

# Faktorielle Komplexität von Variablen, durch Varimax suspendiert, durch Varimin dekvuriert

Suibert Ertel

Georg-August-Universität Göttingen / Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie

## ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Aufsatz werden für die Faktorenanalyse Vorzüge dargelegt, die sich durch Anwendung der Variminrotation ergeben. Das Variminverfahren rotiert extrahierte Faktoren mit dem Ziel, die Komplexität der Komponenten, die den verwendeten Variablen zugrunde liegt, optimal zu manifestieren. Interkorrelationsmatrizen mit Fragebogen-Items aus zwei in *Psychologie des Alltagshandelns* veröffentlichten Arbeiten werden reanalysiert, SKB-Items von Hacker et al. (2012), mit denen die Belastung durch tägliche Berufsarbeit erfragt werden, und IKA-Items von Kolodej et al. (2011), die das Verhalten bei Verhandlungskonflikten aufklären sollen. In beiden Fällen werden durch die Varimin-orientierte Reanalyse wie in den Originalarbeiten zwei Faktoren ermittelt. Abweichend von den Ergebnissen mit Varimaxrotation wird in beiden Fällen ein Generalfaktor gewonnen, dem in erster Linie vermutlich methodische Bedingungen zugrunde liegen (Antwortstil-Artefakte). In beiden Untersuchungen hat ein zweiter Faktor bipolare Ladungen, was für die Arbeit von Kolodej et al. inhaltlich zu deuten ist, während sich für die Arbeit von Hacker et al. keine klare Bedeutung abzeichnet, was auf eine ungünstige Itemselektion zurückzuführen ist. Die faktoriellen Reanalysen der Datensätze durch das Variminverfahren führen zu transparenteren Ergebnissen und zu Korrekturen im Detail.

## Schlüsselwörter

Faktorenanalyse – Einfachstruktur – Komplexstruktur – Faktorenrotation – Varimax – Varimin – Reanalyse – Generalfaktor – Strukturgleichungsmodelle – Antwortstile – Belastung durch Berufsarbeit – Auseinandersetzung bei Verhandlungskonflikten

## ABSTRACT

This paper points at advantages from applying varimin, a new procedure of factor rotation which aims at modeling complexities of variables whose intercorrelations are subjected to factor analysis. Data taken from two questionnaire studies recently published in *Psychologie des Alltagshandelns* are reanalysed: Hacker et al. (2012) providing SKB-data for experienced short-term mental strain and Kolodej et al. (2011) providing IKA-data for behaviour preferences among styles of conflict solving. In both cases two factors are extracted as in the original publications. Differing from original reports one of the two factors ( $F_1$ ) turns out, after varimin rotation, to be a general factor on which all variables obtain invariably high loadings.  $F_1$  may be explained as due to response style. In both cases  $F_2$  has bipolar loadings whose interpretation is straightforward for the Kolodej et al. data, while for the Hacker et al. data an interpretation of  $F_2$  is hampered by unconvincing item selections.

## Keywords

Factor analysis – simple structure – complex structure – factor rotation – varimax – varimin – reanalysis – general factor – structural equation modeling – response sets

In *Psychologie des Alltagshandelns* habe ich Varimin eingeführt (Ertel 2009 a, 2009 b und 2010 a), ein neues Verfahren zur Rotation der Koordinaten extrahierter Faktoren. Varimin rotiert Faktoren einer Hauptkomponentenanalyse oder die einer vergleichbaren Extraktion mit dem Ziel, die verwendeten Variablen auf latente Bedingungen (Faktoren) zu gründen. Dabei wird erwartet, dass einer einzelnen Variablen mehr als nur eine Bedingungskomponente zugrunde liegt. Varimin kommt der Komplexität der Variablen entgegen, die sich mit ihrer Hilfe uneingeschränkt manifestieren kann. Die Konzeption des Variminverfahrens ist dem konventionellen Prinzip der Einfachstruktur (Thurstone, 1947) entgegen gesetzt, bei welchem durch Faktorenrotation den Variablen möglichst immer nur je ein Faktor zugeordnet wird.

Das Ideal der Einfachstruktur, das in der faktoranalytischen Forschung dominierte, ist nach meiner Ansicht einer Fehlentscheidung seines Begründers und dem Vertrauen seiner Nachfolger in das mathematisch-statistische Denken von Experten zu verdanken. Dies wird in den erwähnten Artikeln und in zwei Monographien (Ertel, 2011 a, 2011 b) mit Beispielen erläutert. Im vorliegenden Beitrag soll durch Reanalyse von zwei neuen Datensätzen – exzerpiert aus Publikationen der vorliegenden Zeitschrift – die empirische Basis vergrößert und die Leistung der Variminrotation weiter geprüft werden.

### Zur Bedeutung der Faktorenanalyse in der Psychologie

Vorausgeschickt sei ein wenig optimistischer, aber realistischer Vorausblick. Eingefahrene Gewohnheiten werden durch unerwartete Einsicht in ihre Unangemessenheit nicht über Nacht verändert. Es wird schwierig sein, die scheinbare Selbstverständlichkeit aufzugeben, mit der sich das Prinzip der Einfachstruktur bei der Faktorenmodellierung durchsetzen konnte. Der Einfluss, den die – nach meiner Ansicht fehlgeleitete – Faktorenanalyse auf die empirische und theoretische Entwicklung der Psychologie bisher ausgeübt hat, wird weiterhin stark bleiben. Abbildung 1 zeigt eine Zeitreihe von 1980 bis 2012 mit Zitatsummen, die aus der umfassenden Literaturdatenbank des Zentrums für Psychologische Information und Dokumentation (ZPID in Trier) gewonnen werden, wenn man Artikel mit den Suchwörtern „Faktorenanalyse“ und „factor analysis“ zählt. Der Abbildung ist zu entnehmen, dass derzeit pro Jahr 700 bis 800 Arbeiten mit Bezugnahme zur Faktorenanalyse publiziert werden.

Von Anfang an hat die exploratorisch ausgerichtete Faktorenanalyse die Erwartungen ihrer Anwender meist nur schlecht und recht erfüllt. Enttäuschun-

gen waren an der Tagesordnung, was in Ertel (2009 a und 2011 a) als Folge des Simple Structure-Irrtums beschrieben wurde. Durch Umstellung auf konfirmatorische Anwendungen wurden die Enttäuschungen zunächst zurück gedrängt. Ab Mitte der 80er Jahre wurde die Wende zum Hypothesenprüfen durch die ebenfalls konfirmatorisch ausgerichteten Strukturgleichungsverfahren (SEM) unterstützt, womit man dem bloßen Entgegennehmen faktoranalytischer Resultate mit seinen leidigen Überraschungen auszuweichen hoffte. Die Zitatsummen für „Strukturgleichungsverfahren“ und „structural equation modeling“ (Abbildung 1) steigen in den letzten 20 Jahren ähnlich an wie die Fundstellen zur Faktorenanalyse. Dass die Wende zur SEM-Methodologie die Beliebtheit der exploratorischen Faktorenanalyse vermindern würde, war die Erwartung mancher Beobachter der Forschungsszene. Doch darauf wartet man bis heute vergebens, denn auch SEM ist darauf aus, Modelle mit Simple Structure-Variablen zu konstruieren, deren zugewiesene Rolle, einzelne Konstrukte zu repräsentieren, nicht hinterfragt wird. In SEM-Ansätzen wird Komplexität nicht auf der Ebene der Variablen (der Indikatoren) sondern durch Kausalrelationen erst auf einer höheren Ebene des selbstgefertigten Modells zugelassen, d. h. sie wird dort ziemlich willkürlich manipuliert. Sie wird einem Trial-and-error Verfahren mit Fitness-Tests ausgesetzt, nicht aber primär beobachtend zunächst nur registriert, wie dies bei der anfangs nur exploratorisch eingesetzten Faktorenanalyse üblich war. Was als ein früher methodischer Denkfehler bei der Suche nach latenten Determinanten multivariater Strukturverhältnisse erkannt wurde (Ertel, 2009 a und 2011 a), wird in der SEM-Forschung fortgeschrieben.

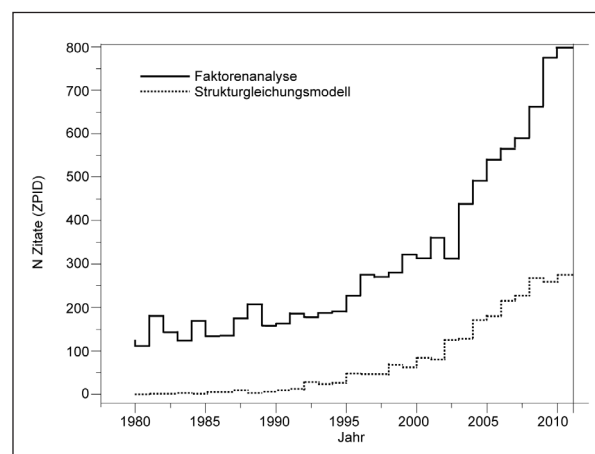


Abbildung 1: Anzahl der Forschungstitel aus der Literaturdatenbank ZPID (Trier) mit den Suchwörtern „Faktorenanalyse“ plus „factor analysis“ sowie „Strukturgleichungsmodelle“ plus „structural equation modeling“.

### Reanalyse 1: Hacker et al. (2012)

Die Autoren Hacker, Hubrich, Morgenroth und Stab (2012) stützten sich auf den Erstentwurf eines Fragebogens, den Plath und Richter (1984) zur Messung der psychischen Befindlichkeit entwickelt hatten. Mit diesem Fragebogen wurde die Arbeitsbelastung im Verlauf eines normalen Berufsarbeitstages erfasst. Hacker et al. verbesserten ihre „Schätzskalen zum kurzfristigen Beanspruchungserleben“ (SKB) in mancher Hinsicht und legten sie 282 Krankenpflegern, Verkäuferinnen und Verwaltungsangestellten zu Beginn und am Ende eines Arbeitstages vor. Der Fragebogen hat dreizehn bipolare Items, deren Pole inhaltlich bezeichnet wurden. Zwischen einer Bezeichnung zur Befindlichkeit wie z. B. *interessiert* an einem Ende einer Stufen-Skala und *gelangweilt* am anderen Ende befinden sich sieben subjektive „oft“-Schätzungen: *sehr*, *ziemlich*, *etwas* zu beiden Seiten und *weder-noch* in der Mitte. Einige psychometrische Fragen, die die Autoren prüften und deren Ergebnisse ihre Ansprüche befriedigten, können hier ausgeklammert bleiben. Zufrieden waren

die Autoren auch mit dem Ergebnis einer Faktorenanalyse herkömmlicher Art, der die 13 Variablen des SKB zugeführt wurden. Sie fanden zwei substantielle Faktoren,  $F_1$  und  $F_2$ , die sie aufgrund vorausgehender Forschung zum Beanspruchungserleben berufstätiger Menschen erwarteten. Acht mit  $F_1$  primär geladene Items sollen „Arbeitsfähigkeit“ und fünf primär mit  $F_2$  geladene Items sollen „Arbeitsbereitschaft“ erfassen.

Für die Reanalyse wurde die Korrelationsmatrix, die die Autoren freundlicherweise für eine Reanalyse zur Verfügung stellten, mit dem Hauptkomponentenverfahren faktorisiert, die Faktoren aber nicht wie von den Autoren nur mit Varimax auf Einfachstruktur, sondern mit Varimin auch auf Komplexstruktur hin rotiert. Die Ergebnisse der Varimax-Rotation liegen numerisch so nahe beim Varimax-Ergebnis der Autoren, dass in Tabelle 1 nur ihre Faktorgewichte wiedergegeben werden. Tabelle 1 enthält auch das Ergebnis der Varimin-Rotation dieser Daten. Man sieht, das Varimin-Ergebnis fällt erheblich anders aus als das Varimax-Ergebnis.

Tabelle 1: Faktorladungen der 13 Items des SKB nach Varimax- und Variminrotation.

			Varimax			Varimin		
Bezeichnung des positiven Pols			$F_1$	$F_2$		$F_1$	$F_2$	$h_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	F	geistig frisch	.75	.27		.67	.35	.60
02	F	Konzentration fällt leicht	.76	.02		.55	.43	.58
03	B	interessiert	-.02	.84		.61	<b>-.60</b>	.71
04	F	entspannt	.80	-.05		.50	.63	.64
05	B	arbeitswillig	.15	.84		.70	<b>-.51</b>	.75
06	F	energiegeladen	.72	.40	*	.77	.24	.69
07	B	aufmerksam	.55	.56	*	.76	.04	.59
08	B	gut gelaunt	.46	.65	*	.87	<b>-.08</b>	.63
09	F	ohne Anstrengung fortsetzen	.65	.46	*	.79	.12	.63
10	F	körperlich frisch	.70	.39	*	.77	.29	.65
11	F	gelassen	.62	.40	*	.72	.17	.55
12	B	Lust an Fortführung	.46	.64	*	.78	<b>-.11</b>	.63
13	F	mühe los fortsetzen	.63	.51	*	.82	.04	.65
% Varianzaufklärung			36.1	27.6		51.8	12.1	63.9

Bemerkung:

Faktorladungen bei Varimax- $F_1$  und  $-F_2$  über .50 fett gedruckt, negative Ladungen bei Varimin- $F_2$  fett gedruckt.

Spalte 1: B = Arbeitsbereitschaft (Varimax-Klassifikation)

Spalte 2: F = Arbeitsfähigkeit (Varimax-Klassifikation)

Spalte 6: \* = Varimax > .35 Ladung auch auf zweitem Faktor

Spalte 8: Die negativen Ladungen von  $F_2$  wurden fett gedruckt

## Kommentare

### 1. Verfehlte Einfachstruktur im Varimax-Ergebnis

Am Beispiel dieses Datensatzes lässt sich die Unangemessenheit des Modells der Einfachstruktur mit Anwendung der Modell-eigenen Kriterien aufzeigen. Bei acht der 15 Variablen kommt zur Primärladung eine beachtliche Zweitladung hinzu (siehe Sternchen in Spalte 6). Mehrfachladungen bei Variablen werden von Anwendern einer Einfachstruktur-Rotation in der Regel großzügig toleriert. Selten werden solche Variablen von der weiteren Verwendung ausgeschlossen. Auch die Autoren dieser Untersuchung sprechen ohne Besorgnis nur von häufigen „Ladungen auf mehr als einem Faktor“, die vorgefunden und hingenommen werden. Für eine Varimin-Analyse dagegen sind Mehrfachladungen nicht unerwünscht, sie werden nicht lediglich gerade noch toleriert, sie werden erwartet und gesucht. Aus der Varimin-Perspektive ist dieses Versagen des Simple Structure-Ideals gegenüber der Realität, die modelliert werden soll, mit ein Grund, den Weg dieser Tradition zu verlassen.

### 2. Zum Generalfaktor $F_1$ im Varimin-Ergebnis

Im Varimin-Ergebnis der Untersuchung von Hacker et al. taucht – wie meistens bei Varimin-Analysen von Urteilsdaten – ein Generalfaktor auf ( $F_1$ ), der hier einen beträchtlichen Varianzanteil beansprucht (51.1 %). Einem Varimin-Generalfaktor aus Urteilsdaten liegt in der Regel mehr als nur eine Varianzquelle zugrunde, es können zwei oder mehr sein. Eine Quelle der Generalfaktor-Varianz kann inhaltlicher Art sein. Doch macht sich im Varimin-Generalfaktor oft – bei Urteilsdaten vor allem – zusätzlich methodische Varianz geltend. Es handelt sich dabei um Varianz, die man seit langem unter der Bezeichnung *response set* diskutiert, die man jedoch kaum jemals für auch – faktorenanalytisch – relevant gehalten hat.

Was die inhaltlich begründbare Varianzkomponente von Varimin- $F_1$  in den Hacker-Daten betrifft, so führt eine hypothetische Überlegung auf die Spur. Vermutlich hat es Probanden gegeben, die aufgrund einer robusten psychophysischen Konstitution bei den 13 Items des Fragebogens auch noch am Ende eines Arbeitstages eher die jeweils positive der zwei polaren Alternativen angekreuzt haben (mit denen man Fitness bekundet – die Autoren selbst sprechen hier von „günstigen“ Antworten), während andere Probanden mit schwächerer Konstitution eher geneigt waren, am Ende des Arbeitstages wahrheitsgemäß die weniger günstigen Antwortalternativen (d. h. verminderte Fitness) für ihre Person gelten zu lassen. So kann sich eine durch physische Konstitution bedingte interindividuelle Varianz in Varimin- $F_1$  niedergeschlagen haben.

Allerdings ist dies, wenn auch plausibel, vorerst nur Spekulation, denn zusätzlich, wenn nicht hauptsächlich, können sich methodisch bedingte Varianzquellen in Varimin- $F_1$  manifestiert haben. Beim Ankreuzen der sieben Ausprägungsstufen kann sich z. B. eine interindividuell variable Extremantwort-Tendenz ausgewirkt haben. Probanden neigen dazu, entweder mehr zu den Antwortpolen hin oder mehr in der Mitte einer Mehrstufen-Skala ihre Kreuze zu setzen. Auch kann der individuell variable Response Set der Evaluation (Wünschbarkeit) mit im Spiel gewesen sein. Denn für die Auswertung haben die Autoren bei jedem Item der wünschbaren Alternative die höchsten numerischen Werte 6 und 7 zugewiesen, die viele Berufstätige bevorzugen, um in diesem Fragebogen vor sich selbst und vor anderen gut abzuschneiden. Die beiden niedrigsten Werte 1 und 2 wurden für die am wenigsten erwünschten Alternativen verwendet (die Stufen 3 und 5, „etwas ausgeprägt“, fallen dabei weniger ins Gewicht). Probanden sind zudem generell geneigt, beim Ankreuzen von zwei verschiedenen wertigen Alternativen die positiver klingende vorzuziehen, unabhängig davon, ob sie bei ihnen selbst zutreffen oder nicht. Dabei handelt es sich um einen generellen Positivitätsbias, der aus psycholinguistischen Untersuchungen bekannt ist („Polyanna-Hypothese“, Boucher & Osgood, 1969). Dadurch entsteht Varianz, die einen vorhandenen faktoriellen Generalfaktor verstärkt oder ihn u. U. sogar hervorruft.

Persönlichkeitspsychologen der jüngeren Zeit wundern sich mitunter, dass Fragebogen-Entwickler die Varianzquellen der Antwort-Stile kaum beachten. Das liegt zum Teil daran, dass methodisch bedingte Varianzen bei Anwendung von Rotationsverfahren, welche Einfachstruktur erzielen wollen, keine Chance haben, sich faktoriell gesondert zu manifestieren. Die Gesamtvarianz eines Generalfaktors, zu der die Varianz der Antwortstile beiträgt, wird durch eine Varimax-Rotation auf alle extrahierten Faktoren mehr oder weniger gleichmäßig verteilt, mit anderen Varianzen vermischt und damit verschleiert: Varimax- $F_1$  zieht in dieser Untersuchung 36.1 % Varianz auf sich, Varimax  $F_2$  27.6 %, also nicht sehr viel weniger als  $F_1$ . Varimin- $F_1$  repräsentiert demgegenüber den oben genannten Hauptanteil der Gesamtvarianz (51.8 %), wobei die über alle Variablen wirksamen Varianzanteile (die der Response Set-Neigungen einschließlich) in Varimin- $F_1$  summiert bleiben und nicht analog wie durch Varimax auf andere Varimin-Faktoren verschoben werden. Somit entfallen auf Varimin- $F_2$  nur 12.1 % aufgeklärte Varianz. Diese aber kann kaum durch einen methodisch bedingten Anteil vermindert worden sein, da dieser von Varimin- $F_1$ , dem Faktor mit nur positiven und wenig variierenden Ladungen, absorbiert wird.

Als Zwischenfazit ist festzuhalten, dass in der Varimaxlösung der Hacker et al. – Untersuchung we-

der die wahrscheinlich vorhandene inhaltliche Varianzquelle (die psychophysische Belastbarkeit) noch die wahrscheinlich auch vorhandenen methodischen Einflüsse differenziert werden. Die einzelnen Generalfaktor-Komponenten sind zwar auch in der Variminlösung nicht differenziell aufweisbar. Doch darf man davon ausgehen, dass Varianzen inhaltlicher und methodischer Herkunft, die für alle Variablen (Items) der Untersuchung in gleichem Maße zutreffen, sich in Varimin- $F_1$  aufaddiert haben. Varimin- $F_2$  ist deshalb von Stör-Varianzen methodischer Herkunft verschont geblieben, nur durch das Varimax-Verfahren wurden diese in unkontrollierter Weise auf die beiden extrahierten Faktoren verteilt.<sup>1</sup>

### 3. Zweifel an der Validität der beiden Varimax-Faktorbegriffe

Hat sich die Erwartung der Autoren, dass sich die Urteile der Probanden im Belastungsfragebogen faktoriell auf „Arbeitsfähigkeit“ und „Arbeitsbereitschaft“ aufgliedern würden, vielleicht trotzdem im Varimin-Ergebnis ausgedrückt? Diese Frage lässt sich nicht sicher beantworten. Zunächst vermisst man als Leser eine Klärung der Bedeutung, die die Autoren mit den beiden Begriffen verbinden, die zur Kategorisierung herangezogen wurden. Ein Versuch, dies nachzuholen, hatte folgendes Ergebnis:

Bei „Arbeitsbereitschaft“ (B) denkt man an veränderliche Bedingungen, die den Menschen zur Aufnahme einer Arbeit geneigt machen oder, bei konträren Bedingungen, ihn geneigt machen, einer Arbeit auszuweichen. Man fragt z. B.: „Bist du jetzt bereit zu arbeiten?“, wenn der Angesprochene zuvor dazu nicht bereit war. Arbeitsbereitschaft ist abhängig vom wechselnden Willen und Motiviertsein.

Unter „Arbeitsfähigkeit“ (F) versteht man gewöhnlich die weniger leicht veränderlichen Bedingungen, die durch die erworbene Kompetenz und durch den im Tagesverlauf wenig veränderlichen gesundheitlichen Zustand des arbeitenden oder sollenden Menschen gegeben sind. Man fragt seltener, außer vielleicht bei einer Behinderung, deren Ende man erwartet: „Bist du jetzt (wieder) fähig zu arbeiten?“ Arbeitsfähigkeit ist stärker abhängig vom dauerhafteren Können.

Welche Items ziehen die Autoren zum Nachweis der für Varimax- $F_1$  und - $F_2$  angenommenen Bedeutung heran? Arbeitsfähigkeit, die konstantere Bedingung, soll gegeben sein, wenn bei den Arbeitenden geistige und körperliche Frische vorliegt (Variablen 1 und 10),

ein Mangel an Arbeitsfähigkeit soll sich durch das Gegenteil zeigen, durch geistige und körperliche Müdigkeit. Sind das nicht eher Indikatoren einer veränderlichen Arbeitsbereitschaft und nicht die der stabileren Arbeitsfähigkeit?

Ähnlich zweifelhaft ist die Zuordnung von Entspannung und Gelassenheit als vermeintliche Indikatoren von Arbeitsfähigkeit (Variablen 4 und 11), wo sich doch durch Verminderung einer seelischen Spannung und durch zunehmende Gelassenheit eher zunehmende Arbeitsbereitschaft und weniger die dauerhaftere Arbeitsfähigkeit bekundet. Was hat die Autoren dazu gebracht, das zumeist doch überdauernde Interessiertsein als Indikator der Arbeitsbereitschaft zu werten? Bei der Ungeklärtheit derart wichtiger Fragen scheut man sich, die Validität des Fragebogens SKB für die beiden Konstrukte als gegeben hinzunehmen. Mit Varimax-Faktor-Ladungen können semantische Fragen aufgeworfen, aber nicht gelöst werden.

### 4. Varimin- $F_2$ ohne schlüssige Deutung

Doch hat auch der Einsatz von Varimin zu keiner befriedigenden Deutung von Varimin- $F_2$  geführt. Hierzu ist die Beobachtung nachzutragen, dass Varimin- $F_2$  eine ausgeprägt bipolare Ladungsverteilung aufweist (siehe Tabelle 1). Auffälligerweise besitzen die Items, die in der Varimaxlösung nach Ansicht der Autoren die Arbeitsfähigkeit repräsentieren sollen, tendenziell positive Varimin- $F_2$  – Ladungen von zum Teil beachtlicher Höhe, während die Items, die in der Varimaxlösung die Arbeitsbereitschaft repräsentieren sollen, bei Varimin- $F_2$  negative Ladungen aufweisen. Zwischen der Varimin- und Varimaxlösung kommen also partielle Profil-Ähnlichkeiten vor, obgleich Bipolarität als Merkmal der Ladungsstruktur nur bei Varimin- $F_2$  und weder bei Varimax- $F_1$  noch bei Varimax- $F_2$  zu finden ist.

Doch angesichts der bemängelten Unklarheit der Kategorien „Arbeitsbereitschaft“ und „Arbeitsfähigkeit“ und angesichts der hier vergeblichen Suche nach alternativen semantischen Gemeinsamkeiten der mit Varimin- $F_2$  entweder positiv oder negativ geladenen Itemvariablen bleibt die inhaltliche Rolle von Varimin- $F_2$  ungeklärt. Eine Klärung solcher Fragen wird man erst von einer weiteren Verwendung des SKB erwarten können, dem man dann aufschlussreichere Items hinzufügen müsste. Die Varimin-Analyse ist kein Allheilmittel, zumal nicht, wenn sie bei Datensätzen eingesetzt wird, bei denen unzureichende Itemselektion eine klare Deutung verhindert.

1 Der Vorteil einer Variminlösung lässt sich überzeugender anhand des Generalfaktors aus einer Intelligenz-Untersuchung belegen (Ertel, 2010 a): Der Generalfaktor repräsentierte dort die Grundintelligenz, oft „allgemeine Intelligenz“ genannt, während davon unabhängig in einem gesonderten Faktor die vorausgehenden Lerngewinne durch Schultraining zuzuordnen waren, der faktoriell und auch terminologisch als „Lernkapital“ vom Faktor der „Grundintelligenz“ getrennt wurde.

**Schlusswort zu Studie 1**

Durch die Reanalyse der SKB-Daten mit Varimin werden die faktoriellen Ergebnisse von Hacker et al. fragwürdig. Dass Varimax-Ergebnisse durch Varimin-Reanalysen zweifelhaft werden, ist die Regel. Gleichzeitig lässt die Varimin-Anwendung dafür mögliche Gründe erkennen. Doch war im vorliegenden Fall eine verbleibende Unklarheit wegen vermuteter Störvariablen durch Response Sets und wegen problematischer Item-Semantik mit Einsatz von Varimin nicht zu beseitigen. Der geringe Varianzanteil, der in den SKB-Daten für Varimin-F<sub>2</sub> verbleibt (der inhaltlich determinierte Anteil), führt zu der Vermutung, dass die methodischen Effekte der Antwortstile relativ groß waren, so dass sich diese nachteilig auf die Varianzaufgliederung ausgewirkt und die Inhaltsebene verschleiert haben.<sup>2</sup>

**Reanalyse 2: Kolodej et al. (2012)**

Das Ziel des Fragebogens bei Kolodej et al. war es, die Verhaltensvarianten beim Lösen von Konflikten zu erfassen. Die Autoren stützten sich ähnlich wie Hacker et al. auf zurückliegende Forschung. Bei der Sichtung früherer Ergebnisse und bei der Auslese von Items aus vorhandenen Skalen für eigene Zwecke gingen sie sorgfältig vor. Zweiundzwanzig Experten hatten jedes von 144 Items danach einzustufen, welcher Kategorie

von acht möglichen, die man zur Auswahl vorlegte, zuzuordnen sei. Die Items mit den meisten gleichen Zuordnungen wurden für die Endversion des IKA (*Inventar zum Verhalten in Konfliktsituationen am Arbeitsplatz*) verwendet. Es handelt sich um Verhaltensweisen, die bei Konfliktlösungsversuchen auftreten können. Jede Kategorie wurde mit sechs Statements repräsentiert, deren subjektiv beurteilte Vorkommenshäufigkeit auf einer Sieben-Stufen-Skala (von *nie* bis *extrem oft*) zu beurteilen waren. Die acht Kategorien mit Beispielen:

- vermeiden: ... versuche Auseinandersetzungen zu vermeiden
- leugnen: ... tat ich so, als ob ich keine Auseinandersetzung hätte
- nachgeben: ... stellte eigene Wünsche zurück, um Auseinandersetzung aus dem Weg zu gehen
- dulden: ... fühlte ich mich hilflos
- Konsens: ... versuchte, die Belange aller Personen auf einen Tisch zu bringen
- Kompromiss: ... verhandelte, um einen Kompromiss zu erreichen
- Dominanz: ... nutzte meine Autorität, um eine Entscheidung in meinem Sinne zu erreichen
- delegieren: ... habe externe Sachverständige zur Lösung eines Konflikts herangezogen.

An der Untersuchung nahmen 182 Probanden teil. Die Geschlechter waren ungefähr gleichanteilig vertreten,

Tabelle 2: Faktorladungen der 13 Items des SKB nach Varimax- und Variminrotation.

		Varimax			Varimin		
		1	2	3	4	5	6
IKA-Kategorien		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	h <sup>2</sup>
01	vermeiden	.80	-.19		-.76	.50	.82
02	leugnen	.87	-.14		-.72	.51	.78
03	nachgeben	.78	.07		-.50	.61	.62
04	dulden	.74	.12		-.43	.61	.56
05	Konsens	-.15	.87		.73	.51	.79
β6	Kompromiss	-.03	.81		.59	.55	.66
07	Dominanz	-.07	.87		.52	.42	.45
08	delegieren	.12	.60		.34	.51	.37
Varianzaufklärung %		34.4	28.7		34.9	28.2	63.0

<sup>2</sup> Professor Hacker hat freundlicherweise das Manuskript dieses Artikels geprüft und mit Recht eingewendet, dass der Vergleich der Fragebogen-Antworten am Feierabend mit denen am vorhergehenden Morgen die von den Autoren zu erwartenden Verminderungen der Arbeitsbereitschaft / -fähigkeit auf den 13 Skalen aufweist. Der SKB-Fragebogen würde auch ohne faktorielle Validität seine praktischen Dienste tun. Dem stimme ich zu. Doch hoffe ich, dass eine Neu-Orientierung beim Rotieren von Faktoren die Erfassung und konzeptuelle Verarbeitung der Erlebnis-Gegebenheiten frühere Fehler vermeiden hilft. Vorhandene Validitäten, die durch Korrelation mit externen Kriterien nachweisbar sind, können zukünftig durch eine transparentere Faktorenanalyse ergänzt und verbessert werden.

ebenso jüngere (19-44 Jahre) und ältere Personen (45-70 Jahre).

Um festzustellen, wie viele und welche Dimensionen den acht Kategorien zugrunde liegen, wurden die Daten, d. h. pro Person acht mittlere Einstufungen bei acht Kategorien, interkorreliert und mit der Hauptachsenmethode faktorisiert. Mit dem  $>1$  Kriterium für die Eigenwerte ergaben sich zwei substantielle Faktoren, die nach Varimax rotiert wurden. Das Ergebnis der Rotation zeigt Tabelle 2 mit Spalte 2 und 3.

Die Autoren ordnen dem ersten Varimax-Faktor (Spalte 2) einen „non-konfrontierenden“ Stil zu („Konfliktvermeidung“), dem zweiten Faktor (Spalte 3) einen „assertiven Stil“ („sich aktiv dem Konflikt stellen“). Sie halten die beiden Dimensionen für unabhängig, offenbar weil sie mathematisch orthogonal zueinander stehen: *„Interessant ist, dass diese beiden Dimensionen im Hinblick auf Häufigkeit in der Zeit relativ unabhängig sind, obwohl sie sich (aber nicht in einem Prozess) auszuschließen scheinen“* (Kolodej et al., 2012, p. 28).

Den Autoren scheint bewusst zu sein, dass es der Alltagserfahrung widerspricht, ein Verhalten, bei dem man Probleme lösen will, und ein Verhalten, mit dem man dem Problemlösen ausweichen will, als voneinander unabhängig anzusehen. Mit dem Attribut „relativ“ in ihrem Statement soll offenbar die nur mathematisch-statistisch sich aufdrängende Unabhängigkeit der beiden Dimensionen des Verhaltens, auf die sie schließen zu müssen glauben, etwas abgeschwächt werden. Das entsprechende Varimin-Ergebnis ist mit  $F_1$  in Spalte 4 der Tabelle 2 ersichtlich. Hier wird die Beziehung der einander entgegengesetzten Verhaltensweisen realitätsentsprechend auf einem bipolaren Faktor mit Plus- und Minus-Vorzeichen modelliert.

Der Faktor  $F_2$ , der im Varimax-Ergebnis keine Entsprechung hat, ist ein Generalfaktor, der als ein ziemlich reiner Methodenfaktor aufzufassen ist.<sup>3</sup> Denn alle acht Variablen sind fast unterschiedslos mit  $F_2$  geladen. Vermutlich hat sich hier die Jasage-Varianz bei den Urteilenden ausgewirkt, weniger die Wünschbarkeits-Varianz, die bei Entscheidungen zwischen den „Geh-ran“ und „Halt-dich-raus“ Alternativen beim Problemlösen geringer sein wird. Erstaunlich ist der Anteil an Methodenvarianz (28.2 %, Tabelle 2, Spalte 5), der gering ist gegenüber der  $F_1$ -Varianz bei Hacker et al. (51.8 %, Tabelle 1, Spalte 7), während die Inhaltsvarianz bei Kolodej et al. entsprechend hoch ausfällt (34.9 %, Tabelle 2, Spalte 4) gegenüber der bei Hacker et al. (12.1 %, Tabelle 1, Spalte 8). Damit hängt vermutlich zusammen, dass der reine Inhaltsfaktor bei Kolodej et al., der sich mit der Variminrotation ergab ( $F_1$ ), leichter zu deuten ist als der Faktor

$F_2$  bei Hacker et al., bei dem differenzierbare Inhalte nicht überzeugten.

### Schlusswort zu Studie 2

Die Reanalyse der Daten von Kolodej et al. bietet im Vergleich zur Reanalyse der Hacker et al.-Daten ein noch klareres Beispiel für die Nachteile des Einfachstruktur-orientierten Rotierens faktorieller Dimensionen. Das Ergebnis der Varimax-Rotation widerspricht der Realität. Merkmale der Erlebens und Verhaltens, die sich widersprechen, sich stören, wenn sie tendenziell zusammen auftreten und sich unter Umständen ausschließen, haben eine antagonistische Beziehung zueinander ähnlich wie die Polarität elektrischer Ladungen. Durch die Varimax-Rotation werden die Pole der „Geh-ran“ versus „Halt-dich-raus“ Polarität auseinander gerissen und in verschiedene Dimensionenschubladen gesteckt. Das Modell der Einfachstruktur lässt den schwer nachvollziehbaren Fall zu, dass Menschen sich Problemen stellen und ihnen gleichzeitig aus dem Wege gehen. Die Variminrotation der Faktoren dagegen führt zu einem Ergebnis, das in den Kontext vorhandenen psychologischen Wissens und Erfahrens reibungslos einzufügen ist.

Die Varimin-Rotation hatte auch in Studie 2 Anzeichen für methodische Effekte nahe gelegt, die durch individuelle Varianzen von Antwortstilen hervorgerufen werden. In beiden Untersuchungen blieb nur die Frage offen, welche Störquellen dieser Art im Einzelnen mit im Spiel waren. Diese können sich in einem Varimin-analysierten Datensatz genauer zeigen, aber nur dann, wenn sie durch eigens dafür eingesetzte Variablen vertreten sind. Zur Erfassung von Response Sets hat man für andere Zwecke bereits Verfahren entwickelt, so etwa für Akquieszenz (Amelang & Borkenau, 1981), für Extremantwort-Tendenz (Mumme, 2007) und Wünschbarkeit (Stöber, 1999). Vorliegende Operationalisierungen könnte man mit einem Erhebungsaufwand, der gering zu halten wäre, zur Response Set-Kontrolle zukünftig routinemäßig in Fragebögen mit einbauen.

In Ertel 2011 a wurde durch Quantifizierung der Verwendung von Antwortstufen (1 bis 5) im Fragebogen MMPI, der ein Likert-Antwortformat verwendet, durch Varimin-Einsatz die Antworttendenzen Akquieszenz, Extremantwort-Tendenz und Urteilsnuanciertheit differenzieren können (p. 77-79). Auf dieser Linie ließe sich zukünftig die Varianz von Urteilstendenzen in Fragebögen erfassen und ihren oft hohen, aber nutzlosen Anteil an einem Generalfaktor erheblich reduzieren.

<sup>3</sup> Nicht immer also ist ein Generalfaktor  $F_1$ , der erste Faktor.

## Literatur

- Amelang, M. & Borkeu, P. (1981) Untersuchungen zur Validität von Kontroll-Skalen für Soziale Erwünschtheit und Akquieszenz. *Diagnostica*, 27 (4), 295-312.
- Ashton, M. C., Lee, K., Goldberg, L. R. & de Vries, R. E. (2009). Higher Order Factors of Personality: Do They Exist? *Personality and Social Psychology Review*, 13 (2), 79-91.
- Bäckström, M., Björklund, F. & Larsson, M. R. (2009). Five-factor inventories have a major general factor related to social desirability which can be reduced by framing items neutrally. *Journal of Research in Personality*, 43, 335-344.
- Boucher, J. & Osgood, C. E. (1969). The Polyanna hypothesis. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, Vol. 8 (1), 1-8.
- De Young, C. G. (2006). Higher order factors of the Big Five in a multi-informant sample. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91, 1158-1151.
- Ertel, S. (2009 a). Kritik am Dogma „Simple Structure“. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 1, Vol. 2, 36-65.
- Ertel, S. (2009 b). Komplexe Strukturen aufspüren. Faktorenanalyse mit Variminrotation. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 2, Vol. 2, 33-50.
- Ertel, S. (2010 a). Grundintelligenz (g) und Lernkapital (l). Komplexstrukturelle Faktorenanalyse des I-S-T. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 2, Vol. 3, 49-61.
- Ertel, S. (2010 b). Exploratory factor analysis revealing complex structure. *Personality and Individual Differences*, 50 (2), 196-200.
- Ertel, S. (2011 a). *Komplexität modellieren. Faktorenanalyse am Scheideweg*. Universitätsverlag: Göttingen. [http://webdoc.sub.gwdg.de/univerlag/2011/ertel\\_komplexitaet.pdf](http://webdoc.sub.gwdg.de/univerlag/2011/ertel_komplexitaet.pdf)
- Ertel, S. (2011 b). *Basiskomponenten der Persönlichkeit*. Universitätsverlag: Göttingen. [http://webdoc.sub.gwdg.de/univerlag/2011/ertel\\_basiskomponenten.pdf](http://webdoc.sub.gwdg.de/univerlag/2011/ertel_basiskomponenten.pdf)
- Hacker, W., Hubrich, A., Morgenroth, T. & Stab, N. (2012) Schätzskaalen zum kurzfristigen Beanspruchungeerleben (SKB-Verfahren) – modifiziert nach Plath & Richter (1984). *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 1, Vol. 5, 27-37.
- Hopwood, C. J., Wright, A. G. C. & Donella, M. B. (2011). Evaluating the evidence for the general factor of personality across multiple inventories. *Journal of Research in Personality*, 45, 468-478.
- Kolodej, C., Wochele, C. & Kallus, W. (2011). Inventar zum individuellen Konfliktlöseverhalten am Arbeitsplatz. *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 2, Vol. 4, 18-30.
- Loehlin, J. C. (2012). How general across inventories is a general factor of personality? *Journal of Research in Personality*, 46, 258-265.
- McCrae, R. R. & Costa, P. T. Jr. (1999). A five-factor theory of personality. In L. A. Pervin & O. P. John (Eds.) *Handbook of personality: Theory and research* (2nd. Ed.), pp. 139-153. Guilford Press: New York.
- Mummenday, H. D. & Grau, I. (2007). *Die Fragebogen-Methode* (5. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Musek, J. (2007). A general factor of personality: Evidence for the Big One in the five factor model. *Journal of research in Personality*, 41, 1215-1233.
- Rushton, J. P. & Irving, P. (2008). A general factor of personality (GFP) from two meta-analyses of the Big Five: Digman (1997) and Mount, Barrick, Scullen, and Rounds (2005). *Personality and Individual Differences*, 45, 679-685.
- Stöber, J. (1999). Die Soziale-Erwünschtheits-Skala 17 (Sec-17): Entwicklung und erste Befunde zur Reliabilität und Validität. *Diagnostica*, 45 (4), 173-177.
- Thurstone, L. L. (1947). *Multiple factor analysis. A development and expansion of The Vectors of the Mind*. The University of Chicago Press: Chicago.
- van der Linden, D., te Nijenhuis, J. & Bakker, A. (2010). The general factor of personality: A meta-analysis of Big Five intercorrelations and a criterion-related validity study. *Journal of Research in Personality*, 44, 315-327.

Korrespondenz-Adresse:  
Prof. Dr. em. Suitbert Ertel  
Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie  
Georg-August-Universität Göttingen  
Gossler Straße 14  
D-37073 Göttingen  
sertel@uni-goettingen.de