

# Absolutes Gehör

Oliver Vitouch

## 1 Einleitung

Was ist Absolutes Gehör (AG)? So Sie dieses Kapitel nicht just deswegen aufgeschlagen haben, *weil* Sie Absoluthörere (AH) sind, und exemplarisch ausgenommen den unwahrscheinlichen Fall, Sie wären japanischer Konzertviolinist (s. Abschnitt 4), dann ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie hinsichtlich des hier behandelten Phänomens über Erfahrung aus eigener Anhörung verfügen, reichlich gering — sie beträgt für Nicht-Musiker etwa 0,05 %. Es handelt sich bei AG um eine seltene auditive Wahrnehmungs- bzw. Gedächtnisleistung (zumindest in perfekter Ausprägung; s. Abschnitte 5 und 7), die gerade ihrer Seltenheit wegen für die Kognitive Psychologie von besonderem Interesse ist: unter anderem vor dem Hintergrund ihrer neurophysiologischen Basis sowie ihrer Phylo-(Mensch-Tier-Vergleich) und Ontogenese (Vererbung und frühkindliche Entwicklung; Anlage-Umwelt-Diskussion). Während das AG, vornehmlich auf Grund seiner auffälligen Häufung bei Komponisten, Dirigenten und „Wunderkindern“, früher oftmals als Gipfel musikalischer Genialität angesehen wurde,<sup>1</sup> ist die moderne Literatur diesbezüglich wesentlich reservierter: AG ist für die Musikpraxis von untergeordneter Bedeutung (unter bestimmten Umständen kann es sogar hinderlich sein; s. Abschnitt 6) und tritt vereinzelt auch unabhängig von anderen musikalischen Leistungen auf (zur Assoziation mit kognitiven Entwicklungsstörungen s. Abschnitt 4.2). Den Nimbus des Geheimnisvollen und Außergewöhnlichen hat es dabei berechtigterweise trotzdem nicht verloren: Die besondere physiologische Basis dieser beim Menschen raren und für den Nicht-AH verblüffenden, weil nicht nachvollziehbaren Fähigkeit ist bislang ebenso wenig eindeutig geklärt wie die Determinanten ihrer Entstehung und die Besonderheiten ihrer Phänomenologie. Die seltene Fähigkeit zum Absoluthören — oder, umgekehrt, das vorherrschende *Unvermögen* dazu (s. Abschnitt 2) — ist damit nach wie vor eines der großen Rätsel unseres Wahrnehmungsapparates.

<sup>1</sup> Notabene beherbergt der Musikolymp auch Komponisten ohne AG (wie Schumann, Strawinsky und Wagner), nebst einigen uneindeutigen Fällen (wie J. S. Bach).

Wird ein Musiker mit einer Folge zweier sequenziell oder simultan erklingender Töne<sup>2</sup> konfrontiert, so kann er typischerweise problemlos das betreffende Intervall (Abstand in Halbtonschritten) ebenso wie das Musikinstrument nennen. Erstere Fähigkeit, die relative Bestimmung eines Klangabstandes oder Folgenoten-namens, nennt man *Relatives Gehör* (RG); Letztere beruht auf der Erkennung der Klangfarbe (*timbre*) eines Instruments anhand seines Obertonspektrums und seiner Einschwingcharakteristik. Beide Fertigkeiten sind ausgezeichnet trainierbar: So lässt sich das Klangfarbengedächtnis durch ein wenig Übung auch für den Laien ohne weiteres so verbessern, dass er im „Hörtest“ eine Trompete von einer Posaune (oder schließlich eventuell sogar von einem Kornett oder Flügelhorn) unterscheiden kann. *Ein* Detail kann allerdings auch der Musiker typischerweise nicht benennen: Obwohl er die ungefähre „Höhenlage“ (z. B. die Oktave) der beiden Töne abschätzen kann, wird es ihm — so es sich nicht um einen AH handelt — unmöglich sein, die *Namen* der Töne (also deren Tonhöhe bzw. Tonklasse) exakt zu benennen. Ohne vorherigen Referenzton ist er also nicht in der Lage zu unterscheiden, ob es sich bei einer aufsteigenden Quarte um die Töne c und f oder aber um cis und fis oder etwa f und b oder um eine der anderen von insgesamt 12 chromatischen Alternativen innerhalb einer Oktave handelt. Die Fähigkeit Absoluten Hörens, entsprechend einer absoluten „Tonhöhendetektion“ durch den Menschen, entzieht sich im Erwachsenenalter offenbar weitgehend dem Erwerb durch Übung (s. Abschnitt 4).

## 1.1 Definitionen AGs: Die Fähigkeit zur rationalskalierten Tonhöhenbestimmung

Der Begriff Absolutes Gehör bezeichnet die Fähigkeit, eine bestimmte Tonhöhe ohne Zuhilfenahme eines Referenztones exakt zu benennen (passives AG) oder zu produzieren (aktives AG; stimmlich oder durch Einstellung am Regler eines Tongenerators). AG erfordert somit die *absolute Enkodierung* von Tonhöhenkategorien. Die Bezeichnung „Absolutes Gehör“ geht auf Stumpf (1883) zurück. Englischsprachig findet sich zumeist die Entsprechung *absolute pitch* (AP), zuweilen auch terminologisch unvorteilhafter *perfect pitch* oder selten *positive pitch*. Im Gegensatz zum für Musiker unerlässlichen, gut trainierbaren RG ist die Prävalenz manifesten AGs gering: Schätzungen für den westlichen Kulturkreis reichen von 1:1.000 bis 1:10.000 für die Gesamtpopulation (z. B. Bachem, 1940, 1955; Takeuchi & Hulse, 1993; Levitin, 1994) und von 1:100 bis 1:5 für professionelle und hochprofessionelle Musiker (z. B. Bachem, 1940; Miyazaki, 1988; Baharloo, Johnston, Service, Gitschier & Freimer, 1998; Gregersen, 1998; Gregersen, Kowalsky, Kohn & Marvin, 1999; zur Bedeutung von Übungsbeginn und -methode s. Abschnitt 4). Selbst gruppenspezifische Prävalenzschätzungen müssen dabei je nach Performanzkriterien zwangsläufig variieren und sind damit *definitionsabhängig* (s. Abschnitt 7): *Perfect pitch* ist nicht immer perfekt; die Frage nach der Häufigkeit „echten“ AGs ist letztlich eine normative. Zudem besteht das Problem unterschiedlicher Erhebungsmethoden (Selbstbericht versus aufwändige Leistungstests).

In Kontrast zum arbeitsgedächtnis-basierten relativen Tonhöhenurteil ist AG als *Langzeitgedächtnis für Tonhöhen* definierbar (z. B. Andres, 1985; Ward, 1999, S. 288; allgemeines Modell des Tonhöhengedächtnisses bei Deutsch, 1999, Abschnitt V; zur Problematik der Gedächtnisdefinition s. Abschnitt 3). Eine aus der Perspektive psychologischer Messtheorie formulierte und damit für Psychologen besonders plastische Definition bietet Gigerenzer (1985): AH sind in der Lage, rationalskalierte Tonhöhenurteile zu fällen, während Relativhörer nur *intervallskaliert* urteilen können. AH müssen demnach über einen im Langzeitspeicher zugänglichen „inneren Standard“ für ihr Urteil verfügen.

<sup>2</sup> Der Begriff „Ton“ wird hier gemäß seiner *musikalischen* Bedeutung verwendet (physikalisch „Klang“ oder „Komplexton“); der physikalische Ton wird als „Sinuston“ bezeichnet.

Autoritative englischsprachige Zusammenfassungen des Forschungsstandes bis Anfang der Neunzigerjahre geben Takeuchi und Hulse (1993) und Ward (1999); eine ausführliche deutschsprachige Monographie stammt von Heyde (1987).

## 1.2 Historischer Abriss der Untersuchung AGs

Die psychologisch-wissenschaftliche Beschäftigung mit AG reicht über 100 Jahre zurück und zeigt von Carl Stumpfs (1883) *Tonpsychologie* und Otto Abrahams (1901) *Absolutem Tonbewusstsein* über die Arbeiten von Geza Revesz (1913, 1946), Albert Bachem (1937, 1940, 1948, 1954, 1955), Albert Wellek (1938) und Carl Seashore (1938/1967) einen fließenden Verlauf in die Nachkriegsliteratur. Weitere frühe Beiträge (im Überblick Ward, 1999, 268 ff., sowie extensiv Heyde, 1987) stammen etwa von Kries (1892), Meyer (1899), Boggs (1907), Köhler (1915), Copp (1916), Gough (1922), Mull (1925), Weinert (1929), Petran (1932), Wedell (1934) und Neu (1947). Der Schwerpunkt der konstituierenden Literatur liegt dabei, neben Aspekten der Chroma-Wahrnehmung, auf der Anlage-Umwelt-Kontroverse: einerseits auf Trainingsstudien, andererseits auf einer nativistischen Betrachtung (z. B. Bachems Unterscheidung eines hereditären *genuine* AP von den durch geringere Urteils-Spontaneität gekennzeichneten „Scheinfähigkeiten“ des *quasi AP* – beschränkt auf einen oder wenige interne Referenzöne, z. B. den 440 Hz-Stimmton *a* – und des *pseudo AP*). Revesz (1946), wie Bachem selbst AH, definiert das AG noch als „besondere, angeborene, bei verhältnismässig wenig Menschen anzutreffende Fähigkeit“ (S. 113; Kursivsetzung im Original), die nach Wellek (1938) bei Männern um den Faktor 7 häufiger anzutreffen sei als bei Frauen (zur Anlage-Umwelt-Diskussion s. Abschnitt 4). Heyde (1987) zählt bereits über 300 Publikationen zum Thema; in der *PsycINFO-Datenbank* scheint von 1990 bis 1999 bei mehr als 50 Veröffentlichungen der Begriff „AP“ im Titel oder Abstract auf.

Die Geschichte der Erforschung AGs ist dabei bis heute immer wieder auch eine Geschichte der Irrtümer und Mythologisierungen. Bemerkenswerte Irrungen finden sich nicht nur im Vorläufer der *Enzyklopädie*, dem *Handbuch der Psychologie* (Chocholle, 1966), sondern auch noch in der aktuellen Auflage von Dorschs *Psychologischem Wörterbuch* (Graichen, 1994): Beispielsweise stellen beide Quellen kategorisch fest, dass Absoluthören bei Sinustönen unmöglich sei – eine Behauptung, die durch die gängige moderne Experimentalpraxis, welche für AG-Experimente oftmals Sinus- oder Sinusoid-Stimuli heranzieht, klar widerlegt wird (s. z. B. Baharloo et al., 1998; Balzano, 1984; Ward, 1953; oder im Überblick Takeuchi & Hulse, 1993, S. 347; Krumhansl, 2000, S. 167; Ward, 1999; sowie Abb. 2 in Abschnitt 5). Dabei wird auch ein falscher Mechanismus nahe-gelegt: Absoluthören fällt bei obertonreichen bzw. vertrauten Klängen zwar leichter (z. B. Lockhead & Byrd, 1981; Miyazaki, 1989; Vangenot, 2000; s. Abschnitt 5); die vermutlich „chromageleitete“ absolute Bestimmung der Tonhöhe ist im Idealfall jedoch gänzlich unabhängig vom Obertonspektrum bzw. Timbre des Testtons.

## 2 Neuronale Grundlagen

### 2.1 Physiologie der Tonhöhenwahrnehmung (Frequenzanalyse)

Aus neurophysiologischer Sicht erscheint weniger die *Existenz* AGs erstaunlich: Tatsächlich ist es verwunderlich, dass das Vorhandensein absoluten Hörvermögens nicht eher die *Regel* als die seltene Ausnahme darstellt (vgl. u. a. Levitin, 1994, S. 414). Hörphysiologie und Psychoakustik gehen seit langem von *Ein-Orts-Theorien* der Tonhöhenwahrnehmung in der Cochlea aus (s. beispielsweise Weinberger, 1999;

Zwicker & Fastl, 1999). Tonhöhen- und Timbreindrücke entstehen schon bei extrem kurzen Klängen mit nur wenigen Schwingungszyklen (Robinson & Patterson, 1995). Die tonhöhenpezifische Erregungsgenese kommt in Form einer lokal begrenzten (quasi-punktuellen) Maximalauslenkung der Sensorhärchen (Cilien) auf der Basilarmembran des Corti-Organs zu Stande: Hohe Frequenzen werden basal (am dickeren Anfang), tiefe apikal (am dünneren

Ende) abgebildet. Im Dienste der Frequenz- bzw. Tonhöhenanalyse besteht nun eine fortgesetzte *Tonotopie* (bzw. *Cochleotopie*) der auditorischen Afferenzen in Form einer räumlichen Projektion (*mapping*) auf die Schaltstellen des akustischen Systems: Vom Innenohr über den N. *(erius)* statoacusticus/vestibulocochlearis (VIII. Hirnnerv) und die diversen Hörbahnkerne bis zum primären auditorischen Kortex (dorsale Fläche des *Gyrus temporalis superior*, Area 41; Pantev et al., 1995, 1998; Romand, 1997; Romani, Williamson, Kaufman & Brenner, 1982; Wessinger, Buonocore, Kussmaul & Mangun, 1997; Weinberger, 1999; Zilles & Rehkämper, 1998, S. 184 ff.). Die notwendige Information über die absolute Tonhöhe ist also auch auf der Ebene des primären auditorischen Kortex eindeutig vorhanden, wobei tiefe Frequenzen anterolateral, hohe Frequenzen posteromedial lokalisiert sind (die Tonotopie dürfte sich darüber hinaus bis in die Assoziationskortex fortsetzen; Cansino, Williamson & Karron, 1994).

## 2.2 Verarbeitung im ZNS

Neben zahlreichen tier- und humanexperimentellen Arbeiten zur Tonotopie des primären auditorischen Kortex liegt eine Reihe von Experimenten zu Unterschieden in der kortikalen *Morphologie*, der topographischen Aktivitäts-*Lokalisation* und den *Erregungsmustern* (Verlauf ereigniskorrelierter Potenziale oder *event-related potentials*, ERPs) als Korrelaten der Tonhöhenverarbeitung bei AHn versus Nicht-AHn vor. Klein, Coles und Donchin (1984) fanden deutlich reduzierte P300-Amplituden (positive ERP-Komponente mit 300 ms Latenz als Reaktion auf seltene bzw. bedeutsame Ereignisse) bei AHn in einem *oddball*-Experimentalparadigma (Zählung in eine 1.000 Hz-Sinustonserie eingebetteter 1.100 Hz-Stimuli mit einer Auftretenshäufigkeit von 20 %; keine Gruppenunterschiede in der analog aufgebauten visuellen Kontrollbedingung). Das Ausmaß der Reduktion war mit der AG-Leistung der Versuchspersonen im Vortest korreliert. Die Autoren interpretierten das Ergebnis als Bestätigung ihrer *context updating-Theorie* der P300 (Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988): Während Nicht-AH bei jeder Abweichung vom kontinuierlichen Reizhintergrund ihr (Vergleichs-)Modell im Arbeitsspeicher aktualisieren (P300 als Korrelat dieses Prozesses), würden AH die Tonhöhe ohne Notwendigkeit eines solchen Repräsentations-updatings im unmittelbaren Vergleich zum im Langzeitgedächtnis gespeicherten internen Standard (*fixed template*) beurteilen. Diese Interpretation wurde mehrfach konzeptuell kritisiert (reine Absoluturteile bei oddball-Tonsequenzen?); Replikationsversuche zur „fehlenden“ akustischen P300 bei AHn fielen teils positiv (Crummer, Walton, Wayman, Hantz & Frisina, 1994; Hantz, Crummer, Wayman, Walton & Frisina, 1992; Wayman, Frisina, Walton, Hantz & Crummer, 1992), teils negativ aus (Hantz, Kreilick, Braveman & Swartz, 1995; Hantz, Kreilick, Kananen & Swartz, 1997; Johnston, 1994). Bischoff Renninger, Granot und Donchin (2003) konnten diese Kontroverse durch die

Beachtung individueller *Wahrnehmungsstrategien* zumindest teilweise auflösen. Sie konstruierten eine das Tongedächtnis stärker beanspruchende Aufgabe, die sowohl durch AG als auch durch RG lösbar ist: Die Teilnehmer mussten per Tastendruck auf seltene (20 %) nondiatonische Töne (z. B. *fis*) in einer diatonischen Tonfolge (C-Dur) reagieren. Verglichen zu 16 Nicht-AHn fanden Bischoff Renninger et al. (2003) in der Gruppe der 16 AH eine wesentlich stärkere Streuung: Die an parieto-centralen Ableitstellen am besten registrierbare P300 war hier bei einigen Personen besonders deutlich ausgeprägt (20–36  $\mu$ V), bei anderen stark reduziert (3–9  $\mu$ V).

Dies dürfte damit zusammenhängen, ob der jeweilige AH tatsächlich eine reine AG-Strategie verwendete (zur Strategiefrege im Überblick Burns, 1999, S. 237 f.): AH mit geringerer P300-Amplitude zeigten vergleichsweise längere Reaktionszeiten ( $r = -0,63$ ) in einem erschwerten relativen Gehörtest in Anlehnung an Miyazaki (1995; s. Abschnitt 6), der auf Grund teils vierteltönig verstimmt Referenzöne per Absolutstrategie schwerer zu bewältigen ist. Offenbar ist also zu unterscheiden zwischen AHn, die relative Hörstrategien weitgehend ausklammern (keine oder verminderte P300), versus solchen, die je nach Bedarf flexibel zwischen AG und RG „umschalten“ oder beide Fähigkeiten zugleich nutzen können (reguläre P300).

Während die Ausprägung der P300 mit von der jeweiligen Wahrnehmungsstrategie abhängt, scheinen sich AH und Nicht-AH auf einer basaleren Ebene der kortikalen Tonhöhenverarbeitung nicht zu unterscheiden: Tervaniemi, Alho, Paavilainen, Sams und Näätänen (1993) fanden keine Differenzen in der *mismatch negativity* (MMN), einer im primären und/oder sekundären auditorischen Kortex generierten frühen Potenzialkomponente mit 100 ms Latenz, die gleich-falls als kortikale Reaktion auf seltene Tonhöhen-Abweichungen in einer Reiz-folge registrierbar ist. Sie verwendeten dabei sowohl Sinusoid- als auch Klaviertöne in verschiedenen Halb- und Vierteltonvariationen im Bereich um das eingestrichene c. Als Korrelat *präattentiver* Reizverarbeitung entsteht die MMN im Gegensatz zur P300 auch ohne die Notwendigkeit der Aufmerksamkeitszuwendung (selbst unter Narkose); sie dürfte einen evolutionär alten automatisierten Reizvergleich im Dienste der Orientierungsreaktion widerspiegeln (zur vermuteten Stellung der MMN als Schnittstelle zwischen prä-repräsentationaler und bewusst-repräsentationaler Reizverarbeitung im akustischen System s. Näätänen & Winkler, 1999). Die AG-Insensitivität dieser Potenzialkomponente ist insofern weniger verwunderlich, als in MMN-Designs naturgemäß das (unwillkürliche) relative Vergleichsurteil im Vordergrund steht.

Eine grobmorphologische Besonderheit bei AHn haben Schlaug, Jäncke, Huang und Steinmetz (1995) aufgezeigt: Mittels non-invasiver (in-vivo-morphometrischer) Vermessung der Flächenerstreckung des in der Nähe des primären auditorischen Kortex lokalisierten *planum temporale* (PT) per strukturellbildgebender Magnetresonanztomographie (1,5 T) fanden sie eine ausgeprägtere Linksasymmetrie (linksseitig relativ größere Arealausdehnung) sowohl bei Musikern verglichen zu Nichtmusikern, als auch — innerhalb der Musikergruppe — bei AHn ( $n = 19$ ) verglichen zu Nicht-AHn ( $n = 11$ ). Das PT, Teil des posterior-superioren *gyrus temporalis* und eine Region des auditorischen Assoziationskortex, wird traditionell vorwiegend mit sprachbezogener auditorischer Verarbeitung assoziiert: Das linke PT ist Zentrum des (sprachrezeptiven) Wernicke-Areals; der individuelle Grad der diesbezüglichen Hemisphärenasymmetrie gilt als grobanatomischer „marker“ für das Ausmaß der Sprachdominanz der linken Hemisphäre. PET-Studien zufolge dürfte die Region aber auch eine wesentliche Rolle bei der Musikwahrnehmung spielen. Hinsichtlich möglicher Kausalinterpretationen — PT-Asymmetrie als Substrat versus Korrelat AGs — ist Vorsicht geboten: Scheinkorrelationen sind sowohl auf Seiten der Person (z. B. häufige musikalische Frühförderung bei AHn) als auch auf Seiten der Hirnmorphologie möglich (z. B. andere Sprachorganisation bei AHn, daher Korrelat und nicht Substrat). Zu den uneindeutigen Implikationen der Ergebnisse von Schlaug et al. (1995) hinsichtlich der Anlage-Umwelt-Diskussion AGs vgl. Kapitel 17, Band 1.

Ein an Schlaug et al. (1995) anknüpfender funktioneller Befund von Hirata, Kuriki und Pantev (1999) berichtet unterschiedliche Lokalisationen der magnetoencephalographisch registrierten N 100-Potenzialkomponente (N 1 m) zwischen Musikerinnen mit AG und Nichtmusikerinnen ohne AG: Die errechneten Dipollösungen für die kortikale Tonperzeption lagen für die AH linkshemisphärisch 6 mm weiter posterior als für die Nicht-AH. Die Personeneigenschaften „Musiker“ und „AH“ sind in dieser Studie, auf Grund der gewählten Vergleichsgruppe von Nichtmusikern, allerdings nicht zu trennen.

Im Zusammenhang mit der Schlaug-Studie ist eine klinisch-neuropsychologische Einzelfallstudie von Zatorre (1989) von Interesse: Eine epilepsie-indizierte chirurgische Entfernung eines Teils des anterioren linken Temporallappens bei einem siebzehnjährigen Pianisten ließ die Absoluthörfähigkeit als solche intakt (da sein AG zuvor leicht „verstimmt“ war, zeigte er postoperativ sogar eine zunehmende Verbesserung; wahrscheinlich auf Grund der ausgeschalteten Anfallsaktivität). Ist das kortikale Substrat AGs nun eher linksseitig (Schlaug et al., 1995) oder eher rechtsseitig (Zatorre, 1989) zu suchen? Ist es temporal-posterior lokalisiert und damit von Funktionen des ipsilateralen anterioren Temporallappens völlig unabhängig? Oder hat sich im Falle dieses Patienten z. B. eine frühe krankheitsbedingte „Verlagerung“ in die rechte Hemisphäre ergeben? Hieraus wird die generelle Problematik isolierte Regionen herausgreifender Hemisphäritätsbefunde deutlich (für einen Überblick zur typischerweise eher „rechtslastigen“, bei Musikern jedoch oft stärker linksseitigen und in Summe alles andere als eindeutigen Hemisphärenorganisation musikrezeptiver Leistungen s. Hodges, 1996). Integrativ ließe sich beispielsweise spekulieren, dass der Schlaug et al.-Befund in Wirklichkeit auf eine stärkere Sprachlateralisierung (Linksdominanz) bei AHn hindeutet, die mit einer (grobmorphologisch unauffälligen) stärkeren Spezialisierung der dadurch „freigespielten“ rechten Temporalregion (oder aber eines benachbarten bzw. kommunizierenden Areals) für Tonhöhenanalysen einhergeht. Einen funktionell-neuroanatomischen Überblick zur vermuteten partiellen Co-Evolution sprach- und musikrezeptiver Areale gibt Falk (2000).

Ein Versuch, dieser in der enormen Komplexität und Plastizität des Großhirns gründenden Problematik adäquater zu begegnen, spiegelt sich im allgemeinen Trend zur simultanen tomographischen Aktivitätserfassung des gesamten Gehirns (*whole-head-scanning*) bei zugleich entsprechend guter räumlicher und zeitlicher Auflösung, der Suche nach funktionell aufschlussreichen Aktivitätskorrelaten (z. B. regionaler cerebraler Blutfluss, rCBF) und der zunehmenden Verschiebung der Aufmerksamkeit weg von einzelnen Regionen und hin zu *funktionalen Netzwerken* als Korrelaten kognitiver Prozesse wider. Diese Entwicklungen sind natürlich auf entsprechende registrier- und analysetechnische Fortschritte angewiesen. Vermehrt werden dabei auch *multi-method-Ansätze* (simultan oder sequenziell) zum Verständnis der neuronalen Grundlagen der Kognition propagiert. Das moderne neurometabolische Verfahren der *funktionalen* Magnetresonanztomographie (*functional magnetic resonance imaging*, fMRI) war für die Musikrezeptionsforschung wegen des hohen Störgeräuschpegels bei der Registrierung bislang nur eingeschränkt von Nutzen (vgl. Vitouch, 1999a). Obgleich dieses Problem künftig durch fortschreitende Geräuschreduktion, geeignete Wahl der Messgradienten-Sequenzen oder gar aktive Störschallinterferenz lösbar sein wird, liegen bis dato noch keine fMRI-Veröffentlichungen zum AG vor (s. jedoch jüngst Ohnishi et al., 2001).

Hingegen existiert eine einschlägige multiregional-hämodynamische Studie mit dem hinsichtlich der zeitlichen Auflösung deutlich benachteiligten (über Zeiträume im Minutenbereich integrierenden), dafür leisen PET-Verfahren (rCBFMessung per Positronen-Emissions-Tomographie mit Sauerstoffisotopen-Tracer <sup>15</sup>O). Zatorre, Perry, Beckett, Westbury und Evans (1998) verglichen 10 AH und 10 Musiker ohne AG hinsichtlich ihres rCBF in zwei Versuchsbedingungen: (a) Weitgehend passives Anhören einer Sequenz obertonreicher synthetischer Töne und (b) aktive paarweise Bestimmung der sequenziellen Intervalle in der gleichen Tonsequenz; jeweils verglichen zur Reaktion auf zu den Tönen parallelisiertes weißes Rauschen in der Kontrollbedingung (Subtraktionsparadigma). Beide Gruppen zeigten weitgehend parallele Aktivierungsmuster; am auffälligsten erschien jedoch ein nur in Gruppe der AH auftretender Focus in der linksposterioren dorsolateralen Frontalregion (DLF) in der Tonbedingung (a). Die Autoren bringen diese Aktivität mit Arbeiten zum Assoziationslernen sensorischer Stimuli in Zusammenhang und interpretieren sie als Zeichen der auch bei bloßem Zuhören spontan ablaufenden Verbindung zwischen Tonhöhen und Notennamen (verbal-tonale Assoziationen) bei AHn. Für die Intervallbedingung (b) war das gleiche Areal allerdings auch bei den Nicht-AHn aktiv, was für die Ton-Sprach-Assoziation, aber eher gegen eine besondere „Substratfunktion“ für AG spricht.

Eine gegensinnige Dissoziation zeigte sich in der Intervallbedingung: Die in der Tonbedingung in beiden Gruppen aktive rechts-inferiore Frontalregion war hier nur bei den Nicht-AHn aktiv; ein Befund, der in Anlehnung an Klein et al. (1984) als nur für diese Gruppe notwendiges Halten der Tonhöheninformation im auditorischen Arbeitsgedächtnis gedeutet wird. Die AH wiesen dafür stärkere beidseitige Aktivierung im mittleren inferioren *gyrus temporalis* auf.

Ergänzend nahmen auch Zatorre et al. (1998) eine morphometrische MRI-Vermessung (1,5 T) des linksseitigen PT vor, die sich jedoch im Detail von der von Schlaug et al. (1995) gewählten Messmethode unterschied (Volumen- statt Flächenvermessung, andere Definition der Arealgrenzen und stereotaktische Normalisierung zur Nivellierung allgemeiner Hirngrößenunterschiede). Der Befund fiel weniger eindeutig aus als bei Schlaug et al. (1995): Ein signifikanter Unterschied des PT Volumens fand sich nur im statistischen Vergleich zu einer größeren Referenzgruppe von 50 Nicht-Musikern und nur hinsichtlich des Absolutvolumens des linksseitigen PT, nicht aber einer signifikanten links-rechts-Asymmetrie. Des Weiteren bestand eine signifikante Korrelation von -0,39 zwischen Arealgröße und Fehlerhäufigkeit im AG-Vortest; allerdings für AH und Nicht-AH *gepoolt* (keine Angaben über die Korrelation innerhalb der AH-Gruppe allein). Zatorre et al. (1998) bleiben hinsichtlich der funktionalen Bedeutung des linken PT zurückhaltend, zumal sich in keiner ihrer beiden PET-Bedingungen entsprechende Aktivität ergab. Abschließend ist kritisch anzumerken, dass das Strategieproblem bezüglich der (individuellen) Bedeutung beider PET-Bedingungen eine Rolle spielen dürfte (absolute, relative oder Mischstrategie in der Intervallaufgabe, in der die AH deutlich *besser* abschnitten?), und dass die AH-Gruppe bei gleichem Altersmittel von rund 25 Jahren längere (18 versus 13 Jahre) und damit deutlich frühere Musikerfahrung aufwies.

Zusammenfassend betrachtet sind die Befunde zur besonderen neuronalen, aller Wahrscheinlichkeit nach kortikalen Basis, die dem AG zu Grunde liegen muss, bislang bestenfalls vorläufig. Obgleich mittlerweile einige Kandidaten für solche Strukturen bekannt sind, besteht nach wie vor ein Mangel an gezielten und adäquat prüfbareren Funktionshypthesen. Ein Grundproblem mag sich dabei aus der vorherrschenden, methodisch mitbedingten Ebene der Betrachtung ergeben: Möglicherweise liegt die Antwort nicht in der Beanspruchung „anderer Areale“ oder Netzwerke im herkömmlichen Sinn, sondern in *mikromorphologischen* Unterschieden weit unterhalb des räumlichen Auflösungsvermögens non-invasiver bildgebender Verfahren, z. B. in Form früh ausgeprägter, besonderer funktionaler Zeltensembles in den primären und/oder sekundären auditorischen Kortizes.

### 3 Phänomenologische Aspekte der Chromawahrnehmung

Während üblicherweise der *Gedächtnisaspekt* AGs in den Vordergrund gestellt wird (langfristig stabile Verfügbarkeit einer ausreichend präzisen internen Tonhöhenrepräsentation), ist für das Verständnis des „Wie“ Absoluten Hörens auch der phänomenologische *Wahrnehmungsaspekt* (bzw. der automatisierte Vergleich des Inputs mit der Gedächtnisvorlage) von Interesse. Oft lenkt die Gedächtnisdefinition davon ab, dass verschiedene Töne für den AH, auf einer von der Klangfarbe unabhängigen Dimension, einen jeweils charakteristischen „Klang“ zu besitzen scheinen. Diese mit der chromatischen *Tonhöhe* (*pitch*) variierende toneigene Klangqualität wird *Chroma*, *Tonfarbe* oder *Tonigkeit* (engl. *chroma* oder *pitch class*) genannt. Sie bezeichnet eine „gewisse Toneigenheit“ (z. B. die „f-igkeit“ eines *f*) unabhängig von der Oktavlage, wiederholt sich also für jeden Ton zyklisch im Oktavabstand (teils aus der Obertonreihe erklärliche, transkulturelle, auch bei Tieren beobachtbare Universalie der *Oktaväquivalenz* oder besser *Oktavähnlichkeit*; Burns, 1999; Carterette & Kendall, 1999; Deutsch, 1999; Dowling, 1978; Helmholtz, 1863; Krumhansl, 1991; Kritik bei Agmon, 1997).



Wie aber kommt es nun zu einer *permanent* (absolut) repräsentierten — anstelle der oder zusätzlich zur allen Musikhörern geläufigen, vom musikalischen Kontext abhängigen — Chromaqualität, und „wie ist es“, wie „fühlt es sich an“, so zu hören? Die älteren Arbeiten zum AG, meist von AHn verfasst, gingen mit Introspektion und phänomenologischem Bericht wesentlich freizügiger um als die heutige Psychologie. Auf eine Renaissance der Frage nach dem *subjektiven Erleben* stoßen wir jedoch in der neueren, interdisziplinär orientierten Bewusstseinsphilosophie und den expansiven *cognitive neurosciences*. Aspekte der Tonfarbe und des Klangbewusstseins sind genau das, was in der einschlägigen Diskussion unter dem Pluralbegriff *Qualia*, oder phänomenale Erlebnisqualitäten, subsumiert wird (vgl. Metzinger, 1996). Die psychologische Extravaganz AGs liegt nun darin, dass wir mit einem Phänomen systematischer *individueller Unterschiede* bewussten Erlebens konfrontiert sind: Theorien zur Chromawahrnehmung legen nahe, dass Töne (Tonhöhen, Tonklassen) für AH einen *charakteristischen Klang* besitzen, in dem sie sich (a) phänomenal voneinander unterscheiden und der (b) vom diesbezüglich „aspekttauben“ Nicht-AH *nicht* empfunden wird. Wir haben es somit mit dem seltenen Fall einer augenfälligen individuell qualitativ andersartigen *psychischen Realität* zu tun: Tonhöhen scheinen für AH eine ganz bestimmte Qualität zu besitzen (sie manifestieren sich in unterscheidbaren Kategorien bewussten Erlebens). Stark überspitzt formuliert und in die visuelle Modalität transponiert verhält es sich so, als ob wir auf einer „Insel der Farbenblinden“ (sensu Sacks, 1996) lebten und nur einige wenige unter uns in der Lage wären, Farbeindrücke wahrzunehmen. Diese sinnliche Erfahrung, die Qualität des Absoluten Hörens, das „What is it like to be an AP possessor“ (vgl. Nagel, 1974), ist dem Nicht-AH weder *zugänglich* noch nachvollziehbar noch adäquat *beschreibbar*; ebenso wenig wie man einem Farbenblinden Farbeindrücke beschreiben kann (vgl. Vitouch, 1999a, S. 601f.; 1999b, S. 96 f., insbesondere den gleichnishaften jiddischen Witz über den Blinden, der wissen möchte, wie Milch aussieht).

Das hinsichtlich der zu Grunde liegenden Physiologie unverstandene, vorwiegend introspektiv sowie durch die für AH typischen Oktavfehler (s. Abschnitt 5) gestützte absolute *Chroma-Konzept*, das seit Bachem (1937) oft als Grundlage für die typologische Unterscheidung von „echten“ versus „Pseudofähigkeiten“ herangezogen wurde, ist vor allem bezüglich der Vorstellung einer eigenen (zusätzlichen) Chromadimension immer wieder grundsätzlich kritisiert worden (s. Heyde, 1987, S. 13). Am ehesten kann man sich als Nicht-AH noch in die Beschreibung des „AG-Erlerners“ Brady (1970) hineinversetzen – der einzige in der Literatur dokumentierte Fall eines Erwerbs im Erwachsenenalter, bei dem ein von „echtem“ (sicherem und spontanem) AG quantitativ nicht unterscheidbares Leistungsniveau erreicht wurde (s. Abschnitt 4.2). Ähnlich dem griechisch-mythologischen Seher Teiresias, der vom Mann zur Frau (und zurück) verwandelt wurde und daraufhin Zeugnis über das neunfach intensivere Sexualerleben der Frau ablegte (wofür er von Hera mit Blindheit geschlagen und von Zeus mit der Sehergabe entschädigt wurde), konnte er mit dem Versuch eines introspektiven Vergleichs zwischen dem Hör- und Klangerleben von Nicht-AHn und AHn aufwarten. Brady zufolge, dem es gelungen war, durch Übung eine stabile mentale „C-Vergleichsskala“ zu etablieren, war die Empfindung beim absoluten Hören die gleiche wie beim relativen, nur eben im Vergleich zu einer internalisierten „fixed scale“: Töne gewannen für ihn also keine neue, zuvor unerschlossene Qualitätsdimension, sondern entsprachen den Tonstufenempfindungen des Nicht-AHs nach Etablierung eines Grundtons. Bradys Beschreibung wich jedoch von früheren introspektiven Darstellungen – durch AH von Kindesbeinen an – ab und blieb nicht unwidersprochen (Corliss, 1972). Die auf diesem Wege kaum aufzulösende Debatte führte zu einer fast exklusiven Abkehr von introspektiven Befunden in der neueren Literatur, in der der phänomenologische Aspekt AGs meist zu Gunsten der funktional-nüchternen „Langzeitgedächtnisdefinition“ ignoriert wird.

Perzeptions- und gedächtnistheoretisch interessant ist außerdem die weitreichende *Normalität* von Absoluturteilen – versus simultanen oder geringfügig zeitversetzten *Vergleichsurteilen* – sowohl in der auditorischen als auch in anderen Modalitäten (vgl. Ward, 1999, S. 268):

Das betrifft die absolute Erkennung von Sprachlauten, Stimmen oder instrumentspezifischen Klangfarben ebenso wie z. B. die Gesichtererkennung (spezialisiert auf den eigenen Kulturkreis) und Geschmacks-, Geruchs- oder Farburteile (in eingeschränktem Maße aber z. B. Längenschätzungen). So ist im Unterschied zur Tonhöhenwahrnehmung das verbal unterstützte „Auflösungsvermögen“ der absoluten Farbunterscheidung (*absolute color*) generell hoch und im Zuge einschlägiger (malerischer) Expertiseentwicklung lebenslang trainierbar (auch interkulturell variant; vgl. die Theorie des Linguistischen Determinismus sensu Whorf). Die Formen der Repräsentation AGs im menschlichen Wahrnehmungsapparat und Gedächtnis, beispielsweise die Art der diskreten Kategorisierung (Notennamen) und die Rolle der verbalen Etikettierung, sind komplex diskutierte Themen (z. B. Barnea, Granot & Pratt, 1994; Burns & Campbell, 1994; Siegel, 1974; Siegel & Siegel, 1977; Zatorre & Beckett, 1989; im Überblick Krumhansl, 2000, S. 168; Takeuchi & Hulse, 1993, S. 353 f.), die sich nicht ohne Probleme in die klassischen Konzepte und Entitätsmodelle (z. B. Gedächtnismodelle) der Kognitiven Psychologie fügen.

Wenn, wie in Abschnitt 2.1 nahegelegt, die notwendige „Absolutinformation“ auf jedermanns auditorischem Kortex vorhanden ist, dies allein für die Ausprägung AGs aber nicht genügt, dann scheint es sich dabei um eine „höhere“ (konstruktive) Wahrnehmungsleistung zu handeln. Wo liegt der neurophysiologische Schlüssel zur *Zugänglichkeit* der primärkortikalen Information; durch welches Netzwerk wird diese für unser Arbeitsgedächtnis bzw. Bewusstsein erschlossen? Wie „macht das Bewusstsein das“, und welche synaptischen „Verdrahtungen“ müssen dafür auswachsen? Und ist die Chromaempfindung – die Bewusstwerdung von Tonfarben – Epiphänomen, Korrelat oder Grundlage AGs? All diese Fragen sind nichts anderes als Spezialfälle der generellen Frage nach Beschaffenheit, Stellenwert und Funktion unseres bewussten Erlebens (vgl. Vitouch, 2000). Untersuchungen zur neurophysiologischen Basis AGs könnten uns bezüglich der Antwort auf diese eine große Frage – vielleicht die größte Frage der Psychologie – weiterbringen.

Ein rein spekulatives „Hebbianisches“ Modell, das als Entwicklungspotenzial angelegte und im Rahmen früher Lernerfahrung weiter ausgebildete funktionale Netzwerke (*cell assemblies*) im primären auditorischen Kortex annimmt, lässt sich wie folgt formulieren: Für die absolute Wahrnehmung/Erkennung eines bestimmten Tones, z. B. des  $f$ , existiert ein Netzwerk, das in der Art eines Pandämonium-Modells bei passendem Input „anspringt“ und dabei auch gleich einen passenden Bewusstseinsindruck „erzeugt“ (modulares Modell des Bewusstseins). Wird das  $f$  tiefer, so sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass das  $f$ -Netzwerk komplett aktiviert wird; dafür steigt proportional die Wahrscheinlichkeit für eine Aktivierung des  $e$ -Netzwerks. Der ins Bewusstsein gelangende Output folgt einem winner-takes-all-Prinzip: Die im Grenzfall miteinander konkurrierenden- und  $e$ -assemblies verfügen über mit der Stärke der jeweiligen Netzwerk-

Aktivierung kovariierende gegenseitige Hemmungsmechanismen (kompetitive inhibitorische Kollateralen). Parallel zum Wahrnehmungsszenario ist auch ein aktives „Anspringenlassen“ dieser Netzwerke im Dienste der absoluten *Tonproduktion* möglich. Kooperative Teilfunktionen der kategorisierenden Wahrnehmung, des Langzeit- und Kurzzeitgedächtnisses und des Bewusstseins (inkl. auditorischer Imagination) wären demnach in ein und demselben neuronalen Substrat zusammengefasst.

Insgesamt zeigt sich, dass die Terminologie eines „Langzeitgedächtnisses für Tonhöhen“ hinsichtlich der im Zuge des Wahrnehmungsprozesses vom AH erbrachten Kategorisierungsleistung und deren neuronaler Grundlagen potenziell irreführend ist. Ausschlaggebend dürfte die Frage des *Zugriffs* auf primärkortikale Absolutrepräsentation sein, der vermutlich entsprechend spezialisierter zusätzlicher Netzwerke bedarf. AG ist damit geradezu ein Modellfall für die Frage nach der funktionalen Koppelung von neuronalem Substrat und bewusst empfundenen Erlebnisqualitäten (*Qualia*).

Parallel zur Suche nach „neural correlates of consciousness“ (NCC) als Kausalkandidaten unseres phänomenalen Erlebens (Gazzaniga, 2000, Sektion XI; Metzinger, 2000; Searle, 2000) haben wir es hier mit dem (wohldefinierten?) Spezialfall der „neural correlates of chroma perception“ zu tun. Vielleicht gewinnen Psychologie und Musikpsychologie, als die Wissenschaften vom (musikalischen) *Erleben und Verhalten*, angesichts dieser Entwicklungen — und nach langer selbstverordneter Abstinenz — wieder etwas mehr Vertrauen in die Erforschbarkeit menschlichen Erlebens.

## 4 Ontogenese und Phylogenese

### 4.1 Erklärungsansätze zur AG-Genese

In Anlehnung an Ward und Burns (1982) lassen sich die folgenden, hier ideal-typisch separiert dargestellten Theorieansätze zur Entstehung AGs unterscheiden: Die Fähigkeit sei

1. vererbt, also genetisch angelegt und hereditär; sie bedürfe einer besonderen, seltenen genetischen Veranlagung;
2. durch Prägung (imprinting) ausgebildet, also in einer (früh-)kindlichen sensiblen Periode (begünstigt) erworben bzw. ausgeprägt — ein Ansatz, bei dem eher die nativistische (Nähe zu den Punkten 1 und 4) oder eher die environmentalistische Seite betont werden kann;
3. erlernt, also anlageunabhängig (ohne genetische „Sonderausstattung“) und ohne Bindung an eine eingrenzbarere Entwicklungsphase durch Übung erworben;
4. verlernt, also ursprünglich phylogenetisch angelegt, aber im Entwicklungsverlauf mangels Beanspruchung wieder verlorengegangen (unlearning-Ansatz).

Es folgen Teilabschnitte zu jedem dieser Ansätze. In Abschnitt 4.2 wird dann, im Kontext der Anlage-Umwelt-Diskussion, näher auf Erwerbsmodelle und Trainingsstudien und auf die nach aktuellem Wissensstand plausibelste early learning-Theorie unter Miteinbeziehung von Anlage- und unlearning-Komponenten eingegangen.

#### 4.1.1 Vererbung

Die Idee angeborenen AGs, als seltenes Zeichen außergewöhnlichen musikalischen Talents, dominiert die frühe Forschungsliteratur. Dabei handelt es sich um konfundierte Hereditätsannahmen: Das gehäufte Auftreten z. B. bei Dirigenten und „Wunderkindern“ dürfte eine Scheinkorrelation darstellen und wesentlich auf intensive musikalische Frühförderung zurückzuführen sein. Familiäre Förderung scheint bei der Entstehung von Familienstammbäumen AGs eine wesentliche Rolle zu spielen (so mag z. B. eine Mutter, die AHiN ist und das Wiegenlied stets in exakt der gleichen Tonart singt, die Ausprägung AGs schon allein dadurch begünstigen).

Theorien einer besonderen genetischen Basis AGs sind nach wie vor auf Spekulationen angewiesen. Anhand einer Stichprobe von 19 Personen vermuteten Profita und Bidder (1988) eine autosomal-dominante Vererbung mit eingeschränkter Expressionsrate in den Phänotyp (Kritik bei Ward, 1999, S. 269).

Basierend auf einem wesentlich größeren Sample weisen auch Baharloo et al. (1998; Baharloo, Service, Risch, Gitschier & Freimer, 2000) auf die familiäre Häufung AGs hin: Personen, die laut Selbstbericht AH sind, geben fast viermal so oft an, dass auch einer oder mehrere unter ihren Verwandten ersten Grades AH sind (Zusammenfassung nonkonvergenter Befunde bei Takeuchi & Hulse, 1993, S. 357). Die Autoren gelangen zu einem ähnlichen Schluss wie der primär environmentalistisch orientierte Ward (1999): „Early musical training“ sei für die Entwicklung AGs „necessary, but not sufficient“. Baharloo et al. (2000) berechnen den aus der Pathogenetik entlehnten Index des „sibling recurrence risk“ (?) und erhalten für perfektes AG Werte in etwa der gleichen Größenordnung wie für Schizophrenie (%s - 8—15, also eine bis zu 15fach erhöhte Auftretenswahrscheinlichkeit bei Geschwistern; vgl. auch Gregersen et al., 1999, 2001). In keiner der neueren Studien finden sich Geschlechtsunterschiede (s. auch schon Sergeant, 1969). Kritisch ist anzumerken, dass die genannten Arbeiten auf Selbstberichten beruhen, was einerseits die Stichhaltigkeit der Angaben zum Auftreten weiterer AH in der Familie relativiert und andererseits nahelegt, dass die AH-Rate verglichen mit Prävalenzschätzungen anhand von Leistungstests deutlich überschätzt wird (vgl. Baharloo et al., 1998, S. 228).

Prinzipiell sind (verhaltens-)genetische Studien zum AG mit ähnlichen Anlage-Umwelt-Konfundierungsproblemen konfrontiert wie Heritabilitätsstudien zu anderen kognitiven Fähigkeiten auch, und wie schon Sir Francis Galton mit seinem *Hereditary Genius* – mit der zusätzlichen Erschwernis, dass die Häufigkeit getrennt aufgewachsener eineiiger Zwillinge mit AG verschwindend gering ist (vgl. Bachem, 1955). Trotzdem „fliegen“ Humangenetiker, ebenso wie Neurowissenschaftler, auf AG: jene, weil sie das neuronale Substrat dieser außergewöhnlichen Fähigkeit zu finden hoffen; diese, weil sie eine simple (vorzugsweise monogene) genetische Basis dieses Substrats und dieses spektakulären Phänotyps finden wollen (vgl. Baharloo et al., 2000; Gregersen, 1998).

#### 4.1.2 Prägung (early learning)

Vieles spricht für ein *early learning*-Modell AGs (vgl. Takeuchi & Hulse, 1993; Vermutung schon bei Copp, 1916): Zum einen die hohe Korrelation zwischen früher musikalischer Übung und der Ausprägung AGs (plus flankierenden Befunden zur Kausalitätsfrage); zum anderen größtenteils fehlgeschlagene Erwerbsversuche im Erwachsenenalter. Die wahrscheinlich stärkste Evidenz zu Gunsten dieses Genesemodells ist die deutlich unterschiedliche Prävalenz AGs in Zusammenhang mit – und wahrscheinlich in Abhängigkeit von – unterschiedlichen Systemen musikalischer Frühförderung, die *kulturvergleichende* Befunde zeigen (Überblick z. B. bei Chin, 1997). Im Gegensatz zu Europa und den USA sind AH in Japan keine Seltenheit: Gregersen et al. (1999) und Miyazaki (1988) berichten eine Rate von bis zu 50 % unter japanischen Musikern. Kengo Ohgushi schätzt die Prävalenz unter den Musikstudenten an der Kyoto City Univ. of Arts auf 60 % (pers. Mitteilung, 7.8.2000). Auch hier stellt sich die Frage des Testkriteriums (s. Abschnitt 5): Die 60 % würden für „recht gutes“ AG gelten; nur ca. 10 % besäßen perfektes AG, aber 90 % AG für Klaviertöne (zum Thema „absolute piano“ s. Ward, 1999, S. 271).

Die hohe Auftrittshäufigkeit im heutigen Japan wird auf die vor allem in den Yamaha-Musikschulen etablierte *Suzuki-Methode* (nach ihrem environmentalistischen Begründer Shinichi Suzuki) zurückgeführt, die im Gegensatz zur notationsorientierten europäischen Ausbildungspraxis das frühe Nachspielen von Konzertliteratur nach Gehör forciert. Es handelt sich hier also um eine Art „Kulturexperiment“, um eine quasiexperimentelle internationale Trainingsstudie mit Japan als Versuchs- und anderen Ländern als Kontrollgruppe.

Ein ethnogenetischer Ursprung erscheint zwar unplausibel (vgl. jedoch Gregersen et al., 1999, 2001), ließe sich aber — ebenso wie andere potenzielle Moderatorvariablen, z. B. Zusammenhänge mit dem Spracherwerb — streng genommen nur durch ein vollständig „überkreuztes“ Design ausschließen, das Daten zur Prävalenz sowohl bei Kindern japanischer Emigranten als auch bei nach der Suzuki-Methode unterrichteten nicht-japanischen Kindern liefert.

Eine unumstrittene Gemeinsamkeit nahezu *aller* AH ist frühe musikalische Übung — ein Befund, der auch gegen eine generelle Kausalitätsrichtung der Art „früh erkanntes AG/außerordentliches Talent, *deshalb* frühe musikalische Übung“ spricht (vgl. aber abweichend Brown, Sachs, Cammuso & Folstein, 2002 sowie ad hoc Levitin & Zatorre, 2003; Russo, Windell & Cuddy, 2003; Vitouch, 2003). Der *early learning-Ansatz* ist zudem gut mit genetischen Modellen vereinbar (förderliche Umweltbedingungen für die „penetrance“ eines anscheinend gar nicht so seltenen genetischen Potenzials). Ein weiterer Hinweis auf den besonderen Stellenwert früher Lernerfahrung ist die erhöhte Inzidenz AGs bei Geburtsblinden (Bachem, 1940; Welsch, 1988).

### 4.1.3 Erlernen

Zur Möglichkeit des Erwerbs in der Adoleszenz oder im Erwachsenenalter liegen nur wenige überzeugende Befunde vor (s. Abschnitt 4.2). Scheinbare Trainingszuwächse können sich aus der unzureichenden Ausschaltung relativer Information durch die Testprozedur ergeben. Trotz der nahe liegenden Fragen nach Trainingsintensität und -dauer ist festzuhalten, dass der „späte“ Erwerb AGs, unter realistischen Aufwandsannahmen und bis zu einem nennenswerten Leistungsniveau, auch Musikern in aller Regel nicht möglich ist.<sup>3</sup> Offenbar setzt (voll entwickeltes) AG eine besondere neuronale „hardware“ voraus, deren Ausprägungsphase ab einem bestimmten Alter *verstrichen* ist. AG ist damit eine der wenigen kognitiven Fähigkeiten, für die — trotz der allgemein hohen lebenslangen kognitiven Plastizität des Menschen — ein frühes und kategorisches *Verdrahtungslimit* zu bestehen scheint (vgl. auch Aspekte des Spracherwerbs; Abschnitt 4.2).

### 4.1.4 Verlernen

Der Ansatz des Verlernens nimmt an, dass eine ursprünglich angelegte Absoluthörfähigkeit durch Konzentration auf das *Konturhören* (melodischer Verlauf an-stelle von Einzeltönen) im Zuge der frühen musikalischen Entwicklung wieder verlorengeht (s. Abschnitt 4.2). Diese Auffassung findet sich bereits bei Abraham (1901). Sie gewinnt eine gewisse komparativistische Bekräftigung durch den Tiervergleich: Wie sich anhand von Absolutreaktionen in Konditionierungsexperimenten (Ausbleiben der Generalisation auf vom CS abweichende Tonhöhen in klassischen, Verwendung einer spezifischen Tonhöhe als S<sub>D</sub> in operanten Settings) zeigen lässt, ist AG bei einigen Spezies häufig zu finden. Ward (1999, S. 293) berichtet überblicksweise, dass Cebus-Affen, Hunde und einige Singvögel (z. B. Stare) AG-ähnliche Leistungen erbringen (neuere Arbeiten von Cynx, 1993, 1995; MacDougall-Shackleton & Hulse, 1996).

<sup>3</sup> Die unter Musikern verbreitetere Fähigkeit, auf dem eigenen Instrument (z. B. der Klarinette) Töne mit gewisser Sicherheit absolut zu erkennen, ist nicht notwendigerweise „echtes“ AG: Hier spielen einzeltonspezifische Obertoncharakteristika eine Rolle. Zu Leistungskriterien s. den folgenden Abschnitt 4.2 sowie die Abschnitte 5 und 7.

Natürlich lassen sich auch Spekulationen zum *evolutionären Nutzen* AGs anstellen: So sollen etwa Frösche (ad AG Elefant, 1986) die Größe und Gefährlichkeit von Rivalen oder den Paarungswert potenzieller Partner nachts aus deren Stimm-tiefe erschließen (vgl. Hauser, 1996) — Absoluturteile wären hierfür zwar nicht nötig, aber hilfreich. Eine grundsätzliche AG-Anlage beim Menschen mag durchaus eine Art phylogenetischen Atavismus darstellen.

Einen aufsehenerregenden Experimentalbefund pro *unlearning* haben jüngst Saffran und Griepentrog (2001) veröffentlicht. Sie berichten über Anzeichen absoluter Hörleistungen bei achtmonatigen Kindern bei Verwendung freitonaler, unsegmentierter Tonfolgen: Die Kleinkinder reagierten in der Testphase, im Gegensatz zur erwachsenen Vergleichsgruppe, auf Transpositionen bereits bekannter Dreitonfiguren um eine Quarte wie auf neue Stimuli (s. Abschnitt 4.2). Im prinzipiellen Einklang mit Verlern-Modellen stehen auch Phänomene rudimentären AGs bei Erwachsenen (z. B. „absolute Tonalität“; s. Abschnitt 7).

Aktuell ist davon auszugehen, dass ein gewisses individuelles genetisches Potenzial für die Entwicklung AGs förderlich oder sogar nötig ist. Häufigkeit, Art und Stellenwert dieser Prädisposition sind jedoch unklar; sie ist jedenfalls weitaus weniger selten als lange Zeit vermutet. Dieses Potenzial dürfte zu einer in Ansätzen vorhandenen Absoluthörfähigkeit im Kleinkindalter führen (Saffran & Griepentrog, 2001), die jedoch ohne entsprechende Frühförderung, bzw. bei ausschließlicher Konzentration auf das (musikalisch relevantere) Konturhören, bis auf rudimentäre Reste (Abschnitt 7) unwiederbringlich verloren geht.

## 4.2 Erwerb durch Übung

Der erste systematische Bericht zu Gunsten der Trainierbarkeit AGs im Erwachsenenalter stammt von Max Meyer (1899):

„The theoretically important question is: whether human beings are to be divided into two classes, one of them enjoying a memory of absolute pitch, the other wanting it, or whether there is but a gradual difference in memory of absolute pitch, some people needing more, some less practice to obtain an equal facility. Should the former be true, we would have to assume that the first class possesses a physiological property, the lack of which prevents the others from acquiring that mental faculty.” (S. 514)

Gemeinsam mit Victor Heyfelder hatte Meyer 1895 zwei mehrmonatige Selbstversuchsreihen, eine mit Stimmgabeln und eine mit Klaviertönen, durchgeführt. Im Klavierversuch arbeiteten sich die beiden von 10 Tönen im Sextabstand bis zur versuchten Unterscheidung von 39 Ganztönen hin. In dieser schwierigsten Bedingung erreichten sie mittlere Trefferquoten von 64 % (V. H.) bzw. 60 % (M. M.), wobei ihnen nur selten Fehler unterliefen, die über die unmittelbar benachbarten Ganztöne hinausgingen. Auch die *Nützlichkeit* der Fähigkeit wird in dieser Pionierarbeit bereits angesprochen; ebenso wie ihre *Verlernbarkeit*:

„We did not continue those experiments further, because the value of the acquired facility did not seem to us to correspond to the expense of time. Now, after several years have passed we have lost the greater part of what we had acquired, by the want of continued practice.” (Meyer, 1899, S. 516)

Handelt es sich hier wirklich um antrainiertes AG oder um eine qualitativ andere Fähigkeit, ein AG-Surrogat, eine Art perfektioniertes „Hoch-Tief-Urteil“ aus dem Gedächtnis? Viele Autoren sehen in Meyers Leistung, vor allem auf Grund des fehlenden Chroma-Erlebens und der geringeren Spontaneität der Leistung, eine Art Trick, eine von AG essenziell verschiedene Pseudofähigkeit (weitere historische Trainingsstudien in Abschnitt 1.2). Zudem gehen AG-artige Leistungen, die im Erwachsenenalter als „lokales Gefühl für Tonhöhen“ an-satzweise erworben werden, nach Beendigung des Trainings meist rasch wieder verloren.

Ein entscheidender Unterschied für die Frage nach der Trainierbarkeit AGs liegt im *Alter* der betreffenden Person: Die Trainierbarkeit im frühen Kindesalter gilt als weitgehend gesichert; Trainingserfolge darüber hinaus, vor allem im Erwachsenenalter, als selten bis unmöglich. Dies wird ursprünglich durch retrospektive Erhebungen *ex post facto* zum engen Zusammenhang zwischen musikalischem Übungsbeginn und AG in der Adoleszenz bzw. im Erwachsenenalter gestützt. Die ersten umfangreichen Daten hierzu lieferte die Umfragestudie von Sergeant (1969) bei  $n = 261$  Musikern am Londoner Royal College of Music und  $n = 1556$  Mitgliedern der Incorporated Society of Musicians. Zwischen Übungsbeginn und AG-Rate bestand ein fast perfekter linearer Zusammenhang: Der AH-Anteil sinkt von 88 % bei einem mittleren Beginnalter von 5,6 Jahren über 49 % bei 7,1 Jahren auf 0 % bei 9,9 Jahren. Auch hier gelten die typischen Anlage-Umwelt-Interpretationsvorbehalte (s. dazu ausführlich Kap. 17, Bd. 1): Das Gesamtergebnis setzt sich aus nach Qualifikation ausgelesenen und gruppierten Teilstichproben zusammen; der auf den Selbstbericht gestützte Gesamtanteil an AHn war zudem, wohl auf Grund systematischen Rücklaufs, mit 50 % selbst für Profimusiker außergewöhnlich hoch.

Vergleichbare Zusammenhänge haben sich in späteren Studien immer wieder erwiesen: Miyazaki (1988) berichtet eine Korrelation AGs mit früher musikalischer Übung im Alter von 3 bis 5 Jahren. Die genetisch orientierte Umfragestudie von Baharloo et al. (1998) fand bei  $N = 612$  Musikstudierenden und Musikern 40 % AH unter jenen mit Übungsbeginn 4 Jahren, hingegen nur 3 % bei spätem Beginn  $> 9$  Jahren. Das Erkennen der eigenen Fähigkeit zum Absolut-hören geschieht typischerweise zwischen früher Kindheit und einem Alter von etwa 10 Jahren (Profita & Bidder, 1988; Takeuchi & Hulse, 1993, S. 355). Die eindrucksvollen interkulturellen Unterschiede im Zusammenhang mit der Methode der frühen Ausbildung (kontemporäre Prävalenz bei japanischen Musikern) wurden bereits in Abschnitt 4.1.2 behandelt.

Das aktuell dominierende Erklärungsmodell der AG-Genese geht gemäß die-sen und anderen Befunden von einer begünstigten Fähigkeitsexpression bis etwa zum 5. *bis 6 Lebensjahr* im Sinne einer kritisch-sensitiven Periode aus (Takeuchi & Hulse, 1993). Dabei bestehen auffallende Parallelen zum phonologisch wie syntaktisch maßgeblich begünstigten *Erstspracherwerb* (vgl. Herschensohn, 1998; Kuhl, 2000; Newport, 1990; Pulvermüller, 1994; zur stimulationsabhängigen Plastizität des auditorischen Kortex allgemein Rauschecker, 1999): In beiden Fällen wird eine inputabhängige Ausprägung entsprechend funktionaler Zellensembles in einer prägsamen Phase angenommen; ein späterer Erwerb ist zumindest deutlich erschwert. Diese sensiblen Entwicklungsperioden basieren vermutlich auf durch neurotrophe Wachstumsfaktoren gesteuertem kortikalem *targeting* (gezieltes Auswachsen von Verbindungsstrukturen), begünstigter Sprossung und Tilgung synaptischer Schnittstellen sowie auf der plastizitätseinschränkenden progressiven Myelinisierung von Faserstrukturen (früher abgeschlossen in primärkortikalen Arealen). Auch hinsichtlich der phonologischen und prosodischen Sprachkompetenz und des Universalgrammatik-Erwerbs wird von einer kritischen Phase bis ungefähr zum Alter von 6 Jahren ausgegangen; der „Akzent“ ist ein phonologisches Defizit späteren Spracherwerbs. Zu sensitiven Perioden oder kritischen Phasen beim Menschen siehe Kandel und Jessell (1991), Neville und Bavelier (2000) sowie AG-spezifisch Cohen und Baird (1990). Theoretisch lässt sich argumentieren, dass die Ausbildung entsprechender syntaktischer und phonologischer „Module“ im Zuge des Erstspracherwerbs *stets* gefördert wird (jedes Kind lernt sprechen), während die gleichfalls förderungsabhängige Ausprägung von AG-Modulen in unserer Kultur, auf Grund des fraglichen Nutzens der Leistung und auf Grund der Betonung relationalen Hörens, in aller Regel unterbleibt.

Die Entwicklung AGs kann damit als eine spezielle Form des Wahrnehmungs- oder Differenzierungslernens (Goldstone, 1998) aufgefasst werden (vgl. Abschnitt 3).

Ein wesentlicher Theoriebaustein frühen Erwerbs bzw. Erhalts AGs ist das melodische *Konturhören* (z. B. Dowling, 1978). Schon Ehrenfels (1890) hatte dar-auf hingewiesen, dass sich Melodien in unserer Wahrnehmung nicht aus absolut repräsentierten Einzeltönen konstituieren, sondern Gestaltqualität besitzen. Diese Gestalt bleibt bei der Transposition in andere Tonarten erhalten. Einen Überblick zur Entwicklung der Musikwahrnehmung, inklusive einer Zusammenfassung der zahlreichen einschlägigen Arbeiten von Sandra Trehub und Mitarbeitern zum Konturhören im Kleinkindalter, gibt Dowling (1999; eigene Zusammenfassung bei Trehub, 2000, S. 428 ff.). Bei Verwendung mehrtöniger, motivartiger Melodiesequenzen zeigt sich dabei konsistent, dass schon fünfmonatige Kinder exakte Transpositionen um einige Halbtöne als identisch empfinden (anders als auf neue Stimuli keine Herzratensenkung als Element der Orientierungsreaktion zeigen), die Melodien also konturbasiert und nicht absolut wahrnehmen. Zu anderen Ergebnissen gelangten indes Saffran und Griepentrog (2001). Anhand von unsegmentierten, nicht nach den üblichen Regeln einer Melodiekomposition aufgebauten Tonreihen aus repetitiven Bausteinsequenzen („Tonwörtern“) fanden sie, dass bei achtmonatigen Kindern *absolute* Cues eine Rolle spielen: Intervallidentische Transpositionen im Quart-abstand wurden, anders als in der erwachsenen Vergleichsgruppe, als neu erlebt (stärkere Aufmerksamkeitszuwendung auf neue Stimuli in Form einer Kopfdrehung). Die Autoren interpretieren dieses Resultat, im Kontext der Verlerntheorie, als Beleg für ansatzweises AG bei Kleinkindern: Die strukturelle Anlage zur weiteren Ausbildung einer entsprechenden „hardware“ sei generell vorhanden.<sup>4</sup>

Für die Bedeutung *kognitiver Stile* und *Entwicklungsverläufe* spricht auch die auffallend hohe Inzidenz AGs bei autismusnahen Störungen und genetischen Aberrationen. Alle 13 bei Miller (1989) beschriebenen musikalischen *savants* verfügten über AG (s. auch Sacks, 1995; Young & Nettelbeck, 1995), ebenso alle fünf von Lenhoff, Perales und Hickok (2001) untersuchten Personen mit Williams-Syndrom<sup>5</sup>. Heaton, Hermelin und Pring (1998) argumentieren für die Begünstigung lokal-isolierter anstelle global-integrativer (holistischer, generalisierender) Reizverarbeitung bei autistischen Kindern. In ihrer Trainingsstudie bei 10 Autisten (ohne musikalische Vorerfahrung) im Alter von 7 bis 13 Jahren sollten diese mit Tönen (c; e; g; b) oder Silben (Ida/, /ta/, /ha/, /la/) gekoppelte Tierbilder lernen und sie in zwei Abruf-Bedingungen (unmittelbar darauf und eine Woche später) richtig zuordnen. Die Autistengruppe schnitt in der tonalen Bedingung besser ab als die altersparallele Kontrollgruppe, während in der Sprachverarbeitungs-Kontrollbedingung kein signifikanter Unterschied (wohl aber ein Trend in Richtung schwächerer Leistungen bei den Autisten) auftrat. Die Autorinnen schließen daraus auf eine autistustypische erhöhte Kapazität zur Verarbeitung isolierter, kontextunabhängiger Elemente von Reizanordnungen. Abgesehen von der Uneinheitlichkeit autistischer Störungsbilder ist wie bei vielen Trainingsstudien kritisch zu bedenken, dass nur wenige Alternativen vorgegeben wurden: Das Benennen von vier Tönen im Terzabstand erfordert nicht unbedingt AG, sondern — jedenfalls bei kurzen Zeitintervallen — nur ein „ungefähres Tonlagenurteil“. Hier ist es, wie allgemein bei Studien zur Trainierbarkeit AGs im Kindesalter, schwierig, einen günstigen Mittelweg zwischen einem akkuraten Test und der Beanspruchbarkeit und Motivation der Teilnehmer zu finden. Für einen *local bias*, aber gegen eine generelle „Globalitätsstörung“ in der Musikwahrnehmung von Autisten sprechen sich Mottron, Peretz, Belleville und Rouleau (1999) und Mottron, Peretz und Menard (2000) aus.

4 Relativierend sind einerseits die Größe des gewählten Transpositionsintervalls (5 Halbtöne), andererseits die unklare Aufgabenauffassung seitens der erwachsenen Teilnehmer zu beachten (gelten gleiche Intervallfolgen in verschiedener Lage als gleich oder verschieden?; vgl. Saffran & Griepentrog, 2001, S. 80f.).

5 Seltener Defekt (ca. 1:20.000) im Bereich des Elastin-Gens auf Chromosom 7, der neben somatischen Fehlbildungen auch markante Störungen der kognitiven Entwicklung bedingt.

Das häufige Auftreten im Zusammenhang mit kognitiven Störungen lässt darauf schließen, dass auch präsumptive non-pathologische genetische Dispositionen für AG weniger mit einer „direkten Kodierung“ des Phänomens („AG-Gen“) als vielmehr mit unterschiedlichen *Wahrnehmungsstilen* oder -tendenzen und entsprechenden Entwicklungsinclinationen (vgl. Karmiloff-Smith, 1992), zumal in prägsamen Phasen, zu tun haben. Eine ähnliche Theorie zur Relevanz kognitiver Stile vertritt Chin (1997). Theorien einer generellen Verlagerung des Wahrnehmungsschwerpunkts weg von absoluten und hin zu relativen Reizeigenschaften im Laufe der regulären kindlichen Entwicklung diskutieren Takeuchi und Hulse (1993, S. 356 f.).

Schließlich liegen, seit Meyer (1899) und Abraham (1901), seit nunmehr 100 Jahren verschiedene *Trainingsstudien* und Vorschläge für *Trainingsmethoden* zum Erlernen AGs im Kindes-, vor allem aber auch im Erwachsenenalter vor (de-taillierter Überblick bei Ward, 1999, S. 283 ff.). Die Probleme kontrollierter Studien, die helfen sollen, die Anlage-Umwelt-Konfundierung zu reduzieren, liegen zum einen in der unzureichenden Langfristigkeit der Designs, zum anderen — mit umgekehrtem Vorzeichen — im Fehlen eines einfachen standardisierten Tests zur Erfassung auch partieller absoluter Hörleistungen unter reliabler Ausschaltung von Störeinflüssen durch RG (s. Abschnitt 5). Die Interpretation des Trainingserfolgs, insbesondere der typischerweise gefundenen geringen Leistungszuwächse im Posttest, ist daher meist nicht einfach — insbesondere in Fällen, in denen die Trainingsmethode im Wesentlichen auch die Testmethode darstellt,

also kein Transfer der erworbenen Fähigkeit in ein anderes Setting geprüft wird. Nicht immer ist klar, *was* eigentlich trainiert wurde, welche kognitiven Strategien die Versuchspersonen verwenden, und ob diese Strategien im strengen Sinne als AG aufgefasst werden können.

Abraham (1901) war bezüglich der Trainierbarkeit AGs optimistisch und empfahl die regelmäßige, z. B. allmorgendliche Stimulation mit ausgewählten Einzeltönen (etwa auch in Assoziation mit verschiedenen Farben), um einen internen absoluten Standard für diese Töne zu etablieren und davon ausgehend die ganze Skala zu erschließen. Ähnliches riet der Komponist und Multi-Instrumentalist Paul Hindemith (1946) in seinem im US-Exil verfassten Übungsbuch. Eine Variante dieser Vorschläge und zugleich das vielleicht solideste Erwerbskonzept stammt von Cuddy (1968, 1970, 1971): Sie testete mit einigem Erfolg eine Methode, in der ein bestimmter Ton in einer Reizserie, etwa *a*; in der frühen Trainingsphase mit dominierender Häufigkeit vorkommt (Versuch des Erlernens einer einzeltonalen Absolutreferenz) und in späteren Trainingssitzungen sukzessive auf die Häufigkeit der anderen gebotenen Töne reduziert wird. Tatsächlich gelang es Brady (1970) mit einer an Cuddy (1968) orientierten Methode — initial hoher Anteil des C, allerdings in mehreren Oktaven, mit schrittweiser Reduktion —, spontanes und solides AG für die Tonklasse C zu erlernen. Dies ist der erste und einzige unabhängig geprüfte Fall eines Erwerbs im Erwachsenenalter, der sich mit den Leistungen von „AHn von klein auf“ messen kann. Nach Bradys Introspektionsbericht ging der Lernerfolg graduell, also ohne plötzliches einsichtsvolles „Aha-Erlebnis“, und unter anfänglicher Nutzung RGs vonstatten. Seine späteren AG-Urteile beruhten subjektiv auf einer nicht immer stabilen internalisiert-unwillkürlichen „C-Vergleichsskala“ und waren in mancher Hinsicht eingeschränkt (z. B. auf die Erkennung von Einzeltönen und Tönen in unbegleiteten Melodien, nicht aber in Akkorden und Stücken). Bei Einzeltönen waren seine Fehlerrate, die Reaktionsgeschwindigkeit und das Fehlermuster — häufig Halb-, gelegentlich Ganztonfehler — jedoch nicht von anderen („echten“) AHn unterscheidbar (Nachuntersuchung von Carroll, 1975; relativierende Kritik an der dabei verwendeten Testprozedur bei Takeuchi & Hulse, 1993).

Ein kommerzielles Trainingsprogramm wurde von Burge (1981) auf den Markt gebracht, der AG selbst im späteren Lebensverlauf erworben haben will. Dieses Trainingsprogramm ist das einzige, das explizit auf den *Chromaaspekt* eingeht:

Die Schüler werden auf ihrem eigenen Instrument zu einer Art kontemplativem Hören (Erschließen des besonderen Klangs einzelner Töne) angehalten, wobei mit dem Vergleich zweier Töne in täglichen Sitzungen begonnen und das Spektrum dann schrittweise erweitert wird. Dabei ist u. a. unklar, ob ein Transfer vom eigenen auf andere Instrumente jemals gelingen kann (subjektive Trainingserfolge auf Grund instrumentspezifischer Einzeltoneigenheiten abseits von AG —

Burge nimmt diesen Einwand mit einem Stufenmodell der AG-Entwicklung vorweg; s. Abschnitt 7). Mehrere unpublizierte Studien zum Effekt der Burge-Technik (Herscht, 1999; Nering, 1991; Rush, 1989) erbrachten, trotz teils positiver Interpretation der Autoren, uneindeutige Ergebnisse (vgl. auch Hulse, 1993; Takeuchi & Ward, 1999). Auch hier sind einerseits, zu Gunsten der Erwerbshypothese, Limits der Trainingsdauer, -intensität, -effizienz und -motivation zu berücksichtigen; andererseits aber, zu ihren Ungunsten, Aspekte mangelnder Testsuffizienz der angewandten Prüfmethoden.

Als aussichtsreicher haben sich, der *early learning*-Theorie entsprechend, Trainingsversuche bei Kindern erwiesen (Überblick über ältere Arbeiten bei Takeuchi & Hulse, 1993, S. 356). Für die Formulierung eines musikpädagogischen Trainingsprogramms im Rahmen des frühkindlichen Instrumentalunterrichts siehe Taneda und Taneda (1993). Eine neuere Studie von Crozier (1997) stellte die Lernerfolge von Kindern versus Jugendlichen gegenüber: Eine Vorschulgruppe (4 bis 5 Jahren,  $n = 12$ ) und eine Gruppe Jugendlicher (13 bis 15 Jahren,  $n = 12$ ), jeweils ohne musikalische Vorbildung, wurden über 6 Wochen auf das  $a'$  einer Stimmpfeife trainiert (ca. 5 min pro Tag; Vorpfeifen und Nachsingen). Aus Rücksicht auf die Vorschulkinder wurden in den Testdurchgängen jedoch nur je 3 verschiedene Töne dargeboten: Neben den trainierten 440 Hz zwei um mindestens 4 Halbtonschritte nach oben oder unten versetzte Distraktoren. Dabei zeigte sich für die Gruppe der Kinder hypothesengemäß eine signifikante Verbesserung (von 33 % zu Untersuchungsbeginn, also exakt Ratewahrscheinlichkeit, auf 62 %). Der Leistungszuwachs der Jugendlichen blieb insignifikant; diese Gruppe hatte jedoch schon zu *Trainingsbeginn* Werte aufgewiesen, die weit über Ratewahrscheinlichkeit lagen (58 % *prae*, 71 % *post*). Das legt einen Deckeneffekt in der älteren Gruppe nahe, die ja im direkten Gruppenvergleich im Posttest *besser* abschneidet (Ausgangswertproblem). Davon abgesehen zeigt es, dass diese Identifikationsaufgabe durch die wenigen und distanten Wahlöne offenbar andere als nur absolute Cues zulässt. Crozier schränkt die Aussagekraft der Studie selbst drastisch ein: „To what extent pre-schoolers' improvement in identification was reflective of absolute or relative pitch strategies is not ascertainable from these data” (S. 117).

Weitere Trainingsstudien hat Sakakibara (1999, 2000) durchgeführt. In letzterer Längsschnittstudie wurden 6 Kinder (drei im Alter von 2 Jahren, drei von 5 bis 6 Jahren) von ihren Müttern nach einer Akkord-Identifikationsmethode trainiert. In 4 bis 5 Sitzungen täglich (à 20 bis 30 Durchgänge; ca. 3 min pro Sitzung) übten sie die Identifikation der neun möglichen Durdreiklänge auf den weißen Tasten (C-, F- und G- in Oktav-, Terz- und Quintlage). Dabei ergaben sich Effekte des Beginnalters auf den Lernprozess: Bei den älteren Kindern traten fast ausschließlich tonhöhenorientierte Fehler auf (z. B. Verwechslung von *c-e-g* und *c-f-a*), bei den jüngeren auch chromaorientierte Fehler

(Lagenfehler; z. B. *c-e-g* statt *e-g-c*). Die Interpretation des erlangten Leistungsniveaus ist angesichts der Akkord-Testmethode nicht unproblematisch (keine zusätzlichen Tests auf Einzeltöne). Die Autorin berichtet jedoch, dass die Kinder nach durchschnittlich einem Jahr diatonisches AG ausgebildet hätten und schließlich alle 100 % Trefferquote — d. h. vollständiges AG für Durdreiklänge auf den weißen Tasten — erreichten.

Als informelle Langzeitstudie zur *early learning*-Theorie kann W. Dixon Wards „Familienexperiment“ gelten (Ward, 1999, S. 293). Mit der ältesten und jüngsten seiner vier Töchter (randomisierte Bedingungszuweisung!) spielte er, jeweils im Alter von 2 bis 3 Jahren, ein „Finde-die-Note“-Spiel am Klavier (er selbst schwindelte, indem er RG benutzte).

Nach einigen Wochen bzw. wenigen Monaten konnten die Mädchen die richtige Note auf den ersten oder zweiten Versuch finden, woraufhin sie die Lust am Spiel verloren. Alle Töchter begannen mit 6 Jahren mit dem Klavierunterricht und verfolgten später weitere musikalische Aktivitäten. Als die Jüngste 26 war, testete Ward alle vier auf AG (Screening-Test anhand von 10 Sinustönen im Quartabstand). Tatsächlich schnitten die Jüngste und die Älteste am besten ab, auch wenn keine das Leistungsniveau von AHn erreichte. Den schlechtesten Testscore erzielte die einzige professionelle Musikerin unter den vier.

Inwieweit entsprechende frühkindliche Übung für die Entwicklung AGs nicht nur notwendig, sondern auch hinreichend ist, ist also nicht entschieden. Die eindrucksvollste Evidenz zu Gunsten hoher Förderbarkeit besteht nach wie vor in der hohen Prävalenz unter japanischen Musikern. Von Bedeutung scheint nicht einfach frühe musikalische Übung *per se*, sondern deren Art zu sein (vgl. Takeuchi & Hulse, 1993, S. 355 f.).

## 5 Systematische Erfassung absoluter Hörleistungen

Die systematische Erfassung AGs unter zeitökonomischen Bedingungen stellt uns vor eine Reihe nicht ohne weiteres zu lösender methodischer Probleme. Ein einheitlich verwendendes, standardisiertes und normiertes Testverfahren liegt bislang nicht vor. Ausschlaggebend ist die reliable Ausschaltung *relativer Hinweisreize*, die durch die lange Behaltensdauer und hohe Störresistenz des auditorischen Kurzzeitgedächtnisses maßgeblich erschwert wird. Hinzu kommt, dass adäquate Testprozeduren auch der Möglichkeit in verschiedener Hinsicht imperfekten, *partiellen* AGs gerecht werden müssen. Takeuchi und Hulse (1993, S. 345 ff.) diskutieren verschiedene Ansätze zur Leistungserfassung und fordern ein Messkonzept, das diesem Aspekt der *Mehrdimensionalität* gerecht wird (z. B. timbreabhängiges AG, AG für weiße Tasten, Fähigkeit zur Tonhöhenenerkennung, nicht aber zur absoluten Produktion, etc.).

Prüfdesigns bestehen typischerweise darin, der Testperson eine zufallsähnliche Sequenz von Tönen aus verschiedenen Oktaven — mit oder ohne Störsignal zwischen den Einzeltönen — darzubieten und die Notennamen nennen zu lassen. Neben *Trefferquote* und *Fehlerverteilung* als primären Prüfvariablen wird zuweilen auch die *Antwortlatenz* als zusätzliches Differenzierungskriterium zwischen AG und verschiedenen Quasi- oder Pseudoformen der Fähigkeit herangezogen: Anhand der Urteilsspontaneität ist es z. B. möglich, sichere Urteile, die jedoch auf dem relativen Vergleich zu einer intern-absolut repräsentierten Einzelreferenz (partielles AG; s. Abschnitt 7), auf Stimmbandspannungsreizen (Abschnitt 7.1.2) oder gar auf einem physiologisch präsenten Vergleichston (Tinnitus) beruhen, von vollständigem bzw. „echtem“ AG zu unterscheiden.

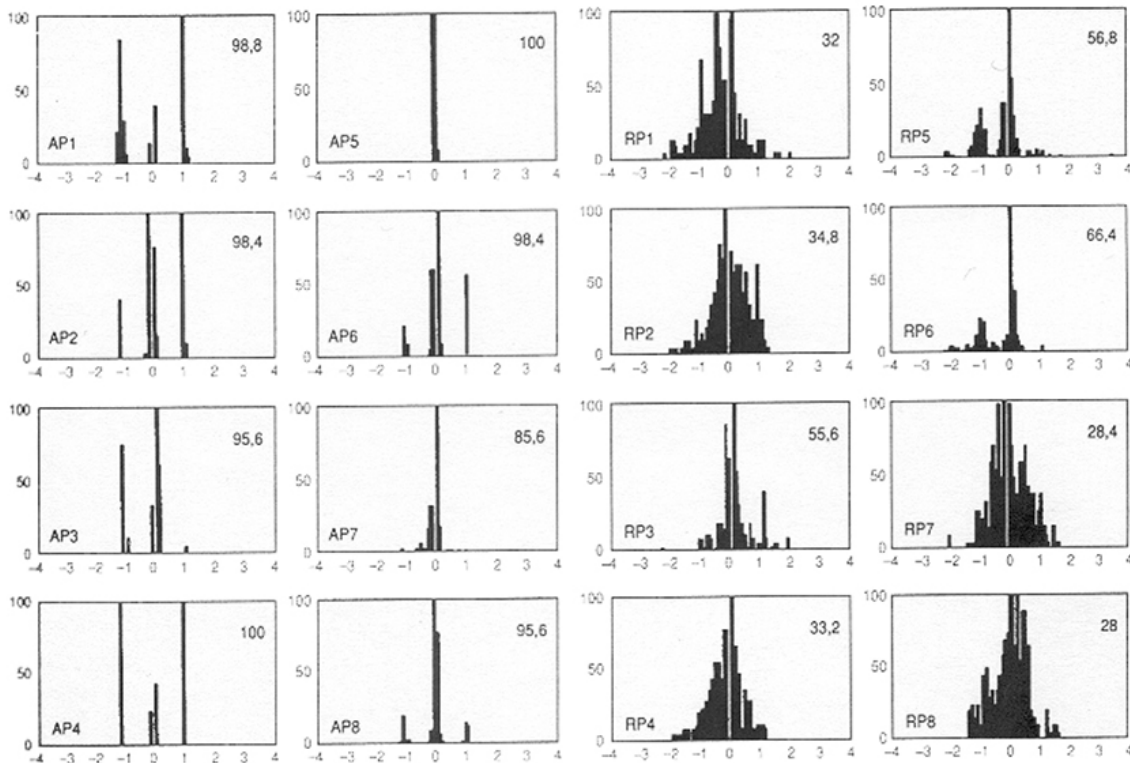
Dieses Kriterium ist zugleich hinsichtlich seiner Spezifität nicht unproblematisch, da rudimentäre Ausprägungen AGs gleichfalls durch verlängerte Latenzen (z. B. auf Grund der geringen subjektiven Urteilssicherheit) gekennzeichnet sein können. Einen Überblick über ein detailliertes Set verschiedener AG-Tests (inkl. Test zur Viertelton-Erkennung) plus informationstheoretischen Auswertungsalternativen gibt Ward (1999, S. 275 ff.).

Von Bedeutung ist der Umgang mit den für AH charakteristischen *Halbton*- und *Oktavfehlern* (z. B. Rakowski & Morawska-Büngeler, 1987): Solche Fehler treten auch bei ansonsten perfekter Leistung gehäuft auf und werden daher unterschiedlich behandelt (oft nicht als falsch gewertet; tabellarische Übersicht bei Takeuchi & Hulse, 1993, S. 347). Ward (1999) vermutet, dass die Oktavfehler ein Artefakt der Bestimmung von Komplextönen darstellen würden (Teiltonphänomen). Mehrere Autoren, z. B. Bischoff Renninger et al. (2003; s. Abb. 2), finden sie jedoch auch bei der Vorgabe von Sinustönen (s. auch Takeuchi & Hulse, 1993, S. 349).

Als recht unbefriedigend hat sich die Suche nach geeigneten *Störbedingungen* zur „Löschung“ des Kurzzeitspeichers erwiesen. *Ohne* Störbedingung ist das Behalten einer Tonhöhe im Gedächtnis für Nicht-AH problemlos für mindestens 5 min, teils wahrscheinlich für bis zu 30 min möglich (Rakowski & Morawska-Büngeler, 1987). Das bedeutet, dass ohne Störsignal schon die Darbietung eines einzelnen Tones genügt, um die auditorische *tabula rasa* nachhaltig zu belegen. Bei Kenntnis des Anfangstones kann es bei gutem RG in der Folge zu hohen Identifikationsraten kommen. Dergleichen sollte allerdings aus *sequenziellen Mustern* von in sich richtigen, durch früher oder später unterlaufende Fehler jedoch systematisch verschobenen Antwortvektoren ersichtlich sein. Störaufgaben nutzen meist musikalische oder verbale Interferenz: beispielsweise zwischengeschaltete Akkordmodulationen durch verschiedene Tonarten (Stumpf, 1883), Zwölftonsequenzen (Marvin & Brinkmann, 2000), Vergleichsaufgaben anhand unmelodiöser Viertonsequenzen (Hurni-Schlegel & Lang, 1978), die aktive Imitation einer unregelmäßig frequenzmodulierten Störsirene auf einem Tongenerator (Tautenhahn, 1976) oder das Nachsprechen von Texten. Obgleich tonale Störbedingungen die Leistung stärker mindern als verbale, ist ihre Wirksamkeit individuell und situativ sehr verschieden.

Einen „immunisierenden“ Einwand contra strikte Testung unter Verwendung effizienter Störbedingungen hat Burge (1981) parat, der darauf hinweist, dass intensive Störreize das noch instabile, sensible Chromagefühl des angehenden AHs beeinträchtigen können. Der letztlich einzige wirklich rigorose und zugleich unproblematische, aufwandshalber jedoch kaum je im großen Umfang eingesetzte Störfaktor zur Löschung der akuten tonalen Referenz ist die *Zeit* (Hall, 1982; s. Abschnitt 7.1.2).

Einige Methoden, wie jene von Lockhead und Byrd (1981), versuchen zu Gunsten der besseren Durchführbarkeit ganz ohne Störbedingung auszukommen: Durch die Vermeidung der Aufeinanderfolge proximaler Testtöne (planvoll gestreute Vorgabe aus mehreren Oktaven) wird die Nutzung RGs erschwert.



**Abbildung 2:**

Ergebnisse eines Screening-Tests auf AG für 16 Personen mit (AP1–AP8) bzw. ohne AG (RP1–RP8) gemäß Selbstbericht. Vorgabe pseudozufälliger Sequenzen von Sinustönen aus den 81 chromatischen Tönen von 63 bis 4.186 Hz (binaural per Kopfhörer). Nach 10 Übungsblöcken à 25 Tönen absolvierten die Teilnehmer 10 Testblöcke ohne Feedback. Die Gesamtprozedur nahm etwa 2 bis 3 h pro Person in Anspruch (kein Zeitlimit). Die Abszisse der Diagramme gibt die Urteilsabweichung vom jeweiligen Testton an (Beschriftung im Oktavabstand: 0 ... richtiger Ton, -1/1 ... eine Oktave zu tief/zu hoch, etc.). Die individuell häufigste Kategorie wurde auf den Wert 100 gesetzt, die anderen sind relativ dazu angegeben. Rechts oben der individuelle Prozentsatz richtiger Antworten; Oktav- und Halbtonfehler wurden als Treffer gewertet. Adaptiert nach Bischoff Renninger et al. (2003); Abdruck mit freundlicher Genehmigung.

Abbildung 2 zeigt die Resultate eines solchermaßen konzipierten Tests auf AG, durchgeführt bei Studierenden an der School of Music der Univ. of Illinois (Bischoff Renninger et al., 2003). Die individuellen Testleistungen sind als Diagramm der Abweichungen von den tatsächlichen Prüftönen dargestellt (s. Abbildungslegende). Zu beachten ist das aus den charakteristischen Oktavfehlern entstehende „Kammuster“ bei den AHn, verglichen zum um die richtige Antwort verteilten, aber Fehler unterschiedlicher Art und Größenordnung reflektierenden Glockenkurvenmuster für die Nicht-AH.

Die Ergebnisse demonstrieren anschaulich, dass Oktav- und Halbtonfehler auch (nach Meinung mancher Autoren sogar insbesondere) AHn höchsten Leistungsniveaus unterlaufen: Teilnehmer AP4 klassifizierte im strengen Sinne keinen einzigen Ton korrekt, erzielte bei Toleranz von Oktav- und Halbtonabweichungen jedoch eine perfekte Testleistung (Trefferquote 100 %A). Bemerkenswert ist auch das gute Abschneiden der Vergleichsgruppe (Musikstudenten ohne AG): Trotz höherer Fehlerzahl sind die Antworten meist annähernd normal um die *richtige Antwort* verteilt (nicht etwa gleichverteilt).

Die Leistungen liegen damit weit über der Zufallstrefferquote — richtige oder beinahe richtige Antworten überwiegen über unsystematische Fehlurteile. Dabei ist schwer zu separieren, wie viel von diesem Effekt auf Schwächen des Testverfahrens (unzureichende Ausschaltung RGs durch den „Oktavmix“) und wie viel auf Ansätze AGs in dieser Gruppe zurückzuführen ist. Einige der Leistungen, etwa jene von RP5 und RP6, wirken jedoch bereits eindeutig „AG-nahe“. Dies veranschaulicht die Problematik der Setzung strikter cut-off-Kriterien (dichotome Typisierung AH/Nicht-AH) und legt zumindest für Musiker ein „Kontinuumsmodell“ absoluter Hörleistungen nahe (s. Abschnitt 7).

Zur Erklärung *konsistenter* Halbtonfehler (einheitliche geringfügige Über- oder Unterschätzung der Tonhöhe) liegen mehrere Befunde vor. AG kann tages- und monatsrhythmischen Schwankungen (Wynn, 1971; ev. auch stressabhängig) ebenso wie langfristigen Veränderungen unterliegen und damit zu „Verstimmungen“ im Vergleich zur äußeren Referenz führen. Verschiebungen im Altersverlauf berichtet Vernon (1977), dessen „innerer Standard“ mit 52 Jahren um einen Halbton und mit 71 Jahren um einen Ganzton gestiegen war; als Ursache vermutet er einen altersbedingten Elastizitätsverlust der Basilmembran. In der Stichprobe von Baharloo et al. (1998) stellten 16 von insgesamt 20 AHn über 45 Jahren eine altersabhängige Verschiebung bis zu einem Halbton bei sich fest. Erhebungen zur dekadischen Veränderung AGs hat Wynn (1992, 1993) durchgeführt: Bei vier der fünf längsschnittlich untersuchten Personen (Produktionsmethode) traten Variationen in der internen Repräsentation des a«440 Hz) im Halbtonbereich auf; systematische Alterseffekte ließen sich hingegen nicht nachweisen.

Schließlich müsste ein ideales Testverfahren, wie eingangs erwähnt, Aspekten *imperfekter* Absoluthörleistungen gerecht werden (also in hierarchisch organisierten Subtests verschiedene Leistungsvarianten abdecken). Zu Modellen unterschiedlicher „Stufen“ partiellen AGs siehe Abschnitt 7.1. Ein wesentliches Bei-spiel wäre die *Klangfarbenabhängigkeit* AGs (Takeuchi & Hulse, 1993, S. 350 f.; Ward, 1999, S. 271). Häufig treten auch Effekte der *Tonklasse* auf: Befunde zur erleichterten Erkennung „weißer Tasten“ (diatonische Töne ohne #- oder b-Vorzeichen) werden oft mit der häufigeren Exposition mit zentralen (im Quintenzirkel C-nahen) Tonarten von Kindheit an in Verbindung gebracht (Miyazaki, 1990). Auch Takeuchi und Hulse (1991) finden verlangsamte und schwächere Leistungen bei der Absolutidentifikation „schwarzer“ Töne. Sie vermuten jedoch zusätzlich einen Antworteffekt auf Grund der von der Diatonik abgeleiteten Benennung dieser Tonstufen, die einen zusätzlichen mentalen Transformationsschritt impliziert.

Generell dürfte die Auflösung der internen „Repräsentationsskala“ bei AHn den chromatischen Skalentönen entsprechen (Konzept der Kategorisierung und Enkodierung über verbale Etikettierung; Siegel, 1974; Siegel & Siegel, 1977; zu multiplen Enkodierstrategien dagegen Zatorre & Beckett, 1989; vgl. auch Abschnitt 3). Das *verbal labeling*-Modell besagt, dass Tonstufen, für die kein eigener Name existiert (z. B. ein „zu hohes e“), in abgeleiteter Form und nicht in einer distinkten Absolutkategorie (etwa „ei“) klassifiziert und erinnert werden. Das bedeutet nicht, dass Absoluturteile für feinere Abstufungen, z. B. die absolute Unterscheidung von Viertelönen, unmöglich wären; sie dürften allerdings auch perfekten AHn schwer fallen (s. Ward, 1999, S. 273 f., 275 ff.).

Von psychophysischem Interesse wären hier komparative Befunde von AHn aus an-deren Musikethnien; insbesondere solchen, die auch mikrotonale Tonsysteme verwenden. Abschließend ist festzuhalten, dass AH Tonhöhen nicht feiner oder sensibler differenzieren als Personen ohne AG: Die diesbezüglichen Unterschiedsschwellen sind für AH, Musiker und Nichtmusiker im Wesentlichen gleich (Vangenot, 2000; vgl. historisch Seashore, 1938; Neu, 1947).

## 6 Nutzen und Kehrseiten AGs

Allgemein stellt sich die Frage nach der *Bedeutung* AGs für Musikrezeption und -performanz. Trotz der umfangreichen Literatur zum AG-Erwerb besteht keine Einhelligkeit darüber, ob die Fähigkeit den Aufwand wert und uneingeschränkt erstrebenswert ist (vgl. Ward, 1999, S. 289 ff.). Einzelne Autoren, und insbesondere Burge (1981) mit seinem kommerziell vertriebenen Trainingsprogramm, vertreten die Auffassung, dass AG ein intensiveres, nuancenreicheres und interessanteres Musikerleben mit sich brächte. In der neueren Literatur wird dieser Standpunkt mehrheitlich nicht geteilt. Vangenot (2000) betont, dass gerade das abendländische Musiksystem mit seiner melodisch-harmonischen Konzeptualisierung rein auf RG beruht. Theorien zum Zusammenhang mit früher musikalischer Übung und kognitiven Stilen lassen den provokanten Schluss zu, dass die Leistung eher ein *en passant* ausgeprägtes akzessorisches „Nebenprodukt“ als eine musikalisch essenzielle Errungenschaft darstellt. Biographien von Musikern mit und ohne AG zeigen, dass AG — von nativistischer Seite ursprünglich als *facultas regia* musikalischer Qualifikation dargestellt — nicht notwendig (geschweige denn hinreichend), und auch nicht notwendigerweise besonders nützlich, für „musikalischen Erfolg“ ist: Die Alternative zu AG ist eben keineswegs, wie in einem klassischen Musikerscherz nahegelegt, „absolut kein Gehör“. Nichtsdestominder würden die meisten Musiker, wenn die gute Fee käme um Gaben zu verteilen, AG begeistert annehmen — schon allein um zu wissen, *wie es ist*, absolut zu hören.

Moreno und Descombes (1997) führten eine Internet-Umfrage zu Vor- und Nachteilen AGs durch (N=241). Neben musikalischen Vorzügen — etwa referenzfreies Stimmen oder Erleichterungen bei Vom-Blatt-Singen, Improvisation und Spielen nach Gehör — wurden auch angenehme Nebeneffekte wie „Freunde beeindrucken“ genannt. Der am häufigsten erwähnte Nachteil war Irritation durch unexakte Stimmungen, gefolgt von Problemen im Zusammenhang mit Transpositionen (aktiv und passiv). Angesichts des geringen Anteils echter AH unter den Respondenten dürfte die Studie allerdings vorwiegend „soziale Repräsentationen“ AGs abbilden.

Eine Reihe raffinierter Experimente zu potenziellen *Nachteilen* AGs hat Miyazaki (1992, 1993, 1995) durchgeführt. Hierfür wurden u. a. um Vierteltöne (50 Cents) und kleinere Abweichungen (30 oder 16 Cents) verstimmte Ausgangstöne verwendet, um zu demonstrieren, dass AG bei abweichender Stimmung oder unexakter Intonation ein Handicap für Intervallurteile darstellen kann. Viele der AH waren Relativhörer bei solchen Aufgaben unterlegen, da sie die verstimmten Stimuli erst in die richtigen Tonklassen umdenken mussten (Zusammenfassung bei Burns, 1999, S. 237 f.; Ward, 1999, S. 291 f.).

In der Musikpraxis hängt der potenzielle Nutzen AGs von der Art der Tätigkeit ab. Praktische Vorteile erwachsen vorwiegend für Komponisten (spontane Notation in der richtigen Tonart), Dirigenten, Sänger (freier Einsatz; Ausführung freitonaler Werke) sowie eventuell für Paukisten (Umstimmen des Instruments im Stückverlauf).

Demgegenüber stehen Berichte zu Schattenseiten der Fähigkeit; an erster Stelle die vorwiegend anekdotischen Beschreibungen der Qualen, die inexakt gestimmte Musik verursachen kann. Irritationen können sich auch bei etwa für Korrepetitoren unabdingbaren Transpositionen ergeben (das Stück „liest sich“ in den Noten als D-Dur, klingt aber in H-Dur) — ein Problem, mit dem die (rare?) AH unter den Spielern transponierender Blasinstrumente übrigens permanent konfrontiert sein müssen. Ähnliche „Beschwerden“ können auch beim Spielen von Barockinstrumenten auftreten, die üblicherweise nach der historischen Stimmung von  $a'=415$  Hz reguliert werden. Die subjektiven Beschreibungen von AHn fallen hier sehr verschieden aus: Zuweilen wird über die rasche und flexible Anpassung des internen Standards gemäß der jeweiligen Stimmung (entsprechend einer kleinen Adjustierungsrotation der Tonhelix) oder über „duales AG“ für zwei verschiedene Standards berichtet.

Obwohl die Vorteile AGs insgesamt deutlich überwiegen dürften, ist die Fähigkeit stets im konkreten musikalischen Kontext zu sehen: AG kann, muss aber nicht nützlich sein; es kann gelegentlich als Hilfsmittel eingesetzt werden und in anderen Zusammenhängen stören. Musikalische Superiorität oder Inferiorität lässt sich aus dem „to have or not to have“ AGs — über seine hohe Korrelation mit frühem musikalischem Expertiseerwerb hinaus — jedoch nicht ableiten.

## 7 AG als Kontinuumsleistung

Aus Abschnitt 5 wurde deutlich, dass Schätzungen der Inzidenz AGs von der gesetzten Leistungsschwelle, also von unterschiedlichen *Einschlusskriterien* abhängen. Das wirft die Frage auf, ob die traditionelle, den alten Hereditätstheorien entsprungene schwarz/weiß-Klassifikation in AH versus Nicht-AH Sinn macht, oder ob das Spektrum beobachtbarer Leistungen nicht adäquater durch ein *Kontinuumsmodell* AGs zu beschreiben wäre. Die Fähigkeit kann danach unterschiedliche (wahrscheinlich mehrdimensionale) Ausprägungsgrade, von absent über rudimentär und partiell bis perfekt, erreichen; ihr Vorhandensein wird aber auch dem Individuum selbst erst ab Überschreitung eines gewissen Limes der Urteilssicherheit bewusst.

Um der Frage der Populationsverteilung absoluter Hörleistungen näher auf den Grund zu gehen, führten Hurni-Schlegel und Lang (1978) eine Prävalenzstudie bei einer repräsentativen Stichprobe von 20 Berner Schulklassen (451 Schüler und Schülerinnen aus der Gymnasialunterstufe) sowie bei 80 Studierenden des Musikonservatoriums (Altersmittel 21 Jahren) durch. Als Testmaterial verwendeten sie Sinusoidtöne aus der eingestrichenen Oktave, getrennt durch Störaufgaben (Auswertung mit Halbtonfehlertoleranz). Die gefundenen Verteilungen sprechen gegen distinkte „Typen“ und für ein Kontinuum AGs: Die Schülergruppe zeigte keine bimodale, sondern eine linkssteil-unimodale Leistungsverteilung im vorgegebenen Test; die Musikstudierenden ließen eine an-nähernde Gleichverteilung von 40—100 % Trefferquote erkennen. Dieser Befund krankt jedoch an einem potenziellen *Mess-* bzw. *Validitätsproblem*: Unimodal ist naturgemäß nur die Verteilung dessen, was mit dem eingesetzten Test tatsächlich erfasst wurde. Die Verwendung von Testtönen aus nur einer Oktave ist trotz Störbedingung nur bedingt geeignet, um nicht-absolute Hinweisreize verlässlich auszuschalten. Hinzu kommt, dass die Schülerstichprobe gar keine AH nach „anspruchsvoller“ Definition zu enthalten schien (was auf Grund der geschätzten Prävalenzraten bei Nicht-Musikern nicht weiter verwunderlich ist; vgl. Abschnitt 1.1).

Entgegen der Auslegung, dass die beobachtete stetige Verteilung AG in verschiedensten Ausprägungsgraden abbilden würde, lässt sich das gefundene Leistungskontinuum also im wesentlichen auch als durch RG und andere Konfundierungsaspekte unterstützte *Rateverteilung* interpretieren. Für ein Testmanko sprechen neben der schlechten Retest-Reliabilität (Hurni-Schlegel & Lang, 1978, S. 274 f.) auch die von der Literatur abweichenden erklecklichen Trainingserfolge 11- bis 15-Jähriger selbst bei geringem Trainingsaufwand. Empirische Einwände bringt Barkowsky (1992): Seine — hinsichtlich des Theorieteils allerdings ebenfalls diskussionswürdige — Studie erzielte bei 120 Musikstudenten plus 10 AHn eine deutliche Separation von AHn versus Nicht-AHn auf Basis verschiedener Testbedingungen in der Tradition von Lockheed und Byrd (1981).

Die *Distinktivität* der Leistungen von AHn ist also nach wie vor Gegenstand von Diskussionen. Vor allem in Musikerstichproben werden immer wieder *fließende* Übergänge von ansatzweisem zu perfektem AG gefunden (vgl. Abb. 2), wobei die Selbsteinschätzung der jeweiligen Personen oft einen unzureichenden Leistungsindikator darstellt. Bei Vorliegen valider Leistungsmessungen sollte sich die tatsächliche Verteilung absoluter Hörleistungen, und damit die Frage der Zulänglichkeit von Typologisierungen (anstelle einer kontinuierlichen Fähigkeitsdimension), anhand von *Mischverteilungsmodellen* prüfen lassen. Obgleich sich „mit freiem Auge sichtbare“ Bimodalität im Mischverteilungsfall für Normalverteilungen erst ab einer Mittelwertdifferenz von zweimal der kleineren Standardabweichung einstellen kann (Everitt & Hand, 1981; Erdfelder, 1990), sollte genau das in Anbetracht der erwarteten Leistungsunterschiede bei Gültigkeit eines klaren und trennscharfen „AH versus Nicht-AH“-Modells tatsächlich der Fall sein.

Im Einklang mit der Kontinuumsidee stehen Konzepte verschiedener *Stufen* AGs (vgl. Abschnitt 5). Abseits einer perfekten Inkarnation der Leistung werden dabei auf bestimmte Bedingungen, z. B. Tonbereiche, Instrumente oder Darbietungsumstände beschränkte Teilleistungen verstanden. Das Leistungsspektrum würde demnach von timbreabhängiger und bereichslimitierter passiver Tonidentifikation bis zu universell-spektraler aktiver Tonproduktion reichen. Zugleich sollen solche Modelle Personen mit dem Vermögen zu einer überzufälligen, von einer echten *Sicherheit* der Benennung aber weit entfernten Tonhöhenbestimmung gerecht werden.

Stufenmodelle werden insbesondere im Zusammenhang mit Trainingsansätzen propagiert. Burge (1981, S. 28 f.) legt einen Weg von der ersten Wahrnehmung tonchromatischer Aspekte über die absolute Tonunterscheidung auf dem eigenen Instrument in eingeschränkten *Lagen* bis zur universellen, imaginativen und stimmlichen absoluten Produktion nahe. Taneda und Taneda (1993) skizzieren 10 Entwicklungsstadien von der Absolutidentifikation eines bestimmten Tones (oft c' oder a') über Erkennung der C-Dur-Töne in einem engen Bereich, Erkennung aller C-Dur-Töne, konditionsbedingtem AG und klangfarbenbedingtem AG bis zu vollständigem und schließlich vollständigem aktivem AG. Wie bei Burge (1981) wird also auch hier, gedächtnispsychologisch durchaus schlüssig (evozierte Rekognition versus aktive Reproduktion), die absolute Produktion als Königsdisziplin angesehen. In beiden Fällen handelt es sich notabene um pädagogisch „postulierte“ Stufenmodelle mit nur losen Bezügen zur (diesbezüglich spärlichen) empirischen Forschungsliteratur.

Wie auch in anderen Bereichen der Entwicklungspsychologie und der Fähigkeitsdiagnostik stellt sich die konzeptuelle Frage, ob Stufenmodelle das zu Grunde liegende Phänomen zufriedenstellend abbilden. Eine strikte und einheitliche *Hierarchie* solcher Stufen (im Sinne einer deterministischen Guttman-Skalierung oder eines schrittweisen Ablaufzwangs der Entwicklung) ist unwahrscheinlich; zudem werden die vermuteten Stadien keineswegs äquidistant sein. Diesen Aspekten mögen mehrdimensionale trait-Modelle der Fähigkeitsausprägung besser Rechnung tragen.

Jedenfalls liegt die Vermutung einer hohen positiven Korrelation verschiedener Leistungsaspekte nahe: Nach Takeuchi und Hulse (1993) urteilen AH mit besonders früher Übungsbiographie nicht nur akkurater, sie verfügen auch eher über aktives AG und sind weniger von bestimmten Klangfarben abhängig.

## 7.1 Latentes AG

Weitere Evidenz zu Gunsten einer Kontinuumssicht liefern Berichte zu rudimentären Ansätzen bzw. Resten AGs, die den untersuchten Personen oft nicht bewusst sind (*residual AP*, Takeuchi & Hulse, 1993; *vestigial AI'* Ward, 1999). Im vorliegenden Beitrag werden solche Phänomene als *rudimentäres* oder *latentes AG* bezeichnet.

### 7.1.1 „Key colors lost“. Das Verschwinden der Tonartencharakteristik

Ein bemerkenswertes Beispiel latenten AGs sind Phänomene der *Tonartenerkennung* (Unterscheidung der Originaltonart von Transpositionen). Bis in unsere heutige Zeit rankt sich der Glaube an sogenannte *Tonartencharakteristiken* (engl. *key colors*), an spezifische Klangeigenheiten in Abhängigkeit von der gewählten Tonart. Weshalb stehen bestimmte Stücke in bestimmten Tonarten?

Klingt dasselbe Stück in verschiedenen Tonarten wirklich unterschiedlich, und können Nicht-AH das auch erkennen? Historische Stimmungssysteme hatten tatsächlich objektive Unterschiede zwischen verschiedenen Tonarten bedingt, die heute allerdings passt sind. Zum besseren Verständnis muss hier etwas weiter ausgeholt werden (vgl. auch Vitouch, 1999a, S. 611 ff.).

Die Geschichte musikalischer *Stimmungen* (Überblick bei Auhagen, 1998) reicht von der reinen über mitteltönige und verschieden temperierte Stimmungen bis zur *gleichstufig temperierten* Stimmung (GTS). Während die reine Stimmung für die Grundstufe einer bestimmten Tonart den theoretischen Idealzustand herstellt (perfekte Intervallrelationen), führt sie auf fix intonierten Tasteninstrumenten auf anderen Stufen und in anderen Tonarten, im Grade ihrer Entfernung im Quintenzirkel, zu argen Missklängen. Temperierte (ausgleichende) Stimmungen sind Kompromissstimmungen, die das Spiel in mehreren Tonarten ermöglichen. In der heute gebräuchlichen GTS (*equal temperament*) sind alle Halbtonschritte identisch (äquidistant; exakt 100 Cents): Um den Preis nicht optimal reiner und schwebungsfreier Intervalle erlaubt sie das — spätestens seit der „chromatisierenden“ Harmonieentwicklung der Romantik unerlässliche — gleichberechtigte Spielen und freie Modulieren auf dem Klavier in sämtlichen chromatischen Tonarten. J. S. Bachs *Wohltemperiertes Klavier* (1722) nutzt erstmals systematisch die neuen Möglichkeiten temperierter Stimmungen (nach Werckmeister). Für temperierte, aber noch nicht *gleichstufig* temperierte Stimmung geschrieben, macht das Werk ursprünglich noch von den spezifischen Stimmungsnuancen und „Farben“ Gebrauch, die sich aus der stärkeren „Reibung“ der geringfügig verstimmtten Intervalle in vorzeichenreichen Tonarten ergeben. Diese in der mitteltönigen Stimmung objektiv präsenten (Verbindungen zur musikalischen Affektenlehre des Barock), auch in nicht-gleichstufigen Temperaturen noch in Spuren vorhandenen Tonartencharakteristiken müssen jedoch, wie bereits von Helmholtz (1863) festgehalten, in der egalitären GTS endgültig *verschwinden*. In der Praxis hat sich die GTS, auch aus technischen Gründen, allerdings erst sehr spät, endgültig wohl erst zu Beginn des 20. Jhdts., umfassend durchgesetzt (Jorgensen, 1991).

Jorgenson (1991, S. 9) fasst prägnant zusammen, wodurch die moderne GTS charakterisiert ist und warum sie keinen Platz mehr für Tonartencharakteristiken lässt:

„All semitones in equal temperament are exactly the same size. It is an *unrestrictive* temperament because modulation through all the keys is free from wolf intervals [„heulende“ Intervalle, z. B. die „Wolfsquinte“ *gis-dis* in mitteltöniger Stimmung; Anm. 0V]. It is a *regular* temperament because all the fifths are exactly the same size. It is a *circulating temperament* because if one progresses through a series of twelve fifths from a starting note and then transposes downward seven octaves, one arrives back at the beginning note [es tritt kein pythagoräisches Komma auf; 0V]. [...] Thus, equal temperament is an unrestrictive, regular, circulating temperament. It contains no key-coloring and therefore the ‚characters of key‘ cannot exist. There is no tonality.“

Wenn Stücke vom Komponisten bewusst in einer bestimmten Tonart gesetzt wurden, ist es dann legitim, sie bei Bedarf einfach zu transponieren? Die puristische Standardantwort lautet „nein“. De facto wird dabei aber nicht nur die historische Bedeutung der Tonartenwahl überschätzt (vielfach gab schlicht die bessere Spielbarkeit den Ausschlag), sondern vor allem ignoriert, dass die Wahl der Tonart in der modernen GTS *keinen Unterschied* mehr macht (stimmungsbedingte Tonartenäquivalenz):

Die Tonartencharakteristiken sind verschwunden, der einzige verbleibende Unterschied zwischen den Tonarten liegt in deren *absoluter Tonhöhe*.

Trotzdem wird in der Musikwelt auch heute noch häufig, meist ohne nähere Begründung, davon ausgegangen, dass charakteristische Tonartenunterschiede bestünden. Veranschaulichen lässt sich das etwa an der klassischen Konzertführer-Anekdote um Franz Schuberts Impromptu in Ges-Dur, op. 90 No. 3 (D 899/3): Der marktbewusste Verleger hatte sich an den sechs b-Vorzeichen des ansonsten hirverdächtigen Stücks gestoßen, um den Absatz bei den zahlungskräftigsten Abnehmern (C-Dur-verwöhnte höhere Töchter aus den bürgerlichen Wiener Salons) gefürchtet und die Pike kurzerhand nach G-Dur transponiert. Tatsächlich lag das Impromptu nun, auf den weißen Tasten, im Hinblick auf Handhaltung und Fingerstellung für die perlende Sextolen-Begleitung spieltechnisch schlechter; es war aber besser lesbar und damit schneller klimperbar. Der *Harenberg Klaviermusikführer* (Rueger, 1998) serviert die folgende implizite *key color-Story*:

„Auf Drängen des Verlegers Haslinger [...] stimmte Schubert einer Transposition ins leichtere G-Dur zu. So erschien das Stück in der Erstausgabe tatsächlich in G-Dur. Auch heute gibt es noch Ausgaben mit dieser erleichterten Fassung. Für den Spieler macht es aus grifftechnischen wie aus optischen Gründen durchaus einen beachtlichen Unterschied: Ges-Dur ‚sieht‘ dunkler, weicher aus und löst völlig gegensätzliche Assoziationen aus als das helle, vordergründige G-Dur.“ (S. 766)

Woher rührt dieser Unterschied, warum „sieht“ Ges-Dur weicher, gar „völlig gegensätzlich“ aus? Weil Komponisten „weiche“ Stücke typischerweise in b-Tonarten setzen (und sich diese, man denke an die Werke Chopins, weicher spielen)? *Warum* klingt Ges-Dur anders als G-Dur — und tut sie das, über den Einfluss der Handhaltung hinaus, auch auf einem modernen, gleichstufig temperierten Klavier?

Sind Transpositionen also prinzipiell abzulehnen, weil der Wille des Komponisten in klangalterierender Weise verletzt ist? Abgesehen vom musikalischen Kontext (relationale Tonartenfolge im Impromptu-Zyklus), wenn man das Stück also für sich allein betrachtet, ist die nüchterne Antwort nein. In der GTS sind Tonarten beliebig austauschbar. Das Impromptu liegt in G-Dur zwar spielmotorisch schlechter (ein klangrelevanter Aspekt); bei Ausräumung dieser manuellen Unterschiede *kann* jedoch keine Differenz mehr bestehen — *es sei denn* im Zusammenhang mit AG.

Jorgenson (1991, S. 518) vermutet einen Tonfarben-Atavismus wie folgt:

„Existence of the characters of keys in the twentieth century is psychological. [...] lovers of keyboard music have been environmentally conditioned to associate certain eighteenth-century expressive effects, feelings and emotions with specific keys. This, coupled with a minimum sense of absolute pitch, causes some musicians of today to declare that they still hear the eighteenth-century characters of the keys.”

Ein zusätzliches Argument für die Unzugänglichkeit „originaler“, dem Stück potenziell zugedachter *key colors* liegt in der historischen Veränderung der *Stimmhöhe*. Die musikalische Stimmung zeigte historisch nicht nur beachtliche regionale und zeitliche Fluktuation (dafür bürgen u. a. alte Orgelpfeifen und Stimmgabeln; vgl. die Pionierarbeiten von A. J. Ellis), sondern auch einen systematischen Trend zur Erhöhung (Brüderlin, 1983, S. 42; Heyde, 1987, S. 5 f.): vom „Renaissance- und Barock-A“ mit etwa  $a' = 415$  Hz (jedoch mit lokalen Abweichungen bis zu 466 Hz) über die erste offizielle Festlegung 1752 in Berlin auf 422 Hz bis zum modernen „Normalton“ der Londoner Stimmkonferenz von 1937 mit 440 Hz und den üblichen Augmentationen im Namen der Klangbrillanz durch verschiedene Orchester, z. B. die Wiener Philharmoniker, bis etwa 445 Hz. Unsere heutige C-Dur unterscheidet sich von jener Bachs, Händels, Haydns und Mozarts um nahezu einen Halbton (klingt also in der vormaligen Cis-Dur). Schon zu ihrer Blütezeit waren die Tonartencharakteristiken höchst uneinheitlich, ja teilweise grob widersprüchlich gebraucht bzw. individuell erlebt und beschrieben worden (Auhagen, 1983). Darüber hinaus können sie angesichts des Stimmungsanstiegs heute gar nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form existieren.

Tonartencharakteristische Klangeindrücke können sich also aus nicht-gleichstufiger Stimmung, aus spieltechnischen Besonderheiten und/oder aus einem möglichen *AG für Tonarten* ergeben. Will man annehmen, dass „Durchschnittshörer“ tatsächlich in der Lage sind, in verschiedenen Tonarten gebotene, ansonsten aber *identische* Versionen desselben Stückes im Blindversuch auseinander zu halten, so findet man sich bei einer impliziten *Kontinuumshypothese* wieder: Bei Ausschaltung aller Störvariablen muss es sich bei einer solchen Leistung um rudimentäres AG handeln — um ein „Langzeitgedächtnis für Tonarten“ oder eine „Chroma-Erkennung von Tonarten“ auch bei Nicht-AHn, um eine schwache, passive und wenig bewusste Variante AGs (vgl. Deutsch, 1999; Krumhansl, 2000; Takeuchi & Hulse, 1993; Ward, 1999). Wie häufig tritt diese Fähigkeit zur Tonartenerkennung in einem kontrollierten Experiment auf — existiert ein latentes „AG für jedermann“ in Form eines ansatzweisen Unterscheidungsvermögens für Tonarten?

### 7.1.2 Absolute Tonalität

Mittlerweile liegen mehrere empirische Annäherungen an das Phänomen *absoluter Tonalität* (AT) vor (Begriff nach Terhardt & Ward, 1982; frühe, methodisch unzureichende Untersuchung von Corso, 1957). Prinzipiell lassen sich dabei Untersuchungen *passiver* versus *aktiver* AT (Tonartenerkennung versus -produktion) unterscheiden.

In Studien zur passiven AT gaben Terhardt und Ward (1982) und Terhardt und \*Seewann (1983) Musikstudenten ohne AG Stimulus-Serien vor, die aus den 12 Dur-Präludien des *Wohltemperierten Klaviers* zusammengestellt waren. Die präsentierten Stückanfänge (4 bis 5 s) standen entweder in der Originaltonart oder waren um verschiedene Intervalle ( $\pm 1, 4, 6, 7$  Halbtöne) transponiert. Überraschenderweise war ein großer Teil der Versuchspersonen in der Lage, selbst Transpositionen um nur *einen Halbton* überzufällig gut von der Originalversion zu unterscheiden.

Das Untersuchungsdesign wirft allerdings einige Konfundierungsprobleme auf: Zwischen die einzelnen Stückanfänge wurden keine Störbedingungen geschaltet; die Teilnehmer hatten für ihre Vergleichsurteile

(zu tief, zu hoch oder stimmig) sogar die jeweilige Notation in der Originaltonart zur Verfügung, wodurch komplexe relative Abhängigkeiten zwischen den Durchgängen entstehen. Zudem wurden die transponierten Versionen durch separate Einspielung M. Seewanns (Terhardt & Ward, 1982; mögliche spielmotorische Effekte) bzw. durch Veränderung der Laufgeschwindigkeit langsamer oder rascher eingespielter Bandaufnahmen (Terhardt & Seewann, 1983) erzeugt. Es ist daher schwer zu beurteilen, inwieweit auch nicht-absolute Antwortstrategien mit im Spiel waren. Über die diesbezüglich teils kritischen Ergebnisse einer nur als Kongressbeitrag erschienenen Folgestudie berichtet Ward (1999, S. 287 f).

Nun zur aktiven AT, dem Imaginieren von Tonhöhen. Halpern (1989) und Bergeson und Trehub (2002) stellten fest, dass Personen beim Singen oder Summen bekannter Lieder auch über mehrere Tage hinweg hohe Konsistenz in der Wahl des Beginntones zeigen. Diese Befunde lassen sich allerdings ebenso gut aus der konstant bevorzugten jeweiligen Stimmlage erklären. Stärkere Indizien für eine latente auditorische Absolutepräsentation liefert die Studie von Levitin (1994): Seine 46 Teilnehmer sollten aus 58 CDs mit Pop- oder Rocksongs, die allem Ermessen nach nur in der Originalversion existierten, einen ihnen gut bekannten Track auswählen und spontan ansingen. Die Analyse der DAT-Aufnahmen ergab, dass die produzierten Tonhöhen nicht zufällig (Gleichverteilung), sondern systematisch um die richtige Tonhöhe verteilt waren — die Ur-teile kamen also in guter Annäherung an die Originaltonart heran. Obwohl in geringerem Maße als bei Halpern (1989), sind auch hier stimmliche Einflüsse nicht auszuschließen: Popnummern sind meist auf zentrale Lagen und vorzeichenarme Tonarten beschränkt und werden oft mitgesungen. Hohe Genauigkeit des Gedächtnisses für Stimmbandspannung und Kehlkopfstellung demonstrierte Wallace (1985), dessen Versuchspersonen nach einem Sensibilitätstraining 90 Identifikationsrate bei Zufallstönen erzielten. Das (üblicherweise implizite) propriozeptiv-kinästhetische Gedächtnis stellt damit einen zusätzlichen Störfaktor für die Testung AGs dar, der die „wasserdichte“ Untersuchung aktiver AT wesentlich erschwert.

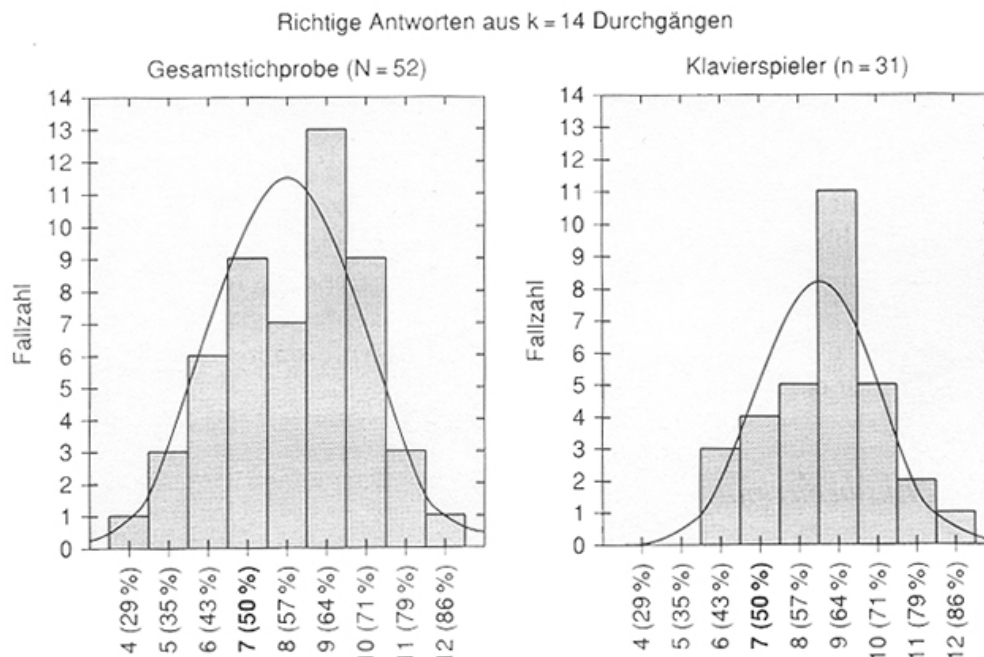
Levitin (1997a) führte eine Studie zur Produktion *fokaler Tonhöhen* durch. Er ging von der Idee aus, dass die in der heutigen Standardstimmung von  $a'=440$  Hz gebräuchlichen Tonstufen auf Grund allgegenwärtiger Stimulation auch im Gedächtnis von Nicht-AHn latent verankert sein müssten. Die musikalisch gebräuchlichen Tonhöhen — z. B. 440, 466,16 und 493,88 Hz für  $a'$ ,  $b'$  und  $b'$  — sollten demnach bei spontaner Produktion häufiger getroffen werden als die dazwischen liegenden Mikrotöne. Diese Hypothese fand nur eingeschränkt Bestätigung: In der Produktion über den Drehregler eines Tonhöhengenerators, nicht aber beim Ansingen, fanden sich häufigere Besetzungen „auf als „zwischen“ den gebräuchlichen Tonhöhen. Ein unabhängiger Replikationsversuch (Ian Cross, Univ. of Cambridge) erbrachte ein genau gegenläufiges Resultat (Unterbesetzung der fokalen Töne; Levitin, 1997b). Ward (1999, S. 288) fand bei stimmlicher Produktion im längsschnittlichen Selbstversuch keinerlei diskrete Klassen der Tonproduktion, sondern Gleichverteilung über alle 10-Cent-Stufen zwischen den fokalen Tonkategorien.

In Summe lässt die bisherige Befundlage zur AT keine klare Interpretation im Sinne latenten AGs zu. Die Ergebnisse verschiedener Studien deuten zwar in die gleiche Richtung; jede der genannten Untersuchungen hat jedoch auf Grund der Tücke des Untersuchungsgegenstandes mit Konfundierungsvorbehalten zu kämpfen.

Eine methodisch verfeinerte Untersuchung zur *passiven* AT haben Vitouch und Gaugusch (2000) vorgestellt. Aufgabe der Versuchspersonen war die Unterscheidung zweier hinsichtlich ihrer Tonhöhe unmittelbar benachbarter, hinsichtlich potenzieller Tonartencharakteristiken hingegen maximal distanter Tonarten (C- versus Cis-Dur; zur perzeptuellen Nähe bzw. Distanz von Tonarten s. kontroversiell Takeuchi & Hulse, 1992; van Egmond & Povel, 1994; Takeuchi, 1994; Überblick bei Deutsch, 1999, S. 360).

Ein wesentliches Element war die „identische Replikation“ des verwendeten Stückes in einer anderen Tonart: Über den Transpositionsmodus eines Digitalklaviers (Yamaha Clavinova CLP-840) wurde eine

Digitalaufnahme des ersten Präludiums aus dem *Wohltemperierten Klavier* von C-Dur nach Cis-Dur kopiert. Der zweite wesentliche Studienbau-stein war die Wahl der *Zeit* als der einzigen mit Sicherheit validen Störbedingung zur Löschung tonaler Referenzen im Kurzzeitgedächtnis (vgl. Hall, 1982): Ein 24-stündiges Inter-Trial-Intervall, mit nur einem Versuchsdurchgang pro Tag, verhinderte den Einfluss relativer Hinweisreize im Versuchsverlauf. Die Versuchsteilnehmer waren N= 52 Nicht-AH, großteils Gymnasiasten im Alter von 17 bis 18 Jahren, denen das Stück aus eigener Hör- oder Spielerfahrung vertraut war. In Einzeltestungen erhielten die Teilnehmer über 14 Tage hinweg jeden Morgen eine der beiden Versionen des Präludiums dargeboten (Vorgabe über DAT-Recorder per Kopfhörer; 7 x C-, 7 x Cis- in Pseudo-Zufallsabfolge; Darbietungszeit ad lib.). Sie sollten auf einem Antwortblatt angeben, ob es sich um die Originaltonart (C-) oder die transponierte Version (Cis-) des Stückes handelte. Bei gänzlicher Absenz AGs sollte es den Teilnehmern nicht möglich sein, zwischen den allein in der Tonhöhe verschiedenen Versionen (1 Halbtonschritt) mit überzufälliger Treffersicherheit zu differenzieren. Die Ergebnisse der je 14 Versuchsdurchgänge sind in Abbildung 3 wiedergegeben.



**Abbildung 3:**

Trefferverteilung bei der absoluten Tonartenerkennung durch Nicht-AH (Zweiwahlentscheidung C- versus Cis-Dur). Links: Gesamtstichprobe; rechts: Personen mit Spielerfahrung. Die Zufallsquote liegt, auf Grund der 14 Versuchsdurchgänge im Tagesabstand, bei 7 Treffern. Adaptiert nach Vitouch und Gaugusch (2000).

Tatsächlich ergab sich selbst in diesem rigorosen Design ein kleiner, aber sehr stabiler AT Effekt. Mit im Durchschnitt 8,2 oder 59 % richtigen Antworten ( $s = 1,8$  od. 13%) zeigte die annähernd normale Trefferverteilung eine signifikante Abweichung von einer um 7 Treffer symmetrischen Rateverteilung ( $p < 0,001$ , Effektgröße  $\delta = 0,7$ ; linkes Diagramm). Die Teilgruppe der Personen mit eigener Spielerfahrung (rechtes Diagramm) schnitt mit 8,7 oder 62 % Treffern noch etwas besser ab ( $s = 1,5$  od. 11 %,  $8 = 1,1$ ;  $p = 0,017$  für den Gruppen-vergleich).

Über diesen Vertrautheits- oder Expertiseeffekt hinaus fanden sich keine leistungsmoderierenden Effekte, wie Übungseinflüsse (Durchgänge 1 bis 7 versus 8 bis 14,  $p = 0,54$ ) oder systematische Antwortpräferenzen (z. B. für die „weiße“ Tonart; Miyazaki, 1988; Takeuchi & Hulse, 1991). Die Ergebnisse eines auf jeden Durchgang folgenden Kurzfragebogens zeigten, dass die subjektive Urteilssicherheit in der Regel gering war und wenig Aufschluss über die objektive Leistung gab, und dass kein Zusammenhang zwischen Leistung und subjektiven Bearbeitungsstrategien bestand.

Dieses Ergebnis deutet auf ansatzweise AT und damit auf *latentes AG* — in rudimentärer, imperfekter und weitgehend „unbewusster“ Form — zumindest bei Personen mit musikalischer Vorbildung hin. Abgesehen von einer wünschenswerten unabhängigen Replikation im Doppelblindversuch ist die Generalisierbarkeit dieses Befundes vorerst auf die geläufigste aller Tonarten, die omnipräsente C-Dur, beschränkt. Sollte sich diese Evidenz weiter erhärten und generalisieren lassen, so spräche dies deutlich gegen diskretisierende 0/1-Modelle und für eine Kontinuumsicht AGs.

## 8 Schlussbemerkung

Nach aktuellem Wissensstand ist die Absoluthörfähigkeit beim Menschen neuronal angelegt (kortikale Tonotopie; vermutlich plus förderungsabhängiger Ausprägung zusätzlicher Netzwerke) und durch entsprechende Lernerfahrungen bis etwa zum 5. bis 6. Lebensjahr entwickelbar (Entwicklung/Bewahrung des absoluten Hörens parallel zum relativen Kontur- und Intervallhören). Inwieweit die (erleichterte) Fähigkeitsausprägung einer individuell besonderen genetischen Basis bedarf, ist ungeklärt; ebenso, ob trotz eingeschränkter kortikaler Plastizität im Erwachsenenalter im Einzelfall doch noch maßgebliche und dauerhafte Fähigkeitsverbesserungen möglich sind. In rudimentärer Form dürfte AG hin-gegen wesentlich verbreiteter sein als lange Zeit vermutet. Von allgemeinem psychologischen Interesse ist der Bewusstseinsmechanismus, der Absoluthörern die phänomenale Erschließung der oktavzirkulären Tonklassen-/Tonhöheninformation ermöglicht (absolutes Tonchroma als in der infantilen Entwicklung ausgeprägte „zusätzliche“ auditorische Wahrnehmungsqualität?; funktionale Koppelung zwischen neuronalen Grundlagen und qualitativem Erlebnisinhalt).

## Danksagung

Die Vorarbeiten zu diesem Beitrag wurden maßgeblich unterstützt durch die zahlreichen Literaturhinweise von und Diskussionen mit Andrea Gaugusch und die hilfreiche Überlassung von Originalmaterialien durch Laura Bischoff Renninger. Für Kommentare im Detail danke ich Werner A. Deutsch, Judith Glück, Werner Goebel, Kathrin Hahn, Ulrich Hoffrage, John Hutchinson, Franz Mechsner, Tania Singer, Barbara Tillmann, Peter Todd und Erich Vanecek. Die Endfassung entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin (FB Adaptives Verhalten & Kognition; Gerd Gigerenzer).

## Literatur

- Abraham, O. (1901). Das absolute Tonbewußtsein. *Sammelbände der Internationalen Musikgesellschaft*, 3, 1-86.
- Agmon, E. (1997). „Octave equivalence“ versus „octave relatedness“: Circle versus helix; chord versus melody. In A. Gabrielsson (Ed.), *Proceedings of the Third Triennial ESCOM Conference* (pp. 122—127). Uppsala, Sweden: Uppsala Univ., Dept. of Psychology.
- Andres, K. (1985). *Stand in der Erforschung des Absoluten Gehörs — Die Funktion eines Langzeitgedächtnisses für Tonhöhen in der Musikwahrnehmung*. Bern: Unveröff. Dissertation der Univ. Bern.
- Auhagen, W. (1983). *Studien zur Tonartencharakteristik in theoretischen Schriften und Kompositionen von späten 17. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts*. Frankfurt a. M.: P. Lang.
- Auhagen, W. (1998). Stimmung und Temperatur. In L. Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* (2. Aufl., Sachteil, Bd. 8, Sp. 1831-1847). Kassel: Bärenreiter.
- Bachem, A. (1937). Various types of absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 9, 146-151.
- Bachem, A. (1940). The genesis of absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 11, 434-439.
- Bachem, A. (1948). Chroma fixation at the ends of the musical frequency scale. *Journal of the Acoustical Society of America*, 20, 704—705.
- Bachem, A. (1954). Time factors in relative and absolute pitch determination. *Journal of the Acoustical Society of America*, 26, 751—753.
- Bachem, A. (1955). Absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 1180—1185.
- Baharloo, S., Johnston, P.A., Service, S. K., Gitschier, J. & Freimer, N. B. (1998). Absolute pitch: An approach for identification of genetic and nongenetic components. *American Journal of Human Genetics*, 62, 224-231.
- Baharloo, S., Service, S. K., Risch, N., Gitschier, J. & Freimer, N. B. (2000). Familial aggregation of absolute pitch. *American Journal of Human Genetics*, 67, 755—758.
- Balzano, G. J. (1984). Absolute pitch and pure tone identification. *Journal of the Acoustical Society of America*, 75, 623—625.
- Barnea, A., Granot, R. & Pratt, H. (1994). Absolute pitch — electrophysiological evidence. *International Journal of Psychophysiology*, 16, 29—38.
- Barkowsky, J. (1992). Empirische Studie zum Vergleich von Absolut- und Relativhörern. In K. E. Behne, G. Kleinen & H. de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musikpsychologie: Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie* (Bd. 9, S. 65—81). Wilhelmshaven: Noetzel.
- Bergeson, T. R. & Trehub, S. E. (2002). Absolute pitch and tempo in mothers' songs to infants. *Psychological Science*, 13, 72—75.
- Bischoff Renninger, L., Granot, R. I. & Donchin, E. (2003). Absolute pitch and the P300 component of the event-related potential: An exploration of variables that may account for individual differences. *Music Perception*, 20, 357—382.
- Boggs, L. P. (1907). Studies in absolute pitch. *American Journal of Psychology*, 18, 194—205.
- Brady, P. T. (1970). Fixed-scale mechanism of absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 48, 883—887.
- Brentano, F. (1907). *Untersuchungen zur Sinnespsychologie*. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Brown, W. A., Sachs, H., Cammuso, K. & Folstein, S. E. (2002). Early musical training and absolute pitch. *Music Perception*, 19, 595—597.
- Brüderlin, R. (1983). *Akustik für Musiker* (3. Aufl.). Regensburg: Bosse.

Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.

Burge, D. (1981). *Perfect pitch: Color Kearing for expanded musical awareness*. Fairfield, IA: American Educational Music Publications.

Burns, E. M. (1999). Intervals, scales, and tuning. In D. Deutsch (Hrsg.), *The psychology of music* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 215—264). San Diego, CA: Academic Press.

Burns, E. M. & Campbell, S. L. (1994). Frequency and frequency-ratio resolution by possessors of absolute and relative pitch: Examples of categorical perception? *Journal of the Acoustical Society of America*, *96*, 2704—2719.

Cansino, S., Williamson, S. J. & Karton, D. (1994). Tonotopic organization of human auditory association cortex. *Brain Research*, *663*, 38—50.

Carroll, J. B. (1975). Speed and accuracy of absolute pitch judgments: Some latter day results. *Educational Testing Service Research Bulletin*, *35* (Princeton, NJ: ETS).

Carterette, E. C. & Kendall, R. A. (1999). Comparative music perception and cognition. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 725—791). San Diego, CA: Academic Press.

Chin, Ch. S. (1997). The development of absolute pitch. In A. Gabrielsson (Ed.), *Proceedings of the Third Triennial ESCOM Conference* (pp. 105—110). Uppsala, Sweden: Uppsala Univ., Dept. of Psychology.

Chocholle, R. (1966). Das Qualitätssystem des Gehörs. In W. Metzger & H. Erke (Hrsg.), *All-gemeine Psychologie: I. Der Aufbau des Erkennens — 1. Wahrnehmung und Bewußtsein* (Hand-buch der Psychologie, 1. Bd., 1. Halbbd., S. 192—220). Göttingen: Hogrefe.

Cohen, A.J. & Baird, K. (1990). Acquisition of absolute pitch: The question of critical periods. *Psychomusicology*, *9*, 31-37.

Copp, E. F. (1916). Musical ability. *Journal of Heredity*, *7*, 297—305.

Corliss, E. L. R. (1972). Remark an „Fixed-scale mechanism of absolute pitch” [Brady, 1970]. *Journal of the Acoustical Society of America*, *53*, 1737—1739.

Corso, J. F. (1957). Absolute judgments of musical tonality. *Journal of the Acoustical Society of America*, *29*, 138—144.

Crozier, J. B. (1997). Absolute pitch: Practice makes perfect, the earlier the better. *Psychology of Music*, *25*, 110-119.

Crummer, G. C., Walton, J. P., Wayman, J. W., Hantz, E. C. & Frisina, R. D. (1994). Neural processing of musical timbre by musicians, nonmusicians, and musicians possessing absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, *95*, 2720—2727.

Cuddy, L. L. (1968). Practice effects in the absolute judgement of pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, *43*, 1069—1076.

Cuddy, L. L. (1970). Training and the absolute identification of pitch. *Perception el Psychophysics*, *8*, 265-269.

Cuddy, L. L. (1971). Absolute judgment of musically-related pure tones. *Canadian Journal of Psychology*, *25*, 42—55.

Cynx, J. (1993). Auditory frequency generalization and a failure to find octave generalization in a songbird, the European starling (*Sturnus vulgaris*). *Journal of Comparative Psychology*, *107*, 140—146.

Cynx, J. (1995). Similarities in absolute and relative pitch perception in songbirds (starling and zebra finch) and a nonsongbird (pigeon). *Journal of Comparative Psychology*, *109*, 261—267.

Deutsch, D. (1969). Music recognition. *Psychological Review*, *76*, 300—307.

Deutsch, D. (1972). Octave generalization and tune recognition. *Perception er Psychophysics*, *11*, 411—412.

Deutsch, D. (1973). Octave generalization of specific interference effects in memory for tonal pitch. *Perception ~r Psychophysics*, *13*, 271—275.

Deutsch, D. (1999). The processing of pitch combinations. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 349-411). San Diego, CA: Academic Press.

Donchin, E. (1981). Surprise! ... Surprise? *Psychophysiology*, *18*, 493—513.

Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.

- Donchin, E. & Coles, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 355—425.
- Dowling, W. J. (1978). Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies. *Psychological Review*, 85, 341—354.
- Dowling, W.J. (1999). The development of music perception and cognition. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 603-625). San Diego, CA: Academic Press.
- Drobisch, M. W. (1855). Über musikalische Tonbestimmung und Temperatur. In *Abhandlungen der Königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*. 4. Bd.: *Abhandlungen der mathematisch physischen Classe* (2. Teilband, S. 3-121). Leipzig: S. Hirzel.
- Ehrenfels, C. v. (1890). Über Gestaltqualitäten. *Vierteljahresschrift für Wissenschaftliche Philosophie*, 14, 249-292.
- Elepfandt, A. (1986). Wave frequency recognition and absolute pitch for water-waves in the clawed frog, *Xenopus laevis*. *Journal of Comparative Physiology (Series A)*, 158, 235-238.
- Erdfelder, E. (1990). Deterministic developmental hypotheses, probabilistic rules of manifestation, and the analysis of finite mixture distributions. In A. von Eye (Ed.), *Statistical methods in longitudinal research* (Vol. 2, pp. 471-509). Boston, MA: Academic Press.
- Everitt, B.S. & Hand, D.J. (1981). *Finite mixture distributions*. London: Chapman & Hall.
- Falk, D. (2000). Hominid brain evolution and the origins of music. In N. L. Wallin, B. Merker & S. Brown (Eds.), *The origins of music* (pp. 197-216). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Gazzaniga, M. S. (2000). *The new cognitive neurosciences* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Gigerenzer, G. (1985). Messung und Modellbildung. In H. Bruhn, R. Oerter & H. Rösing (Hrsg.), *Musikpsychologie* (S. 485-494). München: Urban & Schwarzenberg.
- Goldstone, R. L. (1998). Perceptual learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 585-612.
- Gough, E. (1922). The effects of practice on judgments of absolute pitch. *Archives of Psychology*, 7, 1-93.
- Graichen, J. (1994). Gehör, absolutes. In F. Dorsch, H. Häcker & Kurt H. Stapf (Eds.), *Dorsch Psychologisches Wörterbuch* (12. Aufl., S. 275-276). Bern: Huber.
- Gregersen, P. K. (1998). Instant recognition: The genetics of pitch perception (Invited Editorial). *American Journal of Human Genetics*, 62, 221-223.
- Gregersen, P. K., Kowalsky, E., Kohn, N. & Marvin, E. W. (1999). Absolute pitch: Prevalence, ethnic variation, and estimation of the genetic component. *American Journal of Human Genetics*, 65, 911-913.
- Gregersen, P. K., Kowalsky, E., Kohn, N. & Marvin, E. W. (2001). Early childhood music education and predisposition to absolute pitch: Teasing apart genes and environment. *American Journal of Medical Genetics*, 98, 280-282.
- Hall, D. E. (1982). „Practically perfect pitch“: Some comments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 71, 754-755.
- Halpern, A. R. (1989). Memory for the absolute pitch of familiar songs. *Memory & Cognition*, 17, 572-581.
- Hantz, E. C., Crummer, G. C., Wayman, J. W., Walton, J. P. & Frisina, R. D. (1992). Effects of musical training and absolute pitch on the neural processing of melodic intervals: A P3 event-related potential study. *Music Perception*, 10, 25-42.
- Hantz, E. C., Kreilick, K. G., Braveman, A. L. & Swartz, K. P. (1995). Effects of musical training and absolute pitch on a pitch memory task: An event-related potential study. *Psychomusicology*, 14, 53-76.
- Hantz, E. C., Kreilick, K. G., Kananen, W. & Swartz, K. P. (1997). Neural responses to melodic and harmonic closure: An event-related potential study. *Music Perception*, 15, 69-98.
- Hauser, M. D. (1996). *The evolution of communication*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Heaton, P., Hermelin, B. & Pring, L. (1998). Autism and pitch processing: A precursor for savant musical ability? *Music Perception*, 15, 291-305.

- Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.
- Helmholtz, H. v. (1863). *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: Vieweg.
- Herschensohn, J. (1998). Universal grammar and the critical age. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 611-612.
- Herscht, H. (1999). *Trainierbarkeit des Absoluten Gehörs im Erwachsenenalter: Eine empirische Untersuchung zur Evaluierung der Trainingsmethode von David L. Burge*. Wien: Unveröff. Diplomarbeit der Univ. Wien.
- Heyde, E.-M. (1987). *Was ist absolutes Hören? Eine musikpsychologische Untersuchung*. München: Profil.
- Hindemith, P. (1946). *Elementary training for musicians*. New York: Associated Music Publishers.
- Hirata, Y., Kuriki, S. & Pantev, Ch. (1999). Musicians with absolute pitch show distinct neural activities in the auditory cortex. *NeuroReport*, 10, 999-1002.
- Hodges, D.A. (1996). Neuromusical research: A review of the literature. In D.A. Hodges (Ed.), *Handbook of Music Psychology* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 197-284). San Antonio: IMR Press.
- Hurni-Schlegel, L. & Lang, A. (1978). Verteilung, Korrelate und Veränderbarkeit der Tonhöhen-Identifikation (sog. absolutes Musikgehör). *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, 37, 265-292.
- Idson, W. L. & Massaro, D. W. (1978). A bidimensional model of pitch in the recognition of melodies. *Perception Psychophysics*, 24, 551-565.
- Johnston, P.A. (1994). *Brain physiology and music cognition*. San Diego, CA: Unpubl. doctoral dissertation, UCSD.
- Jorgensen, O. H. (1991). *Tuning*. East Lansing, MI: Michigan State University Press.
- Kallman, H. J. & Massaro, D. W. (1979). Tone chroma is functional in melody recognition. *Perception er Psychophysics*, 26, 32-36.
- Kandel, E. R. & Jessell, Th. M. (1991). Early experience and the fine tuning of synaptic connections. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz & Th. M. Jessell (Eds.), *Principles of neural science* (3<sup>d</sup> ed., pp. 945-958). Norwalk, CT: Appleton & Lange.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Klein, M., Coles, M. G. H. & Donchin, E. (1984). People with absolute pitch process tones without producing a P300. *Science*, 223, 1306-1308.
- Köhler, W. (1915). Akustische Untersuchungen. III. *Zeitschrift für Psychologie*, 72, 159-177.
- Kries, J. v. (1892). Über das absolute Gehör. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 3, 257-279.
- Krumhansl, C. L. (1991). Music psychology: Tonal structures in perception and memory. *Annual Review of Psychology*, 42, 277-303.
- Krumhansl, C. L. (2000). Rhythm and pitch in music cognition. *Psychological Bulletin*, 126, 159-179.
- Kahl, P. K. (2000). Language, mind, and brain: Experience alters perception. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neurosciences* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 99-115). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Lenhoff, H. M., Perales, O. & Hickok, G. (2001). Absolute pitch in Williams syndrome. *Music Perception*, 18, 491-503.
- Levitin, D. J. (1994). Absolute memory for musical pitch: Evidence from the production of learned melodies. *Perception er Psychophysics*, 56, 414-423.
- Levitin, D.J. (1997a). Pitch memory and the A440 scale. In A. Gabrielsson (Ed.), *Proceedings of the Third Triennial ESCOM Conference* (pp. 117-121). Uppsala, Sweden: Uppsala Univ., Dept. of Psychology.
- Levitin, D. J. (1997b). *Pitch memory and the A440 scale*. Paper presented at the Third Triennial ESCOM Conference, Uppsala, Sweden.

- Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.
- Levitin, D. J. & Zatorre, R. J. (2003). On the nature of early music training and absolute pitch: A reply to Brown, Sachs, Cammuso and Folstein. *Music Perception*, 21, 105-110.
- Lockhead, G. R. & Byrd, R. (1981). Practically perfect pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 70, 387-389.
- MacDougall-Shackleton, S.A. & Hulse, S. H. (1996). Concurrent absolute and relative pitch processing by European starlings (*Sturnus vulgaris*). *Journal of Comparative Psychology*, 110, 139-146.
- Marvin, E. W. & Brinkman, A. R. (2000). The effect of key color and timbre on absolute pitch recognition in musical contexts. *Music Perception*, 18, 111-137.
- Metzinger, Th. (Hrsg.). (1996). *Bewußtsein. Beiträge aus der Gegenwartsphilosophie* (3. Aufl.). Paderborn: Schöningh.
- Metzinger, Th. (Hrsg.). (2000). *Neuräl correlates of consciousness: Empirical and conceptual questions*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Meyer, M. (1899). Is the memory of absolute pitch capable of development by training? *Psychological Review*, 6, 514-516.
- Miller, L. K. (1989). *Musical savants. Exceptional skill in the mentally retarded*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miyazaki, K. (1988). Musical pitch identification by absolute pitch possessors. *Perception 7-Psy-chophysics*, 44, 501-512.
- Miyazaki, K. (1989). Absolute pitch identification: Effects of timbre and pitch region. *Music Perception*, 7, 1-14.
- Miyazaki, K. (1990). The Speed of musical pitch identification by absolute-pitch possessors. *Music Perception*, 8, 177-188.
- Miyazaki, K. (1992). Perception of musical intervals by absolute pitch possessors. *Music Perception*, 9, 413-426.
- Miyazaki, K. (1993). Absolute pitch as an inability: identification of musical intervals in a tonal context. *Music Perception*, 11, 55-72.
- Miyazaki, K. (1995). Perception of relative pitch with different references: Some absolute-pitch listeners can't teil musical interval names. *Perception èr Psychophysics*, 57, 962-970.
- Moreno, M. & Descombes, V. (1997). To have it or not to have it, absolute pitch is the question. In A. Gabrielsson (Ed.), *Proceedings of the Third Triennial ESCOM Conference* (pp. 111-117). Uppsala, Sweden: Uppsala Univ., Dept. of Psychology.
- Mottron, L., Peretz, I., Belleville, S. & Rouleau, N. (1999). Absolute pitch in autism: A case study. *Neurocase*, 5, 485-501.
- Mottron, L., Peretz, I. & Menard, E. (2000). Local and global processing of music in highfunctioning persons with autism: Beyond central coherence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41, 1057-1065.
- Mull, H. K. (1925). The acquisition of absolute pitch. *American Journal of Psychology*, 36, 469-493.
- Nääätänen, R. & Winkler, I. (1999). The concept of auditory stimulus representation in cognitive neuroscience. *Psychological Bulletin*, 125, 826-859.
- Nagel, Th. (1974). What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, 83, 435-450.
- Neu, D.M. (1947). A critical review of the literature on „absolute pitch“. *American Journal of Psychology*, 36, 249-266.
- Nering, M. E. (1991). *Perfect pitch in music. A study to determine the effectiveness of the David L. Burge technique for development of perfect pitch*. Calgary, Canada: Unpubl. master thesis, Univ. of Calgary.
- Neville, H. J. & Bavelier, D. (2000). Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The new cognitive neurosciences* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 83-98). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Newport, E. L. (1990). Maturational constraints on language learning. *Cognitive Science*, 14, 11-28.

- Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.
- Ohnishi, T., Matsuda, H., Asada, T., Aruga, M., Hirakata, M., Nishikawa, M., Katoh, A. & Imabayashi, E. (2001). Functional anatomy of musical perception in musicians. *Cerebral Cortex*, *11*, 754-760.
- Pantev, Ch., Bertrand, O., Eulitz, C., Verkindt, C., Hampson, S., Schuierer, G. & Elbert, Th. (1995). Specific tonotopic organizations of different areas of the human auditory cortex revealed by simultaneous magnetic and electric recordings. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, *94*, 26-40.
- Pantev, Ch., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E. & Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, *392*, 811-814.
- Petran, L. A. (1932). An experimental study of pitch recognition. *Psychological Monographs*, *42*, 1-120.
- Profita, J. & Bidder, T. G. (1988). Perfect pitch. *American Journal of Medical Genetics*, *29*, 763-771.
- Pulvermüller, F. (1994). *Neurobiologie der Sprache*. Lengerich: Pabst.
- Rakowski, A. & Morawska-Büngeler, M. (1987). In search for the criteria of absolute pitch. *Archives of Acoustics*, *12*, 75-87.
- Rauschecker, J. P. (1999). Auditory cortical plasticity: A comparison with other sensory systems. *Trends in Neurosciences*, *22*, 74-80.
- Revesz, G. (1913). *Zur Grundlegung der Tonpsychologie*. Leipzig: Veit.
- Revesz, G. (1946). *Einführung in die Musikpsychologie*. Bern: A. Francke.
- Robinson, K. & Patterson, R. D. (1995). The duration required to identify the instrument, the octave, or the pitch chroma of a musical note. *Music Perception*, *13*, 1—15.
- Romand, R. (1997). Modification of tonotopic representation in the auditory system during development. *Progress in Neurobiology*, *51*, 1—17.
- Romani, G.L., Williamson, S.J., Kaufman, L. & Brenner, D. (1982). Characterization of the human auditory cortex by the neuromagnetic method. *Experimental Brain Research*, *47*, 381—393.
- Rueger, Ch. (Hrsg.). (1998). *Harenberg Klaviermusikführer*. Dortmund: Harenberg Kommunikation.
- Rush, M. A. (1989). *An experimental investigation of the effectiveness of training on absolute pitch in adult musicians*. Columbus, OH: Unpubl. doctoral dissertation, Ohio State Univ.
- Russo, F. A., Windell, D. L. & Cuddy, L. L. (2003). Learning the „special note“: Evidence for a critical period for absolute pitch acquisition. *Music Perception*, *21*, 119—127.
- Sacks, O. (1995). Musical ability. *Science*, *268*, 621.
- Sacks, O. (1996). *The island of the colorblind*. New York: Knopf.
- Saffran, J. R. & Griepentrog, G.J. (2001). Absolute pitch in infant auditory learning: Evidence for developmental reorganization. *Developmental Psychology*, *37*, 74—85.
- Sakakibara, A. (1999). A longitudinal study of a process for acquiring absolute pitch. *Japanese Journal of Educational Psychology*, *47*, 19—27.
- Sakakibara, A. (2000). A longitudinal study of the acquisition process of absolute pitch: An effect of subject's age on the process. In C. Woods, G. Luck, R. Brochard, F. Seddon & J. A. Sloboda (Eds.), *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Int. Conference on Music Perception and Cognition* [CD-ROM]. Keele, UK: Dept. of Psychology, Keele Univ.
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y. & Steinmetz, H. (1995). In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science*, *267*, 699—701.
- Searle, J. R. (2000). Consciousness. *Annual Review of Neuroscience*, *23*, 557—578.
- Seashore, C. E. (1938/1967). *Psychology of music*. New York: Dover Publications [Original 1938, McGraw-Hill].
- Sergeant, D. (1969). Experimental investigation of absolute pitch. *Journal of Research in Music Education*, *17*, 135-143.

- Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.
- Shepard, R. N. (1964). Circularity in judgments of relative pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, *36*, 2346-2353.
- Shepard, R. N. (1982a). Structural representations of musical pitch. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (pp. 343—390). New York: Academic Press.
- Shepard, R. N. (1982b). Geometrical approximations to the structure of musical pitch. *Psychological Review*, *89*, 305—333.
- Siegel, J.A. (1974). Sensory and verbal coding strategies in subjects with absolute pitch. *Journal of Experimental Psychology*, *103*, 37—44.
- Siegel, J. A. & Siegel, W. (1977). Absolute identification of notes and intervals by musicians. *Perception & Psychophysics*, *21*, 143—152.
- Stoffer, Th. (1993). Strukturmodelle. In H. Bruhn, R. Oerter & H. Rösing (Hrsg.), *Musikpsychologie* (S. 466-478). Reinbek b. Hamburg: Rowohlt.
- Stumpf, C. (1883). *Tonpsychologie* (Bd. 1). Leipzig: S. Hirzel.
- Takeuchi, A. H. (1994). More on key-distance effects in melody recognition: A response to van Egmond and Povel. *Music Perception*, *12*, 142—146.
- Takeuchi, A. H. & Hulse, S. H. (1991). Absolute pitch judgments of black- and white-key pitches. *Music Perception*, *9*, 27—46.
- Takeuchi, A. H. & Hulse, S. H. (1992). Key-distance effects in melody recognition reexamined. *Music Perception*, *10*, 1—24.
- Takeuchi, A. H. & Hulse, S. H. (1993). Absolute pitch. *Psychological Bulletin*, *113*, 345-361. Taneda, N. & Taneda, R. (1993). *Erziehung zum absoluten Gehör*. Mainz: Schott.
- Tautenhahn, B. (1976). Untersuchung zur Klangfarbenabhängigkeit der Tonhöhenbestimmung bei Personen mit absolutem Gehör. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie*, *35*, 85—98.
- Terhardt, E. & Seewann, M. (1983). Aural key identification and its relationship to absolute pitch. *Music Perception*, *1*, 63—83.
- Terhardt, E. & Ward, W. D. (1982). Recognition of musical key: Exploratory study. *Journal of the Acoustical Society of America*, *72*, 26—33.
- Tervaniemi, M., Alho, K., Paavilainen, P., Sams, M. & Näätänen, R. (1993). Absolute pitch and event-related brain potentials. *Music Perception*, *10*, 305—316.
- Trehub, S. E. (2000). Human processing predispositions and music universals. In N. L. Wallin, B. Merker & S. Brown (Eds.), *The origins of music* (pp. 427—448). Cambridge, MA: The MIT Press.
- van Egmond, R. & Povel, D. J. (1994). Factors in the recognition of transposed melodies: A comment on Takeuchi and Hulse. *Music Perception*, *12*, 137—142.
- Vangnot, S. (2000). L'oreille absolue: une oreille plus „fine“? *Musicae Scientiae*, *4*, 3—29. Vernon, P. E. (1977). Absolute pitch: A case study. *British Journal of Psychology*, *68*, 485—489.
- Vitouch, O. (1999a). *Musik-...? Psychologie! Empirische Forschung in der Musikdomäne* (Bd. 2: Spezieller Teil, S. 297—681). Wien: Unveröff. Dissertation der Univ. Wien.
- Vitouch, O. (1999b). De Spiritu Ad Quantum: Einst und Jetzt neurowissenschaftlicher Bewusstseinsforschung. In Th. Slunecko, O. Vitouch, Ch. Korunka, H. Bauer & B. Flatschacher (Hrsg.), *Psychologie des Bewusstseins — Bewusstsein der Psychologie. Giselher Guttman zum 65. Geburtstag* (S. 79—106). Wien: Wiener Universitätsverlag (WUV).

- Vitouch, O. (2005). Absolutes Gehör. In Th. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D / VII / 1, S. 717-766). Göttingen: Hogrefe.
- Vitouch, O. (2000). „Erleben — cui bono?“ Zum evolutionären Nutzen von Bewußtsein. *Psychologische Rundschau*, 51, 213—215.
- Vitouch, O. (2003). Absolutist models of absolute pitch are absolutely misleading. *Music Perception*, 21, 111—117.
- Vitouch, O. & Gaugusch, A. (2000). Absolute recognition of musical keys in non-absolute-pitch-possessors. In C. Woods, G. Luck, R. Brochard, F. Seddon & J. A. Sloboda (Eds.), *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Int. Conference on Music Perception and Cognition* [CD-ROM]. Keele, UK: Dept. of Psychology, Keele Univ.
- Wallace, J. D. (1985). *An investigation of extrinsic laryngeal muscle responses to auditory stimulation*. Denton, TX: Unpubl. doctoral dissertation, Univ. of North Texas.
- Ward, W. D. (1953). Information and absolute pitch. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 833.
- Ward, W. D. (1999). Absolute pitch. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 265–298). San Diego, CA: Academic Press.
- Ward, D.W. & Burns, E. M. (1982). Absolute pitch. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (pp. 431–451). New York: Academic Press.
- Wayman, J. W., Frisina, R. D., Walton, J. P., Hantz, E. C. & Crummer, G. C. (1992). Effects of musical training and absolute pitch ability on event-related activity in response to sine tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91, 3527–3531.
- Wedell, C. H. (1934). The nature of the absolute judgment of pitch. *Journal of Experimental Psychology*, 17, 485-503.
- Weinberger, N.M. (1999). Music and the auditory system. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 47–87). San Diego, CA: Academic Press.
- Weinert, L. (1929). Untersuchungen über das absolute Gehör. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 73, 1-128.
- Wellek, A. (1938). *Das absolute Gehör und seine Typen*. Leipzig: Barth.
- Welch, G. F. (1988). Observations on the incidence of absolute pitch (AP) ability in the early blind. *Psychology of Music*, 16, 77–80.
- Wessinger, C. M., Buonocore, M. H., Kussmaul, C. L. & Mangun, G. R. (1997). Tonotopy in human auditory cortex examined with functional magnetic resonance imaging. *Human Brain Mapping*, 5, 18–25.
- Wynn, V. T. (1971). „Absolute“ pitch – a bimensual rhythm. *Nature*, 230, 337.
- Wynn, V. T. (1992). Absolute pitch revisited. *British Journal of Psychology*, 83, 129–131. Wynn, V.T. (1993). Accuracy and consistency of absolute pitch. *Perception*, 22, 113–121.
- Young, R. L. & Nettelbeck, T. (1995). The abilities of a musical savant and his family. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 25, 231–248.
- Zatorre, R.J. (1989). Intact absolute pitch ability after left temporal lobectomy. *Cortex*, 25, 567-580.
- Zatorre, R. J. & Beckett, C.A. (1989). Multiple coding strategies in the retention of musical tones by possessors of absolute pitch. *Memory & Cognition*, 17, 582–589.
- Zatorre, R.J., Perry, D. W., Beckett, C. A., Westbury, C.F. & Evans, A. C. (1998). Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95, 3172–3177.
- Zilles, K. & Rehämper, G. (1998). *Funktionelle Neuroanatomie* (3. Aufl.). Berlin: Springer. Zwicker, E. & Fastl, H. (1999). *Psychoacoustics* (2<sup>nd</sup> ed.). Berlin: Springer.