere, den Ausreifungsgrad, ergänzt werden kann (Abbildung 12).

Die Schwierigkeit empirischer Diffusionsstudien auf der Basis der spezifischen Eigenschaften einer Innovation besteht jedoch darin, dass diese Eigenschaften von den verschiedenen potentiellen Anwendern nicht gleichermaßen wahrgenommen werden und somit keinesfalls objektivierbar sind. Vielmehr handelt es sich um subjektiv wahrgenommene Innovations-Eigenschaften, die zudem über die Zeit variant sind.<sup>454</sup> So kann die relative Vorteilhaftigkeit einer Innovation - je nach Anwender bzw. Anwendungsbedingungen - in einem relativ geringen Anschaffungspreis, in geringen Betriebskosten, in einer Arbeitersparnis oder in einer erhöhten Regelmäßigkeit des Kapitalflusses liegen. Abhängig von der spezifischen Situation der Investoren zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung kommt diesen Parametern eine unterschiedliche Bedeutung zu. So kann ein relativ geringerer Anschaffungspreis verbunden mit einer relativ kurzen Pay-off-Periode für kleine und mittlere Unternehmen - aufgrund der geringeren Finanzierungskraft bzw. der höheren Liquiditätsbeanspruchung - von größerer Bedeutung sein als für größere Unternehmen.<sup>455</sup> Somit sind hier spezifische Strukturmerkmale des investierenden Unternehmens maßgebend für die relative Vorteilhaftigkeit der Innovation. Eine weitere Beeinflussung der relativen Vorteilhaftigkeit liegt in der Faktorausstattung des jeweiligen Un-

---

<sup>451</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 44f.

<sup>452</sup> Zur Rolle der Neuerung im Innovationsprozess vgl.: ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 208-223.

<sup>453</sup> Vgl.: FLIEGEL, F.; KIVLIN, J. E. [Farmer's Perceptions], S. 197-206.

<sup>454</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 50f.

<sup>455</sup> Vgl.: SUNDING, D.; ZILBERMAN, D. [Agricultural Innovation], S. 241-244.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

ternehmens begründet. Daneben können sich die wahrgenommenen Eigenschaften einer Innovation nach der Übernahme ändern. Eine Objektivierung des Innovationsgeschehens wird zu dem dadurch erschwert, dass die Übernehmer einer Innovation die Innovationsentscheidung mittels einer positiven Wahrnehmung versuchen zu rationalisieren.<sup>456</sup>

### **2.6.5.3 Unternehmensexterne Variablen**

Die Existenzfähigkeit eines Unternehmens hängt in zunehmenden Maße von dessen Anpassungsfähigkeit an die sich ändernden Umweltbedingungen ab und ist somit von der Zahl und Verschiedenartigkeit der bei den unternehmerischen Entscheidungsfindungen zu berücksichtigenden externen Faktoren bestimmt. Die Entscheidung darüber, ob eine Innovation übernommen wird, ist daher nicht nur in der Ausprägung der spezifischen Eigenschaften der Innovation selbst begründet, sondern ist gleichfalls durch eine Reihe übergeordneter struktureller Größen determiniert, die im wesentlichen in den fünf in Abbildung 12 aufgeführten Faktoren zusammengefasst werden können.

- (1) Bei der Beurteilung der externen Faktoren, die die Bereitschaft zur Investition in eine neue Technik bestimmen, kommt dem Einfluss des Marktes eine primäre Bedeutung zu. Neben der Größe des Marktes sind hier insbesondere die Marktstruktur sowie das Verhalten der Nachfrager und Anbieter von Innovationen als zentrale Einflussgrößen aufzuführen.<sup>457</sup>
- (2) Eine grundlegende Voraussetzung zur Übernahme einer Neuerung ist die Information über das Vorhandensein einer Innovation bzw. deren Eigenschaften. Die Bereitschaft und Fähigkeit verfügbare Informationen zu ermitteln und im Entscheidungsprozess einzusetzen, variiert dabei sowohl zwischen einzelnen Ländern bzw. Regionen als auch zwischen den einzelnen Unternehmen einer Industrie und hier wiederum innerhalb eines Unternehmens. Als Informationsquellen über das Vorhandensein neuer Techniken stehen potentiellen Anwendern als auch alternativen Herstellern im wesentlichen folgende Informationsquellen zur Verfügung.<sup>458</sup>

---

<sup>456</sup> Vgl.: Kapitel 2.6.4.1.

<sup>457</sup> Vgl. hierzu die Ausführung zum neoklassischen Wachstumsmodell (Kapitel 2.5.2) sowie zu Schumpeters Wettbewerbsmodell (Kapitel 2.5.3.1).

<sup>458</sup> Vgl.: ROGERS, E. M.; SHOEMAKER, F. F. [Communication], S. 250-266.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

- Fachzeitschriften,
- Schriftliche Mitteilungen der Hersteller,
- Informationszirkel,
- Personengebundene Kontakte sowie
- Fachtagungen und –messen.

Die Bedeutung der einzelnen Informationsquellen für die Übernahme von Neuerungen variiert zwischen den potentiellen Anwendern teilweise erheblich.<sup>459</sup>

Auch ist im Hinblick auf den Einfluss von Informationen auf den Diffusionsprozess davon auszugehen, dass im Verlauf des Übernahmeprozesses den verschiedenen Informationen ein unterschiedliches Gewicht beizumessen ist. So muss davon ausgegangen werden, dass während des individuellen Übernahmeprozesses in den Phasen Wahrnehmung, Interesse, Bewertung, Versuch und Übernahme unterschiedliche Informationsquellen von den potentiellen Übernehmern zur Informationsgewinnung herangezogen werden. COPP, SILL und BROWN konnten bereits früh empirisch für die Landwirtschaft nachweisen, dass in der Phase der Kenntnisnahme überwiegend Zeitschriften, somit Medien mit einer relativ breiten und im Bezug auf die Innovation unspezifischen Rezipientenschaft, zur Informationsgewinnung herangezogen werden.<sup>460</sup> In der darauf folgenden Interessenphase treten neben die schriftlichen Informationen insbesondere Informationen durch die Teilnahme an Demonstrationen und Vorträgen, der Besuch von Fachmessen sowie das Sammeln von Einsatzerfahrungen auf privaten Innovatoren-Betrieben bzw. landw. Versuchsbetrieben. Die in den ersten beiden Phasen gesammelten Informationen werden in der Bewertungsphase durch den direkten, interpersonellen Austausch mit Nachbarn und Kollegen ergänzt. In der Phase, die Innovationen versuchsweise anzuwenden bzw. in der Folge endgültig zu übernehmen sind schriftliche Herstellerinformationen bzw. Technik-Demonstrationen maßgeblich für das Entscheidungsverhalten des Landwirts.<sup>461</sup>

Aufgrund der vorangestellten Aussagen ist es daher nicht möglich, eine generelle Gewichtung der verschiedenen Informationsquellen und –wege in bezug

---

<sup>459</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 75ff.

<sup>460</sup> Vgl.: COPP, J. H.; SILL, M. L.; BROWN, E. J. [Information Sources], S. 146-157.

Als zeitgemäße Informationsquelle steht heute den potentiellen Anwendern zudem das Internet als leistungsfähiges Medium zur Informationsbeschaffung zur Verfügung.

<sup>461</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S.191-197.



## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

auf die Verbreitung von Innovationen vorzunehmen. Ebenso erscheint aufgrund empirischer Befunde die Annahme unwahrscheinlich, dass ein Anwender sich aufgrund einer einzelnen Information zur Übernahme einer Neuerung entschließt.<sup>462</sup>

- (3) Die Übernahme von Neuerungen wird wesentlich davon beeinflusst, ob den potentiellen Übernehmern für die Einführung einer Innovation entsprechende Finanzierungsmittel zur Verfügung stehen.<sup>463</sup> Auch für den Einfluss der Finanzierung auf die Ausbreitung von Neuerungen gilt, dass das Vorhandensein von liquiden Mitteln bzw. der Zugang zu Kapital eine notwendige, jedoch nicht bereits hinreichende Begründung für die Bereitschaft zur Übernahme einer Innovation darstellt. Vielmehr lassen sich innovationsbereite Unternehmer in ihrer Innovationsentscheidung von den Kosten des Kapitals sowie in erster Linie von den Gewinn- bzw. Nutzenerwartungen leiten, sodass selbst bei günstigen Kapitalkosten eine Investition nicht getätigt wird, wenn die Erfüllung der Gewinn- bzw. Nutzenerwartungen mit einem hohen Risiko verbunden ist bzw. diese sogar negativ ist. Eine weitere wesentliche Bedeutung für den Diffusionsprozess kommt der Art der vorhandenen Finanzierungsquellen sowie der Einstellung der jeweiligen potentiellen Investoren zu den verschiedenen Finanzierungsalternativen zu. So ist das Finanzierungspotential maßgeblich abhängig von der präferierten Finanzierungsform, wobei die Mittelbeschaffung und -rückzahlung bestimmt wird von der angestrebten Gestaltung der Zahlungs-, Informations-, Kontroll- und Sicherungsbeziehungen zwischen innovierendem Unternehmen und Kapitalgebern sowie insbesondere von Risiko- und Liquiditätsgesichtspunkten. Da die zukünftige Liquidität jedoch nicht in erster Linie von der Vermögens- bzw. der Kapitalstruktur, sondern von der Qualität zukünftiger Einzahlungen bestimmt ist, kommt der individuellen Risikoeinschätzung eine zentrale Bedeutung in der Gestaltung der betrieblichen Wachstumsfinanzierung zu. Ist das Finanzierungsrisiko und somit auch die Finanzierungskraft bei einer ausschließlichen Innenfinanzierung bzw. einer Eigenfinanzierung noch relativ ge-

---

<sup>462</sup> In Bezug auf die generelle Bedeutung von Innovationen im Diffusionsprozess ist festzuhalten, dass die Information über die Existenz einer vorteilhaften Innovation eine notwendige, jedoch keine hinreichende Bedingung zur Übernahme einer Innovation darstellt.

<sup>463</sup> Vgl.: SUNDING, D.; ZILBERMAN, D. [Agricultural Innovation], S. 246ff.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

- ring, steigen beide Parameter mit der zunehmenden Nutzung der verschiedenen Formen der Fremdfinanzierung deutlich an.<sup>464</sup>
- (4) Der Faktor Arbeit stellt einen weiteren wesentlichen Parameter bei der Verbreitung von Neuerungen dar. Wie bereits in den Ausführungen zur Abgrenzung technischer Fortschritte im Hinblick auf veränderte Faktorproduktivitäten sowie zur Klassifikation des technischen Fortschritts ausführlich besprochen, wird die Diffusion von Innovation besonders durch das vorhandene bzw. während der Investitionsperiode erwartete qualitative und quantitative Arbeitsangebot sowie die erwarteten Kosten für den Faktor Arbeit im Vergleich zu den Kosten für das eingesetzte Kapital beeinflusst.<sup>465</sup>
- (5) Der Einfluss des Staates auf die Verbreitung von Innovationen ist vielfältig und umfasst alle Phasen des Innovationsprozesses.<sup>466</sup> Ohne die einzelnen Aspekte staatlicher Innovationsbeeinflussung detailliert zu besprechen, sei hier auf die wesentlichen Gesichtspunkte abgestellt. Neben der direkten Beeinflussung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten sowie der direkten Förderung der Durchsetzung des technischen Fortschritts stellt die Ausgestaltung des Patent- und Lizenzrechts einen wesentlichen Bestimmungsgrund für die Bereitschaft zur Investition in neue Verfahren und Prozesse dar. Eine weitere Möglichkeit der Einflussnahme auf die Entstehung und Verbreitung von Innovationen ist in der staatlichen Regulierung zur Verhaltensbeeinflussung von Unternehmen durch ordnungspolitische, zumeist marktspezifische Maßnahmen sowie durch das Abgaben- und Steuerrecht zu sehen. Die Regulierungsanstrengungen beziehen sich dabei im wesentlichen - sowohl auf der Faktor- als auch der Produktseite - auf die Steuerung des Marktzugangs, der Preis- und Tarifgestaltung und der Qualität sowie insbesondere bei landwirtschaftlichen Produkten auf die spezifische Mengen- und Preissteuerung.<sup>467</sup>

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Prozess zur Übernahme von Innovationen – insbesondere im landwirtschaftlichen Bereich – als ein Zusammenspiel

---

<sup>464</sup> Vgl.: REISCH, E.; ZEDIES, J. [landwirtschaftliche Betriebslehre], S. 42-60.

<sup>465</sup> Vgl.: Kapitel 2.2 und Kapitel 2.3.

<sup>466</sup> Vgl.: SUNDING, D., ZILBERMAN, D. [Agricultural Innovation], S. 250-253.

<sup>467</sup> Als verbreitete Regulierungsmaßnahmen sind Produktionsauflagen, Qualitätsstandards bei Produkten und Dienstleistungen, Ausnahmen vom Wettbewerbsgesetz, Berufsordnungen sowie Vorschriften der Preis- und Tarifgestaltung zu nennen.  
Vgl.: HENRICHSMEYER, W.; WITZKE, H. P. [Agrarpolitik Bd. 2], S. 338-409.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

verschiedener Prozesse und Faktoren zu begreifen ist, und nicht ein einziger Prozess oder Faktor als besonders dominierend herausgestellt werden kann.

### **2.6.5.4 Unternehmensinterne Variablen**

Die unternehmensinternen Parameter stellen einen Variablenkomplex dar, der sich aus Einflussgrößen zusammensetzt, die im Bereich des Unternehmens selbst aber auch in bezug auf die Person wirksam sind, die eine Innovation aufgreift, über ihre Einführung befindet und gegebenenfalls ihre Übernahme bzw. Realisierung durchsetzt.<sup>468</sup> Bilden die unternehmensexternen sowie die innovationsspezifischen Variablen den Rahmen für das mögliche oder tatsächliche Verhalten der die Innovation übernehmenden wirtschaftlichen Einheiten, so stellen die unternehmensinternen Einflussgrößen auf die tatsächliche Bereitschaft zur Übernahme von Neuerungen ab. Die unternehmensinternen Variablen lassen sich dabei in die drei Kategorien Unternehmens-, Anwender- und Organisations-Merkmale aufgliedern, wobei hier auf die beiden erstgenannten Merkmale fokussiert werden soll, da im landwirtschaftlichen Unternehmen in der Regel der Innovations-Übernehmer mit dem Inhaber der Unternehmung identisch ist, und daher der Innovator zumindest in gewissen Grenzen frei von den Zwängen formaler Organisationsstrukturen ist.<sup>469</sup>

Die verschiedenen, in Abbildung 12 aufgeführten und im weiteren näher zu betrachtenden Unternehmens- und Anwender-Merkmale können nach ihren Ausprägungen der in Kapitel 2.6.3 dargestellten Adopterkategorisierung Rogers zugeordnet werden, wodurch eine Typisierung der einzelnen Adopter ermöglicht wird. Die in Übersicht 5 dargestellte Zusammenfassung der allgemeinen verhaltens- und betriebsdifferenzierenden Merkmale der unterschiedlichen Adopterkategorien besitzt dabei einen idealtypischen Charakter. Die der Typisierung zugrunde liegenden Beziehungen zwischen der relativen Übernahmezeit und der graduellen Ausprägung

---

<sup>468</sup> Vgl.: MOHR, H.-W. [Verbreitung von Technologien], S. 75ff.

<sup>469</sup> Im Falle landwirtschaftlicher Familienbetriebe ist der Betriebsinhaber, neben der Einbindung in eine einfache Organisationsstruktur, an deren Spitze er steht, in seiner Investitions-Entscheidung vielmehr durch nicht-formale Strukturen geprägt, die in einem Konglomerat aus Betrieb, Haushalt und Familie ihren Niederschlag finden. Vgl.: STEFFEN, G.; BORN, D. [Betriebs- und Unternehmensführung], S. 91ff.

In größeren landwirtschaftlichen Unternehmen hingegen ist der Innovator, bedingt durch das Auseinanderfallen von Kapital und Management, nicht in jedem Fall mit dem Unternehmensinhaber identisch, jedoch aber in formale Organisationsstrukturen eingebunden. Dabei treten im Rahmen des Entscheidungsprozesses zur Übernahme einer Innovation die spezifischen (persönlichen) Anwender-Merkmale zugunsten des Organisationseinflusses in den Hintergrund.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

der einzelnen Merkmale basieren auf empirischen Beobachtungen, liegen jedoch in der aufgeführten Eindeutigkeit in der Realität nicht regelmäßig vor.<sup>470</sup>

Hinsichtlich der auf die Unternehmens- und Anwender-Merkmale von früh Übernehmenden lassen sich auf der Basis umfangreicher empirischer Untersuchungen verschiedene Generalisierungen bzgl. des sozioökonomischen Status, der Persönlichkeitsmerkmale und des Kommunikationsverhaltens treffen:<sup>471</sup>

(1) Im Hinblick auf den sozioökonomischen Status kann formuliert werden, dass frühe Übernehmer im Vergleich zu späten Übernehmern

- einen höheren Bildungsabschluss aufweisen,
- einen höheren sozialen Status innehaben sowie
- größere Betriebe bewirtschaften.

Ein Nachweis für eine negative Korrelation von Lebensalter und Innovationsfreudigkeit kann jedoch nicht geführt werden. Insgesamt belegen verschiedene Untersuchungen, dass sich die Gruppe der frühen Übernehmer durch die Meinungsführerschaft in ihrer sozialen Gruppe auszeichnet.

(2) Die Persönlichkeitsmerkmale früher Übernehmer zeichnen sich im Vergleich zu späteren Übernehmern insbesondere aus durch

- einen geringeren Dogmatismus,
- ein höheres abstraktes Denkvermögen,
- eine höhere Rationalität und Sachlichkeit,
- eine höhere Affinität für Veränderungsprozesse sowie
- eine höhere Wissenschaftsorientierung.

(3) Bezüglich des Kommunikationsverhaltens kann für frühe Übernehmer festgehalten werden, dass sie

- stärker in soziale Netzwerke integriert sind,
- eine stärkere kosmopolitische Orientierung aufweisen,<sup>472</sup>
- einen vermehrten Kontakt mit „Change Agents“ (Innovatoren) pflegen,
- eine intensivere interpersonelle Kommunikation zeigen sowie

---

<sup>470</sup> Albrecht führt an, dass die aufgeführten Kombinationen zwar empirisch ermittelt sind, jedoch Typen von „konstruiert reiner Ausprägung“ darstellen. ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 54.

<sup>471</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 268-280.

<sup>472</sup> Kosmopolitische Orientierung ist hier als die Bereitschaft eines Individuums zu interpretieren, sich über die Grenzen des eigenen sozialen Systems hinaus über Neuerungen zu informieren. Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 274.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

- Informationen über Innovationen selbständiger und aktiver suchen als die Gruppe der späten Übernehmer.

Die Persönlichkeits-Merkmale der frühen Anwender korrespondieren dabei mit den Eigenschaften der von ihnen geführten Unternehmen. Insgesamt zeichnen sich die frühen Übernehmer durch eine größere Risiko- und Innovationsbereitschaft aus, was im Hinblick auf die betriebliche Entwicklung in einer verstärkten Fremdkapitalfinanzierung zum Ausdruck kommt.

In einer Vielzahl von Einzelstudien zur Analyse der verhaltensdifferenzierenden Merkmale als unabhängige Variablen im Übernahmeprozess konnte gezeigt werden, dass insbesondere Betriebsgröße, Ausbildungsniveau, sozialer Status sowie die Häufigkeit von Informationskontakten regelmäßig signifikant positiv mit dem Übernahmemaß korrelieren.<sup>473</sup> Gleichfalls sind dem entgegen in der Literatur auch Abweichungen von den erwarteten Beziehungen beschrieben, wobei in den entsprechenden Untersuchungen keine oder gegenläufige Korrelationen der genannten Variablen mit der Höhe des Übernahmemaßes nachgewiesen werden konnten. Insbesondere die den Gesamtkontext der Übernahme beschreibenden Einflussgrößen, wie die in als ähnlich empfundenen Innovations-Situationen gesammelten Erfahrungen, können dabei zu erwartungswidrigen Abweichungen führen. Daraus ergibt sich, dass außerhalb des Betrachtungsbereiches liegende Faktoren verhaltensbestimmend werden können, die Beziehungen zum Übernahme-Verhalten somit nur im gesamten Kontext der jeweiligen Entscheidungssituation existent sind. Die hohe Spezifität einer jeden Übernahmesituation führt daher dazu, dass in Untersuchungen die auf der ausschließlichen Verwendung von Multipractice-Maßen fußen, aufgrund der Betonung der verhaltensdifferenzierenden Merkmale der Übernehmenden sowohl die Art der Innovation als auch relevante vorausgegangene Ereignisse ohne Beachtung bleiben, wodurch wichtige situationsbestimmende Faktoren nicht berücksichtigt werden. Lediglich für den Fall, in dem die situationsbestimmenden Faktoren selbst keine oder eine nur geringe differenzierende Wirkung ausüben, können nach ALBRECHT Rückschlüsse von den verhaltensdifferenzierenden Merkmalen auf das zu vermutende Innovationsverhalten gezogen werden.<sup>474</sup>

---

<sup>473</sup> Vgl.: ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 252-280.

<sup>474</sup> Vgl.: ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 59-62.

## 2 Grundlagen von Adoption und Diffusion technischer Fortschritte

Übersicht 5: Allgemeine verhaltens- und betriebsdifferenzierende Merkmale in der Landwirtschaft

Adopter-kategorie	Werthaltung	Ausbildung / Fähigkeiten	Gruppenbeziehungen	Sozialer Status	Betriebskennzeichen
Innovatoren	Positive Einstellung zur Wissenschaft, hohe Risikobereitschaft, „Abenteurer“	Sehr gute Ausbildung, sehr gutes abstraktes und strategisches Denkvermögen	In überregionale Netzwerke integriert, begrenzter Einfluss auf das Verhalten benachbarter Betriebe	Höchster sozialer Status	Größte Unternehmen mit weitgehender Spezialisierung, sehr gute betriebswirtschaftliche Ergebnisse, sehr gute Finanzierung
Frühe Übernehmer	Wollen von lokalen Berufskollegen „geachtet“ werden	Überdurchschnittliche Ausbildung	Leitend in lokalen Organisationen, Meinungsführer	Hohe soziale Stellung, von lokalen Berufskollegen als Vorbild betrachtet	Große Betriebe, weniger spezialisiert, gute betriebswirtschaftliche Ergebnisse
Frühe Mehrheit	Konservativ, abwägend	Durchschnittliche bis leicht überdurchschnittliche Ausbildung	Selten Führungsfunktionen, begrenzter Einfluss auf das wirtschaftliche Verhalten anderer	Durchschnittliche soziale Stellung	Durchschnittliche Betriebsgröße, mittlere betriebswirtschaftliche Ergebnisse
Späte Mehrheit	Skeptisch, erst durch Gleichgestellte zur Innovationsübernahme bereit, risikoavers	Ausbildung leicht unterdurchschnittlich	Wenig Einfluss auf das wirtschaftliche Verhalten anderer	Durchschnittliche soziale Stellung	Kleinere Betriebe, kaum Spezialisierung, geringere betriebswirtschaftliche Ergebnisse
Nachzügler	Sehr risikoavers, vergangenheitsorientiert	Schlechte Ausbildung, schlechtes strategisches Denkvermögen	Keinen Einfluss auf das wirtschaftliche Verhalten anderer	Geringe soziale Stellung	Kleine Betriebe, schlechte betriebswirtschaftliche Ergebnisse

Quelle: Eigene Darstellung nach ALBRECHT, H. [Innovationsprozesse], S. 55 sowie ROGERS, E. M. [Diffusion], S. 263-266.

