

Die PLS-Pfadmodellierung: Mehr als eine Alternative zur Kovarianzstrukturanalyse

Friedhelm Bliemel¹, Andreas Eggert², Georg Fassott³, Jörg Henseler⁴

1	PLS und Kovarianzstrukturanalyse im Vergleich	10
2	Der Aufbau des Buches	11
2.1	Grundlagen der PLS-Pfadmodellierung	12
2.2	Methodische Fragestellungen bei der PLS-Pfadmodellierung	13
2.3	Anwendungen der PLS-Pfadmodellierung	15

¹Prof. Dr. Friedhelm Bliemel ist Inhaber des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing, an der Technischen Universität Kaiserslautern.

²Prof. Dr. Andreas Eggert ist Inhaber des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing, an der Universität Paderborn.

³Dr. Georg Fassott ist Akademischer Rat und Habilitand am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing, an der Technischen Universität Kaiserslautern.

⁴Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jörg Henseler ist Assistant Professor für Marketing an der Nijmegen School of Management, Radboud Universiteit Nijmegen, Niederlande.

1 PLS und Kovarianzstrukturanalyse im Vergleich

Strukturgleichungsmodelle mit latenten Variablen haben sich zu einem Quasi-Standard bei der Erforschung komplexer Wirkzusammenhänge in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften entwickelt. Zur Analyse von Strukturgleichungsmodellen mit latenten Variablen stehen zwei unterschiedliche Ansätze zur Verfügung:

1. die Kovarianzstrukturanalyse (bspw. mit Hilfe der Softwarepakete AMOS und LISREL) und
2. die PLS-Pfadanalyse (z. B. mit Hilfe der Softwarepakete PLS Graph und SmartPLS).

Nach CHIN & NEWSTED (1999, S. 336, vgl. auch FALK & MILLER, 1992, S. 5 f.) ist die PLS Pfadanalyse gegenüber der Kovarianzstrukturanalyse zu bevorzugen, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen zutreffen:

1. Es sollen Vorhersagen getroffen werden.
2. Das zu erforschende Phänomen ist neuartig und bewährte Messansätze liegen noch nicht vor.
3. Das Modell ist komplex und weist viele Indikatoren auf.
4. Eine Multinormalverteilung der Daten ist nicht gegeben.
5. Die Beobachtungswerte sind nicht unabhängig.
6. Die Stichprobe ist relativ klein.
7. Das Modell enthält latente Variablen, die mit formativen Messmodellen operationalisiert werden.

Aus einer Gegenüberstellung der beiden Analyseansätze (siehe Tabelle 1.1) geht hervor, dass die PLS-Pfadanalyse nicht nur eine Alternative zur Kovarianzstrukturanalyse darstellt, sondern einen eigenständigen Analyseansatz bildet: „PLS should probably not simply be viewed as an alternative to LISREL with less stringent assumptions, but as an approach to empirical modeling that is quite different from covariance structure analysis“ (FORNELL & CHA, 1994, S. 52).

<i>Kriterium</i>	<i>PLS</i>	<i>LISREL</i>
Hauptziel	Prognoseorientiert: Erklärung latenter und/oder Indikatorvariablen	Parameterorientiert: Erklärung empirischer Datenstrukturen
Methodenansatz	Varianzbasiert	Kovarianzbasiert
Annahmen	Prädiktorspezifikation	Multinormalverteilung und unabhängige Beobachtungen
Parameterschätzer	Konsistent, wenn Fallzahl und Indikatorenzahl hoch („consistency at large“)	Konsistent
Latente Variable	Werte explizit geschätzt	Werte nicht determiniert
Messmodell	Reflektiv und/oder formativ	Reflektiv
Theorieanforderungen	Flexibel	Hoch
Modellkomplexität	Hochkomplexe Modelle analysierbar (z. B. 100 latente Variablen, 1000 Indikatoren)	Begrenzt
Stichprobengröße	Auch für kleine Stichproben geeignet	Hoch (200 plus)
Implikation	Optimal für Prognosegenauigkeit	Optimal für Parametergenauigkeit

Tabelle 1.1: Methodenvergleich zwischen PLS und Kovarianzstrukturanalyse (LISREL) (Quelle: vgl. CHIN & NEWSTED, 1999, S. 314; FORNELL, 1987, S. 413)

2 Der Aufbau des Buches

In dem vorliegenden Handbuch wird die PLS-Pfadmodellierung als ein eigenständiger Ansatz zur Analyse von Strukturgleichungsmodellen mit latenten Variablen diskutiert. Das Handbuch untergliedert sich in drei Teile: Der erste Teil beschäftigt sich mit den Grundlagen der PLS-Pfadmodellierung. Der zweite Teil geht auf methodische Fragestellungen ein. Der dritte Teil enthält konkrete Anwendungen der PLS-Pfadmodellierung.

2.1 Grundlagen der PLS-Pfadmodellierung

FASSOTT zeigt in seinem Beitrag die Entwicklungsgeschichte der PLS-Pfadmodellierung auf – sowohl im deutschsprachigen Raum als auch international. Des Weiteren thematisiert er die Gründe für die Wahl der PLS-Pfadmodellierung. Abschließend diskutiert er, inwieweit sich die beiden Verfahren der Strukturgleichungsmodellierung, LISREL und die PLS-Pfadmodellierung, zum Test von Theorien eignen.

Latente Variablen können mit Hilfe formativer oder reflektiver Messmodelle operationalisiert werden. Viele empirische Studien verwenden formative Indikatoren, bereinigen diese aber anhand der etablierten Verfahren zur Beurteilung reflektiver Skalen. FASSOTT und EGGERT diskutieren in ihrem Beitrag den Unterschied zwischen beiden Messmodellen, zeigen auf, zu welchen Konsequenzen eine Fehlspezifikation des Messmodells führen kann, stellen ein Schema zur Entwicklung und Beurteilung formativer Messmodelle vor und demonstrieren an einem Fallbeispiel, wie formative und reflektive Messmodelle im Rahmen von Varianz- und Kovarianzstrukturanalysen abgebildet werden können. Der Beitrag von FASSOTT und EGGERT empfiehlt eine Abkehr von der rein datengestützten Konstruktion und fordert zu einer inhaltlich begründeten Wahl zwischen formativen und reflektiven Messmodellen zur Operationalisierung latenter Variablen auf.

BETZIN und HENSELER erarbeiten in ihrem Beitrag die mathematischen Grundlagen der PLS-Pfadmodellierung. Zunächst stellen sie die einem PLS-Pfadmodell zu Grunde liegenden Modellgleichungen auf. Anschließend leiten sie den PLS-Algorithmus ausgehend vom ALS-Algorithmus, der bei der Bestimmung der ersten Hauptkomponente oder in der Kanonischen Korrelationsanalyse Verwendung findet, her. Die Autoren zeigen zudem auf, welche Optimierung der PLS-Algorithmus bei unterschiedlichen Pfadgewichtungsschemata vornimmt. Ihr Beitrag schließt mit der Schätzung des Strukturmodells.

Der Beitrag von KRAFFT, GÖTZ und LIEHR-GOBBERS setzt an der Stelle an, wenn die Aufstellung des Modells, die Auswahl eines geeigneten Schätzverfahrens sowie die Modellschätzung abgeschlossen sind. Die Autoren zeigen, dass es geeigneter Kriterien für die Evaluierung formativer und reflektiver Messmodelle bedarf. Vor diesem Hintergrund bringen sie dem Leser die unterschiedlichen Facetten der Validierung und Beurteilung von PLS-Strukturgleichungsmodellen nahe. Die von den Autoren vorgeschlagene Vorgehensweise der Validierung und Beurteilung verbindet qualitative und quantitative Untersuchungsschritte. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Beurteilung sowohl einzelner reflektiver und formativer Messmodelle als auch des gesamten Strukturmodells. Sämtliche relevanten Anforderungen an ein valides Strukturgleichungsmodell werden hierbei berücksichtigt.

LISREL und PLS werden oft als konkurrierende Verfahren zur Schätzung linearer Strukturgleichungsmodelle betrachtet. Der Beitrag von SCHOLDERER und BALDERJAHN zeigt, dass eine solche Konkurrenz nur sehr eingeschränkt existiert, da sich die Zielstellungen der beiden Verfahren deutlich voneinander unterscheiden. LISREL dient der fehlerkorrigierten Schätzung und statistischen Prüfung von Modellen ganzer Kovarianzstrukturen, typischerweise auf der Grundlage großer Stichproben und einer überschaubaren Anzahl von Modellvariablen mit wohldefinierten Messstrukturen. PLS hingegen ermöglicht die robuste Vorhersage unscharf definierter Kriteriumsvariablen durch unscharf definierte Prädiktorvariablen selbst in Situationen, wo einer großen Anzahl beobachteter Variablen nur eine kleine Stichprobe gegenübersteht. Abschließend geben die Autoren Empfehlungen ab, unter welchen Umständen LISREL und PLS jeweils einzusetzen sind.

2.2 Methodische Fragestellungen bei der PLS-Pfadmodellierung

Der zweite Teil dieses Buches beschäftigt sich mit methodischen Fragestellungen, die bei der Arbeit mit PLS-Pfadmodellierung auftreten können. Er liefert bspw. Antworten auf die folgenden Fragen:

- Wie modelliert man mediierende Effekte?
- Wie modelliert man moderierende Effekte?
- Wie sollte man ein Messmodell dimensionieren?
- Wie geht man vor, wenn man ein Modell auf mehrere, sich in ihrer Struktur unterscheidende Gruppen anwenden möchte?
- Wie lässt sich die PLS-Pfadmodellierung mit latenten Variablen um eine Modellierung von Segmenten erweitern?
- Wie lassen sich manifeste Variablen mit kategorialem Datenniveau in PLS-Pfadmodelle integrieren?
- Welche PLS-Pfadmodellierungssoftware gibt es, und welche Software eignet sich am besten für welche Gegebenheiten?

EGGERT, FASSOTT und HELM behandeln in ihrem Beitrag die Modellierung von mediierten und moderierten Wirkbeziehungen. Die Autoren diskutieren zunächst den Unterschied zwischen moderierten und mediierten Wirkbeziehungen. Anschließend legen sie dar, wie

moderierte und medierte Wirkbeziehungen in PLS-Pfadmodellen getestet werden können. Zum Schluss veranschaulichen sie die empfohlene Vorgehensweise exemplarisch anhand eines konkreten Forschungsprojekts.

KRISTENSEN und ESKILDSEN berichten in ihrem Beitrag zunächst von den empirischen Erfahrungen, die sie im Rahmen der Anwendung des Europäischen Kundenzufriedenheitsindex in Dänemark gesammelt haben. Darauf aufbauende Simulationsstudien testen die Robustheit der PLS-Pfadmodellierung. Die Autoren gelangen dabei zu einer Reihe von Daumenregeln, die bei der Anwendung der PLS-Pfadmodellierung im Kontext von Kundenzufriedenheitsmodellen und -messungen hilfreich sind. Sie treffen insbesondere Aussagen zu den Konsequenzen von Faktoren wie Modellfehlspezifikationen, der Schiefe der Verteilungen, Multikollinearität, der Stichprobengröße, der Indikatoranzahl, der Indikatorreliabilität und der Art der Behandlung fehlender Werte.

DIBBERN und CHIN zeigen anhand eines Beispiels aus der Wirtschaftsinformatik, wie sich mittels PLS-Pfadmodellierung Gruppenunterschiede aufdecken lassen. Sie wenden diese Mehrgruppenanalyse auf das Phänomen „Outsourcing von Informationssystemen“ an. Im Mittelpunkt steht dabei die Fragestellung, ob es länderspezifische Unterschiede bei der Wirkweise von komparativen In-House-Vorteilen und Vorstellungen über Outsourcing auf den Grad des Outsourcings gibt. DIBBERN und CHIN entwickeln hierzu ein Modell und testen es bei US-amerikanischen und deutschen Unternehmen.

HAHN, JOHNSON, HERRMANN und HUBER verbinden in ihrem Beitrag die Stärken der Kleinst-Quadrate-Schätzung bei der Schätzung eines Kundenzufriedenheitsmodells mit den Vorteilen der Maximum-Likelihood-Schätzung bei der Ableitung von Marktsegmenten. Ihr Finite-Mixture-PLS-Ansatz berechnet Segmentanteile bzw. den Zugehörigkeitsgrad von Kunden zu einzelnen Segmenten. Die Autoren wenden die Methode auf eine nationale Befragung zu Qualität, Kundenzufriedenheit und Kundenloyalität an und vermögen damit signifikante Heterogenität aufzudecken.

Sollen manifeste Variablen in die Untersuchung miteinbezogen werden, die nicht metrisch oder quasi-metrisch skaliert sind, sondern lediglich kategoriales Datenniveau aufweisen, bedarf es einer Erweiterung des PLS-Algorithmus. BETZIN präsentiert in seinem Beitrag eine hierzu geeignete Erweiterung, die auf der Korrespondenzanalyse aufbaut. Zur Illustration der Methode dient ein Partialmodell zum Wechselverhalten von Konsumenten bei Energieversorgern.

TEMME und KREIS nehmen in ihrem Beitrag eine Bestandsaufnahme der aktuellen Softwarelandschaft auf dem Gebiet der PLS-Pfadmodellierung vor. Neben dem seit den 80-er Jahren verfügbaren LVPLS-System werden dabei die Programme PLS-GUI, PLS-Graph,

SPAD-PLS sowie SmartPLS in ihren wesentlichen Merkmalen beschrieben und miteinander verglichen. Die Autoren gehen dabei detailliert auf die Voraussetzungen, die methodischen Optionen und die Benutzerfreundlichkeit der einzelnen Programme ein. Eine Simulationsstudie zeigt, inwiefern die Ergebnisse der Programme übereinstimmen. Abschließend zeigen die Autoren auf, an welchen Stellen sie noch Entwicklungsbedarf sehen.

2.3 Anwendungen der PLS-Pfadmodellierung

Der dritte Teil dieses Buches umfasst beispielhafte Anwendungen der PLS-Pfadmodellierung. Die Anwendungen stammen aus verschiedenen betriebswirtschaftlichen Disziplinen mit Schwerpunkt auf Marketing: Medienmarketing, Dienstleistungsmarketing, Unternehmenskommunikation, Markencontrolling, E-Commerce, Innovationsmanagement und Strategisches Management.

HENNIG-THURAU und HENNING untersuchen in ihrem Beitrag, wie Produzenten kreativer Produkte (hier: Filme) diese im Falle niedriger Qualität vermarkten sollten. Unter Einsatz von Partial Least Squares für ein Sample von 1.037 Spielfilmen zeigen sie, dass die Qualität eines kreativen Produktes nur einen beschränkten Einfluss auf seinen Markterfolg in den frühen Phasen der Distribution besitzt. Die Ergebnisse werfen die Frage auf, ob es sinnvoll ist, die Werbeausgaben für Produkte von niedriger Qualität zu reduzieren.

WETZELS, LINDGREEN, DE RUYTER und WOUTERS verwenden in ihrem Beitrag die PLS-Pfadmodellierung zur Datenanalyse bei einem mehrfaktoriellen experimentellen Design. Sie vergleichen einerseits zwei unterschiedliche Operationalisierungen – eine mit einem Indikator und eine mit mehreren Indikatoren – und andererseits die drei Analysemethoden PLS-Pfadmodellierung, LISREL sowie (Multiple Ko-)Varianzanalyse. Sie gelangen jeweils zu sehr ähnlichen Ergebnissen.

HELM entwickelt und testet in ihrem Beitrag ein formatives Messmodell für das Konstrukt Unternehmensreputation. Hierzu erläutert sie zunächst das Konstrukt Reputation und begründet seine formative Struktur. An die Entwicklung des formativen Messmodells knüpft die Modellvalidierung anhand der Ergebnisse einer empirischen Studie an. Ihr Beitrag zeigt zudem auf, wo noch Forschungsbedarf bei der Entwicklung formativer Konstrukte besteht.

Der Beitrag von FRITZ, MÖLLENBERG und DEES liefert neue Erkenntnisse zu Erfolgsfaktoren bei Internetauktionen. Anhand einer empirischen Untersuchung von Ticket-Auktionen beim Auktionshaus eBay untersuchen sie u. a. den Einfluss von käufer- und verkäuferbezogenen Merkmalen auf den Auktionserfolg. Im Zentrum stehen dabei die formativ opera-

tionalisierten exogenen latenten Variablen *Reputation des Verkäufers*, *Ticketinteresse* und *Marketingmix des Verkäufers*.

HUPP und PETKE demonstrieren in ihrem Beitrag den Einsatz der PLS-Pfadmodellierung beim Markencontrolling. Das von ihnen vorgestellte *Brand ASsessment System* bewertet zum Einen die Ertragsorientierung von Marketinginvestitionen und zum Anderen, in welchem Ausmaß die Investitionen den Hauptzielen der Markenführung, nämlich der Profilierung und Differenzierung der Marke, dienen. Neben der reinen Diagnose von Marketingwirkungen gestattet der Ansatz die Analyse der Effektivität und Effizienz der einzelnen Mix-Instrumente und erlaubt somit eine Priorisierung und damit eine Optimierung der künftigen Budgetallokation.

Eine Anwendung der PLS-Pfadmodellierung im Bereich des Innovationsmanagements präsentieren BOUNCKEN und KOCH. Sie untersuchen unterschiedliche Projektstile bei Innovationskooperationen von Biotechnologieunternehmen und den Zusammenhang zwischen dem Projektstil und der Art der Beziehung zwischen den Kooperationspartnern.

RINGLE entwickelt in seinem Beitrag ein Modell zur Erklärung der positiven Wirkungen einer Teilnahme an strategischen Allianzen auf die strategischen Erfolgsfaktoren der Partnerunternehmen. Eine Erhebung und ihre Analyse mittels PLS-Pfadmodellierung bestätigt die aufgestellten Wirkungen empirisch. Unternehmen, die in Form von strategischen Allianzen zusammenarbeiten, erhöhen demnach ihren Unternehmenserfolg durch eine Steigerung von Kundenzufriedenheit und Marktanteil/Marktmacht sowie durch Erzielung erkennbarer Wettbewerbsvorteile gegenüber Konkurrenten. Die unternehmensindividuelle Erfolgssteigerung wird empirisch „substantiell“ durch die unterstellten positiven Effekte auf die strategischen Erfolgsfaktoren Kosten, Qualität und Zeit eines Kooperationspartners erklärt.