



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

ADOPTION ENERGIEEFFIZIENTER TECHNIKEN IN KLEINEN UND MITTLEREN UNTERNEHMEN

EINE KAUSALUNTERSUCHUNG AM BEISPIEL DER GARTENBAUBRANCHE

Manuel Hertel, Klaus Menrad

Marketing und Management Nachwachsender Rohstoffe
Wissenschaftszentrum Straubing

m.hertel@wz-straubing.de



Schriftlicher Beitrag anlässlich der 53. Jahrestagung der
Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.

**„Wie viel Markt und wie viel Regulierung
braucht eine nachhaltige Agrarentwicklung?“**

Berlin, 25.-27. September 2013

ADOPTION ENERGIEEFFIZIENTER TECHNIKEN IN KLEINEN UND MITTLEREN UNTERNEHMEN

EINE KAUSALUNTERSUCHUNG AM BEISPIEL DER GARTENBAUBRANCHE

1. Einleitung

Die Einführung und Anwendung innovativer energieeffizienter Techniken im produzierenden Gewerbe ist ein wichtiger Bestandteil der angestrebten Energieeffizienzsteigerung in Deutschland. Die im Oktober 2012 initiierte "Mittelstandsinitiative Energiewende" der Bundesregierung belegt den politischen Anspruch, auch in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) die Energieproduktivität zu verbessern (BMU-PRESSEDIENST, 2012). Mehrere Studien belegen die relativ geringe Energieproduktivität in KMU (FRAHM et al., 1997), gleichzeitig existiert insbesondere bei diesen Unternehmen ein großes Potenzial rentabler energieeffizienzsteigernder Maßnahmen (JOCHEM et al., 2010). Ein Vergleich der Energieeffizienz von Gartenbaubetrieben mit Unterglasanbau, welche i. d. R. zur Gruppe der KMU zu zählen sind, belegt, dass auch im Gartenbausektor ungenutzte Potenziale hinsichtlich der Steigerung der Energieeffizienz vorhanden sind (HERTEL & BÜCHNER, 2013). Dabei scheitern ökonomisch sinnvolle Investitionen in energieeffiziente Innovationen oftmals an personenbezogenen Hemmnissen, die durch ökonomische Standardmodelle im Sinne der Neoklassik nicht erklärt werden können (U. A. DECANIO, 1993; SORRELL et al., 2000). Die vorliegende Studie greift dieses Forschungsfeld auf und untersucht v. a. personenbezogene Einflußfaktoren, welche außerhalb allein ökonomisch rationaler Investitionsentscheidungen die Übernahme energieeffizienter Techniken im Gartenbau beeinflussen. Als erklärte Größen fungieren beobachtbare energieeffiziente Techniken (Klimacomputer, Energieschirm) sowie die allgemeine Energieeffizienz im gesamten Produktionsprozess, wodurch auch nicht beobachtbare energierelevante Techniken und Methoden der Produktion erfasst werden.

2. Theoretische Bezugspunkte

Die Einführung von energieeffizienten Techniken ist allgemein als Innovationsadoption zu verstehen. Dabei reagieren potenzielle Adopter nach der Kenntnisnahme über die Existenz einer Innovation nicht direkt mit einer sofortigen Übernahme oder Ablehnung derselben, sondern durchlaufen einen mentalen Prozess, in dem Vor- und Nachteile oder eventuelle Risiken bewertet werden (KORNMEIER, 2008). Die endgültige Übernahme oder Ablehnung einer Innovation bildet den Abschluss dieses Vorganges (BORCHERT et al., 2003). RYAN & GROSS (1943) haben erstmals einen mehrstufigen, idealtypischen Adoptionsprozess beschrieben, in der Folge wurden unzählige weitere Prozessvarianten erarbeitet. Im Kern beinhalten alle Prozesse die von RYAN & GROSS vorgeschlagenen Stufen Awareness, Interest, Evaluation, Trial und Adoption. In der Adoptionsforschung sind der Adoptionsprozess und die Faktoren, die auf diesen Prozess einwirken, Gegenstand der Untersuchung (PEPELS, 2005). ROGERS (2003) hat in einer Metaanalyse eine Vielzahl von Adoptionsstudien ausgewertet und wichtige innovationseigenen, adopterinhärenten und umfeldspezifischen Einflussfaktoren der Innovationsadoption herausgearbeitet. Als **innovationsbezogene Faktoren** verstehen sich u. a. vom Adopter wahrgenommene Eigenschaften einer Innovation (TORNATZKY & KLEIN, 1982). Die Adoption ist demnach umso wahrscheinlicher, je größer der relative Vorteil, die Kompatibilität, die Erprobbarkeit und die Kommunizierbarkeit sind und je niedriger die Komplexität einer Innovation ist (ALBERS, 1998; ROGERS, 2003). Darüber hinaus werden weitere Innovationseigenschaften wie wahrgenommenes Risiko, Neuartigkeit, Kapitalintensität oder Reifegrad einer Innovation genannt (LITFIN, 2000; LANGERT, 2007). In der Literatur wird jeweils die Wirkung dieser Eigenschaften erklärt und begründet, eine in

sich geschlossene Theorie existiert allerdings nicht (TORNATZKY & KLEIN, 1982; FRAMBACH & BIJMOLT, 2011). Neben den innovationsbezogenen Adoptionsfaktoren, sind in der wissenschaftlichen Forschung auch **adopterbezogene Merkmale** Gegenstand der Untersuchung. Dabei ist eine grundsätzliche Unterscheidung in personen-, und organisationsbezogene Faktoren vorzunehmen, je nachdem ob ein Individuum oder eine Organisation bzw. ein Unternehmen Untersuchungsgegenstand ist. Die vorliegende Untersuchung bezieht sich zwar auf Unternehmen, allerdings sind bei KMU die Merkmale (KENNEDY, 1983) einer idealtypischen Organisation nicht vollständig gegeben. Da sich Entscheidungsprozesse (z. B. bei Technikinvestitionen) in KMU stark auf den Betriebsleiter konzentrieren, nehmen die Charakteristika dieser Person auch bei der Adoption energieeffizienter Techniken eine hervorzuhebende Bedeutung ein. Neben sozio-ökonomischen Kriterien (Alter, Ausbildung etc.), werden in diesem Kontext vor allem psychographische (Erfahrung, Kaufhäufigkeit etc.) und verhaltensorientierte (Einstellung, Motive, Involvement etc.) Merkmale als bedeutsam angesehen (U. A. SORREL et al., 2000; SCHMID & LAYER et al., 2003). U. a. die Theory of Reasoned Action (FISHBEIN & AJZEN, 1975), die Theory of Planned Behaviour (AJZEN, 1991) und das Technology Acceptance Model (DAVIS et al., 1989) greifen derartige Merkmale auf und erklären Verhaltensweisen von Adoptern (PARKER & CASTLEMAN, 2007). Als weitere Gruppe von Einflussfaktoren sind **umfeldbezogene Adoptionsdeterminanten** zu nennen, zu welchen technologische, makroökonomische, politisch-rechtliche und sozio-kulturelle Aspekte zu zählen sind (WEIBER, 1992).

3. Hypothesenmodelle

Um den verschiedenen Perspektiven der Adoptionsforschung gerecht zu werden und eine möglichst umfassende Analyse zu erreichen, werden zwei unterschiedliche Adoptionsmodelle konstruiert und empirisch überprüft. Die grundlegenden Beziehungen werden in einem Basismodell (Abbildung 1), das sich an der Theory of Planned Behaviour und Theory of Reasoned Action anlehnt, formuliert (AJZEN, 1991). Der in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen belegte Zusammenhang zwischen Einstellung, Intention und Adoption soll hier auf energieeffiziente Techniken angewandt werden (MANSTEAD & PARKER, 1995). Zudem werden weitere in der Literatur aufgezeigte umfeldspezifische Einflussfaktoren betrachtet. Die Subjektive Norm repräsentiert den Einfluss nahestehender Personen (Familie, Betriebsangehörige, Kollegen) auf Investitionsentscheidungen des Betriebsleiters (U. A. AJZEN, 1991; AJZEN, 1985). Restriktionen stehen für umfeldspezifische Faktoren, welche auf die Technikadoption wirken (u. a. SCHWARZMEIER, 2007). Neben der Technikadoption wird die gemessene Energieeffizienz als weitere abhängige Variable in das Kausalmodell integriert, um damit die Wirkung der Technikadoption auf eine energieeffiziente Produktionsweise zu überprüfen.

Im innovationsbezogenen Modell (Abbildung 2) werden personenbezogene Faktoren und die vom Betriebsleiter bewerteten Technikeigenschaften auf die Technikadoption bezogen (ROGERS, 2003). Die im Gartenbau als bedeutend geltenden Techniken Energieschirm und Klimacomputer (ARAMYAN et al., 2007; PIETOLA & LANSINK, 2006) wurden hierfür beispielhaft herangezogen, wodurch sich zwei Modellvarianten ergeben. Zudem sind produktionstechnische Einflussfaktor im Modell berücksichtigt. Da angenommen wird, dass größere Flächen durch Fixkostendegression eine schnellere Einführung einer automatisierten Klimasteuerung fördern, ist im Klimacomputermodell die Produktionsfläche eines Betriebes als exogene Variable enthalten. Im Energieschirmmodell ist die Heizintensität als produktionstechnisches Einflussmerkmal berücksichtigt, da eine höhere Produktionstemperatur die Rendite von Energieschirmen steigert und dadurch die Adoption begünstigt. Die letztendlich zu erklärende Größe ist die

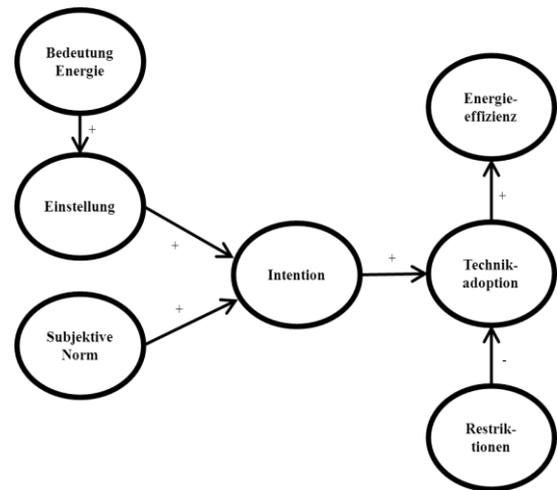


Abbildung 1: Basismodell

Quelle: Eigene Darstellung

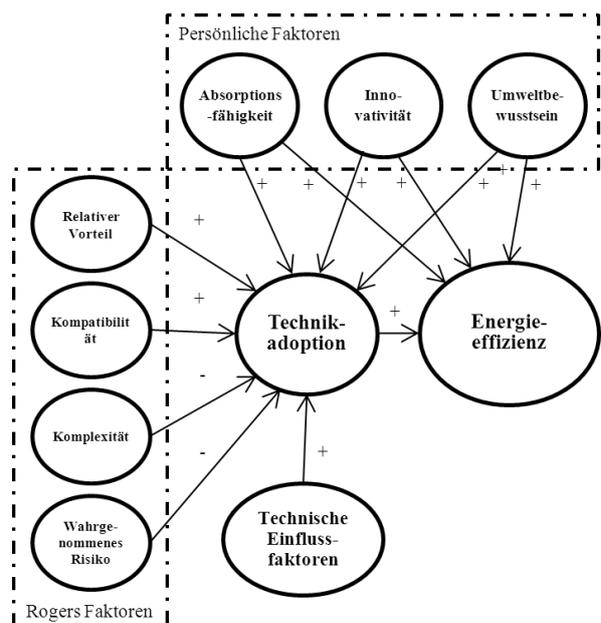


Abbildung 2: Innovationsmodell

Quelle: Eigene Darstellung

Energieeffizienz eines Unternehmens, welche die Anwendung aller energierelevanten Techniken repräsentiert.

Neben der Bewertung beispielhafter Techniken und den produktionstechnischen Einflussfaktoren werden Umweltbewusstsein, Absorptionsfähigkeit von Innovationen und Innovativität als personeninhärente Merkmale des Betriebsleiters in das Modell integriert. Dabei wirken Innovativität, Absorptionsfähigkeit und Umweltbewusstsein sowohl positiv auf die Adoption von Klimacomputer bzw. Energieschirm, als auch positiv auf die Energieeffizienz, welche im Modell indirekt für die gesamte Energietechnik in der Produktion steht.

4. Empirische Überprüfung

4.1. Operationalisierung und Datenerhebung

Die beiden Adoptionsmodelle werden mit Hilfe eigens erhobener Daten empirisch getestet. Die Studie bezieht sich mit dem Gartenbau auf eine einzelne, von KMU geprägte Branche (HERTEL et al., 2011), wodurch konstante externe Bedingungen und die Vergleichbarkeit der Untersuchungseinheiten gewährleistet werden. Der Unterglasgartenbau produziert relativ energieintensiv. Die Energiekosten betragen bis zu 30 % der gesamten Produktionskosten (HERTEL et al., 2011), wobei durch die Einführung moderner, effizienter Produktionstechniken hohe Energieeinsparungen möglich sind. In die mit den Merkmalen Unternehmensgröße sowie Produktionsschwerpunkt (Zierpflanzen, Gemüse) geschichtete Zufallsstichprobe wurden 112 Betriebe aufgenommen. Die Datenerhebung erfolgte im Jahr 2010 durch ein persönliches Interview mit den Betriebsleitern. Die in den Modellen enthaltenen personenbezogenen Konstrukte wurden durch geeignete Statements bzw. Indikatoren, die überwiegend aus der wissenschaftlichen Literatur entnommen wurden, operationalisiert und von den Betriebsleitern auf einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet.¹ Die abhängigen Variablen Technikadoption und Energieeffizienz erforderten eine Aufnahme und Bewertung der eingesetzten Produktionstechnik. Neben dem Anteil an installierten Energieschirmen in der Produktion, wurde der Einsatz von Klimacomputern im Konstrukt Technikadoption berücksichtigt. Da diese Techniken nur einen Teil der verfügbaren effizienzsteigernden Maßnahmen abbilden und eine Erfassung aller relevanten Techniken nur mit hohem Aufwand zu realisieren ist, wurde die Energieeffizienz in der Produktion als Maßstab der Technikadoption herangezogen. Energieeffizienz bildet generell ein Input-Output-Verhältnis ab (PATTERSON, 1996) und kann im Gartenbau über das Verhältnis Energieeintrag (kWh) / Gradstunden Temperaturerhöhung pro Grundflächeneinheit (K h m²) definiert und gemessen werden (HERTEL & BUECHNER, 2013).

4.2. Partial-Least-Square Analyse

Da in dieser Studie verschiedene komplexe Hypothesensysteme empirisch getestet werden, bietet sich die Bildung und Überprüfung von Strukturgleichungsmodellen an (CHIN, 1998a). Innerhalb der Methodengruppe der Strukturgleichungsanalyse existieren zwei alternative Ansätze: Die kovarianz- und varianzbasierten Schätzverfahren. Zur empirischen Überprüfung der Modelle dieser Studie wird ein varianzbasiertes Strukturgleichungsverfahren (PLS) genutzt, da diese Methodenvariante komplexe Untersuchungen mit einer relativ hohen Anzahl an Variablen und Zusammenhängen zulässt. Die Umsetzung der statistischen Auswertung erfolgt mit dem frei verfügbaren Softwaretool SmartPLS 2.0 (RINGLE et al., 2005), welches den varianzbasierten PLS-Algorithmus (BETZIN & HENSELER, 2005) anwendet.

¹ Auf die Darstellung der 50 Statements dieser Untersuchung muss hier verzichtet werden. Eine vollständige Liste der angewandten Items ist vom Autor erhältlich.

Bei der Partial-Least-Square Methode werden formal ein inneres sowie ein äußeres Gleichungssystem bestimmt (CHIN et al., 2006) (Abbildung 3). Die Beziehung der latenten Variablen kommt in dem inneren System zum Ausdruck und stellt die zugrundeliegende Theorie bzw. die kausalen Bezüge dar (Strukturmodell). Das äußere Gleichungssystem

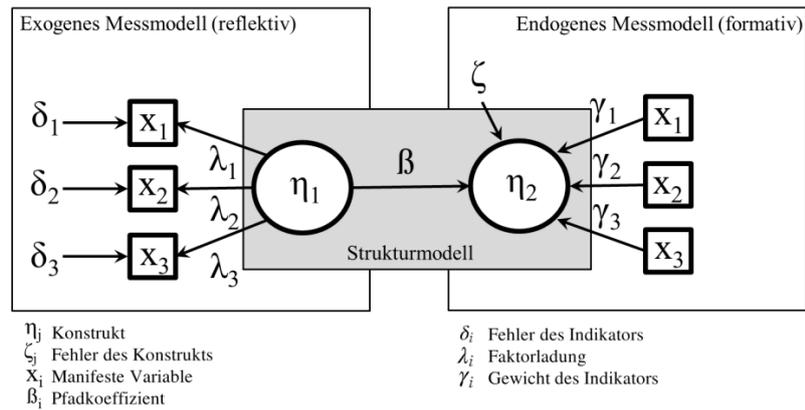


Abbildung 3: Struktur- und Messmodell

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an WEIBER & MÜHLHAUS (2010)

(1) bestimmt die Beziehung der manifesten Variablen (x_i) zu den Konstrukten (η_j) und wird als Messmodell bezeichnet (PANTEN & THIES, 2006: 313). Die Schätzung des Strukturmodells entspricht einer multiplen Regressionsanalyse. Dabei bezeichnet β_{ij} den Pfadkoeffizienten zwischen den beiden Konstrukten η_1 und η_2 (BETZIN & HENSELER, 2005).

$$(1) \quad \eta_j = \sum_i \beta_{ij} \eta_i + \zeta_j$$

Im Messgleichungssystem werden die Beziehungen der Indikatoren zu den latenten Variablen festgelegt. Hier sind die Spezifikationen reflektiv und formativ zu unterscheiden. Reflektive Konstrukte (2) bestimmen die Ausprägung ihrer zugehörigen Items, daher wird das Messmodell als faktorenanalytisches Modell dargestellt. Die Ladungskoeffizienten λ_i entsprechen der Korrelation zwischen Konstrukt und Item und zeigen die Wertigkeit eines Indikators, wohingegen δ_i den Messfehler bezeichnet.

$$(2) \quad x_i = \lambda_i \eta_j + \delta_i$$

$$(3) \quad \eta_j = \sum_i \gamma_i x_i + \zeta_j$$

Im formativen Messmodell (3) ergibt sich der Konstruktwert η_j aus den gewichteten Indikatorenausprägungen x_i . Der Messfehler liegt hier auf der Konstruktebene und wird mit ζ_j beschrieben. Mit dem PLS-Ansatz wird das Ziel verfolgt, diese drei Gleichungen durch die gegebenen empirischen Daten zu bestimmen. Die Schätzung der Konstruktwerte, Regressionskoeffizienten des inneren Modells, der Ladungskoeffizienten und der Gewichte des äußeren Modells erfolgt in einer zweistufigen Berechnung. In einer ersten Stufe werden in einem iterativen Prozess auf Grundlage der Rohdatenmatrix Werte für alle latenten Variablen geschätzt. Dabei wird eine Prozedur, die drei Schritte umfasst, mehrmals durchlaufen und wechselseitig eine innere und äußere Approximation der Werte ermittelt bis ein bestimmtes Konvergenzkriterium² erfüllt ist (HENSELER et al., 2009). Nach Bestimmung der latenten Variablen in der ersten Berechnungsstufe, wird in einer zweiten Stufe das Verfahren der Kleinste-Quadrate-Schätzung zur Ermittlung der Ladungen bzw. Gewichte des Messmodells sowie die Berechnung der Pfadkoeffizienten des Strukturmodells genutzt (SCHLODERER et al., 2009; PANTEN & THIES, 2006). Pfad- und Ladungskoeffizienten entsprechen dabei den Koeffizienten der Regressionsgleichung, bei formativen Konstrukten stimmen die

² Als Standardkriterium in SmartPLS gilt die Annäherung der äußeren und inneren Schätzwerte bis auf die vierte Nachkommastelle.

Gewichtskoeffizienten mit den Gewichten des letzten Berechnungsdurchlaufes überein (LOHMÖLLER, 1989).

5. Ergebnisse

5.1. Deskriptive Analyse des Datensatzes

Von den 112 Befragten Unternehmen konnten 104 in die empirische Auswertung aufgenommen werden, bei acht Betrieben waren die technischen Daten zur Ermittlung des Merkmals Energieeffizienz unzureichend. 85 % der Unternehmen produzieren vorwiegend Zierpflanzen, 15 % der Betriebe sind vollständig oder überwiegend³ dem Gemüsebau zuzuordnen.⁴ Der Median der Produktionsfläche liegt bei 4.015 m² und deckt sich weitgehend mit dem Wert aller produzierenden Gartenbaubetriebe in Bayern (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2006). Bezüglich des Energieverbrauchs unterscheiden sich die untersuchten Betriebe erheblich. Der Median von ca. 600.000 kWh und ein arithmetisches Mittel von ca. 1.140.000 kWh deuten auf eine rechtsschiefe Verteilung dieses Merkmals hin. 70 % der Betriebe haben einen Jahresverbrauch kleiner als 1.000.000 kWh, wobei das Maximum bei 6.630.000 kWh liegt. Auch bezüglich des Heizbedarfs pro Flächeneinheit (m²) gibt es große Differenzen. 10 % der Unternehmen heizen weniger als 13.355 Gradstunden pro Jahr und Quadratmeter, das 90-prozentige Quantil liegt mit 59.535 mehr als viermal so hoch und das Maximum mit 112.668 fast zehnmal höher als das untere Dezil.

Tabelle 1: Ausgewählte deskriptive Ergebnisse (n=104)

Dezil	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hochglasflächen [m²]	1.598	1.974	2.622	3.196	4.015	5.330	6.598	9.128	16.946
Energieverbrauch [kWh]	227.222	301.270	360.226	449.775	597.769	852.000	1.026.812	1.200.000	3.111.500
Heizbedarf pro m² [Kh/Jahr]	13.355	17.632	20.592	23.838	27.945	30.625	34.615	42.544	59.535
Energieeffizienzwert [WK⁻¹m⁻²]	11,14	8,91	7,52	6,52	5,81	5,17	4,60	4,05	3,33

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Energieeffizienzkennzahl der Betriebe weist einen Median von 5,8 WK⁻¹m⁻² auf. 10 % der Betriebe haben einen Wert von unter 3,3 WK⁻¹m⁻², die ineffizientesten 10 % der Unternehmen zeigen einen Index größer 11,1 WK⁻¹m⁻². Insgesamt ist auch hier die Variabilität groß, was aufgrund der unterschiedlichen Produktionstechniken und Strukturen der untersuchten Gartenbaubetriebe nicht besonders überrascht.

5.2. Ergebnisse der Strukturgleichungsanalyse

In die zu prüfenden Strukturmodelle werden zunächst alle Items der zu beurteilenden Konstrukte eingebunden und deren Gütemaße bestimmt. Für reflektive Konstrukte sind die Ladung der Items, die interne Konsistenz, die durchschnittlich erfasste Varianz (DEV), die Diskriminanzvalidität sowie die Prognoserelevanz zu bewerten. Die im Modell enthaltenen formativen Variablen werden durch das Indikatorgewicht sowie den Variance Inflation Factor (VIF) bzw. die Prüfung auf Multikollinearität beurteilt. Nach der Anpassung des Messmodells wird das innere Modell geschätzt. Als Ergebnisse werden Pfadkoeffizienten und

³ Anteil des Produktionswertes von Zierpflanzen bzw. Gemüse größer als 50 % des Gesamtproduktionswertes.

⁴ 65,4 % der Betriebe erwirtschaften ihren Umsatz ausschließlich mit Zierpflanzen; neun Unternehmen (8,7 %) erzeugen ausnahmslos Gemüse.

Bestimmtheitsmaße errechnet, die anhand eines Signifikanztests und der Effektstärke f^2 evaluiert werden können.

Im Basismodell bestätigen sich die meisten Zusammenhänge (Tabelle 2), die in ihrer Art in Abbildung 4 dargestellt werden. Für das Konstrukt Intention berechnet sich ein Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,441$. Dieser Wert ist vergleichsweise hoch und deutet auf eine gute Erklärungskraft der ursächlichen Konstrukte Einstellung und Subjektive Norm hin. Der Pfadkoeffizient $\text{Einstellung} \rightarrow \text{Intention}$ beträgt $\beta=0,508$ und belegt die positive Korrelation der beiden Konstrukte sowie den Einfluss der Einstellung gegenüber Techniken und der Absicht diese einzusetzen.⁵ In anderen Studien konnten ähnliche Werte ermittelt werden, so sind in einer Meta-Studie von MANSTEAD & PARKER (1995) Korrelationen von durchschnittlich $r=0,68$ zwischen Einstellung und Verhaltensabsicht festgestellt worden.

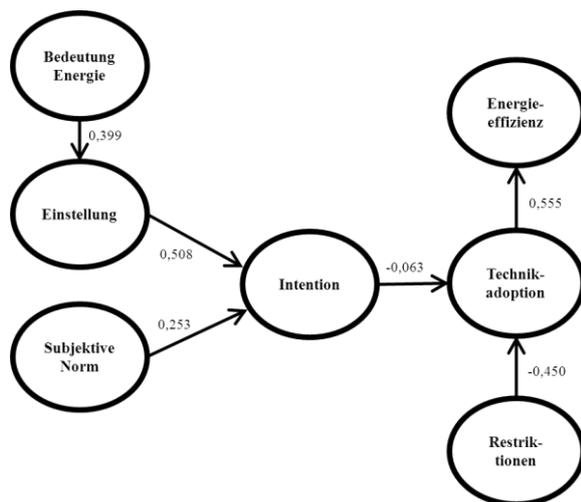


Abbildung 4: Ergebnisse Basismodell

Quelle: Eigene Berechnungen

dem sozialen Umfeld getroffen.

Zwischen der Bedeutung von Energie im Produktionsprozess und der Einstellung des Betriebsleiters zu energieeffizienter Technik wurde ein positiver Einfluss angenommen, der mit einem Pfadkoeffizienten von $\beta=0,399$ bestätigt werden kann. Wie zu erwarten war, beeinflusst die Relevanz des Produktionsfaktors Energie die Haltung der Betriebsleiter bezüglich Energietechnik.

Ein sehr geringer, nicht signifikanter Zusammenhang ($\beta=-0,063$) wird zwischen den Konstrukten Intention und der tatsächlichen Technikanwendung festgestellt. Die latente Variable Intention ist mit einem Mittelwert von 4,05 ($s=0,79$) auf der fünfstufigen Likert-Skala zwar vergleichsweise hoch, wodurch die Intention der Betriebsleiter, energieeffiziente Techniken einzusetzen und energieeffizient zu produzieren, deutlich wird. Die Absicht, energieeffizient zu produzieren, spiegelt sich allerdings nicht in der tatsächlichen Produktionseffizienz der untersuchten Gartenbauunternehmen wider. Die Effizienzwerte der Betriebe reichen von $3,4 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-2}$ für das 0,1-Quantil bis zu $9,0 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-2}$ für das 0,9-Quantil (Tabelle 1). Werden die effizientesten Unternehmen als Benchmark herangezogen, so zeigt sich: Viele Unternehmen produzieren weit weniger effizient, als sie es beabsichtigen und verfügbare Techniken es ermöglichen würden. Der empirische Zusammenhang zwischen

Ebenso kann der in Abbildung 4 dargestellte, positive Zusammenhang ($\beta=0,253$) zwischen Subjektiver Norm und Intention bestätigt werden. MARCATI et al. (2008) betonen, dass sich insbesondere bei kleinen, eigentümergeführten Unternehmen Abhängigkeiten zwischen Einstellung, Subjektiver Norm und Verhaltensintention zeigen. In ihrer Studie konnten sie einen Regressionskoeffizienten von 0,36 zwischen der unabhängigen Variable Subjektive Norm und dem Merkmal Verhaltensintention nachweisen. GRANOSZEWSKI & SPILLER (2012) führen an, dass das soziale Umfeld ein starker Prädiktor des Investitionsverhaltens in landwirtschaftlichen Betrieben ist. In kleinstrukturierten Unternehmen werden strategische Entscheidungen nicht isoliert, sondern vielmehr durch eine intensive Interaktion mit

⁵ CHIN (1998b) bezeichnet in Partial-Least-Squares-Modellen Ergebnisse ab einem Pfadkoeffizienten vom 0,2 als interpretierbar, Lohmöller lässt hingegen bereits Koeffizienten ab 0,1 in Modellen zu (LOHMÖLLER, 1989).

Intention und Verhalten ist in Bezug auf die Innovationsadoption meist nur schwach ausgeprägt, was u. a. mit dem Prozesscharakter der Technikadoption zu erklären ist (ARTS et al., 2011; MORWITZ et al., 2007). Dieser bewirkt einen gewissen „time-lag“ zwischen der Absicht der Adoption und dem tatsächlichen Verhalten bzw. der Installation einer bestimmten energiesparenden Technik. Zudem ändern sich Einstellungen im Adoptionsprozess, sodass eine bestehende Übernahmeintention nicht zwangsläufig in die Adoption mündet. Ein weiterer Punkt sind externe Hemmnisse bzw. Restriktionen, welche die Umsetzung der Investitionsabsicht behindern (KRAUS, 1995). Dies zeigt sich durch das in das Modell einbezogene Konstrukt Restriktionen⁶, welches mit $\beta=-0,450$ negativ auf die Technikanwendung wirkt. Neben Finanzierungsproblemen⁷ werden auch Hindernisse technischer Natur sowie die Unsicherheit bezüglich der Betriebsnachfolge genannt.⁸ Betriebe, welche diese Restriktionen anführen, weisen einen niedrigeren Einsatz der betrachteten Techniken auf. Ein signifikanter Zusammenhang ($\beta=0,555$) besteht zwischen den Merkmalen Technikanwendung und Energieeffizienz. Die Anwendung der beispielhaft betrachteten Techniken Energieschirm und Klimacomputer repräsentiert vergleichsweise gut eine energieeffiziente Produktion, ermöglicht aber dennoch kein vollständiges Abbild der Energieeffizienz.

Tabelle 2: Ergebnisse Basismodell

Endogenes Konstrukt	Bestimmtheitsmaß R ²	Exogenes Konstrukt	Pfadkoeffizient	t-Wert
Energieeffizienz	0,306	→ Technikadoption	0,555***	8,759
Technikadoption	0,175	→ Intention	-0,063 n.s.	0,716
		→ Restriktion	-0,450***	6,612
Intention	0,441	→ Einstellung	0,508***	5,079
		→ Subjektive Norm	0,253***	3,066
Einstellung	0,159	→ Bedeutung Energie	0,399***	5,007

*** signifikant auf einem Niveau von 2,5 % (t-Wert $\geq 1,98$); ** signifikant auf einem Niveau von 5% (t-Wert $\geq 1,66$), * signifikant auf einem Niveau von 10 % (t-Wert $\geq 1,29$), n.s. keine Signifikanz (t-Wert $< 1,29$)

Quelle: Eigene Berechnungen.

Im Innovationsmodell wird die Technikadoption durch bewertete Eigenschaften der Innovationen, als auch durch persönliche Merkmale der Betriebsleiter erklärt.

Im Energieschirmmodell zeigen sich zwischen den von ROGERS (2003) dargestellten Adoptionsfaktoren und der Technikübernahme ambivalente Pfadkoeffizienten (Tabelle 3). Der Einfluss des Merkmals relativer Vorteil gegenüber Technikalternativen ist im Energieschirmmodell mit $\beta=0,234$ signifikant positiv, wohingegen die drei bewerteten Eigenschaften Kompatibilität, Komplexität und Risiko geringere, nicht signifikante Zusammenhänge aufweisen. Der technische Einflussfaktor Heizintensität wirkt mit $\beta=0,237$ ebenso signifikant positiv auf die Anwendung von Energieschirmen, wie die personenbezogenen Variablen Innovativität ($\beta=0,234$) und Absorptionsfähigkeit ($\beta=0,198$). Für das Kriterium Umweltbewusstsein konnte hingegen kein Zusammenhang mit der Technikadoption festgestellt werden. Deutlichere Ergebnisse zeigen sich bei der Betrachtung der personenbezogenen Einflussfaktoren auf die endogene Variable Energieeffizienz. Die Merkmale Innovativität und Adoptionsfähigkeit wirken signifikant positiv auf die Energieeffizienz, wobei sich diese Resultate durch die Addition der direkten und indirekten

⁶ Folgende Restriktionen bzw. Items wurden in das Konstrukt aufgenommen: Technische Restriktionen, Unvereinbarkeit mit strategischer Planung und negative gesamtwirtschaftliche Einschätzung.

⁷ 20,2 % der Befragten nennen die Finanzierung als Hindernis bezüglich der Investition in energieeffiziente Produktionsanlagen.

⁸ Die Korrelation zwischen Energieeffizienz und Unsicherheit bezüglich der Unternehmensnachfolge beträgt $r=-0,270$ (signifikant auf einem Niveau von 0,01, zweiseitig).

Effekte geringfügig verstärken.⁹ Ein ausgeprägteres Umweltbewusstsein der Betriebsleiter ruft hingegen eine niedrigere Energieeffizienz im Produktionsprozess hervor ($\beta=-0,231$).

Tabelle 3: Ergebnisse des Innovationsmodells (Energieschirm)

Endogenes Konstrukt	Bestimmtheitsmaß R ²	Exogenes Konstrukt	Pfadkoeffizient	t-Wert
Anteil Energieschirm	0,357	→ Innovativität	0,126*	1,319
		→ Umweltbewusstsein	-0,062 n.s.	0,734
		→ Absorptionsfähigkeit	0,198***	2,215
		→ Relativer Vorteil	0,234***	2,507
		→ Kompatibilität	0,013 n.s.	0,131
		→ Komplexität	-0,069 n.s.	0,726
		→ Wahrgenommenes Risiko	-0,126 n.s.	1,136
Energieeffizienz-Index	0,399	→ Heizintensität	0,237***	2,728
		→ Anteil Energieschirm	0,260***	3,101
		→ Innovativität (direkt)	0,260***	2,940
		→ Innovativität (indirekt)	0,033	
		→ Innovativität (gesamt)	0,293	
		→ Umweltbewusstsein (direkt)	-0,231***	3,062
		→ Umweltbewusstsein (indirekt)	-0,016	
		→ Umweltbewusstsein (gesamt)	-0,276	
		→ Absorptionsfähigkeit (direkt)	0,126***	2,588
		→ Absorptionsfähigkeit (indirekt)	0,052	
		→ Absorptionsfähigkeit (gesamt)	0,178	

*** signifikant auf einem Niveau von 2,5 % (t-Wert $\geq 1,98$); ** signifikant auf einem Niveau von 5% (t-Wert $\geq 1,66$),

* signifikant auf einem Niveau von 10 % (t-Wert $\geq 1,29$), n.s. keine Signifikanz (t-Wert $< 1,29$)

Quelle: Eigene Berechnungen.

Im Innovationsmodell (Klimacomputer) (Tabelle 4) zeigen sich hinsichtlich der personenbezogenen Einflussfaktoren vergleichbare Ergebnisse wie in der ersten Variante des Innovationsmodells. Innovativität sowie Absorptionsfähigkeit wirken signifikant positiv auf die Technikadoption und Energieeffizienz. Das Merkmal Umweltbewusstsein zeigt keinen Zusammenhang zur Technikadoption, weist jedoch eine negative Wirkung ($\beta=-0,234$) in Bezug zur Energieeffizienz auf. Die Eigenschaften der betrachteten Technik besitzen wiederum eine nur geringfügige Erklärungskraft. Der relative Vorteil sowie das wahrgenommene Risiko haben keinen Erklärungsbeitrag; der Zusammenhang zwischen Kompatibilität bzw. Komplexität und der Technikadoption ist hingegen auf niedrigem Niveau signifikant. Die technischen Komponente (Produktionsfläche) wirkt wie auch im Klimacomputermodell positiv auf die Technikadoption ($\beta=0,231$).

⁹ Der totale Effekt des Merkmals Innovativität (0,293) ergibt sich aus der Addition der direkten Wirkung auf die Energieeffizienz (0,260) und des indirekten Effektes über den Mediator Energieschirmanteil ($0,126 * 0,260 = 0,033$).

Tabelle 4: Ergebnisse des Innovationsmodells (Klimacomputer)

Endogenes Konstrukt	Bestimmtheitsmaß R ²	Exogenes Konstrukt	Pfadkoeffizient	t-Wert
Klimacomputer	0,468	→ Innovativität	0,234***	2,660
		→ Umweltbewusstsein	-0,025 n.s.	0,331
		→ Absorptionsfähigkeit	0,162*	1,444
		→ Relativer Vorteil	0,074 n.s.	0,707
		→ Kompatibilität	0,201**	1,910
		→ Komplexität	-0,116*	1,439
		→ Wahrgenommenes Risiko	-0,046 n.s.	0,541
		→ Produktionsfläche	0,231***	2,311
		→ Klimacomputer	0,134*	1,405
		→ Innovativität (direkt)	0,259***	2,836
Energieeffizienz-Index	0,356	→ Innovativität (indirekt)	0,031	
		→ Innovativität (gesamt)	0,290	
		→ Umweltbewusstsein (direkt)	-0,234***	2,773
		→ Umweltbewusstsein (indirekt)	-0,003	
		→ Umweltbewusstsein (gesamt)	-0,237	
		→ Absorptionsfähigkeit (direkt)	0,243***	3,078
		→ Absorptionsfähigkeit (indirekt)	0,033	
		→ Absorptionsfähigkeit (gesamt)	0,276	

*** signifikant auf einem Niveau von 2,5 % (t-Wert $\geq 1,98$); ** signifikant auf einem Niveau von 5% (t-Wert $\geq 1,66$), * signifikant auf einem Niveau von 10 % (t-Wert $\geq 1,29$), n.s. keine Signifikanz (t-Wert $< 1,29$)

Quelle: Eigene Berechnungen.

Insgesamt zeigt sich in beiden Varianten des Innovationsmodells, dass innovative Betriebsleiter schneller und in einem größeren Maße auf energieeffiziente Produktionstechniken setzen. Vorangegangene Untersuchungen belegen insbesondere bei kleinen, eigentümergeführten Unternehmen den Zusammenhang zwischen Innovativität des Betriebsleiters und Technikadoption (MARCATI et al., 2008). Auch die Kausalität der Absorptionsfähigkeit bezüglich der Innovationsadoption wurde in der Literatur mehrfach beschrieben (SCHREYÖGG & SCHMIDT, 2010) und kann hier bestätigt werden. Das Merkmal Umweltbewusstsein steht hingegen in beiden Innovationsmodellen in einem negativen Bezug zur Technikadoption bzw. Energieeffizienz der Unternehmen. Prinzipiell zeigen vorhergehende Studien eine nur geringe Abhängigkeit zwischen Umweltbewusstsein und Umweltverhalten (SIX, 1992), allerdings ist ein negativer Zusammenhang überraschend und zunächst nicht erklärbar. Ein möglicher heuristischer Erklärungsansatz ist die generell geringe Größe von Unternehmen deren Betriebsleiter ein vergleichsweise hohes Umweltbewusstsein besitzen.¹⁰ Die von ROGERS (2003) vorgeschlagenen innovationsbezogenen Adoptionsfaktoren wirken relativ schwach auf die Technikadoption. Als signifikante Einflussfaktoren können lediglich die Kompatibilität der bestehenden Technik zur Anwendung eines Klimacomputers sowie der relative Vorteil eines Energieschirms zu alternativen Techniken genannt werden.

6. Fazit

Eine große Mehrheit der befragten Betriebsleiter spricht energieeffizienten Anlagen eine hohe Wirtschaftlichkeit bzw. Rendite zu (85,5 %), zudem zeigt sich eine insgesamt große Bereitschaft effiziente Techniken einsetzen zu wollen.¹¹ Die in der Untersuchung empirisch erfasste Produktionseffizienz spiegelt diese Bereitschaft allerdings nicht wider, vielmehr ist zwischen den Betrieben eine hohe Diskrepanz bezüglich der Energieeffizienz in der Produktion festzustellen. Dieses Missverhältnis zeigt sich im Basismodell dieser Untersuchung, in welchem zwischen den Merkmalen Intention und Technikanwendung kein Zusammenhang festgestellt werden konnte. Als mögliche Erklärung bieten sich

¹⁰ Die Korrelation von Umweltbewusstsein und Produktionsfläche (m²) beträgt $r=-0,215$.

¹¹ 86,6 % der befragten Betriebsleiter stimmen der Aussage „Sobald ich die Möglichkeiten habe, will ich unseren Betrieb mit den neusten, technischen Möglichkeiten zum Energiesparen ausstatten“ zu.

investitionshemmende Restriktionen an, deren Einfluss auf die energetische Produktionseffizienz mit $\beta = -0,450$ gemessen wurde. Innovativität und Absorptionsfähigkeit von Innovationen sind die stärksten personenbezogenen Prädiktoren der Technikadoption, wohingegen Umweltbewusstsein ebenso wie technische Adoptionsfaktoren keine bzw. nur eine geringe Wirkung auf die Technikübernahme bzw. Energieeffizienz erkennen lassen. Die Ergebnisse der beiden betrachteten Modelle zeigen, dass Investitionsentscheidungen in energieeffiziente Produktionssysteme vielfältigen Einflussfaktoren unterliegen. Das politische Ziel, die Energieproduktivität in kleinen und mittleren Unternehmen zu steigern, lässt sich daher nicht eindimensional durch monetäre Fördermaßnahmen realisieren, sondern sollte einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen, der neben finanziellen Aspekten auch individuelle Begebenheiten des Betriebes und der Entscheider berücksichtigt. Dies scheint aufgrund der Komplexität der Thematik nur durch individuelle Beratung erreichbar zu sein, deren gezielte Bereitstellung bzw. Förderung eine mögliche Maßnahme zur Verbesserung der Energieproduktivität in KMU sein kann. Auf den gewonnenen Erkenntnissen können weitere Untersuchungen aufbauen, die beispielsweise die Diskrepanz zwischen Intention und Technikanwendung näher analysieren oder weitere personenbezogene Aspekte aufgreifen. Weitergehend stellt sich die Frage inwiefern die erhaltenen Ergebnisse auf andere, durch KMU geprägte, Branchen übertragbar sind.

Literaturverzeichnis

- AJZEN, I. (1985): From intentions to actions: A theory of planned behavior, S. 11–39. In: Kuhl, J. / Beckmann, J. (Hrsg.), *Action control: From cognition to behavior*, Springer-Verlag, Berlin, New York.
- AJZEN, I. (1991): The Theory of Planned Behaviour. – *Organisational Behaviour and Human Decision Processes* 50, 2, 179–211.
- ALBERS, S. (Hrsg.) (1998³): *Marketing mit interaktiven Medien: Strategien zum Markterfolg*. Frankfurt am Main.
- ARAMYAN, L.H., LANSINK, A.G.J.M.O. & VERSTEGEN, J.A.A.M. (2007): Factors underlying the investment decision in energy-saving systems in Dutch horticulture. – *Agricultural Systems* 94, 2, 520–527.
- ARTS, J.W.C., FRAMBACH, R.T. & BIJMOLT, T.H.A. (2011): Generalizations on consumer innovation adoption: A meta-analysis on drivers of intention and behavior. – *International Journal of Research in Marketing* 28, 2, 134–144.
- BETZIN, J. & HENSELER, J. (2005): Einführung in die Funktionsweise des PLS-Algorithmus. In: BLIEMEL, F., EGGERT, A., FASSOTT, G. & HENSELER, J. (Hrsg.). *Handbuch PLS-Pfadmodellierung: Methode, Anwendung, Praxisbeispiele*: Schäffer-Poeschel, 49–69.
- BMU-PRESSEDIENST (2012): "Mittelstandsinitiative Energiewende" neu ins Leben gerufen. Berlin.
- BORCHERT, J., GOOS, P. & HAGENHOFF, S. (2003): *Innovations- und Technologiemanagement: Eine Bestandsaufnahme*: Institut für Wirtschaftsinformatik Georg August Universität Göttingen. – *Arbeitsbericht*, 4.
- CHIN, W.W. (1998a): Issues and opinion on structural equation modeling. – *MIS Quarterly* 22, 1, vii–xv.
- CHIN, W.W. (1998b): The partial least squares approach to structural equation modeling. In: MARCOULIDES, G.A. (Hrsg.). *Modern Methods for Business Research 295*: Lawrence Erlbaum Associates, 295–336.
- CHIN, W.W. & ESPOSITO VINZI, V. et al. (2006): *Handbook of PLS and Marketing*, 1. Aufl., Springer, Berlin.
- DAVIS, F.D., BAGOZZI, R.P. & WARSHAW, P.R. (1989): User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. – *Management Science* 35, 8, 982–1003.
- DECANIO, S.J. (1993): Barriers within firms to energy-efficient investments. In: *Energy Policy*, 21. Jg., Nr. 9, S. 906–914.
- FISHBEIN, M. & AJZEN, I. (1975): *Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research*. Addison-Wesley series in social psychology: Addison-Wesley Pub. Co.
- FRAHM, T. & GRUBER, E. et al. (1997): *Verhaltens- und Hemmnisforschung im Bereich Energie*, Bericht zum Experten-Seminar, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI (Hrsg.), Karlsruhe
- FRAMBACH, R.T. & BIJMOLT, T.H.A. (2011): Generalizations on consumer innovation adoption: A meta-analysis on drivers of intention and behavior. – *International Journal of Research in Marketing* 28, 2, 134–144.
- GRANOSZEWSKI, K. & SPILLER, A. (2012): *Entscheidungsverhalten von Landwirten bei Investition in die Biogaserzeugung*. – *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, Band 90, 284–301.
- HENSELER, J., RINGLE, C.M., SINKOVICS, R.R. & SINKOVICS, R.R. (2009): The use of partial least squares path modeling in international marketing. – *Advances in International Marketing* 20, 2009, 277–319.
- HERTEL, M. / BUECHNER, M. (2013): Evaluierung einer Kennzahl zur Messung der technischen Energieeffizienz im Unterglasanbau. In: *German Society of Horticultural Sciences (DGG) (Hrsg.), Short Communications of the DGG and BHGL Annual Conference 2013*,
- HERTEL, M., LAMPERT P. & SAUER, V. (2011): FORETA-Projekt: Befragung zur energetischen Situation des bayerischen Gartenbaus abgeschlossen, <http://www.hortigate.de/bericht?nr=50184> (Zugriff: 2013-01-31).
- JOCHEM, E. & MAI, M. et al. (2010): Energieeffizienznetzwerke – beschleunigte Emissionsminderungen in der mittelständischen Wirtschaft. In: *Energiewirtschaft.*, Nr. 34, S. 21–28.

- KENNEDY, A.M. (1983): The Adoption and Diffusion of New Industrial Products: A Literature Review. – *European Journal of Marketing* 17, 3, 31–88.
- KORNMEIER, K. (2008): Determinanten der Endkundenakzeptanz mobilkommunikationsbasierter Zahlungssysteme eine theoretische und empirische Analyse.
- KRAUS, S.J. (1995): Attitudes and the Prediction of Behavior: A Meta-Analysis of the Empirical Literature. – *Personality and Social Psychology Bulletin* 21, 1, 58–75.
- LANGERT, M. (2007): Der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Sachsen-Anhalt und Thüringen: Eine innovations- und diffusionstheoretische Untersuchung. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- LITFIN, T. (2000): Adoptionsfaktoren: Empirische Analyse am Beispiel eines innovativen Telekommunikationsdienstes. Wiesbaden: Dt. Univ.-Vlg.
- LOHMÖLLER, J.-B. (1989): Latent variable path modeling with partial least squares. Heidelberg: Physica-Verlag.
- MANSTEAD, A.S.R. & PARKER, D. (1995): Evaluating and Extending the Theory of Planned Behaviour. – *European Review of Social Psychology* 6, 1, 69–95.
- MARCATI, A., GUIDO, G. & PELUSO, A.M. (2008): The role of SME entrepreneurs' innovativeness and personality in the adoption of innovations. – *Research Policy* 37, 9, 1579–1590.
- MORWITZ, V.G., STECKEL, J.H. & GUPTA, A. (2007): When do purchase intentions predict sales? – *International Journal of Forecasting* 23, 3, 347–364.
- PANTEN, G. & THIES, S. (2006¹): Analyse kausaler Wirkungszusammenhänge mit Hilfe von Partial Least Squares (PLS). In: ALBERS, S. (Hrsg.). *Methodik der empirischen Forschung*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 311–328.
- PARKER, C.M. & CASTLEMAN, T. (2007): New directions for research on SME-eBusiness: insights from an analysis of journal articles from 2003 to 2006. – *Journal of Information Systems & Small Business* 1, 1/2, 21–40.
- PATTERSON, M.G. (1996): What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. – *Energy Policy* 24, 5, 377–390.
- PEPELS, W. (2005): Käuferverhalten, Basiswissen für Kaufentscheidungen von Konsumenten und Organisationen ; mit Aufgaben und Lösungen., Schmidt, Berlin.
- PIETOLA, K. & LANSINK, A.O. (2006): Energy-saving Technology Choices by Dutch Glasshouse Firms. – *Journal of Agricultural Economics* 57, 1, 129–144.
- RINGLE, C., WENDE, S. & WILL, A. (2005): SmartPLS. Hamburg.
- ROGERS, E.M. (2003⁴): Diffusion of innovations. New York: Free Press.
- RYAN, B. & GROSS, N.C. (1943): The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. – *Rural Sociology* 8, 1, 15–24.
- SCHLODERER, M., RINGLE, C. & SARSTEDT, M. (2009¹): Einführung in varianzbasierte Strukturgleichungsmodellierung: Grundlagen, Modellevaluation und Interaktionseffekte am Beispiel von SmartPLS. In: SCHWAIGER, M. & MEYER, A. (Hrsg.). *Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft*. München: Vahlen, Franz, 583–611.
- SCHMID, C. & LAYER, G. ET AL. (2003): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch, Endbericht an das Umweltbundesamt, Auftraggeber: Umweltbundesamt, Förderkennzeichen 201 41 136, Karlsruhe/München, <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/projekte/091s.php>, eingesehen am 14.03.2013.
- SCHREYÖGG, G. & SCHMIDT, S. (2010): Absorptive Capacity - Schlüsselpraktiken für die Innovationsfähigkeit von Unternehmen. – *WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 39, 10, 474–479.
- SCHWARZMEIER, V. (2007): Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen, – Hemmnisse, Erfolgsfaktoren, Instrumente – Eine Unternehmensbefragung über Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen in Rheinland-Pfalz und dem Saarland, Arbeitsgemeinschaft der Industrie- und Handelskammern Rheinland-Pfalz und Saarland (Hrsg.), Koblenz, http://www.pfalz.ihk24.de/linkableblob/578038/.1./data/Umfrage_Energieeffizienz_Final-data.pdf, eingesehen am 14.03.2013.
- SIX, B. (1992): Neuere Entwicklungen und Trends in der Einstellungs- und Verhaltensforschung. In: WITTE, E.H. (Hrsg.). *Einstellung und Verhalten: Beiträge des 7. Hamburger Symposions zur Methodologie der Sozialpsychologie*. Braunschweig: Technische Universität.
- SORRELL, S. , SCHLEICH, J. ET AL. (2000): Barriers to Energy Efficiency in Public and Private Organisations, Final report to the European Commission, University of Sussex (Hrsg.), Brighton.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2006): Gartenbauerhebung, Fachserie 3, Statistisches Bundesamt (Hrsg.), <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Bodennutzung/Gartenbauerhebung.html>, eingesehen am 17.09.2012.
- TORNATZKY, L. & KLEIN, K.J. (1982): Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings. – *IEEE Transactions on Engineering Management* 29, 1, 28–45.
- WEIBER, R. (1992): Diffusion von Telekommunikation: Problem der kritischen Masse. Wiesbaden: Gabler.
- WEIBER, R. & MÜHLHAUS, D. (2010): Strukturgleichungsmodellierung: Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS. Heidelberg: Springer.