

3. Empirische Methoden

3.1 Wichtige Begriffe

- **Interdependenz** = wechselseitiger Zusammenhang zwischen zwei Variablen
 - Methodik: **Interdependenzanalyse** und Korrelation > Beachte: keine Kausalaussagen, nur wechselseitige Abhängigkeit!
 - **Determinationskoeffizient** erlaubt eine gewisse prozentuale Vorhersage des Varianzzusammenhangs (Aber $R^2 = \frac{Cov(x, y)^2}{Var(x)Var(y)}$ meist wird dadurch relativ sehr wenig an Varianz erklärt.)
 - Beispiel: Kastrationsangst und Todesangst
- **Dependenz** = Systematische intraindividuelle Merkmalsvarianz in Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen
 - Methodik: **Experiment** und Varianzanalyse (t-Test für Gruppenvergleiche)
 - Anforderungen an ein Experiment: Definition von UV und AV, systematische Manipulierbarkeit der UV, Ausschalten aller weiteren Einflüsse (außer der UV) auf die AV, zufällige Zuordnung von Vpn zu Ausprägungen der UV
 - Negativbeispiel: Tachistoskopische Darbietung von Frauenbildern zur Untersuchung von unbewußten Prozessen bei Todesangst (AV) an Personen mit Kastrationsangst ist kein Experiment, weil nur die Vpn mit Kastrationsangst ausgewählt worden sind (also keine Randomisierung)

3.2 Merkmale des differentialpsychologischen Experiments

- Merke: Allgemein gibt es in der Differentiellen Psychologie wenig *echte* Experimente, weil meist Organismusvariablen (Personenvariablen) im Sinne von präexperimentellen Unterschieden ins Spiel gebracht werden. Da so nicht alle Anforderungen an die Unabhängigkeit der UV erfüllt werden, spricht man hier von einem **Quasi-Experiment**.
 - Anforderungen an ein Quasi-Experiment: Definition von UV und AV, Meßbarkeit von UV und AV, *systematische Manipulierbarkeit* der UV, Ausschalten aller weiteren Einflüsse (außer der UV) auf die AV, aber keine zufällige Zuordnung von Vpn zu Ausprägungen der UV notwendig
 - Beispiel: Erforschung des Zusammenhangs von Geschlecht (nicht frei manipulierbar) und Körpergröße
- Wenn sich der Einfluß der Unterschiede der Organismusvariablen auf die AV nur messen lassen, die Unterschiede aber nicht kontrollierbar sind, sprechen wir von einer **Ex-post-facto Untersuchung**.
 - Anforderungen an eine Ex-post-facto-Untersuchung: Definition von UV und AV, *Meßbarkeit* von UV und AV, keine systematische Manipulierbarkeit der UV, keine zufällige Zuordnung von Vpn zu Stufen der UV
 - Methodik: Unterschiede messen wir mit dem t-Test (Gruppe, Kategorie), Zusammenhänge (keine Gruppen) mit dem Korrelationskoeffizient R

- Fazit: Das differentialpsychologische Experiment ist meistens eine Mischung aus Experiment (wenn Bedingungen systematisch variiert werden) und Quasi-Exp. bzw. Ex-post-facto Untersuchung (weil Organismusvariablen eingehen). Wir unterscheiden:
 1. *Haupteffekte der Bedingungen (UV):* Dies sind allgemeinspsychologische Effekte (z.B.: Männer und Frauen sind gleichermaßen aufmerksamer bei lauterer Stimme) > Idealgraphen: $f(x_1)=+1, f(x_2)=+1$
 2. *Haupteffekte der Organismusvariablen:* Dies sind differentialpsychologische Effekte, weil sie interindividuelle Unterschiede aufdecken (z.B.: Frauen sind aufmerksamer als Männer) > Idealgraphen: $f(x_1)=0, f(x_2)=0$
 3. *Wechselwirkungen von Bedingung und Organismusvariablen (Interaktion):* Diese sind differentialpsychologische Effekte, weil sie intraindividuelle Varianz der AV in unterindividuell unterschiedlicher Ausprägung aufdecken (z.B.: Frauen sind aufmerksamer bei lauterer Stimme, Männer aufmerksamer bei leiserer Stimme) > Idealgraphen: $f(x_1)=+1, f(x_2)=-1$

3.3 Kriterien für die Aussagekraft der Experimente

- Merke: Die Schätzung der Aussagekraft ist nötig, da in den meisten Untersuchungen Effekte vieldeutig sind bzw. Alternativerklärungen möglich sind.
- Hauptgütekriterien:
 1. **Objektivität** = Gegenstand sind beobachtbare, ergo meßbare Sachverhalte (meßbar z.B. mit der Interrater-Reliabilität; beachte zudem die Interpretationsobjektivität, also genaue Definitionen)
 - Prüfung bei Durchführung, Auswertung und Interpretation
 2. **Reliabilität** = Ausmaß, indem ein Meßverfahren das, was es messen will, auch genau mißt. Dies betrifft den durch zufällige, situative und individuelle Einflüsse bedingten Meßfehler (z.B.: Retest- (Übungseffekte), Paralleltest- (wirklich parallel?), Split-Half Reliabilität (wirklich äquivalente Hälften?), Konsistenzanalyse)
 3. **Validität** = Grad der Genauigkeit, mit dem ein verfahren das mißt, was es messen soll (besonders interessant für Differenzielle Psychologie)
 - **Interne Validität** = gegeben, wenn sich Unterschiede in der AV zwischen Versuchsbedingungen eindeutig auf die Unterschiede in der UV zurückführen lassen.
 - **Externe Validität** = gegeben, wenn sich experimentell beobachtete Sachverhalte auf jene Konstrukte beziehen, die in der Fragestellung eine Rolle spielen.
- Nebengütekriterien:
 - Ökonomie, Fairneß, Normierung, Nützlichkeit
- Merke: Da sich ein Mangel an Objektivität zu Lasten der Reliabilität niederschlägt, gilt: **Wenn Reliabilität vorhanden ist, so auch Objektivität.**

3.4 Fehlerquellen der Validität

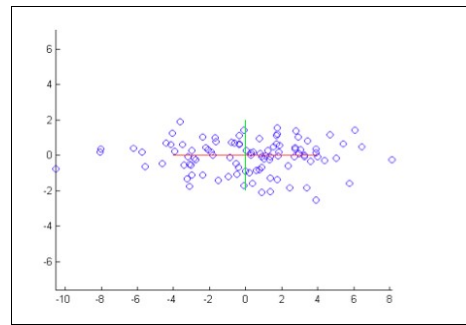
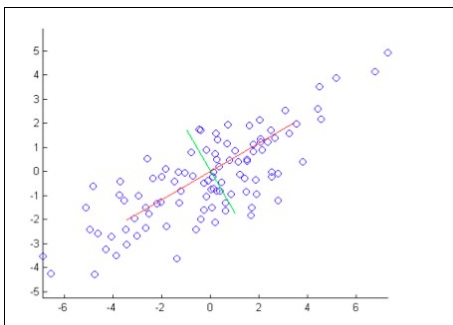
- **Interne Validität:**
 - **Hawthorne-Effekt** = Wissen darum, Versuchsperson zu sein (beeinflusst Leistung der Vpn) > vermeidbar durch Täuschung
 - **Rosenthal-Effekt** = Wissen des Versuchsleiters um Ziele der Untersuchung (beeinflusst den Umgang mit den Vpn) > vermeidbar durch Blindversuch
 - *Abhängigkeit der UV von präexperimentellen Organismusvariablen (z.B.: Alter oder Geschlecht)*
- **Externe Validität:**
 - *Repräsentativität der Stichprobe* (Kann ich vom Ergebnis des Experiments auf Eigenschaften in der Gesamtpopulation schließen?)
 - *Repräsentativität der UV (z.B.: Stimulieren sexuelle Bilder wirklich Kastrationsangst?)* > Hilfe durch Außenkriterium (Wie wird das denn ausgewählt?)
 - *Repräsentativität der AV (z.B.: Ist die Fehlerzahl wirklich ein Maß für eine kognitive Fähigkeit?)*

3.5 Faktorenanalyse

- Ziel: Reduktion von Komplexität, d.h. die Beschreibung der Daten in einem niedrigdimensionalen Raum (z.B.: im Extremfall Reduktion von intelligentem Verhalten auf eine einzige Dimension wie bei Spearmans g)
- Allgemein ausgedrückt ist es das Ziel einer Faktorenanalyse, die Struktur einer Korrelationsmatrix zu erklären, d.h. latente Variablen (Faktoren) zu generieren, deren Zusammenspiel ein möglichst genaues Abbild der Ausgangsmatrix erzeugt.
- Beispiel: Bestimmung individueller Unterschiede in der emotionalen Verarbeitung, wie etwa bei Arachnophobie (Angst vor Spinnen)
 - Messung affektiver Phänomene etwa durch Selbstbericht mit anschließender Anordnung entlang einer Dimension (z.B. Erregung/Intensität auf y-Achse und Unlust/Lust auf x-Achse)
 - Reduktion von Einzelinfos auf abstraktere Information (Dimensionsausrichtung/Gradient) – so haben emotionale Bilder einen positiven (Lust/Erregung) und negativen (Unlust/Erregung) Emotionsgradienten, dessen Anstieg ich bestimmen kann
 - im Ruhezustand haben wir einen kleinen rechtseitigen Offset (Verschiebung) in Richtung positiven Emotionsgradient (positive Grundausrichtung, d.h. ich bin bereit meine Umwelt zu explorieren)
- Zwei Herangehensweisen:
 1. **Explorative Faktorenanalyse** = **deskriptiv** (auch Hauptfaktorenanalyse bzw. Hauptkomponentenanalyse genannt)
 - Ich bestimme zuerst die 1. Hauptkomponente (Regressionsgrade) und dann die 2. Hauptkomponente

(orthogonale Verschiebung des Wertes zur Regressionsgrade)

- Hier wird es (mehr oder weniger) dem mathematischen Algorithmus überlassen, wieviele interpretierbare Faktoren sich aus einer Korrelationsmatrix generieren lassen. Annahmen über die Struktur der Faktorladungen werden nicht gemacht (Mathematisch wird eine Hauptachsentransformation durchgeführt: Man minimiert die Korrelation mehrdimensionaler Merkmale durch Überführung in einen niedrigerdimensionalen Vektorraum mit neuer Basis. Die darstellende Matrix wird aus den Eigenvektoren der Kovarianzmatrix gebildet. Dazu bildet man die Kovarianzen in der Kovarianzmatrix und berechnet deren Eigenwerte und Eigenvektoren. In der durch die Eigenwerte generierten Diagonalmatrix sind die Eigenwerte nach ihrem Betrag angeordnet. Die aus den Eigenvektoren gebildete Matrix, steht orthogonal zur Kovarianzmatrix und stellt die Transformationsmatrix dar. **FRAGE: Starte ich mit Item- (Raum der Vpn) oder Personenvektoren (Raum der Items)?**)
- Beispiel zu Länge und Gewicht:
 - **Scatterplot:** links unten 'leicht und kurz', rechts oben 'lang und schwer' (und Erstellen der Korrelationsmatrix)



- Berechnung der 1. Hauptkomponente (1. Faktor) > rote Linie (links)
- Berechnung der 2. Hauptkomponente (2. Faktor), orthogonal zum ersten Faktor > grüne Linie (links)
- Darstellung im Faktorraum (1. Faktor ist die Größe (rot), doch was ist der zweite Faktor (grün)? (rechts)

2. Konfirmatorische Faktorenanalyse = strukturprüfend

- Hier werden vor Anwendung des Verfahrens Hypothesen bezüglich der zugrundeliegenden Faktoren formuliert. Es wird dann im Rahmen der Datenanalyse untersucht, wie gut sich die gegebene Korrelationsmatrix mit Hilfe des vorgegebenen Faktorstrukturmodells reproduzieren läßt.

3.5.1 Kenngrößen

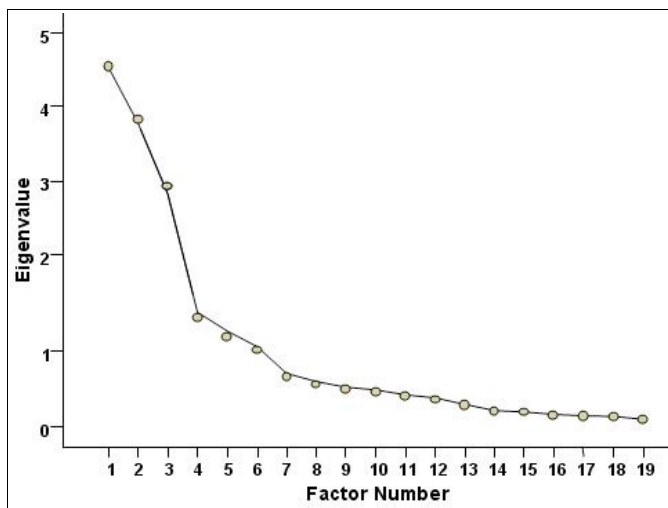
- **Faktorladung a_{ij} einer Variable i** = Korrelation der (manifesten) Variablen i mit dem Faktor j (latente Variable). Je kürzer die räumliche Entfernung zwischen Faktor und Variable, desto höher die Korrelation. (entspricht den Werten der Transformationsmatrix)
- **Kommunalität h_i^2 einer Variable i** = Summe der quadrierten Faktorladungen a_{ij} der Variable i für *alle* ermittelten Faktoren. Maß für die Aufklärung der Varianz durch die ermittelten Faktoren. Je größer die Kommunalitäten einer Faktorenlösung, desto besser sind die Informationen der Variablen in den Faktoren enthalten.
- **Eigenwert eines Faktors j** = Summe der quadrierten Faktorladungen *eines* Faktors, also der Varianzwert, den der Faktor j aufklärt. Der Eigenwert gibt an, wie viel von der Gesamtvarianz aller Variablen durch diesen Faktor erfaßt

wird.

3.5.2 Faktorenanzahl, Skalierung und Rotation

- Faktorenanzahl:

- Bei der Festlegung der Faktorenanzahl ist die *Aufklärung der Varianz* das wichtigste Kriterium:
 - Eine Hauptkomponente sollte mindestens genauso viel beitragen wie eine einzelne Variable im Durchschnitt. Die Anzahl der Faktoren ist daher maximal genauso groß wie die Zahl der reingesteckten Variablen. Im Fall der normierten Variablen (Korrelationsmatrix) sind dies alle Hauptkomponenten mit Eigenwert größer 1.
- Die Verwendung der Hauptkomponentenanalyse setzt die gleiche Skalierung voraus. Variablen mit höherer Varianz erhalten meist ein höheres Gewicht > Normierung via Korrelationsmatrix (siehe Folie)
- *Graphische Darstellung:* Eigenwerte gegen die Nummer der Hauptkomponente (Scree-Plot) und wir hören beim 'Ellenbogen' auf (im Bild beim 4. Faktor)



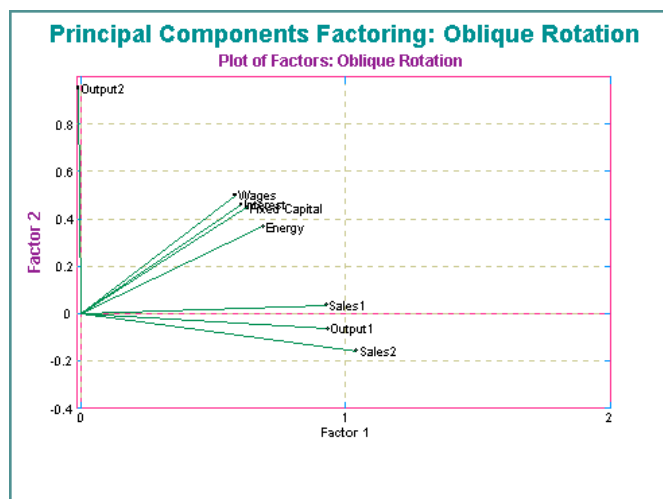
- Skalierung:

- Die Verwendung der Hauptkomponentenanalyse setzt gleiche Skalierung voraus. Variablen mit höherer Varianz erhalten meist höheres Gewicht.
- Häufig werden die Variablen vorher normiert. Dies entspricht der Analyse der Korrelationsmatrix anstatt der Kovarianzmatrix.

- Rotation:

- Häufig sind bei Lösungen mit mehreren Hauptkomponenten Interpretationen problematisch > Daher versucht man mit Hilfe der Achsenrotation innerhalb der gewählten Hauptkomponenten eine bessere Interpretation zu erreichen.
- Es entstehen neue Hauptkomponenten mit neuen Faktorladungen, welche aber weiter unabhängig sind und die gleiche Varianzaufklärung haben wie die ursprünglichen Faktoren.

- Seien Y_1, \dots, Y_k die Hauptkomponenten und M eine orthogonale Matrix ($M^{-1}=M^t$, also $MM^t=E$), dann ist $M(Y_1, \dots, Y_k)$ eine neue Lösung mit neuen Gewichten.
- M wird nun so bestimmt, daß die Varianz zwischen den quadrierten Gewichten innerhalb einer neuen Komponente maximal ist.
- Rotationsarten:
 - **orthogonal:** Orthogonale Rotationstransformation bedeutet, daß das obige Koordinatensystem solange entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht wird, bis die einzelnen Variablen jeweils möglichst hoch auf einem Faktor und möglichst niedrig auf dem anderen Faktor laden. Bei dieser Rotation wird aber stets die ursprüngliche Form des Koordinatensystem beibehalten, d. h. beide Faktoren bleiben orthogonal zueinander. (Beispiel: Die standardmäßige **Varimax-Rotation** zur Varianzerklärung)
 - **schiefwinklig (oblique):** Hier stellt sich die Frage, wie verschieden (Richtung) die Vektoren sein müssen, damit sie tatsächlich verschiedene Faktoren repräsentieren. Hier kann man mehr oder weniger nach Belieben festsetzen, ob ein Vektor ein separater Faktor ist oder nicht.



3.5.3 Zusammenfassung – Schritte der Faktorenanalyse

1. Variablenauswahl
2. Errechnung und Prüfung der Korrelationsmatrix
3. Extraktion der Faktoren
4. Wahl der Rotation (orthogonal, oblique, etc.)
5. Bestimmung der Kommunalitäten
6. Bestimmung der Anzahl der Faktoren
7. Interpretation der Faktoren
8. Bestimmung der Faktorwerte

3.5.4 Fallbeispiele

• Faktorenanalyse bei Schulnoten:

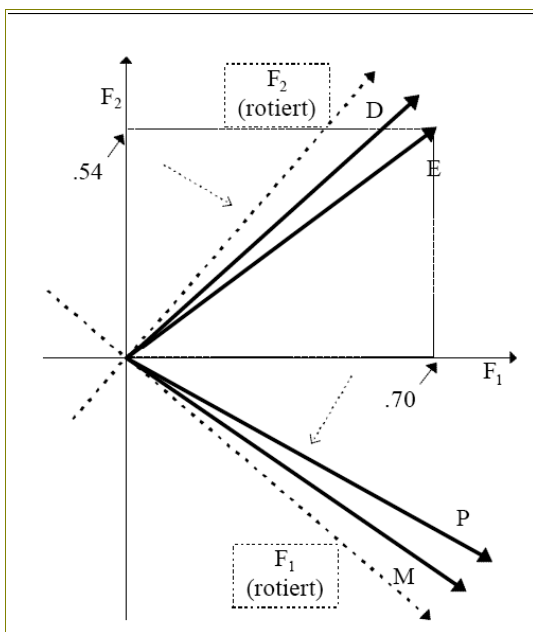
- Korrelationsmatrix zwischen den Schulfächern Deutsch (D), Englisch (E), Physik (P) und Mathematik (M):

Correlation Matrix:				
	D	E	P	M
D	1,00000			
E	,58000	1,00000		
P	,25000	,30000	1,00000	
M	,17000	,25000	,74000	1,00000

- Die einzelnen Faktorladungen der unrotierten Lösung. Wie sollen die Faktoren interpretiert werden? Beide Faktoren scheinen hier sowohl mathematische als auch sprachliche Kompetenzen zu erfassen.
- Die Faktorladungen nach der Rotation sind eindeutiger interpretierbar. Durch die Rotation hat sich die

	Factor 1	Factor 2
D	,64148	,62593
E	,70038	,53907
P	,81362	-,45162
M	,76804	-,53594

Interpretation der Faktoren geändert: allgemeine Intelligenz > mathematische/sprachliche Kompetenz.



Rotated Factor Matrix:		
	Factor 1	Factor 2
D	,08138	,89256
E	,18258	,86475
P	,91201	,18488
M	,93209	,09116

• Faktorenanalyse beim DS14:

- **DS14** = Type D personality—a joint tendency toward negative affectivity (NA) and social inhibition (SI)—is related to poor cardiac prognosis, but there is no standard for assessing Type D. This study reports on the Type D Scale-14 (DS14) as a standard measure of NA, SI, and Type D.
- Methods: The study included 3813 participants (2508 from the general population, 573 cardiac patients, 732

hypertension patients). They all filled out the DS14, containing 7-item NA and SI subscales; 275 subjects also completed the NEO-FFI, and 121 patients filled out the DS14 twice.

- Results:** Factor analysis of the DS14 yielded 2 dominant traits; all of the NA and SI items loaded between 0.62 to 0.82 on their corresponding factor (N = 3678). The **NA scale** covered *dysphoria, worry, and irritability*; the **SI scale** covered discomfort in *social interactions, reticence, and lack of social poise*. The NA and SI scales were internally consistent ($\alpha = 0.88/0.86$; N = 3678), stable over a 3-month period (test-retest $r = 0.72/0.82$) and not dependent on mood and health status (N = 121). NA correlated positively with neuroticism ($r = 0.68$); SI correlated negatively with extraversion ($r = -0.59/-0.65$). Scale-level factor analysis confirmed the construct validity of the DS14 against the NEO-FFI. Using a cutoff of 10 (NA ≥ 10 and SI ≥ 10), 1027 subjects (28%) were classified as Type D, 21% in the general population versus 28% in coronary heart disease and 53% in hypertension ($p \leq .001$). Age, sex, and Type D (odds ratio, 3.98; 95% confidence interval, 3.2–4.6; $p < .0001$) were independently associated with cardiovascular morbidity.
- Conclusion:** The DS14 is a brief, psychometrically sound measure of negative affectivity and social inhibition that could readily be incorporated in epidemiologic and clinical research.

Factor Analysis of the DS14		
Negative Affectivity (n = 3678)	F1	F2
¹³ I am often down in the dumps	.82	.17
⁷ I take a gloomy view of things	.78	.22
¹² I often find myself worrying about something	.75	.10
⁴ I often feel unhappy	.74	.17
⁹ I am often in a bad mood	.72	.15
⁶ I am often irritated	.70	.07
² I often make a fuss about unimportant things	.69	.07

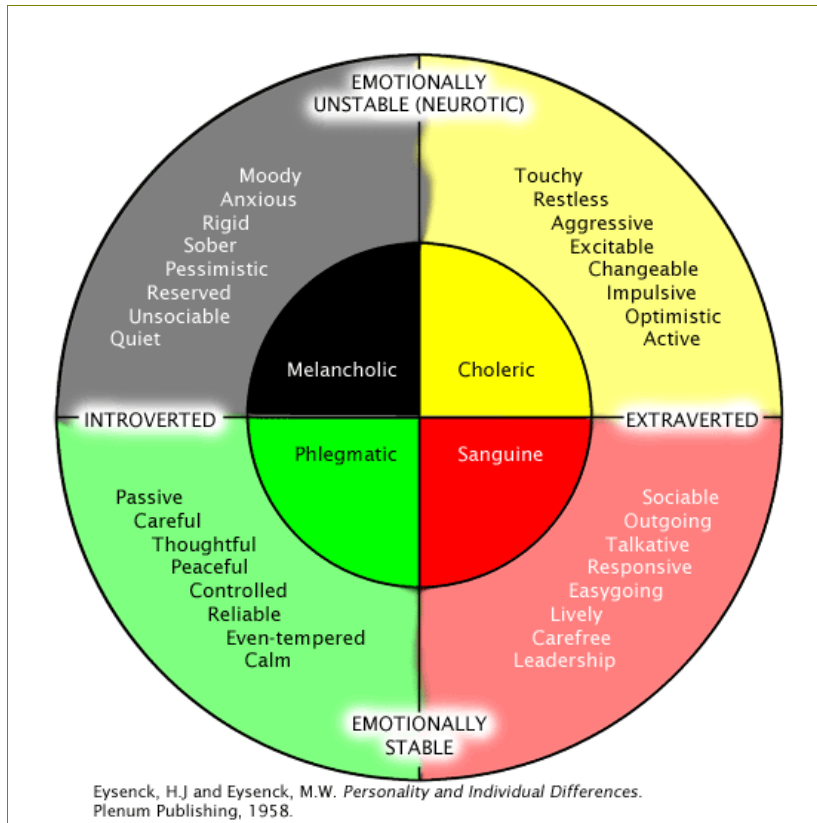
Denollet, *Psychosom Med*, 2005; 67: 89-97

Factor Analysis of the DS14		
Social Inhibition (n = 3678)	F1	F2
⁸ I find it hard to start a conversation	.16	.79
¹⁰ I am a closed kind of person	.14	.74
¹⁴ I don't find the right things to talk about	.17	.74
⁶ I often feel inhibited in social interactions	.34	.70
¹¹ I would rather keep other people at a distance	.24	.62
¹ I make contact easily when I meet people *	-.05	-.82
³ I often talk to strangers *	.05	-.68

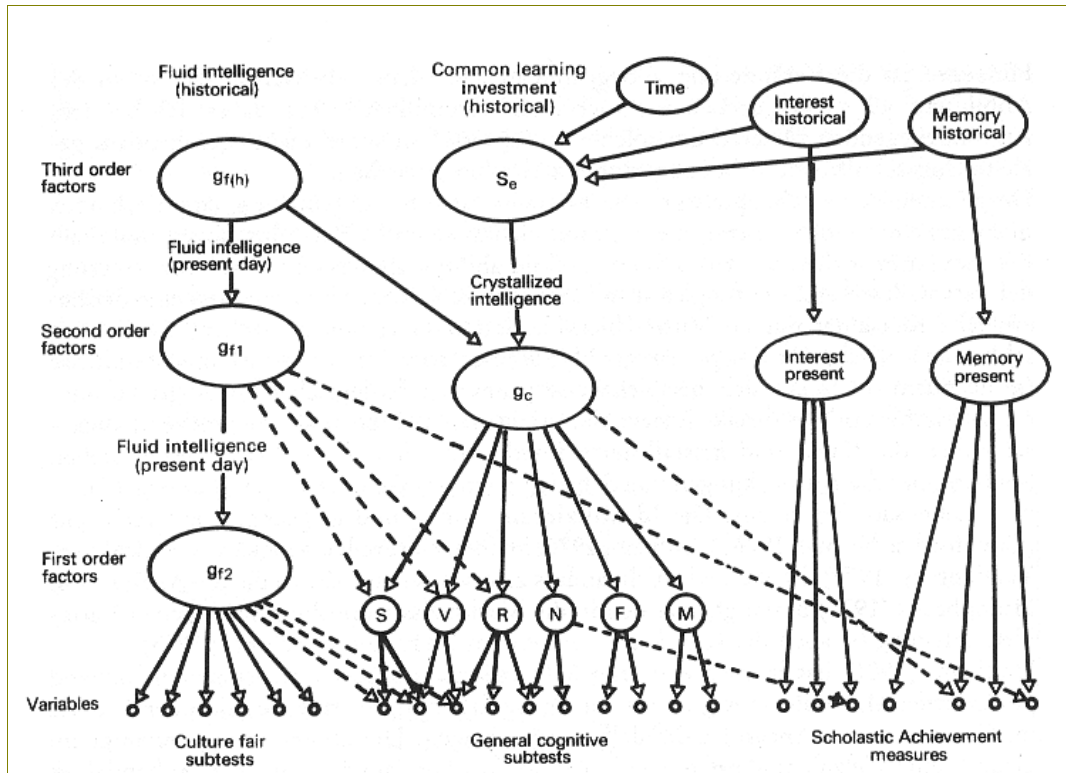
Denollet, *Psychosom Med*, 2005; 67: 89-97

• Das Faktorenmodell der Persönlichkeit von Hans Jürgen Eysenck:

- Eysenck ging von genetisch bedingten Unterschieden der Personen aus.
- Er entwickelte ein Persönlichkeitssystem, bei dem sich die Persönlichkeit jedes Individuums als Resultat der Ausprägung der Dimensionen (a1) Introversion versus (a2) Extraversion und (b1) Labilität versus (b2) Stabilität (Neurotizismus) beschreiben lässt.
- Eysenck versuchte, die Typologien mit physiologischen Prozessen zu verbinden. So überschneidet sich Hippokrates Typentheorie mit der Eysencks: Der *Phlegmatiker* ist introvertiert und stabil, *Melancholiker* introvertiert und labil, der *Sanguiniker* extravertiert und stabil und der *Choleriker* extravertiert und labil.
- Problem:** Faktorladung der einzelnen Items und den zugehörigen Faktoren ist nicht sehr hoch, etwa bei der Eigenschaft 'verantwortungsbewußt' als Schnitt zwischen extrovertiert und emotional stabil (sanguinisch).



- Das faktoranalytische Modell der Intelligenz von Raymond Bernard Cattell:
 - Das faktoranalytische Modell Cattells (1963) ist ein weiterer Prototyp eines hierarchischen Ordnungssystems, welches auf sukzessive Faktorenanalysen beruht.
 - Beachte: Die einzelnen Faktorisierungsschritte gehen nicht von den jeweils (nach Extraktion möglichst varianzstarker Faktoren) verbleibenden Restkorrelationen zwischen den Einzeltests aus. Ausgangsbasis für die Berechnung der Faktoren zweiter Ordnung ist vielmehr die aus den oblique rotierten Faktoren erster Ordnung gebildete Korrelationsmatrix. Ebenso werden die allgemeineren Faktoren dritter Ordnung erzeugt.



- Bei der Faktorenanalyse erster Ordnung wird neben sechs mit den Primärfaktoren Thurstones verwandten Dimensionen (S-M) der Faktor fließende Intelligenz g_{r2} extrahiert, der auch nach der Faktorenanalyse zweiter Ordnung unter der Bezeichnung g_{f1} weitgehend erhalten bleibt. Seine Varianz wird überwiegend durch den entsprechenden Primärfaktor erklärt, in geringerem Ausmaße durch die übrigen Primärfaktoren.
- Die Interkorrelationen zwischen diesen übrigen Primärfaktoren können zum größten Teil durch den Faktor zweiter Ordnung, die kristallisierte Intelligenz g_c erklärt werden.
- Die theoretische Ebene der Faktoren dritter Ordnung ist auf die ontogenetisch frühe allgemeine geistige Veranlagung $g_{f(h)}$ und den Komplex schulischer und familiärer Erfahrungen s_e bezogen.