



Psychoakustik

7. Stunde





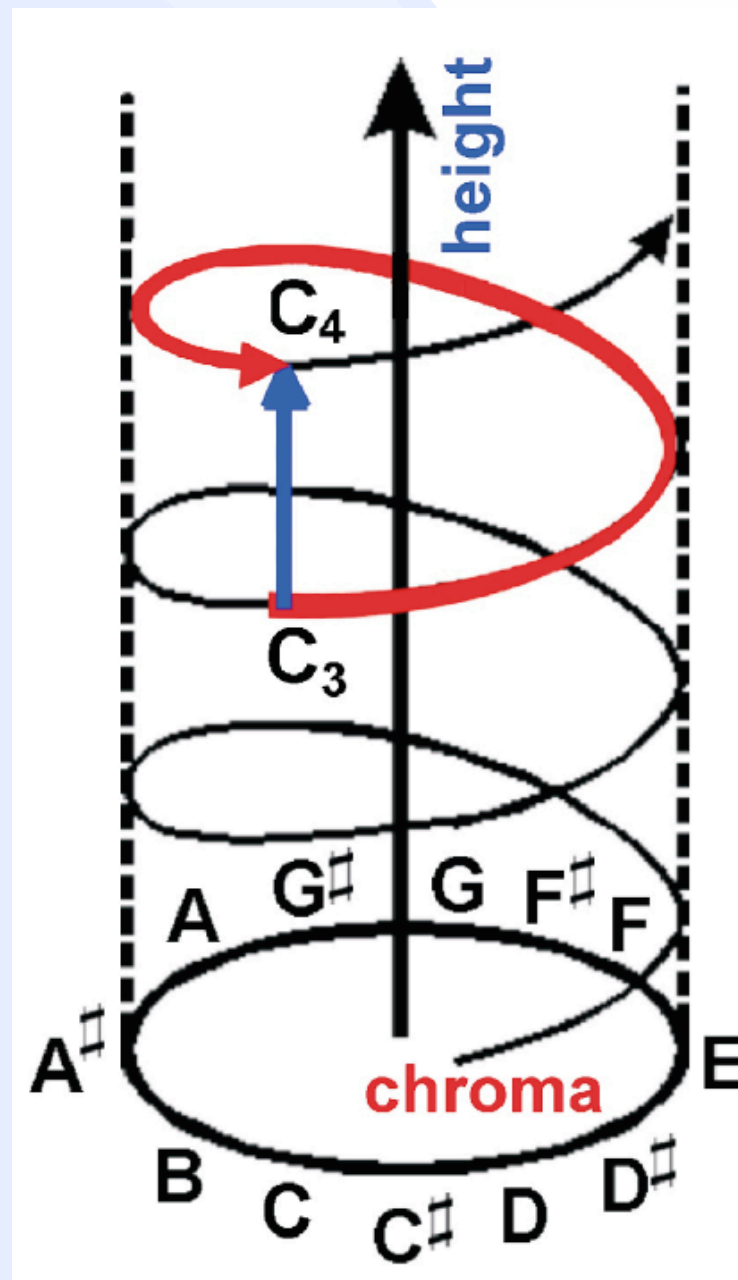
Tonhöhe, Stimmungen und Tonsysteme



Kognitiv-psychologische Modelle



Vom amerikanischen Psychologen Roger Shepard stammt ein kognitivpsychologisches Modell das die Tonhöhe als Helix darstellt. Dabei kann der kreisförmige Chromazirkel (waagrecht) von der Tonhelligkeit (senkrecht) unterschieden werden. Oktaven befinden sich dabei immer auf der gleichen Seite der Helix. Durch eine geschickte Konstruktion können Töne gebildet werden, bei denen die Dimension der Tonhelligkeit wegfällt. Diese "Shepard-Töne" genannten Klänge eignen sich zur Konstruktion auditiver Illusionen, z.B. endlos steigende oder fallende Glissandi oder Tonleitern. Mit den Shepardtönen läßt sich auch ein Phänomen generieren, das man Tritonusparadox nennt. Ein Tritonus wird ja nach Kontext entweder als fallend oder steigend gehört.



Die Quinte als Tonalitätsmotor



Die Quinte (3:2) nimmt in fast allen Musikkulturen eine herausragende Stellung ein. Im Gegensatz zu so genannten unvollkommenen Konsonanzen wie Terzen und Sexten werden Abweichungen der Quinte von den Hörern nicht gut toleriert. Sie weist damit eine Ähnlichkeit mit der Oktave auf, die aber als tonidentisch empfunden wird.

Die besondere Bedeutung der Quinte manifestiert sich darin, dass sie auf vier unterschiedlichen Ebenen der Musik auftritt und damit auch ein Indiz für die holistische, selbstähnliche bzw. fraktale Natur der (tonalen) Musik darstellt.

1. Teiltonreihe
2. Intervall komplexer Töne
3. Funktion: T-D
4. Tonarten: C-Dur - G-Dur

In vielen Kulturen ist die pentatonische Tonleiter verbreitet. Diese Tonleiter lässt sich durch Schichtung von 5 Quinten herleiten (pythagoräische Stimmung) und weist folgende Eigenschaften auf:

1. enthält stabile Intervalle
2. ist nahezu äquidistant
3. ist asymmetrisch
4. entspricht der 7+/- 2-Regel der Informationsverarbeitung

Die pythagoräische Stimmung



Durch Quintschichtungen lassen sich die pentatonische (5 Quinten), die diatonische (7 Quinten) aber auch die chromatische Stimmung (12 Quinten) herleiten. Nach 12 Quinten erreichen wir ein Intervall, das nazu exakt 7 Oktaven entspricht. Die Abweichung von etwas einem Neuntelton (ca. 23 Cent) nennen wir das pythagoräische Komma. In der gleichschwebend-temperierten Stimmung wird diese Abweichung auf die 12 Quinten verteilt, wodurch die temp. Quintet nunmehr 2 Cent zu tief ist.

Die pythagoräische Stimmung leitet sich aus den Potenzen des Verhältnisses $3/2$ her. $F_n = F_0 * (3/2)^n$ oder der Summation des Intervalls 701,95 Cent.

Hausaufgabe: Trage die pythagoräische Stimmung in die rechte Spalte ein.

Intervall (Name)	Frequenzverhältnis	Intervall (Größe in Cent)	temperierte Stimmung	pythagoräische Stimmung
R1	1/1	0	0	0
K2	16/15	112	100	
G2	9/8	204	200	204
K3	6/5	316	300	294
G3	5/4	386	400	408
R4	4/3	498	500	498
V5	7/5	583	600	
R5	3/2	702	700	702
K6	8/5	814	800	
G6	5/3	884	900	906
K7	16/9	996	1000	996
G7	15/8	1088	1100	
R8	2/1	1200	1200	

Tonalität und die Probe Tone-Methode



siehe auch: <http://people.cs.uct.ac.za/~dnunez/psy205s/tut4/>

Shepard und seine Schülerin Carol Krumhansl entwickelten die Probe Tone-Methode, die dazu dient, das Phänomen der Tonalität zu erklären. Tonalität ist ein hierarchisches Phänomen, bei der Töne, in einem System geordnet, Spannungsverhältnisse zu einander ausbilden. Dabei stellt sich die bis heute noch nicht ganz beantwortete Frage, ob die in der Musik verwendeten Klänge (z.B. mit harmonischen Teiltönen) letztlich die kulturelle Ausprägung der Musik bestimmen.

In dieser Methode werden Probanden Kadenzen und Tonleitern vorgespielt, wobei der Zielton durch einen sogenannten Testton ersetzt wird. Die Probanden werden aufgefordert auf einer Skala von 1 bis 7 zu beurteilen, wie gut der Testton "passt".

Durch die Auswertung der Daten kristallisierten sich drei Gruppen heraus, die je nach musikalischer Vorbildung, mehr oder weniger in der Lage waren tonale Hierarchien im Dur oder moll-Kontext wahrzunehmen (siehe Abbildung rechts).

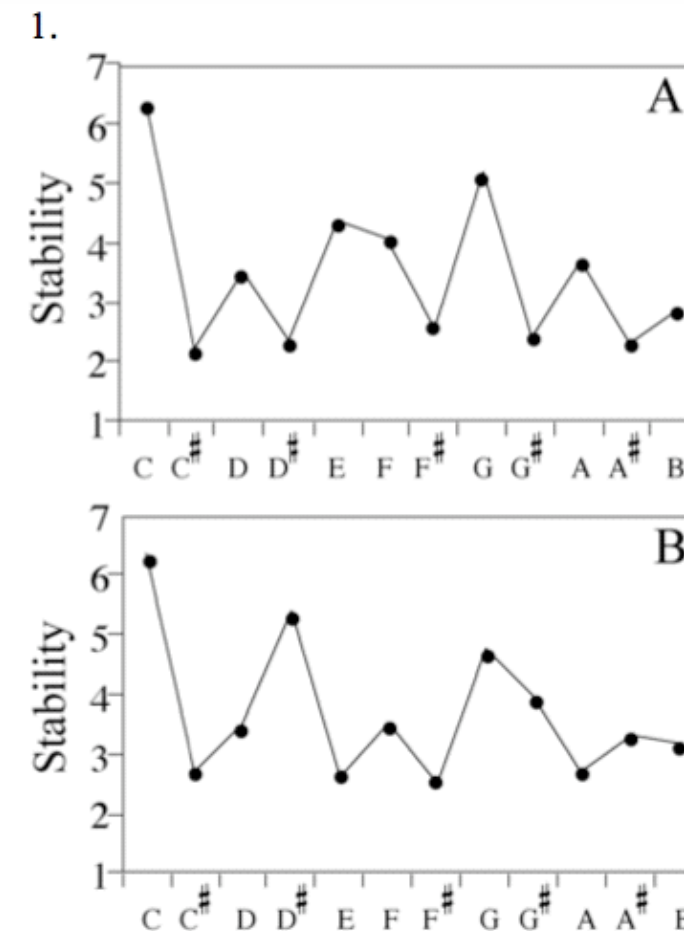
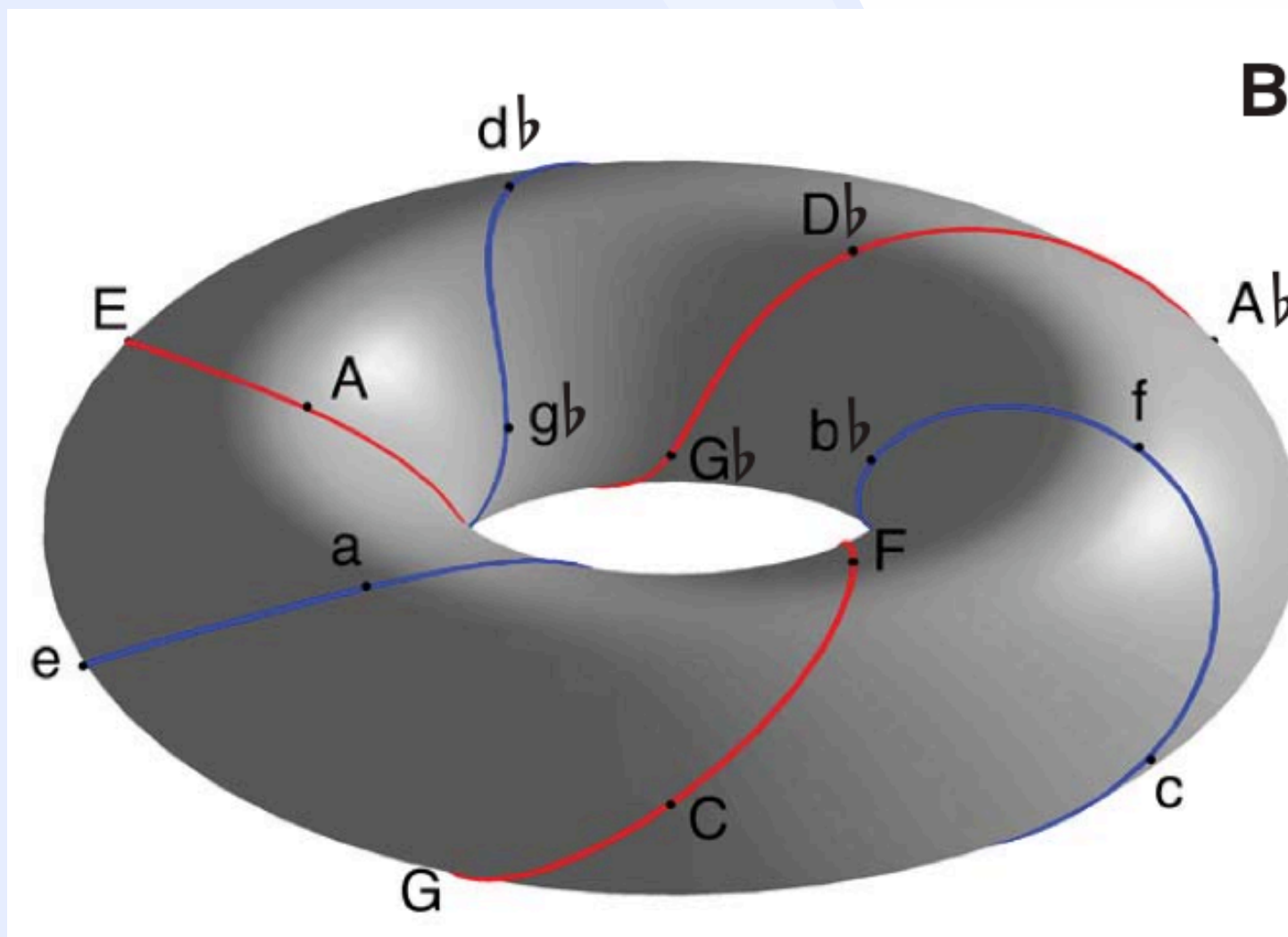


Fig. 1. Listeners ratings of stability of each pitch class after the presentation of a) C major; and b) C minor tonal contexts (after [2]). Tonal hierarchies for other keys are obtained by shifting the stability values circularly.

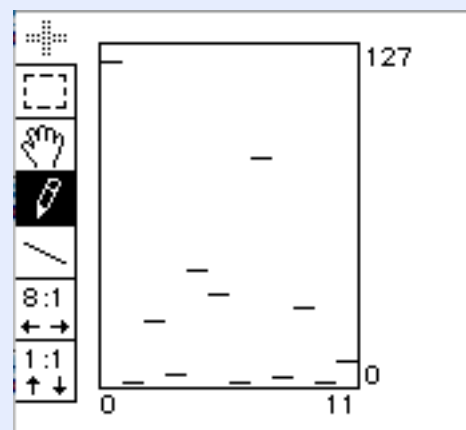


Aus den experimentell gewonnen Daten lässt sich nun durch multidimensionale Skalierung (http://de.wikipedia.org/wiki/Multidimensionale_Skalierung) die Anordnung der 24 Tonarten auf der Oberfläche eines Torus herleiten. Die multidimensionale Skalierung ist ein Verfahren, bei dem sich z.B. aus einer Liste von Entfernungen (etwa die Strecke Köln-Hamburg oder Stuttgart-Berlin) eine zwei-dimensionale Karte konstruieren lässt. Nimmt man jetzt die Tonalitätsprofile für alle 24 Dur- und moll-Tonarten als Ausgangspunkt, so ergibt sich (durch Vergleich der Profile) eine Karte, die die Distanzen (d.h. Verwandtschaftsgrad) der Tonarten als Punkte auf der Oberfläche eines Torus ("Rettungsring") abbildet. Dabei fällt auf, dass die beiden Quintenzirkel (Dur=rot, moll=blau) sich spiralförmig um den Torus winden.

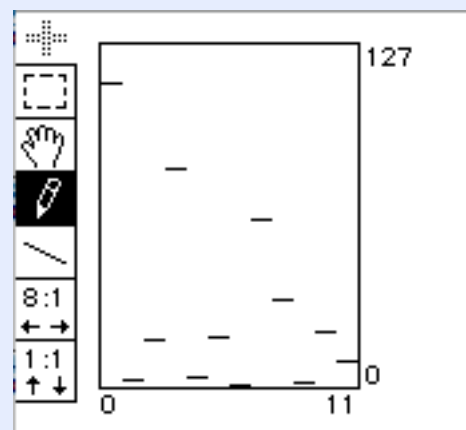




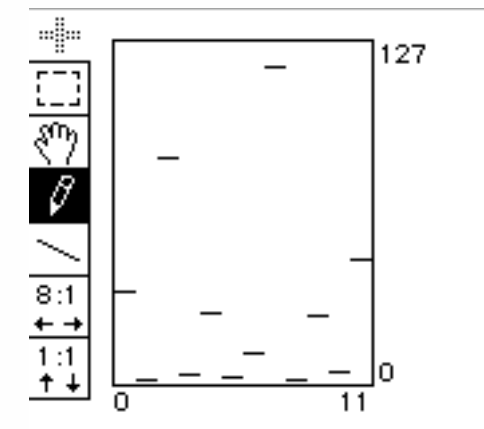
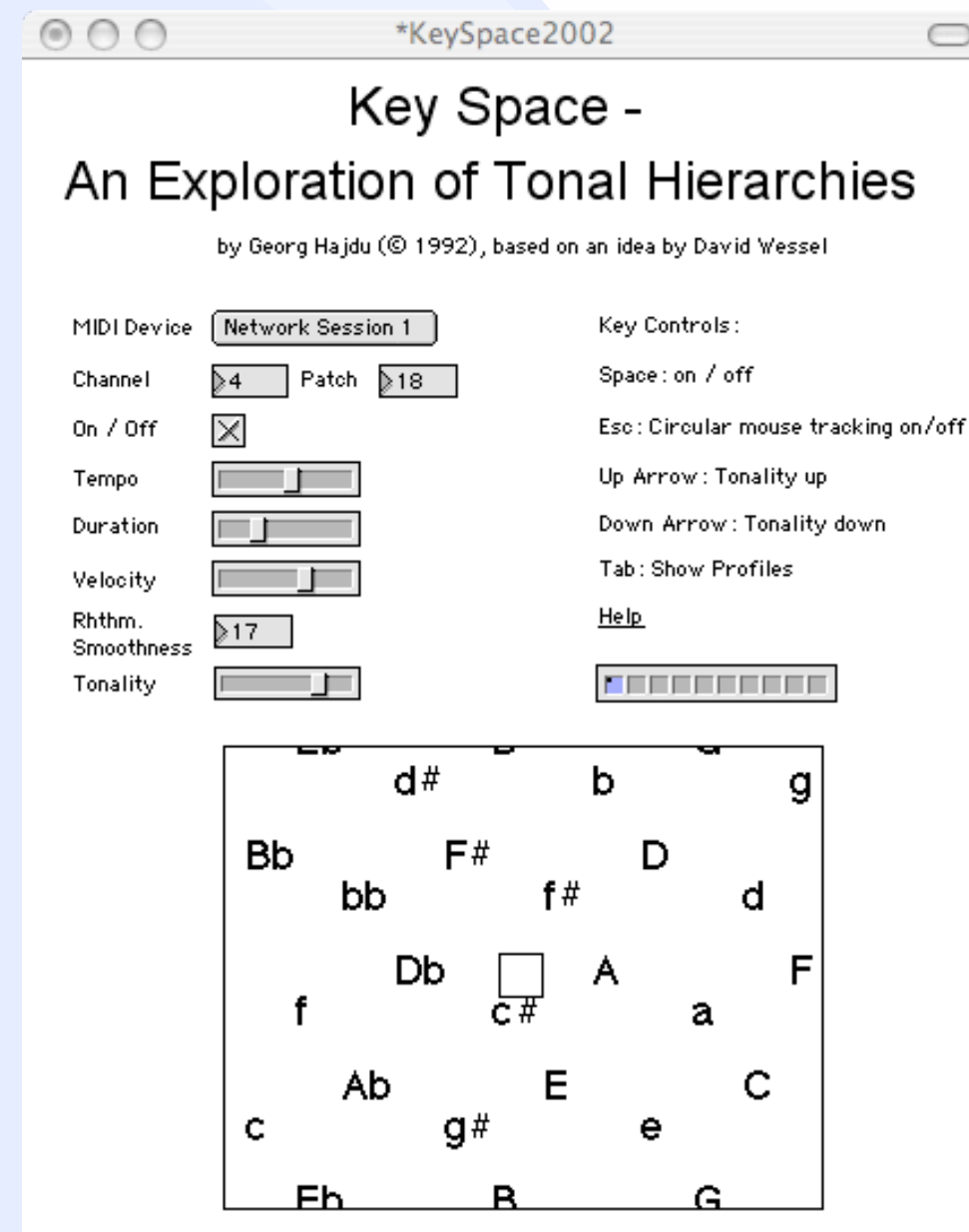
An der University of California in Berkeley ist unter Anregung von David Wessel ein Programm entstanden, dass den umgekehrten Ansatz verfolgt: Die Nutzer fahren mit der Maus auf der Oberfläche des Torus und steuern dabei einen generativen Prozess, der den Profilen entsprechend Melodien erzeugt, d.h. die Höhe jedes Balkens für einen gegebenen Ton bestimmt die Häufigkeit seines Erscheinens. Dadurch ist es möglich kontinuierlich von Tonart zu Tonart zu modulieren. Bei der unteren Darstellung ist der Torus in zwei Dimensionen aufgeschnitten und "flachgelegt" worden.



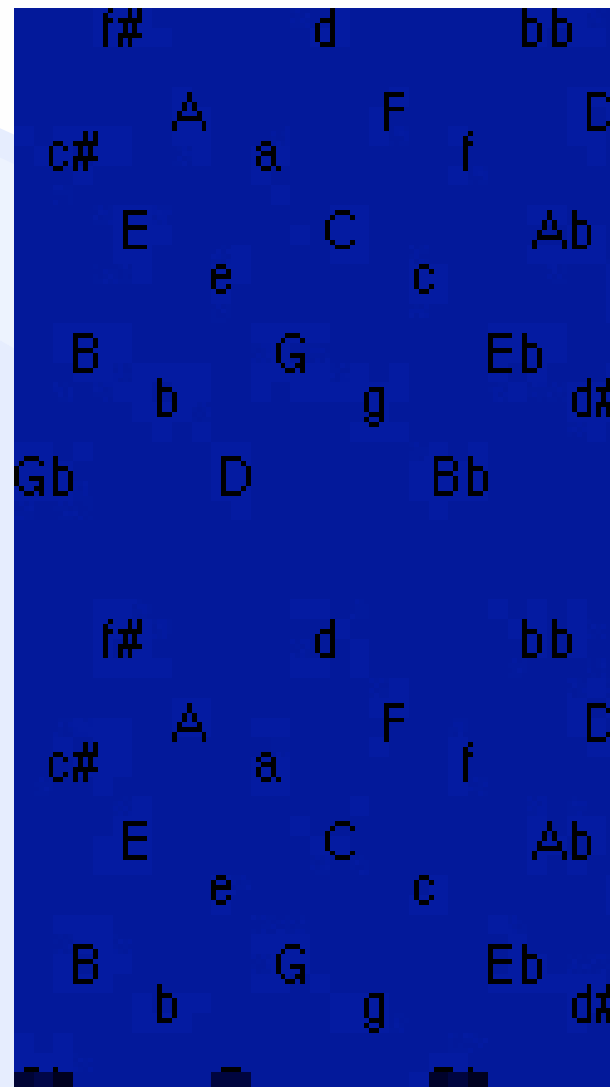
C-Dur



c-moll



G-Dur



Mithilfe des Modell von Krumhansl lässt sich beim Einspielen von (tonaler) Musik bestimmen, welche Tonart gerade vorherrscht und wie sie sich quasi auf der Oberfläche des aufgeschnittenen Torus bewegt. Dabei werden die Zonen je heller, je deutlicher ein Tonarteneindruck ist. In dem oberen Beispiel haben die Autoren die Antwort eines Experten (obere Hälfte) mit dem Output eines Computerprogramms (untere Hälfte) verglichen.